

CO₂-Reduktion um Faktor 10

Energetische Gebäudesanierung mit Passivhaus-Komponenten Von Burkhard Schulze Darup

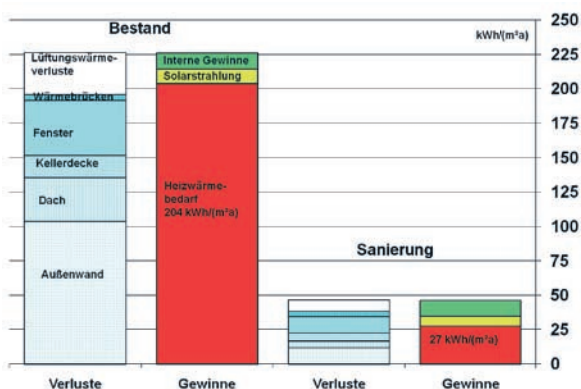
Bei der Sanierung des Gebäudebestands kann nur eine langfristige nachhaltige Herangehensweise zu einer wirtschaftlich sinnvollen Lösung führen. Da Modernisierungen für dreißig bis fünfzig Jahre Bestand haben sollen, muss ein zukunftsfähiger Standard realisiert werden. Deshalb wird energetische Gebäudesanierung für die nächsten beiden Jahrzehnte zu einem zentralen Aufgabengebiet der Bauwirtschaft; für die Wirtschafts-, Umwelt- und Arbeitsmarktpolitik ergeben sich daraus große Potenziale.

In Deutschland wird etwa ein Drittel der Endenergie für Bereitstellung von Raumwärme aufgewandt. Niedrigenergie- und Passivhaustechnologie ermöglichen hohe Einsparungen – bei der Sanierung bis hin zur Reduktion um Faktor 10. Förderprogramme der KfW und der Deutschen Energieagentur unterstützen Standards zwischen dem Neubauniveau der Energieeinsparverordnung (EnEV) bis hin zum Standard EnEV minus 50 %, was nur unter Anwendung von Passivhauskomponenten erreichbar ist.

Die primärenergetische Gegenüberstellung von Heizwärmeverbrauchsstandards weist im Bestand Werte von 200 – 300 kWh/(m²a) aus, was 20 – 30 Litern Öl/(m²a) entspricht. Sanierungen mit Passivhaus-Komponenten führen zum 2- bis 3-Liter-Haus, was dem Standard EnEV minus 50 % entspricht.

Im Neubaubereich sind in wenigen Jahren deutlich über 10.000 Gebäude als Passivhäuser realisiert worden. Die Techniken sind markverfügbar und können bei der Sanierung ohne grundlegende Probleme eingesetzt werden.

Energiebilanz Jean-Paul-Platz: vorher – nachher



Energiebilanz am Sanierungsbeispiel Jean-Paul-Platz in Nürnberg: Heizwärmereduktion mit Faktor 8,7 und CO₂-Reduktion > Faktor 10.

Die abgebildete Grafik zeigt Gewinne und Verluste beispielhaft bei einem Gebäude vor und nach der Sanierung mit Passivhaus-Komponenten. Der verbleibende Heizwärmebedarf liegt unter 30 kWh/(m²a). Primärenergetisch bzw. hinsichtlich der CO₂-Emission werden mehr als 90 % eingespart – das heißt, es wird Faktor 10 erreicht.

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 cm werden Dämmungen von 15 bis 30 cm 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. Die baulichen Komponenten werden in Abbildung 5 aufgezeigt. In der Tabelle sind die baulichen Komponenten mit ihren jeweiligen besonderen Aspekten aufgelistet.

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 entfiel diese Art der Lüftung. Eine Änderung des Nutzerverhaltens – also Außenluftzufuhr durch Lüften – war jedoch nicht in ausreichendem Maß gegeben. Schimmelpilzbildung, Allergien und Sick-Building-Syndrom waren die Folge. In Fachkreisen setzt sich zunehmend die Erkenntnis durch, dass zur Sicherstellung einer ausreichenden Luftwechselrate von 0,4 bis 0,8 h⁻¹ eine mechanische Lüftungsanlage unabdingbar ist. Soll dieser Luftwechsel durch Fensterlüftung erzielt werden, müsste etwa alle anderthalb Stunden eine Querlüftung durchgeführt werden – auch nachts!

