

Passivhausstandard im Geschosswohnungsbau: Grundsätzliches und das Beispiel Vauban

Autor(en): **Langer, Heinz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **117 (1999)**

Heft 47

PDF erstellt am: **06.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79825>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Heinz Langer, Leipzig

Passivhausstandard im Geschosswohnungsbau

Grundsätzliches und das Beispiel Vauban

Unter dem Banner der Solararchitektur hat sich im Laufe der Jahre ein Sammelsurium von Projekten des Bauens und Lebens mit der Sonne herausgebildet. Im Wirrwarr der Entwicklungen zeichnet sich immer deutlicher ein Konzept ab, das dem solaren Bauen eine Breitenbasis verschaffen könnte: das Passivhaus. Seitdem dessen Standard in den Geschosswohnungsbau eindringt, vollzieht sich die Entwicklung hin zur Breitenanwendung.

Hervorgegangen aus dem Niedrigenergiehaus beruht der Typ des Passivhauses auf der einfachen Formel: «Die Wärmeverluste eines Gebäudes sind so zu minimieren, dass die internen Wärmequellen (Mensch, Abwärme der Elektrogeräte und Beleuchtungskörper) über Wärmerückgewinnung (WRG) sowie der passive Wärmegehalt über Südfenster weitgehend zur Raumheizung ausreichen.» (Prof. Wolfgang Feist, Passivhaus-Institut Darmstadt)

Voraussetzungen und Kennzahlen

Um für ein Passivhaus einen ausreichend niedrigen Restwärmebedarf zu erreichen, muss der Wärmeverlust begrenzt werden. Dies erreicht man durch eine möglichst kompakte Gebäudehülle mit günstigem Oberflächen/Volumenverhältnis (A/V -Verhältnis $\sim 0,6/m$) und mittels hochisolierter Fenster mit entsprechend hoher thermischer Rahmenqualität (Dreifach-Superverglasungen; $k < 0,8$) und geringen Lüftungswärmeverlusten. Zudem sind opake Dämmschichten von 25 cm im Außenwand- und 40 cm im Dachbereich erforderlich. Selbstverständlich müssen auch eventuelle Wärmebrücken im Hüllbereich fehlen, was zu entsprechenden Konsequenzen in der äusseren Formgestaltung führte. So galten zunächst Erker und Balkone als ein Tabu, bis man der architektonischen Vielgestaltigkeit wegen zur thermischen Abkopplung solcher Gebäudeteile übergang.

Tatsächlich kommt man nach [1] mit einer derartigen Bauweise in einen Bereich

des Restwärmebedarfs, bei dem die konventionelle Heizung wegfallen kann. Eine solche Situation ist erreicht, wenn der als Energiekennzahl (EKZ) bezeichnete Restwärmebedarf des Gebäudes unter die Grenze von $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ sinkt (Bild 1). Er kann, wenn erforderlich, über eine 500-Watt-Kleinstwärmepumpe oder andere Hilfsenergien abgedeckt werden. Durch den Wegfall der konventionellen Heizung und die damit verbundene Kosteneinsparung wird das Gesamtkonzept des Passivhauses ökonomisch vertretbar (Bild 2).

Fensterflächen: durchsichtige Solarkollektoren

Obwohl die passiv genutzte Sonnenenergie in diesem Hauskonzept einen wesentlichen Teil des Wärmebedarfs abdeckt, ist der solare Aspekt bei den bisher ausgeführten Passivhausprojekten weit weniger stark ausgeprägt als in den «grosszügig verglasten Beispielen solaren Bauens» [2]. Auch hier finden sich, wie für Solarbauten allgemein üblich, vergrösserte Fensterflächen an den Südfassaden und entsprechend verkleinerte Öffnungen an den Nordseiten der Gebäude, weswegen man die Gebäudelängsachsen der Passivhäuser möglichst in Ost/Westrichtung ausrichtet. So bestimmen bis heute überwiegend nach Süden gedrehte Pultdachfassaden ihr Erscheinungsbild.

Simulationen [2] ergaben jedoch, dass es aus thermischer Sicht sinnvoll ist, den nach Süden orientierten Verglasungsanteil auf etwa 40% der Fassadenfläche zu beschränken. Mit diesem Anteil wird bei den im Passivhausbau verwendeten hochwertigen Dreifachverglasungen bereits das Optimum an nutzbaren Solargewinnen erzielt. Das hängt mit den im Passivhauskonzept durch Baukonstruktion, Kosten und Nutzung eng begrenzten Wärmespeicherungsmöglichkeiten zusammen. Die passivsolaren Energiegewinne müssen hier nur die durch Transmission und Luftwechsel auftretenden Energieverluste der Tagesenergiebilanzen ausgleichen. Zusätzliche Solargewinne an der Glasfassade hätten - anders als in den mit grossen Saisonal-speichern ausgestatteten «Nullheizenergiehäusern» - zeitweilige Überhitzungsprobleme zur Folge. Der Passivhaustyp ist

