

Passivhaustechnologie im Bestand – von der Vision in die breite Umsetzung

Autor: Dr. Bernd Steinmüller, BSMC Sustainability Management Consulting, Kleinenberger Weg 8, 33100 Paderborn, Bernd.Steinmueller@bsmc.de

Publiziert in: Proc. 9. Int. Passivhaustag. , Ludwigshafen, p. 81ff, April 2005

1 Einleitung

Nachdem die „Passivhaustechnologie“ im Neubau einen vielversprechenden Weg für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen geöffnet hat, stellt sich die vordringliche Aufgabe, sie im Wohnungsbestand in der Breite zur Wirkung zu bringen, um auch hier Energieverbrauch und Kohlendioxidemissionen um eine Größenordnung zu senken. Es gilt, auch unter schwierigen Bedingungen zielführende Lösungen zu finden, die wirtschaftlich multiplizierbar sind. Kleine Mehrfamilienhäuser stellen hierbei eine besondere Herausforderung dar, da sie etwa 80% des Wärmebedarfes im Mehrfamilienhausbereich verursachen, wobei allein die Nachkriegsgebäude der 50er und 60er Jahre einen 40%-Anteil haben.

Die Bielefelder Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft BGW - größter Immobiliendienstleister der 2-Millionenregion Ostwestfalenlippe [BGW 2005] – hat diese Herausforderung angenommen und führt in Zusammenarbeit mit dem Beratungsunternehmen für Nachhaltigkeitsmanagement BSMC im Rahmen des DENA-Programms „Niedrigenergie-Haus im Bestand“ [DENA2003] ein Pilotprojekt anhand eines 8-Familienhauses der fünfziger Jahre durch. Gegenstand des Papiers sind die Erfahrungen aus der Analyse-, Planungs- sowie dem ersten Teil der Umsetzungsphase. Über die unmittelbaren Projekterfahrungen hinaus werden technische und ökonomische Zusammenhänge, Optimierungsstrategien und deren Ergebnisse diskutiert.



Abb. 1 Lageplan, Orientierung

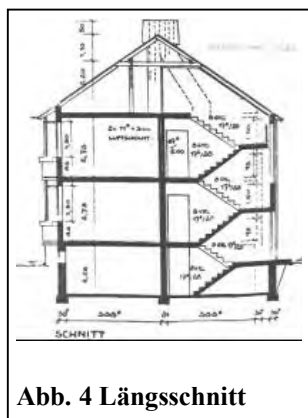


Abb. 4 Längsschnitt

Die Ausgangsbedingungen sind in vielerlei Hinsicht schwierig:

Das Gebäude (Bielefeld Neckarweg 17/19, Abb. 1) ist stark aus der Südrichtung gedreht. Fast 50% der Fensterfläche weisen nach Nordost (Abb. 2), während die übrigen Hauptfensterflächen durch Nachbarbebauung und Bewuchs deutlich verschattet werden (Abb.3). Niedrige Keller (Abb. 4) und enge Kellerabgänge begrenzen mögliche Dämmmaßnahmen, eine Vielzahl von Wärmebrücken sorgt für hohe Wärmeverluste. Der Heizenergieverbrauch



Abb. 2 Nordostseite



Abb. 3 Südwestseite

liegt bei 310 kWh/m² Wohnfläche (d.h. 31 Liter Heizöläquivalent), der Primärenergieverbrauch nach EnEV bei 380 kWh/m² Nutzfläche.

Ziel ist es, trotz der ungünstigen Ausgangsbedingungen den Endenergieverbrauch für Heizung um eine Größenordnung auf ein Äquivalent von 3 bis 4 Liter Heizöl pro m² Wohnfläche abzusenken und im Primärenergieverbrauch 40 kWh/m² nach EnEV zu erreichen. Hierbei sollen die künftige wirtschaftliche Multiplizierbarkeit, Nutzerkriterien, Nachhaltigkeitsforderungen beachtet, sowie die Bedingungen des DENA-Pflichtenheftes erfüllt werden.

Zur Erreichung dieses Zieles wurde zunächst ein „Wirtschaftlichkeitskompass“ erstellt, der eine schnelle Orientierung bei Entscheidungen, Diskussionen mit Anbietern sowie der schrittweisen Optimierung von Maßnahmen ermöglicht. Sodann wurde anhand von Basisvarianten die Machbarkeit überprüft und für eine Zielvariante Gebäudehülle und Haustechnik unter Berücksichtigung weiterer Nachhaltigkeitsbedingungen optimiert.

