

Passiv-Dachgeschossausbau eines typischen Gründerzeithauses mit aktiver Energiegewinnung

H. Schöberl, S. Handler

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

9/2012

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Passiv-Dachgeschossausbau eines typischen Gründerzeithauses mit aktiver Energiegewinnung

DI Helmut Schöberl
DI Simon Handler
Schöberl & Pöll GmbH

Wien, November 2011

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	4
Abstract.....	6
1 Objektdokumentation.....	8
1.1 Standort.....	8
1.2 Bestandsgebäude.....	8
1.3 Plus-Energie-Dachgeschoßausbau und Apartments	8
1.4 Grundrissplanung	9
1.5 Bauteilaufbauten (exemplarisch)	11
1.6 Haustechnik	13
1.7 Haushaltsgeräte und Sonnenschutz.....	14
1.8 Energetische Kennzahlen des Dachgeschoßausbaus	17
1.8.1 Passivhaus-Standard.....	17
1.8.2 Plus-Energie-Standard	18
1.9 Schutz vor sommerlicher Überwärmung.....	21
1.10 Zertifizierung	21
1.10.1 Passivhaus Institut – Zertifizierung als „qualitätsgeprüftes Passivhaus“	21
1.10.2 klima:aktiv.....	22
1.10.3 Weitere Ökologie.....	25
1.11 Fotodokumentation – Baufortschritt.....	25
2 Baukosten	38
2.1 Methodik	38
2.1.1 Vorgangsweise.....	38
2.1.2 Kostenbereiche und Indexbereinigung	38
2.1.3 Umsatzsteuer und Skonto	39
2.1.4 Fördergelder.....	39
2.1.5 Bezugsfläche.....	39
2.2 Ermittlung der baulichen Mehrkosten	39
2.2.1 Außenwand	39
2.2.2 Dach.....	41
2.2.3 Fenster	42
2.2.4 Luftdichte Ausführung der Elektroinstallationen	42
2.2.5 HKLS.....	43
2.2.6 Photovoltaik.....	44

2.3	Darstellung der baulichen Mehrkosten	44
3	Quellenverzeichnis	48
4	Abbildungsverzeichnis.....	49
5	Tabellenverzeichnis	51

Kurzfassung

Zielsetzung

Mit der Durchführung des Bauprojekts sollte aufgezeigt werden, dass sowohl das Konzept des Passivhauses als auch des Plus-Energie-Gebäudes auch auf Dachgeschoßausbauten von Gründerzeithäusern anwendbar ist. Durch die Vermietung von einzelnen Apartments in dem Dachgeschoß (www.passivhausapartments.com) sollen diese Konzepte einer breiteren Masse zugänglich gemacht werden. Weiteres Ziel des Forschungsberichts ist die Dokumentation der Planung, sowie die Vorstellung der eingesetzten Technologien und Baumaterialien, um die Umsetzung solcher Bauprojekte in Zukunft zu erleichtern.

Inhalt und Methodik

Bei der Planung des Projekts konnte auf langjährige Erfahrung in der Realisierung von Passivhäusern zurückgegriffen werden. Die energetische Auslegung des Dachgeschoßes wurde mit dem PHPP durchgeführt. Um den Plus-Energie-Standard erreichen zu können, wurden zusätzlich Erkenntnisse aktueller Forschungsprojekte miteinbezogen.

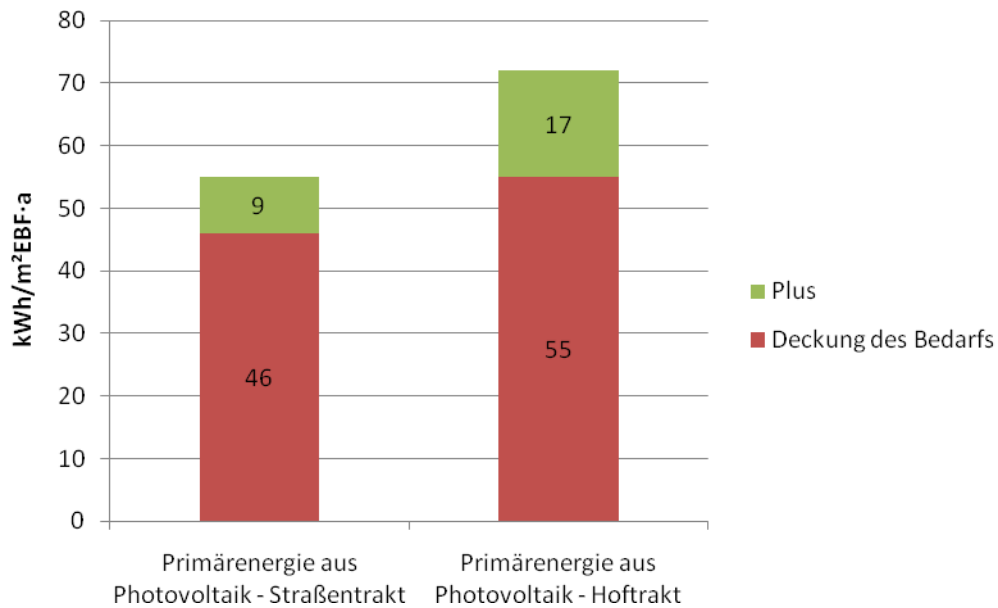
Trotz der hohen Anforderungen an die thermische Qualität der Außenhülle wurden die verwendeten Konstruktionen bewusst einfach gehalten, um die Multiplizierbarkeit des Projektes aufrechtzuerhalten.

Das haustechnische Konzept des Dachgeschoßes beinhaltet eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die Heizung und Kühlung der Räume erfolgt über eine Bauteilaktivierung, welche von einer Luft-Wasser-Wärmepumpe sowie einer Solaranlage mit 1.000 Liter Pufferspeicher versorgt wird. Um den Plus-Energie-Standard erreichen zu können, wurde eine 13 kWp Photovoltaikanlage installiert.

Eine gezielte Auswahl aller im Dachgeschoß verwendeten elektrischen Geräte, führt zu einem sehr niedrigen Stromverbrauch im Betrieb und stellt einen der Schlüsselpunkte zur Erreichung des Plus-Energie-Standards dar.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das Projekt hat gezeigt, dass hochenergieeffiziente Gebäudekonzepte auch im Bereich von Dachgeschoßausbauten umsetzbar sind. Es wurde nicht nur der Passivhausstandard eingehalten, durch die Energieerzeugung am Standort konnte sogar der Plus-Energie-Standard erreicht werden.



Nachweis des Plus-Energie-Standards über die Bilanzierung des Primärenergiebedarfs am Standort

Das Projekt hat gezeigt, dass bei unterschiedlichen Konzepten für die Beheizung des Dachgeschoßes zwischen 4 % und 10 % der Baukosten eines konventionellen Dachgeschoßausbaus zusätzlich investiert werden müssen, um den Passivhausstandard erreichen zu können. Bei der Beheizung über die Zuluft sind Mehrkosten in der Höhe von rund 82 Euro/m²_{EBF} erreichbar. Die tatsächliche Ausführung mit thermischer Bauteilaktivierung verursacht gesamte Mehrkosten von rund 213 Euro/m²_{EBF}. Um den Plus-Energie-Standard erreichen zu können, sind zusätzliche Investitionen in der Höhe rund 100 Euro/m²_{EBF} nötig (Preisstand 2011). Dies entspricht etwa 5 % der Baukosten eines konventionellen Dachgeschoßausbaus.

Abstract

Ambition

This project was supposed to show that the passive-house concept as well as the plus-energy concept are applicable for attic reconstruction of the founding period. To open this concept for a wider public individual apartments will be available for rent (www.passivhausapartments.com).

A further aim of this research project is the documentation of the planning process as well as the introduction of the appointed technologies and materials to facilitate such building projects in the future.

Content and methodology

Long years of experience could be drawn back on in the planning process of this project. The energetic construction of the attic was calculated via PHPP. Additional insights of current research projects were included to achieve the plus-energy standard.

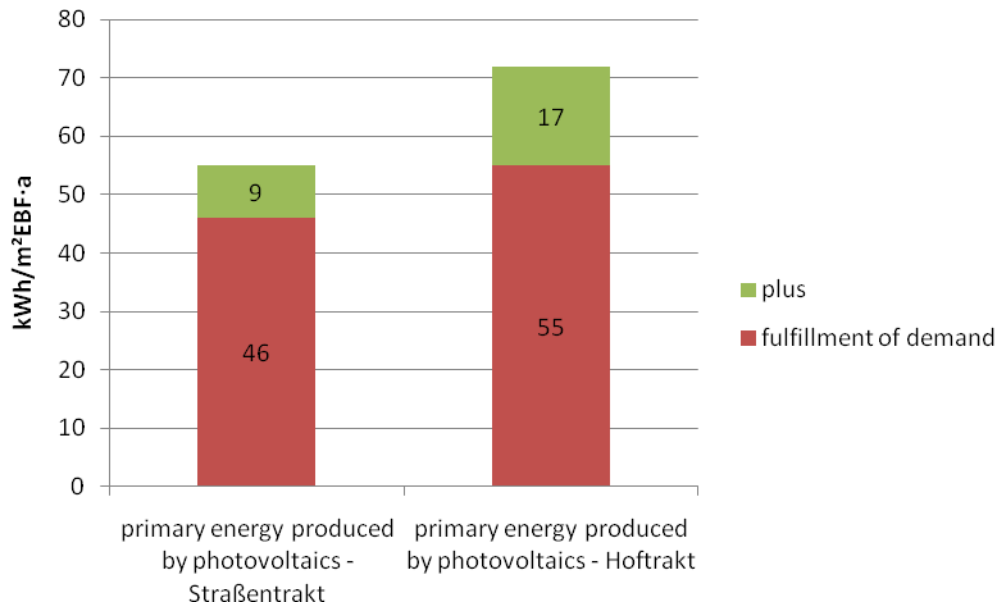
Although the demand on the thermal quality of the external construction was quite high, the details were kept simple to facilitate the repetition of this project.

The technical concept of the attic contains an air ventilation system with heat exchanger. Heating and cooling works through structural element activation which will be provided by air-water heatpump as well as a solar system with bumper. A 13kWp photovoltaic system was installed to achieve the plus-energy standard.

A specifically targeted range of all the in the attic used electronic devices keeps the energy use very low and illustrates a key point in the achievement of the plus-energy standard.

Results and conclusions

The projects has demonstrated that high efficient building concepts are applicable for areas such as attic reconstructions. Not only was the passive-house standard obtained, through the energy generation the plus-energy standard could be achieved.



Verification of the plus-energy standard over the equilibration of the primary energy demand on this site

The project has demonstrated that in different concepts for attic heating, in order to achieve the passive-house standard, between 4 % and 10 % of the building costs of a conventional attic reconstruction have to be invested.

In heating through supply air additional costs in the range of approximately 82 Euro/m²EBF are possible. The actual construction with thermal activation of structural elements causes additional cost of approximately 213 Euro/m²EBF. Additional investments of around 100 Euro/m²EBF are necessary (prices of 2011). This corresponds to approximately 5 % of the building costs of a conventional attic reconstruction.

1 Objektdokumentation

1.1 Standort

Das Bestandsgebäude wurde im zweiten Wiener Gemeindebezirk errichtet und befindet sich in unmittelbarer Nähe des Verkehrsknotenpunktes „Praterstern“, mit Anknüpfung an die U-Bahnlinien U1 und U2 sowie der Schnellbahn.

1.2 Bestandsgebäude

Ausgangsbasis für den Dachgeschoßausbau war ein Rohdachboden eines Wiener Gründerzeithauses. Das Gebäude wurde um ca. 1900 errichtet und weist typische Merkmale von klassischen Gründerzeithäusern auf.

Das Gebäude besteht aus einem Kellergeschoß, dem Erdgeschoß, vier Obergeschoßen und dem Dachboden. Die oberste Geschoßdecke des Bestandsgebäudes wurde als Holztram- bzw. Dippelbaumdecke ausgeführt. Der Dachstuhl des Bestandsgebäudes wurde als doppelt stehender Pfettendachstuhl errichtet. Bei dieser Bauweise des Dachstuhls verläuft der Bundtram meist in einer für den Ausbau sehr ungünstigen Höhe. Der Bundtram kann aus statischen Gründen nicht einfach durch ein Zugband aus Stahl ersetzt werden. Hier wären weitere Maßnahmen nötig um die Stabilität zu gewährleisten. Aus diesem Grund wurde der Dachstuhl, wie bei den meisten Dachgeschoßausbauten abgetragen und durch eine neue Holz-Stahl-Konstruktion ersetzt.

Das Objekt wurde im Vorfeld des Umbaus nicht thermisch saniert und befand sich diesbezüglich im ursprünglichen Zustand. Die Fassade des Gebäudes ist größtenteils ungegliedert. Eine thermische Sanierung des Gesamtgebäudes ist somit problemlos möglich, wurde grundsätzlich, aufgrund der unterschiedlichen Besitzverhältnisse, nicht im Zuge des Dachgeschoßausbaus durchgeführt. Die straßenseitige Fassade des Gebäudes und eine Einzelwohnung im 4. OG wurden mit Vollwärmeschutz gedämmt.

Ein Aufzug wurde bereits längere Zeit vor dem Dachgeschoßausbau installiert. Die Kosten für eine neue Aufzugsanlage mussten daher nicht vom Bauherrn getragen werden. Es musste jedoch eine Adaption der Anlage durchgeführt werden, um den Aufzug bis in das Dachgeschoß führen zu können.