Es bieten sich zwei Anlagenkonzepte an: Abluftanlagen oder Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung. Aus energetischer Sicht ist letztere Variante zu bevorzugen mit einem Wärmebereitstellungsgrad des Gerätes von $\eta_{\text{WBG,t,eff}} \geq 75\%$ und hoher Elektroeffizienz ($p_{\text{el}} \leq 0,45$

Passivhaus-Komponenten bei der Sanierung			
Bauteil	Stand der Technik		Wirtschaftlichkeit
	üblicher Standard	Zielvariante	€/eingesparter kWh
Wand	Dämmung 0-10 cm	16-24 cm	0,01-0,04 €
Dach	10-16 cm	25-30 cm	0,01-0,03 €
Kellerdecke	0-8 cm	10-20 cm	0,02-0,04 €
Fenster	U _w =1,4 W/(m ² K)	U _w =0,8 W/(m ² K)	0,06-0,10 €
Lüftung	Fensterlüftung	WRG ¹	0,05-0,12 €
Gebäudetechnik	1,3-2,0 ²	1,1-1,2 ²	0,01-0,04 €
Regener. Energ.	Ausnahme	hoher Anteil	0,07-0,20 €
CO ₂ -Reduktion	20-50%	85-95%	

¹ Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG)

² Anlagenaufwandszahl der Heizanlage (ohne regenerativen Bonus)

Wh/m³ Leistungsaufnahme für Ventilator und Regelung pro m³ geförderte Luft). Diese 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.

Heizsystem

Die Maßnahmen an der Gebäudehülle sind die Voraussetzung für die Auswahl eines sinnvollen Heizsystems: die Heizlast reduziert sich gravierend auf etwa 10 bis 20 Watt pro m² beheizter Fläche. Dadurch kann mit geringer Vorlauftemperatur die Wärme transportiert werden. Es entstehen 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 Heizlast 10 Watt/m² kann auch über die Zuluft der Lüftungsanlage geheizt werden und das gesonderte Warmwasser-Heizsystem kann 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 CO₂-Emissionen durch die dezentrale Bereitstellung von Strom in Verbindung mit der Nutzung der Abwärme und senkt die primärenergiebezogene Anlagenaufwandszahl um 20 bis 40 %. Nutzung von Biomasse zu Heizzwecken führt zu einer weiteren Verbesserung der Primärenergiebilanz. Bei kleinen Einheiten kann auf Holzpellets zurückgegriffen werden, bei großen Anlagen können Hackschnitzel zum Einsatz kommen.

Die Verbindung mit Solarthermie ist vor allem bei den Kessel-Varianten mit allen Brennstoffen sinnvoll. Eine wirtschaftlich sinnvolle Variante stellt die solare Warmwasserbereitung dar. Das wirtschaftliche Optimum liegt bei einer Anlagenauslegung auf den Sommerfall. 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 zu verzeichnen sein, die der Entwicklung des geringen spezifischen Heizwärmebedarfs durch die Maßnahmen an der Gebäudehülle Rechnung tragen.

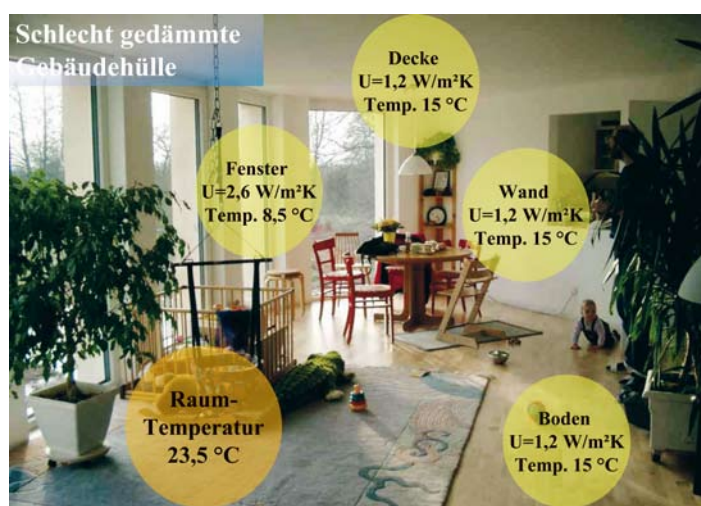
Bauphysik, Behaglichkeit und Komfort

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

Oberflächentemperaturen

Je besser ein Gebäude gedämmt ist, desto höher liegen die inneren Oberflächentemperaturen der Außenbauteile zu Wand, Dach und Keller. Die Abbildungen zeigen die Situation für ein typisches unsaniertes Bestandsgebäude und für eine hochwertig gedämmte Sanierungsausführung. Die „empfundene Raumtemperatur“ sollte bei etwa 19 – 20 °C liegen. Sie stellt in etwa das arithmetische Mittel aus den Temperaturen der umgebenden Oberflächen und der Raumlufttemperatur dar. 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.

