

Die energetische Gebäudesanierung wird für die nächsten beiden Jahrzehnte zu einem zentralen Aufgabengebiet der Bauwirtschaft. Für die Wirtschafts-, Umwelt- und Arbeitsmarktpolitik ergeben sich daraus große Potenziale, vor allem für den Klima- und Ressourcenschutz.

Der Energieausweis ist ein wesentlicher Ansatzpunkt, um die Bestandssanierung zu forcieren. Bei Sanierungsentscheidungen sollte also langfristig gedacht werden: Es sind Standards zu wählen, die auf die Abschreibungszeit – also 30 bis 50 Jahre – Bestand haben.

Der einzige Weg, wie sich Gefahren durch sprunghaft und unkontrollierbar steigende Energiepreise abfedern lassen, besteht darin, so früh wie möglich die Abhängigkeit von der einseitig fossilen Versorgung zu reduzieren. Eine Substitution durch regenerative Energieträger ist dabei die einzig zukunftsfähige Option. Sie kann

Heizwärmebedarf gemäß der Berechnung nach der Energieeinsparverordnung dargestellt. Die marktverfügbare Technik mit hoher Energieeffizienz unter Verwendung von Passivhaustechnik kann Standards bis 50 Prozent unter EnEV-Neubaustandard erreichen.

Im Neubaubereich sind in wenigen Jahren bereits 4000 Gebäude als Passivhäuser realisiert worden. Die Techniken sind marktverfügbar und können bei der Sanierung ohne grundlegende Probleme eingesetzt werden [PHI 2003-1].

Der Vergleich von Gewinnen und Verlusten bei einem Gebäude vor und nach der Sanierung mit Passivhaus-Komponenten zeigt, daß der verbleibende Heizwärmebedarf unter  $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  liegt. Primärenergetisch respektive hinsichtlich der  $\text{CO}_2$ -Emission werden mehr als 90 Prozent eingespart – das heißt, daß hier Faktor 10 erreicht wird.

## Lüftung

Noch vor wenigen Jahrzehnten war eine ausreichende Luftwechselrate durch den Auftrieb der Verbrennungsluft von Einzelöfen in Verbindung mit großen Undichtheiten in der Gebäudehülle gegeben. Mit dem Einbau von Zentralheizungen und der Abdichtung von Fenstern und Türen ist diese Art der Lüftung entfallen. Eine Änderung des Nutzerverhaltens – also Außenluftzufuhr durch Lüften – war jedoch nicht in ausreichendem Maß gegeben. Schimmelpilzbildung, Allergien und das Sick-Building-Syndrom waren die Folge. In Fachkreisen setzt sich inzwischen zunehmend die Erkenntnis durch, daß zur Sicherstellung einer ausreichenden Luftwechselrate von  $0,4$  bis  $0,8 \text{ h}^{-1}$  ( $30 \text{ m}^3$  pro Person) eine mechanische Lüftungsanlage unabdingbar ist. Soll dieser Luftwechsel durch Fensterlüftung erzielt werden, müsste etwa alle anderthalb Stunden eine Querlüftung durchgeführt werden – auch nachts.

Burkhard Schulze Darup

# Energierrelevante Sanierungsansätze

allerdings nur gelingen, wenn gleichzeitig unsere größte Energieressource – die Energieeffizienz – grundlegend genutzt wird.

Etwa ein Drittel der Endenergie in der Bundesrepublik wird für die Bereitstellung von Raumwärme aufgewandt.

Niedrigenergie- und Passivhaustechnologie ermöglichen hohe Einsparungen – bei der Sanierung bis zu einer Reduktion um den Faktor 10. Eine primärenergetische Gegenüberstellung von Heizwärmeverbrauchsstandards zeigt: Im Bestand liegen die Werte bei  $200$  bis  $300 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , was  $20$  bis  $30$  Litern Öl/ $(\text{m}^2\text{a})$  entspricht.

Sanierungen mit Passivhaus-Komponenten führen zum 2- bis 3-Liter-Haus. Für die KfW-40 und KfW-60-Standards wird der

## Bauliche Komponenten

Techniken für energieeffiziente Sanierung sind vorhanden und ausreichend erprobt. Es geht von der baulichen Seite her vor allem darum, die wärmeübertragende Gebäudehülle möglichst gut zu dämmen. Statt der üblichen Dämmdicken von  $6$  bis  $12$  Zentimetern werden Dämmungen von  $15$  bis  $30$  Zentimetern angestrebt. Dazu kommen hochwertige Fenster mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung und gedämmten Rahmen. Hinsichtlich der Qualitätssicherung muß besonderes Augenmerk auf die Minimierung von Wärmebrücken und eine hohe Luft- und Winddichtheit gelegt werden.