1.3 Plus-Energie-Dachgeschoßausbau und Apartments

Der Fokus stand bei dem Projekt von Beginn an auf der hochwertigen Durchführung aller Bauarbeiten mit dem Ziel äußerst energieeffizient nutzbaren Wohnraum zu schaffen. Mit Abschluss des Bauprojekts wird in Wien der weltweit erste Plus-Energie-Dachgeschoßausbau zu finden sein. Da das Nutzungskonzept des Dachgeschoßes die tageweise Mietbarkeit von einzelnen Apartments (www.passivhausapartments.com) vorsieht, wird dieses Wohnkonzept für eine breitere Masse zugänglich gemacht. Es soll vermittelt werden, dass mit energieeffizienten Gebäuden nicht nur Energie bzw. Betriebskosten gespart werden können, sondern auch, dass die Behaglichkeit und der Komfort in solchen Gebäuden höher ist.

1.4 Grundrissplanung

Ziel des Bauprojektes war die Errichtung von fünf Wohneinheiten mit insgesamt ca. 326 m² Nutzfläche. Um eine möglichst großzügige Dachterrassenfläche schaffen zu können, wurde auf eine zweigeschöbige Ausführung des Dachgeschoßes verzichtet.

Das gesamte Bauprojekt setzt sich aus zwei separaten Einreichungen zusammen. Diese werden im Folgenden durchgängig mit „Straßentrakt“ und „Hoftrakt“ benannt. In Abbildung 1 ist der Hoftrakt rot gekennzeichnet. Der Straßentrakt hat die gleiche Grundfläche und ist in der Abbildung grau markiert.



Abbildung 1: Lageplan des Bauprojekts

Wie bei den meisten Dachgeschoßausbauten wurde auch in der Ybbsstraße 6 der bestehende Dachstuhl abgetragen und durch eine Stahl-Holz-Konstruktion ersetzt. Dadurch wurde eine freiere Gestaltung der Grundrisse ermöglicht. Die Raumaufteilung kann den Grundrissen in Abbildung 2 und Abbildung 3 entnommen werden.

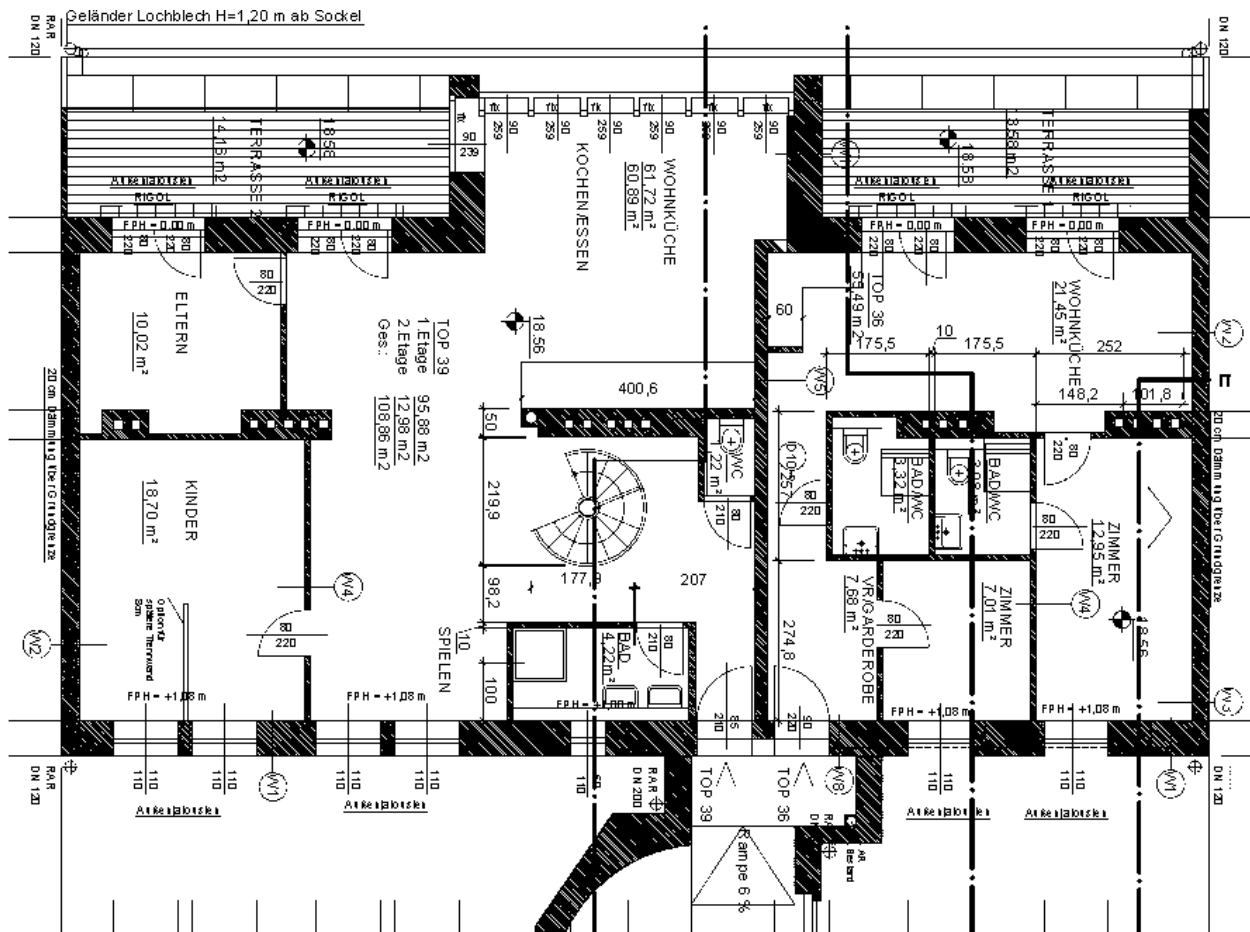


Abbildung 3: Grundriss des Dachgeschoßes – Straßenbrakt

1.5 Bauteilaufbauten (exemplarisch)

Die Anforderungen der Bauordnung bzw. der OIB Richtlinie an die Wärmedurchgangskoeffizienten der Aufbauten wurden bei allen Bauteilen nicht nur eingehalten, sondern weit unterschritten. Um einen Überblick über die thermische Qualität der einzelnen Bauteile zu geben, werden im Folgenden einzelne, verwendete Aufbauten exemplarisch vorgestellt.

1 W1 Außenwand Leichtbauweise						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R _{si} : 0,13						
außen R _{sa} : 0,04						
Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
2x GKF 1,25 cm (F60)	0,210					25
Lattung / MW-WL	0,035			Holz	0,130	50
Vollschalung/Dampfbr.	0,130					24
MW-WL zw. Konstruktionsholz	0,032	Holz	0,130			160
MW-WL zw. Konstruktionsholz	0,032	Holz	0,130			240
MDF	0,120					15
EPS-F	0,032					80
Deckschicht	0,800					5
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
		12,0%		6,5%		59,9

U-Wert: **0,071** W/(m²K)

Abbildung 4: Bauteilaufbau – Außenwand Leichtbauweise

Abbildung 4 zeigt einen verwendeten Außenwandaufbau. Insgesamt wurden hier 45 cm Mineralwolle zwischen einer Holzkonstruktion und weitere 8 cm EPS-F verbaut. Es ergibt sich dadurch ein U-Wert von ca. 0,07 W/m²K.

5 D3 Schrägdach >15° Dachneigung						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R _{si} : 0,10						
außen R _{sa} : 0,10						
Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
2x GKF 1,25cm	0,210					25
Lattung / MW-WL	0,035			Holz	0,130	30
Vollschalung/Dampfbr.	0,130					24
MW-WL zw. Konstruktions- hölzern	0,032	Holz	0,130			240
MW-WL zw. Konstruktions- hölzern	0,032	Holz	0,130			160
Vollschalung/Untersp.	0,130					24
Konterlattung/ Hinterlüftung						50
Lattung						24
Bramac Dachziegel						
		12,5%		6,5%		Summe
						57,7

U-Wert: **0,092** W/(m²K)

Abbildung 5: Bauteilaufbau – Schrägdach

In Abbildung 5 ist ein verwendeter Schrägdachaufbau dargestellt. Hier wurden 43 cm Mineralwolle zwischen einer Holzkonstruktion verbaut. In Summe ergibt sich ein U-Wert von ca. 0,09 W/m²K.

4 D2 Decke über DG / Terrasse						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R _{si} : 0,10						
außen R _{sa} : 0,10						
Teilfläche 1	λ[W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ[W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ[W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
2x GKF 1,25cm	0,210					25
Lattung / MW-WL	0,035			Holz	0,130	30
Vollschalung/Dampfsp.	0,130					24
MW-WL zw. Konstruktions- hölzern	0,032	Holz	0,130			240
MW-WL zw. Keilpfosten	0,032	Holz	0,130			170
Pfostenvollschalung	0,130					50
MW-T 35/31	0,033					30
Schutzbeton	1,400					50
Abdichtung inkl. Dampfdruckausgleich (z.B. E KV-4 + E KV-	0,190					9
Holzdielen mit Unterkonstruktion auf Gummischrotmatte						
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
		12,0%		6,5%		62,8
U-Wert: 0,080						W/(m²K)

Abbildung 6: Bauteilaufbau – Decke über Dachgeschoß bzw. Terrasse

Abbildung 6 zeigt einen verwendeten Flachdachaufbau. Aufgrund der hohen Dämmstärke von insgesamt 46 cm Mineralwolle zwischen einer Holzkonstruktion ergibt sich hier ein U-Wert von nur 0,08 W/m²K. Die Konstruktion mit einer Dampfsperre $s_d = 1.500$ m wird nicht für den allgemeinen Einsatz empfohlen.

1.6 Haustechnik

Das haustechnische Konzept sieht wie bei Passivhäusern üblich eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vor. Um eine möglichst hohe Effizienz zu erreichen, wurde für jeden Trakt ein zentrales Lüftungsgerät für alle Wohneinheiten vorgesehen. Die Beheizung des Dachgeschoßes erfolgt nicht über die Lüftungsanlage, sondern über ein Flächenheizsystem. Die thermische Aktivierung des Estrichs (Bauteilaktivierung) ermöglicht sehr niedrige Vorlauftemperaturen. Bei der gewählten Ausführung müssen die Vorlauftemperaturen der Bauteilaktivierung nur wenige Kelvin über der Raumtemperatur liegen, um eine ausreichende Heizleistung zu erreichen. Dies ermöglicht die größtmögliche Effizienz der Wärmepumpe. Vorgesehen wurde eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, welche sowohl als Wärmepumpe als auch als Kältemaschine arbeiten kann. Im Sommer kann die Bauteilaktivierung somit auch zur Kühlung des Dachgeschoßes verwendet werden. Auf die übliche Klimatisierung der Räume über eine Luft-Luft-Wärmepumpe und den damit in Verbindung stehenden schlechten Wirkungsgrad der Anlage kann bei diesem Haustechnikkonzept verzichtet werden.

Zur Unterstützung der Warmwasserbereitung bzw. Heizung wurden 16 m² Solarthermiekollektoren gekoppelt mit einem 1.000 Liter Pufferspeicher verbaut. Die

Kollektoren wurden in einem Winkel von 30° zur Horizontalen aufgeständert. Dadurch wird eine solare Heizungsunterstützung von ca. 25 % erreicht.

Um den Plus-Energie-Standard erreichen zu können, wurde die Installation einer Photovoltaikanlage durchgeführt. Ein Teil der Module wurde aufgeständert montiert, der andere Teil wurde in die Terrassenüberdachung integriert. Bei einer Leistung von 13 kWp bleibt in der Primärenergiebilanz eines Jahres für alle fünf Wohneinheiten des Dachgeschoßausbaus Strom zur Einspeisung in das Stromnetz übrig und der Plus-Energie-Standard kann erreicht werden.

1.7 Haushaltsgeräte und Sonnenschutz

Bei der Auswahl der elektrischen Geräte wurde auf die Minimierung des Stromverbrauches geachtet. Die Reduktion des Stand-by Verbrauchs elektronischer Geräte wurde speziell verfolgt. So wurden nach sorgfältiger Recherche Küchengeräte ausgewählt, welche größtenteils keinen Stromverbrauch im Stand-by Modus aufweisen. Die einzige Ausnahme stellt der Herd dar. Dieser hat im Stand-by Modus eine Leistung von 1 W. Auch im Bereich der TV-Anlage konnte Potenzial zur Energieeinsparung gefunden werden. Hier wurde nicht nur das sparsamste, am Markt verfügbare Fernsehgerät ausgewählt, sogar bei der Satellitenanlage konnte der Stromverbrauch minimiert werden. Durch die Verwendung von mehreren LNB-Convertern konnte auf einen elektrischen Multischalter, welcher das eingehende Signal vervielfacht, verzichtet werden.

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung des Einsparpotenzials wird nun anhand der Untersuchungsergebnisse über den Stand-by Verbrauch von elektronisch gesteuertem Sonnenschutz erläutert:

Bei einem Dachgeschoßausbau ist eine außenliegende Verschattung der Fenster (speziell der Dachflächenfenster), aus Gründen der sommerlichen Überwärmung der Räume, praktisch unumgänglich. Um den Komfort zu steigern, wurde wie bei den meisten Objekten der Verbau von elektrisch gesteuertem Sonnenschutz vorgesehen. Nachdem erkannt wurde, dass dieser einen enormen Stand-by Verbrauch aufweist, wurde versucht die Gründe dafür zu ermitteln und Alternativen zu finden.

