

Wege zum Niedrigenergiehaus

3269

Die Entwicklung des energiesparenden Bauens stagniert. Die Energiepreise bewegen sich gegenwärtig auf einem niedrigen Niveau. Damit fehlen die wirtschaftlichen Anreize für Maßnahmen zur Energieeinsparung, die über die bestehenden Vorschriften hinausgehen. Allerdings haben die immer stärker zutage tretenden Umweltschäden, die Erkenntnis, daß die fossilen Brennstoffe eines Tages aufgebraucht sein werden und nicht zuletzt die Erinnerung an die einschneidenden Änderungen der Energiepreise seit 1973 in der Bevölkerung ein Umdenken im Umgang mit der Energie bewirkt.

Die folgenden *Empfehlungen des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau* befassen sich besonders mit Wohngebäuden, die heute errichtet werden, aber auch noch den Anforderungen gerecht werden können, die im Jahre 2000 und darüber hinaus Geltung haben. Sie sollen zeigen, welche technischen Lösungen in enger Abstimmung der baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen möglich und sinnvoll sind. U.

Warum verstärkte Energieeinsparungen?

Für Energieeinsparungen sind besonders folgende Gründe anzuführen:

- Energieeinsparung ist gleichzeitig ein wesentlicher Beitrag zur Umweltentlastung. Die Schadstoffreduzierung durch Verringerung der Emissionen aus Einzelfeuerungen hat besonders während der Heizperiode in Ballungsgebieten große Bedeutung.
- Eine besonders dringende Aufgabe der Umweltentlastung ist die Verminderung der CO₂-Emissionen bei der Wärmeerzeugung. Damit kann ein bedeutsamer Beitrag zur Verringerung der negativen Auswirkungen auf das weltweite Klima geleistet werden.
- Energieeinsparung ist ein wichtiger Beitrag zur Daseinsvorsorge angesichts eines infolge starken Wachstums der Weltbevölkerung zu erwartenden zunehmenden Energieverbrauchs. Schonung der Ressourcen hilft auch den Entwicklungsländern.
- Energieeinsparung hilft, die Abhängigkeit von ausländischen Rohstofflieferungen zu vermindern. Nach wie vor bestehen bezüglich der Verfügbarkeit heute vorherrschender Energieträger politische Risiken.
- Bei einer sorgfältig geplanten und ausgeführten guten Wärmedämmung eines Gebäudes werden Bauschäden vermindert, außerdem lassen sich der Schallschutz und die Behaglichkeit entscheidend verbessern. Schließlich schafft eine gute Wärmedämmung häufig erst die Voraussetzung für den Einsatz fortschrittlicher und neuartiger Heizsysteme.
- Gebäude müssen aus hygienischen Gründen mit Luft guter Qualität versorgt werden. Bei Einsatz geeigneter Techniken können hierbei auch die Probleme des Schutzes gegen Außenlärm und der wachsenden Verunreinigung der Außenluft und der Energieeinsparung gelöst werden.

Für Neubauten wäre ein Verzicht auf die heute möglichen technischen Maßnahmen besonders nachteilig. Versäumtes könnte nur mit großem zusätzlichen finanziellen Aufwand oder gar nicht nachgeholt werden. Investitionsentscheidungen werden für eine Lebensdauer der Gebäude von 50 bis 100 Jahren getroffen. Wir müssen daher bereits heute die Frage beantworten, wie wir künftig unsere Gebäude baulich gestalten und heiztechnisch ausrüsten werden. Die Antwort lautet:

Nutzen wir bereits heute die planerischen und technischen Erkenntnisse und Möglichkeiten, um Gebäude mit einem möglichst geringen Energieverbrauch zu errichten. Nach dem Stand der Technik können wir hierbei bewährte Bauteile und Anlagenkomponenten einsetzen, Gebäude mit einem hohen Wohnwert und zu angemessenen Preisen errichten sowie wesentliche Energieeinsparungen und Schadstoffentlastungen erreichen. Die Phase niedriger Energiepreise sollte für Vorsorgeinvestitionen jetzt genutzt werden.