Es bieten sich mit Abluftanlagen oder Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung zwei Anlagenkonzepte an.

Aus energetischer Sicht ist die letztere Variante mit einem Wärmebereitstellungsgrad des Gerätes von  $\eta_{\text{WBG,t,eff}} \geq 75\%$  und hoher Elektroeffizienz ( $p_{\text{el}} \leq 0,45 \text{ Wh}/\text{m}^3$  Leistungsaufnahme für Ventilator und Regelung pro  $\text{m}^3$  geförderte Luft) zu bevorzugen. Solche Anlagen haben sich über den Passivhausbau in den letzten Jahren etabliert und können im Bereich der Sanierung eingesetzt werden. In den nächsten Jahren werden kostengünstige zentrale Lösungen für Mehrfamilienhäuser auf den Markt gebracht werden.

## Kostenoptimierte energetische Sanierung am Jean-Paul-Platz in Nürnberg

### Heizsystem

Maßnahmen an der Gebäudehülle sind Voraussetzung für die Auswahl eines sinnvollen Heizsystems: Die Heizlast reduziert sich dann gravierend auf etwa 10 bis 20 Watt pro Quadratmeter beheizter Fläche. Dadurch kann Wärme mit geringer Vorlauftemperatur transportiert werden. Es ergeben sich geringe Temperaturunterschiede ohne Zegerscheinungen und eine ausgeglichene Wärmeverteilung ohne Schichtungen in den Aufenthaltsräumen. Pyrolyseprozesse von Staub in der Raumluft an Heizflächen mit der Folge schlechter Raumluftqualität finden nicht mehr statt. Unterschreitet die

von Strom in Verbindung mit der Nutzung der Abwärme und senkt die primärenergiebezogene Anlagenaufwandszahl um 20 bis 40 Prozent. Die Nutzung von Biomasse zu Heizzwecken führt zu einer weiteren Verbesserung der Primärenergiebilanz. Bei kleinen Einheiten kann auf Holzpellets zurückgegriffen werden, bei großen Anlagen lassen sich Hackschnitzel einsetzen.

Die Verbindung mit Solarthermie ist vor allem bei Kessel-Varianten mit allen Brennstoffen sinnvoll. Eine wirtschaftlich sinnvolle Variante stellt die solare Warmwasserbereitung dar. Das wirtschaftliche Optimum liegt bei einer Anlagenauslegung auf den Som-

### Oberflächentemperaturen

Je besser ein Gebäude gedämmt ist, desto höher liegen die inneren Oberflächentemperaturen der Außenbauteile zu Wand, Dach und Keller.

Die „empfundene Raumtemperatur“ sollte bei etwa 19 bis 20 °C liegen. Sie entspricht in etwa dem arithmetischen Mittel aus den Temperaturen der umgebenden Oberflächen und der Raumlufttemperatur. Bei gut gedämmten Gebäuden sind alle Oberflächen ungefähr gleich warm und haben keine größere Temperaturdifferenz als 3 bis 4 Kelvin, was nochmals als Kriterium für ein hohes Behaglichkeitsempfinden gilt: Gut gedämmte Gebäude werden von den Nutzern bei niedrigerer Raumlufttemperatur als hoch komfortabel empfunden.

### Wärmebrücken und Mikroorganismen

Selbst bei guter Dämmung in der Fläche entstehen an Wärmebrücken Temperaturen, die zu Schäden führen können: Tauwasseranfall kommt bei Oberflächentemperaturen unter 9,3 °C zustande, Schimmelpilzbildung kann ab Oberflächentemperaturen von 12,6 °C beginnen. Diese Werte gelten für 20 °C Raumtemperatur und 50 Prozent relative Raumluftfeuchte – in vielen Wohnungen ist eine nochmals ungünstigere Situation gegeben. Für diese Rahmenbedingungen wurde an zahlreichen Wärmebrückendetails eine Überprüfung durchgeführt. Wird berücksichtigt, daß nahezu regelmäßig in diesen Bereichen Möblierungen vorhanden sind, verschärft sich die Situation nochmals. Bei unsanierten Gebäuden tritt in den meisten Fällen Tauwasser und Schimmelpilzbildung auf, bei Standarddämmungen (6 bis 8 Zentimeter) ist an vielen Detailpunkten noch mit der Bildung von Schimmelpilzen zu rechnen. Dies entspricht den Beobachtungen bei vielen sanierten Gebäuden. Es ist davon auszugehen, daß Schimmelpilze maßgeblich für zahlreiche Allergien und Atemwegserkrankungen verantwortlich sind. Ein starker Anstieg dieser Krankheiten seit den siebziger Jahren ist auch auf diese Ursache zurück zu führen.