Zuerst wurden die elektronischen Komponenten einer Standardvariante für außenliegende Sonnenschutzsysteme analysiert. Bei dieser Variante wurden verschiedene Komponenten zweier Hersteller (System 1 und System 2) kombiniert. In Tabelle 1 und Tabelle 2 werden die für Top 37 benötigten Komponenten, die dadurch entstehende Stand-by Leistung und die resultierenden Kosten für diese Wohneinheit exemplarisch dargestellt. In Summe ergab sich eine Stand-by Leistung von 19,8 W. Diese entstand vor allem aufgrund der eingesetzten Funktechnologie.

		Motor + Jalousieschalter	Funk- receiver	Wand- sender	Sonnen- und Windwächter incl. Steuerung
	Stand-by [W]	0	1,1	0	1,6
	Preis [€/Stück]	140,4	120	42	150
TOP37					
	Wohnküche	5	5	3	1
	Zimmer 1	0	0	0	0

Zimmer 2	1	1	1	1
Summe	6	6	4	2
Stand-By [W]	0	6,6	0	3,2
Preis [€]	842,4	720	168	300
TOP 37 System1			gesamt Stand-by [W]	9,8
			gesamt Preis [€]	2.030,4

Tabelle 1: Stand-by Verbrauch und Preise der elektrischen Komponenten des Sonnenschutzes – System 1, Standardvariante [BER11]

	Motor + Funkreceiver	Funktaster	Sonnen- und Temperaturwächter	Steuerung + Trafo
Stand-By [W]	2,5	0	0	2,5
Preis [€/Stück]	260	79	274	131
TOP37				
Wohnküche	0	0	0	
Zimmer 1	2	0	0	2
Zimmer 2	0	0	0	
Summe	2	0	0	2
Stand-By [W]	5	0	0	5
Preis [€]	520	0	0	262
TOP 37 System2			gesamt Stand-By [W]	10
			gesamt Preis [€]	782

Tabelle 2: Stand-by Verbrauch und Preise der elektrischen Komponenten des Sonnenschutzes – System 2, Standardvariante [BER11]

TOP 37 Summe	gesamt Stand-By [W]	19,8
	gesamt Preis [€]	2812,4

Tabelle 3: Stand-by Verbrauch und Preise der elektrischen Komponenten des Sonnenschutzes – Summe aus System 1 und System 2, Standardvariante [BER11]

Bei einem leicht modifizierten System, welches auf die Funkverbindung verzichtet, kann die Stand-by Leistung sehr stark reduziert werden. Tabelle 4 zeigt die tatsächlich verbauten Komponenten, sowie deren Stand-by Leistungen und Preise. Durch den Verzicht auf die Funktechnologie kann nicht nur der Stromverbrauch extrem reduziert werden, auch die entstehenden Kosten lassen sich so minimieren.

	Motor	Schalter	Trennrelais	Sonnen- und Windwächter	Steuerung
Stand-by [W]	0	0	0	0	1
Preis [€/Stück]	93,6	16,72	28,8	58,8	75,3

TOP37					
Wohnküche	5	2	2	1	1
Zimmer 1	2	2	2	0	0
Zimmer 2	1	1	1	1	1
Summe	8	5	5	2	2
Stand-By [W]	0	0	0	0	2
Preis [€]	748,8	83,6	144	150,6	117,6
TOP 37			gesamt Stand-by [W]		2
			gesamt Preis [€]		1.244,6

Tabelle 4: Stand-by Verbrauch und Preise der elektronischen Komponenten des Sonnenschutzes – optimierte Variante [BER11]

Abbildung 7 zeigt die Stand-by Leistung umgelegt auf den gesamten Dachgeschoßausbau d.h. den Hof- und den Straßentrakt. Die Leistung des Sonnenschutzsystems ließ sich durch die Modifizierung der Anlage von 99,7 W auf 9,0 W reduzieren. Geht man davon aus, dass sich der Sonnenschutz praktisch das ganze Jahr im Stand-by Modus befindet, kann der Stromverbrauch durch die gesetzten Maßnahmen von 873,4 kWh/a auf 78,8 kWh/a reduziert werden (vgl. Abbildung 8). Aus Abbildung 9 ist die Kosteneinsparung bei der Verwendung der optimierten Variante anstatt der Standardvariante zu erkennen. Die Kosten konnten um mehr als 50 % reduziert werden.

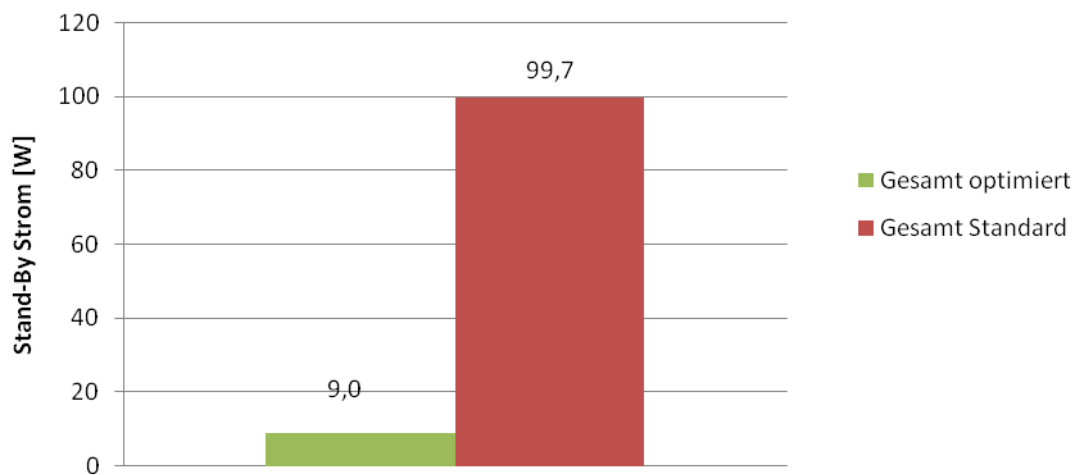


Abbildung 7: Sonnenschutz - Vergleich der Stand-by Leistung der Standardvariante und der optimierten Variante [BER11]

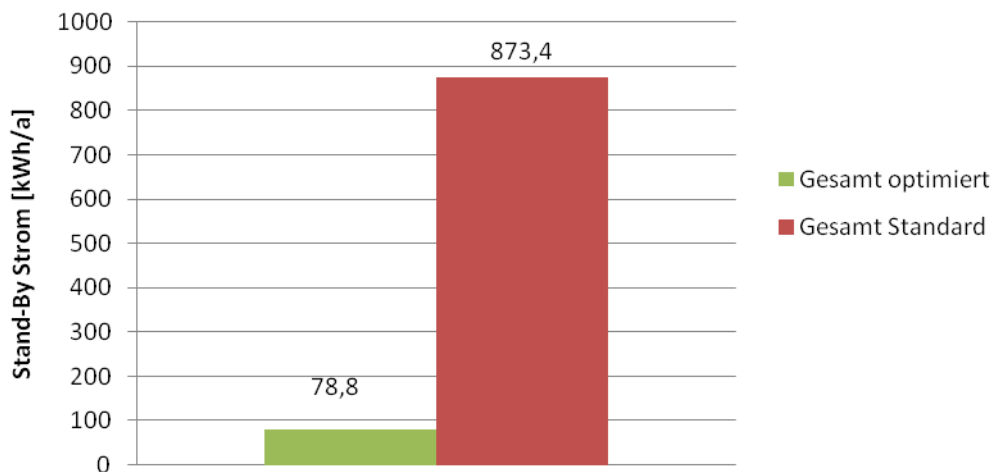


Abbildung 8: Sonnenschutz - Vergleich des Stand-by Stromverbrauchs der Standardvariante und der optimierten Variante [BER11]

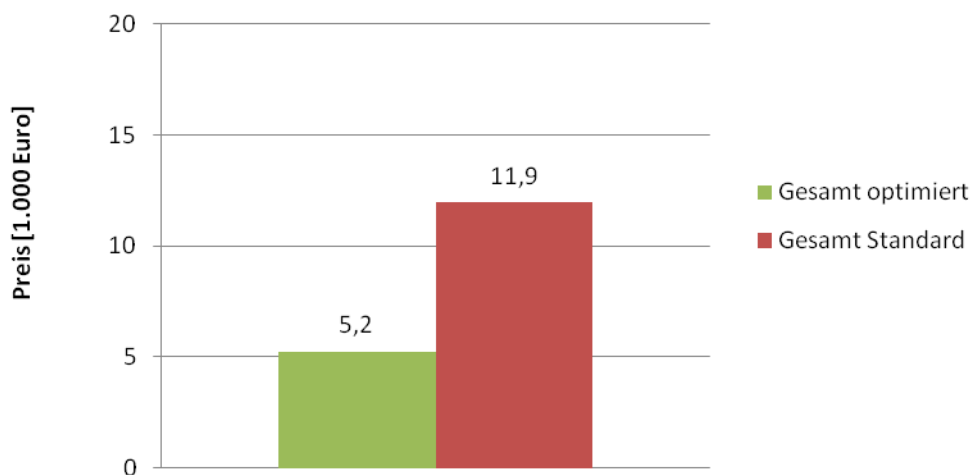


Abbildung 9: Sonnenschutz - Vergleich der Investitionskosten der Standardvariante und der optimierten Variante, inkl. USt. [BER11]

1.8 Energetische Kennzahlen des Dachgeschoßausbaus

1.8.1 Passivhaus-Standard

Die energetische Auslegung bzw. Planung des Dachgeschoßes wurde mit dem PHPP (Passivhaus-Projektierungs-Paket) durchgeführt. Die entsprechenden Energiekennzahlen können dem Nachweisblatt des Programmes entnommen werden und sind in Abbildung 11 für den Hoftrakt und in Abbildung 12 für den Straßentrakt zu finden. Die Bezugsfläche für die Energiekennzahlen im PHPP ist die Energiebezugsfläche.

Laut PHPP liegt der Heizwärmebedarf für den Hoftrakt bei $15,4 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a}$ und für den Straßentrakt bei $14,4 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a}$. Die Anforderung liegt hier bei $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a}$ und wird somit auch beim Hoftrakt nach der Abrunderegul erfüllt. Der Primärenergiekennwert liegt bei $57 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a}$ bzw. $46 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a}$ und beträgt somit weniger als die Hälfte der geforderten $120 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a}$.

Die für die Zuluftbeheizbarkeit von Gebäuden maximale Heizlast von $10 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a}$ wird überschritten. Da das Haustechnikkonzept die Zuluftbeheizung des Dachgeschoßes jedoch nicht vorsieht, liegt hier keine Beeinträchtigung vor.

1.8.2 Plus-Energie-Standard

Der Plus-Energie-Standard wird über die Bilanzierung des Primärenergieverbrauchs und der Primärenergieerzeugung am Standort über den Zeitraum eines Jahres definiert. Wichtig ist bei dieser Betrachtung, dass sich der Primärenergieverbrauch aus dem gesamten Energieverbrauch des Objektes (Heizung, Warmwasser, Hilfsstrom, Beleuchtung, Haushaltsgeräte, usw.) zusammensetzt.

Der Plus-Energie-Standard wurde mit verschiedenen Methoden nachgewiesen. In diesem Bericht wird der Nachweis über das PHPP dargestellt.

Abbildung 10 zeigt diese Bilanzierung für den Hof- und den Straßentrakt. Es ist erkennbar, dass zwar in beiden Fällen der Großteil der am Standort erzeugten Primärenergie für die Deckung des Bedarfs benötigt wird, ein kleinerer Teil kann jedoch in das Stromnetz eingespeist werden.

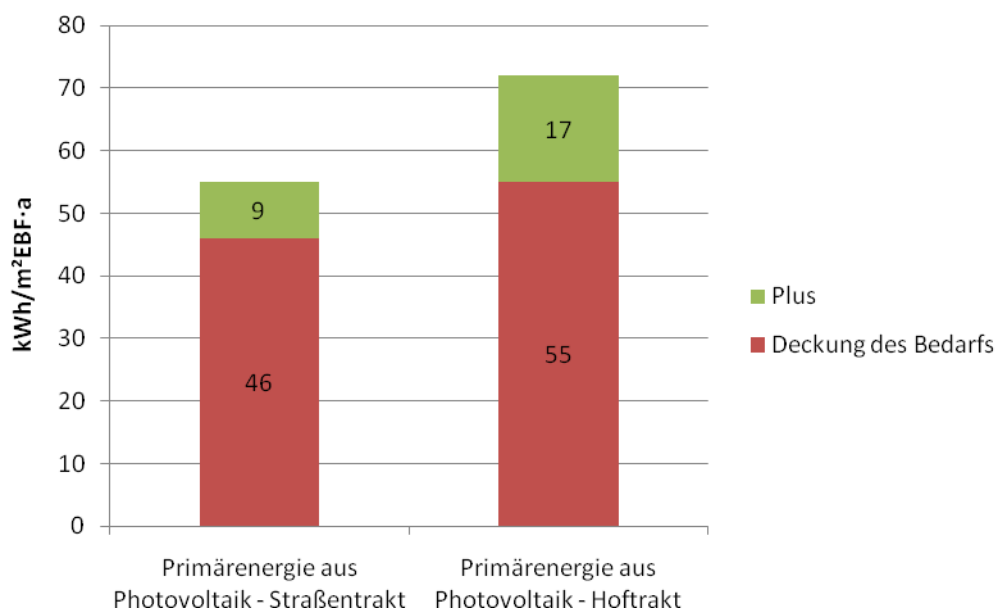


Abbildung 10: Bilanzierung des Primärenergiebedarfs

Passivhaus Nachweis

Objekt:	Dachgeschossausbau Ybbsstrasse 6 (HOFTRAKT)		
Standort und Klima:	Wien, Österreich	ÖN B8110-5 (171müA)	
Straße:	Ybbsstrasse 6		
PLZ/Ort:	A-1020 Wien		
Land:	Österreich		
Objekt-Typ:	Mehrfamilienhaus		
Bauherr(en):	Privater Bauherr		
Straße:			
PLZ/Ort:			
Architekt:	Unter Beratung verschiedener Architekten		
Straße:			
PLZ/Ort:			
PHPP-Ersteller:	Schöberl & Pöll GmbH		
Straße:	Ybbsstrasse 6/30		
PLZ/Ort:	A-1020 Wien		
Baujahr:	2012		
Zahl WE:	3	Innentemperatur:	20,0 °C
Umbautes Volumen V_e :	672,9 m ³	Interne Wärmequellen:	2,1 W/m ²
Personenzahl:	4,4		

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche

Energiebezugsfläche:	159,6 m ²			
Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:		Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	15,4 kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)		ja
Drucktest-Ergebnis:	0,59 h⁻¹	0,6 h ⁻¹		ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	57 kWh/(m²a)	120 kWh/(m ² a)		ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	23 kWh/(m ² a)			
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	72 kWh/(m ² a)			
Heizlast:	12,0 W/m ²			
Übertemperaturhäufigkeit:	2 %	über 25 °C		
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)		
Kühllast:	12 W/m ²			

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV

Nutzfläche nach EnEV:				
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	- kWh/(m²a)	Anforderung:	40 kWh/(m²a)	Erfüllt?