formal grundsätzlich durch energetische Notwendigkeiten geprägt. In Gebäuden dieses Typs kann die Strahlenergie in den Raum hinein, die Wärme bei richtiger Handhabung aller Randbedingungen nur noch in geringem Umfang hinaus. Die Fensterflächen, aus energetischer Sicht zur «Nutzfläche» geworden, beeinflussen wegen der daraus erwachsenden Konsequenzen die Fassadenform der Gebäudehülle erheblich: Setzt man Dreischeiben-Wärmeschutzverglasungen voraus, so reduzieren nach Süden orientierte Verglasungsanteile der Fassade von mehr als 50% den Heizwärmebedarf im Winter nicht wesentlich, während sie im Sommer die thermische Behaglichkeit spürbar negativ beeinflussen [3]. Liegen die nach Süden ausgerichteten Verglasungsanteile unter 14%, dann entstehen weder sommerliche Überhitzungsprobleme noch unangemessene Auswirkungen auf den Heizwärmewert, aber der Tageslichtanteil verschlechtert sich massiv und kann in den Räumen kaum mehr genutzt werden.

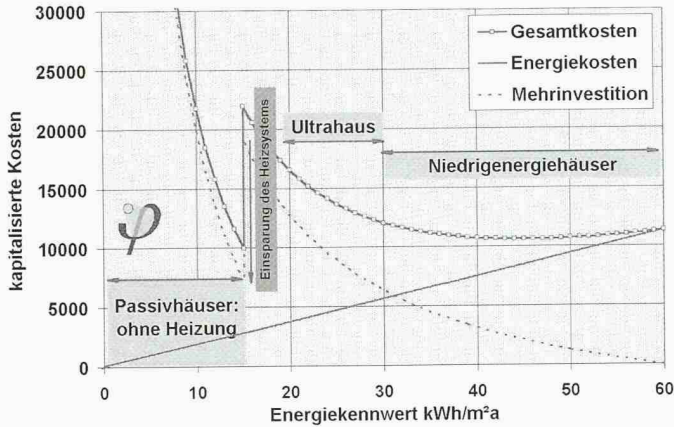
Bei Westfassaden hat der Anteil der Dreischeibenverglasung im Winter wenig Einfluss, da der Wärmebedarf in diesem Fall unabhängig von der Fensterfläche ist. Im Sommer wirkt sich der nach Westen orientierte Verglasungsanteil extremer aus als an südorientierten Flächen. Die Überhitzungsprobleme machen sich hier mit zunehmender Fensterfläche deutlich bemerkbar. Wer seine Entwürfe auf der Westseite mit vergleichsweise grossen Fensterflächen ausstattet, muss entsprechend wirksame Verschattungen für die Sommerzeit vorsehen.

1

Ausgewählte Qualitätskriterien für Passivhäuser (Passivhaus-Institut, Prof. Wolfgang Feist)

Qualitätskriterien Passivhäuser

Energiekennwert der Heizwärme	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Wärmebrückenfreiheit	$\psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Wärmedämmung (opake Hülle)	$k < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Verglasung: Behaglichkeitskriterium	$k_v \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Energiekriterium	$k_e \leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Wärmerückgewinnung (Jahresrückwärmezahl)	$\geq 80\%$
Luftdichtigkeit der Gebäudehülle	$N_{50} < 0,6/\text{h}$
Wärmerückgewinnungsgerät: Rückwärmzahl-Kriterium	$\eta_{\text{WRG}} \geq 75\%$
Durchströmung	gerichtet
Balance Zuluft/Abluft	Abweichungen dauerhaft $< (\pm 5)\%$



2
Kapitalisierte Kosten verschiedener Bau-standards in Abhängigkeit vom Energiekennwert. Unterhalb von 15 kWh/(m²a) sinken die Kosten infolge fehlender Heizanlage sprunghaft (Bild: Passivhaus-Institut Prof. Wolfgang Feist; Darmstadt)

Nicht nur die Qualität der Glasflächen, sondern auch die «Rahmenbedingungen» - im wahrsten Sinne des Wortes - sind für den Erfolg eines Passivhausentwurfes verantwortlich. Um die in Bild 1 genannten Qualitätskriterien zu erfüllen, bedarf es vor allem hochisolierender Fensterrahmen und deren wärmebrückenfreien Einbau in die Aussenwände (Bild 3), damit man bei Verglasungsk-Werten von 0,7 W/(m²K) ein Fensterk-Wert von höchstens 0,8 W/(m²K) erreicht. Die auf diesem Gebiet erzielten Fortschritte ergeben (nach Feist) «eine Einbausituation, bei der die äussere Lage des Blockrahmens durch ein Konstruktionsdämmmaterial ersetzt und dieses bis zur Oberkante des Flügelrahmens verlängert wird». Das Wärmedämmverbundsystem kann unter diesen Voraussetzungen bis zur Höhe der Oberkante der Glasleiste gezogen werden [4].

Wärmebrücken

Um Energieverluste über Wärmebrücken zu vermeiden, darf die isolierende Aussenhülle von Passivhäusern an keiner Stelle durchdrungen werden. Aus diesem Grund müssen alle Komponenten, die ausserhalb der Winddichtigkeitsebene liegen (zum Beispiel Dachüberstände und Balkons), von aussen an die Konstruktion angehängt oder davorgestellt werden. Sie bilden eine ausserhalb angeordnete Sekundärstruktur und tragen wesentlich zur Fugendichtigkeit des Gebäudes bei. Die angehängten oder vorgestellten Pufferräume oder Balkons sind vor allem dann ein Mittel der Wahl, wenn es um die individuelle Gestaltung der Gebäudehülle von Passivhäusern geht. Der Keller wird bei diesem Konzept kostensparend und wirtschaftlich sinnvoll durch Strukturen oberhalb der Grundlinie ersetzt.