Alles beginnt mit der richtigen Planung des Gebäudekörpers

Die Einflüsse des Gebäudekörpers, seine Anordnung auf dem Grundstück und die Gestaltung der Außenbauteile auf den Heizenergieverbrauch dürfen nicht unterschätzt werden. Die abkühlende Oberfläche der Außenbauteile kann bei gleichem umbauten Volumen sehr unterschiedlich sein. Diese Unterschiede führen schnell zu einer Verdoppelung der Wärmeverluste. Vor übertriebenen Fassadengliederungen („Kühlrippenarchitektur“) muß in diesem Zusammenhang gewarnt werden. Durch eine möglichst kompakte Baukörperform werden bei gleichem Wärmeschutz im Vergleich mit stark aufgegliederten Grundrissen und Fassaden die Transmissionswärmeverluste ganz wesentlich reduziert.

Die Wärmedämmung muß sinnvoll verbessert werden

Mit den im Jahre 1977 aufgrund des Energieeinsparungsgesetzes nach der Wärmeschutzverordnung (WSchVO) erlassenen Anforderungen zum energiesparenden Wärmeschutz wurde erstmals eine wesentlich verbesserte Gebäudedämmung in der Bundesrepublik Deutschland eingeführt.

Die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz sind in der Bundesrepublik Deutschland bisher in zwei Stufen erhöht worden. (Erstfassung der Wärmeschutzverordnung August 1977, Novellierung dieser Verordnung Februar 1982.) Die Bundesrepublik Deutschland nimmt damit im internationalen Vergleich einen guten Mittelplatz ein. Höhere Anforderungen stellen beispielsweise die skandinavischen Staaten und die Schweiz. Das schwedische Anforderungsniveau weist auf weitere beträchtliche

Verbesserungsmöglichkeiten des baulichen Wärmeschutzes im Vergleich mit deutschen Bauausführungen hin.

Die Größe des Wärmedurchganges bei Bauteilen und damit ihre Wärmeschutzqualität wird durch Wärmedurchgangskoeffizienten (k -Werte) beschrieben. Aus den Flächenanteilen der wichtigsten wärmeübertragenden Bauteile

- Fenster
- Außenwände
- Dächer, Dachdecken
- Kellerdecken

und ihren jeweiligen k -Werten kann man den mittleren Wert k_m eines Gebäudes insgesamt ermitteln und damit die Qualität des Wärmeschutzes mit einer einzigen Größe zusammenfassend beschreiben. Je kleiner der k_m -Wert ist, desto geringer sind die Energieverluste eines Gebäudes durch Wärmeübertragung über die Außenbauteile.

Theoretische und experimentelle Untersuchungen unterschiedlicher Gebäude auf Energieeinsparmöglichkeiten weisen auf eine erforderliche, erhebliche Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes und eine enge Abstimmung von baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen hin. Es wird aufgrund dieser Erkenntnisse empfohlen, den baulichen Wärmeschutz für wichtige Bauteile so zu verbessern, wie es *Tabelle 1* zeigt. Diese Verbesserungen können mit marktgängigen Bauteilen und Baustoffen erreicht werden.

Tabelle 1. Entwicklung der Anforderungen an den baulichen energiesparenden Wärmeschutz und Empfehlungen, k -Werte in $W/(m^2 \cdot K)$.

| | früher | WSchVO 1982 | Niedrigenergiehaus |
|------------------------------|----------|--------------|--------------------|
| Außenwände | 1,4 | 0,8 bis 0,6 | 0,4 bis 0,2 |
| Fenster | 5,2 | 3,1 bis 2,6 | 1,8 bis 1,5 |
| Dach-, oberste Geschoßdecken | 1,0 | 0,5 bis 0,3 | 0,2 bis 0,15 |
| Kellerdecken | 0,8 | 0,7 bis 0,55 | 0,45 bis 0,30 |
| k_m | ca. 1,45 | ca. 0,77 | ca. 0,40 |

Man erkennt, daß die k_m -Werte und damit die Wärmeverluste über die Gebäudehülle sich von Stufe zu Stufe fast halbieren. (Die genannten k_m -Werte gelten für Ein- und Zweifamilienhäuser.)