Erst bei guter Dämmung im U-Wert-Bereich um oder unter 0,2 W/(m<sup>2</sup>K) treten keine Mängel mehr auf.



Heizlast 10 Watt/m<sup>2</sup>, läßt sich auch über die Zuluft der Lüftungsanlage heizen. Das gesonderte Warmwasser-Heizsystem kann dann entfallen.

Im Heizungsbereich können hinsichtlich der Auslegung der Zentrale und der Heizkreise Kosten gegenüber Standardsanierungen eingespart werden. Die gängigsten sinnvollen Versorgungsvarianten stellen Gas-Brennwertheizungen dar. Kraft-Wärme-Kopplung – gleich, ob als Fern-, Nahwärme- oder BHKW-Variante – reduziert CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die dezentrale Bereitstellung

merfall. Durch Vergrößerung der Absorberflächen sinkt zwar die Wirtschaftlichkeit, der solare Deckungsgrad kann allerdings nochmals deutlich erhöht werden.

Im Heizungsbereich werden in den nächsten Jahren zahlreiche Innovationen Einzug auf den Markt halten, die der Entwicklung des geringen spezifischen Heizwärmebedarfs durch die Maßnahmen an der Gebäudehülle Rechnung tragen.

### Bauphysik, Behaglichkeit und Komfort

Zahlreiche Parameter sprechen aus Behaglichkeits- und Komfortgründen für hochwertige energetische Sanierung. Eine Auswahl der Aspekte wird im Folgenden dargestellt.

**Sanierung eines  
Mehrfamilienhauses  
in der Ingolstädter  
Straße in Nürnberg,  
KfW-40-Standard**



**Luftgeschwindigkeit und -schichtung**

Temperaturunterschiede sind neben Undichtheiten eine wesentliche Ursache für Raumluftbewegungen. Wenn ein Gebäude luft- und winddicht gebaut ist, zudem ausgewogene Temperaturen in allen Bereichen eines Raumes aufweist (siehe oben Abschnitt „Oberflächentemperaturen“) und schließlich für die Beheizung nur sehr geringe Vorlauftemperaturen erfordert, so führt dies zu sehr geringen Luftgeschwindigkeiten und mithin hoher Behaglichkeit.

Ergänzend ergeben sich nur minimale Effekte hinsichtlich der Luftschichtung. Das Thema „kalte Füße und warmer Kopf“ kann bei energetisch hochwertig sanierten Gebäuden ad acta gelegt werden. Lüftungsanlagen führen bei richtiger Auslegung in den Aufenthaltsbereichen zu keinerlei spürbarer Luftbewegung. Der Luftaustausch erfolgt so langsam, daß Luftgeschwindigkeiten deutlich unterhalb der wahrnehmbaren Schwelle liegen.

**Zwangslüftung – Komfortlüftung**

Lüftungsanlagen werden von Nutzern zunächst mit Vorbehalt bedacht, weil Klimaanlagen mit zwangsverschlossenen Fenstern assoziiert werden. Richtig geplante Lüftungsanlagen haben hingegen eine extrem hohe Nutzerakzeptanz. Sie werden in der überwiegenden Zahl der Fälle als deutliche Erhö-

hung des Komforts angesehen. Der lästige Zwang zum Fensterlüften entfällt. Die beständig frische Raumluft bei geschlossenen Fenstern wird sehr geschätzt. In innerstädtischen Bereichen und an verkehrsträchtigen Straßen wirken Lüftungsanlagen zudem als Schallschutzmasse. Natürlich können die Fenster geöffnet werden: Im Sommer und außerhalb der Heizzeit soll und kann ergänzend Fensterlüftung betrieben werden.