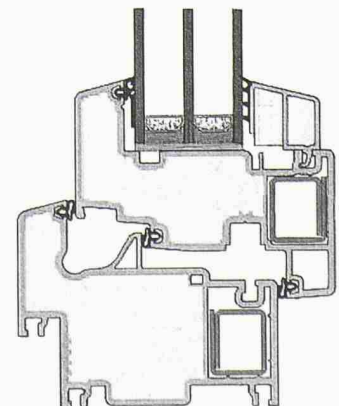
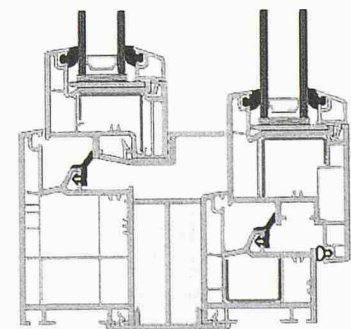
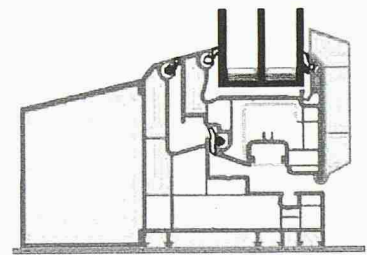
Fugendichtigkeit

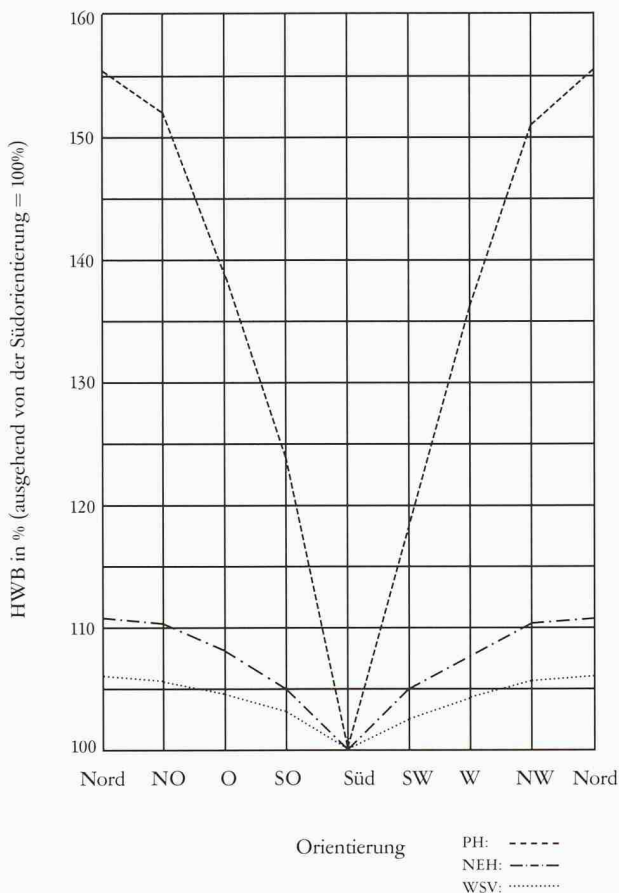
Je geringer die Transmissionswärmeverluste eines Hauses als Folge wirksamer Wärmedämmung sind, desto bedeutungsvoller werden die durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle entstehenden ungewollten Lüftungswärmeverluste. Deshalb setzt die in Passivhäusern notwendige kontrollierte Wärmerückgewinnung neben effizienten Lüftungsanlagen unbedingt Gebäudeausführungen hoher Qualität voraus. Denn eine fehlerhafte Abdichtung bei der Dampfbremse, die das Haus möglicherweise an einer Reihe von Stellen undicht macht, kann dazu führen, dass durch die Fugen eine Energiemenge von 800 bis 1000 kWh/a verlorenght [5].

International üblich ist es, die volumenbezogene Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle V₅₀ für einen Differenzdruck von 50 Pa zu ermitteln und als Kennwert n₅₀ = V₅₀/V₁ anzugeben, wobei V₁ mit dem Volumen des belüfteten Gebäudes identisch ist. Um die Infiltration der Gebäudehülle so gering wie möglich zu halten, wird für ein Passivhaus eine Luftdurchlässigkeit n₅₀ der Gebäudehülle bei 50 Pascal Druckdifferenz von 0,2 bis 0,6/h gefordert. Das ist nur die Hälfte dessen, was beispielsweise in der deutschen DIN V 4108-2 gefordert wird.

