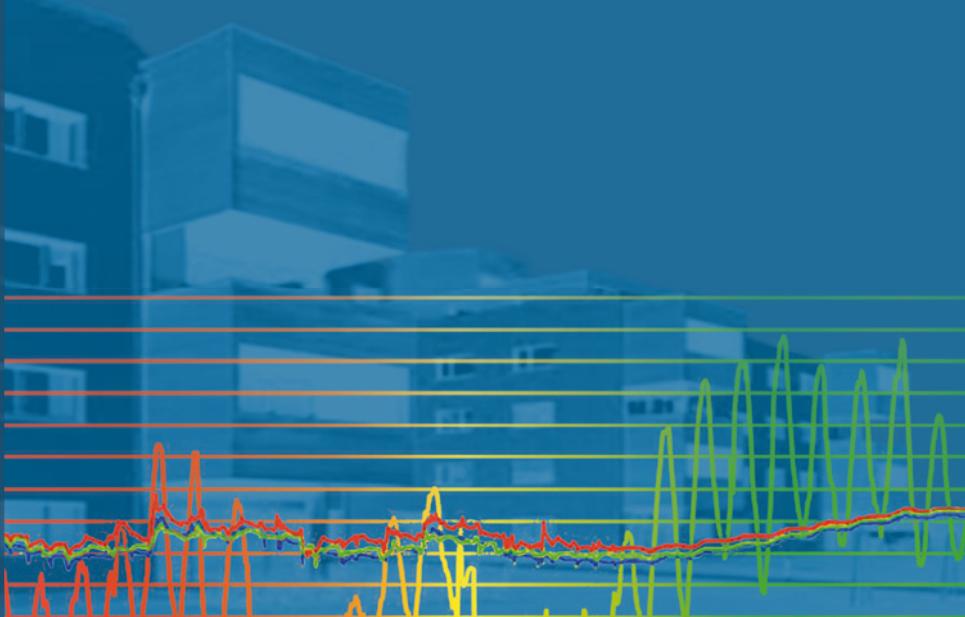


Helmut Schöberl

Kostengünstige mehrgeschossige Passivwohnhäuser

Kosten, Technik, Lösungen, Nutzererfahrungen



Fraunhofer IRB Verlag

Helmut Schöberl

Kostengünstige mehrgeschossige Passivwohnhäuser

Helmut Schöberl

Kostengünstige mehrgeschoßige Passivwohnhäuser

Kosten, Technik, Lösungen, Nutzererfahrungen

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-8742-6
ISBN (E-Book): 978-3-8167-8743-3

Herstellung: Katharina Kimmerle, Tim Oliver Pohl
Satz: Verlags- und Medienservice dtp-design, Ebsdorfergrund
Umschlaggestaltung: Martin Kjer
Druck: Gulde Druck GmbH & Co. KG, Tübingen

Umschlag: Basierend auf einem Foto von Bruno Klomfar (www.klomfar.com)

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürfen. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2013
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-2500
Telefax +49 711 970-2508
irb@irb.fraunhofer.de
www.baufachinformation.de

Inhalt

Danksagung	9
-----------------------------	---

I Einführung

1 Einleitung	13
2 Definition Passivhaus im mehrgeschoßigen Wohnbau	15
2.1 Definition	15
2.2 Luftheizung	16
2.3 Thermische Qualität	17
2.4 Argumente für die Passivhausbauweise	18
3 Planungsinstrumente	19
3.1 Normen	19
3.2 Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP)	20
3.3 Dynamische Simulation	22
4 Qualitätssicherung	23
4.1 Auswahl der Planer	23
4.2 Consulting	24
4.3 Zertifizierung	24

II Technik

5 Gebäudehülle – ausgewählte Kapitel	29
5.1 Thermische Hülle	29
5.2 Luftdichtheit	35
5.2.1 Allgemein	35
5.2.2 Winddichte Ebene	36
5.2.3 Luftdichte Ebene	36
5.2.4 Aufzug	37
5.2.5 Elektroinstallationen	39
5.2.6 Sanitärinstallationen	40
5.2.7 Lüftungsleitungen	40
5.2.8 Messung der Luftdichtheit	41
5.3 WDVS und Brandschutz bei hohen Dämmstoffdicken	43
5.4 Attika	45
5.4.1 Attika leicht	45
5.4.2 Attika massiv	47
5.4.3 Anschluss Fassade – Steildach	48
5.5 Unterste Geschossdecke	50
5.5.1 Bodenplatte	50

5.5.2	Kellerdecke (Keller kalt)	52
5.5.3	Kellerdecke (Keller warm)	54
5.6	Fußpunkt des Gebäudes (»Höcker«)	56
5.7	Treppenhaus	61
5.8	Fensteranschluss	64
5.9	Terrassenausgang und Hauseingang	69
5.9.1	Terrassenausgang	69
5.9.2	Hauseingang	72
5.10	Blechanschluss	73
6	Haustechnik – ausgewählte Kapitel	75
6.1	Arten von Lüftungsanlagen	75
6.2	Zentrale Lüftungsanlage	77
6.3	Leitungsführung	78
6.4	Beschreibung der Bauteile der Lüftungsanlage	80
6.4.1	Anforderungen an die Bauteile der Lüftungsanlage	80
6.4.2	Hygienische Aspekte von Lüftungsanlagen	81
6.4.3	Module der Lüftungsanlage	82
6.4.3.1	Wärmetauscher	82
6.4.3.2	Ventilatoren	84
6.4.3.3	Luftfilter	85
6.4.3.4	Frostschutzregister	86
6.4.4	Weitere Komponenten	87
6.4.4.1	Nachheizung	87
6.4.4.2	Raumweise Temperaturdifferenzierung	88
6.4.4.3	Brandschutztechnische Einrichtungen	90
6.4.4.4	Zu- und Abluftventile	91
6.4.4.5	Überströmöffnungen	93
6.4.4.6	Regelung	94
6.4.4.7	Umluft-Dunstabzugshaube	96
6.4.4.8	Dimensionierung der Rohrleitungen	96
6.4.4.9	Wärmedämmung der Rohrleitungen	97
6.4.4.10	Aufstellort der Lüftungsanlage	98
6.4.4.11	Treppenhauslüftung	98
6.4.5	Lagerung, Einbau, Inbetriebnahme und Abnahme	98
6.5	Warmwasserbereitung und Verteilsystem	99
6.6	Abrechnung Heizkosten	101
III	Bauliche Mehrkosten	
7	Grundlagen	105
7.1	Methode	105
7.2	Wohnnutzfläche	105
7.3	Tabellarische Gegenüberstellung der Projekte	105

7.4	Projektbeschreibungen	107
7.4.1	Utendorfgasse	107
7.4.2	Mühlweg	111
7.4.3	Dreherstraße	112
8	Bauteilkosten	115
8.1	Außenwand	115
8.1.1	Mehrkosten verursacht durch erhöhten Wärmeschutz	116
8.1.2	Mehrkosten durch brandschutztechnische Erfordernisse	117
8.1.3	Blechanschluss	117
8.2	Dach	118
8.2.1	Dachfläche	118
8.2.2	Dachterrassen	120
8.3	Unterste Geschossdecke	121
8.4	Treppenhaus	122
8.4.1	Schleusentüre	125
8.4.2	Bodenplatte Treppenhaus	126
8.4.3	Wärmebrücken Fußpunkte Wände	126
8.4.4	Wände	127
8.4.5	Thermokörbe	128
8.4.6	Brandrauchentlüftung Treppenhausdach	128
8.5	Fußpunkt des Gebäudes (Wände über Tiefgarage)	129
8.6	Fenster	130
8.6.1	Glas, Rahmen, Montage	130
8.6.2	Erhöhter Schallschutz	132
8.7	Hauseingangstür	132
8.8	Notkamin	134
8.9	Verschattung	135
8.10	Luftdichtheit	135
8.10.1	Aufzug	135
8.10.2	Elektroinstallationen	135
8.10.3	Sanitär	136
8.11	Lüftungsanlage	137
8.12	Heizung	138
9	Zusammenstellung der baulichen Mehrkosten	143
IV	Nutzer und Ergebnisse	
10	Messergebnisse Heizung, Raumtemperaturen und Luftqualität . .	151
11	Nutzereinführung	157
12	Ergebnisse Evaluation der Wohnzufriedenheit	161

V Anhang

NutzerInnenhandbuch	167
Literaturverzeichnis	175
Glossar	179
Register	183

Danksagung

Dank gilt der Heimat Österreich gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgesellschaft m.b.H., im Besonderen DI Wilfried Haertl, der das mittlerweile international bekannte Leitprojekt »Utendorfstraße« ermöglicht hat. Dank an die BAI Bauträger Austria Immobilien GmbH für die Zustimmung zur Publikation für das Projekt »Mühlweg«. Dank an Gerhard Maier, Alpine Bau GmbH, sowie an BUWOG – Bauen und Wohnen Gesellschaft mbH für die Daten des Projekts »Dreherstraße«. Dank an das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie zur Publikation von Daten aus diversen Forschungsberichten. Einige Unterkapitel des Kapitels 5 wurden aus dem »Handbuch für Einfamilien-Passivhäuser« entnommen, wir danken der Bundesinnung Bau, 17&4 Organisationsberatung GmbH, Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 39 – Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle, Buder & Trözmüller GesmbH und Dinhobl Bauunternehmung GmbH. Dank an Ass.-Prof. Dr. Phil. Alexander Keul, Universität Salzburg für seinen Beitrag für das Kapitel Nutzerevaluierung. Dank an Ing. Waldemar Wagner, AEE INTEC Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie für seinen Beitrag für das Kapitel Messergebnisse.

Die Inhalte des Buches wurden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt, es kann jedoch seitens des Verfassers keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben übernommen werden.

I Einführung

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren haben energieeffiziente Gebäude wie das Passivhaus immer mehr an Bedeutung gewonnen. Was im Einfamilienhaus schon keine Seltenheit mehr ist, soll hier hauptsächlich für den mehrgeschossigen Wohnbau bezogen und dargestellt werden.

Um die Rentabilität und somit die Machbarkeit der Anwendung von Passivhaustechnologie im Geschosswohnungsbau zu überprüfen, werden hier zwei Bereiche genauer betrachtet – die Passivhaustechnik und die Baukosten. Beide Aspekte werden an folgenden drei Wiener Passivhausprojekten vergleichend dargestellt:

Das Projekt »Utendorfgasse« im 14. Wiener Gemeindebezirk stellt den ersten sozialen Wiener Passivwohnbau dar, der gemäß den Passivhauskriterien zertifiziert ist. Die Anlage besteht aus drei Baukörpern mit insgesamt 39 Wohneinheiten. Die Baufertigstellung erfolgte im Oktober 2006.

Die Wohnhausanlage »Am Mühlweg« umfasst vier Passivhäuser in Holz-Mischbauweise mit in Summe 70 Wohnungen inkl. einer SOS-Kinderdorf-Wohngemeinschaft. Das Erdgeschoss und das Treppenhaus wurden in Massivbauweise, die vier Obergeschosse in Holzbauweise errichtet. Die Baufertigstellung erfolgte im November 2006.

Das Bauvorhaben »Dreherstraße« wurde als Wohnhausanlage mit vier Niedrigenergiehäusern und einem Passivhaus konzipiert. Das Passivhaus besteht aus 27 Wohnungen. In Summe wurden 138 Mietwohnungen errichtet. Die Übergabe erfolgte im September 2007.

Hinsichtlich Energieeffizienz und Baukosten ist das Passivhaus »Utendorfgasse« als Pionierprojekt zu bezeichnen. Aufgrund umfangreicher Forschungsarbeiten in der Passivhaustechnologie und vernetzter Planung war es möglich, den internationalen Passivhausstandard, vorgegeben vom Passivhaus Institut in Darmstadt, zu erreichen und auch kosteneffizient umzusetzen. Ein besonderer Schwerpunkt bei diesem Projekt lag auf dem ökonomischen Aspekt des Bauvorhabens. Es galt, trotz extrem niedriger Baukosten – die Baukosten sollten einen Wert von 1.055,00 Euro exkl. USt. pro m^2 Wohnnutzfläche nicht überschreiten – den internationalen Passivhausstandard einzuhalten.

Die baulichen Mehrkosten für die Passivbauweise lagen bei allen vorgestellten Projekten im Bereich zwischen 41,3 bis 58,7 Euro/ m^2 Wohnnutzfläche exkl. USt., das sind 4 bis 6 % der Baukosten.

2 Definition Passivhaus im mehrgeschossigen Wohnbau

2.1 Definition

Der Passivhausstandard ist die konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergie-Gebäudestandards. Während beim Niedrigenergiestandard lediglich der Heizwärmebedarf in Abhängigkeit von der Kompaktheit eines Gebäudes begrenzt wird, befasst sich der Passivhausstandard mit allen wesentlichen Energieverbräuchen. Neben den thermisch-energetischen Hauptkriterien Heizwärmebedarf, Heizlast und Luftdichtheit, wird auch der Primärenergiebedarf als bedeutender Parameter aufgenommen. Der Passivhaus-Standard wurde durch das Passivhaus Institut (PHI) in Darmstadt definiert. In Zahlen ausgedrückt ist ein Passivhaus erreicht, wenn folgende Kriterien eingehalten werden:

Tabelle 1: Definition Passivhaus gemäß Passivhaus Institut je Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) [FEI07]

Passivhauskriterien	
1. Heizwärmebedarf	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$
2. Heizlast	$\leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF}$
3. Luftdichtheit	$n_{50} \leq 0,6 \text{ 1/h}$
4. Primärenergiebedarf	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$

Reduziert auf die thermischen Anforderungen kann das Passivhaus auch folgendermaßen definiert werden:

Ein Passivhaus ist ein Gebäude, dessen Heizlast und Jahresheizwärmebedarf so gering sind, dass auf ein konventionelles Heizungssystem verzichtet werden kann. Vielfach ist das Gerücht verbreitet, dass Passivhäuser Gebäude ohne jegliche Heizung seien. Das stimmt nicht, da auch bei Passivhäusern der geringe Restheizwärmebedarf von $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ durch ein Heizungssystem abgedeckt werden muss. Um einen derart geringen Heizwärmebedarf überhaupt zu erreichen, ist das Gebäude mit einer Wohnraumlüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung auszustatten.

In der Kommunikation mit den späteren Nutzern sind zu den Kriterien gemäß Tabelle 1 stets die folgenden Randbedingungen anzuführen:

Die Werte gemäß Tabelle 1 sind Mittelwerte über das gesamte Gebäude. In exponierten Wohnungen können daher signifikante Abweichungen des Heizwärmebedarfs, der Heizlast und infolge des Primärenergiebedarfs auftreten.

Der Heizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ gilt unter folgenden Randbedingungen, mit denen das PHPP 2007 rechnet:

- 20 °C Innentemperatur
- 2,1 W/m² innere Lasten (Wärmeabgabe durch Personen und Geräte)
- PHPP-Klimadaten außer es wurden andere verwendet.¹

¹ Für Österreich sind andere zu verwenden (siehe Fußnote 4).

- Der Heizwärmebedarf enthält keine Verteilverluste.
- Der Heizwärmebedarf beinhaltet nicht abweichendes Nutzerverhalten (z. B. übergäige Fensterlüftung während der Heizperiode).

Der Primärenergiebedarf $\leq 120 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ EBF.a}$ gilt, neben den Randbedingungen zum Heizwärmebedarf, unter den folgenden zusätzlichen Randbedingungen, mit denen im PHPP 2007 üblicherweise gerechnet wird:

- 25 l/Person/Tag Warmwasserverbrauch
- Durchschnittliche Personenbelegung. Bandbreite 20–50 m^2/Person .²
- Normbedarf für Haushaltsgeräte, Beleuchtung, Elektronik und Kleingeräte.³
- Statistische Häufigkeit für die Benutzung der angeführten elektrischen Verbraucher.
- Strombedarf des Aufzugs wird nicht berücksichtigt.

2.2 Luftheizung

Die Lüftung hat eine herausragende Schlüsselfunktion in der Entwicklung nachhaltiger Gebäude. Bei konventionellen, wie auch bei Niedrigenergie-Gebäuden gilt die Grundregel »Trennung von Heizung und Lüftung«. Das bedeutet, bei diesen Gebäuden wird die erforderliche Wärmemenge für die Raumheizung mit Heizungswasser und nicht mit konditionierter Luft eingebracht. Grund: Wasser eignet sich zum Energie-transport wegen seiner deutlich höheren Wärmekapazität besser als Luft.

Wasser und Luft als Energie-Träger

	Wasser	Luft	
Dichte [kg/m^3]	1000	1,20	Faktor 3000 !
Spezifische Wärme [$\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}$]	1163	0,33	
Temperatur-differenzen	5 - 10 K	20 - 30 K	
Rohr-Dimensionen (Einfamilienhaus)	DN 12 – 25	DN 100 - 200	

Abb. 1:
Vergleich Wasser–Luft
als Energieträger
[17&4 Organisations-
beratung GmbH]

Im Zuge der laufenden Verbesserung der Wärmedämmung stellte sich in den 80er Jahren die Frage, wie gering die Wärmeverluste eines Gebäude sein müssen, damit allein mit der ohnehin hygienisch notwendigen Frischluftmenge die Beheizung unter Einhaltungen der Komfortbedingungen sichergestellt werden kann. Das ist der Kern der Passivhaus-Idee.

2 Die tatsächlich im PHPP angesetzten Werte sind anzugeben.

3 Die tatsächlich im PHPP angesetzten oder die beim Normbedarf hinterlegten Werte sind anzugeben.

Der erforderliche Frischluftbedarf beträgt ca. $1 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$, unter der Annahme von $30 \text{ m}^3/\text{h}$ Frischluft für eine Person, der eine Wohnfläche von 30 m^2 zur Verfügung steht ($30 \text{ m}^3/\text{h} : 30 \text{ m}^2 = 1 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$).

Um Staubverschwendung und somit Geruchsbelästigungen zu vermeiden, soll die über das Lüftungssystem eingebrachte Frischluft auf höchstens ca. 50°C vorgewärmt werden. Damit ergeben sich die nutzbare Temperaturdifferenz zur Raumluft von maximal 30°C und die damit maximal zur Verfügung stehende Wärmeenergie. Daraus folgt die maximale Heizleistung: $P_{\text{Hz}} = 1 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot 0,33 \text{ Wh/Km}^3 \cdot 30 \text{ K} = 10 \text{ W/m}^2$ Wohnfläche, wobei $0,33 \text{ Wh/Km}^3$ die Wärmemenge ist, die mit einem Kubikmeter Luft je Kelvin (oder Grad Celsius) Temperaturunterschied eingebracht werden kann. Mehr Wärmeverluste sind im Passivhaus nicht zulässig, da durch die physikalischen Gegebenheiten der Luft nicht mehr Wärmeenergie in das Gebäude eingebracht werden kann. Die Heizlast von $\leq 10 \text{ W/m}^2$ ist also der Schlüssel zum Verständnis des Passivhauses. Aus dieser maximalen Heizlast ergibt sich unter mitteleuropäischen Klimabedingungen ein Jahresheizwärmebedarf von $15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$. Der ungewohnt hohe Wärmeschutz der Gebäudehülle im Passivhaus ist also kein Selbstzweck, sondern Voraussetzung dafür, dass das heute durch die zunehmend dichtere Bauweise ohnehin empfehlenswerte Lüftungssystem die Funktion der Wärmeverteilung und Wärmeabgabe übernehmen kann. Diese Vereinfachung des Heizsystems ermöglicht eine optimale Wirtschaftlichkeit des Passivhauskonzepts. Das funktioniert beispielsweise über ein Heizregister, das die Zuluft auf maximal ca. 50°C erwärmt. Die »Zuluftbeheizbarkeit« muss also prinzipiell möglich sein, der Eintrag der »Restwärme« kann aber auch über andere Systeme erfolgen. Möglich sind z. B. entsprechend klein dimensionierte Radiatoren, die auch nicht unter den Fenstern platziert sein müssen oder Fußbodenheizungen mit größeren Schleifenabständen (weiteres siehe Kapitel 6.1 Arten von Lüftungsanlagen).

2.3 Thermische Qualität

Ein Passivhaus zeichnet sich durch die folgenden Komponenten aus:

- Gebäudehülle mit besonders niedrigen U-Werten
- weitestgehende Wärmebrückenfreiheit
- besonders dichte Gebäudehülle zur Minimierung von ungewollten Lüftungswärmeverlusten
- Minimierung der Wärmeverluste über die transparenten Bauteile (Dreifach-Wärmeschutzverglasung) bei gleichzeitiger Nutzung des solaren Energieeintrags
- Wohnraumlüftungsanlage (Komfortlüftungsanlage) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung. Dabei wird die Wärme der Abluft zur Vorwärmung der Frischluft herangezogen.

2.4 Argumente für die Passivhausbauweise

Was sind die Argumente für die Passivhausbauweise?

- Komfortgewinn:
 - Ständig frische Luft aufgrund der Lüftungsanlage.
 - Behagliches Raumklima durch besonders geringe Abweichungen zwischen den Oberflächentemperaturen der Außen- und Innenbauteile.
 - Verhinderung von Kaltluftabfall im Nahbereich der Fenster durch thermisch besonders hochwertige Verglasungen.
- Nachhaltige, besonders energiesparende Bauweise und dadurch größere Unabhängigkeit von den Preisentwicklungen der Energieträger.
- Geringer Stromverbrauch durch Einsatz von besonders energiesparenden Haushaltsgeräten und Leuchtmittel und von besonders energieeffizienten Haustechnikkomponenten.
- Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele.

Passivhausbewohner schätzen am allermeisten das angenehme Raumklima durch die ständig frische Luft, die durch die Lüftungsanlage eingebracht wird, vgl. Kapitel 12. Die nachfolgende Grafik veranschaulicht, dass die Oberflächen der Außenbauteile beim Passivhausbau, im Gegensatz zum Altbau, beinahe dieselben Temperaturen wie die Innenbauteile aufweisen. Somit ist auch die operative, also empfundene, Temperatur im Raum deutlich höher, was die thermische Behaglichkeit positiv beeinflusst. Die ansonsten notwendigen Heizflächen vor den Fenstern können im Passivhausbau entfallen.

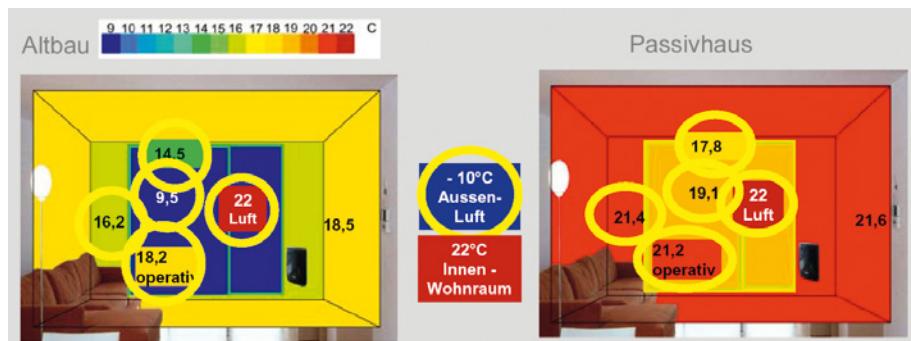


Abb. 2: Einfluss des Wärmeschutzes auf die Oberflächentemperaturen und somit auf die empfundene Raumtemperatur [H. Krapmeier, Energieinstitut Vorarlberg] in [HOL07]

3 Planungsinstrumente

Anders als bei üblichen mehrgeschossigen Gebäuden muss bei Passivhäusern eine viel engere Zusammenarbeit zwischen den Planern, insbesondere zwischen der Bauphysik und der Haustechnik bei der Berechnung des Passivhauses, stattfinden. Da der Passivhausbau schon seit zwei Jahrzehnten in Entwicklung ist, steht heute für die Planer eine Reihe von Planungsinstrumenten zur Verfügung. Im Folgenden werden die gängigsten näher erläutert.

3.1 Normen

Die Anwendung der bestehenden Normung, um Passivhäuser thermisch richtig abzubilden, ist nur mit Modifikationen der derzeitigen Normen möglich. Die Unterschiede zwischen der Heizwärmebedarfs- und Heizlastberechnung nach Norm und nach PHPP 2007 sind teilweise recht groß. Der Heizwärmebedarf kann bis zu 250 % von dem nach der Norm berechneten Wert abweichen.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen der deutschen EnEV 2007 Berechnung und der PHPP-Berechnung sind nach [GR002 in SOM08] folgende:

- Innentemperatur nach EnEV 2007 liegt bei 19 °C im Vergleich zu PHPP 2007 mit 20 °C niedriger, was geringere Heizgradtage nach EnEV zufolge hat.
- Außerdem wird in EnEV ein mittleres Klima mit Standardwerten herangezogen. Die internen Gewinne werden nach der EnEV mit ca. 5 W/m² (Wohnbau) im Vergleich zu PHPP mit 2,1 W/m² viel höher angesetzt.
- Die Bezugsfläche nach EnEV ist die Nutzfläche berechnet aus dem Bruttogebäudevolumen, die Bezugsfläche nach PHPP ist die beheizte Wohnnutzfläche mit 60 % der beheizten sonstigen Nutzfläche (Energiebezugsfläche).
- Die Lüftungswärmeverluste nach EnEV werden eher zu hoch angesetzt.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen der österreichischen Normberechnung und der PHPP-Berechnung sind folgende:

- Das erst vor Kurzem entstandene, auf Messungen der ZAMG und statistischen Auswertungen basierende, österreichische Norm-Referenzklima verursacht im Regelfall einen höheren Heizwärmebedarf als das PHPP-Klima.⁴
- Die Norm bezieht sich auf die Bruttogeschossfläche, die Bezugsfläche nach PHPP ist die beheizte Wohnnutzfläche mit 60 % der beheizten sonstigen Nutzfläche (Energiebezugsfläche).
- Die internen Gewinne werden nach der Norm mit 3,75 W/m² (Wohnbau) bezogen auf die 0,8-fache Brutto-Grundfläche angenommen (es wird angenommen, dass 20 % der Fläche durch Wände und Verkehrsflächen eingenommen ist). Das sind ca.

4 Das Passivhaus Institut beabsichtigt die österreichischen Klimadaten im PHPP auf die normgemäßen Klimadaten abzuändern, da diese in Österreich für eine Berechnung nach Stand der Technik schon jetzt im PHPP, z. B. Richtlinie der Wiener Wohnbauförderung, anzuwenden sind.

4,7 W/m² bezogen auf die Energiebezugsfläche. PHPP, im Vergleich hierzu, setzt sie mit 2,1 W/m² (bezogen auf die Energiebezugsfläche) niedriger an.

- Die Wärmeverluste zu unbeheizten Räumen und zu Erdreich werden nach dem PHPP viel strenger bewertet.
- Mit 10% Pauschalwert für Wärmebrücken unterschätzt die Norm im Regelfall die im PHPP einzugebenden Wärmebrücken.
- Der Standardwert für den Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftungsanlage wird mit 75% nach der Norm unterschätzt. Seit 01.01.2010 gibt es in der ÖNORM B 8110 Teil 6 Hinweise zu Passivhäusern, damit es nicht zu Fehlberechnungen kommt.

Zusammenfassend lässt sich folgende Aussage treffen: Berechnungen für Passivhäuser nach Normen können realistisch derzeit nur mit Modifikationen der gültigen Normen durchgeführt werden.

3.2 Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP)

Das Passivhaus Projektierungs Paket (kurz PHPP) wurde anhand umfangreicher dynamischer Simulationen vom Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist, Darmstadt entwickelt. Es ist ein auf Microsoft Excel basierendes Programm mit 38 Eingabekästen. Das Paket dient zur Berechnung von Energiebilanzen. Die Bestimmung der U-Werte, der Heizlast, des Heizwärmebedarfs sowie die Planung der Lüftungsanlage bilden dabei den Kern dieses Pakets. Zusätzlich werden haustechnischen Angaben (Wärmeversorgung, Heizung, Elektro, etc.) zur Ermittlung des Primärenergieeinsatzes eingegeben.

Der Vorteil des Passivhaus Projektierungs Paketes liegt vor allem bei der Berücksichtigung der internen und solaren Gewinne sowie der Auslegungsmöglichkeit auf verschiedene Wetterlagen (klarer, heller Tag; moderater, trüber Tag) – Aspekte, die nach EnEV oder ÖNORM nicht ausreichend berücksichtigt werden. Im Vergleich zur dynamischen Simulation hat das PHPP zwei große Vorteile: einerseits die Geschwindigkeit der Berechnung und eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse mit dynamischer Simulation für das mitteleuropäische Klima, andererseits die gute Übereinstimmung zwischen Berechnung mit dem Passivhaus Projektierungs Paket und den Messergebnissen. Dies ist aus Tabelle 48 im Kapitel 10 Messergebnisse ersichtlich. Diese Ergebnisse spiegeln auch die Erfahrungen des Passivhaus Instituts wieder. Wurde noch vor etwa 10 Jahren angenommen, dass für Passivhäuser jedenfalls eine instationäre Gebäudesimulation durchzuführen ist, gibt es mit dem Passivhaus Projektierungs Paket ein Werkzeug, um das komplexe thermische Verhalten von Passivhaus-Gebäuden mit vergleichsweise geringem Aufwand zu erfassen. In den letzten Jahren hat sich das Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) als zweckmäßiges und zutreffendes Instrument zur Bestimmung von Heizwärmebedarf und Heizlast von Passivhäusern herausgestellt. [FEI07]

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt herrscht in Fachkreisen Einigkeit, dass die Einhaltung der Passivhauskriterien, abgesehen von der dynamischen Simulation, nur mit

der Software des Passivhaus Instituts Darmstadt nachzuweisen ist – dem Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP). Das Excel-basierende Programm kann online unter www.passiv.de bestellt werden. Die Kosten belaufen sich für die CD inklusive Handbuch auf 93 Euro (Quelle: www.passiv.de – Software & Download – PHPP 2012: Passivhaus Projektierungs Paket 2012, Version 7; Stand: 23.10.2012).

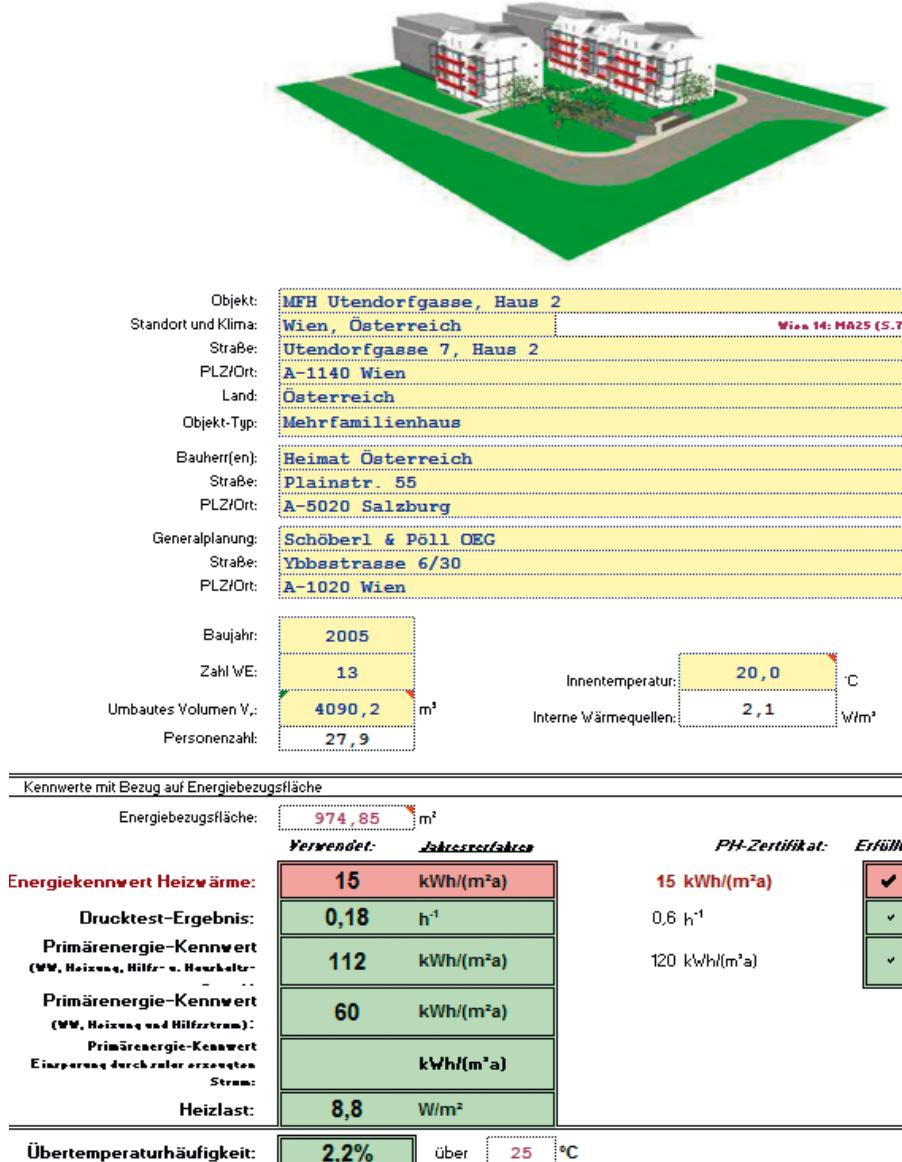


Abb. 3: Ergebnis Berechnung nach PHPP 2004, Ermittlung des Heizwärmebedarfs, der Heizlast und des Primärenergiebedarfs von Haus 2 der Passivwohnhausanlage »Utendorfgasse« [Schöberl & Pöll GmbH]

3.3 Dynamische Simulation

Bei dynamischer hygrothermischer Simulation werden die Wärme- und Feuchtentransportprozesse in einem virtuellen Gebäude abgebildet. Das Ergebnis ist der zeitliche Verlauf von Innenklima (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) in einzelnen Räumen. Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Simulationsmodelle immer noch in Entwicklung sind und einem ständigen Validierungsprozess unterzogen werden. Außerdem ist der Zeitaufwand wesentlich höher als die Berechnung mit PHPP, und somit auch kostenaufwendiger. Die Anwendung von dynamischer hygrothermischer Simulation wird für komplizierte oder neue innovative Projekte empfohlen. Die Ergebnisse aus der Simulation sollten immer kritisch durchgesehen werden und von Fachleuten interpretiert und nachgeprüft werden.

4 Qualitätssicherung

Ein Passivhaus ist ein hochkomplexes Projekt, in dem Haustechnik und Konstruktion richtig zusammengeführt werden müssen. Eine wichtige Entscheidung bezüglich der Passivhaus-Qualität eines Gebäudes treffen die Architekten bei der Wahl der Geometrie und Orientierung des Gebäudes und bei der Wahl von Fenstergröße und -orientierung. Sie stellen dann Anforderungen an die Konstruktion und wählen Dämmmaterialien und Haustechnik-Komponenten. Alle diese Sachen müssen zusammengespielt und Entscheidungen gemeinsam getroffen werden. Dabei hängt vieles stark von den Erfahrungen der einzelnen Projektpartner ab.

Die Qualität der Planung, sowie der Ausführung muss kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass das geplante oder gebaute Gebäude passivhaustauglich und funktionsstüchtig ist. Die Folgen von unsachgemäßer unerfahrener Planung können sein:

- Zu niedrige oder zu hohe Raumtemperaturen in einzelnen Räumen
- trockene Luft (d. h. sehr niedrige Luftfeuchtigkeit)
- Zu hohe Lärmbelastung verursacht durch die Haustechnikkomponenten
- Fehler im Gebäudebereich oder der Haustechnikanlage

Im Folgenden werden drei Instrumente sowie Anforderungen vorgestellt, mit denen funktionierende Passivhäuser gewährleistet werden können.

4.1 Auswahl der Planer

Die Wahl der richtigen Planer bestimmt über Erfolg oder Niederlage des Projektes, denn diese treffen grundlegende Entscheidungen, z. B. welches Heiz- oder Lüftungskonzept zur angewendet wird, welche Komponenten der Haustechnik und der Gebäudehülle zum Einsatz kommen. Bei jeder Planung eines Passivhauses tritt eine Reihe von passivhaus-spezifischen Problemen auf, die von Projekt zu Projekt unterschiedlich sind. Hier werden kreative und einwandfreie Lösungen gefordert.

Es wird ausdrücklich empfohlen, nur solche Planer, insbesondere der Bauphysik und Haustechnik, für die Passivhausplanung heranzuziehen, die beide folgende Kriterien erfüllen:

- Erfahrungen im Passivhausbau
- Der Planer muss über von externen Stellen evaluierte Messwerte seiner gebauten Passivhäuser verfügen.

Nur so kann gewährleistet sein, dass die Planer in der Lage sind, ein funktionierendes Passivhaus zu planen. Beim mehrgeschossigen Passivhaus-Wohnbau ist das noch wichtiger. Zumindest ein hoch passivhäuserfahrene Planer muss im Team sein und sich die Anleitung der anderen Planer zutrauen.

Die gestellten Anforderungen beziehen sich auch auf die ausführenden Unternehmen. Die Wahl, Einstellung, Installation und Nachjustierung der Haustechnikkomponenten sowie die Ausführung der hochwärmedämmenden Gebäudehülle und der luftdichten Gebäudehülle erfordern hohe Qualität der Ausführung und Erfahrung. Unerfahrene Firmen können

eingesetzt werden, wenn passivhauserfahrene Planer oder passivhauserfahrene Bauaufsicht im Projektteam sind und die Detailplanung von diesen durchgeführt wird.

4.2 Consulting

Eine gute Möglichkeit für unerfahrene Passivhaus-Planer auch funktionstüchtige Passivhäuser zu planen stellt das Heranziehen von Consulting-Unternehmen dar, die schon genug Erfahrung mit dem Passivhausbau besitzen. Diese müssen ebenfalls evaluierte gemessene Werte von bereits gebauten Passivhäusern besitzen.

Die Consulting-Unternehmen können Machbarkeitsstudien erstellen, da nicht jeder architektonische Entwurf mit vertretbaren Mitteln ein Passivhaus werden kann. Bei der begleitenden Unterstützung im Regelfall vor Beauftragung der Planer werden der Bauherr und die Planer von Anfang an in passivhausspezifischen Fragen beraten. Des Weiteren werden die passivhausspezifischen Problemstellungen mit den Projektierungspartnern gelöst und auf etwaige Probleme aufmerksam gemacht. Der Planungsprozess und der Ausführungsprozess sollten begleitend kontrolliert werden. Die Consulting-Unternehmen können auch wärmotechnisch, haustechnisch sowie auch kostenmäßig optimierte Passivhaus-Lösungsvorschläge anbieten.

Die wichtigsten Anforderungen an die Haustechnik-Bauaufsicht stehen im Kapitel 6.4.5 Lagerung, Einbau, Inbetriebnahme und Abnahme.

4.3 Zertifizierung

Zur Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit als Passivhaus und der Einhaltung der strengen Qualitätsanforderungen an ein Passivhaus ist es, gerade für noch unerfahrene Passivhaus-Planer sowie für die Bauträger, jedenfalls sinnvoll eine Zertifizierung des Gebäudes durchführen zu lassen. Für die Zertifizierung werden verschiedene Aspekte berücksichtigt, die bauphysikalischen und energetischen Voraussetzungen des Gebäudes werden auf Passivhaustauglichkeit überprüft. Werden die geforderten Werte des Gebäudes, der Bauteile und Bausysteme festgestellt, so wird dem Gebäude die Zertifizierung ausgestellt. Somit wird für den Bauherrn und die Nutzer des Gebäudes sichergestellt, dass das projektierte Gebäude auch tatsächlich den hohen Anforderungen, die an ein Passivhaus gestellt werden, genügt. Das Passivhaus Institut führt Listen mit den zertifizierten Passivhäusern und Bauteilen. Diese nehmen jedes Jahr an Umfang zu, was die steigende Akzeptanz und Etablierung der Technologie widerspiegelt.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt (2012) sind über zwei Dutzend Stellen berechtigt das Zertifikat »qualitätsgeprüftes Passivhaus« auszustellen. Die Passivhaus-Gebäude-Zertifizierung gibt an, dass das Passivhaus den strengen Definitionen aller Passivhaus-Kriterien entspricht, es besteht jedoch keine Garantie auf die einwandfreie Funktionstauglichkeit. Das Zertifikat ist trotzdem empfehlenswert, da es vom unabhängigen Unternehmen ausgestellt und die Planung durch Passivhaus-Experten kontrolliert wird.

Hinzu kommt noch die Zertifizierung von einzelnen Bauteilen – Passivhauskomponenten. Auf der Webseite des Passivhaus Institutes in Darmstadt findet man alle passivhauszertifizierten Bauteile. Das Zertifikat stellt eine Absicherung dar für die Bauherren und Planer, die dadurch passivhaustaugliche Komponenten für ihre Passivhäuser wählen können. Da das Zertifikat zeitlich beschränkt und relativ kostspielig ist, lassen viele Hersteller ihre Produkte nicht zertifizieren. Das ist teilweise bedingt durch das zurzeit dem Passivhaus Institut in Darmstadt zugeschriebene Monopol auf dem Gebiet der Passivhaus-Zertifizierung. [LAI06] Die Zertifizierung wird trotzdem empfohlen, da nur so sichergestellt ist, dass die Produkte die Anforderungen des Passivhausbaues erfüllen können.

II Technik

5 Gebäudehülle – ausgewählte Kapitel

Die beiden wesentlichen Bausteine der Passivhaustechnologie sind die verbesserte Gebäudehülle und eine hocheffiziente Lüftungsanlage.

5.1 Thermische Hülle

Die U-Werte der Bauteile, die an nicht beheizte Räume, Außenluft oder Erdreich grenzen, beeinflussen besonders den Heizwärmebedarf und die Heizlast des Gebäudes, da diese den Wärmedurchlasswiderstand einer Gebäudehülle beschreiben. Die U-Werte liegen im Regelfall bei $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Planer können folgende Entwurfswerte für Dämmstoffstärken im mehrgeschossigen Wohnbau in Passivhaus-Standard für den Vorentwurf heranziehen:

Bauteile	Dämmstoffstärken
Außenwand	30–35 cm
Decke über Keller/Tiefgarage bzw. Kellerboden	35–40 cm
Dach	45–50 cm
bei Einfamilienhäusern	je + 5–10 cm zu obigen Angaben

Tabelle 2: Entwurfswerte der Dämmstoffstärken für den mehrgeschossigen Wohnbau in Passivhaus-Standard [Schöberl & Pöll GmbH]

Exemplarisch seien hier einige U-Werte und Dämmstoffstärken des Bauvorhabens Utendorfgasse genannt:

Bauteile	U-Werte des Bauvorhabens »Utendorfgasse« [W/m ² K]	Dämmstoffstärken
Außenwand	0,115	30 cm
Dach	0,096	45 cm
Terrassen	0,119	30 cm
unterste Decke Tiefgarage	0,094	35 cm
Fenster inkl. Rahmen	0,790	–

Tabelle 3: U-Werte des Bauvorhabens »Utendorfgasse« [Schöberl & Pöll GmbH]

Mit zunehmendem Volumen von Gebäuden wird der Wärmeverlust pro Quadratmeter Bezugsfläche immer kleiner. Während sowohl die Normung, als auch die Förderungs-Richtlinien Rücksicht auf diesen Umstand nehmen – beispielsweise durch Angabe von Grenzwerten in Abhängigkeit von der Kompaktheit – ist die Berücksichtigung dieses physikalischen Phänomens bei Passivhäusern aus den folgenden Gründen nicht möglich:

- Die Grenzwerte $\text{HWB} \leq 15 \text{ kWh/m}^2 \text{EBF.a}$ und $\text{HL} \leq 10 \text{ W/m}^2 \text{EBF}$ sind keine willkürlich festgelegten Größen, sondern entstammen der zentralen Idee von Passivhaus-Gebäuden – der Zuluftbeheizbarkeit. Insbesondere die flächenbezogene Heizlast darf unabhängig von der Kompaktheit des Gebäudes den oben genannten Grenzwert nur marginal überschreiten, da ansonsten die ausreichende Wärmeversorgung des Gebäudes nicht erfüllt ist.
- Somit ergibt sich die Situation, dass der Passivhaus-Nachweis umso schwieriger zu erfüllen ist, je kleiner das Volumen eines Gebäudes ist, bzw. je weniger kompakt es ist.

Es gilt hierbei besonders zu beachten, dass die Kompaktheit eines Gebäudes von den folgenden Parametern abhängt:

- Volumen: je mehr Volumen, desto kompakter
- Form: je näher an der Würfelform (genaugenommen Kugelform), desto kompakter
- Oberfläche: je weniger zusätzliche Oberfläche (Erker, Loggien, Rücksprünge, ...), desto kompakter

Zur Erläuterung dieses Sachverhalts sollen nachfolgende kurze Rechenbeispiele dienen. Die untenstehend abgebildeten Varianten sollen Grundlage für die Rechenbeispiele sein.

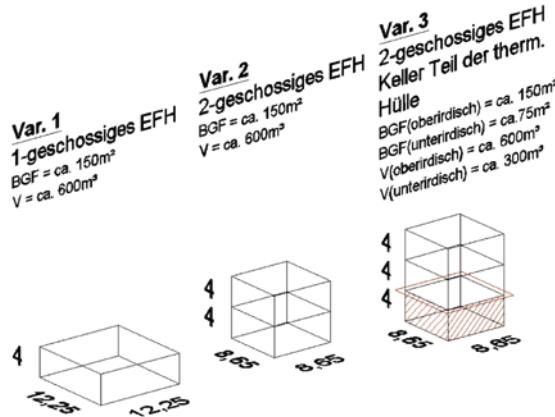


Abb. 4: Geometrie typischer Einfamilienhäuser
[Schöberl & Pöll GmbH]

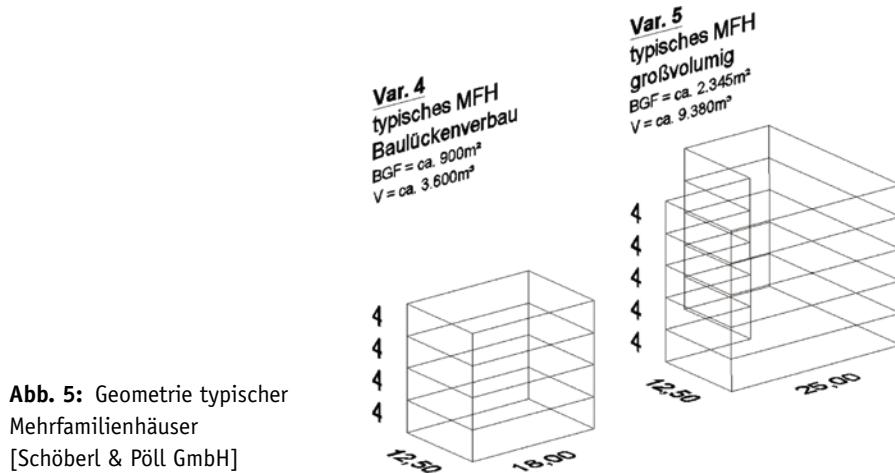


Abb. 5: Geometrie typischer Mehrfamilienhäuser
[Schöberl & Pöll GmbH]

Einfamilienhäuser:

- Var. 1: 1-geschossiges EFH, nicht unterkellert
- Var. 2: 2-geschossiges EFH, nicht unterkellert mit gleicher BGF wie Var. 1
- Var. 3: 2-geschossiges EFH, unterkellert mit gleicher BGF (oberirdisch) wie Var. 1

Mehrfamilienhäuser:

- Var. 4: typischer Baulückenverbau
- Var. 5: typischer großvolumiger Geschosswohnbau

Berechnung der Kompaktheit bzw. der charakteristischen Länge l_c :

$$l_c = V/A$$

V... konditioniertes Volumen

A... Hüllfläche des konditionierten Gebäudes

Einfamilienhäuser:

- Var. 1: 1-geschossiges EFH, nicht unterkellert:
 $A = 4 \cdot 12,25 \cdot 4,0 + 12,25 \cdot 12,25 \cdot 2 = \text{ca. } 496 \text{ m}^2$
 $\rightarrow l_c = V/A = 600 \text{ m}^3/496 \text{ m}^2 = \mathbf{1,21 \text{ m}}$
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \mathbf{0,83}$
- Var. 2: 2-geschossiges EFH, nicht unterkellert mit gleicher BGF wie Var. 1:
 $A = 4 \cdot 8,65 \cdot 8,0 + 8,65 \cdot 8,65 \cdot 2 = \text{ca. } 426 \text{ m}^2$
 $\rightarrow l_c = V/A = 600 \text{ m}^3/426 \text{ m}^2 = \mathbf{1,41 \text{ m}}$
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \mathbf{0,71}$

- Var. 3: 2-geschossiges EFH, unterkellert mit gleicher BGF (oberirdisch) wie Var. 1:
 $A = 4 \cdot 8,65 \cdot 12,0 + 8,65 \cdot 8,65 \cdot 2 = \text{ca. } 565 \text{ m}^2$
 $\rightarrow l_c = V/A = 900 \text{ m}^3 / 565 \text{ m}^2 = \mathbf{1,59 \text{ m}}$
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \mathbf{0,63}$

Mehrfamilienhäuser:

- Var. 4: typischer Baulückenverbau:
 $A = (2 \cdot 12,50 + 2 \cdot 18,00) \cdot 16,0 + 12,50 \cdot 18,00 \cdot 2 = \text{ca. } 1.426 \text{ m}^2$
 $\rightarrow l_c = V/A = 3.600 \text{ m}^3 / 1.426 \text{ m}^2 = \mathbf{2,52 \text{ m}}$
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \mathbf{0,40}$
- Var. 5: typischer großvolumiger Geschosswohnbau:
 $A = 4 \cdot 25,00 \cdot 20,0 + (25,00 \cdot 12,50 + 12,50 \cdot 12,50) \cdot 2 = \text{ca. } 2.938 \text{ m}^2$
 $\rightarrow l_c = V/A = 9.380 \text{ m}^3 / 2.938 \text{ m}^2 = \mathbf{3,19 \text{ m}}$
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \mathbf{0,31}$

Im Folgenden werden zu den oben angeführten Kompaktheiten typische U-Werte und Dämmstoffstärken ermittelt. Die typischen U-Werte wurden dem Protokollband Nr. 29 »Hochwärmegedämmte Dachkonstruktionen« [RWE04 in FEI05] entnommen.

Einfamilienhäuser:

- Var. 1: 1-geschossiges EFH, nicht unterkellert:
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \mathbf{0,83}$
 $\rightarrow U = \text{ca. } 0,05\text{--}0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $\rightarrow \text{Mittelwert} = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cong \text{ca. } 39 \text{ cm Dämmung WLG032 (100\%)} \text{ bei einer Außenwand aus } 20 \text{ cm Stahlbeton}$
- Var. 2: 2-geschossiges EFH, nicht unterkellert mit gleicher BGF wie Var. 1:
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \mathbf{0,71}$
 $\rightarrow U = \text{ca. } 0,05\text{--}0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $\rightarrow \text{Mittelwert} = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K} \cong \text{ca. } 35 \text{ cm Dämmung WLG032 (90\%)} \text{ bei einer Außenwand aus } 20 \text{ cm Stahlbeton}$
- Var. 3: 2-geschossiges EFH, unterkellert mit gleicher BGF (oberirdisch) wie Var. 1:
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \mathbf{0,63}$
 $\rightarrow U = \text{ca. } 0,05\text{--}0,13 (0,14) \text{ W/m}^2\text{K}$
 $\rightarrow \text{Mittelwert} = 0,09 (0,10) \text{ W/m}^2\text{K} \cong \text{ca. } 35 \text{ cm (31 cm) Dämmung WLG032 (90\text{--}79\%)} \text{ bei einer Außenwand aus } 20 \text{ cm Stahlbeton}$

Mehrfamilienhäuser:

- Var. 4: typischer Baulückenverbau:
 → Kompaktheit A/V = **0,40**
 → U = ca. 0,05–0,15 W/m²K
 → Mittelwert = 0,10 W/m²K ≈ ca. 30 cm Dämmung WLG032 (77%) bei einer Außenwand aus 20 cm Stahlbeton
- Var. 5: typischer großvolumiger Geschosswohnbau:
 → Kompaktheit A/V = **0,31**
 → U = ca. 0,05–0,15 W/m²K
 → Mittelwert = 0,10 W/m²K ≈ ca. 30 cm Dämmung WLG032 (77%) bei einer Außenwand aus 20 cm Stahlbeton

Varianten	Kompaktheit A/V	typ. U-Werte	Mittlerer U-Wert	beispielhafte Dämmdicke	Prozent von Anfangswert
	[m ² /m ³]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[cm]	[%]
Einfamilienhäuser					
Var. 1: 1-geschossiges EFH, nicht unterkellert	0,83	ca. 0,05 –0,11	ca. 0,08	ca. 39 (WLG032)	100 %
Var. 2: 2-geschossiges EFH, nicht unterkellert mit gleicher BGF wie Var. 1	0,71	ca. 0,05 –0,13	ca. 0,09	ca. 35 (WLG032)	90 %
Var. 3: 2-geschossiges EFH, unterkellert mit gleicher BGF (oberirdisch) wie Var. 1	0,63	ca. 0,05 –0,13 (0,14)	ca. 0,09 (0,10)	ca. 35 (31) (WLG032)	90 % –79 %
Mehrfamilienhäuser					
Var. 4: typischer Baulückenverbau	0,40	ca. 0,05 –0,15	ca. 0,10	ca. 30 (WLG032)	77 %
Var. 5: typischer großvolumiger Geschosswohnbau	0,31	ca. 0,05 –0,15	ca. 0,10	ca. 30 (WLG032)	77 %

Tabelle 4: Typische U-Werte und Dämmdicken bei verschiedenen Kompaktheiten
 [Schöberl & Pöll GmbH]

Anhand der oben gelisteten typischen erforderlichen U-Werte ist zu erkennen, welchen hohen Einfluss die Kompaktheit eines Gebäudes auf die erforderlichen U-Werte zur Erreichung des Passivhaus-Standards hat.

