

## Gebäude sanieren – Komponenten im Test

# Energetisch verbessern

BEI MEHR ALS ZWEI Drittel aller Modernisierungen werden nur ästhetische aber keine energetischen Verbesserungen des Gebäudes durchgeführt. Das ist eine verpasste Chance für mehrere Jahrzehnte. Betrachtet man die Erneuerungszeiten für Wohngebäude, so betragen diese für Fassaden und Dächer 40–60 Jahre und für Fenster und Türen 20–30 Jahre. Dabei profitieren Eigentümer und Nutzer gleichermaßen von den Vorteilen einer energetischen Sanierung. Die Bewohner sparen Energiekosten und erhalten eine höhere Wohnqualität, die Eigentümer verbessern ihre Wettbewerbsfähigkeit auf dem Wohnungsmarkt..



Der Raum für Neubauten in der Innenstadt ist knapp. Aus diesem Grund ist der Erwerb eines Altbaus eine interessante Alternative. Bei der Sanierung sind allerdings Vorgaben zu beachten. Es gibt gesetzlich vorgeschriebene Mindeststandards, die in der Energieeinsparverordnung (EnEV) festgelegt sind, wobei weitaus mehr möglich ist. Einsparpotenziale von 80 Prozent sind durchaus realistisch. Um diesen hohen energetischen Anspruch zu erfüllen, ist es erforderlich, den baulichen Wärmeschutz zu optimieren, Wärmebrücken zu vermeiden und effiziente Heizungs- und Lüftungsstrategien umzusetzen.

Die folgenden Beispielen der modernisierten Gebäude in Tübingen und Mannheim zeigen verschiedene Sanierungskomponenten, die eine Sanierung bis hin zum Passivhausstandard ermöglichen. Unterstützt wurden die Vorhaben über das Förderprogramm „Energieoptimiertes Bauen (ENOB)“, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) gefördert wird. Ein Schwerpunkt befasst sich mit der „Energetischen Verbesserung der Bausubstanz (EnSan)“.

## Bürogebäude in Tübingen

Durch eine umfangreiche Erfassung der Messdaten wird die Funktion der eingesetzten Systeme überprüft. Können die geplanten Primärenergiekennwerte eingehalten werden? Bewähren sich die Komponenten im Einsatz? Ergänzt wird das Messprogramm durch Analysen zum Nutzerverhalten. Im Gegensatz zum Neubau kommt beim Altbau hinzu, dass verschiedene Parameter vorgegeben sind, die beispielsweise eine ausreichende Dämmung der Bodenplatte oder den massiven Ausbau von Dachgeschossen nicht ermöglichen. Hier sind Lösungen gefragt, die eine qualitativ hochwertige Sanierung kostengünstig umsetzen. Heizungs- und Lüftungsstrategien, die einen ausreichenden Luftaustausch und hohe Wärmerückgewinne garantieren, müssen entwi-

ckelt werden. Die vorgestellten Gebäude zeigen verschiedene Strategien auf, um z. B. die Beheizung und Belüftung von Niedrigstenergiehäusern umzusetzen oder in Bürogebäuden den hohen Anforderungen an das Raumklima gerecht zu werden. Das Gebäude im Areal der denkmalgeschützten Thielpalkaserne bietet eine attraktive Innenstadtlage.

Ziel der Modernisierung war es, ein gutes thermisches Raumklima und einen geringen Energieverbrauch zu erreichen (Primärenergiebedarf nach Passivhausprojektierungspaket (PHPP) 43 kWh/m<sup>2</sup>a). Der Ausbau des Dachgeschosses war nur in Leichtbauweise möglich.

Die Klimatisierung und Belüftung erfolgt ausschließlich über eine mechanische Zu- und Abluftanlage und zusätzlich, bei Bedarf, über die Fenster. Ein Sole-Luft-Wärmeübertrager kühlt die Luft bei Bedarf im Sommer vor und verhindert im Winter den Frostschutz (Abb 2, 3).