Dem Prüfverfahren liegt ein internationaler Normentwurf (ISO/DIS 9972) von 1990 zugrunde, der von einem Mitte der 70-er Jahre entwickelten Differenzdrucktest ausgeht. Bei der als Blower-Door-Test bekannt gewordenen Methode wird ein Ventilator mit Volumenstrommessereinrichtung und einem Differenzdruckmanometer luftdicht in eine Türe des zu untersuchenden Hauses eingebaut [6]. Alle anderen Gebäudeöffnungen werden luftdicht verschlossen. Der vom Gebläse abgesaugte oder eingeblasene Volumen-

3
Verschiedene Ausführungen von Superverglasungen mit hochgedämmten Rahmungen. (Bild: Passivhaus-Institut Prof. Wolfgang Feist; Darmstadt)



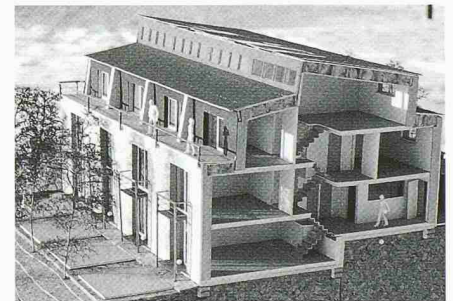


4

Einfluss der Orientierung auf den Heizwärmebedarf (HWB) der verschiedenen Dämmstandards: Passivhaus (PH), Niedrigenergiehaus (NEH) und Haus nach der gültigen Wärmeschutzverordnung (WSH) in Deutschland (Bild: R. Vallentin; TU München, Lehrstuhl für Städtebau und Entwerfen)

5

Kompaktere Gebäudeform durch eine größere Gebäudetiefe; Reihenhauserwurf von R. Schuster, Karlsruhe; Energiekennwert: $8,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (Bild: Ralf Schuster)



strom ist dann mit der In- bzw. Exfiltrationsmenge durch die Gebäudehülle identisch.

Lüftung und Wärmerückgewinnung

In einem gut gelüfteten Gebäude ergeben sich Interessenkonflikte beim Energiesparen. Das wirft für Passivhäuser die Frage nach dem empfehlenswerten Lüftungsvolumen auf. Hirsch et al. [7] halten in einem von vier Personen bewohnten Referenzhaus mit 120 m^2 Fläche und 320 m^3 Volumen ein Lüftungsvolumen von 20 bis $30 \text{ m}^3/\text{h}$ für ausreichend, was einer Luftwechselrate von 0,25 bis 0,375/h entspricht. Im allgemeinen sind bei richtiger Lüftung Luftwechselraten von 0,3/h für hygienisch einwandfreie Raumluft ausreichend. Man sollte allerdings beachten, dass niedrige Luftwechselraten zum Beispiel die Benutzung eines Staubsaugers mit schlechten Staubfiltern zum Problem machen können, denn Feinstaubpartikel belasten den Raum für einige Stunden. An die Qualität der im Haushalt verwendeten Geräte müssen deshalb entsprechend höhere Anforderungen gestellt werden.

Nach Schulze-Darup [5] betragen die durch eine kontrollierte Lüftung hervorgerufenen Lüftungswärmeverluste bei einer Luftwechselzahl von 0,5/h etwa 3000 kWh/a . Verringert man die Luftwechsel-

zahl auf 0,3/h, so sinken sie auf etwa 1800 kWh/a . Da die kontrollierte Lüftung im Passivhaus nicht nur aus energetischer Sicht, sondern auch für die Lebensqualität der Bewohner eine grosse Rolle spielt, sollte die Technik möglichst für spezielle Lebensbedingungen ausgelegt sein. So muss eine Lüftungsanlage mehrstufig betrieben werden können, damit die Luftwechselrate beispielsweise während der Anwesenheit von Rauchern erhöht werden kann.

Erhöhte Luftwechselraten sind im Prinzip auch für Aussentemperaturen oberhalb von 10°C erforderlich, um eine ausreichende Entfeuchtung zu gewährleisten. Das ist im Passivhaus in der Regel unproblematisch, weil bei diesen Temperaturen nicht mehr geheizt zu werden braucht. Die Feuchtigkeit kann über geöffnete Fenster entweichen.

Während des Winterhalbjahrs muss in Passivhäusern mit zusätzlichen Energieverlusten durch Fehlverhalten der Bewohner gerechnet werden. So führt zum Beispiel Kipp Lüftung in nur einem einzigen Raum zu Wärmeverlusten von etwa 4500 kWh/a [5]. Die Verluste durch Bewohnerfehlverhalten liegen aber deutlich niedriger als nach den üblichen Wärmeschutzverordnungen zu erwarten wäre, weil es im Passivhaus grundsätzlich

weniger Heizgradtage gibt. Die unkorrigierte Verlustrate würde unter gleichen Bedingungen 7000 bis 8000 kWh/a betragen.