2 Kompass für Wirtschaftliche Multiplizierbarkeit

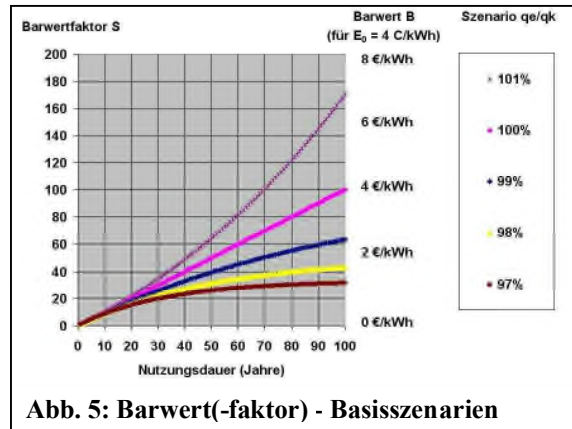
Das „Investor-Nutzer-Dilemma“ wird häufig als Argument dafür angeführt, dass sich Energiesparmaßnahmen für den Vermieter wirtschaftlich nicht lohnen. Untersuchungen zeigen jedoch [IWU2003], dass die eingesparten Energiekosten auch im Mietwohnungsbereich über eine erhöhte Kaltmiete honoriert werden und somit Maßstab für die Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen sind. Hierfür sind künftige Kosten und Kosteneinsparungen abzuzinsen (Barwertberechnung) und mit den Investitionskosten für die energiesparende Maßnahme zu vergleichen. Der Barwert der „eingesparten kWh“ wird auf diese Weise zu einem zentralen Wirtschaftlichkeitsmaßstab, den es zu analysieren und entsprechend der wirtschaftlichen Rahmendaten und Einschätzungen des Investors zu justieren und anzuwenden gilt.

Es zeigt sich, dass der Barwert „B“ im wesentlichen von 3 Parametern abhängt: 1) dem gegenwärtigen Energiepreis E₀, (2) dem Quotienten aus dem Energiepreis- und Kalkulationszinsfaktor q_{ek} = q_e/q_k – hier auch relative Energiepreisentwicklung genannt - sowie (3) der Betrachtungsperiode n. Hierbei lassen sich die Abhängigkeiten (2) und (3) in einem Summen- oder „Barwertfaktor“ S zusammenfassen, so dass sich der Barwert B in sehr einfacher Weise als Produkt von Energiepreis E₀ und S beschreiben lässt [BSMC2004]:

$$\begin{aligned}
 B &= E_0 \sum_{t=0}^{n-1} q_{ek}^t = E_0 * S && \text{(Barwert)} \\
 E_0 &= \text{Energiepreis zum Zeitpunkt 0} \\
 q_{ek} &= \frac{q_e}{q_k} \\
 q_e &= 1 + i_e = \text{Energiepreisfaktor} && (i_e \text{ Energiepreisinflation}) \\
 q_k &= 1 + i_k = \text{Zinsfaktor} && (i_k \text{ Kalkulationszinsfuß}) \\
 S &= \sum_{t=0}^{n-1} q_{ek}^t = \frac{(q_{ek}^n - 1)}{(q_{ek} - 1)} && \text{(Barwertfaktor, Barwert für } E_0=1)
 \end{aligned}$$

Abb. 5 zeigt, dass Barwertfaktor und mithin Barwert sehr empfindlich von den Annahmen für n und q_{ek} abhängen und ein außerordentlich breites Spektrum von Werten annehmen können. Insbesondere der Nutzungsdauer kommt eine entscheidende Rolle zu. Legte man – wie es

häufig geschieht – die Nutzungsdauer einheitlich auf einen Zeitraum von 25 Jahren fest, so können sich im Falle sehr langlebiger Bauteile Fehler von bis zu 500% ergeben. Wenn man daher – z.B. weil eine Finanzierung nur über 25 Jahre läuft – über eine fixe Zeitperiode rechnet, so sind zumindest am Ende der Zeitperiode vorhandene Restwerte zu bilanzieren. Im Falle energiesparender Maßnahmen bestimmt sich der Restwert allerdings gerade aus den Einsparungen über die Restnutzungsperiode, womit sich als Quintessenz ergibt, dass man gleich über die gesamte real zu erwartende Nutzungsdauer bilanzieren sollte. Im vorliegenden Fall gilt dies vor allem für die Bewertung von Dämmmaßnahmen, deren Lebensdauer i.a. weit über übliche Finanzierungszeiträume reicht und durchaus 60, 80 oder 100 Jahre erreichen kann.



