

# Schlanke Gebäude



## Hohe Arbeitsplatzqualität bei geringem Energieverbrauch

Im Rahmen des Programms Solaroptimiertes Bauen, kurz SolarBau, des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWi werden Planungsmehrkosten und Energiemonitoring vorbildlicher Büro-/Gewerbe- und Industriebauten gefördert. Zehn der Gebäude sind bereits fertiggestellt, weitere folgen noch in diesem und den kommenden vier Jahren. Über eine gemeinsame Begleitforschung werden die Ergebnisse vergleichbar aufbereitet und kommuniziert [1, 2, 3].

### Andere Nutzung – andere Energieverbrauchsstruktur

Büro- und Verwaltungsgebäude benötigen bei meist geringerem Wärmebedarf mehr elektrische Energie als Wohngebäude. Hauptursachen

sind die höhere Dichte an Personen und technischen Geräten, sowie strengere Anforderungen an Lichtverhältnisse und Raumklima. Kompakte, große Baukörper, ein hoher elektrischer Energieverbrauch und die im Vergleich zu Wohngebäuden kürzere Hauptnutzungszeit – kein Abend- und Wochenendbetrieb – verringern die Bedeutung des Heizwärmebedarfs. Energie für die Wasserverwärmung spielt meist nur eine untergeordnete Rolle. Fazit: Eine allein an der Minderung des Wärmebedarfs orientierte Betrachtung ist für eine konsequente Energieeinsparstrategie bei Bürogebäuden nicht zielführend. Die für 2002 geplante Einführung der Energieeinsparverordnung wird daher nur einen kleinen Fortschritt ermöglichen. Die wesentlichen Potentiale auf

den Sektoren Lüftungs-, Klima und Beleuchtungstechnik bleiben vom Gesetzgeber (noch) unangetastet.

### Im Vordergrund steht die Arbeitsplatzqualität

In Bürogebäuden dominieren die Gehälter der Mitarbeiter in einer Jahreskostenbetrachtung, während die unmittelbaren Energiekosten meist deutlich unter 1% ausmachen [4]. Andererseits sind die Energiekosten oft der größte Einzelposten in den Nebenkosten, der sogenannten „zweiten Miete“. Diese summiert sich im Falle eines voll klimatisierten Gebäudes in 50 Jahren Betrieb auf etwa die Hälfte der Investitionskosten für das Gebäude.

Wegen der hohen Bedeutung der Personalausgaben stehen optimale Bedingun-

*Bürogebäude der Lamparter GbR, Weilheim. Das Gebäude besitzt Lichtschwerter und Jalousien mit Lichtlenkwirkung für besseres Tageslicht am Arbeitsplatz. Nachtlüftung und ein Luft-/Erdregister sind Teil des passiven Kühlkonzeptes. Durch hochwertige Dämmung der Gebäudehülle und eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung liegt der Heizwärmebedarf bei 10 kWh/m<sup>2</sup>a. Im Betriebsjahr 2000 wurden 40% des Primärenergiebezugs für Heizung, Lüftung und Beleuchtung (53 kWh/m<sup>2</sup>) durch die Eigenstromerzeugung der Solarstromanlage in der Jahresbilanz ausgeglichen.*

*Architektur: Werkgemeinschaft Maier-Weinbrenner-Single, Nürtingen, Energiekonzept und Simulation: Fraunhofer ISE, Messungen: Hochschule für Technik, Stuttgart.*

Produktions- und Verwaltungsgebäude der SurTec GmbH in Zwingenberg. Durch konsequenten Wärmeschutz und eine Lüftungsanlage mit sehr hoher Wärmerückgewinnung wird ein Wärmebedarf unter  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  möglich. Dabei geht die Detailarbeit bis zu wärmegeprägten Fassaden- und Fensterrahmen, Türfüllungen mit Vakuumdämmung und wärmegeprägten RWA-Klappen. Architektur und Energiekonzept: Atelier für Architektur und Städtebau M. Zimmer, Darmstadt.



gen am Arbeitsplatz im Mittelpunkt einer Gebäudeplanung. Hohe Arbeitsplatzqualität trägt zur Zufriedenheit und Motivation der Mitarbeiter bei. Nur mit Gebäuden hoher Nutzungsqualität lassen sich auf einem hart umkämpften Markt langfristig sichere Renditen erzielen.