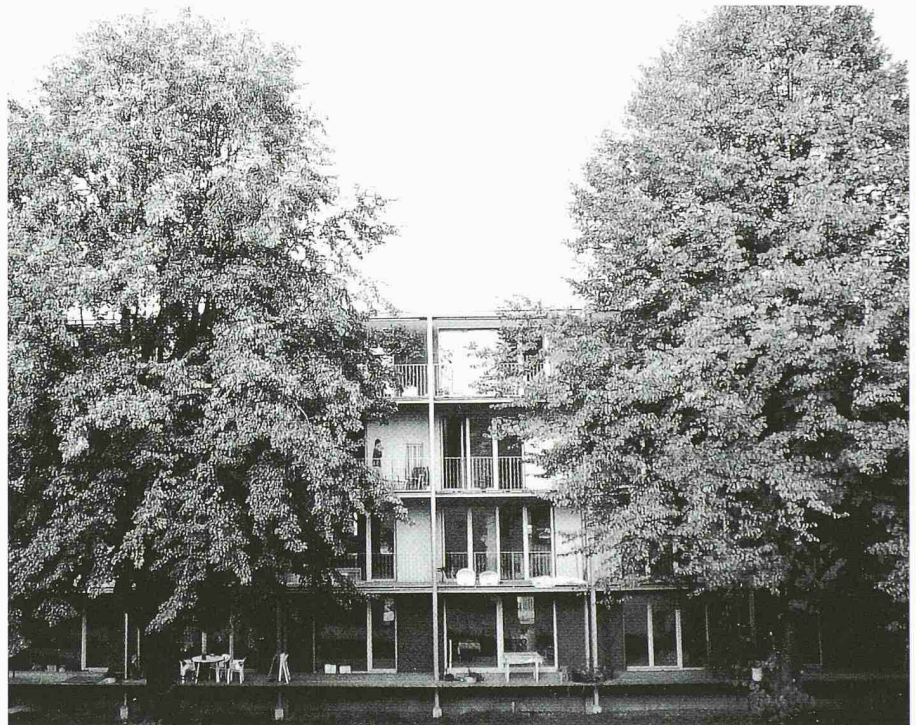
Die kontrollierte Wärmerückgewinnung wird mit Gegenstrom-Luft/Luft-Wärmetauschern durchgeführt, die mindestens 80% der Abwärme rückführen sollten. In der energetischen Gesamtbetrachtung schneiden marktübliche Ventilatoren mit Leistungen über 100 W fast so schlecht ab wie die unerwünschte Fensterlüftung. Deshalb gelten gegenwärtig Geräte mit Leistungen $< 40 \text{ W}$ (inklusive Regelung und Peripherie) für eine gute Luftregulierung als unabdingbar. In letzter Zeit kommen vermehrt Gleichstromlüfter mit einer Leistungsaufnahme von etwa 24 W zur Anwendung.

Vom Einfamilien-Passivhaus zum Geschosswohnungs-Passivstandard

Der Entwurf von mehrgeschossigen Wohnbauten im Passivhausstandard leitete sich anfangs aus den in Einfamilien-Passivhäusern gewonnenen Erfahrungen ab. Dort bewährte sich ein Grundprinzip der Gebäudezonierung, das die Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer mit grossen Fenstern auf der Südseite anordnet. Bäder,



6 und 7
Passivhaus-Geschoss-
wohnungsbau der Bau-
herrengemeinschaft
Vauban (Freiburg i. Br.):
Ost- und Südseite des
Gebäudes (Bild: Micha-
el Gies, Architekturbüro
id-Architektur)



Küchen, Flure und Pufferzonen werden möglichst nach Norden verlegt. So auch im Passivstandard-Geschosswohnungsbau: man behält die Grundprinzipien der Gebäudezonierung bei und setzte zunächst Einfamilienhäuser in Reihen von Ost-West-orientierten Häuserzeilen aneinander. Die in unmittelbarer Nähe des Expo-2000-Geländes im neuen Stadtteil Hannover-Kronsberg von den Architektenteams Rasch (Darmstadt), Rudolf (Stuttgart) und Such (Neukirchen) begonnene Passivhausssiedlung Lummerlund ist ein Beispiel dafür. Hier errichtete man mit konsequent eingesetzten Mitteln des Passivhausbaus Gebäude, in denen ein separates Heizsystem überflüssig ist.

Die Entwicklung zum Passivreihenhaus hat mehrere Gründe. Zum einen dominieren zum Beispiel in Deutschland aus historischen Gründen im Geschosswohnungsbau bis heute Ost/West-orientierte Wohnungen mit entsprechenden Nord/Süd-Häuserzeilen. Zum anderen reagieren Passivhäuser empfindlicher als andere Gebäudetypen auf einen veränderten Strahlungszugang, da die passiv genutzte Sonnenstrahlung einen wesentlichen Beitrag zur Heizenergie liefern muss (Bild 4). So steigt nach Vallentin [8] der Heizenergiebedarf eines Standardpassivhauses gegenüber der reinen Südausrich-

tung der solarthermischen Hauptfassade (= 100 %) auf einen Wert zwischen 135 und 140 %, wenn man diese auf eine Ost- bzw. Westausrichtung dreht. Glücklicherweise erhöhen kleinere Abweichungen bis $\pm 20^\circ$ den Heizwärmebedarf nur um etwa +5 %. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass die von Vallentin in der Graphik dargestellten Orientierungsabhängigkeiten nur das Verhalten verschiedener Dämmstandards geltend machen. Unterschiedliche städtebauliche Situationen können durch verschiedenartige Verschattungsobjekte, Hanglagen, hohe Berge oder lokale meteorologische Randbedingungen (zum Beispiel Morgennebel) durchaus eine andere als die optimale Südorientierung erfordern.