Es ist daher von außerordentlicher Wichtigkeit, die Parameter nicht willkürlich festzulegen, sondern sie nach Risiko- und Wahrscheinlichkeitsabwägungen bestmöglich abzuschätzen. Unter Beachtung der unterschiedlichen Lebens-/Nutzungsdauererwartungen für Anlagen, Fenster, Wände lassen sich sodann Bereiche für die relevanten Barwerte eingrenzen (siehe

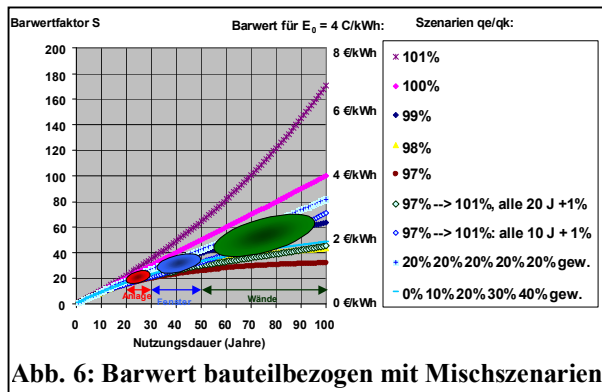


Abb. 6). Als Faustformeln ergeben sich für Wände 2 €/kWh (typischer Barwertfaktor 50), für Fenster 1,2 €/kWh (typischer Barwertfaktor 30), für Anlagen 0,8 €/kWh (typischer Barwertfaktor 20), wobei die mittleren Barwertfaktoren für Nutzungsdauern größer 20 Jahre näherungsweise auf der Geraden $S = 80\% \cdot \text{Nutzungsdauer}$ mit einer Schwankungsbreite von ca. 25% liegen.

Die Barwerte spiegeln zunächst nur die ersparten Energiekosten (bzw. den Barwert einer warmmietenneutralen Erhöhung der Kaltmiete) wieder. Nebeneffekte der Energieeinsparung (Gesundheit, Komfort, Erhalt der Bausubstanz) müssen ebenso wie besondere Randbedingungen (Fördermittel, spezifische Finanzierungsbedingungen, örtlicher Markt) zusätzlich berücksichtigt werden (z.B. durch Zuschlags- oder Abschlagsfaktoren). Der Wert der eingesparten kWh wird hierdurch meist erhöht, so dass obige Zahlen auf der „konservativen Seite“ liegen.

3 Optimierung der Gebäudehülle

Der Wirtschaftlichkeitskompass unterstreicht das hohe Gewicht der Gebäudehülle.

3.1 Dämmung

Die Berechnung des Optimums ist im Fall der Wärmedämmung analytisch möglich. Für den ökonomisch optimalen U-Wert U_{opt} - bzw. seinen Kehrwert R_{opt} - ergibt sich:

$$R_{opt} = \sqrt{S \cdot F} \quad \text{mit} \quad (\rightarrow U\text{-Wert } U_{opt} = 1 / R_{opt})$$

$$S = \text{Barwertfaktor S, s.o.}$$

$$F = \sqrt{(E_0 \cdot H) / (\lambda \cdot \eta \cdot P_0)}$$

wobei F durch folgende Parameter (in Klammern typische Werte) bestimmt wird:

E_0	=	Energiepreis pro kWh zum Zeitpunkt 0	(z.B. 0,04 €/kWh)
P_0	=	var. Dämmkosten pro m und m ² zum Zeitpunkt 0	(z.B. 100 €/ m ³)
H	=	Gradstunden in kh/a	(z.B. 84 kh/a)
η	=	Anlagenwirkungsgrad	(z.B. 84%)
λ	=	Wärmeleitfähigkeit in WmK	(z.B. 0,04 W/mK)