Bei konventionellen, wie auch bei Niedrigenergiegebäuden, werden die Wärmebrüchen i.d.R. in Form eines pauschalen Faktors ermittelt. Dieser liegt um die 10 % des

Leitwertes aller Bauteile gegen Außenluft. Im Passivhausbau sind die Wärmeverluste jedoch so gering, dass die weitestgehende Wärmebrückenfreiheit für die Funktionsfähigkeit nicht nur Hilfsmittel, sondern sogar Bedingung ist. Mit anderen Worten ist der pauschale Faktor zur Berücksichtigung der Wärmebrücken mit 10 % bei guter Passivhausplanung zu hoch und berücksichtigt nicht die besondere thermische Qualität der Hüllfläche eines Passivhauses.

Grundsätzlich sollte die wärmedämmende Hülle die beheizten Gebäudeteile vollkommen lückenlos umschließen, sodass man in jedem beliebigen Gebäudeschnitt mit einem Stift eine durchgängige Linie der Dämmung um die ganzen beheizten Gebäudeteile ziehen kann.

Das ist aus statischen Gründen, wie das Beispiel der auf der Kellerwand aufsitzenden Außenwand zeigt, in einem Gebäude nicht immer einzuhalten. An klar begrenzten Ausnahmestellen sind daher etwas verringerte Dämmwirkungen zulässig.

Generell gelten folgende Regeln:

- **Vermeidungsregel:** Wo möglich, die dämmende Hülle nicht durchbrechen.
- **Durchstoßungsregel:** Wenn eine unterbrochene Dämmsschicht unvermeidbar ist, so sollte der Wärmedurchgangswiderstand in der Dämmebene möglichst hoch sein. Also z. B. Verwendung von Porenbeton oder XPS statt Ziegel oder Stahlbeton.
- **Anschlussregel:** Dämmlagen an Bauteilanschlüssen lückenlos ineinander überführen – Anschluss in der vollen Fläche.
- **Geometrieregel:** Kanten mit möglichst stumpfen Winkeln wählen.

Die folgende Abbildung soll auf den ersten Blick verdeutlichen, wo am Gebäude Wärmebrücken auftreten.

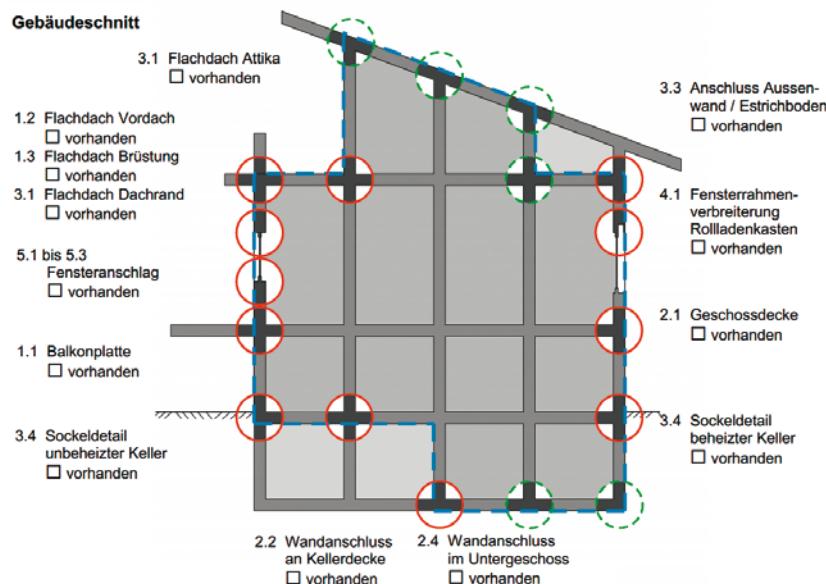


Abb. 6: Übersicht Wärmebrücken [ENFK04]

Um die geforderte Wärmebrückenfreiheit im Passivhaus zu erreichen, wird neben Fenster- und Balkonanschlüssen insbesondere im »Fußbereich« der tragenden Mauern bei der thermischen Hülle auf eine Reduktion der Wärmeeverluste geachtet. Diese maßgebende Wärmebrücke tritt beispielsweise im Schnittpunkt von tragender Außen- bzw. Innenwand mit der Kellerdecke auf. Da die Wand an der Außenseite gedämmt und die Kellerdeckendämmung im Fußboden integriert ist, bildet die in den Keller weiterverlaufende Wand eine bedeutende Wärmebrücke.

Die Vermeidung von Wärmebrücken kann zusätzliche Kosten mit sich bringen. Durch geschickte Vorgehensweise können diese sogar gespart werden. Wie diese und weitere Detailknotenpunkte gelöst werden, wird in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben. Es wird davon ausgegangen, dass lineare Wärmebrücken als wärmebrückenfrei gelten, wenn ihr Verlustkoeffizient ψ kleiner als $0,01 \text{ W/mK}$ ist. Negative Wärmebrücken sind auch möglich. Dabei wird die Wärme nicht dem Haus zugegeben, sondern es ist ein rein rechnerischer Wert, der aus den Rahmenbedingungen der Wärmebrückeberechnung entsteht.

Aufgrund der notwendigen Lastabtragung aus der thermischen Hülle in den unheizten Keller oder die Tiefgarage gibt es im Geschosswohnbau einige wenige Wärmebrücken, die das Kriterium der Wärmebrückenfreiheit nicht erfüllen. Hier wären massive Zusatzmaßnahmen erforderlich, wie beispielsweise die Ausbildung von Dämmkrägen im Deckenbereich von tragenden Kellerwänden. In aller Regel ist es sinnvoll unvermeidliche Wärmebrücken in Kauf zu nehmen und durch die thermische Qualität des Gesamtgebäudes zu kompensieren. Etwiger schädlicher Kondensatanfall in der Konstruktion muss weiterhin vermieden werden.

5.2 Luftdichtheit

5.2.1 Allgemein

Die hohe Luftdichtheit durch eine sehr dichte Gebäudehülle bewirkt:

- Verminderung des Wärmeverlustes durch Leckagen (Fugenlüftung)
- Funktion der hohen Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage.

Zusätzlich werden folgende Nachteile vermindert:

- Feuchtigkeitsschäden infolge Tauwasserbildung in der Konstruktion, ausgelöst durch Konvektion von feuchtwarmer Raumluft von innen nach außen durch undichte Stellen in der Konstruktion.
- Zugerscheinungen und Tauwasserbildung an Bauteilflächen bei Luftströmen von außen nach innen. [FEI01]

Grundsätzlich ist zwischen der wind- und der luftdichten Ebene zu unterscheiden. Beide Ebenen sind zur ordnungsgemäßen Funktion eines Gebäudes von hoher Bedeutung. Hierbei sollte stets auf die saubere Ausführung der drei wesentlichen Punkte geachtet werden:

- Fläche
- Verbindungen von Bauteilen
- Durchdringungen

Ist die außen liegende winddichte Ebene mangelhaft ausgeführt, können Belüftungseffekte der Dämmebene die Folge sein. Dabei kann die Wärmedämmung mit kalter Luft durchströmt und die Dämmwirkung deutlich reduziert werden. [DES05] Bei Undichtheiten in der innen liegenden luftdichten Ebene kann es zu Feuchtigkeitseintrag aus dem Innenraum kommen, was in weiterer Folge oft zu Feuchtigkeitsschäden führt. Sind beide Ebenen schadhaft, kann es zu massiven Undichtheiten und erhöhten Infiltrationsluftwechseln kommen, was sich maßgeblich auf den Wärmeschutz des betrachteten Bauteils auswirken kann.

5.2.2 Winddichte Ebene

Bei verputzten Fassaden des Massivbaus stellt der Außenputz die winddichte Ebene dar. Im Leichtbau und bei Dachaufbauten werden hierfür auch Folien oder geeignete an den Stoßstellen verklebte Platten verwendet. Gemäß dem Konstruktionsgrundsatz »von innen nach außen diffusionsoffener konstruieren« sollen winddichte Folien diffusionsoffen sein.

5.2.3 Luftdichte Ebene

Die Luftdichtheit ist mit einer einzigen luftdichten Hüllfläche, die den beheizten, gekühlten oder mechanisch belüfteten Innenraum umgibt, zu erreichen, wobei die Luftdichtheit sowohl in der Fläche, wie auch in den Anschlusspunkten zu gewährleisten ist.

Die innen liegende luftdichte Ebene wird beispielsweise durch Innenputze auf Mauerwerk hergestellt. Im Leichtbau und bei Dachkonstruktionen wird die luftdichte Ebene mit geeigneten Klebebändern und sorgfältig verklebten Plattenwerkstoffen oder Folien erstellt.

Die Luftdichtheit von Anschlusspunkten unterschiedlicher Konstruktionen und Bauteilen wie Fenstern und Türen, sowie die Luftdichtheit von Durchdringungen, z. B. bei Entlüftern, Elektro- und Sanitärinstallationen, muss ebenso gewährleistet sein. [FEI01] Die Luftdichtheit ist mit geeigneten altersbeständigen Materialien herzustellen.

Folgender bei Passivhäusern einzuhaltender Grenzwert beschreibt diese dichte Gebäudehülle:

Bei einer Prüfdruckdifferenz von 50 Pa liegt die Luftwechselrate (n_{50} -Wert) bei, bzw. unter $0,6 \text{ h}^{-1}$.

Bei großen Gebäuden ist leicht ein guter n_{50} -Wert zu erreichen. Daher soll bei großen Gebäuden der q_{50} -Wert, der die Hüllqualität beschreibt, als Grenzwert angegeben werden.

Zur Planung der Luftdichtheit lässt sich zusammenfassen:

Gute Ergebnisse bei der Luftdichtheit sind eine Folge guter Planung. Es sind alle Durchführungen und Anschlüsse im Detail zu durchdenken. So sind zum Beispiel eigene Details für die Außensteckdosen zu entwickeln oder die Profile der Hauseingangstüren und Schleusentüren auf ihre Dichtigkeit zu untersuchen. Von besonderer Wichtigkeit ist die Dauerhaftigkeit der Luftdichtheit. So werden beispielsweise beim Leichtbau oft ungeeignete Klebebander zur Verbindung von luftdichten Folien verwendet. Aber auch im Massivbau ist höchster Wert auf die dauerhaft luftdichte Durchführung von Leitungen, Kabeln und Rohren zu legen.

Von Vorteil ist, die Luftdichtheit einer Muster-Wohnung zu messen, bevor die des gesamten Gebäudes gemessen wird. Der n_{50} -Wert dieser Musterwohnung sollte deutlich unter dem Zielwert für die Luftdichtheit des Gesamtgebäudes liegen, um einen entsprechenden Sicherheitspuffer zu haben.

Unabhängig von der Erreichung der n_{50} -Zielwerte für die gesamte Gebäudehülle, ist insbesondere in den Erdgeschoss- und Dachgeschoss-Wohnungen ein n_{50} -Wert von $\leq 0,6 \text{ 1/h}$ einzuhalten.

Um eine ungewollte Durchströmung des Gebäudes zwischen den Wohneinheiten und dem Treppenhaus zu vermeiden, sollten auch die Schallschutzanforderungen an die Wohnungseingangstüre eingehalten werden, womit in der Regel eine ungewollte Durchströmung vermieden wird.

Wichtig sind hohe luftdichte Anforderungen an die Keller-, Schleusen- bzw. Tiefgaragentüren und Brandrauchentlüftungen oder anderer Dachausstiege. Bei mehrgeschossigen Gebäuden entsteht durch die unterschiedlichen Druckverhältnisse zwischen unterstem und oberstem Geschoss ein Kamineffekt über das Treppenhaus, was eine unzulässig hohe Infiltrationsluftwechselrate verursachen würde. Beim Luftdichtheitstest ist auf diese Stellen besonderes Augenmerk zu legen und dort keine Leckagen zuzulassen, auch wenn der Luftdichtheitstest erfüllt wäre.

Ein positiver Luftdichtheitstest bedeutet noch keine Bauschadensfreiheit. Bei lokalen Leckagen können örtliche Bauschäden entstehen. Daher ist beim Luftdichtheitstest auf lokale Leckagen ebenfalls zu achten.

5.2.4 Aufzug

Bei Gebäuden, wo ein Aufzug angeordnet werden muss, muss dessen Aufzugsschacht belüftet sein. In der Regel geschieht dies über eine in das Dach eingelassene Öffnung. Da das Dach beim Passivhaus Teil der kontinuierlichen »warmen Hülle« darstellt, ist eine Lüftungsöffnung zu vermeiden. Die entsprechende Luftdichtheit muss auch bei einem Aufzug innerhalb der thermischen Hülle gewährleistet sein. Sollte dennoch eine Öffnung ausgeführt werden, muss die Brandschutzklappe gedämmt und

luftdicht eingebaut werden. Ansonsten muss man mit erheblichen Wärmeverlusten rechnen⁵. Beispielhaft bedeutet dies Folgendes:

Der Lüftungsquerschnitt der Öffnung ins Freie muss, den meisten Bauordnungen entsprechend, mind. 1% des horizontalen Schachtquerschnittes betragen, was bei einer Querschnittsfläche des Schachtes von z.B. $1,70 \times 1,80 \text{ m}$ ca. 306 cm^2 oder einer Öffnung von $17,5 \times 17,5 \text{ cm}$ entspricht. Eine derartige Öffnung würde aufgrund ihrer Größe den Leckagestrom um ca. $600 \text{ m}^3/\text{h}$ erhöhen, d.h. die Luftwechselrate würde anstatt der geplanten $n_{50} = 0,4 \text{ h}^{-1}$ nun $n_{50} = 0,63 \text{ h}^{-1}$ betragen. Der zulässige Grenzwert für die Luftwechselrate bei Passivhäusern liegt bei $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ und darf nicht überschritten werden. Es tritt außerdem ein Strahlungsverlust von ca. $0,02 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ auf. [EBÖ05]

In Österreich wird derzeit an folgenden Normenforderungen gearbeitet:

Aufzüge, die verschiedene Brandabschnitte verbinden, müssen jedenfalls geschlossene, vollwandige Schächte besitzen. An ihrem oberen Ende sind Öffnungen im Ausmaß von mindestens 1% des horizontalen Schachtquerschnittes ins Freie vorzusehen. Bei Aufzügen, deren Ladestellen im Treppenhaus angeordnet sind und geschlossene, vollwandige Schächte besitzen, gelten dieselben Anforderungen. Bei dieser Anordnung ist jedoch als Alternative eine Einbindung in das System der kontrollierten Wohnraumbelüftung zulässig. Bei durchbrochenen Schächten (Öffnungen größer 1% des horizontalen Schachtquerschnittes) oder verglasten Schächten mit offenen Spalten zwischen den Scheiben sind keine gesonderten Lüftungsöffnungen ins Freie erforderlich. Für den Brandfall wird eine Brandrauchklappe mit der Größe $20 \times 20 \text{ cm}$ am oberen Ende des Aufzugsschachtes vorgesehen, welche eine Verbindung zur Außenluft darstellt. Somit können die Brandrauchgase über die Brandrauchklappe abziehen. Diese wird über einen an der Decke des Aufzugsschachtes installierten Brandrauchmelder im Brandfall ausgelöst. Im Normalbetrieb bleibt die Brandrauchklappe luftdicht geschlossen.

In Deutschland werden derzeit in den meisten Bauordnungen auch Lüftungsöffnungen von mindestens 1% des Schachtquerschnittes ins Freie gefordert. Über die luftdichte Ausführung der Aufzugsbelüftung in Niedrig- und Passivhäusern wird derzeit diskutiert. Es wird versucht eine Lösung zu finden, die der Aufzugsrichtlinie 95/16/EG (und der damit zusammenhängenden europäischen Normen EN 81-1/2) genügen. Erste Versuche sind mit Rauch- und Wärmeabzugsanlagen mit Lichtkuppeln gemacht worden. Doch diese Lösung ist nicht optimal, denn die Stellmotoren sind für die Anzahl der Öffnungszyklen, die bei der Be- und Entlüftung des Aufzugsschachtes notwendig sind, nicht standardmäßig ausgelegt. Derzeit werden hauptsächlich zwei Lösungswege verfolgt:

- Gesteuerte Lüftungsklappe (Lamellen- bzw. Jalousienklappe) im Schachtkopf
- Anbindung an das System der kontrollierten Wohnraumlüftung

Es gibt auch schon erste Ansätze der möglichen Gesetzesänderung: z.B. Mindestluftwechsel (Nacht 0,3 1/h, Normal 1,0 1/h, zu Stoßzeiten 2,5 1/h, bei intensiver

5 Berechnung der Verluste <http://www.lsc.dh-partner.com/at/energieberechnung.html> (Stand Mai 2011)

Benützung 4,0 1/h). Außerdem werden Wünsche nach eventueller einheitlicher Regelung in der EU insbesondere bezüglich der Mindestluftwechsel geäußert.

5.2.5 Elektroinstallationen

Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Wohnbau weist ein Passivbau spezielle Anforderungen für den Einbau der Elektroinstallation auf, da alle Wohnungen wind- und luftdicht gehalten werden müssen. Dies gilt besonders für die Durchführungen durch die thermische (warme) bzw. luftdichte Hülle.

Bei der horizontalen Kabeldurchführung durch massive Bauteile sollte versucht werden, die Leitungen erst innerhalb der thermischen/luftdichten Hülle aufzufächern, damit möglichst wenige Durchdringungen erforderlich werden. Allgemein sollten nur so viele Leitungen durch die luftdichte Hülle geführt werden, wie unbedingt notwendig. Es sollte angestrebt werden, möglichst nur ein Kabel pro Hüllrohr zu führen und die Hüllrohre nicht gebündelt durch die luftdichte Ebene zu führen. Für luftdichte horizontale Kabeldurchführungen können sogenannte RDS-Durchführungen (Kunststoff-Lamellenrohr mit innerem Dichteelement, sind druckwasserdicht, für hohe Anforderungen) oder Durchführungen mittels Futterrohr mit Dichteinsatz (druckwasserdicht, luftdicht) oder eventuell auch wasserdichte Kabelschotts mit speziellem Oberflächenabschluss (derzeit noch keine praktischen Erfahrungen hinsichtlich Luftdichtheit) verwendet werden. Vom Verguss durch Quellmörtel wird eher abgeraten, der Erfolg der Ausbildung einer luftdichten Ebene ist eher zweifelhaft.

Die vertikalen Kabeldurchführungen durch massive Bauteile werden mit feinerem Beton vergossen. Die Leitungsdurchführungen in das Tiefgeschoss werden erschwert durch die Forderung nach zentral zugänglichen Elektrozählern. Damit wird die Durchdringung der luftdichten Ebene mit etlichen Leitungen erforderlich sein. Zur Gewährleistung der Luftdichtheit sollten Schalschablonen (Vorsicht: keine Bündelung der Hüllrohre) verwendet werden. Bei der Kabeldurchführung durch Leichtwände sollten Kunststoffmanschetten verwendet werden.

Bei Stahlbeton-Bauweise wird die Elektro-Dose in die Schalung der Außenwand eingelagert und sitzt somit bündig in der Wand. Ein Luftdichtheitsproblem zwischen Wand und Dose besteht nicht. Bei Ziegel-Bauweise werden für die Außenwände luftdichte Elektro-Dosen verwendet. Diese haben im Vergleich zu konventionellen Elektro-Dosen an den Öffnungen Gummiflächen. Die Gummiflächen werden erst auf der Baustelle mit dem benötigten Hüllrohr durchstoßen die Gummifläche umschließt das Hüllrohr dicht.

Außenseitige Elektro-Dosen (Steckdosen auf Balkon, Terrasse) sollen ebenfalls als luftdichte Dosen (wie oben beschrieben) ausgeführt werden. Zusätzlich ist die Luftverbindung zwischen Hüllrohr und Elektro-Kabel auf eine Tiefe von ca. 10 cm mit Silikon zu schließen, damit auch auf diesem Weg die Verbindung über die Hüllrohre zum Innenraum unterbunden ist. Um eine entsprechende Dichtheit gewährleisten zu können, sollte möglichst versucht werden nur ein Elektro-Kabel pro Hüllrohr zu verwenden.

In Österreich gibt es die OVE-Richtlinie R 7 »Luftdichte Gebäudehülle-Richtlinien für die Elektroinstallation«. Diese ist unter <http://oek.ove.at/shop/richtlinien.html> käuflich erwerbarbar.

5.2.6 Sanitärinstallationen

In einigen Fällen entspricht die Luftdichtigkeit der Gewerke Sanitär bereits in Niedrigenergiehäusern dem Standard, der beim Passivhaus gefordert wird. Das betrifft zum Beispiel vergossene Einführungen. Andernfalls sind spezielle Durchführungen vorzusehen.

5.2.7 Lüftungsleitungen

Vertikale Durchführungen sind zu vergießen (siehe auch Abbildung 7). Die gehinderte Längendehnung ist durch die Haustechnikplanung zu beachten. Durch das Zusammazurren der Rohrdämmung, z. B. mit Kabelbindern, nach Möglichkeit an zwei Stellen, dichtet der Vergussbeton wesentlich besser ab.

Eine horizontale Rohrdurchführung ist mittels Mauerhülse möglich. Für die Luftdichtigkeit sorgt der Anschluss zwischen Mauerhülse und Dämmstoff mittels Klebeband (siehe auch Abbildung 8). Bei Wickelfalzrohren wird das Rohr auf einer Länge von ca. 1 m mit Dämmung beklebt. Das erfolgt nicht aus thermischen Gründen, sondern weil die Oberfläche der Dämmung wesentlich ebenmäßiger als die Rohrleitung selbst ist und somit besser für den luftdichten Anschluss geeignet ist.

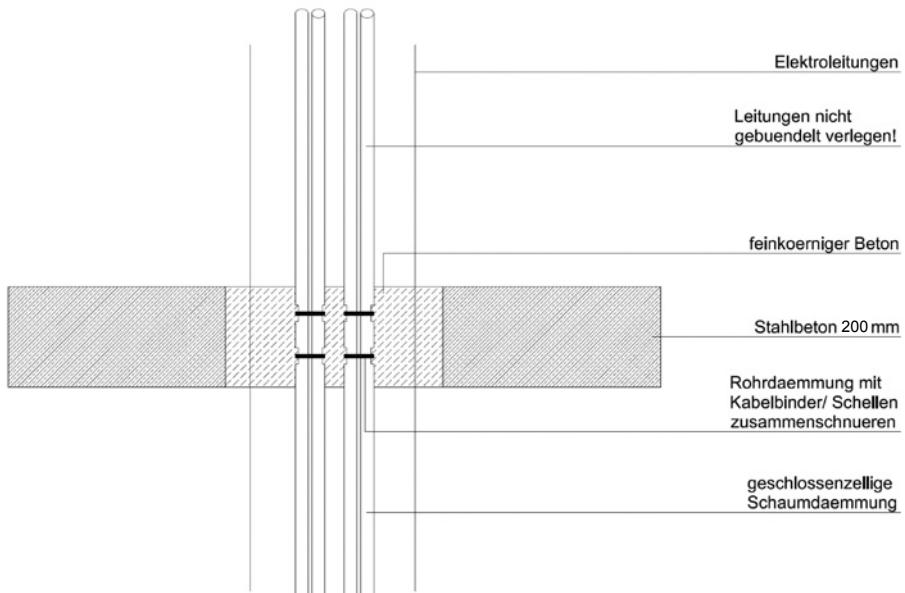


Abb. 7: Vertikale beispielhafte luftdichte Rohrdurchführung durch eine Stahlbetondecke [Schöberl & Pöll GmbH]

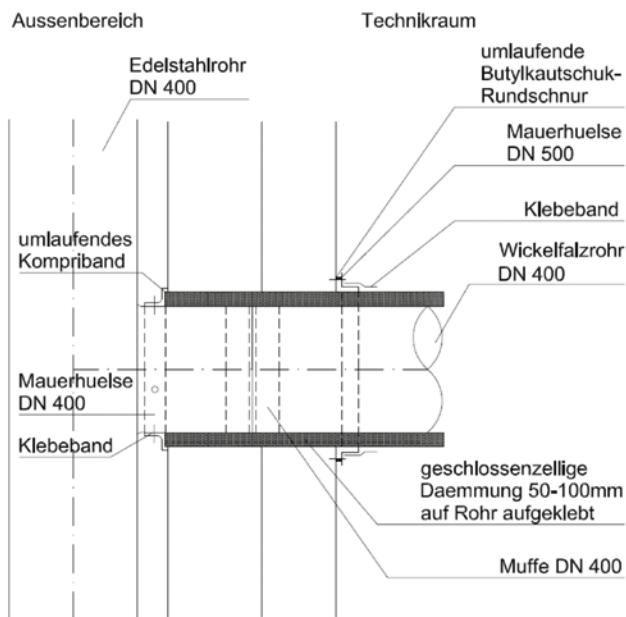


Abb. 8: Horizontale beispielhafte luftdichte Rohrdurchführung durch eine Stahlbetonwand (bei Geräteaufstellung im warmen Bereich) [Schöberl & Pöll GmbH]

5.2.8 Messung der Luftdichtheit

Die Luftdichtheit des Gebäudes wird mittels des so genannten »Blower-Door-Tests« festgestellt. Dieser dient zur Messung der Luftdichtheit und zur Ortung von Leckagen. Eine unzureichend luftdichte Gebäudehülle bringt zwei Nachteile mit sich:

- Zum einen erhöht sich dadurch die Infiltrationsluftwechselrate, also die Luftmenge, die zufolge der unterschiedlichen Druckzustände innen und außen durch die Gebäudehülle entweicht. Somit stellt sich ein erhöhter Lüftungswärmeverlust und daraus folgend auch ein höherer Heizwärmebedarf ein.
- Zum anderen stellen diese Leckagen vor allem im Winter ein hohes Risiko dar, da das Ausströmen warmer und somit feuchter Innenraumluft Tauwasserbildung in den Außenbauteilen verursachen kann. Die Feuchtigkeit beeinträchtigt sowohl Funktionstüchtigkeit der Dämmung der Außenbauteile als auch den Zustand der nicht feuchteresistenten Konstruktionselemente. Neben der rascheren Alterung der Konstruktion treten gerade im Leichtbau oft sichtbare Schadensbilder in Form von nassen Flecken und Schimmel auf. Die Durchfeuchtung der Dämmstoffe hat selbstverständlich durch den Anstieg der feuchtebedingten Wärmeleitfähigkeit einen beträchtlichen zusätzlichen Wärmeverlust zur Folge.

Bei Durchführung des Drucktests müssen sämtliche luftdichten Anschlüsse zugänglich sein, um eventuelle Fehlstellen ausbessern zu können. Das bedeutet konkret:

- Der Estrich ist noch nicht eingebaut.
- Die Außenwanddämmung ist noch nicht hergestellt.
- Im Leichtbau ist die Oberflächenbeplankung noch nicht montiert. Die Anschlüsse der Dampfbremsen und -sperren sind überall zugänglich.
- Dampfbremsen, -sperren und Abdichtungen, die Aufgaben der Luftdichtheit übernehmen, sind vor dem Drucktest herzustellen.
- Wohnungs- und Innentüren sind im gesamten Gebäude geöffnet.
- Luftpumpe Haustechnik-Durchführungen müssen noch zugänglich sein.

Beim »Blower-Door-Test« wird durch ein elektrisches Gebläse, das für die Dauer der Prüfung in eine Gebäudeöffnung eingebaut wird, ein Über- bzw. Unterdruck erzeugt. Die entstehende Luftbewegung kann zur besseren Auffindbarkeit von Fehlstellen in der Luftdichtheitsebene mit künstlichem Nebel sichtbar gemacht und anschließend mit einer Luftgeschwindigkeitsmesssonde gemessen werden.

Es ist ratsam, die Messung zunächst für eine Wohneinheit durchzuführen, um anhand dieser festzustellen, ob die Abdichtung der Fenster in ausreichender Qualität durchgeführt wurde. Mögliche Probleme bei der Abdichtung können so geklärt werden, bevor alle anderen Fenster eingebaut und abgedichtet werden. In weiterer Folge wird die Messung für die komplette Passivhausanlage durchgeführt. Die Luftdichtheitsmessung erfolgt dann nicht mehr wohnungsweise, sondern für das gesamte Gebäude innerhalb der luftdichten Hülle. Eine Ausnahme bilden Gebäude mit Laubengängen, wo das luftdichte Volumen der Berechnung in der Realität nicht gemessen werden kann. Hier muss eine entsprechende Anzahl an Wohnungen auf Luftdichtheit gemessen werden. Die Luftdichtheitsmessung erfolgt im Regelfall einmal nach Einbau aller Bauteile der luftdichten Hülle.

Das Messverfahren, mit dem der n_{50} -Wert ermittelt wird (Differenzdruckverfahren, z. B. mit Hilfe von handelsüblichen Blower-Door-Geräten), ist in der EN 13829 »Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972: 1996 modifiziert)« beschrieben. Die EN bezieht sich ausdrücklich auf Gebäude und Gebäudeteile.

Es ist besonders wichtig, dass die luftdichte Ebene und die gemessenen Werte den in der Berechnung angesetzten Grenzen und Werten entsprechen.

Die Einhaltung der angeführten Luftdichtheit gewährleistet noch keine Schadensfreiheit, die beispielsweise punktuell durch undichte Stellen entstehen kann.

Mit dem oben beschriebenen Differenzdruckverfahren kann nicht die Luftinfiltrationsrate eines Gebäudes gemessen werden, es wird lediglich die Luftinfiltration bei konkreten Bedingungen (bei einer konkreten Luftdruckdifferenz von 50 Pa) gemessen. Die Ergebnisse dieses Verfahrens können jedoch dazu verwendet werden, die Luftinfiltration rechnerisch abzuschätzen. Zur direkten Messung der Luftinfiltrationsrate stehen andere Verfahren zur Verfügung.

5.3 WDVS und Brandschutz bei hohen Dämmstoffdicken

Aufgrund der hohen Dämmdicken müssen Brandschutzriegel im Bereich über den transparenten Bauteilen eingebaut werden. Bei einem Wärmedämmverbundsystem und der Verwendung von Polystyrol als Dämmstoff (brennbar) mit Dicken über 10 cm können Brandprobleme im Fenstersturzbereich auftreten. In Österreich wurden Brandversuche mit verschiedenen Brandschutzriegelsystemen durchgeführt. Ein Bericht hierzu liegt vor: [SCH04]. Ab Dämmstoffdicken von über 10 cm werden daher Brandschutzriegel im Sturzbereich der transparenten Bauteile angeordnet, die eine durch Schmelzen des Dämmstoffes verursachte Brandweiterleitung und die Gefährdung der Rettungsmannschaften verhindern sollen. Bei den beiden Bauvorhaben »Dreherstraße« und »Utendorfgasse« sind diese Vorkehrungen aufgrund der im Passivhausbau üblichen Dämmstoffdicken notwendig.

Bei einer Holzständerkonstruktion wird durch eine nicht brennbare Wärmedämmung und eine entsprechende Verkleidung derselben sowohl bei einem Niedrigenergiehaus als auch bei einem Passivhaus gleichermaßen der Brandschutz gewährleistet. Beim Bauvorhaben »Mühlweg« müssen daher keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden und es entstehen hieraus keine baulichen Mehrkosten.

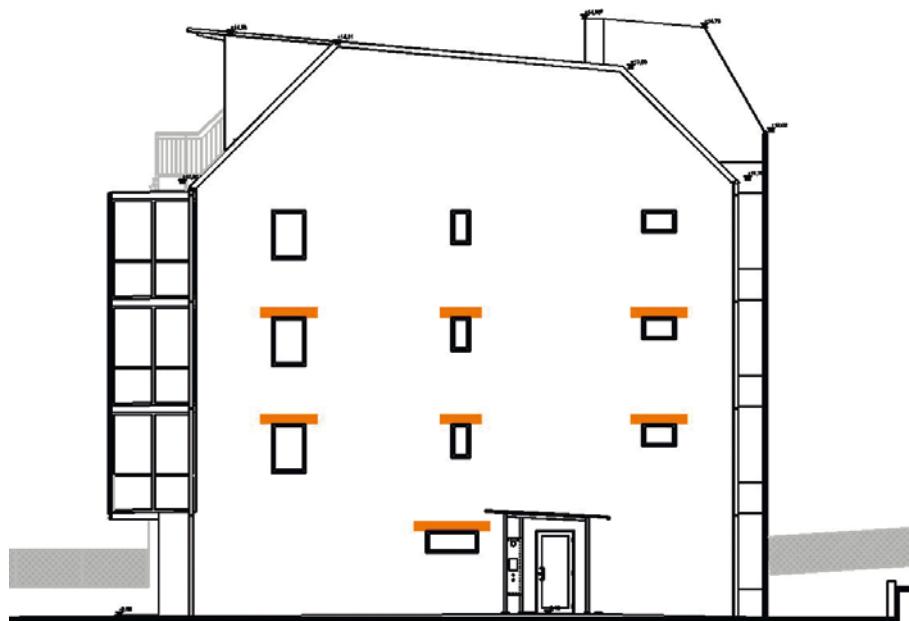


Abb. 9: Brandschutzriegel Ansicht Ost Haus 2 »Utendorfgasse« [Architekt Kuzmich]



Abb. 10: Brandschutzriegel Ansicht Süd Haus 2 »Utendorfgasse« [Architekt Kuzmich]

Das Ergebnis der oben genannten Versuche war, dass sowohl das bewährte System mit Mineralwolle als auch ein System mit einer Kalziumsilikatplatte den notwendigen Brandschutz erfüllen würde. Für den Einbau der Riegel gibt es also folgende Möglichkeiten:

1) Ausbildung mittels Mineralwolle:

- Einbau im Sturzbereich oberhalb der transparenten Bauteile mit Mineralwolle:
Die Brandschutzriegel aus Mineralwolle müssen eine Höhe von 20 cm, einen seitlichen Überstand von mindestens 30 cm über den Fensterrand hinaus und einen maximalen Abstand von der Fensteröffnung von 50 cm aufweisen.
- Einbau im Sturzbereich mit Mineralwolle und EPS-Überdeckung:
wie a) jedoch Ausbildung des Fassadenputzes ohne Materialwechsel möglich.
- Einbau eines Mineralwollerriegels in voller Länge der Fassade.

2) Einbau im Sturzbereich oberhalb der transparenten Bauteile mit Kalziumsilikatplatten:

Im Gegensatz zur Mineralwolle kann die Sturzplatte aus Kalziumsilikat, hydrophobiert und zellstoffverstärkt, ohne seitlichen Überstand eingebaut und gleichzeitig zur Herstellung der Deckschicht im Sturzbereich verwendet werden.

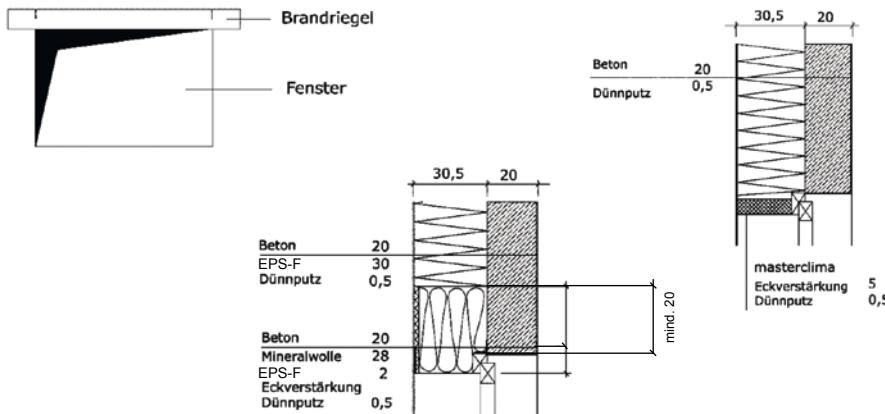


Abb. 11: Brandschutzriegel: System – Sturzplatte bzw. Mineralwolle
[Schöberl & Pöll GmbH, Architekt Kuzmich]

Neben den Fensteröffnungen sind auch die Thermokörbe der Balkone, wenn es sich nicht um F90/EI90-Thermokörbe handelt, durch einen unter ihnen angeordneten Mineralwolleriegel von mindestens 20 cm Höhe und Stärke der Wärmedämmung zu schützen.

5.4 Attika

5.4.1 Attika leicht

Die Attika soll wärmebrückenfrei ausgeführt werden. Die gewählte Konstruktion muss dabei die statischen Erfordernisse erfüllen. Die statische Stabilität der Attika wird durch ein an Rohdecke und Mauerwerk befestigtes Kantholz gewährleistet. Auf dem Kantholz wird eine Mehrschichtplatte befestigt, die als Untergrund für den Abdichtungs- und Dampfsperrenhochzug dient. Auch die Dachabdichtung wird über das Aussteifungselement zur Attikaoberseite geführt. Die Dampfsperre des Warmdachs ist weit genug hochzuführen und mit der Abdichtung zu überdecken, um die Diffusion über die Flanke zu verhindern.

Bei anderen Bauvorhaben mit höheren Attiken wurde das System sinnvoll adaptiert. Zwar bleibt die Grundstruktur mit vertikaler, gedämmter Unterkonstruktion erhalten, doch wird diese bei steigenden horizontalen Lasten durch außen liegende T-förmige Stahlbauteile unterstützt. Diese sind thermisch entkoppelt an der Tragstruktur (z. B. einer Stahlbetondecke und -wand) befestigt.

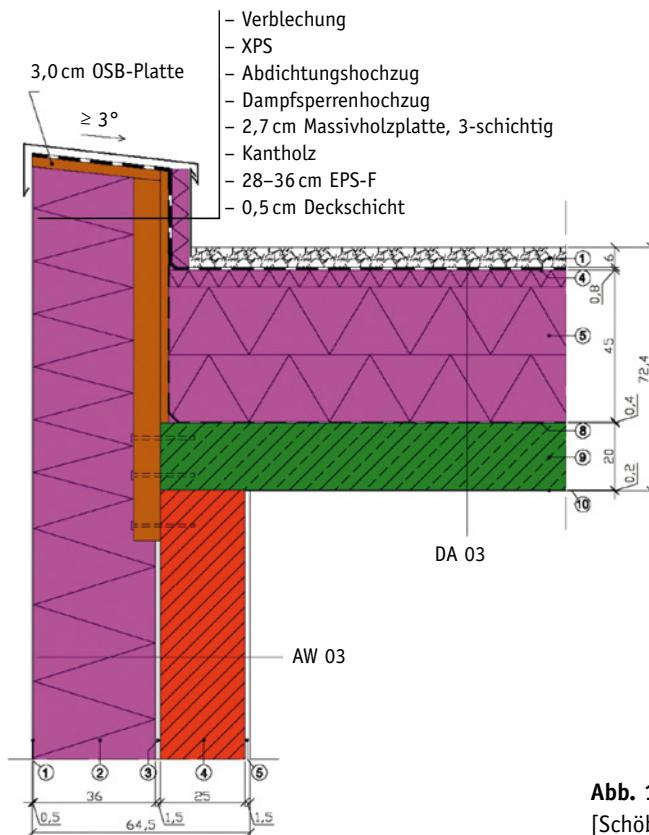


Abb. 12: Ausbildung Attika leicht
[Schöberl & Pöll GmbH]

Aufbauten zur Abbildung 12:

AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Deckschicht	5
2. EPS-F	360
3. Klebemörtel	15
4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis)	250
5. Innenputz	15

DA 03 Flachdach als Warmdach (warm zu Außenluft)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Kies 16/32 (Dicke beispielhaft)	60
2. Schutzvlies	
3. F-Abdichtung 2 Lagen E-KV-4 (beispielhaft für Warmdach)	8
4. Dampfdruckausgleichsschicht	
5. EPS-W 25 Gefälledämmung	450
Dampfsperre, sd ≥ 1.500m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 = Bitu-Alu-Bahn)	4
7. Ausgleichsschicht	
8. Voranstrich	
9. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	200
10. Spachtelung	2
11.	

5.4.2 Attika massiv

Die »massive« Variante der Attika wird mit hochwärmédämmendem Attika-Mauerwerk (Ziegel mit Perlite-Füllung, Porenbeton u.Ä.) ausgebildet, die durch einen umlaufenden Stahlbetonrost stabilisiert wird. Die Dampfsperre des Warmdachs ist weit genug hochzuführen und mit der Abdichtung zu überdecken, wie es bei der vorigen Variante ist.

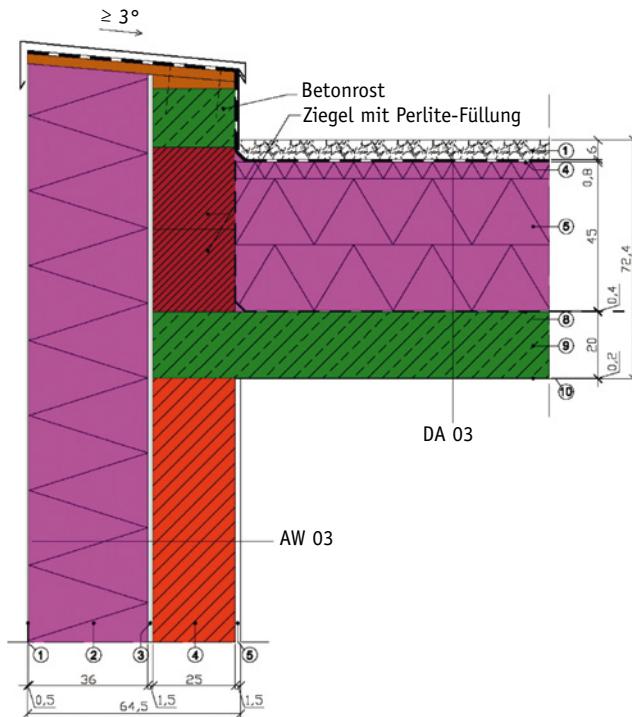


Abb. 13: Ausbildung Attika massiv [Schöberl & Pöll GmbH]

Aufbauten zur Abbildung 13:

AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Deckschicht	5
2. EPS-F	360
3. Klebemörtel	15
4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis)	250
5. Innenputz	15
6.	

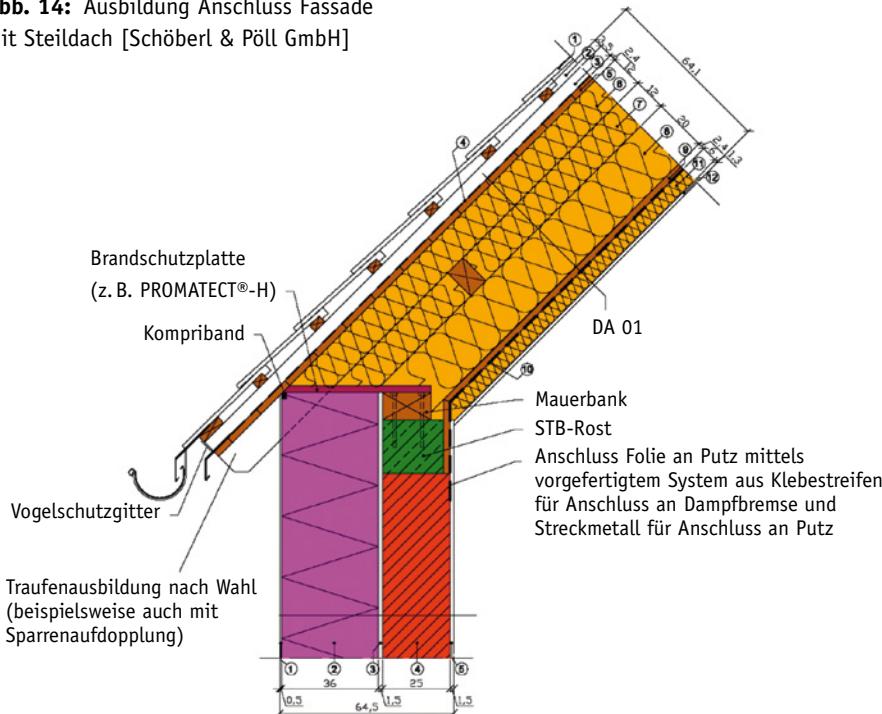
DA 03 Flachdach als Warmdach (warm zu Außenluft)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Kies 16/32 (Dicke beispielhaft)	60
2. Schutzwlies	
3. F-Abdichtung 2 Lagen E-KV-4 (beispielhaft für Warmdach)	8
4. Dampfdruckausgleichsschicht	
5. EPS-W 25 Gefälledämmung	450
Dampfsperre, sd $\geq 1.500\text{m}$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 = Bitu-Alu-Bahn)	4
6. Ausgleichsschicht	
7. Voranstrich	
9. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	200
10. Spachtelung	2
11.	

5.4.3 Anschluss Fassade – Steildach

Wird das Steildach konventionell mit Sparren errichtet, ist es baupraktisch günstiger, die Aufdopplung für die zusätzliche Dämmung in zwei Lagen an der Oberseite der Sparren herzustellen. Würde die Zusatzdämmung mit nur einer Lage auf den Sparren (quer zu diesen) montiert werden, müsste die Schalung in der Falllinie montiert werden, was aus baupraktischen Überlegungen nicht zu empfehlen ist. Alternativ kann die Aufdopplung auch innen, also unter den Sparren, vorgenommen werden. Die Brandschutzplatte dient der weitestgehenden Verhinderung der Brand- und Rauchausbreitung zwischen Fassade und Dach. Je nach Dachneigung und Geometrie ist auch eine vertikale Anordnung denkbar.

Die Dampfbremse des Steildachs ist mit einer geeigneten Maßnahme mit dem Innenputz zu verbinden (z. B. vorgefertigtes System mit Klebestreifen zum Anschluss an die Folie und Streckmetall für den Anschluss zum Putz). Der winddichte Anschluss der Außenwand an das Dach wird durch ein Kompriband zwischen Außenwanddämmung und Schalung sichergestellt. Aufgrund der Wärmebrückenwirkung ist es von Vorteil, die Sparren nicht zur Traufe zu führen.

Abb. 14: Ausbildung Anschluss Fassade mit Steildach [Schöberl & Pöll GmbH]



Aufbauten zur Abbildung 14:

AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Deckschicht	5
2. EPS-F	360
3. Klebemörtel	15
4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis)	250
5. Innenputz	15
6.	

DA 01 Holzsparren-Steildach (warm zu Außenluft)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Dachdeckung	
2. Lattung	30
3. Hinterlüftung zw. Konterlattung (Höhe beispielhaft)	50
4. diffusionsoffene Unterdachbahn, Stöße winddicht verklebt	
5. Vollschalung	24
MW-WL bzw. MW-W zw. Kanthölzern, längs zu Sparren verlegt (beispielhaft)	
6. 8/12)	120
MW-WL bzw. MW-W zw. Kanthölzern, quer zu Sparren verlegt (beispielhaft	
7. 8/12)	120
8. MW-WL bzw. MW-W zw. Sparren (beispielhaft 20/10)	200
9. Sparschalung	24
10. Dampfbremse, Stöße verklebt	
11. MW-WL bzw. MW-W zw. Lattung (Installationsebene)	60
12. 1 Lage GKF-Platten	13
13.	

5.5 Unterste Geschossdecke

Eine Bodendämmung zur »kalten« Tiefgarage oder zum »kalten« Keller ist notwendig. Die Dämmebene kann sowohl unter-, als auch oberhalb der Tiefgaragen- oder Kellerdecke angeordnet werden. Nachteil der Dämmung der Kellerdeckenuntersicht sind die Baukosten. Wird die Dämmung an der Oberseite vorgesehen, kann kostengünstigeres und hoch wärmedämmendes EPS-W Verwendung finden. Wird an der Unterseite gedämmt, können oft nur tiefgaragentaugliche Dreischichtplatten oder Kellerdämmplatten zum Einsatz kommen. Abgesehen von den höheren Materialkosten kommen noch die wesentlich höheren Lohnkosten durch Überkopfarbeiten und die Maßnahmen zur Befestigung des Dämmstoffes an der Kellerdeckenunterseite hinzu. Müssen Dübel eingesetzt werden, erhöht sich außerdem die äquivalente Wärmeleitfähigkeit, was wiederum den Wärmeschutz verschlechtert. Des Weiteren sind die Wärmeleitfähigkeiten der an der Unterseite potenziell einsetzbaren Materialien durchwegs schlechter als jene von EPS-W, was eine dickere Dämmschicht zur Erreichung des gleichen U-Wertes erforderlich macht. Nachteil der Dämmung oberhalb der Tiefgaragendecke ist, dass es eine Innendämmung ist, welche eine Dampfsperre bedingt (siehe nachfolgende Aufbauten). Die Dampfsperre ist hier akzeptabel, da eine Beschädigung an dieser Stelle sehr unwahrscheinlich ist.

In den folgenden Kapiteln wird jeweils eine Lösung der drei Varianten der untersten Geschossdecke (Bodenplatte, Kellerdecke – Keller kalt, Kellerdecke – Keller warm) angegeben.

5.5.1 Bodenplatte

Im Spritzwasserbereich ist ein geeignetes, verputzbares Dämmmaterial zu verwenden (z.B. XPS-R oder EPS-P). Im unverputzten Perimeterbereich kann XPS-G zur Anwendung kommen. Zwischen dem oberen Abschluss der Sockeldämmung und der anschließenden Außenwand-Wärmedämmung soll eine Abdichtung zur Verhinderung von kapillarer Wasserleitung aufgebracht werden. Der Außenputz ist gemäß Leitdetails der Gütekennzeichnung WDVS-Fachbetrieb [WDVS12] mindestens 20 cm unter angrenzendes Niveau zu führen und mit einem Abdichtungsanstrich zu versehen. Um Frostlinsenbildung unter dem Randbereich der Bodenplatte zu verhindern, ist die Rollierung bis in eine frostfreie Tiefe zu führen (Frostkoffer). Alternativ kann auch eine Frostschürze ausgebildet werden. Es gilt jedoch zu beachten, dass Frostschürzen nicht durch nachträgliche Erdarbeiten im Randbereich des Gebäudes zerstört oder sogar entfernt werden dürfen. Das ist insbesondere bei schräger oder horizontaler Ausführung von Bedeutung. Es wird aus baupraktischen Gründen empfohlen, die Bodenplatte im Anschlussbereich der Außenwand ohne Überstand auszuführen. Somit werden Fehlerquellen beim Hochzug der Abdichtung minimiert. Etwaige Drainagen sind maximal bis zur Tiefe des gewachsenen Bodens zu führen. Es muss eine gesicherte Wasserableitung gewährleistet sein. Hangwasser und ähnliche Belastungsfälle sind gesondert zu bewerten. Beim Abdichtungstiefzug an der Stirnseite der Bodenplatte ist das Abdichtungsende durch eine Klemmung zu sichern. Die Klem-

mung ist durch eine Überklebung mit Abdichtungsbahn-Kurzstücken oder durch eine Überspachtelung zu schützen.

Der Innenputz stellt im Mauerwerksbau die luftdichte Ebene dar und ist darum bis zur Bodenplatte auszuführen. Alternativ kann der »warmer Fuß« auch gespachtelt werden. Die Dampfsperre ist bis über den Estrich hochzuführen, um auch den Diffusionsstrom in die Konstruktion über die Flanken bestmöglich zu unterbinden.