Über das einzelne Gebäude hinaus spielt die Problematik des Sonnenzugangs in der Struktur einer Passivhausssiedlung eine wesentliche Rolle. Einfluss auf die Bebauungsdichte in städtebaulichen Strukturen haben bei Mehrfamilienhäusern die Kenngrößen Gebäudetiefe und Geschosshöhe. Denn mit gleicher Bebauungsdichte (vergleichbarer Gebäudeabstand) ermöglichen Haustypen mit grösserer Gebäudetiefe im Siedlungsgebiet einen besseren Zugang zur Sonne als schmale.

Den Gedanken einer grösseren Gebäudetiefe für das Passivhauskonzept griff

der Architekt Ralf Schuster aus Karlsruhe in einem Reihenhausprojekt auf [2]. Durch die Erhöhung der Gebäudetiefe von 12,5 auf 15 m sinkt dort der Hüllflächenanteil und der Heizenergieaufwand um etwa 10 %. Ein Atrium im Zentrum des Hauses ermöglicht dem Sonnenlicht von oben tief in das Gebäude einzudringen. Ausserdem werden durch einen halbgeschossigen Versatz der Wohnebenen fast alle Wohnräume zur Sonne orientiert (Bild 5).

Die aus der Sicht der Kompaktheit günstige Gebäudetiefe ist innerhalb städtebaulicher Strukturen wichtiger als die Geschosshöhe, weil eine grössere Geschosshöhe unter sonst vergleichbaren Bedingungen (Gebäudeabstand) zur mangelhaften Besonnung unterer Etagen führen kann. Besonders kritisch ist dieser Einflussfaktor im Winter, wenn das Passivhaus die Wärme der Sonnenstrahlen dringend benötigt.

Beispiele: Kranichstein, Insbruck, Vauban...

In den letzten Jahren entstanden in Mitteleuropa etwa hundert Passivhäuser, meist Einfamilienhäuser. Einen Meilenstein bilden vier nach dem Passivhauskonzept errichtete Reihenhäuser in Darmstadt-

Himmels- richtung	Fenster- fläche (m ²)	Global- strahlung (kWh/m ² a)	Reduktions- faktor		Wärme- angebot	Anteil (%)
			g-Wert (kWh/m ² a)			
Süd	253,6	340	0,45	0,60	23 278	83,8
Ost	16,6	200	0,40	0,60	898	3,2
Nord	93,2	100	0,45	0,60	2516	9,1
West	21,1	190	0,45	0,60	1081	3,9
Summe	384,5				27 774	100

8

Fensterflächen und Energiegewinne im Passivhaus-Geschosswohnungsbau von id-Architektur

Kranichstein, in denen über mehrere Jahre umfangreiche wissenschaftliche Begleituntersuchungen durchgeführt wurden. In Österreich gibt es vor allem in Vorarlberg verschiedene energiesparende Gebäude. Bekannt geworden sind in diesem Zusammenhang Planer wie Caldonazzi oder Baumschlager & Eberle. Bei einer Reihe der von ihnen geplanten Bauten, etwa der Wohnanlage Mitterweg in Innsbruck (Baumschlager & Eberle), wurden mit einer Energiekennzahl von 20 kWh/m²a zwar nicht ganz die Kennwerte für eine Passivhausqualität erreicht, aber wertvolle Erfahrungen auf dem Weg zum Geschosswohnungsbau im Passivhausstandard gesammelt [9].

Nahe der Schweiz in Freiburg i. Br., errichtete 1999 das Architekturbüro id-Architektur [10] einen Geschosswohnungsbau im Passivhausstandard auf dem ehemaligen Kasernengelände «Vauban» (Bild 6 und Bild 7). Das nach den Wünschen der Bauherrengemeinschaft entworfene viergeschossige Gebäude umfasst neben 16 Wohnungen mit Nutzflächen zwischen 36 und 170 m² ein Gemeinschaftsbüro, einen Verlag und ein Kunstatelier.

In diesem viergeschossigen Haus bilden das Tragwerk, die Gebäudehülle und die Rohinstallation die Primärstruktur. Treppen, Laubengänge auf der Gebäudenordseite und die südseitig gelegenen Balkone liegen ausserhalb des thermisch kontrollierten Kernhausvolumens. Im Unterschied zu den bisher in Passivhäusern üblichen Zonierungen kann der Ausbau der Wohnungen und Büros weitgehend nach den Wünschen der Nutzer gestaltet oder verändert werden. Raumaufteilungen und Ausbaustandards sind entsprechend der unterschiedlichen Anforderungen veränderbar. Wohnungen lassen sich zusammenschalten oder trennen. Hier liegt einer der wesentlichen Fortschritte, die dieses Projekt für den Passivstandard-Geschosswohnungsbau hervorbringt: die Loslösung von vergleichsweise starren Zonierungsschemen hin zu einer nach den Wünschen unterschiedlicher

Nutzer variierbaren Raumnutzung, bei der selbst die Anordnung von Küchen und Bädern innerhalb der Reichweite der Installationsschächte frei wählbar ist.