Dies bedeutet, dass man für die Bestimmung der Optima lediglich die Wurzel des Barwertfaktors betrachten muss und situationspezifische Parameter allein über F berücksichtigen kann. Da für die genannten Standardwerte F=1 (!) ist, wird eine Abschätzung anderer Parameterkonstellationen extrem einfach, zumal die Parameter „nur“ wurzelförmig in F eingehen und Abweichungen vom „Standardwert“ sich nur „wurzelförmig gedämpft“ auswirken. Für obige Szenarien und den Standardwert F = 1 sind die U_{opt}-Werte in Abb. 7 aufgetragen. Demzufolge

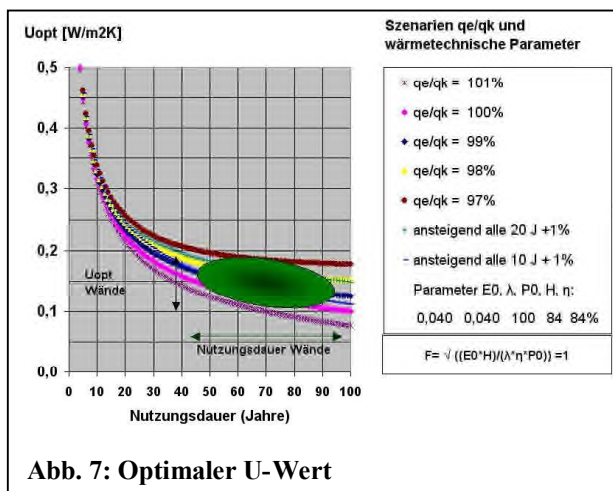


Abb. 7: Optimaler U-Wert

liegen für langlebige Bauteile wirtschaftlich optimale Werte zwischen 0,1 und 0,2 W/m²K, d.h. in einem Bereich, wie er im Passivhausneubau üblich ist. Im Falle von Schüttdämmungen (Dachbereich) deren variable Dämmkosten ca. einen Faktor 4 unter den hier genannten liegen - halbieren sich die Werte jeweils (Wurzeffekt!), so dass U-Werte von unter 0,1 – entsprechend 40cm Dämmstärke – optimal werden. Im Keller liegen die Optima i.a. einen Faktor 1,4 (i.e. 40%) höher als im Bereich der Außenfassade, da hier die wirksame Gradstundenzahl gegenüber Außenluft etwa halbiert ist. Bei langfristiger Betrachtung sind daher passivhausgerechte Dämmstärken auch im Bestand nicht nur wirtschaftlich vertretbar, sondern wirtschaftlich optimal!

Aus baupraktischen Gründen kann im Bestand das theoretische Optimum allerdings nicht immer realisiert werden (siehe Tabelle). So musste im vorliegenden Fall die Dämmstärke der Kellerdecke auf Grund der niedrigen Deckenhöhe auf 10 cm begrenzt werden, so dass in den Fluren der optimale U-Wert nicht erreicht wurde (Mineralwolle, Brandschutz). In den Mieterkellern konnte dagegen mit hochdämmenden Resolhartschaumplatten eine gewisse Kompensation geschaffen werden. Im Dach wurde die Dämmung auf 35cm begrenzt, um mit zwei

Bauteil	Berechnung Uopt							Energieeinsparung				Kapitalisierung				
	S	e0	H	lambda	Pvar	eta	F	Uopt	Uneu	Ualt	Dicke	DQ	Ener	Investition	Gewinn	
		€/kWh	Kh/a	W/mK	€/m ³	%		W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	m	kWh/m ² a	€/m ²	€/m ²	€/m ²	
Kellerdecke Flur	50	0,04	40	0,035	120	95%	0,6	0,22	0,27	1,20	0,10	39	78	20	32	46
Kellerdecke Mieter	50	0,04	40	0,023	200	95%	0,6	0,23	0,19	1,20	0,10	43	85	20	40	45
O. Geschossdecke	50	0,04	80	0,042	25	95%	1,8	0,08	0,11	2,43	0,35	195	390	20	29	361
Fassade	50	0,04	80	0,035	100	95%	1,0	0,14	0,15	1,39	0,20	104	209	110	130	79

Antrittsstufen auszukommen. Die Fassade wird dagegen nahezu „optimal“ mit einem 20cm starken WDVS gedämmt. Die gewählten Maßnahmen führen zu Energieeinsparungen von ca. 40 bis 200 kWh/a pro m² Bauteilfläche und „Roh-Gewinnen“ von ca. 45 (Kellerdecke) bis 360 €/m² (oberste Geschossdecke), die nach Herausrechnen etwaiger „Sowiesokosten“ noch steigen. Als Dämmstoff für die OG kommt eine ökologisch interessante Zelluloseschüttdämmung auf Grasbasis zum Einsatz (Gratec), die mit der Sonderförderung für naturnahe Dämmstoffe sogar kostengünstiger als eine „normale“ Zellulosedämmung ist.