**Raumluftqualität**

Durch den gezielten und regelmäßigen Eintrag frischer Außenluft wird die Raumluftqualität entscheidend verbessert: eine stündliche Außenluftzufuhr von 30 m<sup>3</sup> pro Person führt je nach Wohnungsgröße und Belegung zu Luftwechselraten zwischen 0,4 und 1,2 h<sup>-1</sup> in den Aufenthaltsräumen, von 0,3 bis 0,7 h<sup>-1</sup> für die gesamte Wohnung. Wie oben bereits beschrieben, wird ein solcher Luftaustausch in der Praxis durch manuelle Lüftung bei weitem nicht erreicht. Entsprechend niedrig liegen die Schadstoffwerte von bisherigen Messungen.

**Projekte**

Eine Sanierung mit Passivhauskomponenten wurde erstmals bei der LuWoGe im Brunckviertel in Ludwigshafen [LuWoGe 2001-2003] und im Anschluß daran bei der WBG Nürnberg durchgeführt [WBG 2003]. Sie sanierte 2004 ein Mehrfamilienhaus aus dem Jahre 1930 unter dem Aspekt hoher

Wirtschaftlichkeit zu einem 3-Liter-Haus sowie ein Gebäude der fünfziger Jahre in der Ingolstädter Straße zum KfW-40-Standard. 2006 wurde ein weiteres Projekt als Pilotvorhaben in der Parkwohnanlage in Nürnberg-West durchgeführt.

Die letzten beiden Projekte wurden im Rahmen des dena-Projektes „Niedrigenergiehaus im Bestand“ durchgeführt. In einer ersten Charge wurden 20 Mehrfamilienhäuser mit hoher Energieeffizienz saniert – der überwiegende Teil im KfW-40-Standard. Eine Förderung gewährte die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). In einer zweiten Phase werden derzeit über hundert weitere Projekte gefördert [DENA 2003-2007].

Ein Förderprojekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) hat sich intensiv mit der Thematik beschäftigt und hat Grundlagen für weitere Sanierungen mit Faktor 10 bereitgestellt [DBU 2003].

**Kosten und Wirtschaftlichkeit**

Am Beispiel des WBG-Projektes Jean-Paul-Platz in Nürnberg wurde eine kostenoptimierte energetische Sanierung für 503 Euro/m<sup>2</sup> Wohnfläche durchgeführt (Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt.). Nach einem ähnlichen Schema kann das große Gebäudepotenzial von Mehrfamilienhäusern der sechziger Jahre, die in den nächsten Jahren zur Sanierung anstehen, auf effiziente Weise saniert werden. Ein großer Teil der erforderlichen Sanierungsmaßnahmen ist identisch mit rein energetischen Optimierungen. Sind darüber hinaus grundlegende Maßnahmen erforderlich, wie beispielsweise Grundrißänderungen mit Totalentkernung bei Gebäuden der fünfziger Jahre, so werden deutlich höhere Kosten bis hin zu vergleichbaren Neubaukosten in Höhe von 900 bis 1200 Euro/m<sup>2</sup> erreicht. Für Gründerzeitgebäude liegen die Kosten eher noch höher.

Sanierungen zum 3-Liter-Haus erfordern derzeit einen Mehraufwand pro Quadratmeter Wohnfläche in Höhe von etwa 100 bis 150 Euro im Vergleich zum Standard nach Energieeinsparverordnung (EnEV).

Berechnet man die Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für die drei verglichenen Standards, so ergeben sich bei linearer Berechnung äußerst günstige Werte.

**Ingolstädter Straße,  
Nürnberg, WDVS vor  
der Spachtelung**

Wird eine annuitätische Gesamtkostenbetrachtung inklusive Betriebs- und Wartungskosten angestellt, liegen die Werte oberhalb der jetzigen Gestehungskosten von Wärme – wobei allerdings anzumerken ist, daß spätestens nach der Hälfte der anzusetzenden Abschreibungszeit von 40 Jahren die Energiekosten über den Kosten pro eingesparter Kilowattstunde liegen werden. Wichtig ist die Fragestellung, welche Anreize gegeben werden müssen, damit ausreichende Motivation für solch grundlegende Sanierungen gegeben wird.

jährlichen Verdopplung der umgesetzten Projekte wurde beim Passivhaus-Standard ebenfalls gemacht. Die schon jetzt bekannten energieeffizienten Sanierungsprojekte der nächsten beiden Jahre sowie die hohe Akzeptanz der innovativen Techniken in Fachkreisen bilden die Grundlage für die Prognose.