Das Gebäude mit einer Energiebezugsfläche von 1396 m² hat über die Wandflächen und die dreifachverglasten Fenster Transmissionswärmeverluste von 34,3 kWh/m²a. Die Lüftungswärmeverluste betragen 6,9 kWh/m²a. Sie beziehen sich bei einer Luftwechselrate von 0,4/h auf einen energetisch wirksamen Luftwechsel n_L von 0,105/h und ein Luftvolumen V_L von 3699 m³. Den Energieverlusten stehen innere Wärmequellen in einer Grösse von 10,0 kWh/m²a und ein solares Wärmeangebot von 19,9 kWh/m²a gegenüber, das zu mehr als 83 % über die Fenster der Südfassade eingestrahlt wird (Bild 8). Da die solaren Energiegewinne nur zu 0,935 % genutzt werden können, verbleiben 13,2 kWh/m²a der Gesamtwärmeverluste in Höhe von 41,2 kWh/m²a als Restwärmebedarf.

Diesen Restwärmebedarf deckt ein Erdgasgetriebenes, kleines Blockheizkraftwerk (BHKW) mit einer thermischen Leistung von 14,5 kW_{th}, das im Winter gleichzeitig das Gebäude mit Strom versorgt. Ein am BHKW zusätzlich eingebauter Abgaswärmetauscher ermöglicht, die Wärme mit einem sehr guten Preis-Leistungsverhältnis zu gewinnen. Der Restwärmebedarf wird den Räumen über minimierte statische Heizkörper zugeführt, eine Lösung, die die Planer mit den klimatischen Vorteilen eines unbeheizten Quellaftaustritts begründen.

Das BHKW ist zwar das einzige «Heizgerät» des Hauses, aber nicht dessen einzige Wärmequelle. Eine 50 m² grosse Solaranlage kann in den Monaten April bis September nahezu 100 %-ig den Energiebedarf im Bereich der Warmwassererzeugung decken.

Die Fenster des Gebäudes sind, abweichend zu den für das Passivhaus erarbeiteten Forderungen, mit einfachen Holzrahmen ausgestattet. Dadurch steigt der k-Wert des gesamten Fensters trotz

der hochwertigen Verglasung auf 1,1 W/(m²K). Kostengründe führten zu dieser Entscheidung.

Im Unterschied zu dem von Schuster und anderen Passivhausplanern genannten [2] maximalen Glasanteils der Südfassade von 40 % entschlossen sich die Architekten in diesem Fall - unterstützt vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme - den Verglasungsanteil der Südfassade nicht unter 47 % abzusenken. Ihnen ging es um den Tageslichtanteil der Innenräume. Ursache für den hohen Verglasungsanteil in Vauban sind die an der Südseite durchgehend gestalteten Balkone, die zusammen mit den im Gelände vorhandenen Bäumen eine sommerliche Überhitzung verhindern. Hierzu ist eine Balkonbreite von mindestens 80 cm erforderlich, was umgekehrt natürlich zu einer verminderten Tageslichtversorgung der dahinterliegenden Räume führt. Lediglich die südseitigen Räume des dritten Obergeschosses sowie die Fenster der Ost- und Westseiten mussten mit Verschattungselementen versehen werden.

In diesem Zusammenhang wird der generell vorhandene Interessenkonflikt zwischen sommerlichen Überhitzungen und einer ausreichenden Tageslichtversorgung der Gebäude erkennbar. Gegenwärtig gibt es für dieses Problem keine allgemein gültigen Vorstellungen. Lösungen finden sich am jeweiligen Beispiel nur unter Berücksichtigung aller Möglichkeiten.

Bei der kontrollierten Wohnungslüftung wird die Stärke des Luftstromes im Gebäude für jede Wohnung zentral eingestellt. Sie kann gegebenenfalls auf Wunsch der Wohnungsinhaber nachgeregelt werden, wodurch eine Anpassung an spezielle Bedingungen möglich ist. Die Luftführung erfolgt über Leichtbauwände mit inneren Stationsebenen, von denen die Rohre für die Einzelräume abgehen. Die Anlage ist als Konstantdruckregelung ausgelegt. Während die Zuluftversorgung im Sommer abgeschaltet wird, läuft die Abluftanlage in dieser Zeit weiter.

Wesentliches und Unabdingbares

Wer zum ersten Mal Passivhäuser plant, sollte bedenken, dass es sich hierbei um Häuser handelt, die den Bewohnern trotz fehlender konventioneller Heizung volle Lebensqualität gewähren sollen. Daher gelten Passivhäuser immer noch als «schwierig», weil sie viele Vorbereitungs-schritte erfordern, die bei üblichen Bauten entfallen. Aber Passivhäuser zu errichten ist keine spezielle Bauweise, sondern das Umsetzen von Standards.

Wesentlich ist - und das besagen die Erfahrungen erfolgreicher Architektenteams - die Gebäude wirklich auf eine Energiekennzahl von maximal $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ auszulegen und die energetischen Ansätze über Simulationsrechnungen - etwa mit TRNSYS - konsequent auf ihre Tragfähigkeit zu prüfen. Wichtig ist der genannte Grenzwert des Heizenergiebedarfs deshalb, weil die Baukosten eines Passivhauses erst mit dem Wegfallen der konventionellen Heizung ökonomisch vertretbar werden. Doch auch diese «energetische» Voraussetzung allein ermöglicht noch kein Bauen mit Preisen, die mit denen konventionell errichteter Gebäude vergleichbar wären, wenn nicht zusätzlich Neuerungen in der Bauorganisation aufgegriffen werden. Hier übernahmen verschiedene Architektenteams Erfahrungen aus der niederländischen Baupraxis, wo von Anfang an alle am Bau beteiligten Partner an einen Tisch geholt werden.