Abb. 8

3.2 Fenster

Die Optimierung der Fenster muss durch Fallvergleich bewerkstelligt werden. Abhängig von der solaren Exposition können die Gewinne durch solare Einstrahlung eine erhebliche Rolle spielen. Im vorliegenden Fall erreicht der solare Beitrag aufgrund der ungünstigen Gebäudeorientierung und Verschattung allerdings nur 1/3 des „Idealwertes“. Verglichen wurden verschiedene Passivhausfenster mit einem „EnEV-Standardfenster“ sowie dem Scheibenaustausch:

Fenstertyp	Ausführungsvariante	Jährliche Energieeinsparung											Kapitalisierung					
		Transmission					Solare Einstrahlung						Sum	Energie		Inv.	Gew.	
		H	eta	U _{neu}	U _{alt}	DQ1	I	r _{neu}	g _{neu}	r _{alt}	g _{alt}	DQ2	DQ	S	e ₀	B	A ₀	C ₀
KWh/a	%	W/m ² K	W/m ² K	kWh/m ² a	kWh/m ² a	%	%	%	%	%	kWh/m ² a	€	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
EnEV-Fenster	Standard	80	95%	1,5	3	126	210	30%	64%	30%	77%	-8	118	30	0,04	142	250	-108
PH-Fenster	R CD, IP iplus 3S	80	95%	0,75	3	189	210	30%	52%	30%	77%	-16	174	30	0,04	208	364	-155
PH-Fenster	R CD, IP iplus 3CS	80	95%	0,66	3	197	210	30%	52%	30%	77%	-16	182	30	0,04	218	407	-189
PH-Fenster	R CD, IP iplus 3CS OW	80	95%	0,66	3	197	210	30%	58%	30%	77%	-12	185	30	0,04	223	435	-213
PH-Fenster	VTP, Interpane iplus 3S?	80	95%	0,83	3	183	210	30%	58%	30%	77%	-12	171	30	0,04	205	398	-193
WSV-Vergl.	alte Rahmen ("Rumpfbetrachtung")	80	95%	2	3	84	210	30%	64%	30%	77%	-8	76	15	0,04	46	42	4

Es zeigt sich, dass Passivhausfenster im energiebezogenen Wirtschaftlichkeitsvergleich nur noch 50€/m² von EnEV-Standardfenstern entfernt sind, so dass sie unter Berücksichtigung ihrer anderweitigen Vorteile auch im Altbau eine multiplizierbare Option werden. Sind die alten Rahmen jedoch noch in einem „technisch befriedigenden“ Zustand, so kann zunächst der Scheibentausch die wirtschaftlichste Variante sein. Allerdings müssen hierbei weitere Zusatzkosten – letztlich auch Komforteinbußen, Rückstellungen für die verschobene Rahmenerneuerung und erneute „Mieterbelästigung“ - in Ansatz gebracht werden, was den augenscheinlichen Vorteil stark mindert und in einen Nachteil münden kann.

3.3 Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Schwachstellen, die gegenüber ihrer Umgebung einen erhöhten Wärmeverlust aufweisen, somit die Energiebilanz belasten und über erniedrigte Oberflächentemperaturen zu Komforteinbußen und Schimmelrisiko führen. Ohne Zusatzmaßnahmen summieren sich im vorliegenden Fall die Wärmebrücken außentemperaturbezogen auf fast 150 W/K oder 0,12 W/K pro Quadratmeter Hüllfläche auf, was ca. 20% über dem EnEV-Standardzuschlag liegt und einen Energiekostenbarwert von ca. 30 000 € darstellt! Sie erreichen dann die Hälfte (!) des optimierten Transmissionsverlustes und machen die übrigen Einsparerfolge weitgehend zunichte, so dass drastische, aber zugleich „wirtschaftlich vertretbare“ Reduktionsmöglichkeiten zu finden sind.