Oberflächentemperaturen bei schlecht sowie bei gut gedämmter Gebäudehülle: Trotz niedrigerer Raumtemperatur bietet die gut gedämmte Version mehr Behaglichkeit.



Wärmebrücken und Mikroorganismen

Selbst bei guter Dämmung in der Fläche entstehen an Wärmebrücken Temperaturen, die zu Schäden führen können: Tauwasserausfall entsteht bei Oberflächentemperaturen unter 9,3 °C, Schimmelpilzbildung kann ab Oberflächentemperaturen von 12,6 °C beginnen. Diese Werte gelten für 20 °C Raumtemperatur und 50 % relative Raumluftfeuchte – in vielen Wohnungen ist eine noch ungünstigere Situation gegeben. Für diese Rahmenbedingungen wurde an zahlreichen Wärmebrückendetails eine Überprüfung durchgeführt. Wird berücksichtigt, dass nahezu regelmäßig Möblierungen in diesen Bereichen vorhanden sind, verschärft sich die Situation weiter. Bei unsanierten Gebäuden tritt in den meisten Fällen Tauwasser und Schimmelpilzbildung auf, bei Standarddämmungen (6-8 cm) ist an vielen Detailpunkten noch mit der Bildung von Schimmelpilzen zu rechnen. Dies entspricht den Beobachtungen bei vielen sanierten Gebäuden. Es wird davon ausgegangen, dass Schimmelpilze maßgeblich für Allergien und Atemwegserkrankungen ursächlich sind. Ein starker Anstieg dieser Krankheiten seit den siebziger Jahren ist u. a. auf diese Ursache zurück zu führen. Erst bei guter Dämmung im U-Wert Bereich um bzw. unter 0,2 W/(m²K) treten keine Mängel mehr auf.

Luftgeschwindigkeit und Luftschichtung

Temperaturunterschiede stellen neben Undichtheiten eine wesentliche Ursache für Raumluftbewegungen dar. Wenn ein Gebäude luft- und winddicht gebaut ist, zudem ausgewogene Temperaturen in allen Bereichen eines Raumes aufweist 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 Klimaanlage mit zwangsverschlossenen Fenstern assoziiert werden. Richtig geplante Lüftungsanlagen haben eine extrem hohe Nutzerakzeptanz. Sie werden in der überwiegenden Zahl der Fälle als deutliche Erhöhung 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 bzw. kann ergänzend Fensterlüftung betrieben werden.

Raumluftqualität

Durch den gezielten und regelmäßigen Eintrag frischer Außenluft wird die Raumluftqualität entscheidend verbessert: eine stündliche Außenluftzufuhr von 30 m³ pro Person führt je nach Wohnungsgröße und Belegung zu Luftwechselraten zwischen 0,4 und 1,2 h⁻¹ in den Aufenthaltsräumen bzw. von 0,3 bis 0,7 h⁻¹ für die gesamte Wohnung. Wie oben bereits beschrieben wird solch ein Luftaustausch in der Praxis durch manuelle Lüftung bei weitem nicht erreicht. Entsprechend niedrig liegen die Schadstoffwerte von bisherigen Messungen.

Durchgeführte Projekte

Sanierung mit Passivhauskomponenten wurde erstmals bei der LuWoGe im Brunnquartier in Ludwigshafen und im Anschluss daran bei der WBG Nürnberg durchgeführt. Sie sanierte ein Mehrfamilienhaus (Bj. 1930) zu einem 3-Liter-Haus unter dem Aspekt hoher Wirtschaftlichkeit sowie ein 50er-Jahre Gebäude zum KfW-40-Standard (2004). 2006 wurde mit der Bernadottestraße ein weiteres Projekt als Pilotvorhaben in der Parkwohnanlage in Nürnberg-West durchgeführt. Im Rahmen des dena-Projektes „Niedrigenergiehaus im Bestand“ wurden in den letzten Jahren weit über hundert Sanierungsprojekte gefördert und dokumentiert.