Wir versichern, dass die hier angegebenen Werte nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte des Gebäudes ermittelt wurden. Die Berechnungen mit PHPP liegen diesem Antrag bei.

Ausgestellt am:

03.Nov.11

gezeichnet:

DI Stefan Moser

Abbildung 11: Passivhaus-Nachweis für den Hoftrakt

Passivhaus Nachweis

Objekt:	Dachgeschossausbau Ybbsstr 6 (STRASSENTR.)		
Standort und Klima:	Wien, Österreich	ÖN B8110-5 (171müA)	
Straße:	Ybbsstrasse 6		
PLZ/Ort:	A-1020 Wien		
Land:	Österreich		
Objekt-Typ:	Mehrfamilienhaus		
Bauherr(en):	Privater Bauherr		
Straße:			
PLZ/Ort:			
Architekt:	Unter Beratung verschiedener Architekten		
Straße:			
PLZ/Ort:			
PHPP-Ersteller:	Schöberl & Pöll GmbH		
Straße:	Ybbsstrasse 6/30		
PLZ/Ort:	A-1020 Wien		
Baujahr:	2012		
Zahl WE:	2	Innentemperatur:	20,0 °C
Umbautes Volumen V_e :	676,7 m ³	Interne Wärmequellen:	2,1 W/m ³
Personenzahl:	4,0		

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche

Energiebezugsfläche:	199,2 m ²		
Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	13,8 kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	ja
Drucktest-Ergebnis:	0,60 h⁻¹	0,6 h ⁻¹	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	44 kWh/(m²a)	120 kWh/(m ² a)	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	22 kWh/(m ² a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	55 kWh/(m ² a)		
Heizlast:	12,1 W/m ²		
Übertemperaturhäufigkeit:	2 %	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	
Kühllast:	11 W/m ²		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV

Nutzfläche nach EnEV:			
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	- kWh/(m²a)	Anforderung:	40 kWh/(m²a)
			Erfüllt?

Wir versichern, dass die hier angegebenen Werte nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte des Gebäudes ermittelt wurden. Die Berechnungen mit PHPP liegen diesem Antrag bei.

Ausgestellt am:

03.Nov.11

gezeichnet:

DI Christoph Lang

Abbildung 12: Passivhaus-Nachweis für den Straßentrakt

1.9 Schutz vor sommerlicher Überwärmung

Die sommerliche Überwärmung stellt bei Dachgeschoßausbauten ein großes Problem dar. Da Dachgeschoßausbauten üblicherweise im Leichtbau durchgeführt werden, fehlt es den Räumen an speicherwirksamer Masse um die Temperaturspitzen aufnehmen zu können. Bei dem Dachgeschoßausbau in der Ybbsstraße 6 wurde versucht Bauteile mit einer großen Speichermasse zu nutzen. So wurden z.B. die Feuermauern und Kamine, nicht wie üblich mit einer Vorsatzschale verblendet, sondern klassisch verputzt. Dadurch kann die Speichermasse der massiven Wand direkt zur Glättung der Temperaturspitzen genutzt werden. Durch die hohe Dämmstärke der Wand- bzw. Dachflächen kann auch der Wärmeeintrag über die Flächen reduziert werden. Bei den großen Übertragungsflächen eines Dachgeschoßes und dem ungünstigen Winkel der Dachflächen zur Sonne hat dies großen Einfluss auf die sich einstellenden sommerlichen Raumtemperaturen. Zusätzlich zu den bereits genannten Maßnahmen wurde ein hochwertiger, außenliegender Sonnenschutz verbaut. Bei einem angenommenen Verschattungsfaktor für den Sonnenschutz von $z=0,15$ ergeben sich für den kritischsten Raum (Austritt auf die Dachterrasse), bei der Berechnung der sommerlichen Überwärmung nach der neuen ÖNORM B 8110-3 (Ausgabe: öffentlicher Entwurf November 2011), maximale Temperaturen von $26,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bei dieser Berechnung wurde keine aktive Kühlung berücksichtigt.

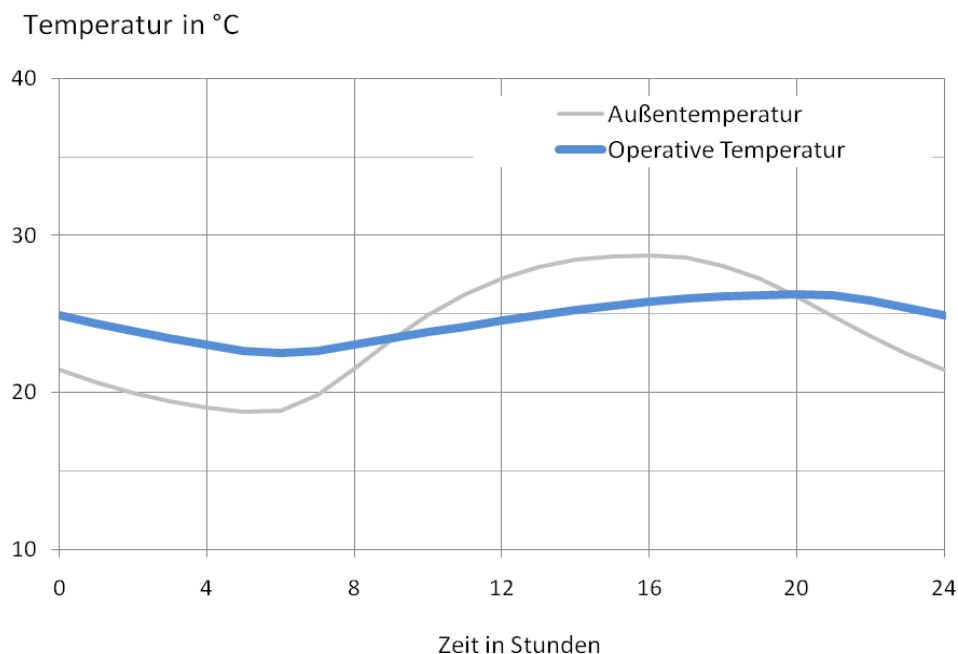


Abbildung 13: Nachweis der sommerlichen Überwärmung über die neue ÖNORM B 8110-3 (Ausgabe: öffentlicher Entwurf November 2011)

1.10 Zertifizierung

1.10.1 Passivhaus Institut – Zertifizierung als „qualitätsgeprüftes Passivhaus“

Obwohl der Dachgeschoßausbau in der Ybbsstraße die Anforderungen laut [FEI09] an die thermische Qualität erfüllt, ist eine Zertifizierung über das Passivhaus Institut nicht möglich.

„Für die Zertifizierung von Altbausanierungen oder Erweiterungsbauten muss die betrachtete Zone mindestens eine Außenwand, eine Dachfläche und eine Bodenplatte bzw. Kellerdecke beinhalten. Einzelne Wohnungen innerhalb eines Geschößwohnungsbaus werden nicht zertifiziert.“ [FEI09]

Da der Dachgeschoßausbau keine Bodenplatte bzw. Kellerdecke beinhaltet ist eine Zertifizierung über das Passivhaus Institut nicht möglich.

1.10.2 klima:aktiv

Der Dachgeschoßausbau erfüllt die Kriterien eines klima:aktiv Gebäudes. Diese wurden im Zuge der Planung geprüft und der Dachgeschoßausbau konnte erfolgreich als klima:aktiv Gebäude deklariert werden. Tabelle 5 und Tabelle 6 zeigen die Zusammenfassung der klima:aktiv–Deklaration für den Straßen- und den Hoftrakt. Mit 970 von 1.000 möglichen Punkten erreicht der Dachgeschoßausbau laut [OST11] die Kategorie „klima:aktiv haus gold“.


Kriterienkatalog k:a Passivhaus 					
				Punkte	1.000
Nr.	Titel		Muss-kriterium	erreichbare Punkte	ausgesuchte Punkte
A	Planung und Ausführung			max. 120	90 → 90
A 1.	Planung			max. 100	50
A 1. 1	Qualität der Infrastruktur (Nähe zu Schule, ÖPNV etc.)			20	20
A 1. 2	Fahrradstellplatz			30	-
A 1. 3a	Barrierefreies Bauen - Teilausbau		nur ein Krit. Wahlbar	20	-
A 1. 3b	Barrierefreies Bauen - Vollausbau			40	-
A 1. 4b	Gebäudehülle wärmebrückenfrei			30	30
A 2.	Ausführung			max. 40	40
A 2. 1b	Gebäudehülle luftdicht (Passivhausqualität)		M	40	40
B	Energie und Versorgung			max. 600	(690) → 600
B 1.	Wärmebedarf und -versorgung			max. 575	575
B 1. 1b	Passivhaus nach PHPP		M	575	575
B 2.	Energiebedarf elektrisch			max. 40	75
B 2. 1a	Lüftungsanlage vorhanden		M	0	0
B 2. 1b	Lüftungsanlage energieeffizient			20	20
B 2. 2	Beleuchtung der Allgemeinbereiche energieeffizient			10	10
B 2. 3	Spülen und Waschen mit Warmwasseranschluss			10	10
B 2. 4	Photovoltaikanlage			35	35
B 3.	Wasserbedarf			max. 40	40
B 3. 1	Handwaschbecken, Duschkopf wassersparend (Standard)		M	20	20
B 3. 2	Handwaschbecken wassersparend (optimiert)			10	10
B 3. 3	Duschkopf wassersparend (optimiert)			10	10
C	Baustoffe und Konstruktion			max. 160	(197) → 160
C 1.	Baustoffe				120
C 1. 1	Dämmstoffe HFKW-frei		M	20	20
C 1. 2	Fenster, Türen, Rolläden und Rohre - PVC-frei			40	40
C 1. 3	Folien, Fußbodenbeläge, Tapeten - PVC-frei		M	40	40
C 1. 4	Bitumenvoranstriche, -anstriche und -klebstoffe lösemittelfrei			10	-
C 1. 5	Baustoffe ökologisch optimiert			40	20
C 2.	Konstruktionen und Gebäude			max. 100	77
C 2. 1	ökologischer Index der therm. Gebäudehülle	OI _{3TGH,BGF}		100	77
D	Komfort und Raumluftqualität			max. 120	(125) → 120
D 1.	Thermischer Komfort			max. 30	30
D 1. 1	Gebäude sommertauglich		M	30	30
D 2.	Raumluftqualität			max. 110	95
D 2. 1b	Komfortlüftung optimiert (Schall, Luftfilter etc.)		M	60	60
D 2. 2	Verlegewerkstoffe emissionsarm			10	10
D 2. 3	Bodenbeläge emissionsarm			15	-
D 2. 4	Holzwerkstoffe emissionsarm			15	15
D 2. 5	Wand- Deckenanstriche emissionsarm			10	10
D 2. 6	Messung der flüchtige Kohlenwasserstoffe und Formaldehyd			25	-
				Gesamt	1.000
					→ 970