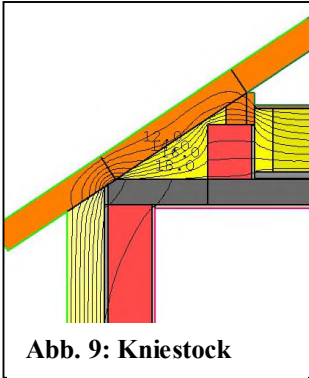


Abb. 9: Kniestock

Die Analyse zeigt, dass ca. 50% der Wärmebrücken auf den Kellerbereich, 33% auf den Dachbereich und etwa 15% auf den Fenster- und Türbereich entfallen. Letztere können durch den „passivhausgerechten“ Einbau in die Dämmebene praktisch „kostenlos“ beseitigt bzw. auf ein vernachlässigbares Maß reduziert werden.

Im Dachbereich liefern die ungedämmten Abseiten des Kniestockes (Abb. 9) den Hauptbeitrag, der durch Einbringen von Dämmung wirtschaftlich im Mittel um mehr als einen Faktor 10 auf $0,05\text{W/mK}$ reduziert werden kann. Dabei erübrigt die hohe Schüttdämmung der Geschossdecke Sondermaßnahmen auf der Innenseite.

Im Keller teilen sich die Beiträge etwa gleichgewichtig über den Treppenhausabgang, aufgehende Innenwände und Sockelrand auf. Die wirtschaftliche Lösung für die 2 Treppenhausabgänge besteht im Ausblasen der Nische sowie Dämmung der angrenzenden Kellerinnenwände, was die Wärmebrücke um mehr als einen

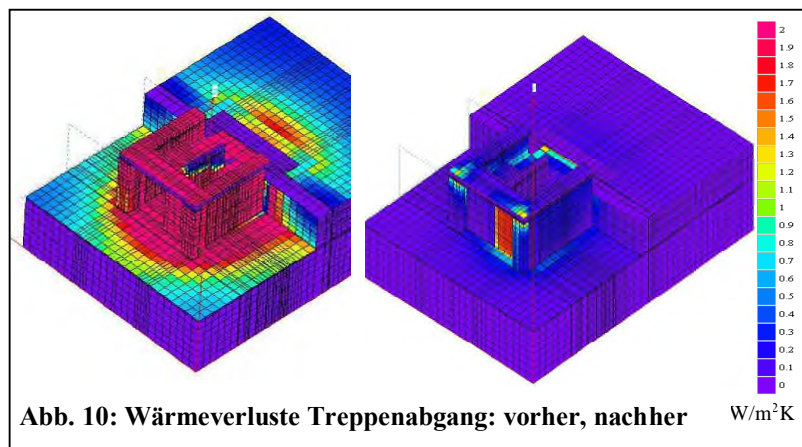


Abb. 10: Wärmeverluste Treppenabgang: vorher, nachher $\text{W/m}^2\text{K}$

Faktor 5 auf ca. $0,4\text{ W/K}$ pro m^2 ausgeschnittener Kellerdecke reduziert (Abb. 10). Die Sockelrandverluste können mittels Flanken- und Perimeterdämmung (Abb. 11) um mehr als einen Faktor 3 auf ca. $0,2\text{ W/mK}$ gesenkt werden, wobei die Dämmschürze abhängig von Erdarbeitskosten ggf. entfallen muss. Eine 30 bis 60cm Dämmung der aufgehenden Innenwandflanken halbiert beidseitige Wärmebrücken auf ca. $0,2\text{ W/mK}$, wobei dreiecksähnliche Keile die größte Materialökonomie ergeben, jedoch arbeitsökonomisch den „Rechtecklösungen“ noch unterlegen sind. Aufspritzdämmung kann ein künftiger Ausweg sein. Die rein energetische Wirtschaftlichkeit der Flanken und Perimeterdämmung wird zur Zeit noch um größenordnungsmäßig 20 € pro beidseitigem Wandmeter verfehlt. Der Betrag erscheint jedoch zur Abwehr etwaiger Schimmel- und Feuchteprobleme schon heute gut investiert.