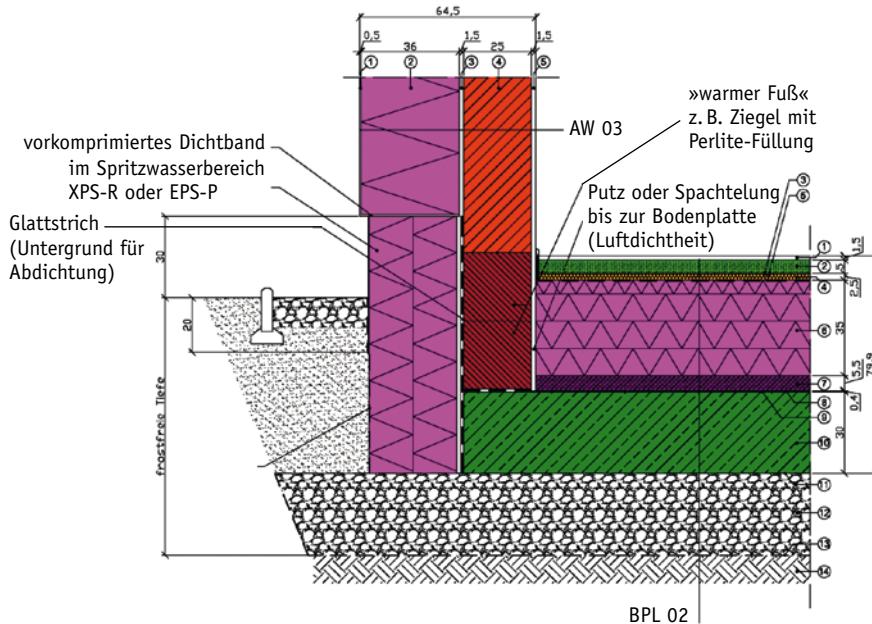


Abb. 15: Detail des Anschlusses Außenwand – Bodenplatte [Schöberl & Pöll GmbH]

Aufbauten zur Abbildung 15:

AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Deckschicht	5
2. EPS-F	360
3. Klebemörtel	15
4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis)	250
5. Innenputz	15
6.	

BPL 02 Bodenplatte B1/B2 oberseitig gedämmt (warm zu Erdreich)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	15
2. Zementestrich E 225	50
3. PE-Folie	
4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25 Dampfsperre, sd \geq 1.500m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Aluverbundfolie - PET/Alu/PET oder PET/Alu/PE)	25
5. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen)	350
6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene)	55
7. Dampfbremse, sd \geq 120m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. GV 45)	4
8. Voranstrich	
9. STB-Bodenplatte B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis)	300
10. Baupapier	
11. Rollierung (beispielhafte Dicke)	150
12. PP-Filtervlies	
13. Erdreich	
14. Erdreich	
15.	

5.5.2 Kellerdecke (Keller kalt)

Im Spritzwasserbereich ist ein geeignetes, verputzbares Dämmmaterial zu verwenden (z.B. XPS-R oder EPS-P). Im unverputzten Perimeterbereich kann XPS-G zur Anwendung kommen. Zwischen dem oberen Abschluss der Sockeldämmung und der anschließenden Außenwand-Wärmedämmung soll eine Abdichtung zur Verhinderung von kapillarer Wasserleitung aufgebracht werden. Der Außenputz ist gemäß Leitdetails der Gütekommunikation WDVS-Fachbetrieb [WDVS12] mindestens 20 cm unter angrenzendes Niveau zu führen und mit einem Abdichtungsanstrich zu versehen.

Der Innenputz stellt im Mauerwerksbau die luftdichte Ebene dar und ist darum bis zur Rohdecke auszuführen. Alternativ kann der »warmer Fuß« auch gespachtelt werden. Im Fall »Keller kalt« wird der Übergang »Kellerdeckendämmung – Außenwand-Dämmung« als »warmer Fuß« bezeichnet. Die Dampfsperre ist bis über den Estrich hochzuführen, um Trittschalldämmung und Bodenbelag optimal vor schädigender Feuchtigkeit infolge der Trocknung von Geschossdecke und gebundener Ausgleichsschüttung zu schützen, sowie auch den Diffusionsstrom in die Konstruktion über die Flanken bestmöglich zu unterbinden.

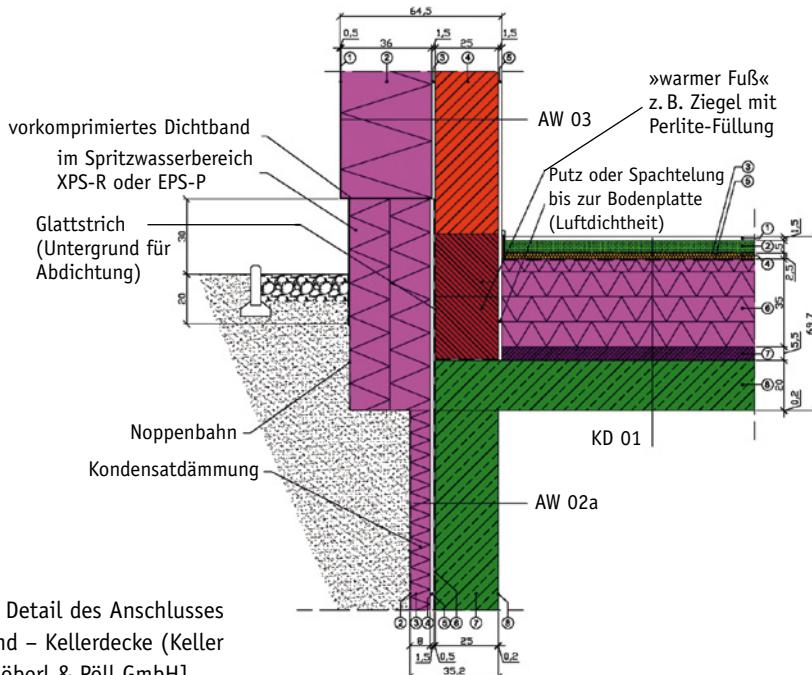


Abb. 16: Detail des Anschlusses Außenwand – Kellerdecke (Keller kalt) [Schöberl & Pöll GmbH]

Aufbauten zur Abbildung 16:

AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Deckschicht	5
2. EPS-F	360
3. Klebemörtel	15
4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis)	250
5. Innenputz	15
6.	

KD 01 Kellerdecke oberseitig gedämmt (warm zu kalt)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	15
2. Zementestrich E 225	50
3. PE-Folie	
4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25	25
Dampfsperre, sd \geq 200m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. 2xPE-Folie 5. 0,20mm)	
6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen)	350
7. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene)	55
8. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	200
9.	
10.	

AW 02a Kelleraußenwand (kalt zu Erdreich)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Erdreich	
2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht)	
3. XPS-G (Kondensatdämmung; beispielhafte Dicke)	80
4. Klebemörtel/Bitumenkleber	bis 15
5. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für "Bodenfeuchte")	5
6. Voranstrich	
7. Beton-Wand (lt. statischem Erfordernis)	250
8. Spachtelung	2

5.5.3 Kellerdecke (Keller warm)

Im Spritzwasserbereich ist ein geeignetes, verputzbares Dämmmaterial zu verwenden (z.B. XPS-R oder EPS-P). Im unverputzten Perimeterbereich kann XPS-G zur Anwendung kommen. Zwischen dem oberen Abschluss der Sockeldämmung und der anschließenden Außenwand-Wärmedämmung soll eine Abdichtung zur Verhinderung von kapillarer Wasserleitung aufgebracht werden. Der Außenputz ist gemäß Leitdetails der Gütekommunikation WDVS-Fachbetrieb [WDVS12] mindestens 20 cm unter angrenzendes Niveau zu führen und mit einem Abdichtungsanstrich zu versehen.

Der Innenputz stellt im Mauerwerksbau die luftdichte Ebene dar und ist darum bis zur Rohdecke auszuführen. Alternativ kann der »warmer Fuß« auch gespachtelt werden. Im Fall »Keller warm« wird der Übergang »Dämmung der Bodenplatte – Dämmung der erdberührten Außenwand« als »warmer Fuß« bezeichnet. Die Dampfbremse ist bis über den Estrich hochzuführen, um Trittschalldämmung und Bodenbelag optimal vor schädigender Feuchtigkeit zufolge der Trocknung von Geschossdecke und gebundener Ausgleichsschüttung zu schützen, sowie auch den Diffusionsstrom in die Konstruktion über die Flanken bestmöglich zu unterbinden.

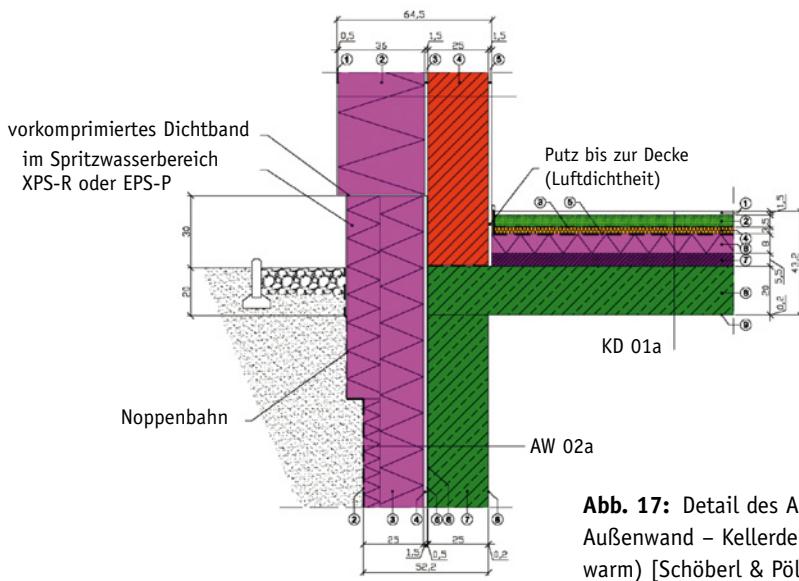


Abb. 17: Detail des Anschlusses Außenwand – Kellerdecke (Keller warm) [Schöberl & Pöll GmbH]

Aufbauten zur Abbildung 17:

AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Deckschicht	5
2. EPS-F	360
3. Klebemörtel	15
4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis)	250
5. Innenputz	15
6.	

KD 01a Kellerdecke oberseitig gedämmt (warm zu warm)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	15
2. Zementestrich E 225	50
3. PE-Folie	
4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30	30
Dampfbremse, sd \geq 120m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm)	
5. EPS-W20	80
7. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene)	55
8. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	200
9. Spachtelung	2
10.	

AW 02 Kelleraußenwand (warm zu Erdreich)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Erdreich	
2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht)	
3. XPS-G	250
4. Klebemörtel/Bitumenkleber	bis 15
5. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für "Bodenfeuchte")	5
6. Voranstrich	
7. Beton-Wand (lt. statischem Erfordernis)	250
8. Spachtelung	2

5.6 Fußpunkt des Gebäudes (»Höcker«)

Außerhalb der »warmen Hülle« liegt die »kalte« Tiefgarage oder der »kalte« Keller. Um die Wärmeverluste möglichst gering zu halten, ist eine thermische Entkopplung der Fußpunkte der tragenden Wände überall dort notwendig, wo diese auf einem kälteren Bauteil auflagern. Die thermische Entkopplung wird durch verschiedene Produkte oder durch zwei Lagen Porenbetonsteine mit einer Höhe von ca. 40 cm oder am besten durch die durchgehende Wärmedämmung erreicht. Zur Lastabtragung werden, bei thermischer Entkopplung mit Porenbetonsteinen oder durchgehender Wärmedämmung, in bestimmten Abständen »Stahlbetonhöcker« mit teilweise hohem Bewehrungsanteil angeordnet. Das heißt, das Gebäude steht auf »Ministützen«, in weiterer Folge »Stahlbetonhöcker« genannt. Die Decke der Tiefgarage ist üblicherweise mit einer 35 cm starken Dämmung belegt. Auf diese Weise kann für die Tiefgaragendecke ein Wärmedurchgangskoeffizient von $0,095 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht werden. Ohne Maßnahmen zur Wärmebrückenvermeidung wäre eine derart hohe Dämmstärke in der Fläche völlig sinnlos, da eine beträchtliche Menge der Wärmeenergie über die Wärmebrücken abfließen würde.

Je nach Gebäudehöhe, Nutzung und Bauweise sind unterschiedliche Lasten über die »Höcker« in die Kellerwände zu übertragen. Bei großen Geschosswohnbauten kann der Anteil der Höckerlängen bis über 30 % der tragenden Innen- und Außenwandlängen ausmachen. Bei diesem Anteil soll überprüft werden, ob eine Kragendämmung energetisch die bessere Lösung ist. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass ein höherer Bewehrungsgrad einer vergrößerten Höckerfläche vorzuziehen ist. Insbesondere bei größeren Gebäuden sind jedoch der Nachweis gegen Erdbebeneinwirkungen und der daraus resultierende Schub als limitierende Faktoren anzusehen. Da diese Bauteile zur Lastabtragung unerlässlich sind und massiven Einfluss auf die Stabilität des Gesamtgebäudes haben, werden hier die Wärmebrücken bewusst in Kauf genommen und durch Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen.

Die Höcker sollten als Stahlbetonhöcker ausgebildet werden (siehe auch [SCH04]). Die Herstellung erfolgt analog derer von Säulen. Die aufgefächerte Stabstahlbewehrung wird mit Bügeln zu kleinen Säulen verbunden. Die Auffächerung dient zur besseren Lasteinleitung in die »Höcker«. Bei Gebäuden mit sehr geringen Lasten, wie beispielsweise Einfamilienhäusern, kann es durchaus ausreichen nur Porenbeton oder anderer Produkte, ganz ohne »Höcker«, anzurufen. Somit verbessert sich der Wärmeschutz zusätzlich.

Die Erfassung der »Höcker« als thermische Schwachstellen erfolgt, trotz ihrer mehr oder weniger punktförmigen statischen und thermischen Wirkung, in Form von linienvörmigen Wärmebrücken. Das hat den Vorteil, dass der Einfluss direkt über den Anteil der Wandaufstandslängen in W/mK eingerechnet werden kann und nicht die Auswirkung jedes »Höckers«, abhängig von seiner tatsächlichen Geometrie einzeln ermittelt werden muss.

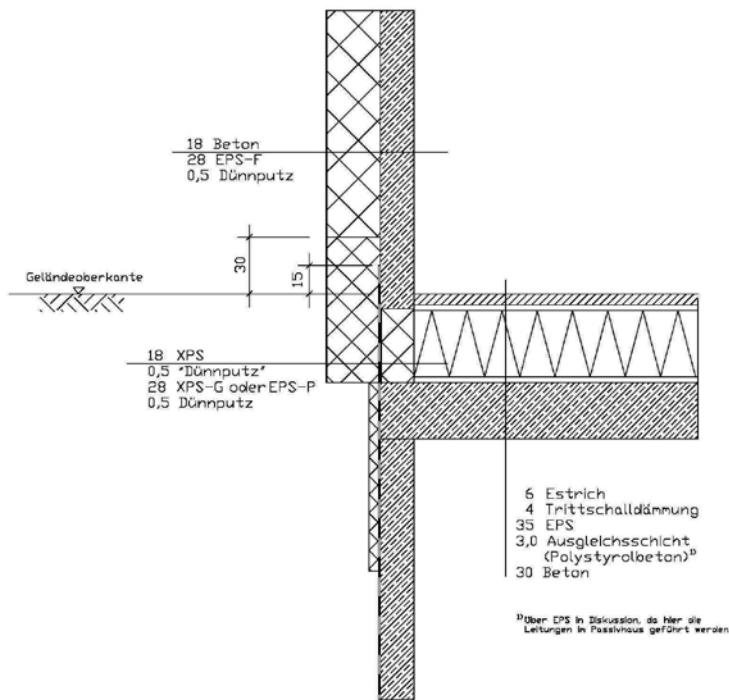


Abb. 18: Vertikalschnitt Sockel XPS. Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\psi = -0,026 \text{ W/mK}$ (wärmebrückenfrei). Differenz zwischen Heizwärmebedarf mit und ohne Entkoppelung durch XPS $\Delta \text{HWB} = 3,52 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ [Schöberl & Pöll GmbH]

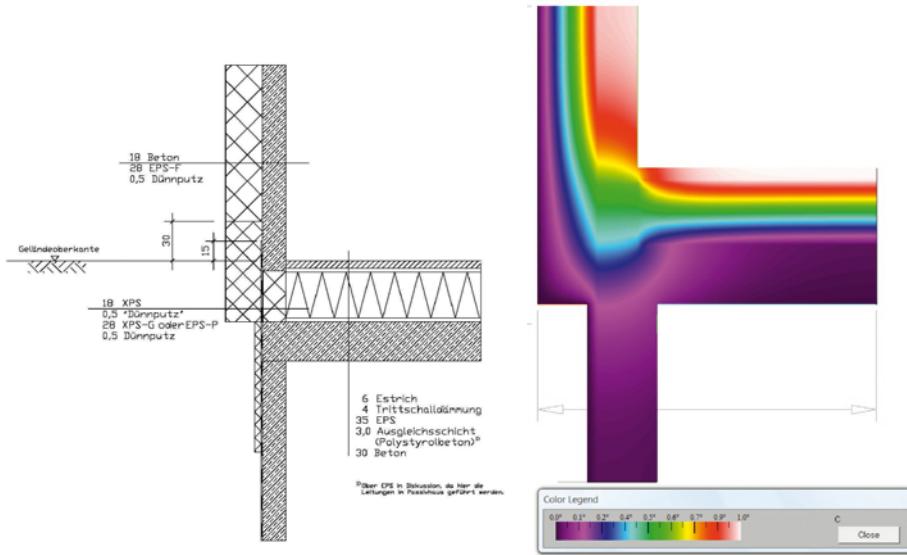


Abb. 19: Vertikalschnitt Sockel Porenbeton (links) mit Falschfarbendarstellung der Isothermen (rechts). Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\psi = 0,0001 \text{ W/mK}$ (wärmebrückenfrei). Differenz zwischen Heizwärmebedarf mit und ohne Entkoppelung durch Porenbeton $\Delta \text{HWB} = 3,36 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ [Schöberl & Pöll GmbH]

Um aufsteigender Feuchtigkeit aus dem Tiefgeschoss vorzubeugen, ist unter den Porenbetonsteinen eine Feuchtigkeitsabdichtung vorzusehen. Die äußere Feuchtigkeitsabdichtung wird über die Porenbetonebene hochgezogen. Die Überlappung dieser beiden Abdichtungen ist wünschenswert, aber praktisch schwierig ausführbar, da die Schalung durch die überstehende Folie weggedrückt werden würde.

Abbildung 20 zeigt, dass durch Auflösung der tragenden Wände zu »Höckern« mit dazwischenliegender Dämmung die Wärmebrückenfreiheit gegeben ist. Die Isothermen (Linien gleicher Temperatur) verlaufen auch im Eckbereich ohne nennenswerte Beeinträchtigung durch die Wandscheibe. Die unvermeidlichen Wärmebrücken im Bereich der »Höcker« müssen durch die thermische Qualität des Gesamtgebäudes ausgeglichen werden.

Die Abdichtung bildet im Bereich der Höcker sowie der durchgehenden Dämmung in diesem Bereich die luftdichte Ebene. Aus diesem Grund ist es auch wichtig, dass die Abdichtung bereits vor dem Luftdichtheitstest fertiggestellt sein muss. Auf der Dämmung muss als Flämmeschutz die erste Lage eine selbstklebende Abdichtungsbahn sein oder die Dämmung überspachtelt werden. Für den Luftdichtheitstest einer Musterwohnung müssen Höcker im Innenwandbereich luftdicht gespachtelt werden.

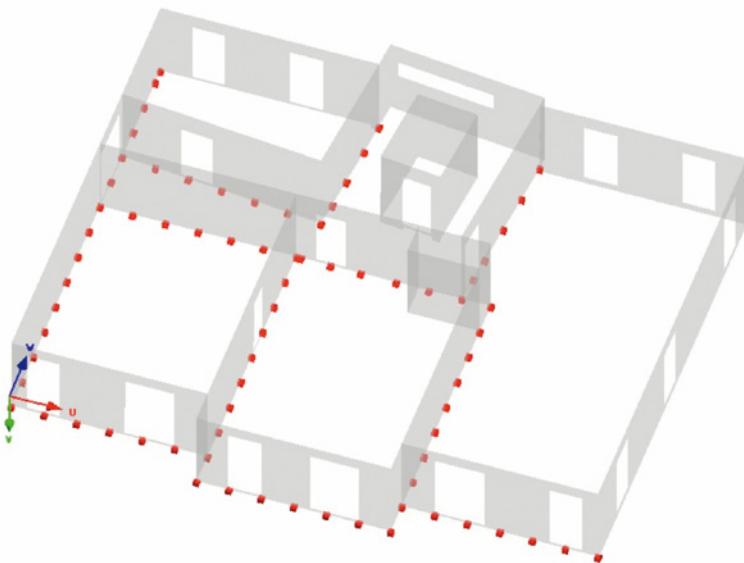


Abb. 20: Modell der Stahlbetonhöcker [Werkraum ZT GmbH]



Abb. 21: Bewehrung Stahlbetonhöcker, daneben zwei Lagen Porenbetonsteine [Schöberl & Pöll GmbH]



Abb. 22: Oberhalb der Stahlbetonhöcker und des Porenbetons wird die Wand bewehrt [Schöberl & Pöll GmbH]



Abb. 23: Oberhalb der Schwarzabdichtung der Tiefgarage sind die Stahlbetonhöcker zwischen den weißen zweilagigen Porenbetonsteinfeldern zu sehen [Schöberl & Pöll GmbH]



Abb. 24: Höcker bzw. XPS-Lage [Schöberl & Pöll GmbH]

5.7 Treppenhaus

Im herkömmlichen Wohnbau sind Treppenhäuser meist unbeheizt. Im Passivhaus sind die Treppenhäuser aus bauphysikalischen und kostenrelevanten Gründen meistens in die warme Hülle des Passivhauses integriert.

Da beim Passivhaus die Abgrenzung der thermischen Hülle vom Restgebäude von besonderer Bedeutung ist, muss diese auch in den Untergeschosse klar definiert werden.

Alle »warmen«, also direkt oder indirekt beheizten Zonen, die in die Untergeschosse reichen, sollen auch dort ein richtig durchgeplanter Teil der warmen Hülle sein. Das Extrembeispiel ist der Aufzugsschacht. Auch dieser muss, falls überhaupt innerhalb der thermischen Hülle positioniert, über seine gesamte Ausdehnung luftdicht sein und thermisch in die Gebäudehülle integriert werden.

Von besonderer Wichtigkeit ist die luftdichte Ausführung der Kellertüren in den Untergeschosse an der luftdichten Hülle und eventueller Brandrauchöffnungen an der oberen luftdichten Hülle. Hier besteht die besondere Gefahr der Ausbildung eines Kamineffekts im Treppenhaus. Diesbezüglich wird auch auf eine ausreichende Luftdichtheit der Erdgeschoss- und Dachgeschoßwohnungen zum Treppenhaus hin hingewiesen (siehe auch Kapitel 5.2 Luftdichtheit).

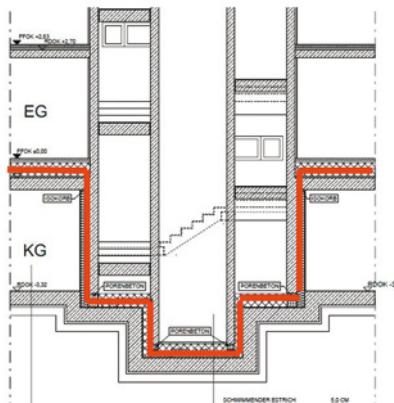


Abb. 25: Schnitt durch warme Hülle im Treppenhausbereich [Architekt Kuzmich]

Um bei dem Bauvorhaben »Uttendorfsgasse« den vorgeschriebenen barrierefreien Tiefgaragenzugang zu gewährleisten, wird der Aufzug im Treppenhaus bis auf Kellerniveau geführt. Die Wärmedämmung wird im ungedämmten Keller von der untersten Geschossdecke um das Treppenhaus geführt, um eine durchgehende warme Hülle zu erreichen.

Zwischen Tiefgarage und Treppenhaus befindet sich eine Schleuse. Sie muss mit einer ständigen Lüftung ins Freie ausgestattet sein. Wäre sie in die thermische Hülle integriert, hätte das zur Folge, dass die luftdichte Hülle durchstoßen und ein Wärmeverlust verursacht würde. Um das zu vermeiden, wird die warme Hülle, ebenso wie die luftdichte Ebene zwischen Schleuse und Treppenhaus geführt, so entsteht ein geschlossenes und luftdichtes System. Neben dem unteren Abschluss ist auch

das Dach des Treppenhauses mit der Brandrauchentlüftung besser zu dämmen als in einem Niedrigenergiehaus.

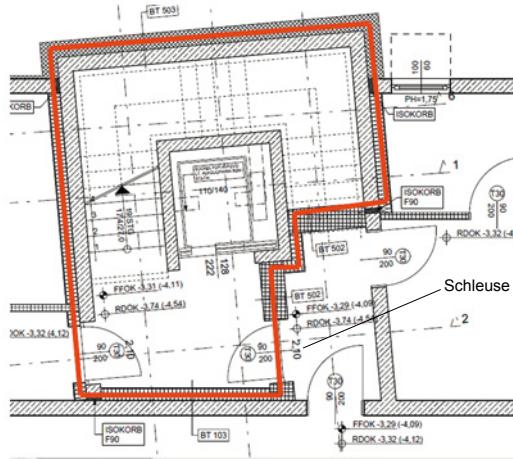


Abb. 26: Grundriss durch warme Hülle im Treppenhausbereich [Architekt Kuzmich]

Für die thermische Trennung der an das Treppenhaus anschließenden Wände und der Kellerdecke zum Treppenhaus wurden zur Reduzierung der Wärmebrücken Thermokörper mit der Brandschutzklasse F90/EI90 verwendet.

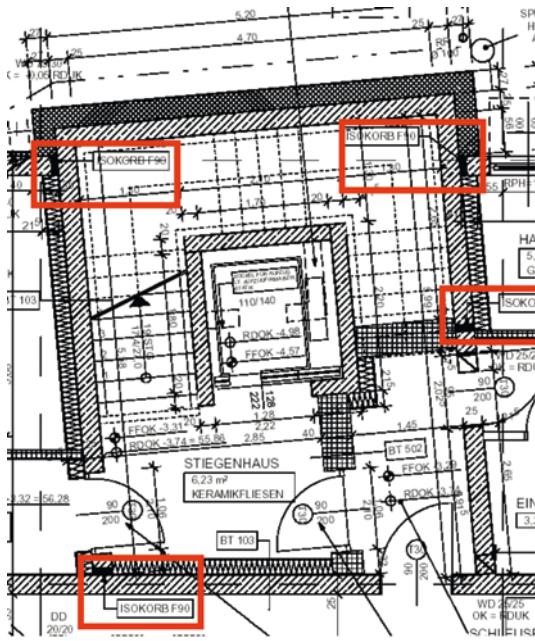


Abb. 27:
Anschlüsse an das Treppenhaus mittels Thermokörpern
[Architekt Kuzmich]

Die Abbildungen 28 und 29 zeigen den horizontalen Thermokorb im Bereich des Anschlusses der Kellerdecke an die aufgehende Treppenhauswand. Wie im Schnitt ersichtlich ist, wäre die thermische Hülle ohne Ausbildung des Thermokorbes unterbrochen.

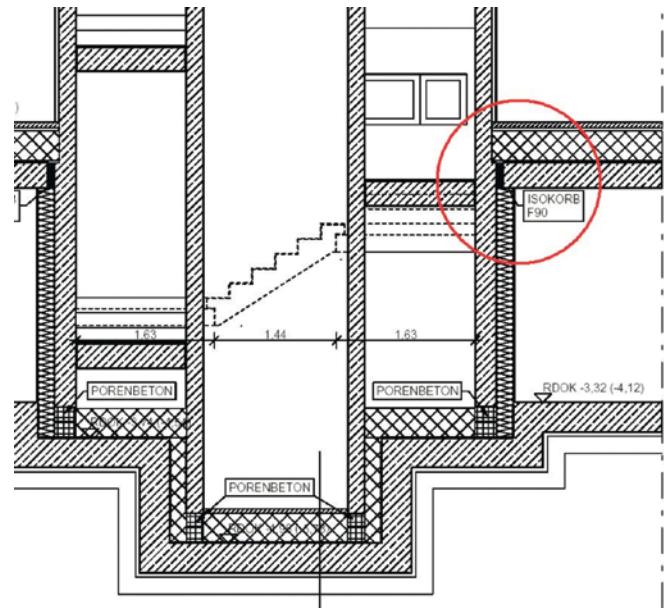


Abb. 28: »Warme Hülle« Treppenhaus Decke über Tiefgeschoss – Schnitt [Architekt Kuzmich]



Abb. 29: »Warme Hülle« Treppenhaus Decke über Tiefgeschoss – Foto [Schöberl & Pöll GmbH]

5.8 Fensteranschluss

Als passivhaustechnische Anforderungen an die Fenster wird ein U_w -Wert bis ca. $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ empfohlen. Der Nachweis hat gemäß EN ISO 10077-2 mit den Bemessungswerten aus Anhang A zu erfolgen. Außerdem ist auf wärmebrückenfreien und dauerhaft luftdichten Einbau der Fenster zu achten. Zudem müssen die Fenster geforderte und bewertete Schalldämm-Maße R_w einhalten. Zusätzlich zu dem Umstand, dass mit steigendem Wärmeschutz die Schalldämmung von Fenstern tendenziell abnimmt, kommt in der Passivhausbauweise erschwerend hinzu, dass zur Wärmebrückenreduktion der Einbau nach Möglichkeit in der Dämmebene zu erfolgen hat, was sich ebenso nachteilig auf das tatsächlich erreichbare Bau-Schalldämmmaß auswirkt. Bei dem Bauvorhaben »Utendorfgasse« mussten die Süd-, West- und Ostfenster einen verbesserten Schallschutz von 43 dB erfüllen. Diese Anforderung resultierte aus der nahe am Grundstück verlaufenden Westbahntrasse. Die Fenster wurden mit Dreifach-Verglasung und hochisolierendem Rahmen ausgeführt und in die Dämmebene gesetzt, um die Wärmebrücke minimal zu halten. Aufgrund der erhöhten Schallschutzanforderungen an die Fenster, wie auch aus Gründen der wärmetechnischen Optimierung, wurde das Leitdetail, wie in den folgenden Abbildungen ersichtlich, überarbeitet. Dabei wurden die Fensterprofile mit geringem Versatz vor der Ebene des Wandbildners angeordnet und mit einem zusätzlichen Kompriband versehen. Kontrollmessungen haben ergeben, dass die geforderten Schallschutzeigenschaften mit der gewählten Methode eingehalten werden können.

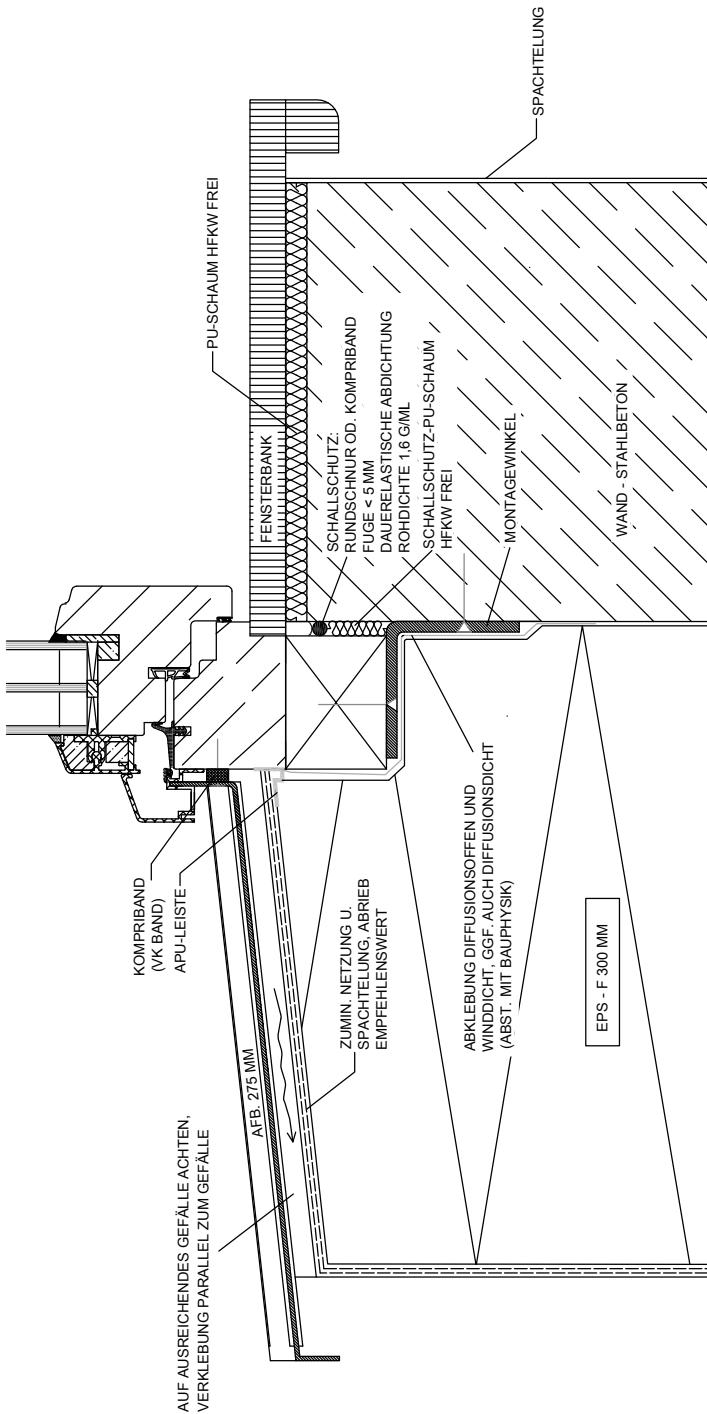


Abb. 30: Passivhaus-Fensteranschluss Vertikalschnitt [Schöberl & Pöll GmbH, Internorm International AG]

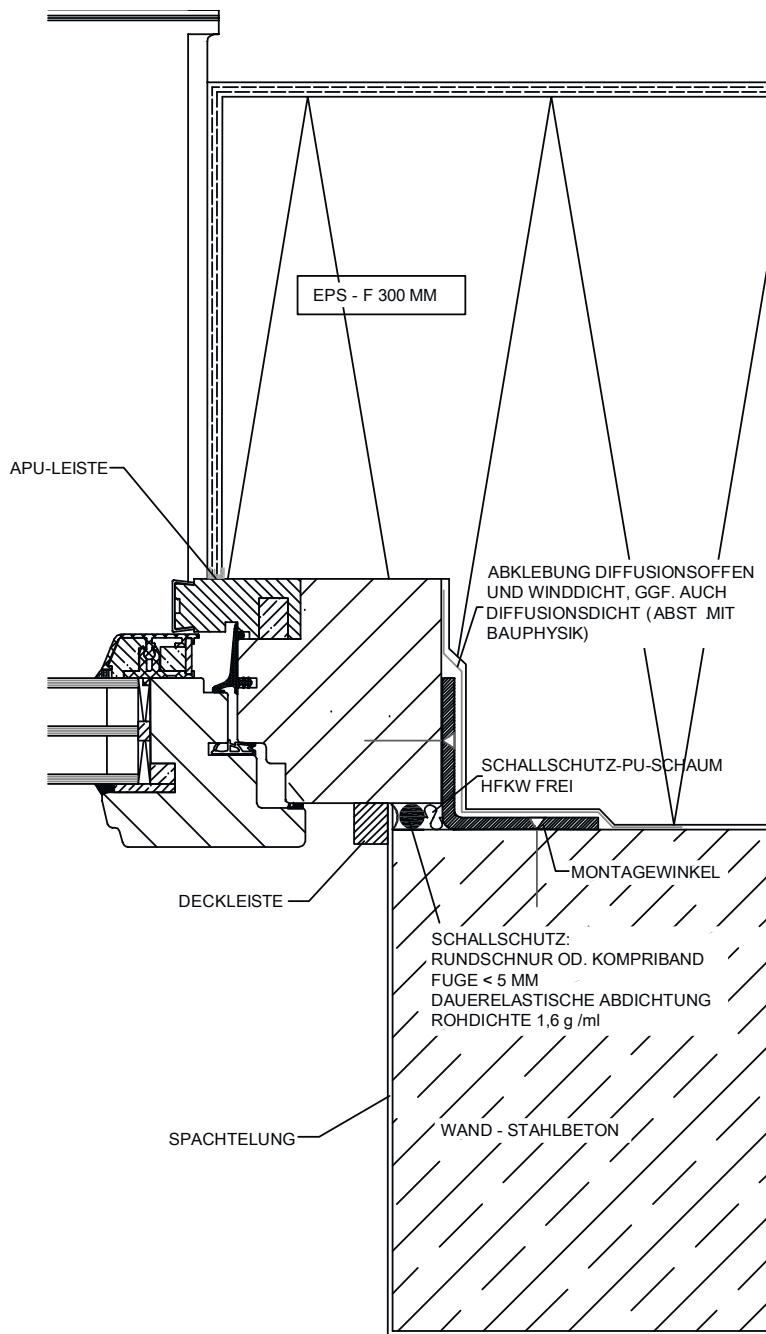


Abb. 31: Passivhaus-Fensteranschluss Horizontalschnitt. Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\Psi = 0,030 \text{ W/mK}$ (wärmeflußarm) im Vergleich zum 60er Jahre Bau mit $\Psi = 0,140 \text{ W/mK}$. Heizwärmebedarfsdifferenz $\Delta_{\text{HWB}} = 3,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ [Schöberl & Pöll GmbH]

Beim Aufbringen der Wärmedämmung im Fensterbereich ist darauf zu achten, dass die Wärmedämmung der Kontur des Fensterstocks folgt. Die entstehende Fuge zwischen Wärmedämmung und Fensterstock darf im Passivhaus 1 cm nicht überschreiten darf. Die noch verbleibende Fuge ist durch Ausschäumen zu schließen.



Abb. 32: Seitlicher Anschluss WDVS an das Passivhausfenster [Schöberl & Pöll GmbH]

Der wärmebrückennärmste und daher bauphysikalisch günstigste Fenstereinbau ist jener in der Dämmebene. Der Fensterstock wird geringfügig größer als die Rohbauöffnung hergestellt, um einen schalltechnisch korrekten Einbau gewährleisten zu können. Die Überdämmung des Fensterstocks hat ebenfalls einen hohen Einfluss auf den Wärmebrückenzuschlag für den Fenstereinbau (Ψ_{Einbau}). Es wird empfohlen, die Überdämmung so groß wie möglich auszuführen. Die dadurch verursachte höhere Laibungs-Verschattung kann ggf. durch eine Abschrägung der Dämmung kompensiert werden. Bei Holz-Alu-Fenstern hat auch die Ausbildung der Alu-Deckschale einen hohen Einfluss auf den Wärmebrückenzuschlag für den Fenstereinbau. Wird die Alu-Deckschale auch im überdämmten Bereich ausgeführt, bewirkt die sehr hohe Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums eine deutliche Verschlechterung der Einbau-Wärmebrücke. Aus diesem Grund ist es anzustreben die Alu-Deckschale nicht länger als erforderlich auszuführen, was jedoch, begründet durch den Fertigungsprozess, derzeit noch nicht von allen Fensterherstellern angeboten werden kann.

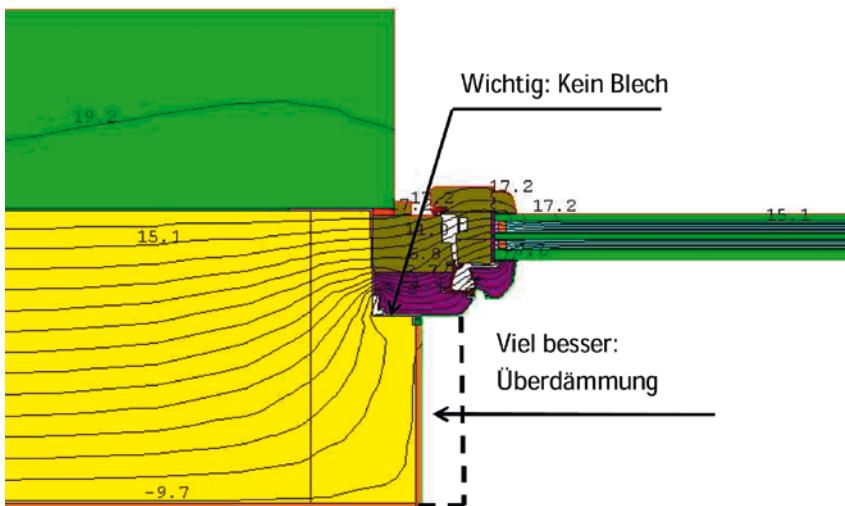


Abb. 33: Wärmebrückeberechnung seitlicher Fensteranschluss [Schöberl & Pöll GmbH]

Der luftdichte Anschluss des Fensters ist auf den Wandbildner abzustimmen:

- Im Stahlbetonbau stellt der Stahlbeton selbst die luftdichte Ebene dar. Somit erfolgt die luftdichte Abklebung üblicherweise von außen. Das Fenster wird dabei mittels Flachstahlwinkel am Stahlbeton befestigt. Es ist empfehlenswert Winkel ohne Steifen zu verwenden, da ansonsten die luftdichte Abklebung von außen nicht ordnungsgemäß möglich ist. Vor dem Abkleben ist ein Primer zur Vorbehandlung des Untergrundes (Staubbindung) aufzutragen. Nur so kann die Dauerhaftigkeit der Luftdichtheit sichergestellt werden.
- Da Mauerwerk aufgrund der notwendigen Fugen nicht als luftdicht angesehen werden kann, übernimmt in diesem Fall der Innenputz diese Funktion. Das bedeutet, es ist ein luftdichter Anschluss zwischen Fenster und Innenputz herzustellen. In diesem Fall werden üblicherweise *spezielle luftdichte Klebebänder* an der Stockaußenseite befestigt, die dann nach Einbau des Fensters an die innere Laiungsfäche geführt werden und im Zuge der Innenputzarbeiten luftdicht einzuputzen sind. Da das Klebebänder im Regelfall nicht direkt überputzt werden kann, ist in diesem Bereich ein Putzträger erforderlich. Alternativ und kostengünstiger kann eine geeignete Anputzleiste an die Stockinnenseite aufgeklebt und der Innenputz angeputzt werden. Eine weitere Möglichkeit für den inneren luftdichten Anschluss stellt der konventionelle Fenstereinbau mit Glattstrich, Rundschnur und Dichtstofffuge dar.

Bei dreifach verglasten zu öffnenden Fenstertüren müssen die Fensterbeschläge entsprechend dimensioniert sein um, aufgrund des Gewichtes der Dreischeibenverglasung, die hohen Belastungen beim Öffnen der Fenstertüren auszuhalten. In der Planung der Fenstertürbreiten sind hier die Zulassungsgrenzen der jeweiligen Fenster zu berücksichtigen.

5.9 Terrassenausgang und Hauseingang

5.9.1 Terrassenausgang

Der barrierefreie Terrassenausgang vom Wohnraum auf die Terrasse ist im Niedrigstenergie- und Passivhausbau, aufgrund der hohen Dämmstoffdicken konventioneller Produkte, ohne Rampe im Regelfall nicht möglich. Durch Verwendung von Vakuumdämmung kann ein barrierefreier Terrassenausgang möglich sein. Für Österreich ist die Gestaltung eines barrierefreien Terrassenübergangs in der ÖNORM B 7220 [ÖN002] geregelt⁶. Für Deutschland sind barrierefreie Wohnungen in der DIN 18040-2 [DIN11] geregelt. Eine Mindest-Abdichtungshochzugshöhe von ca. 0,5 cm über Niveau (Geh- oder Fahrbelag bzw. Gitterrost) ist ausreichend, wenn [ÖN002]:

- die Hochzugsbahnen mechanisch an den Untergrund (Türstock) geklemmt werden
- auf der Außenseite der Türschwelle eine Gitterrostabdeckung mit einer Breite von mindestens 20 cm und seitlichem Überstand über die lichte Weite der Türschwelle von jeweils ca. 30 cm eingebaut wird und für eine rasche Ableitung des anfallenden Niederschlages Vorsorge getroffen wird
- eine auskragende Dachkonstruktion, z. B. Glasdach, deren Auskragung für die ortsüblich zu berücksichtigenden Regenspenden so ausgelegt ist, dass bei normalen Witterungsbedingungen kein Wasseranfall, z. B. Schlagregen, im Türschwellenbereich vorkommt.

Die Abdeckung der Überdämmung des unteren Terrassentür-Abschlusses kann beispielsweise mit einem begehbar Riffelblech erfolgen. Lagert das Riffelblech auf der Abdichtungsebene, ist eine ausreichende Aufstandfläche zu gewährleisten und ggf. eine zusätzliche Schutzschicht unterzulegen. Alternativ zum dargestellten massiven Sockel ist auch eine luftdicht überklebte Stockverlängerung denkbar.

Analog dem Fenstereinbau ist auch beim unteren Terrassentür-Abschluss eine möglichst hohe Überdämmung anzustreben. Es ist besonderes Augenmerk auf den luftdichten Anschluss des Profils zu legen.

⁶ Wird vermutlich künftig in ÖNORM B 3691 [ON012] geregelt, derzeit befindet sich diese Norm im Entwurf.

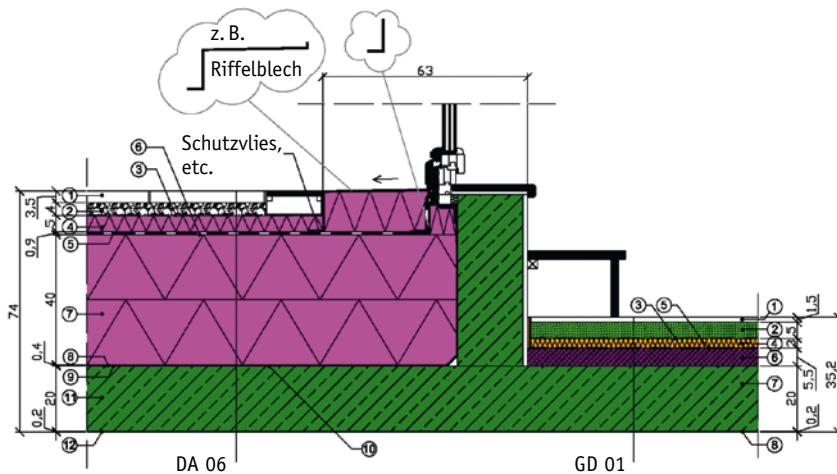


Abb. 34: Terrassentüranschluss [Schöberl & Pöll GmbH]

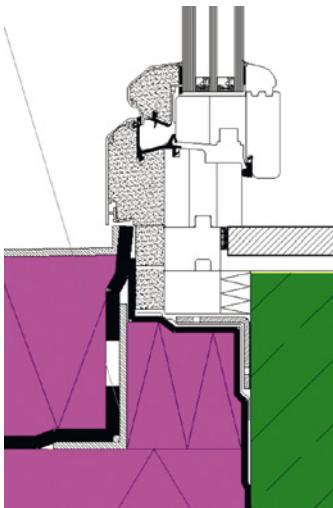


Abb. 35: Terrassentüranschluss [Schöberl & Pöll GmbH]

Aufbauten zu den Abbildungen 34 und 35:

DA 06 Terrassendach als Plusdach (warm zu Außenluft)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Beton- oder Steinplatten	35
2. Kiesbett 4/8 (oder Splitt)	40
3. Vlies	
4. XPS-G	50
F-Abdichtung 1 Lage E-KV-4 + 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für Terrassendach)	9
5. Terrassendach	
6. Dampfdruckausgleichsschicht	
7. EPS-W 25 Gefälledämmung, i.M.	400
Dampfsperre, sd \geq 1.500m, Stoße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 = Bitu-Alu-Bahn)	4
8. Ausgleichsschicht	
10. Voranstrich	
11. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	200
12. Spachtelung	2
13.	
14.	

GD 01 Geschossdecke (warm zu warm)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	15
2. Zementestrich E 225	50
3. PE-Folie	
4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30	30
Dampfbremse, sd \geq 120m, Stoße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm)	
6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene)	55
7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	200
8. Spachtelung	2
9.	
10.	

5.9.2 Hauseingang

Die praktischen und bauphysikalischen Hinweise aus dem vorigen Kapitel Terrassenausgang gelten sinngemäß auch für den Hauseingang.

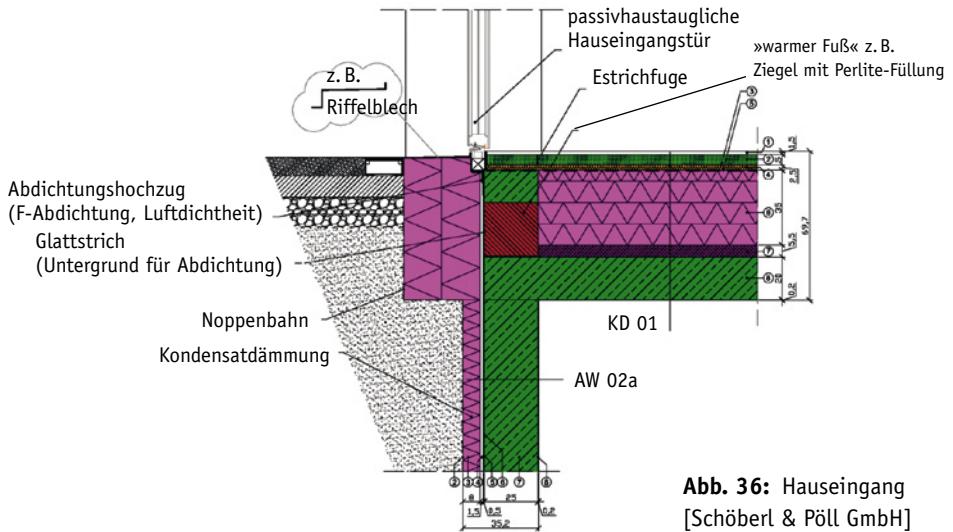


Abb. 36: Hauseingang
[Schöberl & Pöll GmbH]

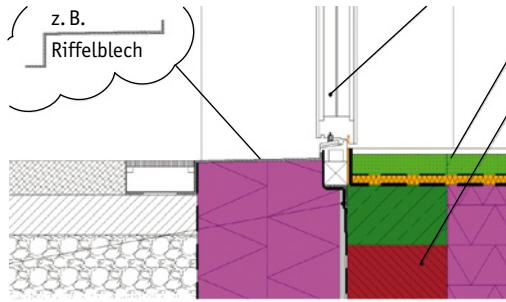


Abb. 37: Detail des
Hauseinganges [Schöberl & Pöll
GmbH]

Aufbauten zu den Abbildungen 36 und 37:

KD 01 Kellerdecke oberseitig gedämmt (warm zu kalt)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	15
2. Zementestrich E 225	50
3. PE-Folie	
4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25	25
Dampfsperre, sd \geq 200m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. 2xPE-Folie 0,20mm)	
6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen)	350
7. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene)	55
8. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	200
9.	
10.	

AW 02a Kelleraußenwand (kalt zu Erdreich)	
Schicht	Dicke [mm]
1. Erdreich	
2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht)	
3. XPS-G (Kondensatdämmung; beispielhafte Dicke)	80
4. Klebemörtel/Bitumenkleber	bis 15
5. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für "Bodenfeuchte")	5
6. Voranstrich	
7. Beton-Wand (lt. statischem Erfordernis)	250
8. Spachtelung	2

5.10 Blechanschluss

Im Blechanschlussbereich, beispielsweise im Sockelbereich oder wo die Außenwände an begehbarer Dächer, Terrassen anschließen und auch bei Aufzugsüberfahrt, ist es aus Sicht der Wärmebrückenminimierung empfehlenswert, ein Kunststoffprofil mit einem aufgeschweißten Gewebeteil als Blechanschluss zu verwenden. In dieses Profil wird dann das Blech geschoben. Durch den vorhandenen Hohlraum entsteht eine bewegliche, wasserdichte Verbindung zwischen Putz und Blech. Ausgleichsbewegungen des Bleches werden vom Profil aufgenommen und so Rissbildung im Putz verhindert. Am Ende des Kunststoffprofils befindet sich eine ausgeformte Tropfkante.

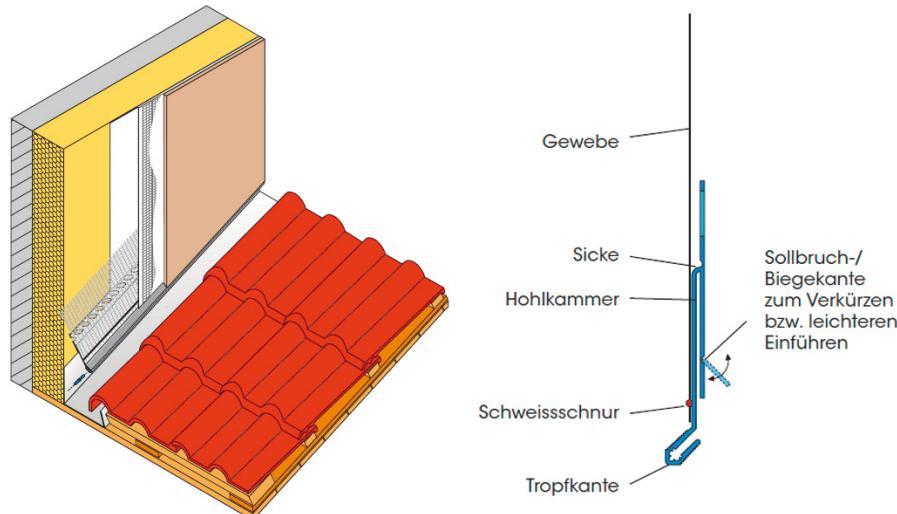


Abb. 38: Wärmebrückenfreier Blechanschluss Sockel System W45 [APU AG]

Im Passivhausbau entsteht bei Anwendung der üblichen Lösung des Blechanschlusses eine Wärmebrücke, die einen linearen Wärmedurchgangskoeffizienten (ohne den in Abb. 39 dargestellten Holzteil) von $\Psi = 0,29 \text{ W/mK}$ aufweist. Bei der Lösung mit einem Kunststoffprofil, wie es auf den sonstigen Bildern in diesem Kapitel zu sehen

ist, ist der lineare Wärmedurchgangskoeffizient $\Psi = 0 \text{ W/mK}$. Das hat eine Differenz im Heizwärmebedarf von $\Delta_{\text{HWB}} = 0,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ zufolge.