Die Vermeidung von Wärmebrücken muß bei Niedrigenergiehäusern besonders beachtet werden

Die angegebenen Wärmedurchgangskoeffizienten kennzeichnen den Wärmeschutz der Bauteile im „ungestörten“ Bereich. Besonders in den Anschlußbereichen einzelner Bauteile treten jedoch häufig zusätzliche Wärmeverluste, aber auch abgesenkte raumseitige Oberflächentemperaturen infolge Wärmebrücken auf. Kritische Bereiche sind hierbei i. a. Fensterlaibungen, Rolladenkästen, Heizkörpernischen, Deckenaufleger und Balkonplatteneinbindungen, Dachanschlüsse sowie Außenecken. Bei in-

nengedämmten Bauteilen sind darüber hinaus die Anschlüsse von Innenwänden kritisch.

Bei besonders gut wärmegeämmten Außenbauteilen wirken sich Wärmebrücken verhältnismäßig stark aus. Es ist deshalb notwendig, durch konstruktive Maßnahmen die Wärmebrückenwirkungen so gering wie möglich zu halten.

Stark gegliederte Fassaden haben neben einer vergrößerten Oberfläche und dadurch erhöhten Wärmeverlusten auch eine vermehrte Anzahl von Bauteilanschlüssen mit vielen Wärmebrücken zur Folge.

Für das Wohlbefinden und zur Verhinderung von Feuchteschäden muß eine gleichmäßige Innenoberflächentemperatur aller Außenbauteile angestrebt werden.

Auslegung der Fenster und passive Solarenergienutzung

Eine wichtige Aufgabe ist die Auslegung der Fenster nach Orientierung, Größe und wärmeschutztechnischer Qualität. Das Fenster kann nur in Verbindung mit dem Wärmeschutz der übrigen, nichttransparenten Bauteile richtig bewertet werden.

In den Abend- und Nachstunden ist das „ungeschützte“ Fenster während der Heizperiode in der Regel ein Bauteil höherer Wärmeverluste. Am Tage findet bei Sonneneinstrahlung über die Fenster eine Energielieferung auf zweierlei Weise statt. Die auftreffende Sonnenstrahlung tritt aufgrund der Energiedurchlässigkeit des Glases zu einem großen Teil in den Innenraum ein. Durch das Glas wird ein Teil der Strahlungsenergie absorbiert, welche die Scheiben erwärmt und so wie eine Heizfläche wirkt. Daher verhält sich ein Fenster wärmetechnisch günstiger, als sein k -Wert vermuten läßt.

Die Jahreswärmebilanz eines Fensters, welche die Transmissionswärmeverluste, aber auch die zur Entlastung des Heizsystems nutzbaren Sonnenenergiegewinne berücksichtigt, kann auf einfache Weise mit Hilfe eines äquivalenten k -Wertes beschrieben werden. Dabei wird vom k -Wert des Fensters ein Wert abgezogen, der abhängig ist von

- dem Gesamtenergiedurchlaßgrad der Verglasung (g -Wert; er wird in technischen Regeln oder in technischen Unterlagen der Hersteller angegeben),
- dem Sonneneinstrahlungsangebot (Standort, Fensterorientierung) und der Nutzbarkeit dieses Energieanteiles.

Für durchschnittliche deutsche Klimabedingungen ergeben sich Minderungen des Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters z. B. für einen g -Wert üblicher Isolierverglasungen und unterschiedliche Himmelsrichtungen bei gutem Wärmeschutz des Gebäudes von rund

- Süd $1,7 W/m^2 K$,
- Ost/West $1,3 W/m^2 K$,
- Nord $1,0 W/m^2 K$.

Sonnenschutzverglasungen mit besonders kleinen g -Werten eignen sich nicht für eine vorteilhafte Nutzung der Solarenergie.

Anzustreben sind daher Fenster mit möglichst kleinen Wärmedurchgangskoeffizienten k , aber großen g -Werten. Die größten Solarenergiegewinne werden bei Südorientierung erzielt.

Die vorteilhafte Auswirkung von Rolläden oder anderen „temporären Abdeckungen“ auf die Wärmebilanz der Fenster kann ebenfalls im äquivalenten k -Wert für Fenster erfaßt werden.