Tabelle 5: Zusammenfassung der klima:aktiv Zertifizierung – Hoftrakt


Kriterienkatalog k:a Passivhaus 					
				Punkte	1.000
Nr.	Titel		Muss-kriterium	erreichbare Punkte	ausgesuchte Punkte
A Planung und Ausführung				max. 120	
A 1. Planung				max. 100	
A 1. 1	Qualität der Infrastruktur (Nähe zu Schule, ÖPNV etc.)			20	20
A 1. 2	Fahrradstellplatz			30	-
A 1. 3a	Barrierefreies Bauen - Teilausbau		nur ein Krit. Wahlbar	20	-
A 1. 3b	Barrierefreies Bauen - Vollausbau			40	-
A 1. 4b	Gebäudehülle wärmebrückenfrei			30	30
A 2. Ausführung				max. 40	
A 2. 1b	Gebäudehülle luftdicht (Passivhausqualität)		M	40	40
B Energie und Versorgung				max. 600	
B 1. Wärmebedarf und -versorgung				max. 575	
B 1. 1b	Passivhaus nach PHPP		M	575	575
B 2. Energiebedarf elektrisch				max. 40	
B 2. 1a	Lüftungsanlage vorhanden		M	0	0
B 2. 1b	Lüftungsanlage energieeffizient			20	20
B 2. 2	Beleuchtung der Allgemeinbereiche energieeffizient			10	10
B 2. 3	Spülen und Waschen mit Warmwasseranschluss			10	10
B 2. 4	Photovoltaikanlage			35	35
B 3. Wasserbedarf				max. 40	
B 3. 1	Handwaschbecken, Duschkopf wassersparend (Standard)		M	20	20
B 3. 2	Handwaschbecken wassersparend (optimiert)			10	10
B 3. 3	Duschkopf wassersparend (optimiert)			10	10
C Baustoffe und Konstruktion				max. 160	
C 1. Baustoffe					
C 1. 1	Dämmstoffe HFKW-frei		M	20	20
C 1. 2	Fenster, Türen, Rolläden und Rohre - PVC-frei			40	40
C 1. 3	Folien, Fußbodenbeläge, Tapeten - PVC-frei		M	40	40
C 1. 4	Bitumenvoranstriche, -anstriche und -klebstoffe lösemittelfrei			10	-
C 1. 5	Baustoffe ökologisch optimiert			40	20
C 2. Konstruktionen und Gebäude				max. 100	
C 2. 1	ökologischer Index der therm. Gebäudehülle	OI3 _{TGH,BGF}		100	94
D Komfort und Raumlufqualität				max. 120	
D 1. Thermischer Komfort				max. 30	
D 1. 1	Gebäude sommertauglich		M	30	30
D 2. Raumlufqualität				max. 110	
D 2. 1b	Komfortlüftung optimiert (Schall, Luftfilter etc.)		M	60	60
D 2. 2	Verlegewerkstoffe emissionsarm			10	10
D 2. 3	Bodenbeläge emissionsarm			15	-
D 2. 4	Holzwerkstoffe emissionsarm			15	15
D 2. 5	Wand- Deckenanstriche emissionsarm			10	10
D 2. 6	Messung der flüchtige Kohlenwasserstoffe und Formaldehyd			25	-
Gesamt				1.000	
					→ 970

Tabelle 6: Zusammenfassung der klima:aktiv Zertifizierung – Straßentrakt

1.10.3 Weitere Ökologie

Bei dem gesamten Bauvorhaben wurde höchstes Augenmerk auf die ressourcenschonende Durchführung aller Baumaßnahmen und die Verwendung von ökologischen Materialien gelegt.

Darunter fallen unter anderem folgende Maßnahmen:

- Wiederverwendung abgebrochener Baustoffe wie Ziegel und Dachsteine auf der Baustelle
- Extensive Begrünung am Flachdach
- Verlegung neuer Wasserleitungen, um den Gebrauch von vorhandenen Bleileitungen zu vermeiden
- Verwendung ökologischer Baumaterialien z.B. Holz-Alu-Fenster statt Kunststoffenster
- Thermoholz statt Tropenholz für die Terrassenbeläge (gemäß EMPA 80 % weniger CO₂-Emissionen)
- Verwendung von PE anstatt von PVC für die Beschichtung von Möbeln
- Verwendung von bereits benutzten Baustoffen (z.B. Schalungsträger als tragendes Element im Leichtbaubereich).

1.11 Fotodokumentation – Baufortschritt



Abbildung 14: Stahlrahmenkonstruktion des Dachstuhls [ZIL10]



Abbildung 15: Anschluss der Stahlrahmenkonstruktion im Kniestockbereich [ZIL10]



Abbildung 16: tragende Stahl-Holzkonstruktion [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 17: doppelschaliger Aufbau der Holzkonstruktion um die erforderliche Dämmstärke zu erreichen [Schöberl & Pöll GmbH]

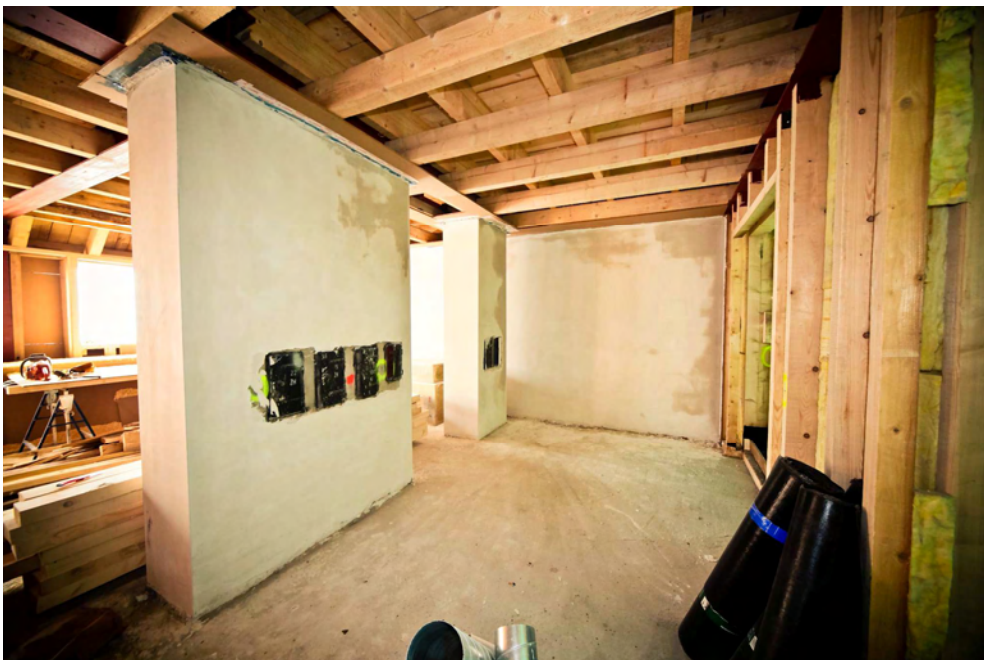


Abbildung 18: verputzte Kamingruppe ohne Vorsatzschale um die Speichermasse zu erhöhen [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 19: doppelschalige Holzkonstruktion zwischen Stahlträgern [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 20: doppelschalige Wandkonstruktion und Deckenkonstruktion bestehend aus gebrauchten Schalungsträgern [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 21: Anschluss der Holzträger an die Stahlträger [ZIL10]



Abbildung 22: Herstellung der Feuermauer [ZIL10]



Abbildung 23: Verlegung der Keilpfosten [ZIL10]



Abbildung 24: Verlegung der Dämmung in den Zwischenräumen der Holzkonstruktion [ZIL10]



Abbildung 25: Verlegung der Dämmung zwischen den Keilpfosten [ZIL10]



Abbildung 26: doppelschaliger Aufbau der Holzkonstruktion um die erforderliche Dämmstärke sicherzustellen [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 27: Holzschalung auf der doppelschaligen Schrägdachkonstruktion [ZIL10]



Abbildung 28: Vakuumdämmung zwischen Betonschalungsträgern im Bereich des Dachausstiegs des Straßentrakts [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 29: luftdichte Ebene und Herstellung der Installationsebene an der Decke [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 30: Lieferung des Pufferspeichers [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 31: Luft-Wasser-Wärmepumpe [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 32: Solar- und Photovoltaikpanele auf der Dachfläche [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 33: Ausstieg auf die Dachterrasse [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 34: Extensives Gründach [Schöberl & Pöll GmbH]

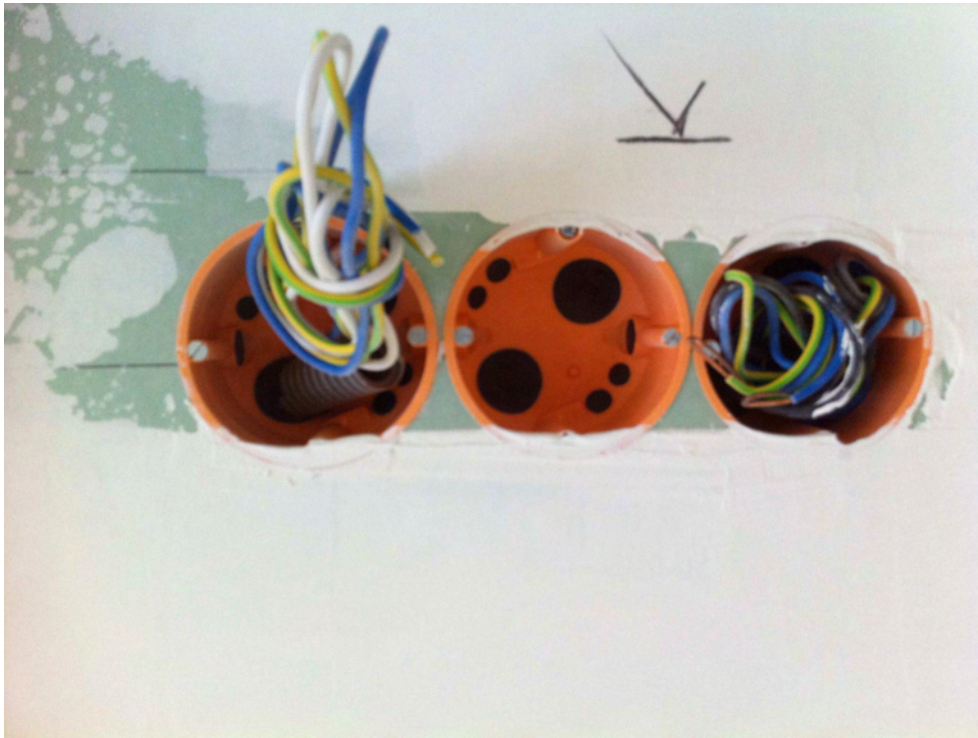


Abbildung 35: Verwendung luftdichter Elektrodosen [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 36: Verlegung der Trittschalldämmung im Hoftrakt [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 37: Herstellung des schwimmenden Estrichs im Hoftrakt [Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 38: Verlegung der Schläuche für die Bauteilaktivierung im Hoftrakt [Schöberl & Pöll GmbH]

Zum Zeitpunkt der Berichtslegung ist der Dachgeschoßausbau noch nicht abgeschlossen. Die Arbeiten sind jedoch voll im Gange und das Bauvorhaben kann im Jahr 2012 abgeschlossen werden.

2 Baukosten

2.1 Methodik

2.1.1 Vorgangsweise

In diesem Kapitel werden die baulichen Mehrkosten für das Erreichen des Passivhausstandards für den Dachgeschoßausbau detailliert dargestellt. Zusätzlich wurden die Kosten für die verbaute Photovoltaikanlage ermittelt. Diese lassen sich nicht den Mehrkosten für die Passivhaustechnologie zurechnen und wurden daher extra ausgewiesen.

Die baulichen Mehrkosten stellen die Summe der Kosten für die Positionen, die bei einem traditionellen Ausbau nicht vorkommen würden, dar. Sie wurden pro Bauteil aufgeteilt, um sie spezifisch zuordnen zu können.

Die Kosten des Passivhausausbaus wurden für die relevanten Bauteile aus den Abrechnungen der ausführenden Unternehmen ermittelt. Falls Abrechnungen noch nicht verfügbar waren, wurde auf Angebote zurückgegriffen. Anschließend wurden die Kosten für die entsprechenden Bauteile eines typischen Niedrigenergiehauses berechnet und mit jenen des Passivhauses verglichen.

Die Haupt-Mehrkosten-Verursacher in Bezug auf die Passivhaustechnologie sind:

- HKLS-Ausstattung (je nach Ausführung sind hier Mehr- oder Minderkosten möglich)
- Dach
- Außenwand
- Fenster
- Luftdichte Ausführung der Elektroinstallationen

2.1.2 Kostenbereiche und Indexbereinigung

In den Ergebnissen dieses Kapitels werden u.A. die Mehrkosten der Passivhaustechnologie in Prozent der Baukosten dargestellt. Abbildung 39 zeigt die Definition der Baukosten laut [ONO95].

Obwohl der Dachgeschoßausbau zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht abgeschlossen ist und somit noch keine Abrechnung des Gesamtprojekts vorliegt, können die Kosten des Projekts bereits gut abgeschätzt werden.

Eine Indexbereinigung wurde nicht durchgeführt.