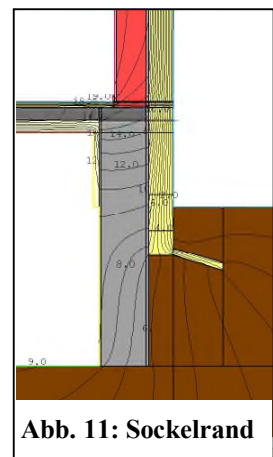


Abb. 11: Sockelrand

Insgesamt werden die Wärmebrücken um einen Faktor 6 gesenkt.

3.4 Luftdichtheit

Die Luftdichtheit (n_{50} -Wert 2 h^{-1} im Altzustand) ist mindestens um einen Faktor 2 zu verbessern, um unkontrollierte Lüftungsverluste zu minimieren und einen effizienten Betrieb der Lüftungsanlage zu gewährleisten. Die Hauptleckagen sind bekannt (Türen, Fenster, Elektroinstallation) und können ohne besondere Zusatzkosten beseitigt werden. Neue Installationsdurchbrüche in der obersten Geschossdecke werden mit Spezialmanschetten abgedichtet.

4 Maßnahmen Haustechnik

Es stehen mehrere Anlagenvarianten zur Verfügung, um den angestrebten „KfW-40“-Level zu erreichen, wobei das Ziel mit einem Holzpelletkessel energetisch am einfachsten zu erreichen ist. Baulicherseits müssten jedoch einige Zusatzmaßnahmen für Pelletlagerung und Zuführung ergriffen werden. Vorhandene Erfahrungen seitens der BGW zeigen, dass mit der gegenwärtigen Technik noch mit häufigeren Betriebsstörungen (Pelletzuführung) zu rechnen ist. Insgesamt erschien die Technologie für den Einsatz im Miethausbereich als noch nicht ganz ausgereift und in letzter Konsequenz zu teuer. Aus diesem Grunde wurde beschlossen, auf Brennwerttechnik zurückzugreifen und diese mit einer Solar- und Lüftungsanlage zu kombinieren. Im Ergebnis wird ein EnEV-Primärenergiebedarf von knapp 35 kWh/m²a erzielt.

Die Wärme wird in einem hochgedämmten Haustechnikraum neben dem Treppenhauskopf im Dachgeschoss gebäudezentral erzeugt und unter Nutzung vorhandener Schächte kosten- und energieoptimal innerhalb der thermischen Hülle verteilt. Die horizontale Verteilung erfolgt im unteren Drittel der 35cm starken Dämmung der Obergeschossdecke, so dass ohne Zusatzkosten eine optimale Rohrdämmung und optimale Nutzung verbleibender Wärmeverluste gewährleistet ist. Die Zirkulationsstrecken der Warmwasserverteilung wurden als effizientes Rohr-in-Rohrsystem konzipiert, die Längen minimiert. Die Warmwasserbereitstellung wird über einen Flachkollektor auf der west-südwest-orientierten Dachfläche solar unterstützt. Trotz der „suboptimalen“ Orientierung und Lage des Gebäudes ist dank einer hinreichend flachen unverschatteten Dachfläche nur eine 10% Effizienzeinbuße zu erwarten, so dass mit knapp 13 m² Kollektorfläche 50% des Bedarfes gedeckt werden kann.

Die Lüftungszentrale befindet sich ebenfalls im Haustechnikraum des Dachgeschosses, wobei die Lüftungsströme in der Dämmung der obersten Geschossdecke verlustarm unmittelbar über der Geschossdecke horizontal verteilt und unter Ausnutzung vorhandener Leerschächte auf kurzem Wege in das darunter liegende Ober- und Erdgeschoss geführt werden. Die geringfügige lokale Schwächung der Dämmschicht sowie die resultierenden geringfügigen Wärmeverluste der Lüftungsrohre an das Dachgeschoss werden in Form eines äquivalenten Wärmebrückenterms der Obergeschossdecke in der Bilanz der Gebäudehülle berücksichtigt.

Bei der Auswahl der Anlagen wird versucht, Standardlösungen aus dem Einfamilienhausbereich zu adaptieren, was sowohl im Brennwert-/Solar- wie im Lüftungsbereich besonders kosteneffiziente Lösungen verspricht. Die Gespräche mit den Zulieferern waren zum Redaktionsschluss jedoch noch nicht abgeschlossen.