Die Solarenergiegewinne durch nichttransparente Außenbauteile wie z. B. Außenwände sind im Vergleich mit Fenstern gering. Der k -Wert wird je nach Himmelsrichtung nur um rd. 5 bis 10% verbessert.

Ein Vergleich der so gewonnenen äquivalenten k -Werte der Wand und des Fensters zeigt, ob ein vergrößerter Fensterflächenanteil zu einer Erhöhung oder Verringerung des Heizenergieverbrauches führt.

Die Auslegung der Fenster ist aber darüber hinaus auch durch Gesichtspunkte der Belichtung und der Vermeidung von zu hohen Raumtemperaturen im Sommer erheblich bestimmt.

Der äquivalente k -Wert der Fenster beschreibt das energetische Verhalten während der *gesamten Heizperiode*. Er darf deshalb nicht für die Berechnung *momentaner* Wärmeverluste und damit zur Berechnung der Kesselleistung bzw. zur Dimensionierung der Heizung verwendet werden.

Untersuchungen belegen eindeutig, daß der Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes Priorität vor der passiven Solarenergienutzung zukommt. Ein besonders guter Wärmeschutz ist eine wichtige Voraussetzung für eine sinnvolle Passiv-Solarenergie-Architektur.

Auch durch andere Maßnahmen der „Solararchitektur“ – wie z. B. Glasvorbauten – die häufig einer besseren Wohnungsnutzung und damit einer Steigerung des Wohnwertes eines Gebäudes dienen, kann eine weitere Reduzierung des Heizenergieverbrauches erreicht werden. Vielfach ist jedoch das Kosten-Nutzen-Verhältnis solcher Maßnahmen aus energetischer Sicht nicht besonders günstig.

Eine Wohnungslüftung mit hoher Qualität muß sichergestellt werden

Die Versorgung unserer Gebäude mit Außenluft dient vor allem der Gesundheit und dem Wohlbefinden ihrer Bewohner. Über den Austausch von Luft müssen auch die durch die Nutzung anfallende Feuchtigkeit und Schadstoffe aus Wohnräumen, Küchen und Bädern abgeführt werden. Die natürliche Lüftung wird vielfach durch eine relativ große Dichtheit der Gebäudehülle beeinträchtigt. Bei unzureichender Lüftung der Räume und einer zu geringen Beheizung kann die relative Raumluftfeuchte stark ansteigen. Hierdurch wird eine Tauwasserausscheidung sowie Schimmelpilzbildung in kritischen Bereichen an den Innenoberflächen von Außenbauteilen begünstigt. Häufig sind aber auch ein unverhältnismäßig hoher Luftaustausch und damit verbundene hohe Energieverluste durch unsachgemäße Fensterlüftung zu beobachten.

Der Austausch von Luft erfordert einen relativ hohen Energieaufwand. Je besser die Wärmedämmung eines Gebäudes ist, um so mehr steigt der anteilige Heizenergieverbrauch für die Erwärmung der Luft an. Dieser sog. Lüftungswärmeverlust entspricht in seiner Größe bei Gebäuden mit besonders guter Dämmung dem Verlust infolge Wärmeübertragung über die Gebäudehülle (Transmissionswärmeverlust). Aus diesem Grunde sind geeignete Maßnahmen zur Kontrolle und Verringerung der Lüftungswärmeverluste möglichst mit gleichzeitiger Verbesserung der Lüftungsverhältnisse in den Räumen besonders wichtig.

Die traditionelle Technik konnte diese Probleme nicht ausreichend eingrenzen und beseitigen, sie sind vielmehr durch die Aufgaben des energiesparenden Bauens deutlicher zutage getreten. Auf der Grundlage dieser Erfahrungen sind aber auch Konzepte für lüftungstechnische Einrichtungen entwickelt worden, die den oben beschriebenen Forderungen weitgehend entsprechen können.

Anlagentechnische Maßnahmen für Gebäude mit möglichst geringem Energieverbrauch

Bislang erfolgt in der Regel der notwendige Luftaustausch während der Heizperiode durch undichte Fensterfugen oder intervallartige Fensterlüftung (Stoßlüftung). Der hierdurch bewirkte Luftaustausch vollzieht sich weitgehend unkontrolliert.