Maßnahmen zur Energieeinsparung sind vor allem in den Bereichen erfolgreich, in denen sich gleichzeitig positive Auswirkungen für die Nutzungsqualität ergeben. Bestes Beispiel dafür ist die Einführung der LCD-Bildschirme in den Büroalltag. Bei 70% Energieeinsparung ist die Bildqualität besser als zuvor und das sommerliche Raumklima wird mit weniger Geräteabwärme belastet.

### Kühlung ohne Kälteanlage

Nutzer und Bauherren stellen immer öfter ihre Planer vor die Aufgabe, ein Gebäude zu errichten, das ohne Klimaanlage ein angenehmes sommerliches Raumklima sicherstellt. Die Gründe dafür reichen von den hohen Energie- und Unterhaltskosten vieler klimatechnischer Anlagen bis zum sogenannten "Sick Building Syndrome", einem Sammelbegriff für Unwohlsein und Krankheiten aufgrund von Baumaterialien,

gebäudetechnischen Einrichtungen und deren unzureichender Wartung.

Als passive Kühlung werden diejenigen Konzepte bezeichnet, die auf den Einsatz von Kältemaschinen verzichten. Allein ein „Zurück zur Natur“ durch Weglassen der Technik hätte allerdings schlimme Folgen. Daher kommt es darauf an, auf der Basis entwerflicher und bauphysikalischer Qualitäten solche Alternativen der technischen Gebäudeausrüstung zu entwickeln, die es ermöglichen natürliche Kältequellen wie die Nachtluft, das Erdreich oder das Grundwasser heranzuziehen.

Allein auf passive Kühlung zu setzen, wirkt als einschneidende Entscheidung, gleichermaßen bezogen auf die Architektur, das Bauwerk und die Gebäudetechnik: Quasi zwangsläufig sind die Glasflächenanteile einer Bürofassade geringer als bei Gebäuden mit unterstützender Klimaanlage. Andererseits ergeben sich durch verglaste Verkehrsflächen, Atrien oder gezielte Hochpunkte in großen, offenen Lufträumen entwerfliche Formen zur Unterstützung der natürlichen Durchlüftung.

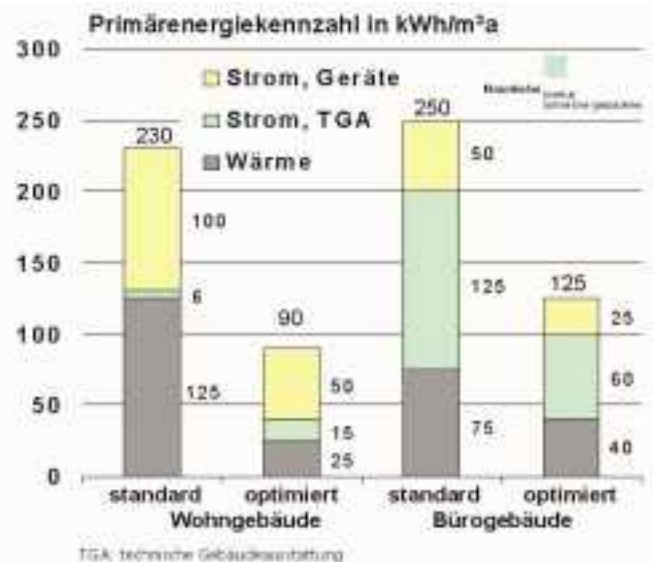
Erst durch außenliegenden Sonnenschutz oder speziell belüftete Anordnungen innerhalb mehrschaliger Fassaden sinkt die äußere Kühllast auf ein Niveau, das mit

passiver Kühlung bewältigt werden kann (Gesamtenergiegrad  $< 10\%$ ); innenliegende oder integrierte Sonnenschutzsysteme müssen dahingehend noch weiter entwickelt werden, um eine annähernd vergleichbare Leistungsfähigkeit zu erreichen.

Gänzlich oder teilweise ohne abgehängte Decken wird die thermische Ankopplung der Raumluft an die Baukonstruktion ermöglicht und damit die Nutzung deren Speicherfähigkeit zur Dämpfung der sommerli-

chen Temperaturamplituden. Mit den aktuellen Fortschritten bei der Integration von Phasenwechselmaterialien (z.B. Paraffine) durch Mikroverkapselung in üblichen Baustoffen kann deren latente Wärmespeicherfähigkeit zum Vorteil des sommerlichen Raumklimas in Zukunft deutlich erhöht werden [6].