Andere Gesichtspunkte, auf die man keinesfalls verzichten kann, klären sich anhand von Forderungen aus der Praxis: so mögen die unterschiedlichen Zonierungswünsche der verschiedenen am Projekt beteiligten Bauherren in Vauban den Architekten bei ihrem Entwurf eher als ein Mangel erschienen sein. Aber die Umstände zwangen sie, sich auf die unabdingbaren Aspekte des Passivhausbaus zu konzentrieren und diese gegenüber den Bauherren durchzusetzen. Als einer der wesentlichen Gesichtspunkte erwies sich dabei die möglichst grosse Gebäude-

kompaktheit, an der es keine Abstriche geben konnte. In anderen Fällen, wie etwa bei dem inzwischen begonnenen Passivstandard Geschosswohnungsbau Kassel-Marbachshöhe kamen die Planer trotz andersartiger Probleme zu ähnlichen Ergebnissen. Die Gebäude-Südfassaden mussten wegen der geringen Grundstücksbreite viel schmaler als die West- und Ostfassade ausgeführt werden, aber kompakte Gebäude waren auch hier für die Gewährleistung des Passivhausstandards wichtiger als eine nach Süden ausgerichtete Hauptfassade. Und noch etwas anderes zeigte sich unter diesen Bedingungen: Wenn die solaren Zugewinne in irgendeiner Weise beschränkt sind, wird die Qualität der Fenster, der Rahmen und des Einbaus enorm wichtig. Es bedarf dann unabdingbar einer Superverglasung mit hochisolierten Fensterrahmen und einem wärmebrückenfreien Einbau, der für die Gesamtanlage einen Fenster-k-Wert von höchstens $0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ sicherstellt.

Fazit

Wer die erwähnten Randbedingungen beachtet, kann heute im Geschosswohnungsbau Passivhäuser errichten, die sich problemlos in die verschiedensten städtebaulichen Situationen einfügen und in der Kostenstruktur mit konventionellen Bauten vergleichbar sind. Daran ändert auch der Mehraufwand, der in den Bereichen Isolation, Fernster und kontrollierter Wärmerückgewinnung erforderlich ist, bei optimierter Herangehensweise nichts. Und so wird sich der Passivstandard-Geschosswohnungsbau ungeachtet des Mehraufwandes in der vorbereitenden Planung mit Sicherheit durchsetzen. Unausweichliche Umweltaspekte, zunehmende Baugrundverknappung und städtebauliche Konsequenzen drängen dazu.

Adresse des Verfassers:

Heinz Langer, dipl.-Phys. Dr. rer. nat., Platnerstrasse 9a, D-04155 Leipzig

Anmerkungen

[1] Feist Wolfgang: Qualitätskriterien Passivhaus - Anforderungen an Passivhaus geeignete Komponenten. 2. Passivhaustagung, 27.-28. Februar 1998, Bregenz, S. 34-351

[2] Schuster Ralf: Heizen mit der Sonne - das Passivhauskonzept/Passivhäuser gestalten. Sonnenenergie, München, 4/97, S. 50-53

[3] Feist Wolfgang: Passive Solarenergie - Winter- und Sommerfall. 2. Passivhaustagung, 27.-28. Februar 1998, Bregenz, S. 109-121

[4] Feist Wolfgang: Der Rahmen - schwächster Teil des Fensters. BundesBauBlatt, Mai 1997, S. 341-344 und Feist Wolfgang: Fensterrahmen und Rahmenverbund - die schwächsten Glieder. 2. Passivhaustagung, 27.-28. Febr. 1998, Bregenz, S. 141-158

[5] Schulze-Darup Burkhard: Optimierung von Niedrigenergiehäusern beim kostengünstigen Bauen. 2. Passivhaustagung, 27.-28. Februar 1998, Bregenz, S. 181-190

[6] Werner Johannes, Rochard Ulrich, Zeller Joachim, Laidig Matthias: Messtechnische Überprüfung und Dokumentation von Wohnungslüftungsanlagen in hessischen Niedrigenergiehäusern - Endbericht. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, Januar 1995

[7] Hirsch H., Lohr A. und von Braunnühl W.: CO₂-Reduzierung und Energieeinsparung. Bundesarchitektenkammer, Bonn 1995

[8] Vallentin Rainer: Passivhäuser - Impulse zur Weiterentwicklung städtebaulicher Themen. 2. Passivhaustagung, 27.-28. Febr. 1998, Bregenz, S. 207-232

[9] Zweier Gerhard: (Architekturbüro Baumschlagger & Eberle, Lochau/Vorarlberg). Persönliche Mitteilungen zur Dokumentation «Wohnanlage Mitterweg, Innsbruck» der GMI Ingenieure, Dornbirn, 22. 11. 1996

[10] Common Oliver, Gies Michael (beide id-Architektur, Freiburg i. Br.), Ufheil Martin (FhG-ISE, Freiburg i. Br.). Persönliche Mitteilungen zum Passivhaus-Geschosswohnungsbau Bauherrenprojekt Vauban, September 1999