Eine auf den tatsächlichen Bedarf abgestellte Lüftung kann aber nur über geregelte Lüftungseinrichtungen sichergestellt werden. Soll der erhebliche Wärmeinhalt der Abluft genutzt werden, muß gleichzeitig eine Wärmerückgewinnungstechnik eingesetzt werden. Hierbei werden die energiereichen Abluftströme eines Gebäudes oder einer Wohnung zur Erwärmung der kalten Außenluft genutzt. Es können dezentrale (z. B. für einzelne Wohnungen oder Räume) oder zentrale Lösungen (z. B. für ein ganzes Gebäude) zum Einsatz kommen. Eine Reihe technischer Lösungen stehen zur Verfügung.

Lüftungseinrichtungen und -anlagen dieser Art bieten eine Reihe von Vorteilen:

- durch eine Wärmerückgewinnung werden die Wärmeverluste erheblich reduziert
- sie versorgen die Räume einer Wohnung mit den je nach Nutzung erforderlichen unterschiedlichen Luftmengen
- sie gestatten eine Aufbereitung (z. B. Filterung) und damit Verbesserung der Qualität der Außenluft;
- sie entsorgen Räume von Geruchsstoffen und Raumfeuchte ohne Beeinträchtigung der anderen Räume;
- durch diese Lüftung, die ein Fensteröffnen entbehrlich macht, kann der Schutz gegen Außenlärm ganz entscheidend verbessert werden.

Diese Anlagen dienen in Verbindung mit der Wärmerückgewinnung teilweise auch der Beheizung der Räume. Der Anteil ist um so bedeutsamer, je besser der Wärmeschutz ausgelegt ist. Für die ergänzende Heizung kann parallel jedes flink regelbare Heizungssystem eingesetzt werden.

Die Heizungen können in der Regel für geringe Leistungen ausgelegt werden. Dabei ist auf eine besonders gute Regelung der Raumtemperatur (Einzelraumregelung) zu achten.

Wir können in der Bundesrepublik Deutschland auch auf bewährte Beispiele des Auslands zurückgreifen. Zuerst wurde eine kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung in Schweden angewendet. Hierbei wird bei Wohngebäuden die Abluft aus Küche und Bad – vor allem in diesen Bereichen fallen überschüssige Wärme und belastende Geruchsstoffe an – mechanisch abgesaugt. Die Zuluft wird in den Wohn- und Schlafräumen mechanisch zugeführt. Durch Einbau eines Platten-Wärmetauschers kann ein Anteil von etwa 60% der Abluftwärme auf die Außenluft übertragen werden. Die Geruchsstoffe werden mit der Fortluft nach draußen abgeben.

Eine Wohnungslüftung dieser Art kann durch den Einbau einer (Luft-)Kleinwärmepumpe mit der Möglichkeit der weiteren Ausnutzung des Wärmehalts der Fortluft bis auf den Außenluftwert (und teilweise noch tiefer) weiter verbessert werden. Durch die Auskühlung der Fortluft bis zur vollständigen Kondensation der Luftfeuchte sowie die Überführung der elektrischen Antriebsenergie der Wärmepumpe in den Luftstrom wird die Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe zu einem Frischluftheizsystem zur Abdeckung der *Grundheizung* in weiten Bereichen der Heizperiode. Ausgeführte Beispiele zeigen, daß nur bei Außentemperaturen unter +4°C eine Zusatzheizung erforderlich ist. Ein Lüftungssystem der beschriebenen Art kann grundsätzlich auch im Mehrgeschoßbau eingesetzt werden.

In der Bundesrepublik Deutschland haben solche Systeme bislang keinen nennenswerten Markt gefunden. Durch die Kopplung der Funktionen Lüftung und Teilheizung können die Mehraufwendungen für die Lüftungseinrichtung durch Betriebskosteneinsparungen bei guter Planung und Komponentenwahl zu einem guten Teil amortisiert werden. Wenn die z. Zt. noch geringen Stückzahlen in der Fertigung erhöht werden, sind Preis-senkungen ohnehin zu erwarten.