Die nächtliche Abkühlung der Speichermasse Baukonstruktion ist eine entscheidende Voraussetzung dafür, dass Wärme am Folgetag wieder aufgenommen wer-



Der Energieverbrauch von Gebäuden im Vergleich von Wohnen und Arbeiten bezogen jeweils auf die Nettogrundflächen. Die Zahlen für Wohngebäude beruhen auf einer Verbrauchsstatistik in Deutschland. Für die Bürogebäude wurde eine aktuelle Querschnittsstudie von 100 Gebäuden in der Schweiz [4]. Die Szenarien zur Verbrauchsenkung basieren auf den Ergebnissen aktueller Demonstrationsprojekte. Primärenergiekennzahlen berücksichtigen die üblichen Prozessketten für die Bereitstellung der jeweils genutzten Endenergien.



den kann. Soll die Temperatur nicht über Tage hinweg ansteigen, muss die nächtliche Entwärmung die tägliche Aufwärmung ausgleichen. Je größer der Wärmeinput am Tage ist, desto wirkungsvoller muss das System zur Entwärmung arbeiten. In Frage kommen dazu die nächtliche Durchlüftung oder die Bauteilkühlung über in Geschossdecken verlegte Rohrregister mit einem Wasserkreislauf zum Wärmeaustausch mit der Außenluft.

Nachtlüftung nutzt dazu die Nachtluft als „Kältequelle“. Dabei kann die Durchlüftung des Gebäudes unter günstigen baulichen Voraussetzungen durch thermischen Auftrieb oder durch mit Windkräften induzierte Druckdifferenzen erfolgen. Ein anderer Weg sind Lüftungsanlagen, deren Ventilatoren und Kanalnetze auf die nächtliche Durchlüftung mit hohen Luftwechseln (2-5facher Luftwechsel pro Stunde) bei geringem Stromverbrauch ausgelegt sind. Luft-Erdregister als Bestandteil von Ersatzluftanla-

gen erlauben die „Kühlung“ eines Gebäudes auch am Tage. Als im Erdreich verlegte Lüftungsrohre kühlen sie die Zuluft je nach Dimensionierung um 5 bis 10 Grad ab.

Vorteile einer Bauteilkühlung durch wassergestützte Systeme ist der Wegfall von automatisch angesteuerten Lüftungsklappen und Überströmöffnungen sowie die einfachere Automatisierung durch Ansteuerung der Umwälzpumpen. Neben der Wärmeabfuhr an die Außenluft, kann auch das Erdreich oder das Grundwasser als Kältequelle herangezogen werden. Bauteilkühlung ist in einem Gebäude weniger „sichtbar“ als Nachtlüftung. Nachteil sind die meist höheren Investitionskosten und die kaum mögliche individuelle Regelbarkeit am Arbeitsplatz.

Während sich die passive Kühlung besonders bei kleinen bis mittleren Büroraumeinheiten eignet, liegen die Grenzen der Leistungsfähigkeit vor allem bei Großraumbüros. Die in kleinen Büroeinheiten übliche indi-

viduelle Möglichkeit zur Einflussnahme auf das Raumklima (Öffnen der Fenster, individuelle Bedienung von Sonnen- und Blendschutz, etc.) ist die Basis für zufriedene Nutzer trotz zumeist höherer Temperaturdynamik als in klimatisierten Gebäuden.

### Tageslicht am Arbeitsplatz

Eine verbesserte Nutzung des Tageslichts ist ein Planungsziel, das in besonders hohem Maße bereits den Gebäudeentwurf betrifft. Von Seiten des visuellen Komforts und der Nutzerakzeptanz kann Kunstlicht das Tageslicht nicht ersetzen: Obwohl eine blendfreie Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen mit Kunstlicht technisch einfacher ist als mit Tageslicht, sind der Außenbezug, das Zeitgefühl sowie die dynamische Natur des Tageslichts wesentlich für das Wohlbefinden des Menschen. Hohe Beleuchtungsstärken wirken positiv auf die biologische Stimula-

7 kW Solarstromanlage als Bestandteil einer Dachverglasung für das Atrium beim Neubau des Fraunhofer ISE, Freiburg. Das Atrium wird ganzjährig über ein vorgeschaltetes Erdregister belüftet und dient als Luftverteiler für die angrenzenden Büros. Bei der Optimierung der Dachverglasung müssen die Aufgaben des sommerlichen und winterlichen Wärmeschutzes, der Tageslichtversorgung und der Stromerzeugung gleichermaßen berücksichtigt werden.