## Perimeterdämmung

Die wärmebrückenfreie Dämmung der Wände und des Daches ist in den meisten Fällen einfach durchführbar. Der untere Gebäudeabschluss hingegen bietet bei vielen Altbauten eine Problemzone. Stärkere Dämmstoffdicken auf der Bodenplatte vermindern zum einen die Raumhöhe und zum anderen müssen z. B. Türstürze verändert werden. Die Dämmung der Flanken bewirkt im Laufe der Jahre, dass sich die Temperatur des eingeschlossenen Erdreichs erhöht. Es bildet sich ein „Wärmesee“, der die Wärmeverluste der Bodenplatte verringert. Berechnungen ergeben, dass die Dämmung der Flanken in Verbindung mit einer geringen Fußbodendämmung ei-

**Abb 2: Ausgewählte Gebäudedaten/Tübingen**

<b>Baujahr</b>	50er Jahre
<b>Gebäudetyp/-nutzung</b>	Bürogebäude, 1-geschossig mit Dachausbau
<b>Baukonstruktion</b>	
Erdgeschoss	Massivbau
Dachgeschoss	Leichtbau
<b>Nutzfläche</b>	838 m <sup>2</sup>
<b>Bruttorauminhalt</b>	3.724 m <sup>3</sup>
<b>Energieversorgung</b>	Gas-Brennwerttechnik
<b>Lüftung</b>	Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG)

**Abb 3: Ausgangszustand und realisierte Sanierung/Tübingen**

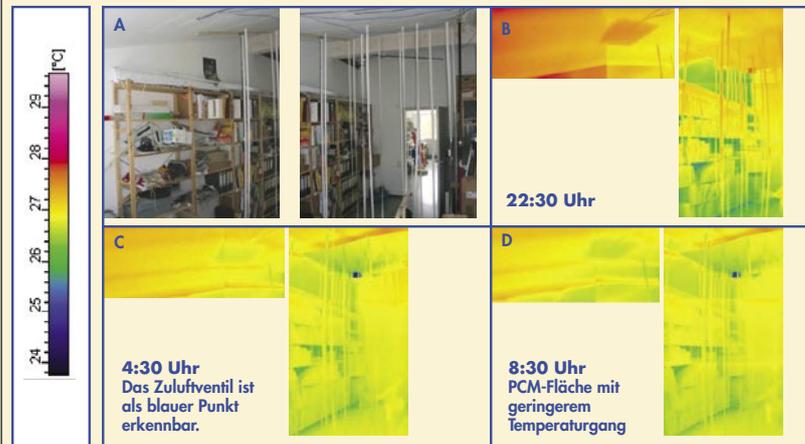
	U-Wert vor Sanierung [W/m²K]	U-Wert nach Sanierung [W/m²K]
Außenwand	1,5	0,14
Boden	2,5	0,36
Dach	1,7	0,14
Perimeter		0,18
Fenster	2,7	0,74
	Messwert 2004	Planungswert
Endenergiebedarf Heizung/Trinkwarmwasser [kWh/m²a] (PHPP)	ca. 22,6	22,8
Strom für Beleuchtung/Haustechnik [kWh/m²a] (PHPP)	6,9	9,4
Primärenergiebedarf [kWh/m²a] (PHPP)/flächenbezogen nach EnEV		43/41
Primärenergiebedarf (ohne EDV) [kWh/m²a] (PHPP)	44,7	52,5

ne dem Passivhausstandard vergleichbare Qualität erreicht. Erste Ergebnisse werden in 2006 erwartet. Der erforderliche Luftaustausch erfolgt in Tübingen über eine Lüftungsanlage mit mechanischer Nachtlüftung. Damit die während der Nachtstunden niedrigere Außentemperatur auch über den Tag im Gebäude genutzt werden kann, ist eine ausreichend hohe Wärmekapazität des Gebäudes notwendig.