Was können wir erreichen?

Selbstverständlich führt auch ein besonders guter Wärmeschutz allein in Verbindung mit einer gut geregelten konventionellen Heizungsanlage, die heutigen Anforderungen genügt und energiesparend betrieben wird, zu deutlichen Einsparungen gegenüber bisherigen Bauausführungen. Bauherren, die sich nicht sofort für ein Wohnungslüftungs-/Wohnungsheizungssystem mit Wärmerückgewinnung entschließen können, sollten die Gebäudeplanung so beeinflussen, daß eine spätere Nachrüstung des Gebäudes ohne größere Schwierigkeiten möglich ist. In gewissen Grenzen sind im übrigen zwischen allen Maßnahmen des Gebäudeentwurfs (Gestaltung des Gebäudekörpers, Auslegung des Wärmeschutzes und der Anlagentechnik) Kompensationen möglich.

Tabelle 2. Heizenergieverbrauch für freistehendes Einfamilienhaus (etwa 150 m² WFl) in kWh/(m² und Jahr). Die Angaben in Klammern entsprechen einem – umgerechneten – Ölverbrauch in l je m² Wohnfläche und Jahr bzw. Gasverbrauch in m³ je m² Wohnfläche und Jahr.

| WSchVO, unkontrollierte Fensterfugen-lüftung | Besonders gute Wärmedämmung (ohne mech. Wohnungslüftung und Wärmerückgewinnung) | Niedrigenergiehaus (mit mech. Wohnungslüftung und Wärmerückgewinnung) |
|--|---|---|
| 130 bis 180 (rd. 13 bis 18) | 80 bis 120 (rd. 8 bis 12) | 50 bis 90 (rd. 5 bis 9) |

Als Niedrigenergiehaus soll aber ein Gebäude nur dann angesehen werden, wenn es diese Gesichtspunkte in optimaler Weise miteinander verbindet, d. h. ein besonders guter Wärmeschutz und anlagentechnische Maßnahmen unter Berücksichtigung der Wohnungslüftung und der Wärmerückgewinnung sachgerecht abgestimmt werden. Welche Verbrauchsergebnisse sich in der Gegenüberstellung zu konventionellen Bauweisen und Ausstattungen einstellen, zeigen die Werte in *Tabelle 2*:

Berechnungen und praktische Erprobungen ergaben, daß z. B. freistehende Einfamilienhäuser (rund 150 m² Wohnfläche) bei Einsatz einer Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) und besonders gutem Wärmeschutz mit einem Energieverbrauch von 7500 kWh im Jahr auskommen.

Zusammenfassung

Diese Empfehlung zeigt Wege zum Niedrigenergiehaus auf. Die Wärmedämmung („Superdämmung“) liegt erheblich über den geltenden Anforderungen der Wärmeschutzverordnung. Das Niedrigenergiehaus ist darüber hinaus mit einer Anlage zur kontrollierten Be- und Entlüftung ausgestattet, mit der eine gute Qualität der Atemluft, eine einwandfreie Abführung von Schadstoffen und Raumluftfeuchte sowie ein guter Schutz gegen Außenlärm bei möglichst geringem Energieaufwand erzielt werden.

Die Maßnahmen für Niedrigenergiehäuser lassen sich sowohl für Einfamilienhäuser als auch für Wohnungen in Mehrfamilienhäusern verwirklichen.

Für die Wirtschaftlichkeit und befriedigende Funktion von Niedrigenergiehäusern ist eine enge Abstimmung des baulichen und anlagentechnischen Konzepts notwendig.

Für Neubauten wird eine Auslegung des Wärmeschutzes über die öffentlich-rechtlichen Vorschriften hinaus dringend empfohlen, insbesondere wenn die anlagentechnischen Maßnahmen nachgezogen und nur planerisch vorbereitet werden.

Auch bei der Modernisierung bestehender Wohngebäude werden Maßnahmen der kontrollierten Be- und Entlüftung künftig an Bedeutung gewinnen. Diese Empfehlung soll auch einen Anstoß geben, daß mehr Entwicklungsarbeiten durchgeführt und mehr problemorientierte Lösungen auf dem Markt angeboten werden.