Architektur: Dissing & Weitling, Kopenhagen Energiekonzept und Simulation: Fraunhofer ISE

tion des menschlichen Organismus aus. Solche Beleuchtungsniveaus allein mit Kunstlicht herbeiführen zu wollen wäre allerdings eine unvermeidbare Energieverschwendung.

Richtig eingesetztes Tageslicht ersetzt Kunstlicht und trägt damit auch zur Energieeinsparung bei. Wegen des hohen Primärenergieinhalts von Strom kommt dabei einer Senkung des Beleuchtungsenergieverbrauchs um 10 kWh/m<sup>2</sup>a einer Heizenergieeinsparung von 30 kWh/m<sup>2</sup>a gleich.

Ein Büro ohne Tageslicht hätte bei wochentäglich 8 Benutzungsstunden einen elektrischen Energieverbrauch von mindestens 20 kWh/m<sup>2</sup>a; würden wir im Freien arbeiten, ginge das zu 95% der Zeit im Jahr allein mit dem vorhandenen Tageslicht! Arbeiten im Gebäude verringert die zur Verfügung stehende Lichtmenge; die Frage ist nur, um wie viel?

Eine an der Tageslichtnutzung orientierte Gebäudeplanung beginnt beim architektonischen Entwurf und



Verwaltungsgebäude der DB Netz AG in Hamm. Ein 1,8 km langes Luft-/Erdregister ist zentraler Bestandteil des Konzepts zur passiven Kühlung. Architektur: Architrav, Karlsruhe, Energiekonzept und Messungen: Universität Karlsruhe, fbta

## Wärmeschutz und Wärmerückgewinnung

Wärmeschutz auf dem Niveau eines Niedrigenergiehauses ist heute im Wohnungsbau eine Selbstverständlichkeit. Auch die bei Bürogebäuden häufigen Glasfassaden und Pfosten-/Riegelsysteme lassen sich heute mit sehr gutem Wärmeschutz erstellen. Unkomfortable Arbeitsbedingungen nahe an schlecht gedämmten Fassaden gehören damit der Vergangenheit an. Fassadenheizungen oder Sonderheizkörper an Glasfassaden lassen sich bei konsequenter Planung und Materialauswahl weitestgehend vermeiden.

In Zukunft sind weitere Fortschritte vor allem durch Vakuumdämmsysteme zu erwarten. Ihre um etwa den Faktor 10 geringere Wärmeleitfähigkeit als herkömmliche Dämmmaterialien erlaubt guten Wärmeschutz auch bei geringen Wandstärken (z.B. für Fassadenpaneele). Mehrkosten lassen sich je nach Anwendungsfall über den Gewinn an nutzbarer Fläche im Gebäude ausgleichen.

Mangelnde Fensterlüftung im Winter ist oft die Ursache für schlechte Luftqualität in dicht besetzten Büros. Lüftungsanlagen können unter Einsatz von elektrischer Antriebsenergie diesen Mangel beseitigen. Als einfache Abluftsysteme mit dezentraler Luftnachströmung an der Fassade verbessern sie vor allem die Luftqualität, als Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung wird auch der Wärmebedarf reduziert. Demgegenüber stehen ein mehr (Zu-/Abluftsysteme) oder weniger (Abluftsysteme) hoher elektrischer Energieaufwand und der Aufwand für eine mehr

setzt sich bis zur Auswahl des geeigneten Kunstlichtsystems fort:

- Mit der Strukturierung und Orientierung des Baukörpers werden die Haupteinfallswinkel des direkten Sonnenlichts festgelegt.
  - Festlegungen über Geschosshöhen, Raumtiefen und lichtdurchlässige Flächen innerhalb des Gebäudes nehmen früh Einfluss auf die Lichtmenge und -verteilung.
  - Die Größe und Anordnung der transparenten Flächen in Fassaden und Dächern sowie die Glasauswahl definieren den Lichteintritt.
  - Oberflächen von Decken, Wänden, Tragwerken und Möblierung absorbieren abhängig von ihrer Farbe und Struktur mehr oder weniger große Teil des Lichts.
  - Erst durch Sonnen- und Blendschutzsysteme wird Tageslichtnutzung bei direktem Sonnenlicht möglich. Sie sollten dabei aber den diffusen Lichteinfall und den Außenbezug nicht vollständig unterdrücken.
  - Mit der Auswahl und Positionierung von Leuchten und Leuchtmitteln zusammen mit einem auf das Tageslichtpotential und das Nutzungsprofil abgestimmten Kontrollsystem sollte die möglichst exakte Dosierung der fehlenden Lichtmenge gewährleistet werden.
- Viele der Aspekte führen zu Zielkonflikten in der Entwurfsphase eines Gebäudes: Während für niedrigen Wär-

mebedarf kompaktes Bauen günstig ist, besitzt ein gegliedertes Baukörper oftmals Vorteile für das Tageslichtangebot. Während große Raumhöhen das Tageslichtangebot verbessern, erhöhen sie die Wärmeverluste und die Baukosten. Das Thema Sonnen- und Blendschutz berührt in besonders hohem Maße die Tageslichtnutzung und die Möglichkeit des ungestörten Ausblicks. Damit diese Vielfältigkeit der Aspekte planerische Berücksichtigung findet, haben sich Simulationsrechnungen und Messungen an Mustersystemen bewährt. Dies gilt in besonderem Maße für große Bauten mit Entscheidungen über eine große Stückzahl von identischen Bauteilen wie z.B. in einem Bürohochhaus.

(Zu-/Abluftsysteme) oder weniger umfangreiche Anlagenwartung (Abluftsysteme). Vor allem bei den Zu- und Abluftsystemen sollten die Kanäle für niedrige Strömungswiderstände ausgelegt werden, damit der elektrische Energieaufwand im sinnvollen Verhältnis zum Wärmerückgewinn steht. Da für eine wirkungsvolle Wärmerückgewinnung (Gegenstromplattenwärmetauscher) Zu- und Abluft örtlich zusammengeführt werden müssen, ist dies speziell bei großen Gebäuden nicht immer erreichbar. Daher lohnt sich die kritische Überprüfung solcher Anlagen hinsichtlich ihrer Energiebilanz. Bei den reinen Abluftanlagen ist eine indirekte Wärmerückgewinnung über eine Abluftwärmepumpe möglich. Verkehrsflächen und Atrien als Überströmbereiche und Luftverteiler für Lüftungssysteme zu nutzen ist heute gängige Praxis. Dabei müssen die Anforderungen an den Schallschutz und den vorbeugenden Brandschutz frühzeitig beachtet werden.

### Solarenergie für Bürogebäude

Ein reduzierter Energieverbrauch eröffnet eine ideale Plattform für die Nutzung erneuerbarer Energien. Ein Beispiel: Bereits 1 m<sup>2</sup> Solarstrommodule decken, im Netzverbund betrieben, in der Jahresbilanz – gute Planung vorausgesetzt – den elektrischen Energiebedarf der Beleuchtung von 10 m<sup>2</sup> Bürofläche. Somit blieben auch bei großen Gebäuden Flächenbedarf und Kosten in sinnvollen Größenordnungen. Ökonomisch interessant ist die Förderung durch das Erneuerbare-Ener-

gien-Gesetz (EEG). Mit dem EEG wird richtigerweise nicht die Installation von Solarstromanlagen gefördert, sondern deren Stromerzeugung. Dies verschiebt das Augenmerk von vornehmlich gestalterisch dominierten Anwendungen zu solchen mit hohen Energieerträgen [7].

Raumluftkonditionierung durch solare Kühlung ist ein weiterer, vielversprechender Ansatz. Zur Reduktion des fossilen Energiebedarfs der Kälteerzeugung eignen sich unterschiedliche Anlagenkonzepte auf der Basis der Umwandlung von Solarwärme in Kälte wie Ab- oder Adsorptionskältemaschinen sowie die Verdunstungskühlung [8].

Einrichtungen mit hohem Warmwasserverbrauch wie z.B. Firmenkantinen eignen sich für die Installation von Solarkollektoren.