**Sommerliches Raumklima**

Aus statischen Gründen war in Tübingen der Dachausbau nur in Leichtbauweise durchführbar, daher wurden die Decken des Dachgeschosses mit Gipsplatten und darin eingebetteten mikroverkapselten Paraffinen (PCM) verkleidet. Die Phasen-

**Abb 4: A Raum im Dachgeschoss; B-D Die Thermographieaufnahmen entsprechen in etwa der dargestellten Ansicht A. B Die Raumdecke hat sich auf Temperaturen zwischen 27 und 28°C aufgewärmt. In der Decke ist eine leicht dunklere d. h. wärmere Fläche zu erkennen. Dort ist ein konventionelles Gipskartonstück (Referenz) eingebaut.**



übergangstemperatur liegt zwischen 26 und 28°C. Diese Platten weisen im Bereich sommerlicher Oberflächentemperaturen Wärmekapazitäten wie etwa 5 cm Beton auf. Wichtigster Wärmespeicher eines Gebäudes ist die Decke. Darunter bildet sich ein stabiles Warmluftpolster, so dass der Wärmeumsatz der Wände normalerweise höher als der der Decke ist. Soll die thermische Entladung der Decke gesteigert werden, ist es notwendig unter der Decke eine Luftströmung zu erzeugen, um den Wärmeübergang zu erhöhen. Aus diesem Grund befindet sich das Zuluftventil unterhalb der Decke, der Luftstrahl liegt an der Decke an. Die Thermographieaufnahmen zeigen, dass die PCM-Fläche einen geringeren Temperaturgang im Vergleich zur konventionellen Gipskartonplatte (Referenz) aufweist (Abb 4). Setzt man den flächenspezifischen Wärmeumsatz der Referenz-

platte an der Decke zu 100 Prozent, so hat die PCM-Decke einen auf 125 Prozent erhöhten Wärmeumsatz. Weitere Ergebnisse können nach der Messphase dargestellt werden.

**Mehrfamilienhaus in Mannheim**

Energetisches Ziel der Sanierung des Gebäudes war ein Primärenergiebedarf von 34 kWh/m² Wohnfläche und Jahr (Simulationswert ohne Aufwand zur Trinkwassererwärmung). Dies entspricht einem Primärenergieäquivalent von 3 Litern Heizöl (Abb 5, 6). Durch eine sorgfältige Planung und Detailentwicklung konnte die Summe der Transmissionswärmeverluste über die Wärmebrücken auf den Wert Null reduziert werden. Das bedeutet, dass durch die Wärmebrücken keine zusätzlichen Transmissionswärmeverluste entstehen. Bei Sanierungen ist es wichtig, die Wohnungszuschnitte an die Marktbedürfnisse anzupassen. Es wurden wesentliche Veränderungen am Grundriss durchgeführt, so dass Maisonettewohnungen mit deutlich größeren Wohnflächen entstanden sind.

**Belüftung und Beheizung**

Die Versorgung von Gebäuden oder Wohnungen mit einem sehr geringen Energiebedarf stellt hohe Anforderungen an das gewählte System. Fünf verschiedene Anlagenvarianten werden in Mannheim eingesetzt. Über einen Zeitraum von zwei Jahren erfolgt die messtechnische Begleitung und Auswertung. Allen Varianten gemeinsam ist die Belüftung über ein zentrales Wohnungslüftungsgerät mit WRG im Dachgeschoss sowie ein Heizkörper im Bad.