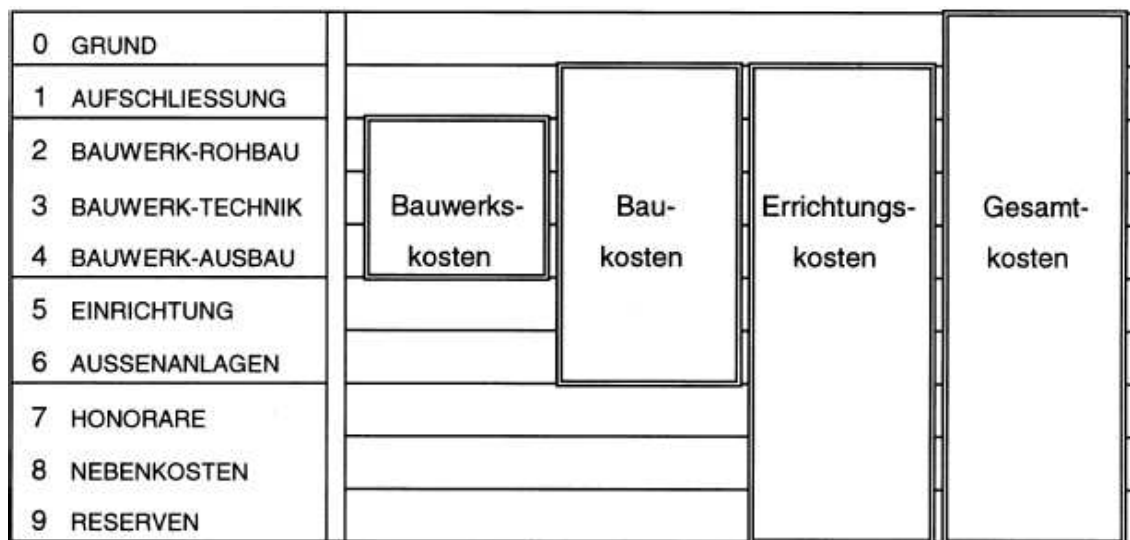


Abbildung 39: Zusammenfassung von Kostenbereichen für Hoch und Tiefbau [ONO95]

2.1.3 Umsatzsteuer und Skonto

Sämtliche in diesem Bericht angegebenen Kosten sind ohne Umsatzsteuer (USt) zu verstehen. Ein etwaiges Skonto wurde nicht berücksichtigt.

2.1.4 Fördergelder

Bei den angegebenen Baukosten und Bauwerkskosten wurden etwaige Fördergelder nicht zum Abzug gebracht. Es handelt sich somit um die tatsächlichen Kosten.

2.1.5 Bezugsfläche

Die Bezugsfläche für die baulichen Mehrkosten stellt die Energiebezugsfläche (EBF) dar. Diese wurde im Zuge der Berechnungen mit dem Passivhausprojektierungspaket ermittelt und beträgt 345,7 m².

Auftretende Fälle, wie Nutzflächenverlust beispielsweise durch hohe Dämmstärken der Außenwand im Falle einer Einschränkung durch Bauflechtlinien, wurden hier nicht diskutiert.

2.2 Ermittlung der baulichen Mehrkosten

2.2.1 Außenwand

Die Außenwände des Dachgeschoßes wurden in Holzständerbauweise ausgeführt. Die Mehrkosten des Passivhausstandards resultieren aus der erforderlichen Dämmstärke der Bauteile. Bei dem Dachgeschoßausbau in der Ybbsstraße wurde in allen Bereichen großer Wert auf die Multiplizierbarkeit des Projektes gelegt. Für die Außenwand bedeutet dies, dass in den meisten Fällen ein doppelschaliger Aufbau gewählt wurde. Die Dämmung in der zusätzlichen Schale bewirkt eine Verbesserung des Bauteils von der thermischen Qualität eines Niedrigenergiestandards auf die für den Passivhausstandard benötigte thermische

Qualität. Für die Ermittlung der baulichen Mehrkosten wurden daher lediglich die Kosten für diese zusätzliche Schicht berechnet. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

Für die einzelnen Wandaufbauten wurden die Materialkosten für die zusätzliche Schicht berechnet. Die Kosten für die Dämmung wurden den tatsächlichen Abrechnungskosten entnommen. Die Materialkosten der zusätzlich erforderlichen Holzkonstruktion wurden mit dem Kubikmeterpreis für Konstruktionsvollholz laut [BK110] berechnet. Dieser beträgt laut Baukosteninformationszentrum im Durchschnitt 438 Euro ohne USt. Die so ermittelten Materialkosten pro m² wurden dann mit der Bauteilfläche aus dem PHPP multipliziert. Anschließend wurde ein Faktor für das Verhältnis von Lohnkosten zu Materialkosten festgelegt. Mit diesem Faktor wurden die Lohnkosten bzw. die Gesamtkosten für die einzelnen Wandaufbauten berechnet. In den meisten Fällen entspricht der so errechnete Wert der Gesamtkosten direkt den Mehrkosten für die Passivhaustechnologie. Für den Fall, dass eine Schicht bei einem Dachgeschoßausbau im Niedrigenergiestandard nicht gänzlich entfallen kann, sondern lediglich in einer geringeren Stärke ausgeführt werden würde, kam ein Abminderungsfaktor zum Einsatz. Dieser wurde linear über das Verhältnis der Dämmstärken ermittelt. Die Mehrkosten wurden in diesem Fall aus der Differenz der Kosten der Schicht im Passivhausstandard und im Niedrigenergiestandard gebildet.

In Tabelle 7 sind die einzelnen Berechnungsschritte detailliert dargestellt und die Ergebnisse der Berechnung ausgewiesen. In Summe fielen an der Außenwand Mehrkosten für die Passivhaustechnologie in der Höhe von 9.151,11 Euro bzw. 26,47 Euro/m²EBF an.

		[m ²]	[mm]	Material 1 [Euro/m ²]	Material 2 [Euro/m ²]	Flächenanteil Material 2	Materialkosten [Euro/m ²]	Materialkosten [Euro]	Lohn/Material	Gesamtkosten [Euro]	Mehrkosten [Euro]
Str_W1 Außenwand Leichtbauweise											
PH	MW-WL zw. KH	105,70	160,00	8,27	70,08	0,12	15,69	1.658,14	1,00	3.316,27	3.316,27
NEH	- entfällt	105,70	0,00				0,00	0,00	1,00	0,00	
Str_W3 Wand über bestehender Feuermauer											
PH	MW-PT	7,40	300,00	48,54	0,00	0,00	12,89	95,39	2,77	359,32	179,66
NEH	MW-PT, Kostenfaktor: 0.5	7,40	160,00				6,45	47,69	2,77	179,66	
Str_W8 Wand zu STGH (DG)											
PH	MW-WL zw. KH	9,20	160,00	8,27	70,08	0,12	15,69	144,32	1,00	288,64	288,64
NEH	- entfällt	9,20	0,00				0,00	0,00	1,00	0,00	
Hof_W1 Außenwand Leichtbauweise											
PH	MW-WL zw. KH	37,90	160,00	8,27	70,08	0,12	15,69	594,54	1,00	1.189,09	1.189,09
NEH	- entfällt	37,90					0,00	0,00	1,00	0,00	
Hof_W3 Wand über bestehender Feuermauer											
PH	MW-PT	35,10	300,00	48,54	0,00	0,00	12,89	452,44	2,77	1.704,34	852,17
NEH	MW-PT, Kostenfaktor: 0.5	35,10	160,00				6,45	226,22	2,77	852,17	
Hof_W7 Wand zu STGH (DG)											
PH	MW-WL zw. KH	30,50	160,00	8,27	70,08	0,12	15,69	478,46	1,00	956,92	956,92
NEH	- entfällt	30,50	0,00				0,00	0,00	1,00	0,00	
Hof_W1a Außenwand Leichtbauweise											
PH	MW-WL zw. KH	24,60	160,00	8,27	70,08	0,12	15,69	385,91	1,00	771,81	771,81
NEH	- entfällt	24,60	0,00				0,00	0,00	1,00	0,00	
PH	EPS-F PLUS	24,60	200,00	64,90	0,00	0,00	64,90	1.596,54	1,00	3.193,08	1.596,54
NEH	EPS-F PLUS, Kostenfaktor: 0.5	24,60	100,00				32,45	798,27	1,00	1.596,54	
Summe der Mehrkosten [Euro]											9.151,11
Summe der Mehrkosten [Euro/m²EBF]											26,47

Tabelle 7: Mehrkosten der Passivhaustechnologie an der Außenwand, Euro exkl. USt, Stand 2010-2011

2.2.2 Dach

Die Berechnung der Mehrkosten für das Dach erfolgte analog zu den Berechnungen der Mehrkosten der Außenwand. In Tabelle 8 sind die einzelnen Berechnungsschritte und die Ergebnisse der Berechnung angegeben. In Summe ergaben sich Mehrkosten in der Höhe von 13.053,55 Euro bzw. 37,76 Euro/m²_{EBF}.

		[m ²]	[mm]	Material 1 [Euro/m ²]	Material 2 [Euro/m ²]	Flächenanteil Material 2	Materialkosten [Euro/m ²]	Materialkosten [Euro]	Lohn/Material	Gesamtkosten [Euro]	Mehrkosten [Euro]
Hof_D2 Decke über DG / Terrasse											
PH	MW-WL zw. KH	68,60	170,00	8,27	74,46	0,12	16,21	1.112,20	1,00	2.224,40	2.224,40
NEH	- entfällt	68,60	0,00				0,00	0,00	1,00	0,00	
Hof_D3 Schrägdach >15° Dachneigung											
PH	MW-WL zw. KH	52,20	160,00	8,27	70,08	0,13	16,00	835,00	1,00	1.670,01	1.670,01
NEH	- entfällt	52,20	0,00				0,00	0,00	1,00	0,00	
Hof_D12 Decke über DG / extensive Begrünung											
PH	MW-WL zw. KH	74,80	170,00	8,27	74,46	0,13	16,54	1.237,47	1,00	2.474,95	2.474,95
NEH	- entfällt	74,80	0,00				0,00	0,00	1,00	0,00	
Str_D2 Decke über DG/ Terrasse [m²]											
PH	MW-WL zw. KH	86,30	170,00	8,27	74,46	0,12	16,21	1.399,16	1,00	2.798,33	2.798,33
NEH	- entfällt	86,30	0,00				0,00	0,00	1,00	0,00	
Str_D3 Schrägdach											
PH	MW-WL zw. KH	69,20	100,00	5,16	43,80	0,12	9,80	677,94	1,00	1.355,88	1.355,88
NEH	- entfällt	69,20	0,00				0,00	0,00	1,00	0,00	
Str_D7 Decke ü. Dachausgang (mit VIP)											
PH	VIP (0,008 W/mK)	35,20	50,00	74,46	0,00	0,00	74,46	2.621,16	0,00	2.621,16	2.529,99
NEH	Klemmfilz (0,032 W/mK)	35,20	50,00	2,59	0,00	0,00	2,59	91,17	0,00	91,17	
Summe der Mehrkosten [Euro]											13.053,55
Summe der Mehrkosten [Euro/m²EBF]											37,76

Tabelle 8: Mehrkosten der Passivhaustechnologie an den Dachflächen, Euro exkl. USt, Stand 2010-2011

2.2.3 Fenster

Im Dachgeschoß wurden hochwertige Holz-Alu Fenster verbaut. Neben den klassischen Dreh/Dreh-Kipp Fenstern wurden Fixverglasungen und eine Pfosten-Riegel-Konstruktion eingesetzt. Wegen der hohen thermischen Qualität von Glas und Rahmen ($U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $U_w = 0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$) lagen die Kosten der Fenster in Summe bei 40.328,21 Euro bzw. 116,66 Euro/m²_{EBF}. Laut [STE11] kosten Holz-Alu Fenster mit einem U_w -Wert zwischen 1,3 W/m²K und 0,9 W/m²K (in einem Niedrigenergiehaus einsetzbar) zwischen 70 % und 80 % der tatsächlich verbauten Fenster. Bei angenommenen 75 % ergeben sich für die Niedrigenergie-Fenster Kosten in der Höhe von 30.246,16 bzw. 87,49 Euro/m²_{EBF}. Die oft anstatt der Holz-Alu Fenster eingesetzten Kunststoff-Alu Fenster liegen preislich geringfügig unter den Holz-Alu Fenstern. Die Mehrkosten für die Passivhausfenster betragen 10.082,05 Euro bzw. 29,16 Euro/m²_{EBF}.

2.2.4 Luftdichte Ausführung der Elektroinstallationen

Um die hohen Anforderungen an die Luftdichtheit zu erfüllen, sind im Bereich der Elektroinstallationen Mehrkosten zu erwarten. Es ist jedoch nicht möglich den Zusatzaufwand exakt aus den Angeboten bzw. den Abrechnungen zu ermitteln. Aus diesem Grund wurde angenommen, dass die Mehrkosten hier in einem Bereich von 5 % der Gesamtkosten der

Elektroinstallationen liegen. Bei einer Abrechnungssumme von 28.400 Euro ergibt das 1.420 Euro bzw. 4,11 Euro/m²_{EBF} für die luftdichte Ausführung der Elektroinstallationen.