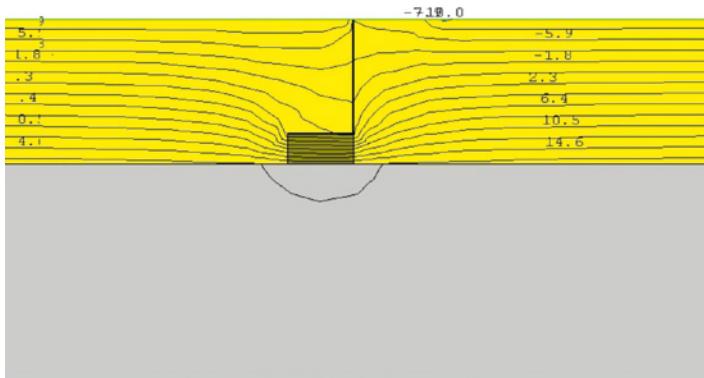


Abb. 39: Isothermen bei üblicher Lösung des Blechanschlusses in einem Wärmedämmverbundsystem [Schöberl & Pöll GmbH]

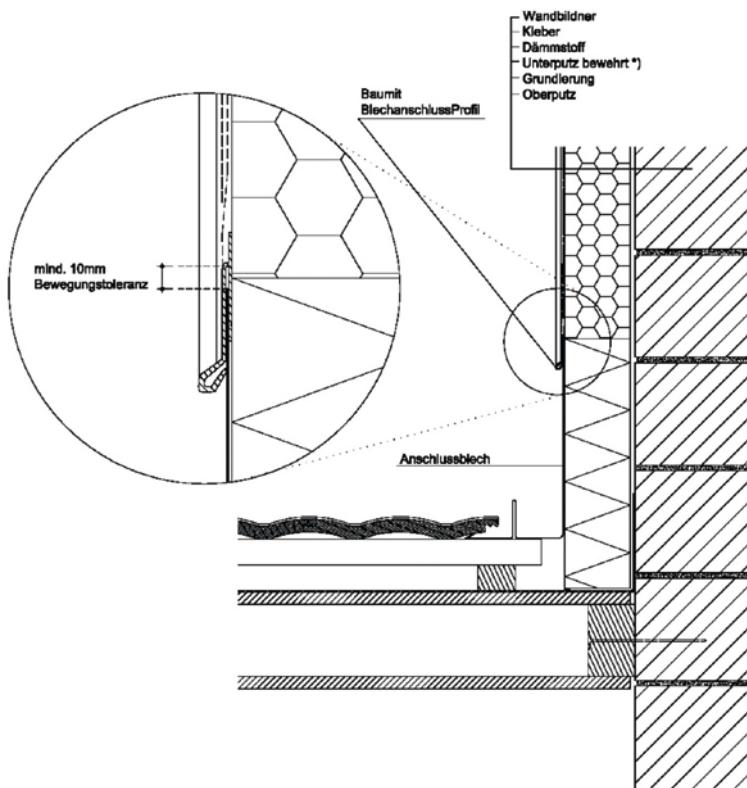


Abb. 40: Detail des wärmebrückenfreien Blechanschlusses [Baumit Baustoffe GmbH]

6 Haustechnik – ausgewählte Kapitel

6.1 Arten von Lüftungsanlagen

Zentraler Bestandteil der Haustechnik von Passivhäusern ist eine Lüftungsanlage, die oft gleichzeitig Lüftung und Heizung ist. Hauptbestandteil jeder Komfortlüftungsanlage ist ein kontrolliertes Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung, welches die Lüftungswärmeverluste minimiert und gleichzeitig für den erforderlichen hygienischen Luftwechsel sorgt.

Ob ein Passivhaus mit Zuluft oder mit Radiatoren beheizt wird, ist den Planern und den Bauträgern überlassen. Eine Beheizung mit Zuluft ist mit mehreren Herausforderungen und Schwierigkeiten verbunden. Aus diesem Grund konzentriert sich dieses Buch vor allem auf zuluftbeheizbare Passivhäuser.

Bei konventionellen wie auch bei Niedrigenergiebauten sind die erforderlichen Wärmemengen zur Aufrechterhaltung der geforderten Raumtemperaturen derartig hoch, dass eine Beheizung mit erwärmter Zuluft nicht möglich ist. In diesen Gebäuden ist eine gewöhnliche Ausführung mit dem Wärmetransportmedium Wasser und Heizkörper zur Wärmeabgabe sinnvoll. Erst durch den geringen Heizwärmebedarf und die geringe Heizlast im Passivhaus kann die Raumheizung über die Lüftungsanlage erfolgen.

Bei einem zuluftbeheizten Passivhaus bezieht das Heizregister die erforderliche Wärmemenge zur Erwärmung der Zuluft üblicherweise aus einem gewöhnlichen Heizwasserkreislauf. Der zugehörige Kessel kann aber durch den geringeren Bedarf kleiner ausgeführt werden. Für die Erhitzung des Heizungswassers kann grundsätzlich jeder Energieträger wie Fernwärme, Pellets, Gas, usw. verwendet werden. Da das Passivhaus den Gedanken des energieeffizienten Gesamtgebäudes aufgreift, wäre die Konditionierung der Zuluft mit Strom kontraproduktiv, da Strom einen sehr hohen Primärenergiefaktor aufweist und überdies die Energiekosten für Strom wesentlich höher sind als bei anderen Energieträgern. Auf Heizkörper oder Flächenheizungen kann bei einem zuluftbeheizbaren Passivhaus verzichtet werden, was die Investitionskosten verringert. Die Raumluftqualität nimmt großen Einfluss auf das Wohlbefinden, da durch eine gute Lüftung die thermische Behaglichkeit gesteigert wird. Durch die kontrollierte Lüftung wird das CO₂-Niveau in den Innenräumen niedrig gehalten und mit Filterung der Eintrag von Feinstaub und Pollen reduziert, was sich positiv auf die Gesundheit und die Produktivität eines Menschen auswirkt. Eine dauerhaft gute Raumluftqualität bzw. Frischluftzufuhr kann erfahrungsgemäß nur mechanisch gewährleistet werden. Die für das Passivhaus angestrebten Energiekennwerte sind rechnerisch nur mit Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung zu erreichen. [GRE01]

Grundsätzlich stehen für Passivhäuser im Wohnungsbau drei verschiedene Lüftungskonzepte zur Verfügung:

- Dezentrale Anlagen
- zentrale Anlagen
- semizentrale Anlagen.

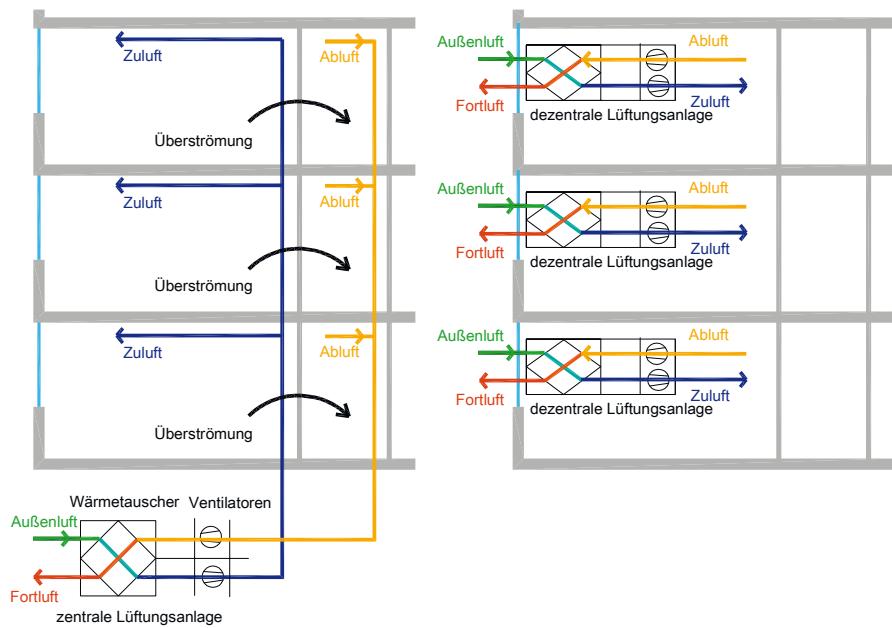


Abb. 41: Prinzipdarstellung zentral, dezentral. Darstellung auf Basis [KAP10]

Zentrale Anlagen

Bei zentralen Anlagen werden mehrere Wohneinheiten von einem gemeinsamen Wärmeüberträger inkl. der erforderlichen Frostschutzeinrichtungen und Filter versorgt. Die Luft wird über zentral angeordnete Ventilatoren gefördert. Die Regelung der Luftströme erfolgt dezentral über Volumenstromregelung, die in den Wohnungszu- und Abluftsträngen integriert sind. Die Konditionierung der Zuluft erfolgt durch Nachheizregister in jeder Wohnung. [SCH04]

Semizentrale Anlagen

Wie der Name bereits veranschaulicht, stellen semizentrale Lüftungsanlagen eine Kombination der beiden obigen Konzepte dar. Auch hier wird, wie bei zentralen Lösungen, ein gemeinsamer Wärmeüberträger für mehrere Wohnungen verwendet. Andererseits werden dezentrale Einzelventilatoren, Volumenstromregler oder Klappen zur Volumenstromregelung für jede Wohnung angeordnet, wodurch die Regelung der Luftströme ebenfalls dezentral erfolgt. Zusätzlich können jedoch auch zentrale Ventilatoren verwendet werden. Sie dienen v.a. zur Überwindung der Druckverluste bei Wärmetauscher und vorgeschalteten Filtern. Die Nachheizung der Zuluft erfolgt wieder dezentral über Nachheizregister. [SCH04] Die Schallemissionen der Einzelventilatoren sind bei der Planung zu berücksichtigen.

Dezentrale Anlagen

Grundsätzlich werden dezentrale Lüftungsanlagen vorwiegend in Einfamilien- und Reihenhäusern verwendet. Es gibt aber auch Mehrfamilien- und Geschosswohnbauten mit dezentralen Anlagen. Bei derartigen Anlagen wird jede Wohnung über einen separaten Wärmeüberträger versorgt. Immer öfter werden Passivhaus-Kompaktgeräte eingesetzt die Lüftung, Wärmerückgewinnung, Heizung, Warmwassererzeugung und Wärmepumpe in einem Gerät vereinen.

Qualitätskriterien für Lüftungsanlagen sind unter [60Q10] und [9Q10] zu finden.

6.2 Zentrale Lüftungsanlage

Im mehrgeschossigen Passivhaus-Wohnbau wird in Österreich meist das Konzept der zentralen Lüftungsanlage ausgewählt, genauer gesagt, eine zentrale Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung. In Deutschland sind dezentrale Anlagen in Passivhäusern häufiger vertreten als in Österreich. Die Zahl der geplanten zentralen und dezentralen Anlagen hält sich in etwa die Wage. In Deutschland wird im Zusammenhang mit zentralen Lüftungsanlagen manchmal vom »Wärmeklau« gesprochen. Dies bezeichnet jenen Umstand, dass warme und kühlere Abluft aus verschiedenen Wohnungen in Form einer Mischluft zum Wärmetauscher kommt, und so alle Wohnungen dieselbe Zuluft erhalten, unabhängig davon, wie warm ihre Abluft war. Dieser Umstand wird jedoch in der »Verordnung über die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten (Verordnung über Heizkostenabrechnung – HeizkostenV)« [HEI11] entkräftet, da es für Gebäude mit einem Heizwärmeverbrauch unter $15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ und für Gebäude, bei denen die Ausstattung zur Verbrauchserfassung unwirtschaftlich ist. Für die Verteilung der Wärmekosten auf die Mieter gibt es Ausnahmen.

Bei einer zentralen Anlage werden mehrere Wohnungen mit einem Wärmeüberträger versorgt. Das Lüftungssystem, bestehend aus Wärmetauscher, Filter, Zu- und Abluftventilator, Regelung und Frostschutz wird zentral angeordnet. Es kann im Keller oder Dachbereich, im Regelfall innerhalb der wärmedämmenden Hülle, aufgestellt werden. Ein Vorteil, der sich daraus ergibt, ist, dass die Geräte für Reparatur und Wartungsarbeiten für den Techniker ohne Betreten der Wohnungen zugänglich sind.

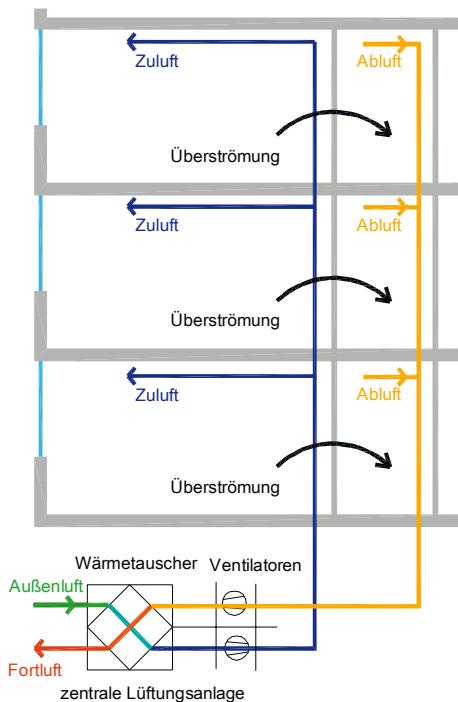


Abb. 42: Prinzipdarstellung zentral. Darstellung auf Basis [KAP10]

Die Nacherwärmung der Zuluft in den einzelnen Wohneinheiten erfolgt über Heizungswarmwasser-Nachheizregister, die in den Zwischendecken der Vorräume oder Badezimmer untergebracht sind. Die erwärmte Zuluft gelangt über das Lüftungsrohrsystem zu den einzelnen Wohn- und Schlafräumen.

Die Lüftung in jeder Wohnung kann mithilfe einer Volumenstromregelung geregelt werden. Die Bedienung der Anlage erfolgt über ein Steuergerät, welches im Wohnbereich angebracht sein sollte. Mittels Wahlschalter können verschiedene Leistungsstufen und somit Luftmengen eingestellt werden (siehe Kapitel 6.4.4.6 Regelung). Bei den zentralen Ventilatoren werden Schalldämpfer vorgesehen. Telefonieschall-dämpfer werden benötigt, um die Schallausbreitung zwischen den einzelnen Räumen zu verhindern. Im Abstellraum und im WC kann auf die Telefonieschalldämpfer verzichtet werden, wenn ein Übersprechen beispielsweise zwischen dem Abstellraum und dem WC als unkritisch betrachtet wird.

6.3 Leitungsführung

Grundsätzlich gibt es bei Wohnungen mit Lüftungsanlage zwei Raumtypen: Zulufträume, das sind Aufenthaltsräumen wie Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer, wo die frische Außenluft zugeführt wird und Ablufträume, das sind jene Räume, die spezifische Belastungsquellen darstellen, wie Bad, WC oder Küche, wo die Luft abgesaugt wird. Das Grundprinzip einer wirtschaftlichen Planung von Lüftungsanlagen ist maximal

eine Lüftungsöffnung je Raum. Das bedeutet ein Zuluftauslass je Aufenthaltsraum, ein Abluftauslass in den Sanitärräumen und Küche. Die Zu- und Abluftöffnungen sollten weit genug voneinander entfernt sein, damit keine Luft-Kurzschlüsse entstehen und die sogenannte »Totluft« (Luft mit hoher Verweilzeit im Raum) vermieden wird. Der Vorraum dient als Überstromzone zwischen den Zuluft- und Abluftzonen und enthält keinen Zu- oder Abluftauslass. Im Fachjargon wird es »Zonierung« genannt: Zuluft-, Überström- und Abluftzone. Die Einbindung des Haustechnikplaners bei Entstehung der Regelgrundrisse ist für eine wirtschaftliche Lüftungsanlage unabdingbar.



Abb. 43: Beispiel einer wirtschaftlichen Luftleitungsführung [Technisches Büro Steininger basierend auf Plänen von Architekt Kuzmich]

Bei der Fortluftausblasung und der Außenluftansaugung sollten die Hinweise der EN 13799 beachtet werden. In dieser Norm wird je nach Abluftklasse (Ablufttyp) ein bestimmter vertikaler als auch horizontaler Mindestabstand zwischen der Fortluft- und Außenluftöffnung vorgeschrieben.

6.4 Beschreibung der Bauteile der Lüftungsanlage

6.4.1 Anforderungen an die Bauteile der Lüftungsanlage

Die Anforderungen an Lüftungsanlagen, die in Passivhäusern eingesetzt werden, sind teilweise erheblich höher als die Anforderungen beim Einsatz in konventionellen Anwendungen. Nach [FEI99] müssen strenge Anforderungen an Wärmerückgewinnungssysteme und Lüftungsanlagen gestellt werden, damit die Wärmebereitstellung in Passivhäusern ohne konventionelles Heizsystem zufriedenstellend funktionieren kann. Die Anforderungen nach [FEI99] bzw. [FEI00] für Lüftungsanlagen mit geringen Luftvolumenströmen sind mit Anmerkungen wie folgt ergänzt:

- **Komfortkriterium:**

Zulufttemperatur $\geq 16,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

- **Effizienzkriterium Wärmetauscher:**

Effektiver Wärmebereitstellungsgrad $\geq 75\%$ bei balancierten Massenströmen

Erfahrungsgemäß muss der effektive Wärmebereitstellungsgrad abluftseitig bei mehrgeschossigen Wohnbauten $\geq 80\%$ liegen. Die derzeit verfügbaren Gegenstromwärmetauscher mit hohen Volumenströmen, wie sie bei zentralen Anlagen im mehrgeschossigen Wohnbau zum Einsatz kommen, enden derzeit bei einem Wärmebereitstellungsgrad von ca. 82%.

Dieser ist durch ein wärmetechnisches Gutachten nachzuweisen. Die Prüfung des Wärmebereitstellungsgrades sollte für Lüftungsgeräte in Wohngebäuden gemäß der EN 13141-7⁷ für Kompaktgeräte bzw. gemäß der EN 308 für Modulgeräte erfolgen. Alternativ kann ein Prüfzertifikat vom Passivhaus Institut Darmstadt herangezogen werden.

- **Stromeffizienzkriterium:**

Die gesamte elektrische Leistungsaufnahme des Lüftungsgeräts darf bei Standardnutzungsbedingungen $0,45 \text{ Wh/m}^3$ geförderter Luft nicht überschreiten. Als Standardnutzungsbedingungen können 70 % des Auslegungsvolumenstroms angesetzt werden. Unter Standardnutzungsbedingungen wird der Volumenstrom verstanden, mit dem die Anlage im Dauerbetrieb laufen wird.

Für Geräte mit hohen Volumenströmen, wie sie bei zentralen Anlagen im mehrgeschossigen Wohnbau zum Einsatz kommen, soll der Wert kleiner $0,40 \text{ W pro m}^3/\text{h}$ sein. Dieser Wert ist grundsätzlich leicht zu erreichen, allerdings passieren hier die meisten Schadensfälle. Die korrekte realitätsabbildende Druckverlustberechnung und die richtige Auslegung der Ventilatoren sind hier entscheidende Punkte.

- **Begrenzung von Leckagen:**

Restleckagen (intern und extern) $\leq 3\%$

⁷ Im Titel der EN 13141-7 steht, dass diese Norm für Lüftungsgeräte in Einfamilienhäusern bestimmt ist. Aus der Sicht des Autors handelt es sich hierbei um eine Fehlfestlegung, da diese Norm auch für Mehrfamilienhäuser geeignet ist. Diese Tatsache wurde in Österreich in der aktuellen ÖNORM B 8110-6 berücksichtigt.

- **Wärmedämmung des Gerätes:**

Dämmung besser als 5 W/K

- **Abgleich/Regelbarkeit:**

Zuluft- und Abluft-Massenstrom müssen bei Nennvolumenstrom ausbalanciert werden können, Regelbarkeit 3 Stufen, empfehlenswert ist auch das Vorsehen einer Aus-Stufe. Oft werden die Stufen auch als »Minimal«, »Standard«, »Party«, »Aus« bezeichnet.

- **Raumlufthygiene:**

Außenluftfilter mindestens Feinfilter F7; Abluftfilter mindestens Grobfilter G4.

- **Frostschutz:**

ohne Unterbrechung der Frischluftzufuhr bzw. ohne Balancestörung

- **Schallschutz:**

Schalldruckpegel in Wohnräumen < 25 dB(A); in Funktionsräumen < 30 dB(A); im Aufstellungsraum < 35 dB(A). Um das hohe Komfortniveau eines Passivhauses zu erhalten wird empfohlen, die Anlagengeräuschpegel insbesondere in den Wohn- und Schlafräumen so weit wie möglich bei 20 dB(A) zu halten.

Da diese Kennwerte eigentlich einer Zertifizierungsrichtlinie für Geräte mit eher geringen Luftvolumenströmen entstammen, arbeitet das Passivhaus Institut zum gegenwärtigen Zeitpunkt an einer Zertifizierungsrichtlinie für Großgeräte, wie sie üblicherweise im Geschosswohnbau eingesetzt werden. Die ersten größeren Geräte wurden vom Passivhaus Institut mittlerweile zertifiziert.

6.4.2 Hygienische Aspekte von Lüftungsanlagen

Grundlegend sind die hygienischen Anforderungen an Lüftungsanlagen in der VDI 6022 geregelt. Bauliche, technische und organisatorische Maßnahmen hinsichtlich der Planung, der Fertigung, der Ausführung, des Betriebes, der Instandhaltung, der Wartung und der Inspektion von raumlufttechnischen Anlagen mit und ohne Befeuchterkammer sind dort beschrieben. Die VDI 6022 liegt seit dem 01.04.2006 in einer Neufassung vor, die die Zurückziehung der DIN 1946 und die neue Europanorm EN 13779 berücksichtigt.

Die in der VDI 6022 geregelte Wartung lässt sich bei zentralen Anlagen wegen der besseren Zugänglichkeit der Filter für die regelmäßige visuelle Kontrolle und die Einhaltung der empfohlenen Standzeiten im Allgemeinen leichter durchführen.

Grundsätzlich sind kurze Leitungsstrecken, wenig Verzweigungen, glatte und nicht elektrostatisch aufladbare Oberflächenmaterialien für die Leitungen sowie möglichst viele Revisionsöffnungen von Vorteil. Das Eindringen von Schmutz und Staub während der Bauphase ist zu vermeiden.

6.4.3 Module der Lüftungsanlage

6.4.3.1 Wärmetauscher

Das Kernstück jeder kontrollierten Wohnraumlüftungsanlage ist ein hocheffizienter Wärmetauscher. Vom Passivhaus Institut wurden die im Kapitel 6.4.1 angeführten Mindestwerte für Wärmetauscher in Wohnungslüftungsanlagen fixiert [FEI99].

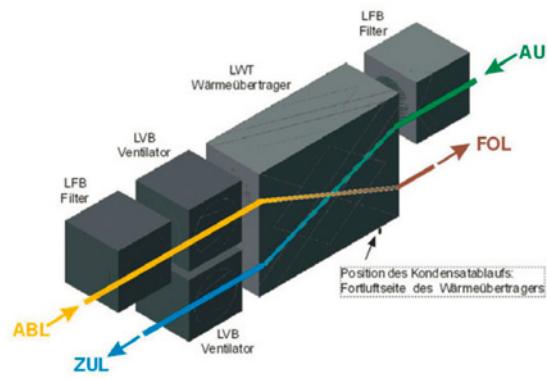


Abb. 44: Isometrie eines Gegenstrom-Plattenwärmeübertragers [Lüfta GmbH]

Die für das Passivhaus geforderten hohen Wärmerückgewinnungsgrade sind im Regel-fall nur mit einer Lüftungsanlage mit Gegenstrom-Plattenwärmetauscher erreichbar. Die Fort- und Zuluft durchströmt das Wärmetauscherplattenpaket im Gegenstromprinzip. Die Zuluft wird mit der Fortluft im Wärmetauscher vorgewärmt. Durch die Vorerwärmung im hocheffizienten Wärmetauscher hat die Zuluft meist schon 17 bis 18 °C, sodass keine Zugerscheinungen zu befürchten sind. Voraussetzung zur energetischen Ausnutzung der Wärmerückgewinnung ist jedoch eine luftdichte Gebäudehülle, damit die in der Raumluft enthaltene Energie nicht über die Fugen verloren geht.

Bei der Berechnung des Wärmerückgewinnungsgrades sind gemäß Passivhaus Institut zwecks Vergleichbarkeit folgende Eingangsparameter zu verwenden: Außenluft (-3°C und $+6^{\circ}\text{C}$; jeweils 80 % relative Luftfeuchtigkeit) und Abluft ($+21^{\circ}\text{C}$, 0–15 % relative Luftfeuchtigkeit). Die Daten eines ausgesuchten Wärmetauschers wurden wie folgt berechnet:

	Haus 1		Haus 2+3	
	*	**	*	**
Nennluftvolumenstrom [m^3/h]	1.085	1.085	1.015	1.015
Außenlufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	-3,0	6,0	-3,0	6,0
Ablufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	21,0	21,0	21,0	21,0
Zulufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	16,3	18,1	16,4	18,2
Fortlufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	1,8	9,0	1,7	8,9
Wärmebereitstellungsgrad trocken [%]	80,4	80,7	80,8	81,3

Tabelle 5: Beispielhafte Daten eines Wärmetauschers [Lüfta GmbH]

Bei jedem Lüftungsgerät sollte ein Sommerbypass um den Wärmetauscher vorgesehen werden. Der Sommerbypass ermöglicht, dass kältere Außenluft (vor allem in der Nachphase) die Wohnungen möglichst unverändert erreicht und so zum angenehmen Temperaturniveau in den Wohnungen beiträgt. Bei hohen Außenlufttemperaturen (höher als Raumtemperatur) ist wiederum der Einsatz des Wärmetauschers statt dem Sommerbypass von Vorteil, denn dadurch werden die hohen sommerlichen Temperaturspitzen gemildert.

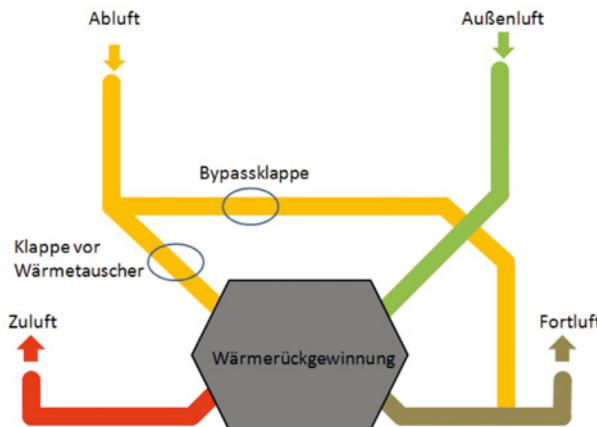


Abb. 45: Prinzipdarstellung: Wärmetauscher mit Bypassklappe, Grafik auf Basis von [HUB06]

Im Folgenden wird die Temperaturregelung, wann der Sommerbypass eingeschaltet werden soll, detaillierter betrachtet. Für die untenstehende Betrachtung wurde der Abluftventilator hinter dem Wärmetauscher (saugend) angenommen. Die von diesem abgegebene Wärme ist somit für die weitere Betrachtung ohne Bedeutung (bei umgekehrter Reihenfolge des Ventilators müsste die Temperaturerhöhung zufolge des Ventilators berücksichtigt werden). Etwaige Temperaturänderungen des Abluftvolumenstroms infolge von Wärmeverlusten im Kanalnetz werden nicht berücksichtigt.

Regelungsschema (gilt bei saugendem Zu- und Abluftventilator):

Tagesmittel $T_{\text{außen}} > 19^{\circ}\text{C}$ dann Kühlbetrieb (Sommerfall) wie folgt:

Wenn $T_{\text{außen}} + \Delta T$ Zuluftventilator $> T_{\text{Abluft}}$ (=Raumluft) dann Wärmetauscher

Wenn $T_{\text{außen}} + \Delta T$ Zuluftventilator $< T_{\text{Abluft}}$ (=Raumluft) dann Bypass

Tagesmittel $T_{\text{außen}} < 19^{\circ}\text{C}$ dann Heizbetrieb (Winterfall) wie folgt:

Wenn $T_{\text{außen}} + \Delta T$ Zuluftventilator $< T_{\text{Abluft}}$ (=Raumluft) dann Wärmetauscher

Wenn $T_{\text{außen}} + \Delta T$ Zuluftventilator $> T_{\text{Abluft}}$ (=Raumluft) dann Bypass

6.4.3.2 Ventilatoren

Eine der Vorgaben für Passivhäuser ist, dass der elektrische Energiebedarf für große Lüftungszentralgeräte mit Wärmerückgewinnung eine Grenze von $0,40 \text{ Wh/m}^3$ und bei kleinen Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung von $0,45 \text{ Wh/m}^3$ bei Standardbedingungen nicht überschreiten soll. Die Berechnung der Elektroeffizienz der Lüftungsanlage muss mit den tatsächlich berechneten Druckverlusten erfolgen. Es wird darauf hingewiesen, dass sich die Berechnung der Elektro-Effizienz auf den Zu- bzw. Abluftvolumenstrom und NICHT auf die Summe der beiden Volumenströme bezieht.

$$P_{\text{SFP}} = \frac{P}{q_v} = \frac{\Delta p}{\eta_{\text{tot}}}$$

Spezifische Ventilatorleistung

Abb. 46: Berechnung spezifische Ventilatorleistung [KAP10]

P_{SFP} spezifische Ventilatorleistung [$\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$]

P elektrische Wirkleistung des Ventilatormotors [W]

q_v Nennvolumenstrom durch den Ventilator [m^3/h]

Δp Gesamtdruckerhöhung des Ventilators [Pa]

η_{tot} Gesamtwirkungsgrad von Ventilator, Motor, Antrieb, ... [-]

Das Lüftungsleitungsnetz ist so auszulegen, dass die Pressung in einem passivhaustauglichen Bereich liegt und Ventilatoren mit sehr gutem Wirkungsgrad zum Einsatz kommen.

Wie im vorigen Kapitel bereits angeführt, sind bei den Zentraleinheiten mit Wärmerückgewinnung die Zu- und Abluftventilatoren in der Zentraleinheit bereits enthalten. Ein Großteil der Geräte, insbesondere jene, die passivhaustauglich angeboten werden, sind mit elektronisch kommutierten⁸ Gleichstromventilatoren ausgestattet bzw. ist eine derartige Ausstattung auf Wunsch möglich.

Diese zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad, geringe Laufgeräusche, eine hohe Lebensdauer und Wartungsfreiheit aus.

⁸ Kommutiert bedeutet, dass die Stromrichtung gewechselt wird

6.4.3.3 Luftfilter

Vor dem Wärmetauscher der Zentraleinheit sind sowohl auf der Außenluftseite als auch auf der Abluftseite Filter vorgesehen. Diese Filter haben einerseits die Aufgabe, den Wärmetauscher und andere Einbauten der Lüftungsanlage vor Verschmutzungen zu schützen, andererseits dient der Filter im Außenluftkanal auch zur Reinigung der Zuluft. Der Filter im Außenluftstrom, im Regelfall ein F7, wird vor dem Frostschutzregister angeordnet, um ein Verschmutzen des Registers zu verhindern. Der Filter im Abluftkanal im Regelfall ein G4 kann gegebenenfalls auch vor dem Abluftventilator montiert werden, um so auch diesen gegen Verschmutzung zu schützen. Von [KEU97] werden auf der Außenluftseite grundsätzlich zwei Filterstufen empfohlen, wobei in der ersten Stufe mindestens ein Filter Klasse F5, wenn möglich F7 und in der zweiten Filterstufe ein Filter, mindestens F7, wenn möglich F9, eingesetzt werden sollen. Der Nachteil dieser zweistufigen Filterung ist der erhöhte Druckverlust und dadurch ein erhöhter Stromverbrauch.

Filter sind mit unterschiedlichen Abscheidegraden erhältlich. Die Einteilung der Filter in verschiedene Filterklassen erfolgt gemäß EN 779 in Abhängigkeit der Abscheidegrade bei verschiedenen Partikelgrößen.

Abscheidegrade in %							
Filterklasse	Partikelgröße (μm)						
	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10
G1	–	–	–	–	0–5	5–15	40–50
G2	–	–	–	0–5	5–15	15–35	50–70
G3	–	–	0–5	5–15	15–35	35–70	70–85
G4	–	0–5	5–15	15–35	30–55	60–90	85–98
F5	0–5	5–15	15–30	30–50	70–90	90–99	> 98
F6	5–15	10–25	20–40	50–65	85–95	95–99	> 99
F7	25–35	45–60	60–75	85–95	> 98	> 99	> 99
F8	35–45	65–75	80–90	95–98	> 99	> 99	> 99
F9	45–60	75–85	90–95	> 98	> 99	> 99	> 99

Tabelle 6: Abscheidegrade nach Partikelgröße und Filterklasse – Filter in unbestaubtem, sauberen Zustand [EN 779]

Bei entsprechender Filterqualität kann eine nahezu staubfreie und auch pollenfreie Zuluftqualität erreicht werden. Werden Filter der Klasse F9 statt den oftmals verwendeten Filtern der Klasse F7 verwendet, kann ein hygienisches Problem in der Anlage bei ordnungsgemäßer Errichtung nahezu ausgeschlossen werden. Es treten jedoch höhere Druckverluste auf, was leistungsfähigere Ventilatoren und einen erhöhten Primärenergiebedarf zur Folge hat.

Bei der Dimensionierung der Filterfläche müssen die Standzeit (Wartungsintervalle) und der Druckverlust besonders berücksichtigt werden. Beide Punkte sprechen für den Einsatz von hochqualitativen Filtern mit geringem Anfangs- und Enddruckverlust und dadurch geringerem Stromverbrauch, wobei in Bezug auf die Standzeiten/Wartungsintervalle die VDI 6022 berücksichtigt werden muss.

Die Filter müssen anlagen- und regelungstechnisch abgesichert werden, so dass die relative Feuchte an den Filtern den Wert von 90 % nicht überschreitet. An Außenluftfiltern darf, abweichend von obigen Festlegungen, innerhalb von drei Tagen die durchschnittliche relative Luftfeuchte nicht höher als bei 80 % sein. [VDI02] Um dies zu erreichen, kann das Frostschutzregister vor der Außenluftseitigen Filterstufe angebracht werden. Es bedarf dann einer regelmäßigen Reinigung, weil es nicht mehr von einem Filter geschützt ist. Eine andere Möglichkeit besteht in der Rezirkulation von Zuluft nach dem Stützventilator mit dem Nachteil, dass während der Rezirkulation Gerüche in die Zuluft übertragen werden können.

Ebenfalls von Bedeutung sind die Filterstandzeit/Wartungsintervalle, da es mit zunehmender Filterstandzeit zu einer Anreicherung von Endotoxinen auf den Filtern der ersten Filterstufe infolge von Abscheidung und dem Zerfall von Endotoxinen bildenden Bakterien auf den Filtern kommen kann. Um eine Belastung der Luft durch die Freisetzung der auf Filtern akkumulierten Endotoxine zu vermeiden, müssen die Filter daher in regelmäßigen Abständen (unabhängig vom Verschmutzungsgrad) ausgewechselt werden (ein Jahr bei der ersten Filterstufe bzw. zwei Jahre bei der zweiten Filterstufe). [MÖR01] Im Regelfall werden die Filter aufgrund des Verschmutzungsgrades im verbauten, normal belasteten Gebiet, jedes halbe Jahr gewechselt.

6.4.3.4 Frostschutzregister

Das Heizregister in der Zentraleinheit dient ausschließlich als Frostschutz für den Wärmetauscher. Diese Frostschutzsicherung ist notwendig, da aufgrund der hohen Wärmerückgewinnungsraten bei tiefen Außentemperaturen ein Vereisen des Wärmetauschers auf der Abluftseite möglich ist und dies zum Schutz des Wärmetauschers verhindert werden muss. Mit dem Vereisen muss je nach Fabrikat bei Außenlufttemperaturen unter etwa -4°C gerechnet werden. Die Regelung erfolgt über einen Temperaturfühler in der Fortluft. Das Frostschutzregister wird zwischen dem Filter im Außenluftstrang und dem Wärmetauscher angeordnet.

Als Frostschutzsicherung wird oft ein elektrisches Vorheizregister gewählt, da es eine einfache und kostengünstige Lösung darstellt. Das elektrische Vorheizregister sollte stufenlos oder zumindest in zwei Stufen regelbar sein. In der Praxis gibt es immer wieder massive Probleme mit der Einregulierung, was sehr hohe laufende Stromverbräuche zur Folge hat. Statt dem elektrischen Vorheizregister sollte ein Vorheizregister eingesetzt werden, das von einem Heizkreis versorgt wird, der mit einem entsprechenden Anteil Frostschutzmittel gefüllt ist. Der gegen Einfrieren gesicherte Heizkreis ist allerdings sowohl bei den Investitionen (Wärmetauscher, Pumpen, Glykol/Wassergemisch) als auch bei der Wartung aufwendig. Verfügt das Gebäude über

einen Fernwärmeanschluss, kann die Abwärme des Rücklaufs der Fernwärmeleitung zur Sicherung gegen Einfrieren des Wärmetauschers herangezogen werden.

Unterstützend wäre die Vorerwärmung der Außenluft über einen Erdwärmetauscher. Eine Frostfreihaltung des Wärmetauschers nur über den Erdwärmetauscher ist bei mehrgeschossigen Wohnbauten aufgrund der geringen Grundfläche zur höheren Geschossanzahl im Regelfall nicht möglich.

6.4.4 Weitere Komponenten

Weitere Bereiche, die bei der Projektierung von Passivhaus-Lüftungsanlagen besonders berücksichtigt werden müssen, sind nachfolgend beschrieben.

6.4.4.1 Nachheizung

Aufgrund der niedrigen Heizlast von Passivhäusern ($< 10 \text{ W/m}^2$) ist eine Heizwärmeversorgung durch Nacherwärmung der Zuluft ausreichend. Zur Nacherwärmung und Regelung der Zulufttemperaturen werden wohnungsweise Nachheizregister verwendet. Diese sind in den Zwischendecken der einzelnen Wohneinheiten (im Vorräum oder Badezimmer) angeordnet. Die Wärmeversorgung der Nachheizregister erfolgt mittels Heizungswarmwasser (nähtere Informationen bezüglich der Verteilverluste der Wohnungsstationen entnehmen Sie bitte dem Kapitel 6.5 Warmwasserbereitung und Verteilsystem). Bei den Nachheizregistern ist auf eine gleichmäßige Anströmung des Querschnitts zu achten, damit die planmäßige Heizleistung erreicht wird.

Wohneinheiten, die eine größere Heizlast als 10 W/m^2 gemäß PHPP besitzen, werden üblicherweise mit Heizkörper ausgestattet. Alternativ könnten die Wohneinheiten mit höheren Luftpaketen betrieben werden, sodass die größere Heizlast abgedeckt werden kann. Ein langfristiger Betrieb mit hohen Luftpaketen kann zur starken Trocknung der Raumluft führen und sollte deshalb nur in Ausnahmefällen angewendet werden.

Bei einem rein zuluftbeheizten Passivhaus muss jedenfalls die Zuluftbeheizbarkeit der einzelnen Wohneinheiten beispielsweise mittels PHPP bei 22°C (!) Raumtemperatur nachgewiesen werden. Die Erwärmung der Zuluft ist im Nachheizregister auf bis zu maximal 52°C zulässig. Höhere Temperaturen dürfen nicht erreicht werden, da sonst auf den Kanaloberflächen Staubverschwendungen (Staubpyrolyse) stattfinden können. [WIT93] Die Auslegung der Nachheizregister durch die Haustechnikplanung erfolgt nach der EN 12831. Die Heizungsanlage wird auf folgende Raumkonditionen im Winter ausgelegt:

Raumbezeichnung	Raumtemperatur Winter
Wohnzimmer	22 °C
Wohnküche	22 °C
Zimmer	22 °C
Küche	22 °C
Vorraum	20 °C
Bad	20 °C
WC	20 °C
Flur	20 °C
Abstellraum	20 °C
Treppe	15 °C

Tabelle 7: Empfohlene Auslegungsraumtemperaturen im Winter für bestimmte Raumnutzungen

Ein großer Diskussionspunkt ist das Bad. Oft wird es auf 20 °C ausgelegt, auch wenn die EN 12831 eine Temperatur von 24 °C empfiehlt. Beim Projekt »Utendorfgasse« wurde dies beispielsweise so ausgeführt. Laut einer der soziologischen Umfragen der Passivwohnhausanlage »Utendorfgasse« empfinden ca. 77 % der Bewohner die Temperatur im Bad optimal oder in Ordnung und 23 % empfinden sie als weniger gut. Eine Möglichkeit, um nicht in allen Badezimmern einen Heizkörper zu installieren, bietet das Vorsehen eines elektrischen Anschlusses für ein späteres Nachrüsten mit einem Heizstrahler. Dieser kann bei Bedarf sehr schnell die gewünschten höheren Temperaturen bedarfsgerecht erreichen und wäre mit einer kombinierten Zeitschaltuhr aufgrund der grundsätzlich geringen Aufenthaltszeiten im Bad energetisch vertretbar. Das Nachheizregister wird über eine individuelle Kombinationsregelung geregelt, bei der über einen Raumthermostat die Sollwertvorgabe für die Raumlufttemperatur an das Luftheizregister eingegeben wird. Um Fehlbedienungen bei einem zuluftbeheizten Passivhaus zu vermeiden, wird eine Kombination mit der Volumenstromregelung unbedingt empfohlen. Näheres zu diesem Thema entnehmen Sie bitte dem Kapitel 6.4.4.6 Regelung.

6.4.4.2 Raumweise Temperaturdifferenzierung

Bei den derzeit gebauten Passivhäusern ist eine Differenzierung der Temperatur in den einzelnen Räumen nicht üblich. In Passivhäusern soll raumweise die Temperatur differenziert werden können, dies ist eine häufige Forderung. Auch in der Literatur beispielsweise in [HÜB02] und [FEI04b] ist zu lesen, dass Passivhaus-Bewohner sich oft kühtere Raumtemperaturen in den Schlafzimmern als in den anderen Räumen wünschen.

In der Passivwohnhausanlage 1140 Wien Utendorfgasse wurde bei 11 Wohnungen eine raumweise Temperaturdifferenzierung eingebaut. Im Rahmen eines Forschungsprojektes [SCH10] erfolgten umfangreiche Untersuchungen zur Wirkungsweise von Heizregister-Bypässen mit Mischluftboxen und deren Auswirkung auf die Raumtemperaturen sowie die Energieeinsparung und eine Erhebung der Zufriedenheit der Bewohner der Passivwohnhausanlage Utendorfgasse.



Abb. 47: Wohnanlage Utendorfgasse – Wien
[Bruno Klomfar]

Die Raumtemperaturen im Schlafzimmer mit Heizregister-Bypass sind um 1 Kelvin kälter als ohne Heizregister-Bypass. Die Raumtemperaturen in Räumen mit Heizregister-Bypass sind höher als in Räumen, wo Fensterlüftung mit gekipptem Fenster betrieben wird. Im Fall der Fensterlüftung kühlen Räume weitestgehend unkontrolliert ab.

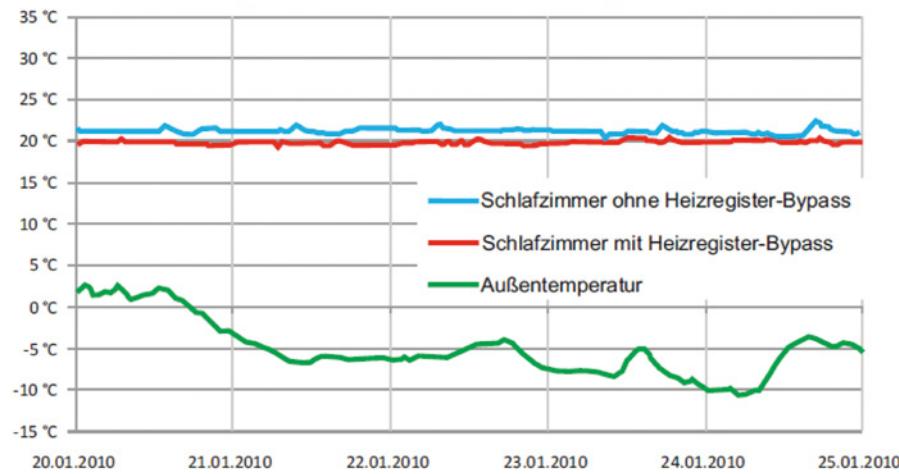


Abb. 48: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturen von zwei Schlafzimmern [SCH10]

Die Energieeinsparung zufolge der Raumtemperaturabsenkung im Schlafzimmer bei Nutzung des Heizregister-Bypasses mit Mischluftbox ist insgesamt gering. Infolge Fensterlüftung, wo realistischerweise das Fenster bei Raumtemperaturen unter 20 °C geschlossen wird, kommt es zu einer Erhöhung des Heizwärmebedarfs um 9 % für die gelüftete Wohnung zusammen mit ihren Nachbarn.

Bei der Bewohnerumfrage wurde die Frage nach der Zufriedenheit der Bewohner mit der Raumtemperatur außerhalb des Wohnzimmers untersucht (Reichweite 77 %, 30 von 39 Wohnungen). Die Umfrage ergab, dass 90 % der Befragten mit den Raumtemperaturen außerhalb des Wohnzimmers zufrieden sind, egal ob sie eine raumweise Temperaturdifferenzierung hatten oder nicht.

52,2 % der Bewohner ohne raumweise Temperaturdifferenzierung und 14,3 % der Bewohner mit raumweiser Temperaturdifferenzierung lüften im Schlafzimmer dauerhaft um die gewünschte Raumtemperatur zu erzielen.

Da 52,2 % der befragten Bewohner ohne raumweise Temperaturdifferenzierung Dauerlüften des Schlafzimmers angaben, erhöht sich der Heizwärmebedarf für das gesamte Haus um 4,7 %, wenn niemand raumweise Temperaturdifferenzierung hat.

Da 14,3 % der befragten Bewohner mit raumweiser Temperaturdifferenzierung Dauerlüften des Schlafzimmers angaben, erhöht sich der Heizwärmebedarf für das gesamte Haus um 1,3 %, wenn alle eine raumweise Temperaturdifferenzierung haben.

Der Unterschied des Heizwärmebedarfs zwischen der vollständigen Ausstattung mit raumweiser Temperaturdifferenzierung und ohne raumweise Temperaturdifferenzierung eines Passivwohnhauses beträgt 3,4 %.

Die Kosten inkl. Montage für einen Heizregister-Bypass mit Mischluftbox betrugen ca. 700 Euro pro Raum.

Aus den oben genannten Punkten können folgende Schlussfolgerungen und Ergebnisse gezogen werden:

Die Umfrage ergab, dass 90 % der Befragten mit den Raumtemperaturen außerhalb des Wohnzimmers zufrieden sind, egal ob sie eine raumweise Temperaturdifferenzierung hatten oder nicht.

Energetisch betrachtet hat eine raumweise Temperaturdifferenzierung ein ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis. Sie sollte nicht als Standardausstattung, sondern als Sonderwunsch angeboten werden.

Da diese Untersuchung an einem mit Zuluft beheizten Passivhaus erfolgt ist, wäre es empfehlenswert, eine Untersuchung bei einem über Radiatoren raumweise beheizten Passivhaus durchzuführen, bei der die Häufigkeit des Fensterlüftens und des Abdrehens von Radiatoren erhoben wird.

6.4.4.3 Brandschutztechnische Einrichtungen

Für den Brandschutz im Geschosswohnungsbau bestehen höhere Anforderungen als in Einfamilienhäusern. Falls das Haus aus brandschutztechnischer Sicht nicht als ein Hochhaus (hohe Brandschutzanforderungen) eingestuft wird und die Heizregister, Volumenstromregelung etc. in einer Zwischendecke untergebracht werden, dann ist

eine Zweiteilung der Lüftungs- und Sanitärschächte sinnvoll. Für ein 8.000 m² Mehrfamilienhaus sind folgende Abmessungen pro Wohnung notwendig:

1. Lüftung = vertikaler Brandabschnitt:

- EI90 Schachtwände
- Schachtbreite Innenlichte 90 cm
- Schachttiefe Innenlichte mindestens 30 cm mit eckigen Kanälen
- Schachttiefe Innenlichte mindestens 40 cm mit runden Kanälen

2. Sanitär = horizontaler Brandabschnitt

- Schachtbreite Innenlichte 90 cm
- Schachttiefe Innenlichte 35 cm ohne Vorsatzschale für WC-Sanitärgestell und etwaiger Wohnungsübergabestation, die gesamtaufbaumäßig mindestens 20 cm tief sind

Luftleitungen müssen mit Brandschutzklappen versehen werden, wenn diese Brandmauern oder Geschossdecken durchstoßen oder beim Übergang vom Hauptschacht in das Treppenhaus und weiter in die Wohneinheiten, soweit dies zur Vermeidung des Übergreifens eines Brandes oder der Übertragung einer sicherheitsgefährdenden Rauchentwicklung erforderlich ist. Invest- und wartungskostengünstiger sind Brandschutzmanschetten (Dämmschichtbildende Brandschutzklappen) in Kombination mit Kaltrauchklappen. Es sollte mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden, ob beim Einsatz von Brandschutzklappen auch Kaltrauchklappen notwendig sind, da diese in der Regel hohe Druckverluste verursachen.

6.4.4.4 Zu- und Abluftventile

Das Einbringen der Zuluft in das Wohnzimmer, die Schlaf- und Kinderzimmer und weiterer Aufenthaltsräume kann in Passivhäusern über Weitwurfdüsen oder andere geeignete Luftdurchlässe erfolgen. Weitwurfdüsen reduzieren die benötigte Rohrleitungslänge für die Lüftungsanlage erheblich, da diese vorwiegend in den Raumwänden zum Vorraum angeordnet werden und die Luft weiter verteilen können (siehe Kapitel 6.3 Leitungsführung).



Abb. 49: Weitwurfdüse [Schöberl & Pöll GmbH]

Die Absaugung erfolgt in Küche, Badezimmer, WC-Anlagen und unter Umständen in Abstellräumen. Vor den Tellerventilen oder im Abluftstrang werden im Regelfall Grobstaubfilter vorgesehen, was höhere Druckverluste mit höherem Stromverbrauch und die Gefahr der Nichtwartung in sich birgt, wie sie aus dem Standardwohnbau bekannt ist.



Abb. 50: Tellerventil [Schöberl & Pöll GmbH]

Durch die oben beschriebene Art der Lufteinbringung und Absaugung wird eine definierte Strömungsrichtung innerhalb der Wohnung vorgegeben (siehe Kapitel 6.3 Leitungsführung).

Die bei der Passivhaus-Wohnanlage »Utendorfgasse« durchgeführten Berauchungsversuche (siehe Abbildung 51) zur Ermittlung der Frischluftverteilung in den Wohnräumen haben Folgendes ergeben. Bei ca. 5 m Raumtiefe werden mit der Weitwurfdüse sehr gute Ergebnisse erzielt. Die mit einer dem Betriebszustand »Winter« entsprechenden Temperatur und einem dem Betriebszustand entsprechenden Volumenstrom eingeblasene Frischluft hat sich sofort entlang der Decke im gesamten Raum verteilt – auch im abgewinkelten Teil der Küche, ohne dass dort abgesaugt worden wäre – und ist dann gleichmäßig nach unten gesunken.

Wird mit kühler Luft eingeblasen, um den Betriebszustand »Sommer« zu simulieren, vermischt sich die Frischluft dagegen sofort im gesamten Raum über die ganze Raumhöhe mit der Raumluft. Ein Vorteil der Weitwurfdüsen ist außerdem, dass sie bei Bedarf ohne wesentliche Kurzschlussströmungen oberhalb der Wohnungstüren angeordnet werden können. Wird statt der Weitwurfdüse ein Lüftungsgitter verwendet, sind die Ergebnisse im Wesentlichen die gleichen, wenn auch nicht ganz so stark ausgeprägt. Die Verwendung eines Tellerventils zeigt, dass sich eine gleichmäßige Verteilung der Frischluft im gesamten Raum erst nach mehreren Minuten einstellt, das charakteristische Entlangziehen der Frischluft an der Zimmerdecke, der sogenannte Coanda-Effekt, findet nicht statt. Tellerventile sind daher nur zur Absaugung der Luft an den Abluftsträngen vorzusehen.