**Komponentenentwicklung**

Die Industrie muß in Vorleistung treten, damit sie die Anforderungen an Energieeffizienz-Techniken mit Sanierungs-Spezifika

hohen Anforderungen an die Innovationskraft in den nächsten Jahren.

Darüber hinaus ist die Dämmindustrie gut beraten, mit einem Zeithorizont von zehn bis 15 Jahren Materialien mit weiter verbessertem Produktdesign zu entwickeln. Ansätze der Nano- und Vakuum-Technologie verbunden mit dem Rückgriff auf regenerative Rohstoffe sollten zu Dämmmaterialien führen, die Qualitätsmaßstäben hochwertiger Dämmschäume gerecht werden – und das bei ökologischer Verträglichkeit und nochmals deutlich reduzierten Wärmeleitfähigkeitswerten.

**Fazit**

Das Aufgabengebiet der Gebäudesanierung stellt eine hervorragende Chance für Arbeitsmarkt-, Umwelt- und Stadtentwicklungspolitik der nächsten zwei Jahrzehnte dar. Das Ziel der hohen Verbreitung hoch-effizienter Sanierungstechniken läßt unter ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Aspekten Gewinne entstehen: der Wohnungswirtschaft wird Hilfestellung zum Abbau ihres Sanierungsstaus geleistet, der Industrie wird ein breites Anwendungsspektrum für innovative Produkte eröffnet und die (regionale) Bauwirtschaft kann die Einbrüche der letzten Jahre ausgleichen.

Den Fördermitteln steht ein Investitionsvolumen mit dem Faktor 10 gegenüber. Arbeitslosen- und fiskalische Effekte lassen Fördermittel zu 100 Prozent zurückfließen. Dabei werden die avisierten Quartiere der fünfziger und sechziger Jahre städtebaulich aufgewertet.

Der hohe Komfort und die große Behaglichkeit energetischer Sanierungen beseitigen auch Kondenswasser- und Schimmelprobleme. Als wichtigstes Argument jedoch erscheint die CO<sub>2</sub>-Reduktion mit einem sehr günstigem Kosten-Nutzen-Verhältnis: Sie bedeutet auch eine deutliche Reduktion des Ressourcenverbrauchs fossiler Energieträger als Grundlage für nachhaltige Volkswirtschaft sowie globalen Interessenausgleich, der eine Voraussetzung für ein weltweites friedliches Miteinander ist.

*Dr. Burkhard Schulze Darup, Architekturbüro Schulze Darup & Partner, Nürnberg. Neubau, Sanierung und energetische Altbausanierung.  
Kontakt: schulze-darup@schulze-darup.de*



**Umsetzung**

Derzeit werden jährlich etwa zwei Prozent der Gebäude saniert, davon nur ein geringer Anteil energetisch optimal. Ziel ist eine jährliche Sanierungsrate von 3 bis 3,5 Prozent bei nachhaltigen energetischen Standards bis hin zum Faktor 10. Dazu müssen Impulse gegeben werden. In Zeiten der Deregulierung und des Abbaus von Subventionen ist dies besonders schwierig. Ein Erfolg kann nur erreicht werden, wenn staatliche und privatwirtschaftliche Aktivitäten in einem sinnvollen Miteinander entwickelt werden. Die Sanierungstätigkeit wird innerhalb eines Jahrzehnts zu großen Teilen auf diese Techniken zurückgreifen. Diese Entwicklung entspricht den Erfahrungen mit der Niedrigenergiebauweise, die inzwischen durch die EnEV weitestgehend zum allgemeingültigen Standard geworden ist. Die Erfahrung der

erfüllen kann. Während für erhöhte Dämmdicken keine kurzfristigen Innovationssprünge erforderlich sind, ist bei der Fenstertechnik davon auszugehen, daß bei den hohen zu erwartenden Umsätzen der Passivhaus-Technologie die Fensterkosten von derzeit 150 bis 180 Prozent vergleichbarer Standardfenster auf 115 bis 125 Prozent sinken werden.

In der Lüftungstechnik sind große Anstrengungen erforderlich, weil dort die größten Innovationssprünge erforderlich sind, um kostengünstige Praxislösungen für den Mietwohnungsbau zu erhalten. Zusammen mit der Heiz- und Solartechnik bietet sich ein hervorragendes Arbeitsgebiet mit