2.2.5 HKLS

Um die Mehrkosten des Passivhausstandards für den Bereich HKLS (Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär) zu bestimmen, wurde von dem ausführenden Unternehmen ein Kostenvergleich durchgeführt. Dabei wurden drei verschiedene Varianten verglichen:

- Variante 1: tatsächliche Ausführung im Passivhausstandard
- Variante 2: vergleichbare Ausführung im Niedrigenergiestandard
- Variante 3: alternative Ausführung im Passivhausstandard (Zuluftbeheizung)

Variante 1 - Ausführung		Variante 2 - Niedrigenergiehaus		Variante 3 - Passivhaus	
Komponenten	Kosten [Euro]	Komponenten	Kosten [Euro]	Komponenten	Kosten [Euro]
Wärmepumpe und WW	21.000,00	Brennwerttherme	4.000,00	Kompaktgerät	28.000,00
Solaranlage	10.300,00	Gasleitung	1.400,00	KW/WW in Wohnung	9.400,00
KW/WW in Wohnung	9.400,00	Warmwasser	1.400,00	KW-Zuleitung	4.300,00
KW-Zuleitung	4.300,00	KW/WW in Wohnung	9.400,00	Armaturen	6.000,00
Armaturen	6.000,00	KW-Zuleitung	4.300,00	Keramik	5.400,00
Keramik	5.400,00	Armaturen	6.000,00	Dusche	2.200,00
Dusche	2.200,00	Keramik	5.400,00	Entwässerung Wohnun	3.000,00
Entwässerung Wohnun	3.000,00	Dusche	2.200,00	Dachentwässerung	3.000,00
Dachentwässerung	3.000,00	Entwässerung Wohnun	3.000,00	Lüftungsverrohrung	9.000,00
Lüftungsgerät	6.600,00	Dachentwässerung	3.000,00		
Lüftungsverrohrung	7.900,00	Abluftventilatoren	1.000,00		
Fußbodenheizung	22.350,00	Lüftungsverrohrung	1.400,00		
		Fußbodenheizung	22.500,00		
Gesamtkosten	101.450,00	Gesamtkosten	61.600,00	Gesamtkosten	56.300,00
Kosten [Euro/m²EBF]	293,46	Kosten [Euro/m²EBF]	178,19	Kosten [Euro/m²EBF]	162,86

Tabelle 9: Variantenstudie über die Kosten der HKLS-Ausstattung, Euro exkl. USt, Stand 2010, [MAN10]

Die Kosten für die HKLS-Ausstattung des Dachgeschoßes betragen 101.450 Euro bzw. 293,46 Euro/m²_{EBF}. Da der Dachgeschoßausbau hinsichtlich seiner haustechnischen Komponenten einen unüblich hohen Standard aufweist, ist ein Vergleich mit klassischen Dachgeschoßausbauten nur bedingt möglich. Aus diesem Grund wurde eine zusätzliche Variante (Variante 3) im Passivhausstandard gerechnet. Diese stellt hinsichtlich der HKLS-Komponenten eine häufig gewählte Lösung im Passivhausbau dar. Die Beheizung des Dachgeschoßes erfolgt bei dieser Variante, wie bei klassischen Passivhäusern üblich, über die Zuluft. Da die Heizungsleitungen nur bis zu den Heizregistern der Lüftungsanlage geführt werden müssen, entfällt ein Großteil der Kosten für die Heizungsverteilung. Die Kalkulation für die Variante 3 hat Kosten von 56.300 Euro bzw. 162,86 Euro/m²_{EBF} ergeben. Wäre der Dachgeschoßausbau nicht im Passiv-, sondern im Niedrigenergiestandard ausgeführt worden, dann wäre die Beheizung über die Zuluft aus technischen Gründen nicht möglich gewesen und es hätten sich Kosten in der Höhe von 61.600 Euro bzw. 178,19 Euro/m²_{EBF} ergeben. Der Vergleich zeigt, dass die Haustechnik in einem Passivhaus mit Zuluftbeheizung um rund 9 % günstiger ausgeführt werden kann als in einem Niedrigenergiehaus. Die Mehrkosten betragen bei der tatsächlich ausgeführten Variante um 39.850 Euro bzw. 115,27 Euro/m²_{EBF} mehr als für ein vergleichbares Niedrigenergiegedachgeschoss. Wäre die Beheizung

über die Zuluft ausgeführt worden, hätten Kosten in der Höhe von 5.300 Euro bzw. 15,33 Euro/m²_{EBF} gespart werden können.

2.2.6 Photovoltaik

Die Photovoltaikpanelle sowie die dazugehörige Elektrik, die Steuerung und die Installation der Anlage wurden von dem ausführenden Unternehmen mit 69.357,84 Euro abgerechnet. Umgelegt auf die Energiebezugsfläche des Dachgeschoßes ergeben sich daraus Kosten von 200,63 Euro/m²_{EBF}. Die Preise für die Photovoltaikanlage stammen aus dem Jahr 2009. Heute (2011) wäre die Anschaffung einer Photovoltaikanlage wesentlich günstiger. Laut [RAY11] sind bei Anlagen dieser Größenordnung Preise von unter 2.500 Euro/kWp zu erreichen. Für eine Anlage mit 13 kWp ergeben sich dadurch Kosten von 32.500 Euro. Das bedeutet, dass die Kosten für Photovoltaikanlagen innerhalb der letzten zwei bis drei Jahre um mehr als 50 % gesunken sind.

2.3 Darstellung der baulichen Mehrkosten

In den folgenden Abbildungen sind die Ergebnisse der Ermittlung der baulichen Mehrkosten des Passivhausstandards dargestellt. Abbildung 40 und Abbildung 41 zeigen die gesamten Mehrkosten der Passivhaustechnologie für den Dachgeschoßausbau. Bei der tatsächlichen Ausführung des HKLS Gewerks belaufen sich die Mehrkosten auf 73.557 Euro bzw. 212,78 Euro/m²_{EBF}. Würde die Beheizung des Dachgeschoßes über die Zuluft erfolgen (HKLS-alternative Lösung), dann könnten massiv Kosten gespart werden und die Mehrkosten der Passivhaustechnologie würden nur 28.407 Euro bzw. 82,17 Euro/m²_{EBF} betragen. Um den Plus-Energie-Standard erreichen zu können, wurde eine Photovoltaikanlage um 69.358 Euro bzw.

200,63 Euro/m²_{EBF} installiert. Wäre die Anlage nicht im Jahr 2009 sondern im Jahr 2011 gekauft worden, dann hätte sie nur ca. 35.000 Euro bzw. 101,24 Euro/m²_{EBF} gekostet und es hätten ca. 50 % der Kosten für diesen Bereich gespart werden können.

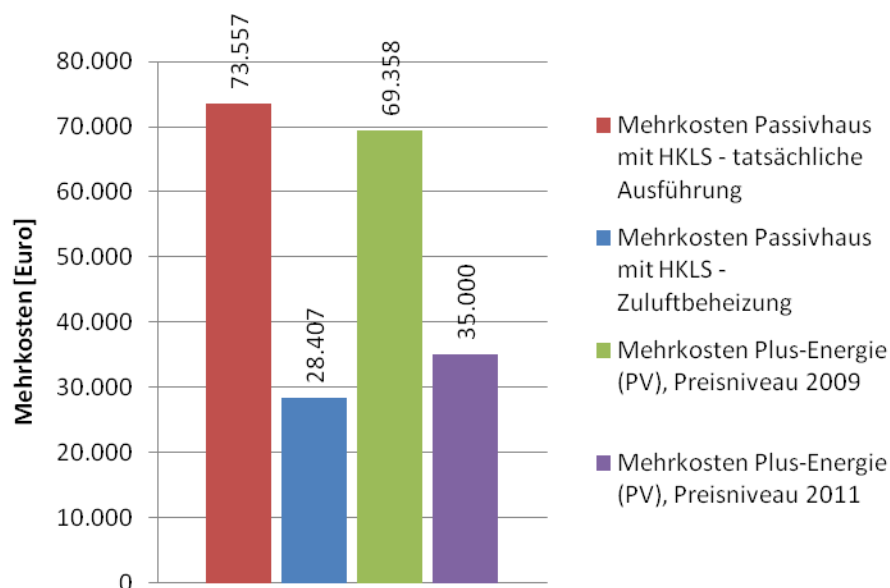


Abbildung 40: Darstellung der Mehrkosten des Passivhausstandards im Vergleich zum Niedrigenergiestandard, Euro exkl. USt, Stand 2009-2011

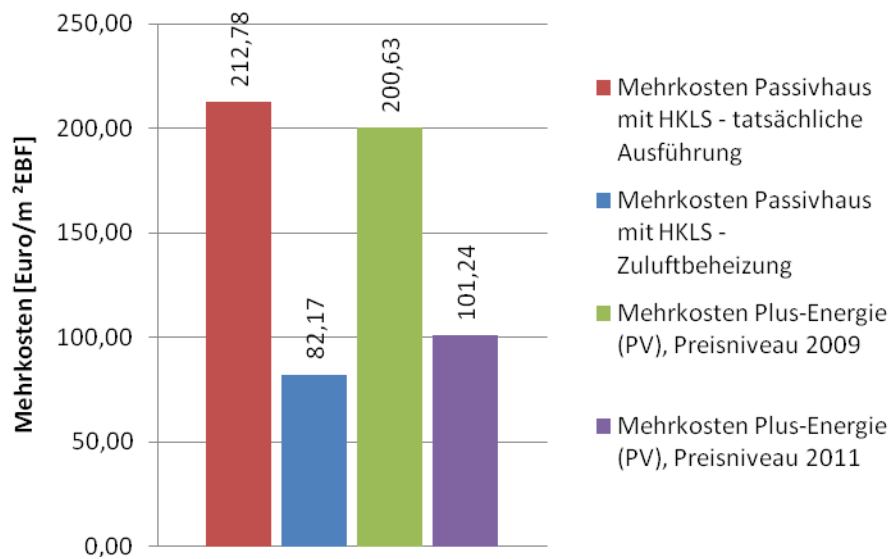


Abbildung 41: Darstellung der spezifischen Mehrkosten in Euro/m²_{EBF} des Passivhausstandards im Vergleich zum Niedrigenergiestandard, Euro exkl. USt, Stand 2009-2011

In Abbildung 42 und Abbildung 43 sind die Mehrkosten aufgedgliedert auf die einzelnen Bauteile dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Photovoltaikanlage den größten Anteil an den Mehrkosten verursacht. Diese ist jedoch nicht Teil der Passivhaustechnologie. Im Bereich HKLS ist je nach Ausstattung eine sehr große Bandbreite an Mehr- bzw. Minderkosten möglich. Bei der tatsächlich ausgeführten Variante ergeben sich Mehrkosten in der Höhe von 39.850 Euro bzw. 115,27 Euro/m²_{EBF}. Wäre die Beheizung des Dachgeschoßes über die Zuluft ausgeführt worden, dann hätte die HKLS Ausstattung um 5.300 Euro (61.600 Euro minus 56.300 Euro) bzw. 15,33 Euro/m²_{EBF} günstiger ausgeführt werden können, als bei einem Niedrigenergieausbau. Die Mehrkosten für das Dach, die Außenwände und die Fenster liegen vergleichsweise knapp beisammen und betragen jeweils zwischen 9.151 Euro und 13.054 Euro bzw. zwischen 26,47 und 37,76 Euro/m²_{EBF}.

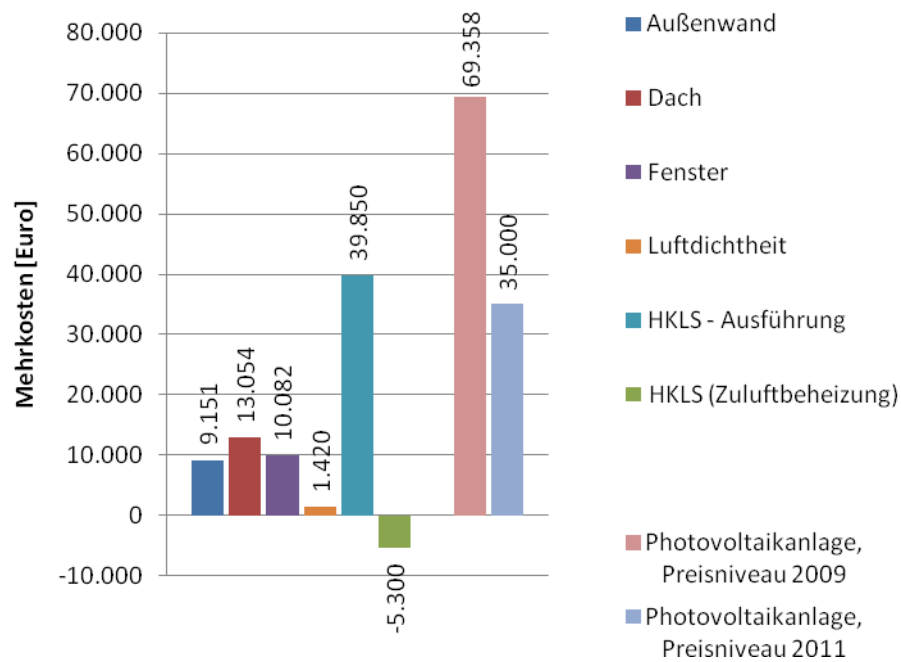


Abbildung 42: Aufgegliederte Darstellung der Mehrkosten des Passivhausstandards im Vergleich zum Niedrigenergiestandard, Euro exkl. USt, Stand 2009-2011

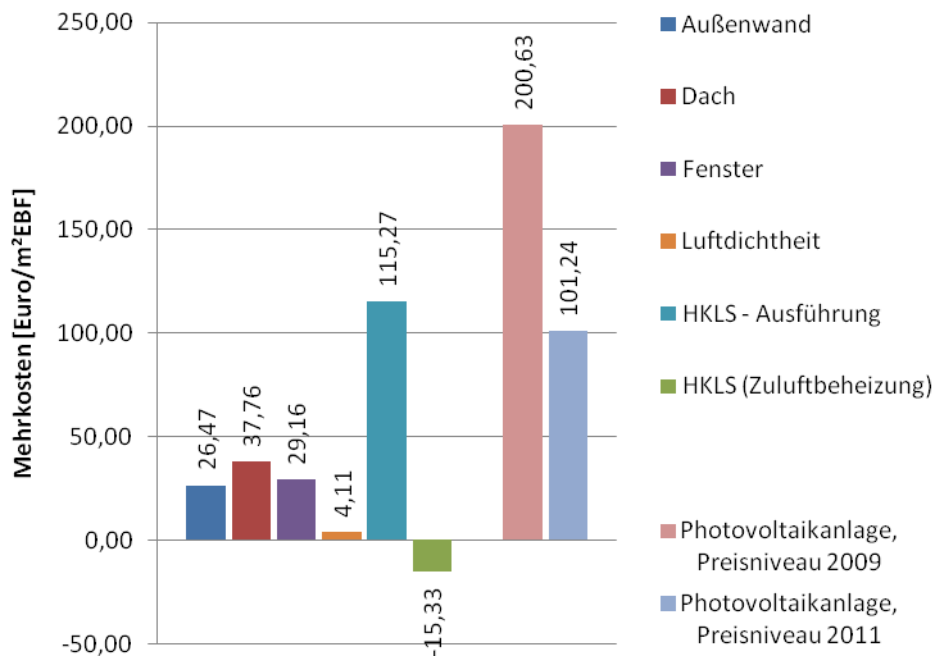


Abbildung 43: Aufgegliederte Darstellung der spezifischen Mehrkosten des Passivhausstandards im Vergleich zum Niedrigenergiestandard, Euro exkl. USt, Stand 2009-2011

Bei konventionellen Dachgeschoßausbauten betragen die Baukosten zwischen 2.000 Euro/m²_{EBF} und 2.500 Euro/m²_{EBF}. Um den Passivhausstandard erreichen zu können, müssten bei einer Beheizung über die Zuluft zusätzlich 82,17 Euro/m²_{EBF} investiert werden. Bei angenommenen Baukosten von 2.250 Euro/m²_{EBF} entspricht dies einer Erhöhung der Investitionskosten um 3,7 % d.h. rund 4 %.