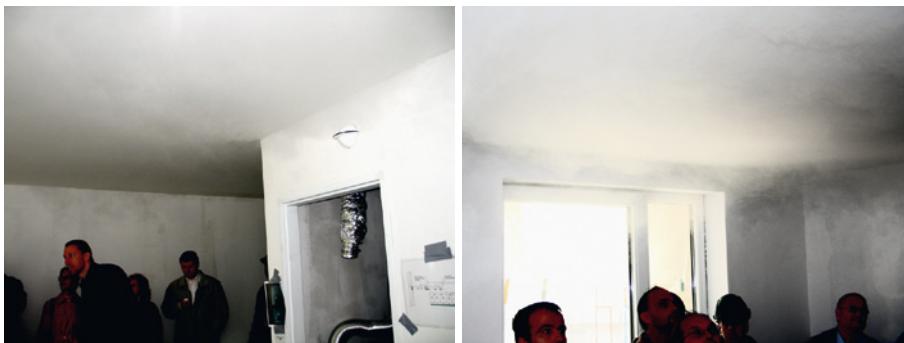


Abb. 51: Fotos Berachnungsversuche [Peter Wagner]

6.4.4.5 Überströmöffnungen

Der Transport der Luft von den Zuluftbereichen wie Wohnzimmer, Kinderzimmer, Schlafzimmer etc. in die Abluftzonen wie Badezimmer, Küche, WC etc. erfolgt über die Überströmzonen wie Vorräume etc. Hierfür müssen Überströmöffnungen wie Lüftungsgitter in den Türblättern oder Fugen zwischen Türzarge und Wand vorgesehen werden. Am kostengünstigsten sind höhere Schlitze unter den Türblättern, wo die Türblätter entsprechend der erforderlichen Größe der Überströmöffnung gekürzt werden. Die Verwendung von Schlitzen unter den Türblättern als Überströmöffnung kann problematisch sein, wenn der Querschnitt im späteren Betrieb durch Teppiche, Übertrittschienen oder Ähnliches verringert wird.

Der Druckverlust/Druckabfall in den Überströmöffnungen sollte nicht größer als 1 Pa sein. [FEI96] Falls der Druckabfall nicht bekannt ist, kann als Anhaltspunkt für die Dimensionierung bei türspaltähnlichen Öffnungen eine Luftgeschwindigkeit von maximal 1 m/s verwendet werden. Weiterhin ist bei Überströmöffnungen zu beachten, dass im Bad im Stehbereich vor Badewanne, Dusche und Waschbecken Zugluftfreiheit gewährleistet ist. Bezüglich des Schallschutzes sollten die Überströmöffnungen den Innentüren und Innenwänden entsprechen.

Die Dimensionierung der Überströmöffnungen ist durch die Haustechnikplanung vorzunehmen und im Fall von Schlitzen unter den Türblättern dem Türeneinbauer bekannt zu geben.

Durch mangelhafte bzw. nicht ausreichend große Überströmöffnungen können merkliche Druckunterschiede zwischen den Zu- und Abluftzonen entstehen. Diese Druckdifferenzen führen dazu, dass in Räumen der Zuluftzone Luft über die Gebäudehülle ausströmt und in der Abluftzone einströmt. Mangelhafte Überströmöffnungen führen also zu erhöhter In- und Exfiltration von Luftanteilen über die Gebäudehülle, die keiner Wärmerückgewinnung unterliegen. [FEI96] Durch die sehr dichten Gebäude, wie sie bei Passivhäusern entstehen, können die Druckverluste der Überströmöffnungen höher sein als in konventionellen Bauten mit Lüftungsanlagen.

6.4.4.6 Regelung

In den letzten Jahren kamen bei Passivhäusern mit Zuluftheizung getrennte Regelungsgeräte für Heizung und Lüftung zum Einsatz. Bei der Luftheizung ist die eingebrachte Wärme direkt abhängig von Luftvolumenstrom, der diese transportiert. Oft ist den Nutzern diese Abhängigkeit nicht bewusst, was zu Fehlbedienungen führt: Die Lüftung wird ausgeschaltet und der Temperaturregler auf die maximale Stufe gestellt.



Abb. 52: Thermostat und Lüftungssteuerung, getrennte Regelung [Schöberl & Pöll GmbH]

Seit einiger Zeit gibt es von verschiedenen Herstellern auch Kombigeräte, die es ermöglichen den Luftvolumenstrom und das Nachheizregister mit einem Gerät zu steuern. Vorteil dieser Lösung ist, dass es zu keiner Übersteuerung der beiden Funktionen kommen kann. Für den Einsatz in Passivhäusern ist auch der Stromverbrauch von Raumregelgeräten ein Thema.



Abb. 53: Thermostat und Lüftungssteuerung [Belimo Automation AG]

Regelgeräte müssen leicht zu bedienen und übersichtlich gestaltet sein. Fehlbedienungen wie oben beschrieben dürfen nicht möglich sein. Es muss klar ersichtlich sein, in welchem Betriebszustand sich das Gerät gerade befindet. Dafür bedarf es einer guten visuellen Erkennbarkeit und Darstellung am Gerät.

Zur komfortablen Handhabung müssen die einzelnen Stufen am Raumbediengerät beschriftet sein. Üblicherweise kann zwischen den folgenden Betriebsarten gewählt werden:

- »Min-Wert, Stufe 0« – Ausschalten der Lüftungsanlage bzw. Betrieb mit minimalem Luftvolumenstrom
- »normale Nutzung, Stufe 1« – Betrieb mit \leq ca. 0,3-fachem Luftwechsel
- »erhöhte Luftmenge, Stufe 2« – Betrieb mit ca. 0,4-fachem Luftwechsel
- »Max-Wert, Stufe 3« – Betrieb mit \geq ca. 0,6-fachem Luftwechsel

Die Benutzung der einzelnen Stufen im Winter bzw. Sommer durch die Benutzer wird wie folgt erklärt [BUW08a]:

Winterfall

Betriebsart »Min-Wert, Stufe 0«:

Bei der Stufe »0« wird der Luftvolumenstrom auf einen Minimalluftwechsel reduziert. Diese Betriebsart sollte nur bei längerer Abwesenheit (z. B. Urlaub etc.) und für die Tagstunden im Sommerbetrieb bei zusätzlicher Fensterlüftung gewählt werden.

Betriebsart »normale Nutzung, Stufe 1«:

Bei normaler Raumluftbelastung ist es im Winter und der Übergangszeit am günstigsten, die Lüftungsanlage in der Betriebsart »Stufe 1« zu betreiben. Dies gilt sowohl für die Tag- als auch die Nachtstunden.

Betriebsart »erhöhte Luftmenge«, Stufe 2«:

Bei erhöhter Raumluftbelastung (z. B. bei Besuch, etc.) und wenn die am Thermostat eingestellte Raumtemperatur mit der Betriebsart »Stufe 1« nicht erreicht wird, kann auf die Betriebsart »Stufe 2« geschaltet werden.

Betriebsart »Max-Wert, Stufe 3«:

Bei stark erhöhter Raumluftbelastung oder kurzfristig erhöhtem Luftbedarf (z. B. beim Kochen oder morgendlichen/abendlichen Lüften, etc.) kann auf die höchste Betriebsart »Stufe 3« geschaltet werden.

Sommerfall

Wichtig ist, den Benutzern klar zu machen, dass die Lüftungsanlage keine Klimaanlage ist und als solche nicht zum Kühlen (Klimatisieren) vorgesehen ist.

Betriebsart »Min-Wert, Stufe 0«:

Bei der Stufe »0« wird der Luftvolumenstrom auf einen Minimalluftwechsel reduziert. Ist die Außenluft am Tag besonders heiß, so ist es sinnvoll, die Lüftungsanlage bereits ab den Morgenstunden nur mit den eben notwendigen Luftmengen zu betreiben (auch in warmen Perioden der Übergangszeit empfehlenswert). Wird die Lüftungsanlage auf »Min-Wert« gestellt, ist, wie in jedem »konventionellen« Gebäude, der erforderliche Luftwechsel durch Fensterlüftung zu gewährleisten. Tags-

über sollte aber nur so viel gelüftet werden, wie für den hygienischen Luftwechsel unbedingt erforderlich ist. In Hitzeperioden ist es unbedingt erforderlich, die Sonneneinstrahlung durch die Fenster bewusst zu verringern (mittels außenliegendem Sonnenschutz).

Diese Betriebsart sollte auch bei längerer Abwesenheit (z.B. Urlaub etc.) gewählt werden.

Betriebsart »normale Nutzung, Stufe 1«:

Diese Betriebsart ist im Sommer nicht unbedingt zu empfehlen.

Betriebsart »erhöhte Luftmenge«, Stufe 2«:

Diese Betriebsart ist im Sommer nicht unbedingt zu empfehlen. In kurzen Zeiträumen kann die Lüftungsanlage bei leicht erhöhter Raumluftbelastung in Stufe 2 betrieben werden.

Betriebsart »Max-Wert, Stufe 3«:

Diese Betriebsart ist im Sommer nicht unbedingt zu empfehlen. In kurzen Zeiträumen kann die Lüftungsanlage bei stark erhöhter Raumluftbelastung in Stufe 3 betrieben werden.

In den Hitzeperioden kühlt es nachts häufig deutlich ab. In diesem Fall sollte die Fensterlüftung in der Nacht (ca. 20:00 bis 8:00 Uhr) erfolgen. Die Lüftung sollte auf Stufe »0« gestellt werden.

Sinnvoll ist eine Regelung der Lüftungsanlagen nach CO_2 statt der üblichen Handregelung. Durch die optimale Anpassung der Volumenströme über den Parameter » CO_2 « wird eine Stromeinsparung gegenüber der Handregelung für den Betrieb der Lüftungsanlage von ca. 30% vermutet. Im Zuge der Planung soll der Aufpreis der CO_2 -Regelung zu Handreglern gegenübergestellt werden.

6.4.4.7 Umluft-Dunstabzugshaube

Für die Küche wird eine Dunstabzugshaube vorgesehen, die nicht in das »normale« Abluftsystem eingebunden wird, sondern für einen Umluftbetrieb (mit Fett- und zusätzlichem Aktivkohlefilter als Geruchsfilter) vorgesehen ist. Die Gründe liegen einerseits darin, dass der Wärmetauscher der Wärmerückgewinnung vor den Verschmutzungen der Küchenabluft geschützt werden soll. Andererseits sind die Volumenströme von Dunstabzugshauben wesentlich höher als die Volumenströme im normalen Abluftbetrieb, wodurch die Lüftungsanlage erheblich größer dimensioniert werden müsste, wenn die Abluft der Dunstabzugshaube eingebunden werden soll.

6.4.4.8 Dimensionierung der Rohrleitungen

Aus Kostengründen werden im mehrgeschossigen Wohnbau Wickelfalzrohre für die Lüftungsleitungen verwendet. Ein Anhaltswert für die Dimensionierung der Rohre ist eine maximale Luftgeschwindigkeit in den Rohrleitungen von 3 m/s bei Nennvo-

lumenstrom, die in einzelnen Rohrabschnitten auch niedriger liegen kann. Nur bei diesen geringen Luftgeschwindigkeiten kann der für Passivhäuser geforderte geringe Stromverbrauch der Lüftungsanlagenventilatoren und ein geringer Anlagengeräuschpegel erreicht werden. Um die Druckverluste der Rohrleitungen und damit den Stromverbrauch gering zu halten, wird versucht, die Rohrleitungsführung dahin gehend zu optimieren, dass möglichst wenig Formstücke verwendet werden müssen bzw. geeignete Formteilbiegungen und Ausführungen gewählt werden.

6.4.4.9 Wärmedämmung der Rohrleitungen

Der überwiegende Teil der Luftrohrleitungen verläuft in den Haustechnikschächten bzw. in den Zwischendecken der einzelnen Wohneinheiten. Falls die Rohrleitungen durch kalte Teile des Gebäudes geführt werden, müssen diese sehr gut gedämmt werden. Die kalten Frischluft- und Fortluftleitungen innerhalb der thermischen Hülle müssen ebenfalls sehr gut gedämmt werden. Die Führung aus Lüftungszentralen in Untergeschossen durch die »warne Hülle« des Gebäudes auf das Dach ist zu vermeiden. Die dabei auftretenden großen Wärmeverluste beeinträchtigen stark den Heizwärmebedarf des Gebäudes und sind in der Berechnung zu berücksichtigen. Die kürzere Leitungsführung in die angrenzenden Außenbereiche wäre hier am besten. Alternativen zur Leitungsführung durch das Gebäude wären die Aufstellung des Lüftungsgerätes in der »warne Hülle« am Dach oder die Aufstellung für Außenaufstellung geprüfter Lüftungsgeräte (siehe nächstes Kapitel).

Nicht beheizte Gebäudeteile, wie Müllraum, Schleusen zur Tiefgarage, Tiefgarage usw., die be-/entlüftet werden, sind unabhängig von der Passivhauslüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zu belüften und nicht durch die »warne Hülle« des Gebäudes zu führen. Ist eine Führung durch die »warne Hülle« nicht vermeidbar, so sind diese Lüftungsleitungen insbesondere bei hohen Luftwechselzahlen extrem gut zu dämmen.

Die Dämmung der angeführten Lüftungsleitungen sollte aus unserer Erfahrung mindestens 20 cm betragen, besser wäre 30 cm und mehr, da wir auch die Gebäudehülle im mehrgeschossigen Wohnbau im Regelfall mit 30 cm dämmen.

Bei zuluftbeheizten Passivhäusern sollen die warmluftführenden Lüftungsleitungen nach dem Heizregister mit einer Mindestdämmung von ca. 2 cm versehen werden. Ohne Dämmung würde die Wärme z.B. an den Gang abgegeben werden, welcher üblicherweise als Überströmbereich verwendet wird, wodurch die Wärme nicht vollständig an ihren Bestimmungsort gelangt. Durch den unkontrollierten Wärmeverlust auf dem Weg zum Zuluftauslass kann dem zuluftbeheizten Raum nicht ausreichend Wärme zugeführt werden.

Bei hoher Wärmedämmung der Rohrleitungen ist auf eine möglichst wärmebrückenarme Befestigung durch entsprechend gedämmte Rohrschellen zu achten. Würden ungedämmte Rohrschellen Verwendung finden, müsste bei einem Montageabstand von 1 m ca. 1 bis 3 cm zusätzliche Dämmung aufgebracht werden, um den Wärmeverlust durch die ungedämmte Befestigung zu kompensieren.

6.4.4.10 Aufstellort der Lüftungsanlage

Bei Aufstellung des Gerätes außerhalb der »warmen Hülle« ist nach derzeitigem Wissensstand die Einhaltung des geprüften Wirkungsgrades der Wärmerückgewinnung nicht gewährleistet. Die Problematik liegt in der nicht einschätzbaren externen Leckage des Lüftungsgerätes und der damit zusammenhängenden Vermischung mit kalter Umgebungsluft. Das hat zur Folge, dass der Wärmerückgewinnungsgrad bei Außenaufstellung unter Umständen massiv einbrechen kann. Da die Geräte bei Innentemperaturen (Labortemperatur) gemessen werden, kann anhand der derzeit üblichen Prüfanordnungen keine gesicherte Aussage über die Funktionstüchtigkeit bei Außenaufstellung abgegeben werden. Trotz einzelner Hersteller, die durch Messungen im Betrieb die einwandfreie Funktion der Geräte auch bei Außenaufstellung gewährleisten, kann aus derzeitiger Sicht nur eine Aufstellung innerhalb der thermischen Gebäudehülle empfohlen werden.

6.4.4.11 Treppenhauslüftung

Um zu vermeiden, dass Bewohner, die aus ihren gut durchlüfteten Wohnungen kommen, die Luft im Treppenhaus als abgestanden empfinden [FEI02], wird für das Treppenhaus eine Minimallüftung von beispielsweise einem 0,15-fachen Luftwechsel vorgesehen. Die Lüftung des Treppenhauses ist in die zentrale Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage eingebunden, im Regelfall mit einer Zuluftöffnung im Erdgeschoss und einer Abluftöffnung im Dachgeschoss.

6.4.5 Lagerung, Einbau, Inbetriebnahme und Abnahme

Die Anlieferung, Lagerung und der Einbau bis zur regulären Inbetriebnahme der Lüftungsanlage unterliegt strengen Kriterien, um die Hygiene nach Inbetriebnahme nicht zu gefährden. Die Reinhaltung der Lüftungsanlage im Zuge des Installationsfortschrittes muss gewährleistet sein. Folgende Punkte müssen dabei jedenfalls Beachtung finden [FEI99]:

- Lagerung von Lüftungsleitungen im Gebäude immer nur unter Folienabdeckungen, damit diese nicht verschmutzen und verstauben (Abkleben oder Zustöpseln).
- Vor der Montage müssen Rohre ausgewischt werden und offene Enden bis zur Fertigstellung der Montage dicht verschlossen werden.
- Alle Kanäle müssen bei Betriebsbeginn weitgehend staubfrei sein, bei Montagepausen oder Lagerung im Freien sind diese jedenfalls mit Nylonfolie o.ä. zu verkleben.
- Nach Installation der Ventilatoren dürfen diese während der Bauphase nicht betrieben werden. Die entsprechenden elektrischen Sicherungen sind dauerhaft gegen Einschalten zu sperren.
- Während der Bauphase verschmutzte Filter sind vor der Inbetriebnahme der Anlage zu erneuern.

Folgend noch Hinweise zum Lüftungsleitungsnetz:

- Kanäle, in denen Kondenswasser auftreten kann (Außenluftkanäle, Abluftkanäle von Feuchträumen, Abzügen, Plattenwärmetauscher der Wärmerückgewinnung usw.) sind mindestens im unteren Bereich wasserdicht auszuführen und mit verschließbaren Kondenswasserablaufstutzen zu versehen.
- Die Luftdichtheit des Lüftungsleitungsnetzes muss zumindest der Klasse C gemäß EN 12237 und 1507 entsprechen.

Bei der regulären Inbetriebnahme muss die komplette Lüftungsanlage einreguliert und protokolliert werden. In der EN 12599 »Lüftung von Gebäuden. Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumlufttechnischer Anlagen« [ÖN000] werden die Prüfungen, Prüfverfahren und Messgeräte zur Feststellung der Gebrauchstauglichkeit von eingebauten raumlufttechnischen Anlagen zum Zeitpunkt der Übergabe geregelt. Gemäß Norm sind Vollständigkeitsprüfungen (Sicherstellen, dass die RLT-Anlage in völliger Übereinstimmung mit dem Vertrag eingebaut wurde), Funktionsprüfungen (Überprüfen des Anlagenbetriebs), Funktionsmessungen (Überprüfen, auf statistischer Grundlage, ob die Anlage die in der Planung ermittelten Werte erreicht) und Sondermessungen durchzuführen und einen Bericht zu verfassen. Beispielhaft sind die Einregulierung der projektierten Luftvolumenströme der Anlage und die stichprobenartige Überprüfung der eingestellten Luftvolumenströme von externer Stelle zu nennen. Darüberhinausgehend gibt es noch die Dichtheitsprüfung der Lüftungsleitung, die zum Zeitpunkt der Prüfung gemäß EN 13779 noch zugänglich sein muss. Die lüftungstechnischen Einbauten in jeder Wohneinheit müssen überprüft werden, dazu gehören das Heizregister und die Lüftungsregelung. Die Anlage darf nicht vor abgeschlossener Baureinigung in Betrieb genommen werden. Vor oder während der Abnahme müssen die Filter ersetzt werden. Alle Überprüfungen müssen vor der Übergabe erfolgen, die Verantwortung kann so bei ungenügenden Ergebnissen nicht auf die Nutzer abgewälzt werden.

6.5 Warmwasserbereitung und Verteilsystem

Im Gegensatz zum Heizwärmeverbrauch kann der Warmwasserbedarf im Passivhaus verglichen mit »Standardhäusern« nicht nennenswert reduziert werden. Reduktionen können durch den Warmwasseranschluss der Wasch- und Spülmaschine (erhöhter Warmwasser-, aber verringelter Stromverbrauch, somit auch Primärenergiebedarf) erreicht werden. Die Waschmaschine hat dann einen Kaltwasser- und Warmwasseranschluss und die geeignete Geschirrspülmaschine wird mit Warmwasser statt Kaltwasser betrieben. Weitere Reduktionen können durch die Verwendung von Wasserspararmaturen (Verringerung des Warm- und Kaltwasserverbrauchs) erreicht werden. Dabei sind folgende Obergrenzen für den Durchfluss festgelegt [KLI11]: Handwaschbeckenarmaturen max. 9 Liter/min. bzw. bei Duschköpfen max. 12 Liter/min. Diese Werte können bei optimierten Armaturen bis auf 6 Liter/min bzw. 9 Liter/min ohne Komfortverlust reduziert werden.

Zur Verteilung von Wärme und Warmwasser kommen üblicherweise zwei Systeme zum Einsatz: 2-Leiter-System oder 4-Leiter-System. Beim 2-Leiter-System wird für die Versorgung von Wärme und Warmwasser ein gemeinsames Rohrnetz bestehend aus Vor- und Rücklauf verwendet. Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral mittels Wohnungsstationen mit Plattenwärmetauschern. Zur Reduktion der Spitzenlasten wird ein Pufferspeicher angeordnet. Bei einem 4-Leiter-System wird ein separates Heizungssystem und ein separates Warmwassersystem (je mit Vor- und Rücklaufleitungen) ausgeführt. Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral im Warmwasserspeicher. Wegen geringerer Verteilverluste wird das 2-Leiter-System bevorzugt.

Bei der Leitungsführung ist zu beachten, dass die Leitungslängen außerhalb der wärmedämmten Gebäudehülle minimal sind. Besonders die wärmeführenden Leitungen außerhalb der Gebäudehülle sollten gedämmt werden. Laut [FEI04a] sind Dämmstärken bis zum 1,5 bis 2-fachen Nenndurchmesser wirtschaftlich. Innerhalb der Gebäudehülle sollte auf die Warmwasser-Verteilleitungen und die Zirkulationsleitungen geachtet werden, da deren Wärmeverluste außerhalb der Heizperiode nicht genutzt werden können. Die Wärmeverluste von Zirkulationsleitungen können reduziert werden, in dem die Nutzungszeit durch Steuerung über Zeitschaltuhr, Thermostat, Bewegungsmelder oder einen Zirkulationscontroller optimiert wird. Dadurch wird auch der Stromverbrauch der Umwälzpumpe verringert, da sie weniger im Betrieb ist. Bereits mit einer Temperaturregelung kann die Betriebszeit der Pumpe auf ca. 4,5 Std./Tag abgesenkt werden. In Passivhäusern sollten drehzahlgeregelte Pumpen verwendet werden. [FEI04a] Sollen wärmeführende Leitungen im Fußbodenaufbau der hochwärmegedämmten Kellerdecke oder Bodenplatte geführt werden, bietet es sich an, diese in die Dämmung der thermischen Hülle einzulegen. Aus der Überlegung der möglichst geringen Wärmeverluste nach außen, aber gleichzeitig vertretbarer Wärmeabgabe nach innen (Gefahr der Überhitzung außerhalb der Heizperiode) ergibt sich eine optimale Lage in der Dämmung. Berechnungen haben ergeben, dass sich das Optimum, also das Minimum der spezifischen Verlustleistung, im Bereich zwischen 30–50 % der Dämmlage befindet (Abstand von der Innenkante der Dämmung). Dabei ist zu beachten, dass jedenfalls eine Mindestüberdeckung von ca. 60 mm verbleiben sollte. Baupraktisch kann die Verlegung im Polystyrol-Dämmpaket durch Freilassen eines Hohlraums während der Verlegung und Bettung des Rohres in Mineralwolle erfolgen.

Auch hier ist durch die Verwendung hoher Wärmedämmung der Rohrleitungen auf eine möglichst wärmebrückenarme Befestigung durch entsprechend gedämmte Rohrschellen zu achten. Auch hier gilt: Würden ungedämmte Rohrschellen Verwendung finden, müsste bei einem Montageabstand von 1 m ca. 1 bis 3 cm zusätzliche Dämmung aufgebracht werden, um den Wärmeverlust durch die ungedämmte Befestigung zu kompensieren.

6.6 Abrechnung Heizkosten

Bei mehrgeschossigen Passivhäusern ist die Abrechnung der Heizkosten entweder wohnungsweise mittels Wärmezähler oder flächenbezogen möglich. Die Wärmezähler arbeiten auf dem Prinzip der Messung von Vor- und Rücklauftemperatur, sowie des Durchflusses des Heizmediums. Die Kosten inkl. Eichung pro Zähler (pro Wohneinheit) liegen derzeit zwischen 80–100 Euro (ohne USt.), davon sind ca. 30 Euro die Materialkosten und ca. 50 Euro die Eichungskosten. Für eine beispielhafte 75 m² Wohnung ergeben sich die (Investitions-)Kosten zu ca. 1,10 bis 1,30 Euro/m². Die Wärmezähler sind Messgeräte und als solche müssen sie regelmäßig von zertifizierten Prüfern geeicht werden. Die Eichgültigkeit für Wärmemengenzähler liegt in Österreich und Deutschland bei fünf Jahren. Durch die Eichung entstehen also zusätzliche Kosten von ca. 0,70 Euro/m².a.

Eine andere Möglichkeit stellt die Anmietung der Geräte dar. Laut Angebot eines Anbieters entstehen so Kosten von ca. 62 Euro/m².a pro Zähler, also pro Wohneinheit. Diese Kosten schlüsseln sich wie folgt auf: Miete pro Wärmemengenzähler: 50 Euro/m².a, inkl. Kosten für Eichung etc. und Ablesung 12 Euro/m².a. Für eine beispielhafte 75 m² Wohnung ergeben sich die Kosten zu ca. 0,80 Euro/m².a. Bei dem Angebot eines zweiten Anbieters sind die Kosten für Ablesung und Abrechnung schon in der Zählermiete von 50 Euro/m².a enthalten. Für eine beispielhafte 75 m² Wohnung ergeben sich die Kosten zu ca. 0,66 Euro/m².a. Die Bandbreite der Kosten bei Anmietung des Zählers liegt zwischen 0,66 und 0,80 Euro/m².a.

Werden diese Kosten für die wohnungsweise Ablesung den zu erwartenden Heizkosten gegenübergestellt, ergeben sich Heizkosten von ca. 0,85 Euro/m².a (= 15 kWh/(m².a) × 5,63 Cent/kWh Erdgas [EIV08]). Zählt man noch einen Zuschlag für die Verluste (zusätzlich ca. 50 %), die bei der Bereitung und Verteilung der Wärme (durch Rohrleitungsverluste, Speicherverluste etc.) auftreten hinzu, ergibt sich ein Wert von ca. 1,30 Euro/m².a.

Verglichen mit den zu erwartenden Heizkosten ist die Nutzung von Wärmemengenzählern nicht zu rechtfertigen, da so die Heizkosten um ca. 60 % ansteigen würden. Aus diesem Grund sollte eine flächenbezogene Abrechnung bei mehrgeschossigen Passivwohnhäusern diskutiert werden. Hier gäbe es einen Hauptzähler für die gesamte Wohnanlage, die Aufteilung der Heizkosten würde dann über die zu beheizte Nutzfläche erfolgen.

III Bauliche Mehrkosten

7 Grundlagen

7.1 Methode

Die Referenzgröße für die Mehrkosten ist der Niedrigenergiestandard. Die Kostenberechnung beruht auf den tatsächlichen Baukosten mit Berücksichtigung aller gewährten Nachlässe und dem Skonto. Alle Kosten sind ohne Förderungen angegeben, d. h. ohne Abzug von allfällig enthaltenen Förderungen.

Die baulichen Mehrkosten werden für die einzelnen Bauteile oder Bereiche ermittelt. Durch die Zuordnung der Mehrkosten zu den einzelnen Bauteilen oder Bereichen sind die Mehrkosten auch bauwerksübergreifend vergleichbar. Die drei größten Mehrkostenverursacher sind Lüftungsanlage, Außenwand und Fenster.

7.2 Wohnnutzfläche

Die Kosten werden auf den Quadratmeter Wohnnutzfläche bezogen. Dies hat im Vergleich zu einem Bezug auf die Bruttogeschoßfläche den Vorteil, dass die anfallenden baulichen Mehrkosten präzise miteinander verglichen werden können. Die Bruttogeschoßfläche bezieht sich auf die bebaute Fläche, vernachlässigt verschieden dicke Wände. Ein traditionelles Gebäude hat bei gleicher Bruttogeschoßfläche eine höhere Nutzfläche als ein in Passivhausbauweise errichtetes.

Bei der Ermittlung der Wohnflächen wurden die Loggien (fünfseitig umschlossen) zu 100% zur Wohnnutzfläche gezählt, die Balkone gehen nicht in die Wohnnutzfläche ein. Wohnnutzflächenverlust beispielsweise durch hohe Dämmstärken der Außenwand im Falle einer Einschränkung durch Baufluchtenlinien, wird hier nicht diskutiert. Eine flächenmäßige Abschätzung verschiedener Wandaufbauten ist an anderer Stelle bereits dokumentiert. [SCH04] Ebenso können sich Verluste bei der Wohnnutzfläche, je nach Baufluchtenlinien und zulässiger Gebäudehöhe, ergeben, da die Gebäude wegen der zusätzlichen Wärmedämmung um ca. 30 cm höher sind. Auch diese werden jedoch analog zu der Verringerung der Wohnnutzfläche, die durch die stärkere Dämmung der Außenwand entsteht außer Betracht gelassen, da es sich nicht um bauliche Mehrkosten handelt. Analog wird mit Flächenverlusten verfahren, die durch die notwendigen zusätzlichen Schächte entstehen. Der Flächengewinn durch den Entfall des Notkamins bleibt ebenso außer Acht.

7.3 Tabellarische Gegenüberstellung der Projekte

Die ermittelten Baukosten beziehen sich auf die baulichen Mehrkosten der Bauvorhaben »Utendorfgasse«, »Mühlweg« und »Dreherstraße«, die im Folgenden tabellarisch und dann tiefergehend dargestellt werden. Die Projekte »Utendorfgasse« und »Mühlweg« bestehen aus mehreren Häusern, in der Tabelle wurden im Regelfall die Mittelwerte der Häuser angegeben.

Die Projekte wurden einerseits ausgewählt, weil wir involviert waren und andererseits das Projekt »Utendorfgasse« der erste zertifizierte mehrgeschossige Passivwohnbau in Österreich war, das Projekt »Mühlweg« ein Holz- bzw. Holzmischbau ist und die »Dreherstraße« durch ihre runde Bauform geometrisch außergewöhnlich ist.

	Dreherstraße	Mühlweg [BAI07], [BAI07a]	Utendorfgasse [HEI06]
Adresse	A-1110 Wien Dreherstraße 66	A-1210 Wien Fritz-Kandl-Gasse 1	A-1140 Wien Utendorfgasse 7
Zertifizierung PHI ⁹	ja	nein	ja
Fertigstellung	09/2007	11/2006	10/2006
Konstruktion	Massivbau	Holzmassiv- Mischbauweise	Massivbau
Zahl der WE	27	70	39
Wohnnutzfläche inkl. Loggien [m ²]	2.405	6.750 ¹⁰	2.986 ¹¹
Heizwärmeverbrauch lt. PHPP [kWh/(m ² EBF.a)]	12,1	13,1	13,2
Heizlast lt. PHPP [W/m ²]	8,3	7,2	8,9
Luftdichtheit n ₅₀ [1/h]	0,13 (Messung: TU Wien)	0,31 (Messung: Holzforschung Austria)	0,23 (Messung: TU Wien)
Primärenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	110	103	111
Kompaktheit l _c = V _B /A _B [m]	3,18	2,27	2,62
Baukosten ¹² (Kostengruppe 200 bis 600 bzw. Kostenbereiche 1 bis 6) ¹³ [Euro]	2.728.373	7.159.121	3.156.980
Bauwerkskosten (Kostengruppe 200 bis 600 bzw. Kostenbereiche 2 bis 4) [Euro]	2.650.000	6.966.974	3.126.321
Baukosten pro m ² WNFL [Euro/m ² WNFL]	1.134	1.061	1.057
Bauwerkskosten pro m ² WNFL [Euro/m ² WNFL]	1.102	1.043	1.047
Mehrkosten Passivhaus [Euro/m ² WNFL]	54,82	57,35	41,31

Tabelle 8: Gegenüberstellung der untersuchten Projekte. Alle Kosten exkl. USt.
Stand 09/2007 [BAI07], [BAI07a], [HEI06]

9 Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist, Rheinstraße 44/46, D-64283 Darmstadt

10 Der eingereichte Wert für die Endabrechnung der Wohnbauförderung beträgt 6.748 m², die Berechnung der spezifischen Mehrkosten wurde jedoch mit dem angegebenen Wert von 6.750 m² Wohnnutzfläche durchgeführt.

- 11 Der Wert von 3.010 m² Wohnnutzfläche entspricht der von der Förderstelle anerkannten förderbaren Wohnnutzfläche inklusive Fertigteilzuschlag. Da dieser Wert zum Zeitpunkt der Auswertung noch nicht bekannt war, wurde die Berechnung der spezifischen Mehrkosten mit dem Wert 2.986 m² durchgeführt.
 - 12 Die angegebenen Baukosten sind tatsächliche Kosten gemäß genehmigter Abrechnung der Wohnbauförderstelle. Fördergelder wurden nicht in Abzug gebracht.
 - 13 Kostengruppe 200 bis 600 gemäß DIN 276 (200 Herrichten und Erschließen, 300 Bauwerk Baukonstruktionen, 400 Bauwerk Technische Anlagen, 500 Außenanlagen 600 Ausstattung und Kunstwerke; Kostenbereiche 1 bis 6 gemäß ÖNORM B 1801-1 (1 Aufschließung, 2 Bauwerk-Rohbau, 3 Bauwerk-Technik, 4 Bauwerk-Ausbau, 5 Einrichtung, 6 Außenanlagen)

7.4 Projektbeschreibungen

7.4.1 Utendorfgasse

Mit der »Utendorfgasse« ist österreichweit der erste zertifizierte Passivwohnbau nach Passivhaus Institut errichtet worden. Bauträger des sozialen Passivwohnbaus ist die Heimat Österreich.

Das Projekt befindet sich in Wien im Bezirk Hütteldorf. Das Grundstück hat eine Fläche von 2.608 m².



Abb. 54: Übersichtsplan Utendorfstrasse [Architekt Kuzmich]

Das Grundstück liegt mit offener Sicht auf die Lainzer Berge im Süden und wird nordseitig von der Utendorfsgasse begrenzt, westseitig von einer Blockrandbebauung der 70er Jahre; ost- und südseitig schließt die Lindheimgasse an. Auf dem Grundstück befindet sich gewachsener Baumbestand, der erhalten wurde. Im Osten liegt direkt an

der Lindheimgasse ein großer, gewachsener Park mit Kinderspielplätzen, altem Baumbestand und einem Bach. Einkaufsmöglichkeiten, Kindergärten und Schulen sind über die nördlich an der Untendorfstraße liegende Linzer Straße gut erreichbar. Der Bahnhof der Westbahn und der U-Bahn in Hütteldorf sowie die Auffahrt zur Westautobahn sind in der Nähe. Massive Lärmimmissionen kommen durch die südseitig befindliche Bahntrasse der Westbahn und der Hadikgasse, der Auffahrt zur Westautobahn.

Aufgrund der vorherrschenden Bauplatz situation und Größe des Grundstücks wird eine Vierteilung vorgenommen, welche mit drei gleichen Baukörpern und einem Kinderspielplatz belegt wird. Zwei der Baukörper schließen direkt an die westlich angrenzende Feuermauer der Nachbarhäuser an, ein Baukörper ist freistehend im nördlichen Teil des Grundstücks zu finden. Das südöstliche Viertel wird für einen Kinderspielplatz genutzt.

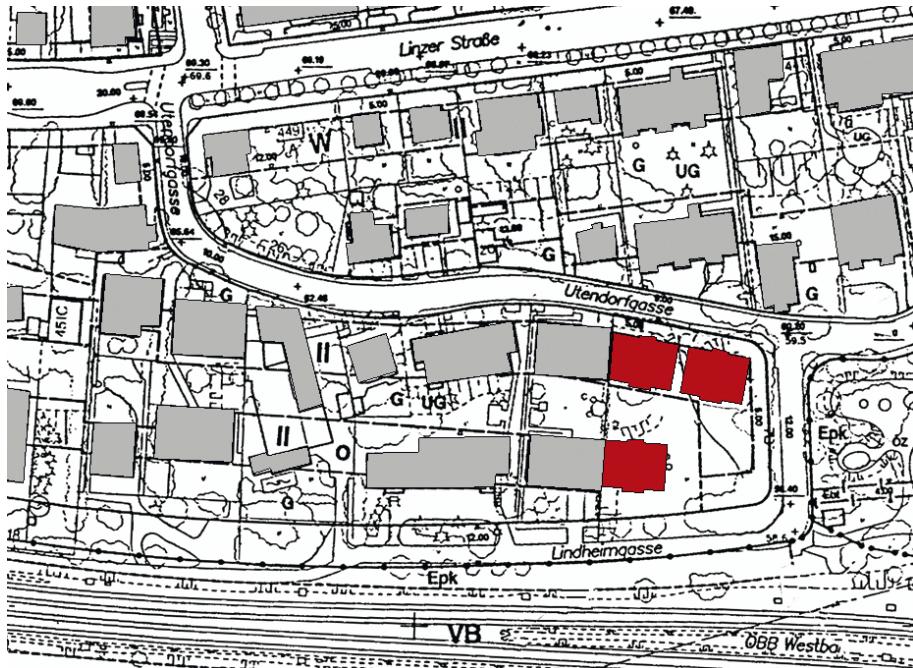


Abb. 55: Lageplan [Architekt Kuzmich]

Jeder Baukörper hat eine Länge von etwa 19 m und eine Tiefe von 15 m. Die Höhe der Baukörper ist auf 18 m beschränkt, daher sind in jedem Baukörper lediglich je ein Erdgeschoss, drei Obergeschosse und ein Dachgeschoss untergebracht. Vom Hauseingang wird jeweils das Treppenhaus mit einer Aufzugsanlage und ein ebenerdiger Kinderwagen- und Fahrradabstellraum erschlossen. Im Untergeschoss befindet sich eine Tiefgarage mit 39 PKW-Stellplätzen. Die Einfahrt in die Tiefgarage erfolgt über die Lindheimgasse. Die Wohnungen öffnen sich mit Loggien, Balkonen und Dachterrassen nach Süden mit freiem Blick auf die Lainzer Berge. Die durchschnittliche Größe der Wohnung beträgt 75 m². Die gesamte Wohnnutzfläche der 39 Wohneinheiten inklusive der Loggien beläuft sich auf 2.986 m².

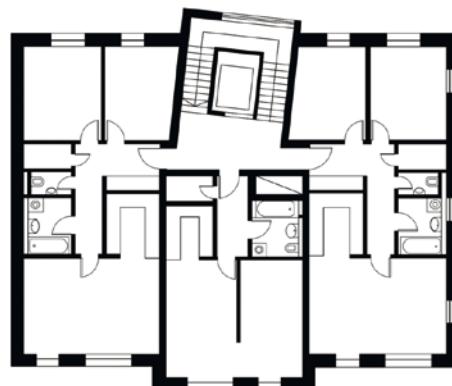


Abb. 56: Grundrissplan Regelgeschoss
Utendorfgasse [Architekt Kuzmich]

Insgesamt gibt es 12 Einheiten für 2-Personenhaushalte, 19 Einheiten für 3–4-Personenhaushalte und sieben Einheiten für 4–5-Personenhaushalte. Damit wurde die Zielgruppe der Mieter als »junge Familien mit 1–2 Kleinkindern« definiert. Die Wohnungen des Erdgeschosses bekommen zusätzlich einen südseitig gelegenen privaten Garten.



Abb. 57: Außenanlagenplan
Utendorfgasse [Architekt Kuzmich]

Die Erschließung der Baukörper erfolgt über nordseitig gelegene Treppenhäuser. Links und rechts davon sind durchgesteckte bzw. durchbindende Wohnungen angeordnet. Dadurch können drei Viertel der Wohnungen von zwei Seiten belichtet und quergelüftet werden. Zudem können die vertikalen Lüftungsleitungen, die bei einem Passivhaus verwendet werden müssen, über die Einzeltreppenhäuser geführt werden.

Das konstruktive Konzept sieht einen Scheibenbau (tragende Querwände) aus Stahlbeton vor. Es entspricht bei hoher Wirtschaftlichkeit einer hohen Nutzungsflexibilität. Die Massivbauweise bietet sich innerhalb der »warmen« Hülle zugleich als eine wirksame Speichermasse an. Aus bauphysikalischen Gründen werden bei einem Passivhaus zunächst warme und kalte Bereiche definiert, gemessen an den Bedürfnissen und Aufenthaltsorten der zukünftigen Bewohner. Die warmen Bereiche, innerhalb der

»warmen Hülle«, werden mit einer Dämmung versehen. Diese Dämmschicht ist um ein Vielfaches größer als die übliche Dämmstärke in konventionellen Bauweisen und trägt wesentlich zur Minimierung der Transmissionswärmeverluste bei. Die warme Hülle des Passivhauses beinhaltet die Wohngeschosse und das Treppenhaus. Das Erdgeschoss ist zur Tiefgarage hin gedämmt. Die Lastabtragung und Auflagerung des Gebäudes erfolgt über die Tiefgarage. Hierbei muss insbesondere auf die thermische Trennung geachtet werden. Um die Durchbrechung der thermischen Hülle möglichst gering zu halten, wird die Lastenabtragung von den Scheiben auf Stützen übergehen, die so nur punktuell die Hülle durchstoßen. Die Herausforderung bei diesem Projekt bestand darin, diese Durchdringungen der hochgedämmten »warmen« Hülle zu vermeiden, ohne dadurch die Statik des Gebäudes zu gefährden. Jede Durchdringung der warmen Hülle würde die bauphysikalischen Eigenschaften des Gebäudes verschlechtern und eine Einhaltung des Passivhausstandards gefährden bzw. unmöglich machen.

Die Außenwand des Gebäudes besteht aus Stahlbeton mit 30 cm außenliegender Wärmedämmung, die Fassadenoberfläche wurde verputzt. Tragende Keller- und Gargenwände sind aus Stahlbeton, ebenso die Decke der Tiefgarage, die im Bereich der Häuser 35 cm stark gedämmt ist. Die Trennwände der Kellerabteile werden aus einer Holzlatten- oder einer Blechkonstruktion hergestellt. Die Trennwände zwischen den Wohnungen bzw. zum Treppenhaus bestehen aus Stahlbeton mit gedämmter Gipskartonvorsatzschale. Innerhalb der Wohnungen bestehen die Zwischenwände aus Gipskartonständerwänden mit entsprechender Mineralwolleinlage. Die Geschossdecken bestehen aus Stahlbeton mit schwimmendem Estrich auf 3 cm Trittschalldämmung. Das Dach wird aus Stahlbeton mit 44 cm Wärmedämmung und einer Blecheindeckung hergestellt.

Bei der Verwendung von Lüftungsanlagen im Wohnbau sollten einige Besonderheiten berücksichtigt werden. Vor allem muss die hygienische Qualität der Zuluft gesichert sein, indem hygrothermische Zustände in der Anlage, welche ein Wachstum von Mikroorganismen fördern, vermieden werden. Die Erwärmung der Zuluft wird auf 52 °C beschränkt, um Gerüche zu vermeiden. Die Akustik der Lüftungsanlage sollte im Schlafbereich höchstens $\leq 20 \text{ dB(A)}$ betragen. In den Aufenthaltsräumen sind $\leq 23 \text{ dB(A)}$ erlaubt, im Bad $\leq 25 \text{ dB(A)}$. Die Luftfeuchtigkeit wird durch mechanische Luftwechsel reguliert. Es ist ein Luftwechsel von 0,34 im Normalfall vorgesehen.

Die Lüftungsanlage ist eine zentrale Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung. Bei dieser Anlage werden mehrere Wohnungen mit einem Wärmeüberträger versorgt. Das Lüftungssystem bestehend aus Wärmetauscher, Filter, Zu- und Abluftventilator, Regelung und Frostschutz ist zentral angeordnet. Es wurde im Dachbereich, außerhalb der dämmenden Hülle, aufgestellt.

Der benötigte Volumenstrom wird über jeweils nur einen Zuluft- bzw. Abluftventilator gefördert. Bei diesem System wird die Frischluft mit der Fortluft im Wärmetauscher angewärmt und in die einzelnen Wohn- und Schlafräume geleitet. Die Beheizung erfolgt über die Zuluft.

In jedem der drei Häuser wird im Kellergeschoss ein separater Heizraum vorgesehen. In diesem Heizraum ist jeweils ein Gasbrennwertgerät untergebracht, das für die Erzeugung der Heizwärme und für die Warmwasserbereitung genutzt wird. Gleichzei-

tig wird in jedem Haus ein Warmwasserspeicher mit 500 Litern vorgesehen. Ausgehend von den Heizräumen erfolgt die separate Versorgung der einzelnen Wohnungen einerseits für die Heizung (Vor- und Rücklauf) und andererseits für Warmwasser (mittels Zirkulationsleitungen). [SCH04]

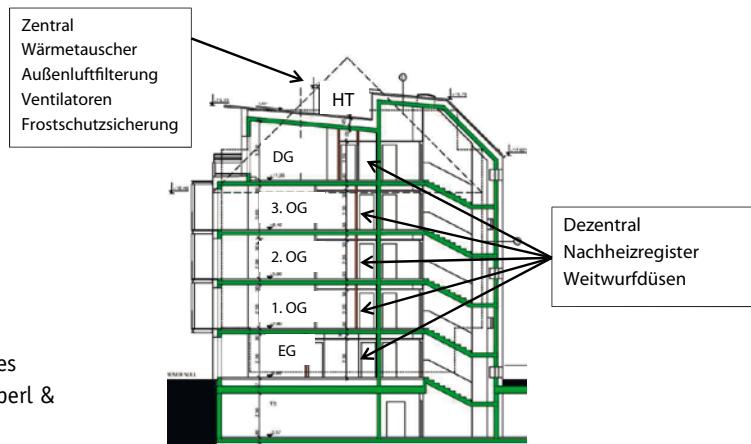


Abb. 58:
Haustechnisches
Konzept [Schöberl &
Pöll GmbH]



Abb. 59: Foto
»Utendorfgasse«
[Bruno Klomfar]

7.4.2 Mühlweg

Im Mühlweg errichtet der Bauträger BAI eine Wohnhausanlage, die aus vier Passivhäusern in Holz-Mischbauweise mit je 18 Wohnungen und einer SOS-Kinderdorf-Wohngemeinschaft besteht. Das Erdgeschoss und das Treppenhaus wurden in Massivbauweise, die vier Obergeschosse in Holzkonstruktion errichtet. Es wurden 2-, 3- und 4-Zimmerwohnungen mit Terrassen, Balkonen oder Loggien realisiert [BAI06]. Die Schöberl & Pöll GmbH begleitete den Einsatz der Passivhaustechnologie und hat gemeinsam mit der BAI die Mehrkosten des Projektes ermittelt.

Für dieses Projekt konnte eine enge Zusammenarbeit schon in der Projektentwicklung mit der Firma KLH Massivholz GmbH vereinbart werden. Ohne ein solches Engagement – auch von Seiten der beteiligten Behörden, Planer und Ausführenden – könnten derzeit dieses oder vergleichbare Projekte zu konkurrenzfähigen Baukosten nicht realisiert werden. Sie sind somit nach wie vor als Demonstrationsprojekte zu betrachten und daher auch unter diesem Gesichtspunkt zu beurteilen.



Abb. 60: Foto
»Mühlweg«
[Bruno Klomfar]

7.4.3 Dreherstraße

In der Dreherstraße errichtete der Bauträger BUWOG eine Wohnhausanlage, die aus vier Niedrigenergiehäusern und einem Passivhaus besteht. In Summe wurden 138 geförderte Mietwohnungen als 1- bis 4-Zimmerwohnungen errichtet. Die Größen der Wohnungen variieren zwischen 51 m² und 129 m². Im Kern der Wohnungsgrundrisse befindet sich eine Veranda, vergleichbar mit einem Freiluftzimmer. Diese Veranda ist isoliert verglast und nahezu vollständig zu öffnen. Die sie umschließenden Räume sind einfach verglast. Vor den Erdgeschosswohnungen findet man Mietergärten. Die Wohnungen im zurückspringenden 3. Obergeschoss und im Dachgeschoss wiederum besitzen Terrassen. Die tropfenförmige Ausführung der Baukörper ist eine energetisch sinnvolle Alternative zum herkömmlichen Quader. Bei der Tropfenform ist das geringste Oberflächenvolumen nach Norden orientiert, während die großen Flächen nach Westen, Süden und Osten weisen. [BUW06]

Die Schöberl & Pöll GmbH beriet auch hier beim Einsatz der Passivhaustechnologie und hat gemeinsam mit dem ausführenden Generalunternehmer der Alpine Bau GmbH die Mehrkosten des Projektes ausgewertet.

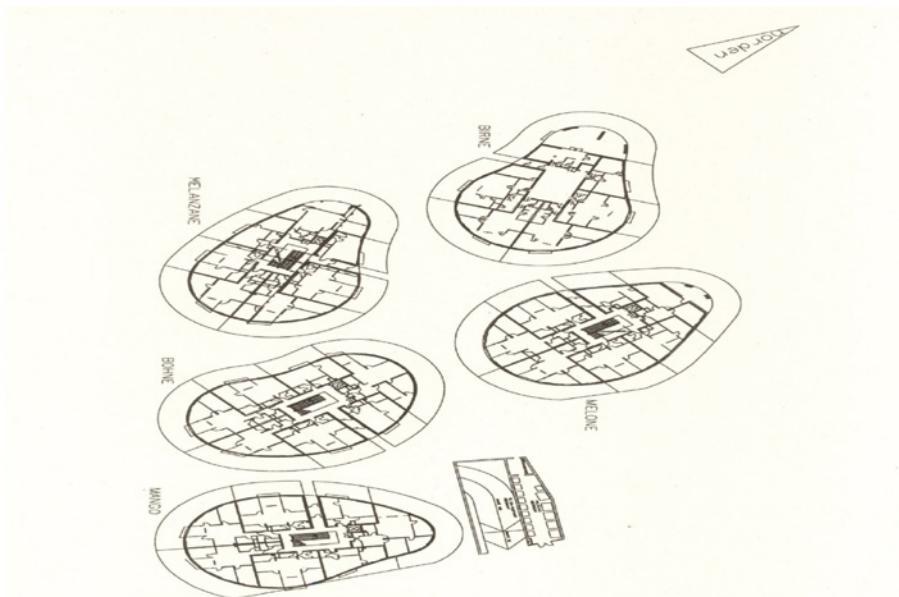


Abb. 61: Grundrisse »Dreherstraße« [Architekt Lautner]



Abb. 62: Foto »Dreherstraße« [Alpine, BUWOG]

8 Bauteilkosten

8.1 Außenwand

Die Ausführung einer verstärkten Wärmedämmung an der Außenwand ist wesentlicher Bestandteil eines Passivhauses. Je nach Konstruktion der Außenwand in Massivbauweise oder als Holzkonstruktion ergeben sich unterschiedliche technische Bedingungen und damit Mehrkosten.

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Wärmedämmung	32,00	26,79	49,00	41,02	+17,00	+14,23
Brandschutzriegel	1,92	1,61	2,56	2,14	+0,64	+0,53
Gesamt						+14,76

Tabelle 9: Wohnanlage »Utendorfgasse« – bauliche Mehrkosten der Außenwand
[Stand 2006, Euro exkl. USt.]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Wärmedämmung zusätzlich	0,00	0,00	12,83	6,43	+12,83	+6,43
Holz Unterkonstruktion zusätzlich	0,00	0,00	16,36	8,20	+16,36	+8,20
Vorsatzschale EG	0,00	0,00	1,08	0,52	+1,08	+0,52
Blechanschluss	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Brandschutzriegel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamt						+15,15

Tabelle 10: Wohnanlage »Mühlweg« – bauliche Mehrkosten der Außenwand
[Stand 2006, Euro exkl. USt.]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Wärmedämmung	40,00	17,82	65,50	29,18	+25,50	+11,36
Gesamt						+11,36

Tabelle 11: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Mehrkosten der Außenwand
[Stand 2008, Euro exkl. USt.]