5 Übergreifendes Nachhaltigkeitskonzept

Die energetische Sanierung des Gebäudes ist in ein übergreifendes Nachhaltigkeitskonzept eingebettet, das auf wirtschaftliche Multiplizierbarkeit ausgerichtet ist und eine langfristige bewohner- und umweltgerechte Nutzung sicherstellt. Hierzu gehören die städtebaulichen Integration in das Quartier „Bielefeld-Sennestadt“, die barrierearme, seniorengerechte Gestal-

tung von Grundrissen und Zugängen einschließlich der Planung weiterer barriere-reduzierender Erweiterungsoptionen sowie die Ausstattung mit großzügigen Balkonen. Die Mieter wurden frühzeitig informiert, befragt und betreut. Die Auswahl von Baukonstruktionen und -stoffen erfolgte unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten, wobei neben den Hauptkriterien der Energieersparnis und künftigen wirtschaftlichen Multiplizierbarkeit, u.a. auch die Aspekte Dauerhaftigkeit, Rückbaumöglichkeit, Wiederverwendbarkeit berücksichtigt wurden.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Um die Passivhaustechnologie in die breite Umsetzung zu bringen, ist es notwendig, Lösungen für unterschiedliche Bestandsituationen aufzuzeigen, die wirtschaftlich multiplizierbar sind. Im vorliegenden Fall konnte für ein Gebäude, das zur bedeutsamen Gruppe der kleinen Mehrfamilienhäuser der 50er und 60er Jahre gehört, gezeigt werden, dass auch unter „suboptimalen“ Bedingungen mit wirtschaftlich interessanten Lösungen Energieeinsparungen von ca. einem Faktor 10 möglich sind, so dass im Ergebnis der „3-Liter-Level“ für Endenergie und ein „35-kWh-Level“ für EnEV-Primärenergie erreicht werden. Eine weitere substantielle Absenkung (mehr als Halbierung) des Primärenergiekennwertes wäre durch Biomassenutzung möglich und ist später nachrüstbar.

Deutlich wurde, dass Dämmstärken, die im Passivhaus üblich sind, nicht nur „wirtschaftlich vertretbar“, sondern bei langfristiger Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sogar „wirtschaftlich optimal“ werden. Auch Wärmebrücken werden als Nebeneffekt hoher Dämmstärken reduziert, müssen jedoch darüber hinaus durch Sondermaßnahmen drastisch abgesenkt werden. Es wurde gezeigt, dass auch dies möglich ist, wobei allerdings in Teilbereichen noch weiterer wirtschaftlicher Optimierungsbedarf besteht. Durch den niedrigen Restwärmebedarf kommen für die Wärmeversorgung angepasste kostengünstige Standardlösungen aus dem Einfamilienhausbereich in Betracht. Dies gilt auch für die Lüftungstechnik, wobei es sich im Bestand anbietet, vorhandene Leerschächte kostensparend für die vertikale Verteilung zu nutzen..

Die bisher gewonnenen Erfahrungen sind ermutigend und geben begründete Hoffnung, dass die Passivhaustechnologie im Bestand breite Realität wird. Es zeigte sich jedoch auch, dass die Möglichkeiten bei den Akteuren der Wertschöpfungsketten noch unzureichend bekannt und erprobt sind, was zur Zeit noch erhöhte Kosten bei Planung und Umsetzung verursacht. Hier gilt es, über die Regionen und Anwendungsfälle verteilt weitere Pilotprojekte sowie wirkungsvolle „Kristallisationskeime“ und Verbreitungsmechanismen zu installieren, um einen durchgreifenden Innovationsprozess in Gang zu setzen.

7 Quellenangaben

BGW 2005: Bielefelder Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft BGW, www.bgw-bielefeld.de (2005)

BSMC 2004: Steinmüller, B.: **Möglichkeiten und Probleme der wirtschaftlichen Optimierung**, Auftaktreferat, Netzwerk Bau und Energie, Nürnberg (2004), Folien unter: www.bsmc.de, Rubrik Aktuell/Wirtschaftlichkeit

DENA 2003: Deutsche Energieagentur: **Niedrigenergiehaus im Bestand**, www.neh-im-Bestand.de (2003)

IWU 2003: Knissel, J.; Alles, R.: **Ökologischer Mietspiegel**, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt (2003)