In [SCH11] wurden für mehrgeschoßige Passivhäuser Mehrkosten zwischen 4 % und 6 % der Baukosten ermittelt. Der Vergleich zeigt, dass die prozentuellen Mehrkosten für den Passivhausstandard bei dem vorliegenden Dachgeschoßausbau etwa gleich hoch sind, wie bei mehrgeschoßigen Passivhäusern. Der Grund sind die höheren Baukosten bei

Dachgeschoßausbauten als Bezugsgröße. Außerdem ist bei Dachgeschoßausbauten die Dämmung der untersten Geschoßdecke nicht nötig. Der Außenwandanteil ist bei dem vorliegenden Projekt aufgrund der Feuermauern moderat und der Fensteranteil bezogen auf die Fläche etwa gleich hoch wie bei mehrgeschoßigen Passivhäusern.

Bei der tatsächlichen HKLS Ausführung fallen Mehrkosten in der Höhe von 212,78 Euro/m²_{EBF} an. Dies entspricht Mehrkosten in der Höhe von 9,5 % der angenommenen Baukosten. Um den Plus-Energie-Standard erreichen zu können, ist eine Photovoltaikanlage nötig, welche rund 100 Euro/m²_{EBF} kostet. Dies entspricht einem zusätzlichen Investitionsaufwand in der Höhe von 4,5 % der angenommenen Baukosten (Preisstand 2011).

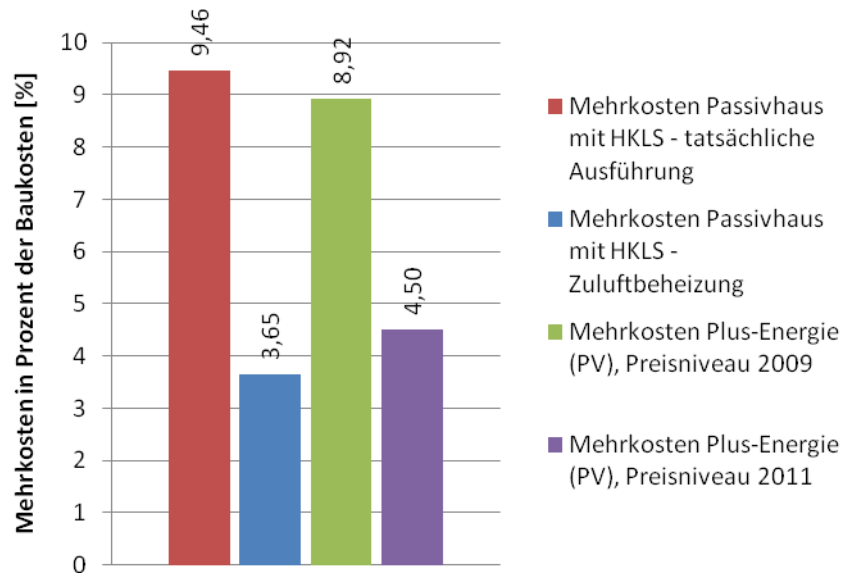


Abbildung 44: bauliche Mehrkosten des Passivhausstandards in Prozent der Baukosten eines konventionellen Dachgeschoßausbaus im Niedrigenergiestandard, Euro exkl. USt, Stand 2009-2011

3 Quellenverzeichnis

- [BER11] D. Berger. (2011). *Energetische Optimierung von Beschattung, Belüftung und Beleuchtung unter Einbeziehung des Nutzerverhaltens am Beispiel eines Dachgeschoßausbaus*. Wien: Ausarbeitungen im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Fachhochschule Technikum Wien.
- [BKI10] R. Fetzer, J. Luther, J. Letch, O. Abele. (2010). *BKI Baukosten 2010, Teil 3 Statistische Kostenkennwerte für Positionen*. Stuttgart: Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH.
- [FEI09] W. Feist. (2009). *Zertifizierung als „Qualitätsgeprüftes Passivhaus“ – Kriterien für Passivhäuser mit Wohnnutzung*. Darmstadt: Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist.
- [MAN10] Ing. S. Manschein GmbH. (2010). *Kalkulation Haustechnik*. E-Mail von Herrn Manschein Siegfried 24.4.2010 .
- [ONO95] ÖNORM B 1801-1. (1995). *Kosten im Hoch- und Tiefbau - Kostengliederung*. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [OST11] Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik. (2011). *klima:aktiv Bauen und Sanieren, Kriterienkatalog, Wohngebäude Sanierung*. Wien: Energieinstitut Vorarlberg, Österreichisches Institut für Biologie und -ökologie, Lebensministerium, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- [RAY11] URL: <http://www.raymann.at/produkte/komplettpakete/pv1bis100.html>. (Stand: 4.11.2011, 19:00 Uhr). *Photovoltaikanlage schlüsselfertig*. Internetquelle: Raymann – Kraft der Sonne.
- [SCH11] H. Schöberl, C. Lang, S. Handler. (2011). *Ermittlung und Evaluierung der baulichen Mehrkosten von Passivhausbauten*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- [STE11] Stefan GmbH & Co KG. (2011). *Fenster – Preisverhältnisse*. E-Mail von Herrn Georg Stefan am 27.9.2011 .
- [ZIL10] P. Zillner. (2010). *Dokumentation eines Dachgeschoßausbaues in Passivhausbauweise*. Wien: Diplomarbeit an der FH Campus Wien.

4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan des Bauprojekts.....	9
Abbildung 2: Grundriss des Dachgeschoßes – Hoftrakt.....	10
Abbildung 3: Grundriss des Dachgeschoßes – Straßentrakt	11
Abbildung 4: Bauteilaufbau – Außenwand Leichtbauweise	12
Abbildung 5: Bauteilaufbau – Schrägdach.....	12
Abbildung 6: Bauteilaufbau – Decke über Dachgeschoß bzw. Terrasse.....	13
Abbildung 7: Sonnenschutz - Vergleich der Stand-by Leistung der Standardvariante und der optimierten Variante [BER11].....	16
Abbildung 8: Sonnenschutz - Vergleich des Stand-by Stromverbrauchs der Standardvariante und der optimierten Variante [BER11].....	17
Abbildung 9: Sonnenschutz - Vergleich der Investitionskosten der Standardvariante und der optimierten Variante, inkl. USt. [BER11].....	17
Abbildung 10: Bilanzierung des Primärenergiebedarfs	18
Abbildung 11: Passivhaus-Nachweis für den Hoftrakt	19
Abbildung 12: Passivhaus-Nachweis für den Straßentrakt.....	20
Abbildung 13: Nachweis der sommerlichen Überwärmung über die neue ÖNORM B 8110-3 (Ausgabe: öffentlicher Entwurf November 2011)	21
Abbildung 14: Stahlrahmenkonstruktion des Dachstuhls [ZIL10].....	25
Abbildung 15: Anschluss der Stahlrahmenkonstruktion im Kniestockbereich [ZIL10].....	26
Abbildung 16: tragende Stahl-Holzkonstruktion [Schöberl & Pöll GmbH]	26
Abbildung 17: doppelschaliger Aufbau der Holzkonstruktion um die erforderliche Dämmstärke zu erreichen [Schöberl & Pöll GmbH]	27
Abbildung 18: verputzte Kamingruppe ohne Vorsatzschale um die Speichermasse zu erhöhen [Schöberl & Pöll GmbH].....	27
Abbildung 19: doppelschalige Holzkonstruktion zwischen Stahlträgern [Schöberl & Pöll GmbH]	28
Abbildung 20: doppelschalige Wandkonstruktion und Deckenkonstruktion bestehend aus gebrauchten Schalungsträgern [Schöberl & Pöll GmbH].....	28
Abbildung 21: Anschluss der Holzträger an die Stahlträger [ZIL10]	29
Abbildung 22: Herstellung der Feuermauer [ZIL10]	29
Abbildung 23: Verlegung der Keilpfosten [ZIL10]	30
Abbildung 24: Verlegung der Dämmung in den Zwischenräumen der Holzkonstruktion [ZIL10]	30
Abbildung 25: Verlegung der Dämmung zwischen den Keilpfosten [ZIL10]	31
Abbildung 26: doppelschaliger Aufbau der Holzkonstruktion um die erforderliche Dämmstärke sicherzustellen [Schöberl & Pöll GmbH]	31

Abbildung 27: Holzschalung auf der doppelschaligen Schrägdachkonstruktion [ZIL10]	32
Abbildung 28: Vakuumdämmung zwischen Betonschalungsträgern im Bereich des Dachausstiegs des Straßentrakts [Schöberl & Pöll GmbH]	32
Abbildung 29: luftdichte Ebene und Herstellung der Installationsebene an der Decke [Schöberl & Pöll GmbH].....	33
Abbildung 30: Lieferung des Pufferspeichers [Schöberl & Pöll GmbH].....	33
Abbildung 31: Luft-Wasser-Wärmepumpe [Schöberl & Pöll GmbH].....	34
Abbildung 32: Solar- und Photovoltaikpanelle auf der Dachfläche [Schöberl & Pöll GmbH]	34
Abbildung 33: Ausstieg auf die Dachterrasse [Schöberl & Pöll GmbH].....	35
Abbildung 34: Extensives Gründach [Schöberl & Pöll GmbH]	35
Abbildung 35: Verwendung luftdichter Elektrodosen [Schöberl & Pöll GmbH].....	36
Abbildung 36: Verlegung der Trittschalldämmung im Hoftrakt [Schöberl & Pöll GmbH].....	36
Abbildung 37: Herstellung des schwimmenden Estrichs im Hoftrakt [Schöberl & Pöll GmbH]	37
Abbildung 38: Verlegung der Schläuche für die Bauteilaktivierung im Hoftrakt [Schöberl & Pöll GmbH]	37
Abbildung 39: Zusammenfassung von Kostenbereichen für Hoch und Tiefbau [ONO95]...	39
Abbildung 40: Darstellung der Mehrkosten des Passivhausstandards im Vergleich zum Niedrigenergiestandard, Euro exkl. USt, Stand 2009-2011	45
Abbildung 41: Darstellung der spezifischen Mehrkosten in Euro/m ² _{EBF} des Passivhausstandards im Vergleich zum Niedrigenergiestandard, Euro exkl. USt, Stand 2009-2011	45
Abbildung 42: Aufgegliederte Darstellung der Mehrkosten des Passivhausstandards im Vergleich zum Niedrigenergiestandard, Euro exkl. USt, Stand 2009-2011	46
Abbildung 43: Aufgegliederte Darstellung der spezifischen Mehrkosten des Passivhausstandards im Vergleich zum Niedrigenergiestandard, Euro exkl. USt, Stand 2009-2011	46
Abbildung 44: bauliche Mehrkosten des Passivhausstandards in Prozent der Baukosten eines konventionellen Dachgeschoßausbaus im Niedrigenergiestandard, Euro exkl. USt, Stand 2009-2011	47

5 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stand-by Verbrauch und Preise der elektrischen Komponenten des Sonnenschutzes – System 1, Standardvariante [BER11]	15
Tabelle 2: Stand-by Verbrauch und Preise der elektrischen Komponenten des Sonnenschutzes – System 2, Standardvariante [BER11]	15
Tabelle 3: Stand-by Verbrauch und Preise der elektrischen Komponenten des Sonnenschutzes – Summe aus System 1 und System 2, Standardvariante [BER11]	15
Tabelle 4: Stand-by Verbrauch und Preise der elektronischen Komponenten des Sonnenschutzes – optimierte Variante [BER11].....	16
Tabelle 5: Zusammenfassung der klima:aktiv Zertifizierung – Hoftrakt	23
Tabelle 6: Zusammenfassung der klima:aktiv Zertifizierung – Straßentrakt.....	24
Tabelle 7: Mehrkosten der Passivhaustechnologie an der Außenwand, Euro exkl. USt, Stand 2010-2011	41
Tabelle 8: Mehrkosten der Passivhaustechnologie an den Dachflächen, Euro exkl. USt, Stand 2010-2011	42
Tabelle 9: Variantenstudie über die Kosten der HKLS-Ausstattung, Euro exkl. USt, Stand 2010, [MAN10]	43