8.1.1 Mehrkosten verursacht durch erhöhten Wärmeschutz

Für das Passivhaus in der »Utendorfstraße« wurde ein System mit einer Dämmstärke von 27 cm statt den ursprünglichen 30 cm Dämmstärke ausgeführt, um die Nutzfläche zu erhöhen. Der λ -Wert der Dämmung von 0,04 W/mK wurde daher gesenkt, um den Heizwärmebedarf von unter 15 kWh/m²a zu erreichen. Es wurden EPS-F Plus Dämmplatten mit $\lambda = 0,032$ W/mK verwendet. Für die 27 cm Wärmedämmung inkl. Verlegung ohne Putz wurden 49 Euro/m² vereinbart. Bei einem Niedrigenergiehaus mit 12 cm Wärmedämmung wären die Herstellungskosten aufgrund der geringeren Dämmstärke bei ca. 32 Euro/m² Fassade. Damit liegen die baulichen Mehrkosten für die 15 cm mehr an Dämmung bei 17,00 Euro/m² Fassade.

Die Außenwand bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurde als Holzmassivwand ausgeführt. Sie besteht aus folgenden Schichten:

- 5 mm Silikonharzputz
- 20 mm Kalk Zement Grundputz
- 50 mm Holzwolleplatte
- 90 mm Steinwolleddämmung
- 140 mm Steinwolleddämmung
- 94 mm Holzmassivwandelement
- 50 mm innenliegende Lattung und Steinwolleddämmung
- 15 mm GKF Platte

Die Fassadenfläche beträgt von EG bis 3.OG 2.754,02 m², im DG 628,62 m², also zusammen 3.382,64 m². Bei einem Niedrigenergiehaus würde diese Holzkonstruktion mit weniger Dämmung auskommen, wobei die Ausführung der 140 mm Dämmung entfallen würde. Der Listenpreis Material (Stand 2006) dieser Dämmung liegt bei 7,62 Euro/m², bei einem angenommenen Lohn von 34,71 Euro/h und 0,15 h/m² ergibt das 5,21 Euro/m² Lohnkosten, bzw. 12,83 Euro/m² Fassade in Summe für die zusätzliche Wärmedämmung.

Die Mehrkosten für die zusätzliche Holzunterkonstruktion inkl. Material und Verarbeitung liegen bei 16,36 Euro/m² Fassade, wobei sich der Preis aus 0,35 h/m² Fassade à 34,71 Euro/h Lohn, 0,0134 m³/m² Fassade Kantholz und Pfosten à 147,92 Euro/m³ und 2,5 kg/m² Fassade Nägel und Drahtstift à 0,89 Euro/kg zusammensetzt. Damit liegen die baulichen Mehrkosten für die Fassade in den Obergeschossen bei 29,19 Euro/m² Fassade, das sind 14,63 Euro/m² Wohnnutzfläche. Im EG muss auf ca. 852 m²

zusätzlich eine Vorsatzschale angebracht werden. Der Preis hierfür beträgt 4,15 Euro/m² Bauteil, das sind umgerechnet auf die Fassadengesamtfläche 1,08 Euro/m² Fassade, bzw. 0,52 Euro/m² Wohnnutzfläche. Damit ergeben sich in Summe bauliche Mehrkosten von insgesamt 15,15 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Für das Passivhaus in der »Dreherstraße« wurde ein System mit einer Dämmstärke von 30 cm gewählt. Der λ -Wert der verwendeten Dämmplatten liegt bei 0,032 W/mK, anstatt bei 0,04 W/mK, wie es bei Dämmung für ein Niedrigenergiehaus üblich wäre. Bei den Niedrigenergiehäusern in der Dreherstraße mit 9 cm Wärmedämmung liegen die Herstellungskosten aufgrund der geringeren Dämmstärke und des verwendeten Materials bei ca. 40 Euro/m² Fassade. Die Herstellungskosten beim Passivhaus »Dreherstraße« liegen bei ungefähr 65 Euro/m². Das verwendete Gerüst ist 0,50 Euro/m² teurer (größerer Abstand zur Fassade: zusätzliche, fassadenseitige Wehre). Damit liegen die baulichen Mehrkosten in der »Dreherstraße« bei 25,50 Euro/m² Fassadenfläche.

8.1.2 Mehrkosten durch brandschutztechnische Erfordernisse

Bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« wurde die Ausführungsvariante »Einbau im Sturzbereich mit Mineralwolle und EPS Überdeckung« angewendet. Die Brandschutzriegel mit EPS-Überdeckung wurden zum Preis von ca. 8,00 Euro/lfm inkl. Einbau ausgeführt. Bei 800 lfm ergibt sich auf die Fassadenfläche verteilt ein Preis von 2,56 Euro/m². Auch bei einem Niedrigenergiehaus müssen Brandschutzriegel eingebaut werden. Der Preis beträgt ca. 6,00 Euro/lfm, da weniger Material benötigt wird, und die Verarbeitung bei geringerer Stärke einfacher ist. Auf die Fassade verteilt ergibt das Herstellungskosten von 1,92 Euro/m². Damit ergeben sich für den Brandschutzriegel bauliche Mehrkosten von 0,64 Euro/m² Fassade.

8.1.3 Blechanschluss

Bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« wurde das im Kapitel 5.10 »Blechanschluss« erläuterte Anschlussprofil eingesetzt.

Diese Art der Ausführung stellt eine Einsparung dar, da die Verarbeitung einfacher ist, die Minderkosten werden jedoch nicht angesetzt.

Das Bauvorhaben »Mühlweg« besitzt ein zurückgesetztes Dachgeschoss, an dessen Fußpunkt der Außenwand sich ein Blechanschlussprofil befindet. Mehr- oder Minderkosten werden auch hier nicht angesetzt.

8.2 Dach

8.2.1 Dachfläche

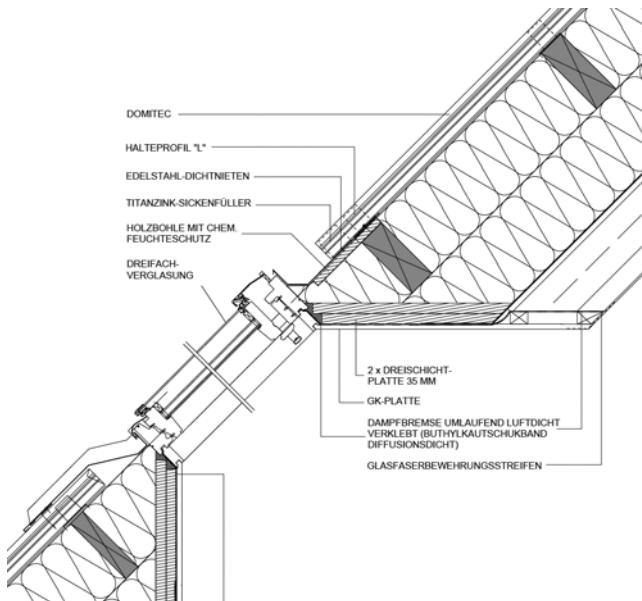


Abb. 63: Schnitt durch die Dachhaut »Utendorf gasse« [Architekt Kuzmich]

Bei der Wohnanlage »Utendorf gasse« wird das Dach als Betonkonstruktion (sog. »Sargdeckel«) ausgeführt. Auf diese Konstruktion werden insgesamt 44 cm Mineralwolle in zwei Lagen von je 22 cm Stärke aufgebracht. Abschließend wird anstatt der üblichen Unterspannbahn, Lattung und Blecheindeckung ein Schnell-Montage-System als Deckung montiert. Die Blecheindeckung ist ein Schnell-Montage-System, bei welchem die Platten mit Halteprofilen oberhalb der Wärmedämmung aufgebracht werden. Die Dämmstärke beträgt bei diesem Aufbau 44 cm statt der im Niedrigenergiehaus üblichen 20 cm. Bei einem angebotenen Dämmstoffpreis von 71,43 Euro/m³ ergeben sich dadurch Mehrkosten von 17,14 Euro/m² für das Material und 2,81 Euro/m² für die Verlegung der zweiten Lage, insgesamt ergeben sich Mehrkosten von 19,95 Euro/m² Dachfläche oder 5,73 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Der stärkere Dachaufbau hat an den Stirnseiten des Gebäudes eine Vergrößerung der Fassadenfläche zur Folge. An insgesamt vier Stirnseiten wird der Ortgang um 20 cm höher, was einer Fläche von 13,46 m² entspricht. Bei Kosten von 49 Euro/m² WDVS ergibt dies Mehrkosten von 668,36 Euro, umgerechnet auf die Dachfläche 0,77 Euro/m² Dachfläche, bzw. 0,22 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die Summe der Mehrkosten Dachfläche beträgt somit 20,72 Euro/m² Dachfläche, bzw. 5,95 Euro/m² Wohnnutzfläche. Bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurde das Flachdach als Duodach ausgebildet mit durchschnittlich 460 mm Dämmung und folgenden Schichten:

- 70 mm Rollierung
- 140 mm XPS Dämmung
- 10 mm Bitumenbahn
- 60–150 mm EPS Gefälledämmung W25
- 220 mm EPS Dämmung W25
- 5 mm Dampfsperre
- 108 mm KLH Deckenelement
- 15 mm GKF Platte

Bei einem Niedrigenergiehaus würde die 220 mm EPS Dämmung nicht zum Einsatz kommen. Bei Kosten gemäß Ausschreibung von 24,96 Euro/m² dieser Dämmung und bei einer Dachfläche von 842,12 m² sind das bauliche Mehrkosten von 3,11 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Dreherstraße« wird das Dach als Betondecke ausgeführt. Auf diese Konstruktion werden insgesamt 36 cm PUR-Hartschaum ($\lambda = 0,028 \text{ W/mK}$) in zwei Lagen von je 18 cm aufgebracht. Das Dach wird bei dem Passivhaus in der Dreherstraße als Warmdach ausgebildet und nicht wie bei den Niedrigenergiehäusern der selben Wohnhausanlage als Umkehrdach. Die Dämmstärke beträgt bei dem Passivhaus 36 cm statt der im Niedrigenergiehaus eingebauten 18 cm. Bei einem Dämmstoffpreis von 31,96 Euro/m² XPS für die Niedrigenergiehäuser und einem Dämmstoffpreis von 78,96 Euro/m² für die 2 × 18 cm Mineralwolle, ergeben sich dadurch Mehrkosten von 47,00 Euro/m² für das Material.

Für die Verlegung einer dritten Lage Abdichtung zur Ausbildung des Warmdaches werden 8,73 Euro/m² veranschlagt. An den Attiken und den Aufbauten müssen die Hochzüge entsprechend dem geänderten und höheren Aufbau um 12 cm weiter hinaufgezogen werden, dies ergibt bei 89 lfm Hochzug und einem Abdichtungspreis von 13,13 Euro/m² bei einlagigem Hochzug Mehrkosten von 0,32 Euro/m² Dachfläche. Insgesamt ergeben sich Mehrkosten von 56,05 Euro/m² Dachfläche oder 7,96 Euro/m² Wohnnutzfläche.

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Wärmedämmung	14,29	4,11	31,43	9,03	+17,14	+4,92
Verlegung der zweiten Lage	0,00	0,00	2,81	0,81	+2,81	+0,81
Zusätzliches WDVS Stirnseite	0,00	0,00	0,77	0,22	+0,77	+0,22
Gesamt						+5,95

Tabelle 12: Wohnanlage »Utendorfstraße« – bauliche Mehrkosten des Dachaufbaus
[Stand 2006, Euro exkl. USt.]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Wärmedämmung inkl. Verlegung					+24,96	+3,11
Gesamt						+3,11

Tabelle 13: Wohnhaus »Mühlweg« – bauliche Mehrkosten des Dachaufbaus [Stand 2006, Euro exkl. USt.]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Dachfläche	31,96	4,54	88,01	12,49	+56,05	+7,96
Gesamt						+7,96

Tabelle 14: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Mehrkosten des Aufbaus der Dachfläche [Stand 2008, Euro exkl. USt.]

8.2.2 Dachterrassen

Die Dachterrasse bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurde mit einer Dämmung versehen, die dem Niedrigenergiehausstandard entspricht, daher werden keine Mehrkosten angesetzt. Um den Passivhausstandard zu erreichen, wurden anderweitig Maßnahmen getroffen, die dies rechnerisch kompensieren.

Die Werte für die Dachterrassen beim Projekt »Dreherstraße« entsprechen den Werten, die für die Dachflächen erhoben wurden mit dem Zusatz, dass bei den Dachterrassen eine aufwändiger Entwässerung vorzusehen ist, die 100 Euro pro Ablauf ausmacht. Bei acht Dachabläufen errechnen sich für die 311,70 m² große Fläche Mehrkosten von zusätzlich 2,57 Euro/m² Terrassenfläche, d. h. die Mehrkosten Passivbauweise betragen in Summe 58,62 Euro/m² Terrassenfläche, bzw. 7,58 Euro/m² Wohnnutzfläche.

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Dach-terrasse	31,96	4,13	90,58	11,71	+58,62	+7,58
Gesamt						+7,58

Tabelle 15: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Mehrkosten des Aufbaus der Dachterrasse [Stand 2008, Euro exkl. USt.]

8.3 Unterste Geschossdecke

Die Bodendämmung zur »kalten« Tiefgarage wurde bei der Wohnanlage »Utendorfgas« aus Kostengründen auf die Tiefgaragendecke gelegt. Der Fußbodenaufbau auf der untersten Geschossdecke besteht aus 35 cm expandiertem Polystyrol-Partikelschaumstoff (EPS-W), 4 cm Trittschalldämmung und einem Estrich mit 6 cm. Die Bewehrung des Estrichs besteht aus Baustahlmatten CQS 4. Zur Erreichung des Niedrigenergiehaus-Standards wären 6 cm Dämmung und 5 cm Estrich notwendig.

Die Baukosten für den gewählten Aufbau ergeben sich aus 23,80 Euro/m² für die 35 cm starke Dämmung (68,07 Euro/m³ inkl. Verlegung) und 14,20 Euro/m² für 6 cm Estrich (236,67 Euro/m³ Estrich) und 2,00 Euro/m² für den Baustahl und 4,40 Euro/m² für die Trittschalldämmung. Das sind 44,40 Euro/m² Boden für den passivhausgerechten Bodenaufbau der warmen Hülle. Für die zusätzlichen 29 cm Dämmung ergeben sich 18,67 Euro/m² Mehrkosten. Auf der 35 cm starken Wärmedämmung werden 6 cm Estrich inklusive Bewehrung notwendig statt üblicherweise 5 cm ohne Bewehrung. Dadurch ergeben sich für den Estrich Mehrkosten von 3,00 Euro/m². Das ergibt Mehrkosten von 21,67 Euro/m² unterste Geschossdecke. Das sind bauliche Mehrkosten von 4,74 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Würde die Fundamentplatte um 30 cm tiefer gelegt werden, um zu vermeiden, dass z. B. die größere Gebäudehöhe nicht mit einem gesetzlich vorgeschriebenen Lichteinprofil kollidiert, ergäben sich zusätzliche Mehrkosten von 920,35 Euro für die 455,62 m³ zusätzlichen Aushubs (Arbeit) und 3.481,17 Euro für die Entsorgung dieses Aushubs (842,9 t). Dies wären 4.401,53 Euro Mehrkosten zusätzlich, umgerechnet auf die Geschossdecke ergäben sich 6,74 Euro/m², bzw. 1,47 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurde die unterste Geschossdecke mit zwei Lagen 160 mm EPS WLG 040 gedämmt. Die Kosten für 320 mm Dämmung liegen bei 26,92 Euro/m². 80 mm Dämmung für den Niedrigenergiehausstandard liegen mit 18,48 Euro/m² nur unwesentlich darunter. Bei 1.509,64 m² Decke (4 × 377,41 m²) liegen damit die baulichen Mehrkosten bei 1,89 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Dreherstraße« werden auf die unterste Geschossdecke 35 cm EPS W25 aufgelegt. Bei einem Preis von 90 Euro/m³ ergeben sich Kosten von 31,50 Euro/m² Geschossdecke, bzw. 7,52 Euro/m² Wohnnutzfläche. Bei den Niedrigenergiehäusern werden lediglich 5 cm Wärmedämmung eingebaut. Die Kosten dafür betragen 4,50 Euro/m² Geschossdecke, bzw. 1,07 Euro/m² Wohnnutzfläche.

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Wärmedämmung	5,13	1,13	23,80	5,21	+18,67	+4,08
Trittschall-dämmung	4,40	0,96	4,40	0,96	0,00	0,00
Estrich	13,20	2,89	14,20	3,11	+1,00	+0,22
Bewehrung	0,00	0,00	2,00	0,44	+2,00	+0,44
Zusätzlicher Aushub	0,00	0,00	6,74	1,47	+6,74	+1,47
Gesamt						+6,21

Tabelle 16: Wohnanlage »Utendorfgasse« – bauliche Mehrkosten unterste Geschossdecke (Fläche unterste Geschossdecke 653,61 m², Wohnnutzfläche 2.986 m²). [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Wärmedämmung	18,48		26,92		+8,44	+1,89
Gesamt						+1,89

Tabelle 17: Wohnanlage »Mühlweg« – bauliche Mehrkosten unterste Geschossdecke. [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Unterste Geschossdecke	4,50	1,07	31,50	7,52	+27,00	+6,45
Gesamt						+6,45

Tabelle 18: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Mehrkosten unterste Geschossdecke [Euro exkl. USt., Stand 2008]

8.4 Treppenhaus

Bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« gibt es in jedem der drei Häuser ein Treppenhaus innerhalb der warmen Hülle. Die daraus entstehenden Mehrkosten machen in diesem Bereich 4,16 Euro/m² Wohnnutzfläche aus. Diese Summe setzt sich aus mehreren Kostenfaktoren zusammen, die in folgenden Unterkapiteln näher erläutert werden.

Auch bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurde die warme Hülle im Kellergeschoss um das Treppenhaus herumgeführt.

Bei der Wohnanlage »Dreherstraße« befindet sich das Treppenhaus innerhalb der warmen Hülle. Die dadurch entstehenden Mehrkosten werden in folgenden Unterkapiteln näher erläutert.

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Schleusentüre (pro Türblatt)	745,00	1,50	850,00	1,71	+105,00	+0,21
Schleusentürzarge (pro Zarge)	120,00	0,24	125,00	0,25	+5,00	+0,01
Bodenplatte (pro m ²)	18,33	0,54	40,10	1,18	+21,77	+0,64
Fußpunkte Wände (pro lfm)	-	-	49,90	0,29	+49,90	+0,29
Wände gegen Erdreich (pro m ²)	7,50	0,11	14,30	0,21	+6,80	+0,10
Wände gegen Tiefgarage (pro m ²)	25,00	0,19	39,50	0,30	+14,50	+0,11
Wände gegen Keller (pro m ²)	25,00	0,67	39,50	1,06	+14,50	+0,39
Wände gegen Schleuse (pro m ²)	40,00	0,35	78,10	0,68	+38,10	+0,33
Thermokorb (pro lfm)	-	-	154,10	+1,60	+154,10	+1,60
Lichtkuppel (BRE) / Bauteil			282,00		282,00	+0,48
Gesamt						+4,16

Tabelle 19: Wohnanlage »Utendorfstraße« – bauliche Mehrkosten Treppenhaus [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Schleusentüre (pro Türblatt)	280,00		371,31		+91,31	+0,34
Bodenplatte (pro m ²)	18,48		26,92		+8,44	+0,18
Abklebeband Bodenplatte (pro lfm)			40,00		+40,00	+0,95
Fußpunkte Wände (pro m ²)	0,00		8,44		+8,44	+0,03
Wände gegen Keller (pro m ²)	45,86		55,86		+10,00	+0,53
Thermokorb (pro lfm)	0,00		154,10		+154,10	+1,23
Oberlicht (BRE) (pro m ² Verglasung)					+16,28	+0,06
Gesamt						+3,32

Tabelle 20: Wohnanlage »Mühlweg« – bauliche Mehrkosten Treppenhaus [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Schleusentüre (pro Türblatt)	420,00	0,17	2.065,00	0,86	+1.645,00	+0,69
Fußpunkte Wände, außen (pro Laufmeter)			8,78	0,15	+8,78	+0,15
Trennung Treppenhaus Fußpunkte Wände, innen (pro Laufmeter)			8,78	0,20	+8,78	+0,20
Wände (pro Quadratmeter)			29,10	3,02	+29,10	+3,02
Oberlicht (BRE)/Bauteil	858,00	0,36	911,37	0,38	+53,37	+0,02
Gesamt						+4,08

Tabelle 21: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Mehrkosten Treppenhaus [Euro exkl. USt., Stand 2008]

8.4.1 Schleusentüre

Als Schleusentür zwischen Tiefgarage und Treppenhaus wird bei der Wohnanlage »Utendorfsgasse« eine EI₂30-C Brandschutztür eingebaut, für den Passivhausstandard ist zusätzlich ein hoher Luftdichtheitswert erforderlich. Bei einem Stückpreis von 850 Euro statt 745 Euro für die luftdichte Ausführung der EI₂30-C Schleusentüre, plus 125 Euro statt 120 Euro für die Zarge, ergibt das bauliche Mehrkosten für die sechs Schleusentüren von 0,22 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Die EI₂30-C Schleusentüren wurden bei der Wohnanlage »Mühlweg« inklusive luftdichter Zarge zum Preis von 371,31 Euro pro Tür angeboten. Der Preis für die EI₂30-C Türen inkl. Zarge liegt bei ca. 280 Euro pro Tür. Bei 25 Türen bei dem gesamten Projekt sind das bauliche Mehrkosten von 0,34 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Dreherstraße« liegt der Stückpreis bei 2.065 Euro für die luftdichte Ausführung der EI₂30-C Schleusentüre inkl. Zarge statt 358 Euro für Blatt und 62 Euro für die Blockzarge einer herkömmlichen Tür. Die Mehrkosten pro Bauteil betragen also 1.645 Euro.

8.4.2 Bodenplatte Treppenhaus

Wie die unterste Geschossdecke des Gebäudes muss auch die Bodenplatte des Treppenhauses wärmegedämmt ausgebildet werden. Der Aufbau des Treppenhausbodens bei der Wohnanlage »Utendorfstraße« besteht aus einer Stahlbetonplatte mit darauf liegender 35 cm starken EPS-W Dämmung und einem Estrich von 8 cm, der auf den nicht begehbar Flächen unter der Treppe nicht ausgeführt wurde. Als Vergleichswert wird hier 6 cm Dämmung angesetzt, was dem Niedrigenergiehaus Standard entspräche.

Die Herstellungskosten für die Bodenplatte ergeben sich aus 23,80 Euro/m² für die 35 cm starke Dämmung plus 16,30 Euro/m² für 8 cm Estrich. Das sind 40,10 Euro/m² Bodenplatte Treppenhaus. Für die zusätzlichen 29 cm Dämmung ergeben sich 18,67 Euro/m² Mehrkosten. Auf der 35 cm starken Wärmedämmung werden 8 cm Estrich ohne Bewehrung notwendig statt üblicherweise 5 cm. Dadurch ergeben sich für den Estrich Mehrkosten von 3,10 Euro/m². Bei einer Fläche von 91,31 m² Wärmedämmung und 64,55 m² Estrich ergibt das bauliche Mehrkosten von zusammen 0,64 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Für die Bodenplatte bei der Wohnanlage »Mühlweg« entstehen bei Mehrkosten von 8,44 Euro/m² Bauteil (siehe unterste Geschossdecke) und einer Fläche von 140,92 m² bauliche Mehrkosten von 0,18 Euro/m² Wohnnutzfläche. Um die Luftdichtheit zu gewährleisten, ist bei der Wohnanlage »Mühlweg« ein Abklebeband notwendig, das an die Bodenplatte dicht anschließt. Bei ca. 40 cm Breite sind das angenommene 40 Euro/lfm (ca. 13 Euro/lfm lt. Angebot Trockenbauer). Bei 160 lfm (4 × 40 m) sind das ca. 0,95 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Die Mehrkosten für die Bodenplatte der Dreherstraße sind in den Kosten für die unterste Geschossdecke bereits berücksichtigt.

8.4.3 Wärmebrücken Fußpunkte Wände

Zur Wärmebrückenreduktion werden bei der Wohnanlage »Utendorfstraße«, wie beim Fußpunkt Außenwand, bei der Treppenhauswand zwei Reihen mit je 20 cm hohen Porenbetonsteinen eingebaut. Wegen der geringen Festigkeit werden die Gasbetonsteine in regelmäßigen Abständen von Stahlbeton-Höckern unterbrochen, um die Lastabtragung zu gewährleisten. Auf einer Länge von 43 m werden zwei Reihen Porenbetonsteine aufgesetzt. Benötigt werden also 17,2 m² Wandfläche zu einem angebotenen Preis von 49,90 Euro/m². Die Mehrkosten für die Porenbetonsteine betragen 0,29 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Die Wände wurden bei der Wohnanlage »Mühlweg« punktweise gelagert, die Wärmedämmung, die auf der Bodenplatte des Treppenhauses liegt, wurde unter der Wand durchgeführt. Die Wärmedämmung genau unter den Treppenhauswänden wird als Mehrkostenposten angesetzt. Dies sind, wie oben bereits erwähnt 8,44 Euro/m² Decke, bzw. bei 23,12 m² Konstruktionsfläche bei den vier Gebäuden umgerechnet 0,03 Euro/m² Wohnnutzfläche.

In der »Dreherstraße« werden zur Wärmebrückenreduktion Höcker ausgebildet, die Laufmeter zwischen diesen werden mit XPS gefüllt. 41,90 lfm XPS zu 8,78 Euro/lfm ergeben Bauteilkosten von 367,90 Euro bzw. Mehrkosten von 0,15 Euro/m² Wohnnutzfläche (dabei wird der Kubikmeter XPS mit 125 Euro berechnet, die Trennung durch XPS hat eine Höhe von 39 cm und eine Breite von 18 cm). Der Stahlbetonhöcker ist laut Baufirma kostenneutral zur herkömmlichen Bauweise, die Lohnarbeit der XPS-Dämmung ist laut ausführender Firma kalkulatorisch zu vernachlässigen.

8.4.4 Wände

Bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« sind die Wände des Treppenhauses im Kellergeschoss Teil der warmen Hülle und müssen daher entsprechend gedämmt werden. Die an das Erdreich grenzende Außenwand des Treppenhauses der Wohnanlage »Utendorfgasse« wird mit 27 cm XPS gedämmt. Das sind 14,30 Euro/m² Außenwand des Treppenhauses. Als Vergleichswert wird hier 4 cm Dämmung angesetzt, was dem Niedrigenergiehaus Standard entspricht, mit Bauteilkosten von ca. 7,50 Euro/m². Bei einer Bauteilfläche von 40 m² ergibt das bauliche Mehrkosten von 0,10 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die an die Tiefgarage grenzende Außenwand wird auf der Innenseite des Treppenhauses mit einer Vorsatzschale mit 20 cm Mineralwolle gedämmt. Das sind 39,50 Euro/m² Bauteil. Als Vergleichswert wird hier 4 cm Dämmung angesetzt, was dem Niedrigenergiehaus Standard entspricht, mit Bauteilkosten von ca. 25 Euro/m². Bei einer Bauteilfläche von 23 m² ergibt das bauliche Mehrkosten von 0,11 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Um die warme Hülle dicht zu halten, ist die an die Tiefgarage und an den unbeheizten Keller grenzende Wand des Treppenhauses bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« mit einer Vorsatzschale innenseitig (im Falle der Tiefgarage) oder mit einer Vorsatzschale außenseitig (im Falle des Kellers) zu dämmen. Die an den Keller grenzende Außenwand wird auf der Außenseite mit einer Vorsatzschale mit 20 cm Mineralwolle gedämmt. Das sind 39,50 Euro/m² Bauteil. Als Vergleichswert wird hier 4 cm Dämmung angesetzt, was dem Niedrigenergiehaus Standard entspricht, mit Bauteilkosten von ca. 25 Euro/m². Bei einer Bauteilfläche von 80 m² ergibt das bauliche Mehrkosten von 0,39 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Die Wände zwischen warmen Treppenhaus und Schleuse werden beim Bauvorhaben Utendorfgasse mit 40 cm Porenbetonsteinen ausgebildet. Die Bauteilkosten betragen 78,10 Euro/m². Als Vergleichswert werden die Kosten für eine 20 cm Betonwand, nämlich 40 Euro/m² angesetzt. Bei einer Bauteilfläche von 25,77 m² sind das 0,33 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Die Wand zum Keller wurde bei der Wohnanlage »Mühlweg« außen mit 175 mm Tek-talan unverputzt gedämmt, zu 55,86 Euro/m² Wandfläche. Bei einem Niedrigenergiehaus würden 50 mm Dämmung ausreichen, welche um 10 Euro/m² günstiger herzustellen wäre, das sind bei 360 (4 x 90) m² Wand bauliche Mehrkosten von 0,53 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Dreherstraße« entspricht der Mehraufwand für die zusätzlichen 250 m² Vorsatzschale mit 20 cm starker Wärmedämmung à 29,10 Euro/m² einer Summe von 7.275 Euro bzw. 3,02 Euro/m² Wohnnutzfläche.

8.4.5 Thermokörbe

Für die thermische Trennung der anschließenden Wände und der Kellerdecke zum Treppenhaus sind Thermokörbe notwendig, um die Wärmebrücken zu reduzieren. Bei der Wohnanlage »Utendorfstraße« wurden Thermokörbe mit der Brandschutzklasse F90/EI90 verwendet, um den Brandschutz durchgehend zu gewährleisten. Als Alternative können auch andere Ausführungen gewählt werden, um die Kosten weiter zu senken und die Wärmebrücken weiter zu optimieren. Bei Bauteilkosten von 154,10 Euro/lfm und 30,8 lfm insgesamt bedeutet das bauliche Mehrkosten von 1,60 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Um bei der Wohnanlage »Mühlweg« eine durchgehende warme Hülle zu erreichen, wurden jene Wände, die die Wärmedämmung durchstoßen, mit Thermokörben angeschlossen. Der Anschluss der Decke wurde als Wärmebrücke berücksichtigt und der Thermokorb eingespart. Bei 154,10 Euro/lfm Thermokorb und 54 lfm (5 × 2, 7 × 4 m) Thermokorb insgesamt sind das bauliche Mehrkosten von ca. 1,23 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Dreherstraße« werden Höcker anstatt der Thermokörbe zur thermischen Trennung der anschließenden Wände und der Kellerdecke vom Treppenhaus eingesetzt. Bei 56,10 lfm XPS zu 8,78 Euro/lfm entstehen Bauteilkosten von 492,56 Euro bzw. Mehrkosten von 0,20 Euro/m² Wohnnutzfläche. Der Stahlbetonpreis ist inkludiert.

8.4.6 Brandrauchentlüftung Treppenhausdach

Um die Mehrkosten bei der Brandrauchentlüftung zu ermitteln, wurde die beim Passivhaus eingesetzte opake Klappe mit 60 mm Dämmung und 500 mm Höhe mit einem Oberlicht mit 20 mm Dämmung und 300 mm Höhe aufgrund der geringeren Dachdämmung verglichen. Die daraus resultierenden Mehrkosten ergeben sich aus 280 Euro statt 140 Euro für den Aufsatzkranz und 342 Euro statt (geschätzten) 200 Euro für den Deckel bzw. Lichtkuppel. Das sind bei drei Treppenhäusern 0,28 Euro/m² Wohnnutzfläche. Zusätzlich ergeben sich pro Brandrauchentlüftung ca. 200 Euro Mehrkosten durch die erhöhten Anforderungen an die Dichtigkeit, gelöst durch einen kleinen zusätzlichen Motor. Diese Kosten betragen für die drei Gebäude 0,20 Euro/m² Wohnnutzfläche. In Summe ergeben sich somit 0,48 Euro/m² Wohnnutzfläche Mehrkosten für die Brandrauchentlüftung bei der Wohnanlage »Utendorfstraße«.

Das Treppenhausdach wurde bei der Wohnanlage »Mühlweg« in Niedrigenergiehausstandard ausgeführt, allerdings mit einer besseren Verglasung. Sowohl der Aufzug als auch die Treppe wurden mit einem Glasdach versehen, wobei eine Aluminiumkonstruktion zur Anwendung gekommen ist mit einem Öffnungsflügel als Brandrauchentlüftung über der Treppe. Die Kosten für jedes Treppenhaus der vier Häuser liegen

bei 1.434,72 Euro für das Aufzugsdach und 2.869,43 Euro für das Treppendach mit insgesamt 24 m². Die Mehrkosten ergeben sich durch das bessere Glas mit angenommenen 16,28 Euro/m² mit 0,06 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Die baulichen Mehrkosten für das Passivhausglasdach bei der Wohnanlage »Dreherstraße« im Treppenhaus betragen im Vergleich zu dem bei den Niedrigenergiehäusern verwendeten System 5,93 Euro/m² Verglasung. Bei ca. 9 m² Verglasungsfläche ergibt das Mehrkosten von 53,37 Euro.

8.5 Fußpunkt des Gebäudes (Wände über Tiefgarage)

Zur Wärmebrückenreduktion werden bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« am Fußpunkt der Außenwände zwei Reihen mit je 20 cm hohen Porenbetonsteinen eingebaut. Aufgrund der geringen Festigkeit werden die Gasbetonsteine in regelmäßigen Abständen von Stahlbetonhöckern unterbrochen, um die Lastabtragung zu gewährleisten. Auf einer Länge von 269 m werden zwei Reihen Porenbetonsteine aufgesetzt. Benötigt werden also 107,6 m² zu einem angebotenen Preis von 49,90 Euro/m². Die Mehrkosten für die Porenbetonsteine betragen 5.369,24 Euro/m² oder 1,80 Euro/m² Wohnnutzfläche. Da die Stahlbetonhöcker bei der »Utendorfgasse« mit der Gesamtwand mitbetoniert wurden, konnten sie kostenneutral hergestellt und Mehrkosten dadurch vermieden werden.

Bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurde die Holzkonstruktion der Außenwände und damit die Wärmedämmung bis auf den Boden geführt, somit entstehen bei den Außenwänden keine baulichen Mehrkosten für die Vermeidung von Wärmebrücken. Die Innenwände des Erdgeschosses aus Beton sind punktweise gelagert und die Wärmedämmung darunter durchgezogen.

Die thermische Trennung am Fußpunkt der Wohnanlage »Dreherstraße« wird ebenfalls mit Stahlbetonhöckern durchgeführt, die mit XPS ausgefacht sind. Bei 95,00 lfm XPS zu 8,78 Euro/lm entstehen Bauteilkosten von 834,10 Euro bzw. Mehrkosten von 0,35 Euro/m² Wohnnutzfläche. Der übrige kalkulative Ansatz (Lohnarbeit XPS, Stahlbeton-Höcker) entspricht dem des Punktes Wärmebrücken – Fußpunkt Wände.

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
	0,00	0,00	49,90	+1,80	+49,90	+1,80
Gesamt						+1,80

Tabelle 22: Wohnanlage »Utendorfgasse« – bauliche Mehrkosten Wärmebrückenreduktion [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Außenwände			0,00		+0,00	+ 0,00
Gesamt						+0,00

Tabelle 23: Wohnanlage »Mühlweg« – bauliche Mehrkosten Wärmebrückenreduktion

[Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Wände über Tiefgarage			8,78	0,35	+8,78	+0,35
Gesamt						+0,35

Tabelle 24: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Mehrkosten Wärmebrückenreduktion
[Euro exkl. USt., Stand 2008]

8.6 Fenster

8.6.1 Glas, Rahmen, Montage

Bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« besteht für die Südfenster eine erhöhte Schallschutzanforderung von 42 dB. Grundsätzlich wurden die Kosten der Fenster optimiert, indem der Fensteranteil möglichst gering gehalten wurde, der Anteil der Fensterfläche beträgt etwa 14,5 % der Wohnnutzfläche. Zum genauen Kostenvergleich der Fenster wurden die Preise für Glas, Rahmen und Einbau der Fenster mit Passivhaus- bzw. Niedrigenergiehausstandard gesondert verglichen.

Beim Passivhaus werden Dreischeibengläser verwendet. Bei einer Ausführung der »Utendorfgasse« als Niedrigenergiehaus reicht ein U-Wert von 1,3 W/m²K für die Fenster. Dort ist laut Auftragnehmer die Glasfläche mit einem U-Wert von 1,1 W/m²K und bei ca. 390 m² Glas mit 18.425,55 Euro zu kalkulieren, Glasflächen mit einem U-Wert von 0,79 W/m²K, und somit passivhaustauglich, kosten hingegen 24.774,75 Euro. Daraus ergeben sich Mehrkosten von 16,27 Euro/m² Glas bzw. 2,13 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« kam ein besseres Glas und ein besserer Einbau zur Ausführung als für den Passivhausstandard notwendig wäre, daher konnten die gleichen gedämmten Rahmen wie für ein Niedrigenergiehaus verwendet werden, es entstehen dadurch keine Mehrkosten.

Die erhöhten Kosten beim Einbau der Fenster entstehen durch das für die Luftdichtheit notwendige umlaufende Dichtband und die Montage vor der Wand. Bei der »Utendorfgasse« hat der Auftragnehmer ca. 28.000 Euro für die Fenster als Montagekosten angenommen, das sind 21 % der Gesamtkosten. Während bei einem Niedrigenergiehaus ca. 9 Euro/lfm umlaufender Fuge zu kalkulieren sind, sind es bei einem Passivhaus ca. 25 Euro/lfm. Demnach liegen die Montagekosten beim Niedrigenergiehaus bei ca. 10.000 Euro. Das ergibt Mehrkosten für die Montage von 6,70 Euro/m² Wohnnutzfläche.

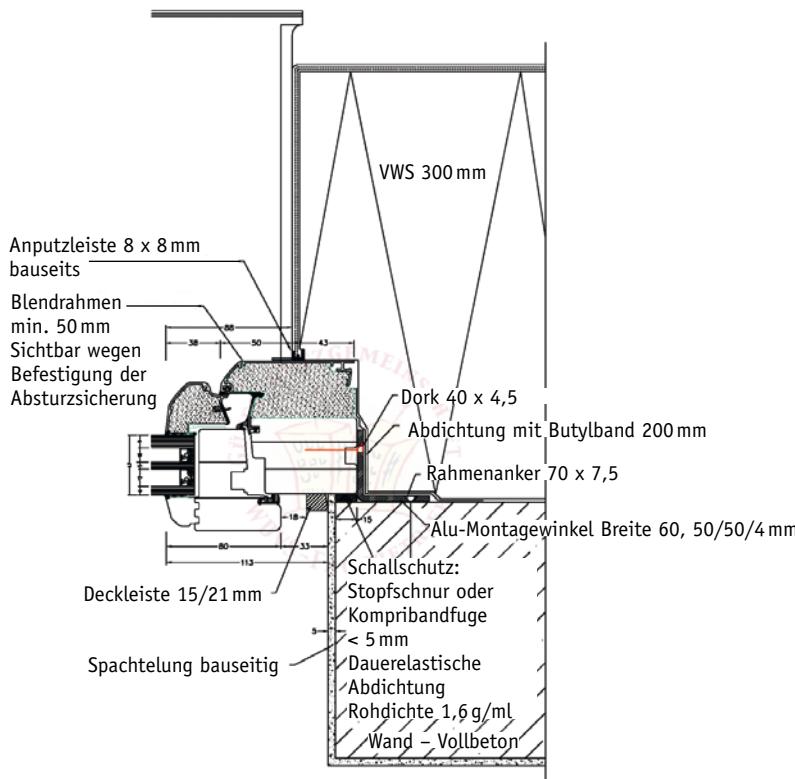


Abb. 64: Wohnanlage »Utendorfstraße« – Fensteranschluss [Schöberl & Pöll GmbH, Internorm International GmbH]

Bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurden Fenster mit einem U-Wert für das Glas von $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ zu einem Preis von 314,25 Euro/ m^2 Fensterfläche ausgeführt. Das sind 72,11 Euro/ m^2 Wohnnutzfläche. Der Preis für Fenster für ein Niedrigenergiehaus liegt bei demselben Hersteller bei 246,02 Euro/ m^2 Fensterfläche. Das sind 56,46 Euro/ m^2 Wohnnutzfläche. Der Unterschied beträgt 15,65 Euro/ m^2 Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Dreherstraße« werden Fenster für 388,15 Euro/ m^2 Fensterfläche eingesetzt. Fenster für die Niedrigenergiehäuser, welche einen U_f -Wert von $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einen U_g -Wert von $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ haben, kosten 312,0 Euro/ m^2 Fensterfläche, also 76,15 Euro/ m^2 Fensterfläche weniger. Dies entspricht 16,55 Euro/ m^2 Wohnnutzfläche.

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr-/ Minderkosten	
	/ m^2 Bauteil	/ m^2 WNFL	/ m^2 Bauteil	/ m^2 WNFL	/ m^2 Bauteil	/ m^2 WNFL
Glas	47,25	6,17	63,52	8,30	16,27	+2,13
Rahmen					0,00	0,00
Montage	25,64	3,35	71,79	9,38	46,15	+6,03
Gesamt						+8,16

Tabelle 25: Wohnanlage »Utendorfstraße« – bauliche Mehrkosten Fenster, ca. 390 Quadratmeter Fenster [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Fenster inkl. Montage	246,02	56,46	314,25	72,11		
Gesamt	246,02	56,46	314,25	72,11		+15,65

Tabelle 26: Wohnanlage »Mühlweg« – bauliche Mehrkosten Fenster [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Fenster	312,00	67,81	388,15	84,36	+76,15	+16,55
Gesamt						+16,55

Tabelle 27: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Mehrkosten Fenster [Euro exkl. USt., Stand 2008]

8.6.2 Erhöhter Schallschutz

Bei Passivhausfenstern mit erhöhten Schallschutz von 42 dB (und U_w -Wert 0,74 W/m²K) erhöht sich der Preis je Quadratmeter Fensterfläche von 63,52 Euro auf 127 Euro.

	Passivhaus		Passivhaus + Schallschutz		Mehr- / Minderkosten Schallschutz	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Glas	63,52	8,30	127,00	16,59	63,48	+8,29
Rahmen					0,00	0,00
Montage	71,79	9,38	71,79	9,38	0,00	0,00
Gesamt						+8,29

Tabelle 28: Wohnanlage »Utendorfgasse« – Kosten Schallschutz bei Passivhaus [Euro exkl. USt., Stand 2006]

8.7 Hauseingangstür

Die Haustüren wurden bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« als thermisch getrennte Aluportale ausgeführt. Diese weisen eine hohe Luftdichtheit auf. Da das Treppenhaus einen Teil der warmen Hülle darstellt, müssen sie allerdings auch den wärmetechnischen Anforderungen genügen. Die drei Türen wurden zu einem Gesamtpreis von 7.000 Euro geliefert und montiert. Der Rahmen einer Eingangstür für ein Niedrigenergiehaus wäre um ca. 5 % günstiger, bei einem Kostenanteil von ca. 3.500 Euro für den Rahmen sind das 175 Euro. Die baulichen Mehrkosten für den Rahmen betra-

gen daher 0,12 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die Mehrkosten für die Dreifachverglasung je m² Bauteil betragen 16,27 Euro, das sind insgesamt 121,34 Euro für die Portale. Die baulichen Mehrkosten für die Hauseingangstüren betragen in Summe 0,17 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurde ein Windfang mit zwei thermisch getrennten Stahltüren eingesetzt mit einem U-Wert von 1,0 für das verwendete Glas. Die Türen mit 2,8 m Breite und ca. 2,3 m Höhe kosten 7.277 Euro für das äußere und 5.940 Euro für das innere Tür. Die Tür entspricht dem Niedrigenergiehausstandard. Daher werden hier keine Mehrkosten für Passivhausstandard angesetzt. Um den Passivhausstandard zu erreichen, wurden anderweitig Maßnahmen getroffen, die dies rechnerisch kompensieren. Um einen überdachten Eingangsbereich zu schaffen, wurde das Eingangsportal ins Gebäude hereingezogen, die so entstehenden Wände nach außen wurden mit einer Vakuumdämmung versehen. Die insgesamt 100 m² wurden um einen Materialpreis von 20.000 Euro angeboten, das sind inklusive Verlegung 202,81 Euro/m² Dämmung, bzw. Mehrkosten von 3,01 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Dreherstraße« werden zwei Türen eingesetzt, die je 250,00 Euro pro Bauteil mehr kosten als die entsprechenden Bauteile bei den Niedrigenergiehäusern der Wohnhausanlage.

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Rahmen		2,35		2,23		+0,12
Glas	47,25	0,12	63,52	0,47	16,27	+0,05
Einbau		0,06		0,17		0,11
Gesamt						+0,28

Tabelle 29: Wohnanlage »Utendorfstraße« – bauliche Mehrkosten Eingangsportal
[Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Haus- eingang Dämmung zusätzlich (pro m ²)	0,00	0,00	202,81	3,01	+202,81	+3,01
Gesamt						+3,01

Tabelle 30: Wohnanlage »Mühlweg« – bauliche Mehrkosten Eingangsportal
[Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Hauseingang					+250,00	+0,21
Gesamt						+0,21

Tabelle 31: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Mehrkosten Eingangsportal [Euro exkl. USt., Stand 2008]

8.8 Notkamin

Notkamine (Notschorrnsteine) dienen in zentral beheizten Gebäuden im Notfall dem Anschluss von Feuerstätten für feste Brennstoffe. Not- bzw. Reservekamine waren in Deutschland in einigen Bundesländern bis in die 1960er Jahre in Landesbauordnungen vorgeschrieben, heute sind sie nicht mehr Bestandteil der Landesbauordnungen. In Österreich sind sie in einigen Bundesländern durch die Bauordnungen vorgeschrieben. In Wien sind laut § 106 der Wiener Bauordnung keine Notkamine bei Passivhäusern erforderlich.

Aus dem Entfall des Notkamins ergeben sich Minderkosten, die im Folgenden berechnet werden. Für die Kalkulation der Minderkosten bei der Wohnanlage »Utendorfstraße« wurde das Angebot des Baumeisters für einen keramischen Kamin herangezogen. Für jeden Kamin werden 756 Euro für den unteren und oberen Abschluss und 10,70 Euro für den Laufmeter Kamin kalkuliert. Bei drei Kaminen pro Haus und drei Häusern entstehen somit Kosten von 8.730 Euro bzw. 2,92 Euro/m² Wohnnutzfläche, die bei einem Passivhaus eingespart werden.

Bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurden Angebote des Bauträgers für ein vergleichbares Projekt herangezogen. Die Kosten für die Ausführung als Sammelkamin, die in Wien möglich ist, wurden wie folgt aufgeschlüsselt:

- Anschlussstück 29 Euro /Wohnung (4 Wohnungen /Kamin) 116 Euro
- Kamintür 44 Euro /Stück (1 Stück /Kamin) 44 Euro
- Reinigungsöffnung 34 Euro /Stück (1 Stück /Kamin) 34 Euro
- Abdeckplatte 87 Euro /Stück (1 Stück /Kamin) 87 Euro
- Kamin 58 Euro /lfm (20 m /Kamin) 1.160 Euro

Das sind 1.441 Euro pro Kamin. Bei vier Kaminen pro Haus und vier Häusern ergibt das Minderkosten von 23.056 Euro bzw. 3,42 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Die Notkamine bei der Wohnanlage »Dreherstraße« kosten bei den vier Niedrigenergiehäusern mit einer Gesamtwohnnutzfläche von 8.815 m² in Summe 24.500 Euro. Der Entfall des Notkamins beim Passivhaus kann also mit Minderkosten in Höhe von 2,78 Euro/m² Wohnnutzfläche angesetzt werden.

	Niedrigenergiehaus	Passivhaus	Mehr- / Minderkosten
	/m ² WNFL	/m ² WNFL	/m ² WNFL
Notkamin	2,92	0,00	-2,92
Gesamt			-2,92

Tabelle 32: Wohnanlage »Utendorfgasse« – Baukosten Notkamin [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus	Passivhaus	Mehr- / Minderkosten
	/m ² WNFL	/m ² WNFL	/m ² WNFL
Notkamin	3,42	0,00	-3,42
Gesamt			-3,42

Tabelle 33: Wohnanlage »Mühlweg« – Baukosten Notkamin [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/Stk	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/Stk	/m ² WNFL
Notkamin	6.125,00	2,78	0	0	-6.125,00	-2,78
Gesamt					-2,78	

Tabelle 34: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Minderkosten Notkamin [Euro exkl. USt., Stand 2008]

8.9 Verschattung

Passivhäuser verhalten sich im Sommer im Vergleich zu Niedrigenergiehäusern ähnlich. Es entstehen keine Mehr- bzw. Minderkosten für die Verschattung bei Passivhausbauweise.

8.10 Luftdichtheit

8.10.1 Aufzug

Für die Wohnanlage »Utendorfgasse« wurde eine kostenneutrale Lösung gefunden, die im Kapitel 5.2.4 bereits erläutert worden ist.

Der Aufzug in den Gebäuden der Wohnanlage »Mühlweg« befindet sich offen im Treppenhaus (Einhäusung durch Gitterkonstruktion). Es wird somit keine Öffnung des Aufzugsschachtes über Dach benötigt.

8.10.2 Elektroinstallationen

Der erhöhte Aufwand bei der Wohnanlage Utendorfgasse wurde pauschal vergütet mit einer Pauschale von 640 Euro für die passivhausspezifischen Anforderungen und

einer Pauschale von 240 Euro pro Schacht für deren Abdichtung. Bei drei Schächten ergibt das insgesamt 1.360 Euro, das sind 0,46 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Beim Bauvorhaben »Mühlweg« wurde für jeden Schacht ein Rahmenschott zu 100,28 Euro pro Stück angeboten. Bei vier Häusern bzw. Schächten sind das 0,06 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Beim Bauvorhaben »Dreherstraße« entspricht die Luftdichtigkeit des Gewerks Elektroinstallationen in den Niedrigenergiehäusern dem Standard, der beim Passivhaus gefordert wird. Es entstehen somit beim Passivhaus keine Mehrkosten.

	Niedrigenergiehaus	Passivhaus	Mehr- / Minderkosten
	/m ² WNFL	/m ² WNFL	/m ² WNFL
Abdichtung	0,00	0,46	+0,46
Gesamt			+0,46

Tabelle 35: Wohnanlage »Utendorfgasse« – bauliche Mehrkosten Elektroinstallationen [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Nebenkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/Stk Bauteil	/m ² WNFL	/Stk Bauteil	/m ² WNFL
Abdichtung	0,00	0,00	100,28	+0,06	+100,28	+0,06
Gesamt						+0,06

Tabelle 36: Wohnanlage »Mühlweg« – bauliche Mehrkosten Elektroinstallationen [Euro exkl. USt., Stand 2006]

8.10.3 Sanitär

Bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« entstehen keine Mehrkosten für die luftdichte Ausführung der Schächte, da die Durchführungen durch die warme Hülle aus brandschutzrechtlichen Gründen in jedem Fall vergossen werden müssen. Dasselbe gilt für Niedrigenergiehäuser.

Bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurden pro Haus Durchführungen zu 170,50 Euro angeboten. Bei vier Häusern sind das 0,10 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Dreherstraße« entspricht die Luftdichtigkeit des Gewerks Sanitär in den Niedrigenergiehäusern dem Standard, der beim Passivhaus gefordert wird. Es entstehen somit keine Mehrkosten.

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Nebenkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/Stk Bauteil	/m ² WNFL	/Stk Bauteil	/m ² WNFL
Abdichtung	0,00	0,00	170,50	+0,10	+170,50	+0,10
Gesamt						+0,10

Tabelle 37: Wohnanlage »Mühlweg« – bauliche Mehrkosten Sanitärinstallationen [Euro exkl. USt., Stand 2006]

8.11 Lüftungsanlage

Ausschlaggebend für die Wahl der verwendeten Produkte waren bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« der Wärmerückgewinnungsgrad des Wärmetauschers und die Stromaufnahme der Ventilatoren und Volumenstromregler, da diese den Primärenergiebedarf des Gebäudes bestimmen.

Die Lüftungsanlage mit Wärmetauscher verursachte Kosten von 149.070,57 Euro. Umgelegt auf die Wohnnutzfläche betragen die Kosten 49,83 Euro/m². Im Vergleich dazu betragen die Kosten in einer 75 m² Wohnung eines Niedrigenergiehauses für die Abluftanlage von Bad, WC und Küche ca. 1.125,00 Euro. Umgelegt auf die Wohnnutzfläche betragen die Kosten in einem Niedrigenergiehaus somit 15,00 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die Anlage verursacht also bauliche Mehrkosten von 34,83 Euro/m². Allerdings sollte bedacht werden, dass sich herkömmliche Systeme, sowohl was den Stand der Technik betrifft, als auch in den Bereichen Behaglichkeit (Luftbewegung, Lärm) und laufende Kosten mit der im Passivhaus installierten Anlage nicht vergleichen lassen. [BKI04]

Statt den Volumenstromreglern der zentralen Lösung kommen bei der semizentralen Variante geregelte Ventilatoren zum Einsatz. In anderen Komponenten unterscheiden sich die beiden Systeme de facto nicht. Die Kosten für Volumenstromregler belaufen sich bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« auf 264,00 Euro pro Stück, wobei pro Wohneinheit zwei benötigt werden. Die Kosten für geregelte Ventilatoren betragen ungefähr 260 Euro pro Stück, wobei ebenfalls zwei erforderlich sind. Beide Varianten sind also gleichpreisig.

Bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurde die gesamte Lüftung für 347.484,00 Euro angeboten, das sind 51,48 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die technisch sinnvollen Schallschutzmaßnahmen bei außen aufgestelltem Zentralgerät wurden für 14.000 Euro angeboten. Dies entspricht 2,07 Euro/m² Wohnnutzfläche. Abgezogen werden können die Ausgaben, die bei einem Niedrigenergiehaus für die übliche Abluftanlage anfallen: Zwei Ventilatoren je Wohneinheit für Bad und WC (160,00 Euro, bzw. 120,00 Euro), zuzüglich der erforderlichen Rohrlängen (16,82 Euro/lfm) und Tellerventile (15,16 Euro/Stk). Diese Minderkosten liegen in Summe bei 5,58 Euro/m² Wohnnutzfläche. Es ergeben sich also Mehrkosten von 47,97 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Bei der Wohnanlage »Dreherstraße« belaufen sich die Kosten für die Lüftungsanlage im Passivhaus auf 135.500 Euro. Dies entspricht Kosten von 56,20 Euro pro m² Wohnnutzfläche. Bei den vier Niedrigenergiehäusern der Wohnhausanlage wird für die Lüftung (Abluft Bad und WC; die Garagenentlüftung ist in dem Betrag nicht inkludiert) rund 133.500 Euro ausgegeben. Bei einer Gesamtwohnnutzfläche der vier Gebäude von 9.167,40 m² sind das 14,56 Euro/m² WNFL. Diese Kosten entfallen bei der Errichtung des Passivhauses.

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/Bauteil	/m ² WNFL	/Bauteil	/m ² WNFL	/Bauteil	/m ² WNFL
Lüftungsanlage	44.790,00	15,00	148.792,38	49,83	+104.002,38	+34,83
Gesamt						+34,83

Tabelle 38: Wohnanlage »Utendorfgasse« – bauliche Mehrkosten Lüftungsanlage
[Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/Bauteil	/m ² WNFL	/Bauteil	/m ² WNFL	/Bauteil	/m ² WNFL
Lüftungsanlage			347.484,00	51,48	+347.484,00	+51,48
Schallschutzmaßnahmen			14.000,00	2,07	+14.000	+2,07
Ventilatoren	26.800,00	3,97			-26.800,00	-3,97
Kanäle	8.746,40	1,30			-8.746,40	-1,30
Tellerventile	2.114,00	0,31			-2.114,00	-0,31
Gesamt						+47,97

Tabelle 39: Wohnanlage »Mühlweg« – bauliche Mehrkosten Lüftungsanlage
[Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/Bauteil	/m ² WNFL	/Bauteil	/m ² WNFL	/Bauteil	/m ² WNFL
Lüftungsanlage	133.500	14,56	135.500	56,20	+98.995,66	+41,64
Gesamt						+41,64

Tabelle 40: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Mehrkosten Lüftungsanlage
[Euro exkl. USt., Stand 2008]

8.12 Heizung

Im Vergleich zu konventionellen Wohnbauten liegen die Kosten für die Heizung beim Passivhaus tiefer. Der wesentliche Unterschied liegt in der Wärmeeinbringung in die Wohnungen. Während im konventionellen Wohnbau meist Radiatoren zum Einsatz kommen, erfolgt die Wärmezufuhr im Passivhaus bei »klassischer« Ausführung über die Lüftungsanlage. Jede Wohneinheit wird mit einem Heizregister im Zuluftkanal ausgestattet, damit wird die Zuluft auf max. 52 °C erwärmt. Diese Wärmemenge

genügt im Regelfall bei korrekter Planung und Ausführung zur Abdeckung der erforderlichen Heizlast.

Die Baukosten für ein Heizregister pro Wohnung betragen inklusive Einbau 185 Euro. Das sind bei der Wohnanlage »Utendorfgasse« mit 39 Wohneinheiten 2,42 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die Kosten für Heizkörper und die notwendigen Verteilleitungen in den Wohnungen entfallen. Die Steigleitungen werden beim Passivhaus mit einer stärkeren Dämmung versehen, die Leitungen selbst haben einen geringeren Querschnitt, als bei einem Niedrigenergiehaus. Somit kann die erhöhte Leitungsdämmung im Passivhaus als etwa kostenneutral angesehen werden. Das für den Betrieb der Heizregister notwendige Heizungswasser wird gemeinsam mit der Warmwasserbereitung erzeugt. Die dafür verwendete Gasbrennwerttherme hat 40 kW. Ein Gerät in einem Niedrigenergiehaus, bei dem zusätzlich zu Warmwasser auch die Heizwärme erzeugt werden muss, hätte ca. 70 kW und wäre um ca. 1.500 Euro pro Gerät teurer. Bei drei Geräten in der »Utendorfgasse« ergeben sich somit Minderkosten von ca. 1,50 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die Kosten für Heizkörper und Verteilleitungen im Standard eines Niedrigenergiehauses werden mit 2.500 Euro/Wohneinheit angenommen bei einer Durchschnittsgröße von 75 m²/Wohneinheit sind das Minderkosten von 33,30 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Die vorhandenen Daten bei der Wohnanlage »Mühlweg« sind nicht differenziert genug erfasst, um eine genaue Aussage in Bezug auf die Minderkosten der Heizungsanlage treffen zu können. Daher wird die Mehr-/Minderkostenrechnung eines vergleichbaren Bauvorhabens (36 Wohneinheiten und ca. 2.500 m² Wohnnutzfläche) für die Kalkulation der Wohnanlage »Mühlweg« herangezogen: Die Kosten betragen 31,92 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die rechnerischen Mehrkosten für das Heizregister, welches in der Wohnanlage »Mühlweg« aus folgendem angeführten Grund nicht realisiert wird, liegen bei 2,43 Euro/m² Wohnnutzfläche. Bei der Wohnanlage »Mühlweg« wurden Heizkörper in den Wohnräumen vorgesehen, die im Wesentlichen vor oder in der Nähe der Fenster montiert sind. Diese Heizkörper ermöglichen eine raumweise Regulierung der Temperatur.

Sie gehören nicht notwendigerweise zur Ausstattung eines Passivhauses. Im Folgenden werden die Kosten für diese raumweise Temperaturregelung ermittelt:

Die Ventilheizkörper kosten 95,00 Euro/Stk. (171W, 216 Stk.), bzw. 138,00 Euro/Stk. (535W, 81 Stk.). Dies sind 4,69 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die Heizwärme- und Warmwassererzeugung läuft über Standardbrennwerthermen (8 Stk. zu 2.370 Euro). Die Kosten liegen bei 2,81 Euro/m² Wohnnutzfläche. In einem Niedrigenergiehaus wären durchgängig die großen Heizkörper (535 W) verwendet worden. Die Kosten für 297 Stück Heizkörper mit 535W für 138 Euro liegen bei 6,07 Euro/m² Wohnnutzfläche. Das ergibt eine Differenz von 1,38 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die Wärmeerzeugung liefet über Thermen, die ungefähr das Doppelte kosten würden, die Warmwassererzeugung ändert sich nicht. Es würden für die Heizwärme- und Warmwassererzeugung der Wohnhausanlage vier Thermen für ca. 5.000 Euro und vier Thermen zu 2.370 Euro verwendet. Dies ergäbe Kosten von 4,37 Euro/m² Wohnnutzfläche. Die Kosten für Steigleitungen und Dämmung variieren zwischen den beiden Lösungen nicht.

Die Gesamt-Mehrkosten für die raumweise Temperaturregelung errechnen sich wie folgt:

Der ermittelte Aufpreis für eine Niedrigenergiehaus-Heizungsanlage von 31,92 Euro/m² Wohnnutzfläche wird um die Differenz für raumweise Temperaturregelung verringert, also um jene Kosten, die eingespart werden, weil die Heizkörper kleiner dimensioniert werden (1,38 Euro/m² Wohnnutzfläche) und die Thermen für eine geringere Leistung ausgelegt werden können (1,56 Euro/m² Wohnnutzfläche). Die Minderkosten für das Heizregister, welches im Fall der raumweisen Temperaturregelung nicht realisiert wird, liegen bei 2,43 Euro/m² Wohnnutzfläche. Sie sind ebenfalls in Ansatz zu bringen. Der Aufpreis für die Heizungsanlage mit raumweiser Temperaturregelung beträgt somit 26,55 Euro/m² Wohnnutzfläche.

Der wesentliche Bauteil, das Nachheizregister für die Heizung des Passivhauses, ist in der Dreherstraße bereits in den Kosten für die Lüftungsanlage eingeflossen. Die Kosten für die im Passivhaus nicht in der Form vorhandene Niedrigenergiehaus-Heizungsanlage sind als Minderkosten anzusetzen. Bei Gesamtkosten von 369.000 Euro für die Heizungsanlage der vier Niedrigenergiehäuser bei einer Wohnnutzfläche von 8.815 m² entstünden somit Minderkosten in der Höhe von 41,86 Euro/m² Wohnnutzfläche. Werden noch die im Passivhaus zu erstellenden Steigleitungen berücksichtigt, die Hauszuleitung und die Heizzentrale, die im Passivhaus kleiner als in den Niedrigenergiehäusern dimensioniert werden, kann von Minderkosten von rund 38,00 Euro/m² Wohnnutzfläche ausgegangen werden.

	Niedrigenergiehaus	Passivhaus	Mehr- / Minderkosten
	pro m ² WNFL	pro m ² WNFL	pro m ² WNFL
Wärme- erzeugung	13,94	12,44	-1,50
Steig- leitungen + Dämmung	11,23	11,23	0,00
Heizkörper + Verteil- leitungen	33,30	0,00	-33,30
Heizregis- ter in den Wohnungen	0,00	2,42	+2,42
Gesamt			-32,38

Tabelle 41: Wohnanlage »Utendorfgasse« – bauliche Minderkosten Heizung [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus	Passivhaus	Mehr- / Minderkosten
	pro m ² WNFL	pro m ² WNFL	pro m ² WNFL
Differenz zum Niedrig-energie-haus			-31,92
Heiz-register		2,43	2,43
Gesamt			-29,49

Tabelle 42: Wohnanlage »Mühlweg« – bauliche Minderkosten Heizungsanlage [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus	Passivhaus	Mehr- / Minderkosten
	pro m ² WNFL	pro m ² WNFL	pro m ² WNFL
Differenz zum Niedrig-energie-haus			31,92
Wärme-erzeugung	4,37	2,81	-1,56
Steig-leitungen + Dämmung			0,00
Heizkörper	6,07	4,69	-1,38
Leitungen wohnungs-weise			0,00
Heiz-register			-2,43
Gesamt			26,55

Tabelle 43: Wohnanlage »Mühlweg« – Aufpreis Heizungsanlage mit raumweiser Temperaturregelung [Euro exkl. USt., Stand 2006]

	Niedrigenergiehaus		Passivhaus		Mehr- / Minderkosten	
	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL	/m ² Bauteil	/m ² WNFL
Heizung	369.000,00	41,86	9.306,00	3,86	-91.618,00	-38,00
Gesamt						-38,00

Tabelle 44: Wohnanlage »Dreherstraße« – bauliche Minderkosten Heizung [Euro exkl. USt., Stand 2008]

9 Zusammenstellung der baulichen Mehrkosten

Die Prüfung der tatsächlich anfallenden Kosten bei der Wohnanlage »Utendorfgas« hat ergeben, dass die baulichen Mehrkosten einen Betrag von 41,31 Euro/m² Wohnnutzfläche ausmachen. Damit wurde die Zielvorgabe vom Bauträger, mit den Mehrkosten unter 75 Euro/m² Wohnnutzfläche zu bleiben, eingehalten. Diese machen 3,9 % der Bauwerkskosten aus.

Werden die vergleichbaren anfallenden Mehrkosten der Wohnanlage »Mühlweg« summiert, ergeben sich bauliche Mehrkosten exklusive raumweiser Temperaturregelung von 57,35 Euro/m² Wohnnutzfläche, das entspricht 5,6 % der Bauwerkskosten.

Die Ermittlung der angefallenen Mehrkosten bei der Wohnanlage »Dreherstraße« ergab, dass die baulichen Mehrkosten dieses Bauvorhabens einen Betrag von 54,82 Euro/m² Wohnnutzfläche ausmachen. Dies entspricht 5,0 % der Bauwerkskosten.

Die Lüftungsanlage ist bei allen drei Projekten der größte Mehrkostenverursacher. Des Weiteren sind die Fenster bzw. Außenwand als Mehrkostenverursacher hervorzuheben, sowie die Dachdämmung und die der untersten Geschossdecken.

Die Kostenanalyse der baulichen Mehrkosten der drei Passivhauswohnanlagen hat gezeigt, dass es möglich ist, mit Mehrkosten von 41,31 bis 57,35 Euro/m² Wohnnutzfläche mehrgeschossige Passivwohnhausanlagen zu bauen, ohne dass auf einen hohen Standard in der Ausführung und Ausstattung des Gebäudes verzichtet werden muss.

Bauteil	Mehrkosten /m ² NFL	Einheit	Mehrkosten in % der Bauwerkskosten
8.1 Außenwand	+14,76	Euro/m ²	+1,4 %
8.2 Dach			
8.2.1 Dachfläche	+5,95	Euro/m ²	+0,6 %
8.3 Unterste Geschossdecke	+6,21	Euro/m ²	+0,6 %
8.4 KG Zugang Treppenhaus	+4,16	Euro/m ²	+0,4 %
8.5 Wände über Tiefgarage	+1,80	Euro/m ²	+0,2 %
8.6 Fenster	+8,16	Euro/m ²	+0,8 %
8.7 Hauseingangstür	+0,28	Euro/m ²	+0,0 %
8.8 Notkamin	-2,92	Euro/m ²	-0,3 %
8.9 Verschattung	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.10 Luftdichtheit			
8.10.1 Aufzug	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.10.2 Elektroinstallationen	+0,46	Euro/m ²	0,0 %
8.10.3 Sanitärinstallationen	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.11 Lüftungsanlage			
Mehrkosten	+49,83	Euro/m ²	+4,8 %
Minderkosten	-15,00	Euro/m ²	-1,4 %
8.12 Heizung			
Mehrkosten	+2,42	Euro/m ²	+0,2 %
Minderkosten	-34,80	Euro/m ²	-3,3 %
Zwischensumme Minderkosten	-52,72	Euro/m ²	+5,0 %
Zwischensumme Mehrkosten	+94,03	Euro/m ²	-9,0 %
SUMME Mehrkosten	+41,31	Euro/m²	+3,9 %

Tabelle 45: Wohnanlage »Utendorfgasse« – Tabelle der baulichen Mehrkosten [Euro exkl. UST., Stand 2006]

Bauteil	Mehrkosten /m ² NFL	Einheit	Mehrkosten in % der Bauwerkskosten
8.1 Außenwand	+15,15	Euro/m ²	+1,5 %
8.2 Dach			
8.2.1 Dachfläche	+3,11	Euro/m ²	+0,3 %
8.2.2 Dachterrassen	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.3 Unterste Geschossdecke	+1,89	Euro/m ²	+0,2 %
8.4 KG Zugang Treppenhaus	+3,32	Euro/m ²	+0,3 %
8.5 Wände über Tiefgarage	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.6 Fenster	+15,65	Euro/m ²	+1,5 %
8.7 Hauseingangstür	+3,01	Euro/m ²	+0,3 %
8.8 Notkamin	-3,42	Euro/m ²	-0,3 %
8.9 Verschattung	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.10 Luftdichtheit			
8.10.1 Aufzug	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.10.2 Elektroinstallationen	+0,06	Euro/m ²	+0,0 %
8.10.3 Sanitärinstallationen	+0,10	Euro/m ²	+0,0 %
8.11 Lüftungsanlage			
Mehrkosten	+53,55	Euro/m ²	+5,2 %
Minderkosten	-5,58	Euro/m ²	-0,5 %
8.12 Heizung			
Mehrkosten	+2,43	Euro/m ²	+0,2 %
Minderkosten	-31,92	Euro/m ²	-3,1 %
Zwischensumme Minderkosten	-40,92	Euro/m ²	-4,0 %
Zwischensumme Mehrkosten	+98,27	Euro/m ²	+9,5 %
SUMME Mehrkosten	+57,35	Euro/m²	+5,6 %
8.12 Zusatzkosten Heizung für raumweise Temperaturregelung	+26,55	Euro/m ²	+2,6 %
SUMME Mehrkosten inkl. raumweise Temperaturregelung	+83,90	Euro/m²	+8,1 %

Tabelle 46: Wohnanlage »Mühlweg« – Tabelle der baulichen Mehrkosten [Euro exkl. USt., Stand 2006]

Bauteil	Mehrkosten /m ² NFL	Einheit	Mehrkosten in % der Bauwerkskosten
8.1 Außenwand	+11,36	Euro/m ²	+1,0 %
8.2 Dach			
8.2.1 Dachfläche	+7,96	Euro/m ²	+0,7 %
8.2.2 Dachterrassen	+7,58	Euro/m ²	+0,7 %
8.3 Unterste Geschossdecke	+6,45	Euro/m ²	+0,6 %
8.4 KG Zugang Treppenhaus	+4,08	Euro/m ²	+0,4 %
8.5 Wände über Tiefgarage	+0,35	Euro/m ²	+0,0 %
8.6 Fenster	+16,55	Euro/m ²	+1,5 %
8.7 Hauseingangstür	+0,21	Euro/m ²	+0,0 %
8.8 Notkamin	-2,78	Euro/m ²	-0,3 %
8.9 Verschattung	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.10 Luftdichtheit			
8.10.1 Aufzug	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.10.2 Elektroinstallationen	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.10.3 Sanitärinstallationen	0,00	Euro/m ²	0,0 %
8.11 Lüftungsanlage			
Mehrkosten	+56,20	Euro/m ²	+5,1 %
Minderkosten	-14,56	Euro/m ²	-1,3 %
8.12 Heizung			
Mehrkosten	0,00	Euro/m ²	0,0 %
Minderkosten	-38,00	Euro/m ²	-3,4 %
Zwischensumme Minderkosten	-55,92	Euro/m ²	-5,1 %
Zwischensumme Mehrkosten	+110,74	Euro/m ²	+10,0 %
SUMME Mehrkosten	+54,82	Euro/m²	+5,0 %

Tabelle 47: Wohnanlage »Dreherstraße« – Tabelle der baulichen Mehrkosten [Euro exkl. USt., Stand 2008]

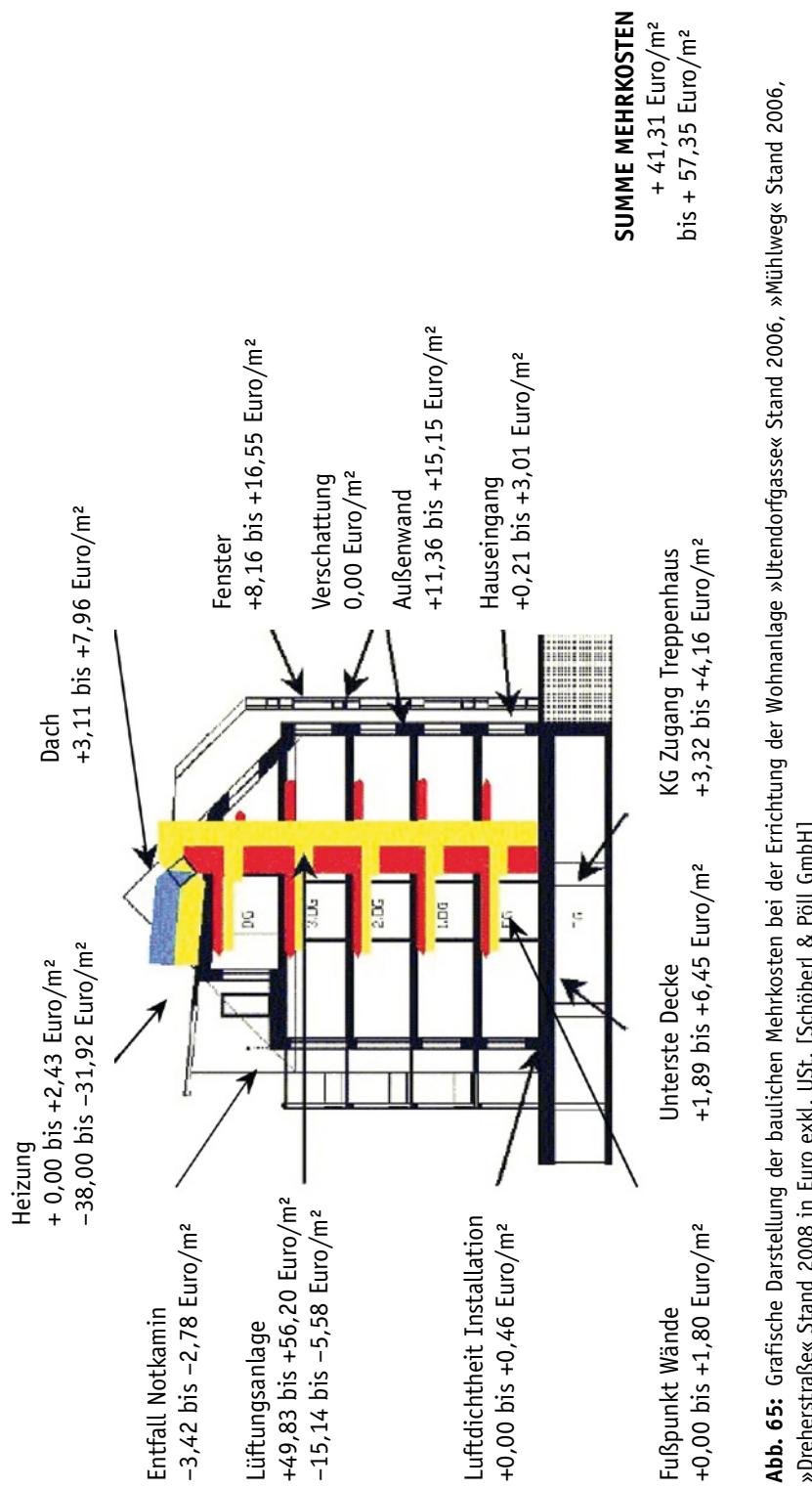


Abb. 65: Grafische Darstellung der baulichen Mehrkosten bei der Errichtung der Wohnanlage »Uttendorfsgasse« Stand 2006, »Mühlweg« Stand 2008 in Euro exkl. USt. [Schöberl & Pöll GmbH]

IV Nutzer und Ergebnisse

10 Messergebnisse Heizung, Raumtemperaturen und Luftqualität

Die drei Passivhauswohnanlagen Utendorfgasse, Mühlweg und Dreherstraße wurden im Rahmen der Programmlinie »Haus der Zukunft« vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gemessen. Die Messungen wurden nach dem Einzug der Bewohner von der AEE INTEC (Gleisdorf) durchgeführt.

Das Ergebnis war, dass die Raumtemperaturen nicht nur deutlich zwischen den einzelnen Wohnhausanlagen, sondern auch unter den einzelnen Wohnungen innerhalb der Bauwerke variieren. Diese Gebäudeinternen Differenzen resultieren vor allem aus unterschiedlichem Nutzerverhalten und Lagen der Wohneinheiten im Gebäude. Die Raumfeuchten in den Messwohnungen zeigen im Jahresverlauf in den Wintermonaten ein Minimum, sind aber mit 30 bis 40 % noch im komfortablen Bereich.

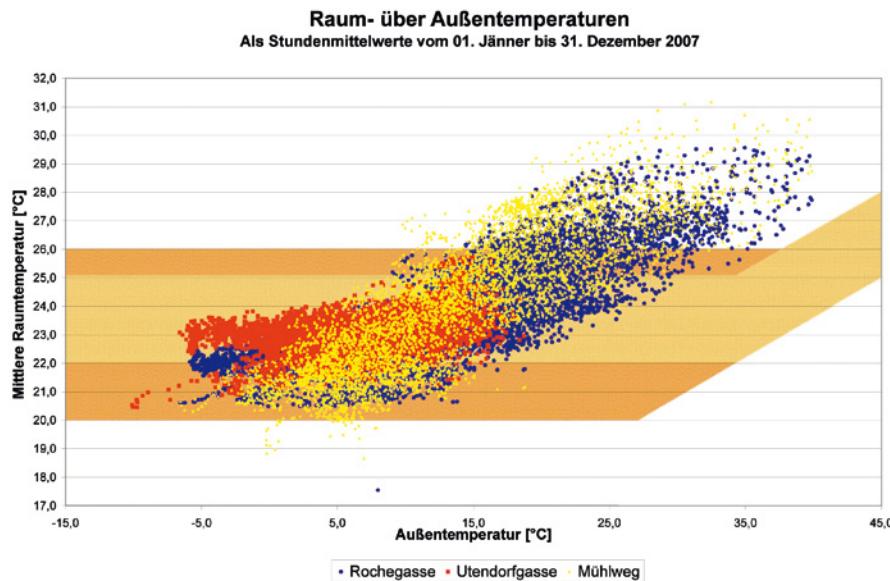


Abb. 66: Raumtemperaturen im Vergleich zu Raumtemperaturkomfort anhand drei Wiener Passivhäusern im Jahr 2007. [AEE INTEC]

Während der wärmsten Periode im Sommer 2007 (17. Juli bis 23. Juli) wurden die Raumtemperaturen in den unterschiedlichen Wohnungen der einzelnen Anlagen gemessen. Auffallend ist vor allem, dass die Schwankungsbreite der Raumtemperaturen innerhalb des gleichen Wohnkomplexes sehr unterschiedlich ist. Die Gründe dafür liegen einerseits an gebäudespezifischen Faktoren wie Ausrichtung, wirksame Speichermassen in den Räumen, interne Lasten usw., andererseits am Nutzerverhalten hier wird fallweise gerade in solchen Extremsituationen, wie es in dieser Hitzeperiode auch der Fall war, auch tagsüber über das Fenster oder die Balkontüren quergelüftet. Dies führt durch den Luftzug zwar zu einem subjektiv angenehmeren Temperaturrempfinden, heizt aber objektiv gesehen die Wohnungen sehr stark auf.

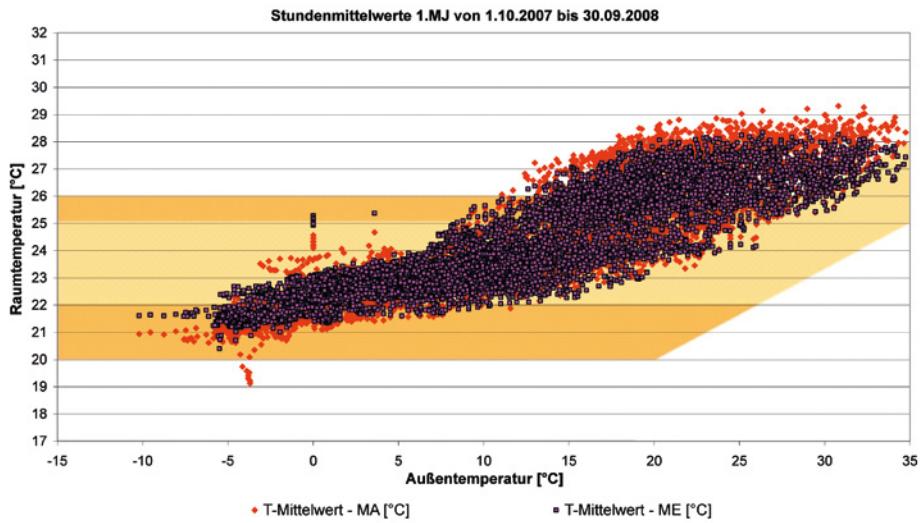


Abb. 67: Raumtemperaturen im Vergleich zu Raumtemperaturkomfort anhand eines Niedrigenergiehauses (Haus Mango) und eines Passivhauses (Haus Melone) der Wohnanlage Dreherstraße Jahr 2007/2008. [AEE INTEC]

In der Abbildung 67 ist der Vergleich der Raumtemperatur zwischen einem Niedrigenergiehaus und einem Passivhaus anhand zweier Baukörper der Wohnanlage Dreherstraße zu sehen. Man sieht deutlich, dass im Winter sowie auch im Sommer gleiche Temperaturen in beiden Objekten vorzufinden sind. Das zeigt, dass sich das thermische Wohlbefinden in einem Passivhaus auch im Sommer im Vergleich zu einem Niedrigenergiehaus nicht verschlechtert, sondern dem Verhalten des Niedrigenergiehauses folgt.

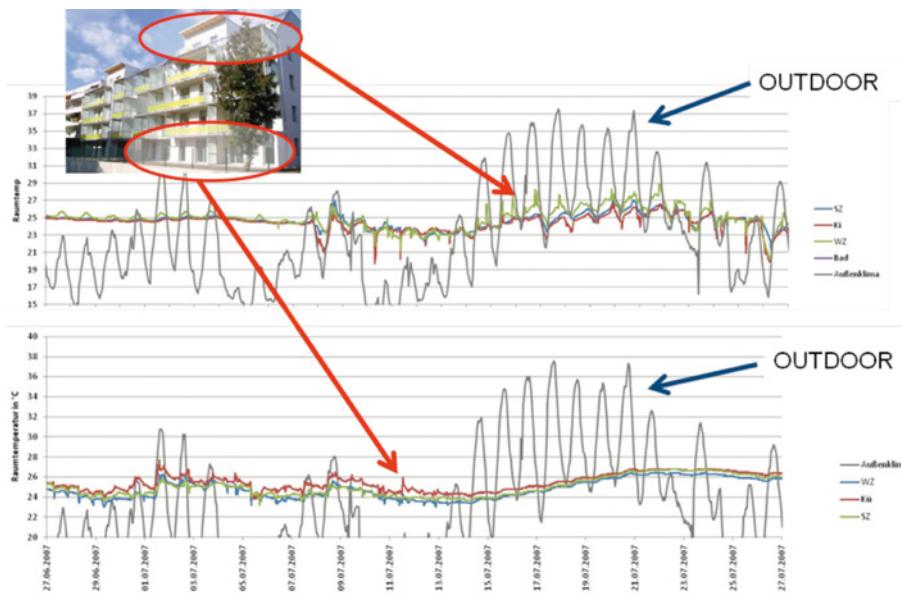


Abb. 68: Sommerliche Raumtemperaturen von zwei Wohnungen im Passivhaus Utendorfgasse im Sommer 2007. [Bednar, T., TU Wien]

Das Potenzial eines Passivhauses kann anhand der Abbildung 68 gezeigt werden. Man sieht, dass trotz der hohen Temperaturen und der großen Temperaturschwankungen die Raumtemperatur in einem Passivhaus annähernd konstant und im Temperaturkomfortbereich bleibt.

Abbildung 69 zeigt den Endenergieverbrauch pro Quadratmeter Wohnnutzfläche im Projekt Mühlweg für das erste Messjahr. Im Gegensatz zum Heizenergiewärmebedarf beinhaltet der Endenergieverbrauch auch sämtliche systembedingten Verluste wie Kesselwirkungsgrad, Speicherverluste, Verteilerverluste usw. In der Heizperiode wurden in Summe $17,73 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ Endenergie für die Raumheizung verbraucht. Der Endenergieverbrauch für die Warmwasserbereitung beträgt in Summe $22,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ und wird je zur Hälfte aus der Solaranlage und dem Gaskessel gedeckt. An Haushaltsstrom wurde in diesem Zeitraum $17,92 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ verbraucht, was mehr als die Hälfte des Gesamtstromverbrauches darstellt. Die restlichen Stromflüsse teilen sich auf Lüftungsstrom, Technikstrom und Allgemeinstrom auf.

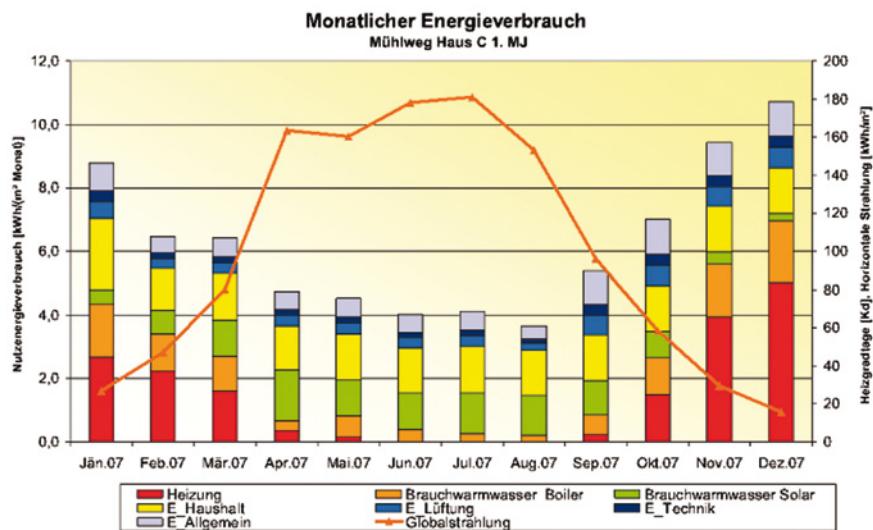


Abb. 69: Monatlicher Endenergieverbrauch und Globalstrahlung vom Mühlweg im ersten Messjahr [AEE INTEC]

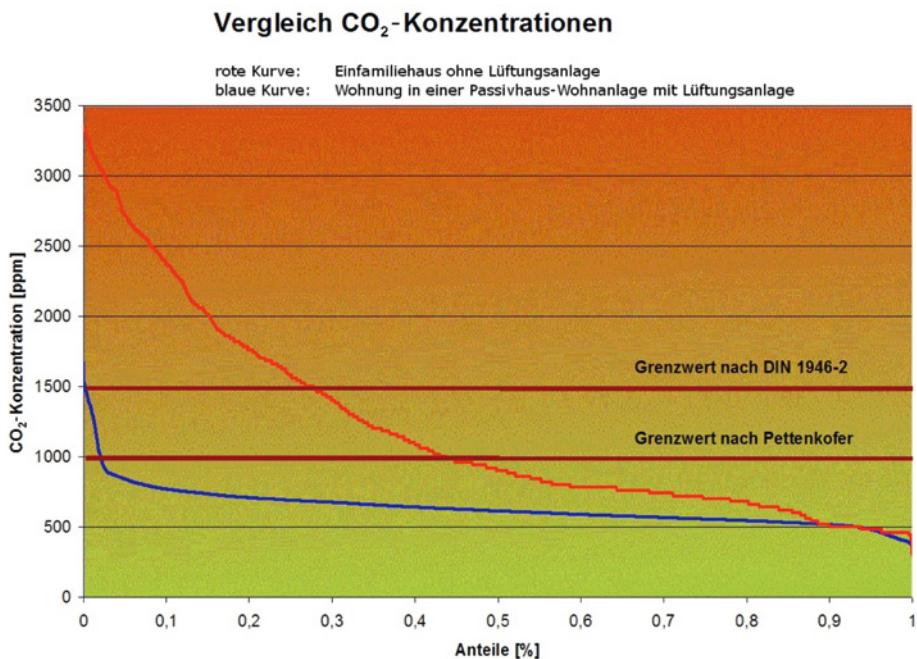


Abb. 70: Vergleich der CO₂-Konzentrationen zwischen einem Einfamilienhaus ohne Lüftungsanlage und einer Wohnung in einer Passivhauswohnanlage mit Lüftungsanlage [AEE INTEC; Schöberl & Pöll GmbH]

Abbildung 70 zeigt den Verlauf der CO₂-Konzentrationen in einer Wohnung einer Passivhauswohnanlage in Wien mit Lüftungsanlage im Vergleich mit einem Einfamilienhaus ohne Lüftungsanlage. Der gemessene Zeitzeitraum erstreckt sich von Juli 2007 bis Dezember 2007. Der Chemiker und Hygieniker Max Josef von Pettenkofer hat bereits im Jahr 1858 den Grenzwert von 1.000 ppm CO₂-Konzentrationen festgelegt bei dem Beschwerden wie Müdigkeits- bzw. Konzentrationsschwächen auftreten können. Eine Übertretung der Pettenkoferzahl wurde in der Passivhauswohnung nur an 2 % des kompletten Messzeitraums registriert. Der Mittelwert lag bei 636 ppm. Nach heutigem Standard ist der Grenzwert nach DIN 1946-2 definiert und liegt bei einer CO₂-Konzentration von 1.500 ppm.

Die Entwicklung der Passivhaustechnologie hat mittlerweile einen sehr hohen Standard erreicht. Vor allem die baulichen Maßnahmen zur Erreichung der Passivhausqualität wie ausreichende Wärmedämmung der Umschließungsflächen sowie der Fenster und Türen, die Vermeidung von Wärmebrücken, Luftdichtheit und die Wärmerückgewinnung, aus der durch eine mechanische Lüftungsanlage ausgetauschten Luft, sind in einem sehr hohen Maß erfolgreich umgesetzt. Bestätigt werden diese Aussagen durch die Ergebnisse des gemessenen Nutzenergieverbrauchs. Rechnet man den gemessenen Heizwärmebedarf auf die projektierte Raumtemperatur von 20 °C und den Standardklimasatz von Wien um, bleiben die gemessenen Werte deutlich unter der Passivhausgrenze von 15 kWh/(m²a). Das bedeutet für die Utendorfgasse bei einer an den Heizgradtagen mittleren gemessenen Raumtemperatur von 22,97 °C, dass sich statt dem gemessenen Heizenergiebedarf von 15,48 kWh/(m²a) ein bereinigter Heizenergiebedarf von 12,86 kWh/(m²a) ergibt. Umsetzungsdefizite gibt es teilweise noch bei der Erzeugung bzw. der Verteilung der benötigten Heizenergie bzw. bei der Energie zur Bereitstellung des Warmwassers. Verbesserungspotenzial gibt es auch in der Wahl der im Haushalt eingesetzten elektrischen Geräte. Eine gewaltige Steigerung der Wohnqualität gegenüber Niedrigenergiehäusern wird durch die verbesserte Luftqualität erreicht, was sich vor allem in der Nutzerzufriedenheit widerspiegelt (näheres siehe dazu Kapitel 12 Ergebnisse Evaluation der Wohnzufriedenheit).

	Mühlweg	Utendorfgasse	Dreherstraße
HWB _{TFA} berechnet Heizwärmebedarf nach dem Monatsverfahren	HWB _{TFA} = 13,1 kWh/(m ² a)	HWB _{TFA} = 13,2 kWh/(m ² a)	HWB _{TFA} = 12,1 kWh/(m ² a)
HWB _{TFA} gemessen (Mittelwert der gemessenen Wohneinheiten bei den gemessenen Raumtemperaturen)	HWB _{TFA} = 13,71 kWh/(m ² a)	HWB _{TFA} = 15,48 kWh/(m ² a)	HWB _{TFA} = 14,97 kWh/(m ² a)
HWB _{TFA} Klima- und Raumtemperatur – bereinigt vergleichbar mit dem HWB _{TFA} berechnet	HWB _{TFA} = 12,59 kWh/(m ² a)	HWB _{TFA} = 12,86 kWh/(m ² a)	HWB _{TFA} = 14,26 kWh/(m ² a)

Tabelle 48: Heizwärmebedarf drei gemessener Passivwohnanlagen im ersten Messjahr – Mühlweg 1.1.–31.12.2007, Utendorfgasse 1.1.–31.12.2007, Dreherstraße 1.10.2007–30.9.2008. [Schöberl & Pöll GmbH]

11 Nutzereinführung

Passivhäuser bedingen insbesondere durch die mechanische Lüftungsanlage ein anderes Nutzerverhalten als im herkömmlichen Wohnbau. Im Sommer verhält sich ein Passivhaus wie jedes andere Gebäude. Verschatten und Nachtlüften muss im Passivhaus aber schon in der Übergangszeit erfolgen. Gezielte Informationsmaßnahmen zu passivhaus-spezifischen Belangen sind daher unabdingbar.

Die spätere Zufriedenheit ist entscheidend von der Nutzereinführung abhängig (siehe Kapitel 12). Sozialwissenschaftliche Evaluierungen zu umgesetzten Informationsstrategien bei Passivhäusern mit entsprechendem Datenmaterial beschränkten sich vor fünf Jahren im Wesentlichen auf zwei Literaturquellen. Zur Erstinformation beim Einzug gibt [HUE03] folgende Empfehlungen und Hinweise: »Wesentlich ist eine ausführliche persönliche Einweisung durch fachlich qualifiziertes Personal beim Bezug der Wohnung. Es zeigt sich, dass die persönliche Erstinformation besonders wirksam ist. Auftretende Fragen müssen sofort umfassend und zutreffend erklärt werden z. B. Vorführen des Filterwechsels.« [DAN01] geht detailliert auf die Einweisung, die weitere Betreuung und das Handbuch ein.

Aus den dargestellten sozialwissenschaftlichen Evaluierungen und aus umfangreichen Erfahrungen des Autors im mehrgeschoßigen Passivwohnbau ist folgendes vierteiliges Konzept zur Nutzereinführung sinnvoll:

1. Information der potenziellen Nutzer
2. NutzerInnenhandbuch (Erstellung durch Haustechnikplanung)
3. Eigentümer-/Mietersammlung mit Fragebeantwortung ca. ein bis zwei Monate vor Übergabe
4. Persönliche Grundschulung für jeden Haushalt einzeln z. B. bei Übergabe und Mängelbehebung mit Bewohner

Information der potenziellen Nutzer (Besonderheiten bei der Vermarktung von Passivhäusern)

Der Erstkontakt legt den Grundstein für die Erwartungshaltung an das Passivhaus. Passivhausbewohner haben erfahrungsgemäß eine wesentlich höhere Erwartungshaltung an das Passivhaus, als das Passivhaus überhaupt erfüllen kann. Als Beispiel sei hier die Sommererwartung angeführt. Es wird erwartet, dass ein Passivhaus im Sommer kühler ist. Ein Passivhaus ist im Sommer aber grundsätzlich nicht kühler. Im Erstgespräch oder in den Erstunterlagen sollen die Vorteile, aber insbesondere auch was ein Passivhaus nicht kann, dargestellt werden. Im Folgenden ist eine Zusammenstellung aufgeführt, auf welche Passivhaus-Mythen bei der Vermarktung von Passivhäusern eingegangen werden soll. Der erste Punkt ist besonders wichtig, weil hier die Erwartungshaltung erfahrungsgemäß am größten ist.

»Das Passivhaus kühlt sich selbst!«

Das stimmt nicht! Das Passivhaus besitzt keinerlei Klimatisierung. Die Komfortwohnungslüftung im Passivhaus ist keine Klimaanlage. Jedoch aufgrund der sehr guten Dämmeigenschaften und der verbesserten Luftdichtheit des Gebäudes ist ein effizienteres Speichern der kühlen Nachtluft in den Tagesstunden der warmen Jahreszeit möglich.

»Das Passivhaus heizt sich selbst!«

Das stimmt nicht! Das Passivhaus wird sehr wohl beheizt. Jedoch aufgrund der sehr guten Dämmeigenschaften und der verbesserten Luftdichtheit des Gebäudes ist nur noch eine geringe Wärmezufuhr notwendig.

»Ein Passivhaus hat keine Heizung.«

Das stimmt nicht! Die Abdeckung des geringen Heizwärmebedarfs wird durch eine Komfortwohnungslüftung individuell in jeder Wohnung gewährleistet. Exponierte Wohnungen erhalten noch zusätzlich herkömmliche Heizkörper.

»Im Passivhaus kann jede Raumtemperatur erreicht werden.«

Das stimmt nicht! Wie in jedem Haus kann nicht jede beliebige Raumtemperatur erreicht werden, die am Raumthermostat eingestellt werden kann.

»Im Passivhaus darf man die Fenster nie öffnen.«

Das stimmt nicht! Das Gefühl die Fenster öffnen zu müssen, resultiert bei konventionellen Gebäuden aus Sauerstoffmangel aufgrund »verbrauchter« Luft. Das wird durch die Komfortwohnungslüftung vermieden, da ständig Frischluft zugeführt wird.

»Im Passivhaus besteht Erstickungsgefahr wegen der hohen Luftdichtheit.«

Das stimmt nicht! Unabhängig vom Betrieb der Komfortwohnungslüftung besteht keine Erstickungsgefahr.

»Im Passivhaus kann man nicht in Urlaub fahren, da die Wohnung sonst zu sehr abkühlt.«

Das stimmt nicht! Sie können beruhigt auf Urlaub fahren, da das Passivhaus auch bei längerer Abwesenheit nur geringfügig an Wärme verliert. Dies resultiert jedoch nur aus dem Fehlen der Wärme aus »inneren Lasten« wie Personenwärme, Kochen, technische Geräte, etc. Die normale Raumtemperatur wird aber wieder bei gewöhnlicher Nutzung relativ rasch erreicht. Vielmehr kann frei gewählt werden, ob die Komfortwohnungslüftung auf gewohntem Betrieb laufen lassen gelassen oder auf das Minimum reduzieren wird.

Nutzerhandbuch

Das Nutzerhandbuch soll den Nutzern (Bewohnern) eine Übersicht geben und ein Nachschlagewerk sein über die Funktionsweise und Bedienung der Technik in einem Passivhaus. Besonders wichtig ist, dass das, was im Handbuch steht, mit dem, was

das spätere Gebäude liefert, übereinstimmt. Hier liegt die Schwäche vieler zurzeit existierender Benutzerhandbücher. Beispielsweise Sätze wie »heizt und kühlt« führen immer wieder zu späteren Streitigkeiten, wenn das Haus im Sommer nicht kühlt. Im Anhang dieses Buches ist ein beispielhaftes Nutzerhandbuch für Lüftung und Heizung im zuluftbeheizbaren Passivhaus zu finden. Je nach Gebäude und Haustechnik muss die Nutzerhandbuch-Vorlage noch an die tatsächlichen Gegebenheiten angepasst werden bzw. es müssen eventuell notwendige Ergänzungen hinzugefügt werden. Das Handbuch sollte den Nutzern spätestens bei Unterschrift des Miet- oder Kaufvertrags übergeben werden. Zusätzlich können Checklisten zur Wartung der technischen Anlagen zur Verfügung gestellt werden, um die Anlagen instand zu halten und so vor Defekten und höherem Stromverbrauch zu schützen. Hierbei sollte zwischen den Bereichen unterschieden werden, die die Nutzer (beispielsweise Filterwechsel in den Wohnungen), die Hausmeister und die Wartungsfirmen betreffen.

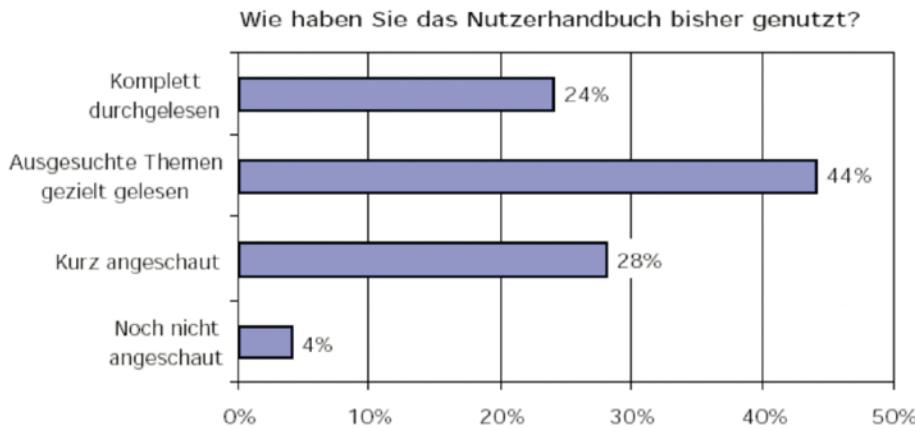


Abb. 71: Intensität der Verwendung des Nutzerhandbuchs [DAN01]

Aus Erfahrung des Autors, sowie aus Nutzer-Befragungen [KEUL07a-b], [BUW08b] ist bei den Bewohner ein starker Bedarf an detaillierter Information bezüglich der Haustechnik im Nutzerhandbuch zu sehen.

Bewohnerversammlung mit Fragebeantwortung

Ergänzend zu dem Nutzerhandbuch soll eine Eigentümer- bzw. Mieterversammlung mit Fragebeantwortung zum Thema Passivhaus ca. ein bis zwei Monate vor der Übergabe veranstaltet werden. Bei solchen Veranstaltungen werden zum Großteil nicht passivhausspezifische Fragen gestellt. Daher soll die Hausverwaltung unbedingt anwesend und darauf vorbereitet sein. Auch wenn die passivhausspezifischen Fragen nur einen kleinen Teil einnehmen, werden erfahrungsgemäß die wichtigsten und klassischen Fragen beantwortet. Eine gute Vorbereitung und Organisation der Versammlung ist oft sehr hilfreich. Die Vorstellung der Passivhaus-Anlagenteile und die Erklärung derer Funktionsweise sollte von fachkompetenten Personen durchgeführt werden. Auf eventuelle technische Fragen sollte eingegangen werden. Dabei sollten

die technischen Inhalte grundsätzlich nicht zu oberflächlich behandelt werden und es sollte gegebenenfalls auch auf technische Details (z.B. Warmwasserspeicher, Ventile) eingegangen werden. Besonderes Augenmerk sollte den Betriebsstörfällen gewidmet werden. Die oft vorkommenden Probleme während der Einregulierungsphase der Passivhaus-Lüftungsanlage sollten erwähnt werden und grundlegendes Vorgehen, sowie Ansprechpersonen bekanntgegeben werden.

Die wesentlichen Inhalte der Information sind basierend auf [FEI99] zusammenge stellt:

- **Lüftung:** Erklärung des Funktionsprinzips/Abrechnung/laufende Kosten
- Erklärung der Bedeutung der Lüftungsanlage im Gegensatz zur Fensterlüftung
- Einstellung der Lüfterstufen/Regelung
- **Wärme:** Erklärung des Funktionsprinzips/Abrechnung/laufende Kosten Nachabsenkung, Urlaub, Sommer-/Winter-Betrieb
- **Sanitär** (nicht passivhausspezifisch): Erklärung des Funktionsprinzips/Abrechnung/laufende Kosten
- **Elektro** (nicht passivhausspezifisch): Erklärung des Funktionsprinzips/Abrechnung/laufende Kosten
- Bedeutung von Energiesparlampen, »Stand-by«-Betrieb und energieeffizienten Geräten
- Vorgehensweise bei Störfällen der Haustechnikanlagen
- Sehr gute Erfahrung hat der Autor gemacht, wenn zu Beginn der Bewohnerversammlung in einem Vortrag die wichtigsten Dinge aus dem Nutzerhandbuch erklärt und bebildert werden.

Einmalige persönliche Grundschulung

Im Regelfall sind in der Bewohnerversammlung die allgemeinen Fragen zum Passivhaus beantwortet worden. Dann kann die wohnungsweise Schulung in 10 bis 15 Minuten erfolgen. Gezeigt bzw. erklärt werden soll die wohnungsspezifische Lüftungsanlagen- und Heizungsregelung. Abschließend oder auch zu Beginn soll gefragt werden ob die Bewohner der Wohnung Fragen haben.

12 Ergebnisse Evaluation der Wohnzufriedenheit

Da neben technischer Funktionalität die Bewohnerzufriedenheit das wesentliche Erfolgskriterium darstellt, wurden bisher sechs Wiener Passivhaus-Wohnanlagen (Mühlweg, Utendorfgasse, Roschegasse, Dreherstraße, Kammelweg E und B) und zwei Salzburger Anlagen (Samer Mösl, Franz-Ofner-Straße) nutzerevaluierter. Eine Nutzer-Evaluation der Passivhaus-Wohnanlage Dreherstraße wurde 2008 vom Bauträger durchgeführt. [BUW08b] Die übrigen sieben Wohnanlagen wurden im Rahmen eines Wohnbauforschungsprojektes (Mühlweg) bzw. im Rahmen von Universitätslehrveranstaltungen und einer Diplomarbeit ausgewertet. Die Erhebungen fanden 2007 und 2008, meist etwa sechs Monate nach dem Bezug der Wohnungen statt. [KEUL07a], [KEUL07b], [KEUL10]. Diese Bewohnerforschung (englisch P.O.E. für Post-Occupancy-Evaluation genannt [PREI05]), wurde unter der Leitung von Ass.Prof. Dr. Alexander Keul, Umweltpsychologe an der Universität Salzburg und der TU Wien, durchgeführt. Alle Fragebögen wurden mit den Planern und/oder den Vertretern der Verwaltung abgestimmt und fragten nach allgemeinem Wohlbefinden, Attraktivität, wichtigen Wohnqualitätskriterien, Verbesserungswünschen, Wissen und Motivation zum Energiesparen, Information zu/Probleme mit Heiz- und Lüftungssystem, Außenraum, Freizeit, Nachbarn, Sicherheit, Hausverwaltung, Infrastruktur, Verkehr und Lärmbelastung. Neben den soziodemografischen Daten wurden je 32–38 spezifische Punkte erhoben.