### Eine Frage des Geldes ?

Aus den Erfahrungen der realisierten Bauten zeigt sich, dass die Aufwendungen zur Energieeinsparung und Solarenergienutzung die Bauwerkskosten prozentual nur in geringem Umfang beeinflussen. Viel einflussreichere Faktoren sind Entscheidungen über den Gebäudetyp, die Nutzungsart, die Gebäudegröße, die Konjunkturlage, die Auswahl von Fassadentypen und -materialien, etc. Die im Beitrag vorgestellten Gebäude zeichnen sich dadurch aus, dass sie zu marktüblichen Investitionskosten erstellt wurden.

### Fazit

Das Konzept der „schlanken Gebäude“ basiert für seinen

ökonomischen Erfolg wesentlich darauf, die Gebäude soweit zu verbessern, dass ein Teil der unterstützenden technischen Ausrüstung entfallen kann. Planungssicherheit und Ausführungssicherheit kann nur dadurch erreicht werden, dass das Wissen über das thermische und lichttechnische Gebäudeverhalten in einer frühen Phase erhöht wird. Neben der Erfahrung der Planungsbeteiligten sind Simulationsrechnungen, Produktprüfungen und Messungen an Musterräumen dazu wichtige Ressourcen. Die Demonstrationsprojekte des Förderprogramms Solarbau haben die Aufgabe Beispiele der Umsetzung zu zeigen und damit neue Bauherren zu überzeugen.

Wegen der hohen Bedeutung des elektrischen Energieverbrauchs ist der Gesetzgeber aufgefordert, die Energieeinsparverordnung in Zukunft auf die Bereiche Raumlufttechnik und Beleuchtung auszudehnen, damit ausgehend vom Niedrigenergiehausstandard auch im Nichtwohnungsbau sinnvolle Zielvorgaben vorliegen. Ein solcher Schritt öffnet den Markt für neue, energieeffiziente Produkte und Dienstleistungen.

### Literatur

- [1] Voss, K., Löhnert, G. Wagner, A.: Energieeffizienz und Solarenergienutzung im Nichtwohnungsbau – Konzepte und Bauten, Fraunhofer ISE, Freiburg, 2001.

Bezug: Fachinformationszentrum BINE, Mechenstraße 57 D-53129 Bonn,  
Tel: 02 28 / 92 37 90  
Fax: 0228 / 92 37 20  
E-mail: bine@fiz-karlsruhe.de  
Internet: <http://bine.fiz-karlsruhe.de>

- [2] Internetplattform:  
<http://www.solarbau.de>
- [3] Energieeffiziente Bürogebäude, BINE Profi-Info, Fachinformationszentrum Karlsruhe, Bonn, 2000. Internet:  
<http://bine.fiz-karlsruhe.de>
- [4] Weber, L. et. al.: Energieverbrauch in Bürogebäuden, Zürich, CH, 1999, Bezug über Internet: <http://www.edmz.ch>
- [5] Zimmermann, M. (Hrsg.): Handbuch der Passiven Kühlung, Bern, CH, 1999, Bezug über Internet  
<http://www.edmz.ch>
- [6] Schossig, P.: Mikroverkapselte Phasenwechselmaterialien in Wandverbundsystemen, 11. Symposium Thermische Solarenergienutzung, Staffelstein, 2001
- [7] Voss, K., Reise, Chr., Kiefer, K.: Gebäudenergiekonzepte mit Photovoltaik, Symposium photovoltaische Solarenergie, Staffelstein, 2001
- [8] Henning, H.-M.: Sorptionsgestützte Klimatisierung (DEC) im Verbund mit Solarenergie – Systemtechnik und ausgeführte Beispiele, Building Performance, Frankfurt, 2000

### Dr. Karsten Voss

Gruppenleiter Solares Bauen am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg. Das Fraunhofer ISE unterstützt seit vielen Jahren die Planung von Gebäuden durch Konzepte, Simulationsrechnungen und Messungen auf allen angesprochenen Themengebieten. Darüber hinaus werden Messungen zur Qualitätssicherung nach der Gebäudefertigung durchgeführt.

Selbstbausätze für Ihr ...



OHNE HEIZUNG – TROTZDEM WARM!

GMBH

Tel./Fax (0 41 38) 3 33

www.passiv-haus.org