- Variante eins – Standard  
Über ein zentrales Wohnungslüftungsgerät wird die Wohnung beheizt und belüftet. Die Gesamtluftmenge ist in drei Stufen regelbar, die Temperatur kann variabel für eine Wohnung gesteuert werden. Im Heizfall wird dem Luftsystem über einen zentralen Nacherwärmer Wärme zugeführt. Die Lüftungsanlage ist im Winter in Betrieb und wird im Sommer abgeschaltet. Die Wohnungen müssen dann über die Fenster belüftet werden. Es handelt sich um eine einfache Anlage, wie sie häufig in Passivhäusern eingesetzt wird.
- Variante zwei  
Luftheizung regelbar für EG/OG. Im Unterschied zur Variante 1 sind hier separate Nacherwärmer für Erdgeschoss und Obergeschoss installiert, so dass ein jeweils unterschiedliches Temperaturniveau eingestellt werden kann.
- Variante drei – Komfort  
In jedem Raum kann sowohl die Luftmenge als auch die Temperatur individuell geregelt werden.
- Variante vier – Standard mit Heizkörper  
Ein zentrales Lüftungsgerät versorgt die Wohnungen mit Außenluft; Heizkörper in allen Räumen ermöglichen eine individuelle Temperierung.
- Variante fünf – Standard mit Erdkühlung  
Neben dem zentralen Wohnungslüftungsgerät sind hier Kapillarrohrmatten in den Zimmerdecken integriert. Damit kann bei Bedarf jeder Raum individuell beheizt werden. Im Sommer ist es möglich, über ein vorgeschaltetes Kühlsystem mit Erdkollektoren die Kapillarrohrmatten zur Kühlung der Räume einzusetzen.

Der errechnete Primärenergiebedarf wird während der ersten Messphase erreicht. Die Wohnungen wurden im 1. Quartal 2005 vermietet. Seitdem erfolgt die Aufnahme der Messdaten, so dass erste Tendenzen bereits sichtbar sind. Das häufig eingesetzte Luftheizungssystem mit nur einem Zuluft-Temperaturniveau (Standard-Variante eins) zeigt zwischen EG und OG teilweise Temperaturabweichungen vom eingestellten Sollwert von 2 bis 4 Kelvin. (Abb 7). Diese Unterschiede heben sich bei der geschossweisen Temperaturregelung (Variante zwei) fast auf (Abb 8). Gründe für die Temperaturdifferenz sind z. B. höhere Wärmeverluste im EG durch die Außenan Kopplung der Bodenplatte, die durch Luftheizungssysteme mit nur einem Zuluft-Temperaturniveau nicht ausgeglichen werden können. Eine einheitliche Temperaturregelung für mehrere Geschosse bietet nur einen eingeschränkten Komfort. Dieser kann bereits mit einer einfachen geschossweisen Temperaturregelung erheblich verbessert werden.

### Positive Ergebnisse

Das umfangreiche Messprogramm wurde in beiden Vorhaben zu Beginn diesen Jahres gestartet, so dass eine quantitative Auswertung in 2006 erfolgen kann. Erste Betriebserfahrungen in beiden Gebäuden bestätigen die gewählten Konzepte. Sowohl in Tübingen als auch in Mannheim sind die Nutzer sehr zufrieden und die ersten Verbrauchswerte erreichen das gewünschte Niveau eines Passivhauses bzw. Niedrigstenergiehauses.

In Mannheim konnte gezeigt werden, dass gegenüber dem einfachsten Luftheizungssystem mit nur einer Temperaturregelzone die Wohnqualität erheblich durch eine Luftheizung mit geschossweiser oder raumweiser Temperaturregelung, wie sie in den Systemvarianten 2, 3, 4 und 5 ausgeführt wurde, gesteigert wird. Die ausgewerteten Messergebnisse bestätigen, dass alle Systemvarianten den energetischen Zielwert von 3 Litern Heizöl pro m<sup>2</sup> und Jahr (Primärenergie) erreichen. Das Raumklima hat in Bürogebäuden eine erhebliche Bedeutung. Daher werden Arbeits- und Besprechungsräume über die Lüftungsanlage mit Frischluft versorgt. Besprechungsräume erhalten eine bedarfsgerecht zu steuernde Zu- und Abluftversorgung, da die stark variierende Belegung durch ein Zeitschema nicht erfasst wird. Um diesen Ansprüchen zu genügen, wurde für das Lüftungsgerät ein Prototyp entwickelt, der