Die schriftliche Umfrage ging als Totalerhebung an alle Bewohner. Die Rücklaufquoten betrugen 40–80%. Die Untersuchungen von 344 Wohneinheiten lieferten folgende zentrale Ergebnisse:

- Bei guter Nutzerinformation ergeben sich hohe Wohlbefindenswerte von 80 bis 90% – Werte, die sonst nur in Einfamilienhäusern erreicht wurden [ORN01], obwohl meist unter 50% das Passivhaus als Hauptgrund für ihre Wohnentscheidung angaben.
- Passivhäuser sind bei guter Information den neuen Bewohner zu 60 bis 85% sympathisch.
- 60–70% der Gutinformierten empfehlen die neue Wohnform auch ihren Freunden und Bekannten, ein für anfängliche »Passivhaus-Skeptiker« (unter 50% Einzugsgrund) hoher Wert.
- 70–90% finden Energiesparen generell beim Wohnen wichtig.
- Mit 10% bis maximal 50% Passivhaus-Wahlpriorität (in Salzburg lief die Besiedelung über das Wohnungssamt) sind die Mieter/Eigentümer keineswegs »eingeschworene Grüne«, sondern kritische Normalverbraucher.
- Die Passivhausinformationen durch Planer und Genossenschaften wurde in Wien mit 70–90% positiv beurteilt, in Salzburg nur zu 30–40%. Die schriftlichen Informationen wurden etwas besser beurteilt als die mündlichen; die Technikmediation ließe sich in Zukunft – wie bereits in der Utendorfgasse – intensivieren und damit die Wohnzufriedenheit steigern.

- Ein Plus der Komfortlüftung im Passivhaus am durchaus lärmbelasteten Standort Utendorfgasse direkt neben den Westbahngleisen: 81% fühlen sich durch Lärm kaum oder gar nicht gestört.
- Das Wissen über die starke Reduktion der Heizkosten ist ebenfalls informationsabhängig – Utendorfgasse 92%, Salzburger Siedlungen 40–45 %.
- Die Siedlungen werden durchwegs als sicher und nachbarschaftlich empfunden.
- Schwierigkeiten gab es einzig in der Anfangsphase mit der richtigen Einstellung der Lüftungsanlagen [KEUL07a-b], [KEUL10], bzw. mit dem richtigen Betrieb der Lüftungsanlage. [BUW08b] Hier ist Bewohner-Mitarbeit nützlich und wichtig – am Kammelweg führte das Bewohner-Feedback zu einer Systemverbesserung.

Angelpunkt der sozialen Akzeptanz des Passivhauses ist neben seinen baulich-wohnlichen Eigenschaften die Beratung und Schulung der Bewohner. »Passivhaus-Mythen«, verursacht durch die für manche Nutzer noch komplexe Technologie, lassen sich im Gespräch aufklären.

Quer über alle neuen Siedlungen zeigt das Nutzerempfinden drei Punkte, die Kommunikation erfordern:

1. Ein Passivhaus erfordert nach Bezug die Feinjustierung der Lüftungsanlage – wer das nicht weiß und einen »perfekten Kaltstart« erwartet, vermutet irrtümlich Defekte und Schäden.
2. Durch Fokus der Aufmerksamkeit (Priming) auf die »Komfortlüftung« fällt die physikalisch trockenere Winterluft stärker auf als beim konventionellen Wohnen.
3. Wer Passivhauslüftung fälschlich als »Air Condition« sieht, bei Sommerhitze die Jalousie vergisst/tagsüber zu lange Außentür/-fenster öffnet, erlebt subjektiv Überwärmung. Neben prophylaktischer Verschattung hilft hier nächtliche Querlüftung besser als ein Hochfahren der Lüftung.

Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass die vor einigen Jahren noch als experimentell geltende Passivhaustechnologie längst auch im großvolumigen Geschosswohnbau anwendbar ist und teils sogar deutlich bessere Werte für das Wohlbefinden und weitere Zufriedenheitskriterien erreicht, als vergleichbare Bauvorhaben in konventioneller Bauweise. Eine Vergleichsstichprobe von 244 konventionellen Wohneinheiten in Wien und Salzburg ergab hohe Wohnzufriedenheit bei nur 30–40% der Bewohner, aber interessanterweise Sympathien für Passivhäuser um die 70 %. [KEUL10]

Es ist sozialwissenschaftlich belegt, dass die spätere Zufriedenheit der Bewohner von Passivhäusern entscheidend von der Qualität der Technikinformation beim Einzug abhängig ist. Ein »Infoscore« von 0 bis 4 berechnete sich dabei additiv aus a) Vergabeinformation, b) schriftlicher Information, c) Informationsveranstaltung und d) Information bei der Wohnungsbegehung. In Tabelle 49 ist für acht Wohnanlagen ersichtlich, dass hohe Wohnzufriedenheit über 80 % nur über einen hohen Infoscore (3–4) der Bewohner erreicht wird. Statistisch korrelieren Infoscore und hohe Wohnzufriedenheit mit .743 ($p < .025$), also hochsignifikant. [KEUL 11]

PH-Siedlung	Infoscore	% hoher Wohnzufriedenheit
Projekt 1	4	80
Projekt 2	3	87
Projekt 3	4	82
Projekt 4	2	65
Projekt 5	2	57
Projekt 6	2	23
Projekt 7	2	26
Projekt 8	2	48

Tabelle 49: Prozentueller Anteil hoher Wohnzufriedenheit in Abhängigkeit von der Qualität der Technikinformation (Infoscore) [KEUL 11]

V Anhang

NutzerInnenhandbuch Lüftung und Heizung im zuluftbeheizbaren Passivhaus

Die im Anhang des Buches »Kostengünstige mehrgeschossige Passivhäuser« veröffentlichten Inhalte aus dem NutzerInnen-Handbuch für BUWOG-Passivhäuser unterliegen dem österreichischen Urheberrecht. Jede vom österreichischen Urheberrecht nicht zugelassene Verwertung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der BUWOG. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigung, Bearbeitung, Übersetzung, Einspeicherung, Verarbeitung bzw. Wiedergabe von Inhalten in Druckerzeugnissen, Datenbanken oder anderen elektronischen Medien und Systemen.

Die unerlaubte Vervielfältigung oder Weitergabe einzelner Inhalte oder kompletter Seiten ist nicht gestattet und strafbar. Lediglich die Herstellung von Kopien und Downloads für den persönlichen, privaten und nicht kommerziellen Gebrauch ist erlaubt.

Nutzerinnen-Handbuch:

(Quelle: BUWOG)

Wohnen im Passivhaus

WINTER

Richtig lüften = gesund wohnen = Energiesparen

Winterbetrieb (~ November – März)

Ein Passivhaus ist kein Nullenergiehaus. Es gibt daher Möglichkeiten, der Wohnung im gewünschten Maß Wärme zuzuführen, wenn dies erforderlich ist. Darauf hinaus wirken die Fenster des Passivhauses als »Sonnenkollektoren«. Diese passiv gewonnenen Sonnenenergie ist der wichtigste Beitrag zum Ausgleich der Wärmeverluste in der kalten Jahreszeit (Anfang November bis Ende März).

Hinweis: Den größten Einfluss auf den Heizenergieverbrauch haben die Bewohner über das **Öffnen von Fenstern**.

Die folgenden Informationen ergeben sich aus den Erkenntnissen der Messergebnisse aus dem ersten Betriebsjahr. Diese sollen nicht nur eine Rückmeldung für Sie als Nutzer auf Grund der bisherigen Nutzung sein, sondern stellen auch eine Grundlage für möglicherweise zukünftig anzupassende, bereits auf den Echtbetrieb der Wohnhausanlage abgestimmte Nutzungsmöglichkeiten dar.

Lüftungsanlage

Sie können die gewünschte Betriebsart an der Steuereinheit für das Lüftungsgerät einstellen.

Betriebsart »MIN, Stufe 0«:

Bei der Betriebsart »MIN« wird die Lüftungsanlage komplett abgestellt, in Ihrem Fall bedeutet komplett abgestellt, dass trotzdem ein Minimum an Lüftung erhalten bleibt.

Diese Betriebsart sollte nur bei längerer Abwesenheit (z. B. Urlaub etc.) und für die Tagstunden im Sommerbetrieb gewählt werden.

Betriebsart »NORMAL, Stufe 1«:

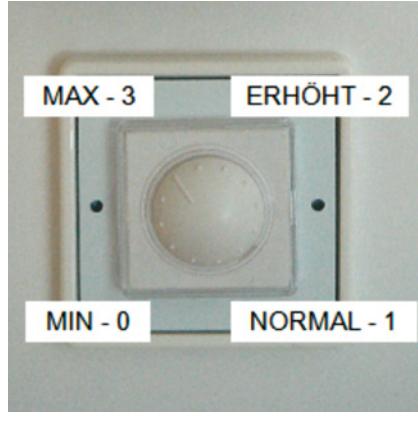
Bei normaler Raumluftbelastung, ist es im Winter und der Übergangszeit am günstigsten, die Lüftungsanlage in der Betriebsart »NORMAL« zu betreiben. Dies gilt sowohl für die Tag- als auch die Nachtstunden.

Betriebsart »ERHÖHT, Stufe 2«:

Bei erhöhter Raumluftbelastung (z. B. wenn Sie Besuch bekommen, etc.) und wenn die am Thermostat eingestellte Raumtemperatur mit der Betriebsart »NORMAL« nicht erreicht wird, können Sie auf die Betriebsart »ERHÖHT« schalten.

Betriebsart »MAX, Stufe 3«:

Bei stark erhöhter Raumluftbelastung oder kurzfristig erhöhtem Luftbedarf (z. B. beim Kochen, oder morgendlichen/abendlichen Lüften, etc.) können Sie auf die höchste Betriebsart »MAX« schalten.

**Heizung**

Sie können die gewünschten Richtwerte der Raumtemperatur am Thermostat einstellen. Die eingestellten Temperaturrichtwerte sind **Solltemperaturen** und so zu verstehen, dass die eingestellte Temperatur vor jedem Aufheizen auch kurzfristig unterschritten und nach dem Erreichen der Solltemperatur in einer geregelten Bandbreite überschritten werden kann.

Hinweis: Die tatsächliche Raumtemperatur kann aber auch höher liegen als am Thermostat eingestellt: z. B. wenn die Sonne in den Raum scheint!

Die Zuführung der gewünschten Wärme erfolgt über die Lüftungsanlage durch Erwärmen der eingebrachten Frischluft, über eine Art Heizkörper, der sich in der Zwischendecke Ihrer Wohnung befindet. Wir möchten Sie darauf hinweisen, dass die Raumtemperatur in der Wohnung, für den ungünstigsten Fall (d.h. Zusammenspiel der Außentemperatur, innere Wärmequellen wie z.B. Personen, Kochen etc.), auf 20 °C ausgelegt ist. Eine Erhöhung der Temperatur am Thermostat ist grundsätzlich möglich, bedeutet aber nicht, dass die Wohnung auf jede am Thermostat angeführte Temperatur (z.B. 30 °C) erwärmt werden kann.

Bei längerer Abwesenheit (z.B. Urlaub) kann die Solltemperatur bewusst zurückgenommen werden (z.B. 17 °C). Ein richtiges Auskühlen der Räume ist nicht zu befürchten (Es sei denn, es werden Fenster gekippt gehalten – dies ist daher unbedingt zu vermeiden).



Zusatzzlüftung bzw. Fenster öffnen?

Die Lüftungsanlage ist so ausgelegt, dass zur Deckung des Frischluftbedarfs eine zusätzliche Lüftung über Fenster normalerweise nicht erforderlich ist (auch nicht zum sogenannten »morgendlichen/abendlichen Lüften«).



Bei normaler Belastung der Raumluft ist das **Öffnen der Fenster** (in der kalten Jahreszeit, Anfang November bis Ende März) **nicht erforderlich**, da Sie durch die Lüftungsanlage ausreichend mit frischer Luft versorgt werden.

Vielmehr führt das Öffnen der Fenster (auch das Fensterkippen) zu einem beträchtlichen zusätzlichen Energieverbrauch. In der Regel sollte daher in der kalten Jahreszeit ein Öffnen und Kippen von Fenstern vermieden werden. Wenn Sie dennoch über die Fenster lüften, dann bitte nur kurzzeitiges Stößlüften und nicht längerfristig Kippen.

Praxisbeispiele für den Winterbetrieb

Praxisbeispiel 1

Ausgangssituation:

Sie, Ihre Frau und zwei Kinder bewohnen eine rd. 85 m² große Wohnung (4-Personen-Haushalt). Im »Regelfall« betreiben Sie die Lüftungsanlage in der Betriebsart »NORMAL«. Mit dem eingestellten Richtwert am Thermostaten haben Sie die gewünschte Raumtemperatur von ca. 22 °C.

Veränderungen:

Zwei Familienmitglieder sind über einen längeren Zeitraum abwesend (z. B. Urlaub). Die Betriebsart der Lüftungsanlage und der gewünschte Richtwert am Thermostat wurden nicht verändert. Die Raumtemperatur von ca. 22 °C in der Wohnung wird nicht mehr erreicht.

Tipp:

Stellen Sie die Betriebsart der Lüftungsanlage auf »ERHÖHT« und behalten Sie die Einstellung am Thermostat bei. Bitte vergessen Sie nicht die Betriebsart der Lüftungsanlage für den »Regelfall« wieder in die Ausgangsstellung zu bringen.

Hinweis:

Durch die längere Abwesenheit von zwei Familienmitgliedern fehlt die Wärmeabstrahlung von zwei Personen in der Wohnung (die Wärmeabstrahlung von einem erwachsenen Menschen beträgt ca. 80 Watt!). Durch die verringerte Anzahl von inneren Wärmequellen in der Wohnung und für diese Situation zu geringe Luftmenge in der Betriebsart »NORMAL«, wird die Raumtemperatur im angenommenen »Ausnahmefall« nicht mehr erreicht.

Praxisbeispiel 2

Ausgangssituation:

Sie und Ihr/e PartnerIn bewohnen eine rd. 50 m² große Wohnung (2-Personen-Haushalt). Im »Regelfall« betreiben Sie die Lüftungsanlage in der Betriebsart »Eco«. Mit dem eingestellten Richtwert am Thermostat haben Sie die gewünschte Raumtemperatur von ca. 22 °C.

Veränderungen:

Sie feiern eine Party mit ca. sechs Personen und haben mehr Beleuchtungskörper als sonst eingeschaltet. Die Betriebsart der Lüftungsanlage und der gewünschte Richtwert am Thermostat wurden nicht verändert. Die Raumtemperatur von ca. 22 °C in der Wohnung wird überschritten und die Luftqualität wird merklich schlechter.

Tipp:

Stellen Sie die Betriebsart auf »ERHÖHT« oder wenn notwendig auf »MAX« (z. B. bei starker Raumluftbelastung durch Raucher etc.) und behalten Sie die Einstellung am Thermostat bei. Bitte vergessen Sie nicht die Betriebsart der Lüftungsanlage für den »Regelfall« wieder in die Ausgangsstellung zu bringen.

Hinweis:

Durch die zusätzliche Anwesenheit von vier Personen und vermehrt eingeschalteten Beleuchtungskörpern erhöht sich die Wärmeabstrahlung in der Wohnung. Durch die erhöhte Anzahl von inneren Wärmequellen in der Wohnung wird die Raumtemperatur im angenommenen »Ausnahmefall« überschritten und die für diese Situation zu geringe Luftmenge in der Betriebsart »NORMAL«, kann den erhöhten Luftbedarf nicht mehr abdecken.

Eine Reduktion der Solltemperatur am Thermostat ist in diesem Fall nicht erforderlich, da die Temperatur auf Grund erhöhter innerer Lasten überschritten wird und damit keine Nachheizung über das Heizregister erfolgt. Eine Reduktion der Solltemperatur hätte keinen Einfluss auf die Raumtemperatur.

Praxisbeispiel 3

Ausgangssituation:

Sie, Ihre Frau und zwei Kinder bewohnen eine rd. 85 m² große Wohnung (4-Personen-Haushalt). Im »Regelfall« betreiben Sie die Lüftungsanlage in der Betriebsart »NORMAL«. Mit dem eingestellten Richtwert am Thermostat haben Sie die gewünschte Raumtemperatur von ca. 22 °C.

Veränderungen:

Es stellt sich eine längere Frostperiode mit sehr kalten Tagen ohne Sonneneinstrahlung ein. Die Betriebsart der Lüftungsanlage und der gewünschte Richtwert am Thermostat wurden nicht verändert. Die Raumtemperatur von ca. 22 °C in der Wohnung wird nicht mehr erreicht.

Tipp:

Erhöhen Sie den Richtwert am Thermostaten und stellen Sie allenfalls in einem weiteren Schritt die Betriebsart der Lüftungsanlage auf »Normal«. Bitte vergessen Sie nicht die Betriebsart der Lüftungsanlage für den »Regelfall« wieder in die Ausgangsstellung zu bringen.

Hinweis:

Durch die niedrigere Außentemperatur, jedoch gleichbleibende Wärmeabstrahlung der vier Personen in der Wohnung, muss die Solltemperatur am Thermostaten erhöht werden. Darüber hinaus kann für diese Situation die Luftmenge in der Betriebsart »NORMAL« zu gering sein, um die Raumtemperatur im angenommenen Fall noch zu erreichen.

Wohnen im Passivhaus

SOMMER

Richtig lüften = gesund wohnen = angenehme Wohnverhältnisse

Sommerbetrieb (~ Mai – September)

Ein Passivhaus ist außerordentlich gut wärmegedämmt. Die Dämmung umgibt das ganze Haus wie ein dicker Pelz. Im Sommerbetrieb (hier als Bezeichnung für die warme Jahreszeit von ca. Mitte Mai bis Mitte September) kann durch nächtliches Öffnen der Fenster, insbesondere in Hitzeperioden eine zusätzliche Nachtkühlung erfolgen (kein Energieaufwand für Kühlung!).

Lüftungsanlage

Sie können die gewünschte Betriebsart an der Steuereinheit für das Lüftungsgerät einstellen. Ein Kühlen (klimatisieren) über die Lüftungsanlage ist nicht möglich.

Betriebsart »MIN, Stufe 0«:

Bei der Betriebsart »MIN« wird die Lüftungsanlage komplett abgestellt, in Ihrem Fall bedeutet komplett abgestellt, dass trotzdem ein Minimum an Lüftung erhalten bleibt.

Ist die Außenluft am Tag besonders heiß, so ist es sinnvoll, die Lüftungsanlage bereits ab den Morgenstunden nur mit den eben notwendigen Luftmengen zu betreiben (auch in warmen Perioden der Übergangszeit empfehlenswert).

Betriebsart »NORMAL, Stufe 1«:

Die Betriebsart »NORMAL« stellt eine verringerte Basislüftung dar, die Sie bei längerer Abwesenheit wählen können (z. B. Urlaub etc.).

Betriebsart »ERHÖHT, Stufe 2«:

Siehe Betriebsart »MAX«

Betriebsart »MAX, Stufe 3«:

Diese Betriebsart ist im Sommer nicht unbedingt zu empfehlen. In kurzen Zeiträumen kann die Lüftungsanlage bei stark erhöhter Raumluftbelastung in Stufe 3 betrieben werden.

In den Hitzeperioden kühlt es nachts häufig deutlich ab. In diesem Fall sollte die Fensterlüftung in der Nacht (ca. 20:00 bis 8:00 Uhr) erfolgen. Die Lüftung sollte auf Stufe »0« gestellt werden.

Sinnvoll ist eine Regelung der Lüftungsanlagen nach CO_2 statt der üblichen Handregelung. Durch die optimale Anpassung der Volumenströme über den Parameter » CO_2 « wird eine Stromeinsparung gegenüber der Handregelung für den Betrieb der Lüftungsanlage von ca. 30% vermutet. Im Zuge der Planung soll der Aufpreis der CO_2 -Regelung zu Handreglern gegenübergestellt werden.

In Hitzeperioden ist es unbedingt erforderlich, die Sonneneinstrahlung durch die Fenster bewusst zu verringern (mittels außenliegenden Sonnenschutz). Jedes Gebäude erwärmt sich, wenn der Sonnenschutz nicht verwendet wird.

Zusatzlüftung bzw. Fenster öffnen?



Im Gegensatz zur Situation in der kalten Jahreszeit ist in Hitzeperioden **ausgiebiges Lüften in der Nacht** (am besten weit geöffnete oder zumindest gekippte Fenster) die wirksamste Methode, die Raumtemperatur niedrig zu halten. So wird die kühlere Nachtluft durch ausgiebiges Nachtlüften (in Kombination mit der Lüftungsanlage auf Stufe »MIN, Stufe 0«) in die Wohnung gelassen. Dadurch können auch die Decken, Innenwände, Wohnungstrennwände und das Mobiliar abgekühlt werden. Wegen der guten Wärmedämmung des Hauses, können die Bauteile die gespeicherte kühlere Nachtluft tagsüber »halten«. Die Fenster sollen tagsüber geschlossen gehalten und die Lüftungsanlage im Sommerbetrieb mit den gerade notwendigen Luftmengen betrieben werden.

Die vorangeführten Empfehlungen für den Winter- und Sommerbetrieb betreffen Maßnahmen, die nur Sie als Bewohner steuern und beeinflussen können.

Richtig lüften = gesund wohnen = Energiesparen + angenehme Wohnverhältnisse

Literaturverzeichnis

Kapitel 2

- [FEI07] Feist W.: Passivhausprojektierungspaket 2007 (PHPP 2007), Passivhaus Institut, Darmstadt, 2007.
- [HOL07] Holzer P.: »Passivhaus Schulungsunterlagen«, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 2/2007. Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT).
<http://www.hausderzukunft.at/results.html?id3360>, 2007.

Kapitel 3

- [FEI07] Feist W.: Passivhausprojektierungspaket 2007 (PHPP 2007), Passivhaus Institut, Darmstadt, 2007.
- [GR002] Grobe, C.: Passivhäuser planen und bauen, Verlag Georg D. W. Callwey, München, 2002.
- [SOM08] Sommer, A.W.: Passivhäuser. Planung – Konstruktion – Details – Beispiele, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2008.

Kapitel 4

- [LAI06] Laible, J.: Von Zertifikaten, Nachweisen und gefühlten Monopolen, in Passivhaus Kompendium 2006, Laible Verlagsprojekte, Allensbach, 2006.

Kapitel 5

- [DES05] Deseyve C., Bednar T.: »Increased Thermal Losses caused by Ventilation through Compact Pitched Roof Constructions – In Situ Measurements«; Vortrag: 7th Nordic Building Physics Symposium, Reykjavik (IS); 13.06.2005 – 15.06.2005; in: »Proceedings of the 7th symposium on Building physics in the Nordic Countries«, Volume 2 (2005).
http://web.bvv.kth.se/bphys/reykjavik/pdf/art_137.pdf
- [DIN92a] DIN 18025-1: Barrierefreie Wohnungen, Wohnungen für Rollstuhlbewohner, Planungsgrundlagen, Deutsche Norm, Deutsches Normungsinstitut, Berlin, Beuth, 1992.
- [DIN92b] DIN 18025-2: Barrierefreie Wohnungen, Planungsgrundlagen, Deutsche Norm, Deutsches Normungsinstitut, Berlin, Beuth, 1992.
- [DIN11] DIN 18040-2: Barrierefreies Bauen, Planungsgrundlagen, Teil 2: Wohnungen, Deutsche Norm, Deutsches Normungsinstitut, Berlin, Beuth, 2011.
- [EBÖ05] ebök Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte GbR, 2005.
- [ENFK04] Konferenz Kantonaler Energiefachstellen: »Checkliste Wärmebrücken«, <http://www.energie.tg.ch/documents/74-wb-checkliste-V4-0.pdf>, März 2004.
- [FEI01] Feist, W. (Hrsg.): Endbericht CEPHEUS, CEPHEUS-Projektinformation Nr. 22, Stadtwerke Hannover.
<http://www.enercity.de/myenercity/passivhaus/index.html>
- [FEI05] Feist W., Kah O., Kaufmann B., Peper S.,: »Hochwärmegedämmte Dachkonstruktionen«, Protokollband Nr. 29, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Passivhaus Institut, Darmstadt, Juni 2005.

- [ÖNO02] ÖNORM B 7220: Dächer mit Abdichtungen – Verfahrensnorm, ÖNORM, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2002.
- [RWE04] RWE Bau-Handbuch, VWEW Energieverlag, Frankfurt, 2004.
- [ONO12] ÖNORM B 3691: Planung und Ausführung von Dachabdichtungen, ÖNORM Normentwurf, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2012.
- [SCH04] Schöberl, H., Bednar, T. et al.: »Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau«, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2004.
- [WDVS12] Homepage der Gütegemeinschaft WDVS-Fachbetrieb <http://www.wdvsfachbetrieb.at/downloads>, November 2012.

Kapitel 6

- [60Q10] 60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungsanlagen im Mehrfamilienhaus. <http://www.komfortlüftung.at/index.php?id=1928>, Mai 2011.
- [9Q10] 9 Qualitätskriterien für eine Luftheizung im Passivhaus. <http://www.komfortlüftung.at/index.php?id=1662>, Mai 2011.
- [BUW08a] BUWOG – Bauen und Wohnen GmbH, Informationsfolder: Wohnen in einem Passivhaus, Wien, 2008.
- [EIV08] Energieinstitut Vorarlberg: Brennstoffe im Vergleich. Stand 2. Quartal 2008. <http://www.energieinstitut.at>
- [FEI96] Feist, W.: Lüftung im Passivhaus, Protokollband Nr. 4, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1996.
- [FEI99] Feist, W.: Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern, Protokollband Nr. 17, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1999.
- [FEI00] Feist, W. (Hrsg.): 4. Passivhaustagung Kassel, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2000.
- [FEI02] Feist, W., Vallentin, G., Kah, O., Rudolf, R., Nagel, J., Pfluger, R., Leonhardt, K., Hübner, H.: Architekturbeispiele: Wohngebäude, Protokollband Nr. 21, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2002.
- [FEI04a] Feist, W., Wolff, D., Pfluger, R., Schnieders, J.: Wärmeübergabe- und Verteilverluste im Passivhaus, Protokollband Nr. 28, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2004.
- [FEI04b] Feist, W., Lipp, B., Hermelink, A., Schnieders, J., Ploß, M., Pfluger, R.: Temperaturdifferenzierung in der Wohnung, Protokollband Nr. 25, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2004.
- [GRE01] Greml, A., Blümel, E., Kapferer, R., Leitzinger, W.: Technischer Status von Wohnraumlüftungen, Evaluierung bestehender Wohnraumlüftungsanlagen bezüglich ihrer technischen Qualität und Praxistauglichkeit, Endbericht, 2004.
- [HEI11] Verordnung über die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten (Verordnung über Heizkostenabrechnung – HeizkostenV) <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/heizkostenv/gesamt.pdf>
- [HÜB02] Hübner, H., Hermelink, A.: Gestaltung von Passivhäusern für Mieter, 6. Europäische Passivhaustagung, Kassel, 2002.
- [HUB06] Huber, H.; Mosbacher, R.: Wohnungslüftung, Faktor Verlag, Zürich, 2006.
- [KAP10] Kapferer, R., Greml, A., Leitzinger W. et al.: Evaluierung von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhausbereich und Erstellung von Qualitätskriterien bzw. eines Planungsleitfadens. Energie der Zukunft, Endbericht, 2010.

- [ÖN000] ÖNORM EN 12599: Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Meßverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2000.
- [KEU97] Keune, A.: Hygiene in der Raumlufttechnik – Technische Lösungen in der Planung und Ausführung, VDI Bericht 1318, VDI Verlag, Düsseldorf, 1997.
- [KLI11] Klima: aktiv Bauen und Sanieren, Kriterienkatalog, österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik, Wien 2011. www.klimaaktiv.at/filemanager/download/82628/ka_Wohnbau_Neubau_PHPP_Vers_204_2.pdf
- [MÖR01] Möritz, M., Peters, H., Nipko, B., Wesit, K., Rüden, H.: Mikroorganismen und Endotoxine in Raumlufttechnischen Anlagen, Gesundheitsingenieur – Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik 122 (2001) H. 1, S. 13.
- [SCH04] Schöberl, H., Bednar, T. et al.: »Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau«, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2004.
- [SCH10] Schöberl, H., Bednar, T. et al.: »Evaluierung der raumweisen Temperaturdifferenzierung in Wohnungen von Passivhäusern.« Endbericht, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2010.
- [VDI02] VDI 6022-3: Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen in Gewerbe- und Produktionsstätten, VDI-Richtlinie, Verein Deutscher Ingenieure, 2002.
- [WIT93] Witthauer, J., Horn, H., Bischof, W.: Raumluftqualität, Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 1993.

Kapitel 7

- [BAI06] BAI Bauträger Austria Immobilien GmbH, Informationsfolder: Haus am Mühlweg, Wien, 2006.
- [BAI07] Kogler, G.: »Mehrgeschossiger geförderter Wohnbau für 70 Wohneinheiten Holzmassivbauweise, Passivstandard, A-1210 Wien, Mühlweg«, von BAI – Bauträger Austria Immobilien GmbH übermittelte Zusammenstellung der Projektkenndaten, Juni 2007.
- [BAI07a] Auskunft DI Herbert Barkow, BAI – Bauträger Austria Immobilien GmbH, Leopold-Moses-Gasse 4, 1020 Wien, Wien, 25. September 2007.
- [BUW06] BUWOG – Bauen und Wohnen GmbH, Informationsfolder: Energiesparend Wohnen in der Dreherstraße, Wien, 2006.
- [HEI06] Heimat Österreich gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsges. mbH, Schöberl & Pöll GmbH: »Wohnhausanlage Utendorfgasse – Österreichs 1. zertifizierte Passivwohnanlage«, Folder zum Projekt, Wien, 2006.
- [SCH04] Schöberl, H., Bednar, T. et al.: »Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau«, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2004.

Kapitel 8

- [BKI04] BKI Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern »BKI Baukosten 2004: Teil 2: Statische Kostenkennwerte für Bauelemente«.

Kapitel 11

- [BUW08b] BUWOG – Bauen und Wohnen GmbH. Kundenbefragung Passivhausbauweise 1110 Dreherstr. 66, Wien, 2008.
- [DAN01] Danner, M.: Wohnen in der Passivhaussiedlung Lummerlund im Neubaugebiet Hannover – Kronsberg. Abschlußbericht zur Sozialwissenschaftlichen Evaluation, Lüneburg, 2001.
<http://www.enercity.de/myenercity/passivhaus/urkonzept.pdf>
- [FEI99] Feist, W.: Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern, Protokollband Nr. 17, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1999.
- [HUE03] Hübner, H., Hermelinek, A.: Sozialer Mietwohnungsbau gemäß Passivhausstandard. Tagungsband »7. Internationale Passivhaustagung 21.–22.02.2003 Hamburg«, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2003.
- [KEUL07a] Keul, A.G. (2007a). Bericht zur Evaluation 2007 in der Passivhaus-Wohnanlage »Haus am Mühlweg«. Salzburg: Projektbericht an BAI/KLEA, Wien.
- [KEUL07b] Keul, A.G. (2007b). Evaluation (POE) Passivhaus Utendorfsgasse 2007. Wien: Präsentation für Heimat Österreich.

Kapitel 12

- [BUW08b] BUWOG – Bauen und Wohnen GmbH. Kundenbefragung Passivhausbauweise Dreherstr. 66, Wien, 2008.
- [KEUL07a] Keul, A. (2007a). Bericht zur Evaluation 2007 in der Passivhaus-Wohnanlage »Haus am Mühlweg«. Salzburg: Projektbericht an BAI/KLEA, Wien.
- [KEUL07b] Keul, A. (2007b). Evaluation (POE) Passivhaus Utendorfsgasse 2007. Wien: Präsentation für Heimat Österreich.
- [KEUL10] Keul, A. (2010). Zur Akzeptanz des Passivhauses im Massenwohnbau. Evaluation (POE) acht österreichischer Siedlungen und Vergleich mit konventionellen Bauten. Umweltpsychologie, H. 14, S. 66–88.
- [KEUL 11] Keul, A.: »Zusammenhang zwischen Wohnzufriedenheit und Information im Passivhaus«, Auswertung und persönliche Mitteilung, 2011.
- [PREI05] Preiser, W. F. E. & Vischer, J. C., Eds.: Assessing building performance, Oxford, Elsevier, 2005.
- [ORN01] Ornetzeder, M. & Rohracher, H.: Nutzererfahrungen als Basis für nachhaltige Wohnkonzepte, Wien, Projektbericht für »Haus der Zukunft«, 2001.

Glossar

- [ON007] ÖNORM EN 15316-1, Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 1: Allgemeines, Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [OIB11] Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz. Ausgabe: Oktober 2011 Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2011.

Glossar

Brauchwarmwasserspeicher

Brauchwarmwasserspeicher dienen zur Speicherung von Warmwasser. Vorteile des Einsatzes von Brauchwarmwasserspeichern sind u.a., dass Belastungsspitzen durch sie ausgeglichen werden können und somit die installierte Heizleistung des Wärme- lieferanten verringert werden kann.

Effektiver Wärmebereitstellungsgrad

Der Wert wird aus der Luftabkühlung auf der Abluftseite – Fortluftseite ermittelt. Bei der Messung darf kein Kondensat anfallen. Der effektive Wärmebereitstellungsgrad gibt den thermodynamisch exakten Wert zur Beurteilung der Wärmerückgewinnung an. Bei der Berechnung wird unterschieden ob das Gerät innerhalb oder außerhalb der thermischen Hülle steht. Bei Aufstellung in der thermischen Hülle kann die Abwärme des Ventilators mitgerechnet werden.

Empfundene Temperatur

Ist ein Maß für die thermische Behaglichkeit in einem Raum und setzt sich aus der Luft- und den Oberflächentemperaturen zusammen.

Endenergie

Ist die Energie, die wir in vorliegender Form nützen können, z.B. Strom, Fernwärme. Wird die Endenergie genutzt, wird sie als nach der Umwandlung als Nutzenergie bezeichnet.

Energiebezugsfläche (EBF lt. PHPP) [FEI07, S. 44]

- **Wohngebäude:**

Die Energiebezugsfläche ist der Anteil der Wohnfläche, der sich innerhalb der thermischen Hülle befindet.

Besonderheiten:

- Bei Wohnheimen zählen auch die Gemeinschaftsräume zur EBF.
- Die Grundfläche von Räumen mit einer lichten Raumhöhe von > 2 m wird vollständig, zw. 1–2 m zur Hälfte und kleiner 1 m nicht berücksichtigt.
- Es werden generell nur Räume innerhalb der thermischen Hülle berücksichtigt (keine Wintergärten, Terrassen, Balkone, etc.).
- Keller- und Nebenräume, bzw. sonstige Räume innerhalb der thermischen Hülle und > 2 m Raumhöhe werden zu 60 % berücksichtigt.

Weitere Ausnahmen:

- Schornsteine, Vormauerungen, Säulen, etc. > 1,5 m Höhe und > 0,1 m² Grundfläche.
- Treppen mit mehr als drei Stufen und deren Treppenabsätze.

- Türnischen und Fensternischen (außer bei bodentiefen Fensternischen > 0,13 m Tiefe).
- Galerien und Luftgeschosse

Nichtwohngebäude:

Die Energiebezugsfläche ist jener Teil der Nutzfläche, für den eine Beheizung erforderlich ist. Funktions- und Verkehrsflächen innerhalb der thermischen Hülle werden zu 60 % angerechnet. Treppen, Aufzüge und Installationsschächte gehören nicht zur Energiebezugsfläche.

EPS

Expandiertes Polystyrol

EPS-F

Expandiertes Polystyrol für Fassaden

Heizlast [W bzw. W/m²]

Leistung, die benötigt wird, um eine Wohnung auf die gewünschte Raumtemperatur unter winterlichen Auslegungsbedingungen zu bringen.

Heizwärmeverbrauch [kWh bzw. kWh/m²a]

Die in einem durchschnittlichen Winter benötigte Wärmemenge um die gewünschte Raumtemperatur einzuhalten.

Leibung / Laibung

Innere Begrenzungsfläche einer Maueröffnung.

Luftdichtheit

Im Passivhausbau werden besonders strenge Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle gestellt. Ungewollte Luftströme durch mangelhaft ausgeführte Anschlüsse, Durchdringungen, Stoßstellen von Folien oder Putzschichten verursachen übermäßige Infiltrationsluftwechsel. Die so entweichende beheizte Luft kann keiner Wärmerückgewinnung zugeführt werden und hat somit einen wesentlichen Einfluss auf den Heizwärmeverbrauch. Als Kennwert darf der sich unter Über- bzw. Unterdruck einstellende Luftwechsel (n_{50}) den Wert von 0,6 / h nicht überschreiten.

MW

Mineralwolle

Nutzenergie

Ist die Energie, die als Licht, Bewegung bzw. Kraft, Wärme oder Kälte zur Verfügung steht. Ist jene Energiemenge, die genutzt wird.

Nutzerevaluation

(POE = post-occupancy evaluation)

Leistungsnachweis der Kommunikation Planer-Nutzer, subjektive Wohnzufriedenheit mit dem Passivhaus und seiner Technologie, erhoben durch eine Nutzerumfrage 6–12 Monate nach Einzug der Bewohner. Kann durch Interviews und Gruppendiskussion ergänzt werden und sollte zusammen mit evaluationserfahrenen Sozialwissenschaftlern durchgeführt werden.

Primärenergie

Die Primärenergie umfasst die nicht erneuerbare Energie und die erneuerbare Energie. Falls beide berücksichtigt werden, darf sie als Gesamtprimärenergie bezeichnet werden. Für ein Gebäude ist dies die Energie, die zur Erzeugung der an das Gebäude gelieferten Energie aufgewendet wird. Sie wird mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren aus den gelieferten und den abgeführten Energieträgermengen berechnet. Nichterneuerbare Primärenergie ist Energie aus einer Quelle, deren Vorrat sich durch die Entnahme verringert (wie z. B. fossile Brennstoffe). [ON007]

Wenn mittels PHPP der Primärenergiekennwert berechnet wird, dann sind für Österreich die gesetzlich verpflichtenden Konversionsfaktoren für Primärenergie gemäß OIB Richtlinie und PHPP zu rechnen und die Ergebnisse gegenüberzustellen.

Pumpenwarmwasser

Heizungswarmwasser, das zur Versorgung eines Wärmeabnehmers (z. B. das Nachheizregister einer Lüftungsanlage) eingesetzt wird. Die Förderung des Heizungswarmwassers erfolgt über eine Umwälzpumpe.

PUR

Polyurethan

Segeltuchstutzen

Segeltuchstutzen dienen als schall- und schwingungsentkoppelndes Element in Lüftungsrohrleitungen. Sie werden u. a. zum Anschluss der Zentraleinheiten an das Luftkanalsystem eingesetzt.

Sturz

Überdeckung einer Tür- oder Fensteröffnung, z. B. als Stahlträger, Stahlbetonbalken, gemauerter scheitrechter Bogen; trägt das darüber liegende Mauerwerk.

Telefonieeffekt

Schallübertragung zwischen Räumen über die Luftleitungen einer Lüftungsanlage.

Thermische Hülle

Sie stellt die durch Wärmedämmung umschlossene, größtenteils beheizte Hüllfläche dar. Es werden nur Flächen innerhalb der thermischen Hülle zur Ermittlung der Energiebezugsfäche herangezogen.

Wärmebrücke

Eine Wärmebrücke stellt eine Schwachstelle der thermischen Hülle dar. In der Passivhaustechnologie ist grundsätzlich eine möglichst wärmebrückenfreie Ausführung gefordert. Es wird zwischen 2-dimensionalen (linienförmigen) und 3-dimensionalen (punktförmigen) Wärmebrücken unterschieden.

Linienförmige Wärmebrücken mit einem Wärmebrückenverlustkoeffizient $> 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$ müssen berücksichtigt werden.

Wärmeüberträger

Ein Wärmeüberträger ist der Teil der Lüftungsanlage der zur Übertragung von Wärme (z. B. Übertragung der Wärme aus der Abluft der Lüftungsanlage auf die Zuluft der Lüftungsanlage) eingesetzt wird.

WNFL

Wohnnutzfläche

Register

Symbol

- 2-Leiter-System 100
- 4-Leiter-System 100

A

- Abdichtung 58
- Abluftauslass 79
- Abluftraum 78
- Abluftventil 91
- Abluftzone 79
- Attika 45
- Attika leicht 45
- Attika massiv 47
- Aufzug 37
- Aufzugsschacht, Belüftung 37
- Auslegungsraumtemperaturen 88
- Auslegungsvolumenstrom 80
- Außenwand 29

B

- Badezimmer 88
- Bauliche Mehrkosten 103
 - Außenwand 115, 116
 - Dachaufbau 119, 120
 - Dachfläche 120
 - Dachterrasse 120
 - Eingangsportal 133
 - Elektroinstallationen 136
 - Fenster 131, 132
 - Lüftungsanlage 138
 - Sanitärinstallationen 136
 - Schallschutz 132
 - Treppenhaus 123, 124, 125
 - unterste Geschossdecke 122
 - Wärmebrückenreduktion 129, 130
 - Zusammenstellung 143
- Bauliche Minderkosten
 - Heizung 140
 - Heizungsanlage 141

- Bauphysik 23
- Bau-Schalldämmmaß 64

- Bauteilkosten
 - Außenwand 115
 - Bodenplatte Treppenhaus 126
 - Dachfläche 118
 - Dachterrasse 120
 - Fenster 130
 - Fensterglas 130
 - Fenstermontage 130

- Fensterrahmen 130
- Fußpunkt des Gebäudes 129
- Hauseingangstür 132
- Heizung 138
- Luftdichtheit 135
- Lüftungsanlage 137
- Notkamin 134
- Schleusentüre 125
- Thermokörbe 128
- Treppenhaus 122
- Unterste Geschossdecke 121
- Verschattung 135
- Wärmebrücken Fußpunkte Wände 126

Berauchungsversuch

- Bewehrungsgrad, Bewehrung 56
- Blechanschluss 73
- Blower-Door-Test 42
- Bodenplatte 50
- Brandrauchentlüftung 37
- Brandrauchklappe 38
- Brandschutz 43
- Brandschutzklappe 91
- Brandschutzriegel 43

C

- charakteristische Länge 31

D

- Dach 29, 48
- Dämmstoffstärke 29
- Decke 29
- Differenzdruckverfahren 42
- Dreherstraße 43, 105
- Druckverlust 85
- Dunstabzugshaube 96

E

- Elektro-Dose 39
- Elektroinstallationen, Luftdichtheit 39
- Energiebezugsfläche 15, 179
- EnEV 19
- Entkopplung, thermische 56
- Erfahrungen im Passivhausbau 23

F

- Fensteranschluss 64
- Filterstandzeit 86
- Frostkoffer 50
- Frostschürze 50

- Frostschutzregister 86
Fußpunkt des Gebäudes 56
- G**
Gebäudehülle 29
Gegenstrom-Plattenwärmeübertrager 82
- H**
Hauseingang 72
Haustechnik 23, 75
Heizkosten, Abrechnung 101
Heizlast 15, 87
Heizregister 17, 75
Heizregister-Bypass 89
Heizwärmebedarf 15
Höcker, Stahlbetonhöcker 56
- I**
Infiltrationsluftwechselrate 41
- K**
Kabeldurchführung 39
Keller 50
Kellerdecke, kalt 52
Kellerdecke, warm 54
Kellertür 61
Kompaktheit 30, 31
Kühlung 158
- L**
Lastabtragung 35
Leckage 41
Leitungsdurchführung 39
Luftdichte Ebene 36
Luftdichtheit 15, 35
Luftdichtheit der Luftleitungen 99
Luftdichtheitsmessung 41, 42
Luftfilter 85
– Abluftfilter 81
– Außenluftfilter 81
– Feinfilter 81
– Grobfilter 81
Luftheizung 16
Luftleitung
– Dimensionierung 96
– Luftdichtheit 99
– Wärmedämmung 97
Luftleitungsführung 78
Lüftungsanlage 75
– Abnahme 99
– Aufstellort 98
– Brandschutz 90
- dezentral 77
– Einbau 98
– Filter 81
– Hygiene 81
– Inbetriebnahme 99
– Komfortkriterium 80
– Lagerung 98
– Leckage 80
– Regelbarkeit 81
– Regelung 94
– Reinhaltung 98
– Schallschutz 81
– Steuerung 94
– Stromeffizienzkriterium 80
– Wärmebereitstellungsgrad, effektiver 80
– Wärmedämmung 81
– zentral, dezentral, semizentral 75
- Lüftungsgerät, Ventilator 84
Lüftungsleitung 40
- M**
Machbarkeitsstudie 24
Messergebnisse
– CO₂-Konzentrationen 154
– Endenergieverbrauch 154
– Heizung 151
– Heizwärmebedarf 155
– Luftqualität 151
– Raumtemperatur 151
- Messwerte 23
Mineralwolle 44
Mischluftbox 90
Mühlweg 43, 105
- N**
n₅₀-Wert 42
Nachheizregister 87
Niedrigenergiestandard 105
Normen 19
Nutzer
– Grundschulung 157
– Informationsveranstaltung 162
– Technikinformation 162
– Vermarktung 157
– Versammlung 157
– Zufriedenheit 157, 162
- Nutzer-Evaluation 161
Nutzerhandbuch 158
NutzerInnenhandbuch 157, 167
Nutzerverhalten 151

P		U
Passivhausdefinition 15		Überströmöffnung 93
Passivhaus Institut 25		Überströmzone 79
Passivhauskriterien 15		Unterste Geschossoberfläche 50
Perimeterbereich 52		Utendorfgasse 21, 105
PHPP 15		U-Werte 29
PHPP, Unterschied Norm 19		
Planer 23		
Primärenergiebedarf 15		
Q		V
Qualitätssicherung 23		Ventilator 84
R		Ventilatorleistung, spezifische 84
Raumweise Temperaturdifferenzierung 88		Vorentwurf 29
Rohrdurchführung 40		
S		W
Schalldämmmaß 64		Wärmebrücke 34
Schlafzimmer 89		Wärmemengenzähler 101
Schleuse 61		warmer Fuß 51
Schleusentür 37		Wärmetauscher 82
Simulation, dynamische 22		Warmwasserbedarf 99
Skonto 105		Warmwasser, Verteilung 100
Sockeldämmung 52		WDVS 43
Sommerbypass 83		Winddichte Ebene 36
Sommerverhalten 153		Wohlbefindenswerte 161
Stahlbetonhöcker, Höcker 56		Wohnnutzfläche 105
Staubverschwendung 17		Wohnzufriedenheit 161, 163
Steildach 48		
T		Z
Telefonieschalldämpfer 78		Zentrale Lüftungsanlage 77
Tellerventil 92		Zertifizierung 24
Temperaturdifferenzierung, raumweise 88		Zonierung 79
Terrasse 29		Zuluftauslass 79
Terrassenausgang 69		Zuluftbeheizbarkeit 17
Terrassenausgang, barrierefrei 69		Zuluftraum 78
Thermische Hülle 29		Zuluftventil 91
Thermokorb 45, 63		Zuluftzone 79
Thermostat 94		
Tiefgarage 50		
Tiefgaragendecke 50		
Treppenhaus 61		
Treppenhauslüftung 98		
Trittschalldämmung 54		

Prüfungsfragen für die Qualifizierung zum Gebäude-Energieberater

Wohn- und Nichtwohngebäude



Hrsg.: Öko-Zentrum NRW, Hamm
2., aktual. Aufl. 2010, 222 Seiten,
Abbildungen, Gebunden
ISBN 978-3-8167-8098-4

Die Anreize der Bundesregierung und die aktuelle Gesetzgebung erzeugen eine hohe Nachfrage nach qualifizierten Energieberatern.

Das Buch bietet eine kompakte Sammlung von Prüfungsaufgaben, die dem Anwärter eine große Hilfe bei der Vorbereitung ist. Die Autoren haben Fragen aus Prüfungen und die entsprechenden Antworten zusammengefasst. Sie stellen dabei einen Querschnitt durch die Thematik dar, ohne auf alle Details einzugehen. Dem Prüfungsanwärter wird mit diesem Buch nicht nur ein Leitfaden an die Hand gegeben, sondern er kann sich auch optimal mit der Prüfungsmethodik vertraut machen.

Die aktualisierte Auflage wurde um einen umfangreichen Teil zum Thema Nichtwohngebäude ergänzt. Damit ist es das ideale Übungsbuch für den zukünftigen Energieberater, eignet sich aber auch als Nachschlagewerk für Architekten oder Ingenieure.

Fraunhofer IRB Verlag

Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Nobelstraße 12 · 70569 Stuttgart · Tel. 0711 9 70-25 00 · Fax -25 08 · irb@irb.fraunhofer.de · www.baufachinformation.de

Energieeffiziente Nahwärmesysteme

Grundwissen, Auslegung, Technik für Energieberater und Planer



Jörn Krimmling

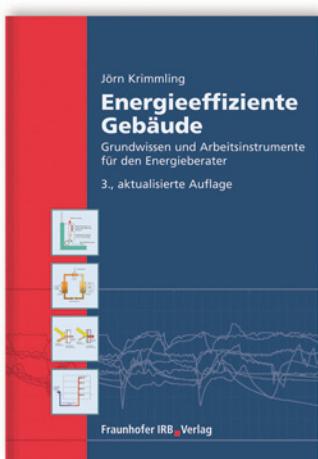
2011, 210 Seiten,

zahlr. farb. Abbildungen u. Tabellen, Kartoniert
ISBN 978-3-8167-8342-8

Gebäude verursachen in Deutschland ca. 40 % des Energieverbrauchs. Dieses Buch hilft Energieberatern, Architekten und Planungsingenieuren, das Grundkonzept für ein Nahwärmesystem aufzustellen und die sich dabei ergebenden Versorgungslösungen energetisch und wirtschaftlich zu bewerten. Der Aufbau der Systeme, die wichtigsten modernen Techniktrends und die Grundlagen der Auslegung werden erläutert. Darüber hinaus werden die wichtigsten Aspekte des Betriebs analysiert und moderne Betreibermodelle, insbesondere das Energiecontracting, vorgestellt.

Energieeffiziente Gebäude

Grundwissen und Arbeitsinstrumente für den Energieberater



Jörn Krimmling

3., aktual. Aufl. 2010, 302 Seiten,

zahlr. Grafiken, 180 Tabellen, Kartoniert

ISBN 978-3-8167-8150-9

Der Energieverbrauch in Deutschland wird erheblich durch den Betrieb von Gebäuden mitverursacht. Das Buch bietet alle wichtigen Informationen für die Praxis der Energieberatung, vom Inhalt der wichtigsten Normen und Richtlinien bis hin zur Kostenkalkulation und Struktur eines Berichts. Grundlagen der wirtschaftlichen Bewertung von Varianten und Sanierungsstrategien, ein aktueller Überblick über den Stand der Technik und die neu hinzugekommenen Gesetze, Verordnungen und Normen machen es zu einem Muss für jeden, der sich mit Energieberatung, energetischer Sanierung und Planung beschäftigt.

Fraunhofer IRB Verlag

Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Nobelstraße 12 · 70569 Stuttgart · Tel. 0711 9 70-25 00 · Fax -25 08 · irb@irb.fraunhofer.de · www.baufachinformation.de

Helmut Schöberl

Kostengünstige mehrgeschossige Passivwohnhäuser

Kosten, Technik, Lösungen, Nutzererfahrungen

Energieeffiziente Gebäude im Bereich des Einfamilienhauses sind keine Seltenheit mehr. Anders sieht das beim mehrgeschossigen Wohnbau aus. Dort stellen vor allem die Passivhaustechnik und die anfallenden Baukosten noch die größten Hürden dar.

Helmut Schöberl fasst erstmals Planungsinstrumente, Gebäudehülle, Haustechnik, bauliche Mehrkosten und Nutzereinführung anhand von mehreren Passivhausprojekten zusammen. »Passivhaus-Einsteiger« lernen ausführlich die Anforderungen, Komponenten und Herausforderungen des Passivhauses kennen. Auch erfahrene Planer und Entscheidungsträger erhalten viele praxiserprobte Detaillösungen und eine genaue Gliederung der Mehrkosten.

Der Autor konnte seine Erfahrung aus über 200.000 m² realisierter Nutzfläche im Bereich mehrgeschossige Passivhäuser in dieses Buch einfließen lassen. So war es möglich, neuestes Wissen über Kosten, Technik, Lösungen und Nutzererfahrungen für mehrgeschossige Passivhauswohnhäuser in diesem Buch gesammelt anzubieten.

Der Autor:

Dipl.-Ing. Helmut Schöberl, Leiter des Bauphysik- und Forschungsbüros Schöberl & Pöll GmbH mit dem Schwerpunkt Mehrgeschossiger Passivbau und Plus-Energie-Gebäude, stellvertretender Vorsitzender des Komitees ON-K 175 »Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen«, Mitglied der Komitees ON-K 141 »Klimatechnik« und ON-K 235 »Wirtschaftlicher Energieeinsatz in Gebäuden« des Österreichischen Normungsinstituts, über 2.500 Wohneinheiten in mehrgeschossigen Passivhäusern mit ca. 200.000 m² Nutzfläche, 28 abgeschlossene und laufende Forschungsprojekte zum Thema Passiv- und Plus-Energie-Gebäude.