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Am Beispiel des WBG-Projektes Jean-Paul-Platz in Nürnberg wurde eine kostenoptimierte energetische Sanierung für 503 €/m² Wohnfläche durchgeführt (Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt.). Nach ähnlichem Schema kann das große Gebäudepotenzial von Mehrfamilienhäusern der 60er-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 z. B. Grundrissänderungen mit Totalentkernung bei 50er-Jahre-Gebäuden, so werden deutlich höhere Kosten bis hin zu vergleichbaren Neubaukosten erreicht in Höhe von 900 bis 1200 €/m². Für Gründerzeitgebäude liegen die Kosten eher noch höher.

Sanierungen zum 3-Liter-Haus erfordern derzeit einen Mehraufwand pro m² Wohnfläche in Höhe von etwa 100 bis 150 € im Vergleich zum Standard nach Energieeinsparverordnung (EnEV).

Umsetzung

Derzeit werden jährlich ca. 1,5 - 2 % der Gebäude saniert, davon nur ein geringer Anteil energetisch optimal. Ziel ist eine jährliche Sanierungsrate von 3,5 bis 4 % 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 Ausweitung der KfW-Förderung im Rahmen der Koalitionsvereinbarung der Bundesregierung führte nach 2006 zu einer hohen Sanierungsquote mit energieeffizienten Techniken. Die Aufträge zogen sehr deutlich an, sodass erstmals seit über zehn Jahren die Bauwirtschaft zu einem deutlichen Konjunkturmotor avancierte. Die Meseberger Beschlüsse vom August 2007 würden bei konsequenter Anwendung zu einer Verstärkung dieses Prozesses führen, beziehungsweise weitere Impulse darüber hinaus geben. Zielgerichtet eingesetzte Fördermittel bei der energetischen Gebäudesanierung aktivieren regionale Wirtschaftskraft und lassen den Förderbetrag in Form von eingesparten Arbeitslosenmitteln, erhöhter Mehrwertsteuer und weiterer volkswirtschaftlicher Effekte zu hundert Prozent in den Staatshaushalt zurück fließen.

Komponentenentwicklung

Die Industrie muss in Vorleistung treten, damit sie die Anforderungen an die Energieeffizienz-Techniken mit den Sanierungs-Spezifika 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 über 150 % vergleichbarer Standardfenster auf 115 - 125 % 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 hohen Anforderungen an die Innovationskraft in den nächsten Jahren.

Darüber hinaus ist die Dämmindustrie gut beraten, mit einem Zeithorizont von 10 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 hocheffizienter 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
- die (regionale) Bauwirtschaft kann die Einbrüche der letzten Jahre ausgleichen
- Fördermitteln steht ein Investitionsvolumen mit dem Faktor 10 gegenüber
- Arbeitslosen- und fiskalische Effekte lassen Fördermittel zu 100 % zurückfließen
- die avisierten 50er- und 60er-Jahre Quartiere werden städtebaulich aufgewertet
- hoher Komfort und Behaglichkeit statt Kondenswasser- und Schimmelprobleme
- CO₂-Reduktion mit sehr günstigem Kosten-Nutzen-Verhältnis
- deutliche Reduktion des Ressourcenverbrauchs fossiler Energieträger als Grundlage für nachhaltige Volkswirtschaft sowie globalen Interessenausgleich, der eine Voraussetzung für ein weltweites friedliches Miteinander darstellt.

In den letzten Jahren ist eine Vielzahl hervorragender Projekte umgesetzt worden. In Zukunft geht es darum, Breitenwirksamkeit zu erzielen und die Technik als immanenten Standard in die Bauwirtschaft einzuführen.

Dr. Burkhard Schulze Darup

Dr. Burkhard Schulze Darup führt seit 1987 als freischaffender Architekt zahlreiche Sanierungs- und Neubauprojekte im Sinne der Ressourceneffizienz und passiver Solararchitektur unter Anwendung von Niedrigenergie- und Passivhauskomponenten durch. Er hält Vorträge, gibt Seminare und arbeitet in Gremien und an zahlreichen Forschungsprojekten mit.