bei sehr geringem Stromverbrauch eine ausreichende Leistung erbringen kann. Der effektive Wärmebereitstellungsgrad der Anlage beträgt nach PHPP 80 Prozent bei einer elektrischen Leistungsaufnahme von 0,15Wh/m<sup>3</sup>. Die bisher gemessenen Stromverbräuche belegen die Planungswerte und Umfragen unter den Nutzern bestätigen die Funktionsfähigkeit. Die geringe Wärmekapazität eines Dachausbaus in Leichtbauweise wurde durch den Einsatz PCM-haltiger Gipskartonplatten und Putze verbessert. Diese PCM-Flächen zeigen einen deutlich reduzierten Temperaturgang im Vergleich zur konventionellen Gipskartonplatte. In Tübingen konnten die bisher in Testkammern gewonnenen Erkenntnisse bestätigen, dass PCM-haltige Platten bei reiner Leichtbauweise eine wirksame Verbesserung darstellen. Allerdings kann die Wärmekapazität einer Massivwand durch PCM-haltige Bauteiloberflächen nicht erreicht werden. Die festgelegte Phasenübergangstemperatur – hier 26–28°C bietet in diesem Temperaturbereich eine verzögerte Temperaturerhöhung bzw. -rückgang. Raumklimatisch günstiger wäre bei der im Tübinger Projekt gesicherten nächtlichen Entwärmung, der Einsatz von Platten mit Übergangstemperaturen bei 24°C. Ziel weiterer Untersuchungen ist es, die Wirksamkeit durch eine weiter verbesserte nächtliche Auskühlung noch deutlich zu steigern.

**Abb 5: Ausgewählte Gebäudedaten/Mannheim**

Baujahr	1930/31
Gebäudetyp/-nutzung	Mehrfamilien-Wohnhaus, 2-geschossig
Baukonstruktion	Massivbau
Wohnfläche/Wohnungen	1.152 m <sup>2</sup> /12
Bruttorauminhalt	6750 m <sup>3</sup>
Energieversorgung	Nahwärmezentrale mit BHKW (Stirlingmotor), Gasbrennwertkessel
- Lüftung	Zu- und Abluftanlage mit WRG
- Trinkwarmwasser	Dezentral über Wohnungswärmestation
- Heizsystem	Versorgung der Wohnungen über fünf verschiedene Anlagensysteme
- Kälte	Erdkollektor

**Abb 6: Ausgangszustand und realisierte Sanierung/Mannheim**

	U-Wert vor Sanierung [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert nach Sanierung [W/m <sup>2</sup> K]
Außenwand	1,3	0,15 / Giebel 0,12
KG-Decke	1,4	0,11
Dach	0,9	0,11
Treppenhausewand	1,5	0,16
Fenster	2,6	0,80
Endenergie Wärme und Hilfsenergie [kWh/m <sup>2</sup> a] (EnEV)	330	Planungswert: 35
Primärenergiebedarf, Heizung, Lüftung, Trinkwassererwärmung [kWh/m <sup>2</sup> a] (EnEV)	389	Planungswert: 37

### ! Info

Die Mehrkosten (brutto) pro m<sup>2</sup> Wohnfläche für eine Modernisierung mit Passivhauskomponenten gegenüber dem EnEV-Standard betragen etwa 120 bis 150 €/m<sup>2</sup>. Bei einer optimierten Kostenplanung können diese auf 100 €/m<sup>2</sup> gesenkt werden. Mit Passivhauskomponenten ist gemeint, dass neben einer Dämmung von 20–30 cm und Fenstern mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung sowie gedämmten Rahmen, eine Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft und WRG realisiert wird. Der Heizwärmebedarf liegt anschließend bei etwa 25–30 kWh/m<sup>2</sup>a (PHPP). Im Vergleich: Passivhäuser haben einen Heizwärmeverbrauch von 15 kWh/m<sup>2</sup>a. Das Erreichen des Passivhaus-Neubaustandards bei Sanierung von Altbauten, kann aufgrund der Randbedingungen mit Mehrkosten verbunden sein. Die Zusatzkosten für die Sanierung des Bürogebäudes in Tübingen auf Passivhausniveau lagen mit 81 €/m<sup>2</sup> (NGF) günstig.

### ! Kontakt

#### Bine Informationsdienst

53129 Bonn  
 Tel. (02 28) 9 23 79 25  
 bine@fiz-karlsruhe.de  
 www.bine.info

