

# COMPONENT AWARD 2014



## Vollständige Dokumentation

September 2014

Autor:  
Dr.-Ing. Benjamin Krick

## Inhalt

1	Motivation .....	3
2	Methode .....	3
2.1	Referenzgebäude.....	4
2.2	Referenzfenster.....	6
2.2.1	Thermische und geometrische Kennwerte .....	6
2.2.2	Kosten der Referenzfenster.....	9
2.3	Kalibrierung der Angebote auf das Niveau Deutschland.....	9
2.4	Ermittlung der Lebenszykluskosten und der Barwerteinsparung .....	10
3	Ergebnisse .....	12
3.1	Überblick.....	12
3.2	Kategorien.....	13
3.3	4-fach Verglasung .....	14
3.4	Gewinner.....	15
3.4.1	Übersicht.....	15
3.4.2	Rechenbeispiel.....	17
3.4.3	Holz 1. Preis: M SORA, SLOVENIJA: NATURA OPTIMO XLT.....	18
3.4.4	Holz 1. Preis: Pfeffer Fenster, GERMANY: Pfeffer RPS.....	19
3.4.5	Holz 2. Preis: OPTIWIN   Freisinger, AUSTRIA: Holz2Holz.....	20
3.4.6	Holz-Aluminium 1. Preis: pro Passivhausfenster   LORBER Fensterbau, AUSTRIA: smartwin compact .....	21
3.4.7	Holz-Aluminium 1. Preis: OPTIWIN   Bieber, FRANCE: Futura .....	22
3.4.8	Holz-Aluminium 2. Preis: OPTIWIN   Freisinger, AUSTRIA: Alu2Holz .....	23
3.4.9	Aluminium 1. Preis: RAICO: Bautechnik, GERMANY: FRAME+ 90 WI .....	24
3.4.10	Aluminium 1. Preis: PURAL, GERMANY: eco90.....	25
3.4.11	Kunststoff 1. Preis: Hilzinger FBS GmbH, GERMANY: VADB plus 550.....	26
3.4.12	Sonderpreis innovative Verglasung: Wiegand, GERMANY: DW-plus.....	27
3.4.13	Sonderpreis Wärmeschutz: Pazen Fenster und Technik, GERMANY: ENERsign arctis* .....	28

Der COMPONENT AWARD 2014 ist Teil des EuroPHit-Projektes, unterstützt durch die Europäische Union.

Disclaimer: The sole responsibility for the content of this presentation lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EACI nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

## 1 Motivation

Passivhäuser sind komfortabel und hoch energieeffizient: Ihre Versorgung mit Energie ist nachhaltig leistbar und sie liegen, werden die Investitionskosten und die Energiekosten über den Lebenszyklus betrachtet, im ökonomischen Optimum<sup>1</sup>. Damit sind sie schon heute eine bewiesenermaßen funktionierende Option zur Lösung der Energieprobleme im Gebäudesektor. In diesem Bereich nehmen sie sowohl die Energiewende, als auch die ab 2019/2020 geltende EU-Gebäuderichtlinie vorweg<sup>2</sup>.

Die Wirtschaftlichkeit von Passivhäusern wird dennoch häufig in Zweifel gezogen. Tatsächlich steht und fällt die Wirtschaftlichkeit dieser Gebäude mit der Verfügbarkeit der für das Passivhaus benötigten Komponenten<sup>3</sup> - neben der Kompetenz des Planungsteams sowie dem Angebot von Energie in einem nicht subventionierten Markt.

Aus diesem Grund lobte das Passivhaus Institut erstmals den COMPONENT AWARD zur 18. Internationalen Passivhaustagung aus.

Hinsichtlich Kosten und thermischer Qualität konnten bei Fenstern in den vergangenen Jahren besonders große Fortschritte erzielt werden<sup>4</sup>. Zudem sind diese Komponenten auf dem europäischen, insbesondere dem deutschsprachigen Markt in großer Auswahl verfügbar. Darum wurde der COMPONENT AWARD 2014 dem Bauteil Passivhaus-Fenster gewidmet. Weitere Komponenten werden in den kommenden Jahren folgen.

## 2 Methode

Anhand von Endverbraucherpreisen soll eine wirtschaftliche Bewertung zertifizierter Passivhausfenster unter Einbeziehung der Investitions- und Energiekosten über den Lebenszyklus gegenüber einem „Standardfenster“, welches den Vorgaben dem Referenzgebäude der Energiesparverordnung 2014 entspricht, durchgeführt werden.

Dazu wurden alle Inhaber eines Fensterrahmen- oder Fensteranschlusszertifikates des Passivhaus Institutes eingeladen, ihre zertifizierten Produkte für ein Beispielgebäude zu Endverbraucherpreisen inkl. Montage anzubieten. Dabei war eine fiktive Entfernung vom Auslieferungswerk zur Baustelle von 50 km vorgegeben. Kosten und thermische Kennwerte waren vom Hersteller (oder auf Wunsch durch das PHI) in ein dafür vorbereitetes Passivhaus Projektierungspaket (basierend auf dem PHPP 8.4) einzutragen. Im PHPP wurde die Einsparung gegenüber den Standardfenstern ermittelt. Den Kosten für das Standardfenster lag deutsches Preisniveau zu Grunde. Über den Consumer-Price-Index<sup>5</sup> wurden die Angebote auf das Niveau Deutschland kalibriert. Es gewannen in jeder Kategorie die Angebote mit der höchsten Einsparung. Während Rahmen und Abstandhalter den Angaben aus der

---

<sup>1</sup> Vgl. Feist, Wolfgang (Hrsg.): Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Protokollband 42 – Ökonomische Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen, Passivhaus Institut Darmstadt, 2013

<sup>2</sup> Vgl. Krick, Benjamin: Nearly Zero Energy Building? The Passive House provides an answer. In: Tagungsband zur 17. Internationalen Passivhaustagung 2013 in Frankfurt/Main. Passivhaus Institut, Darmstadt 2014

<sup>3</sup> Vgl. Feist, Wolfgang: Das Passivhaus ist mehr... In: Protokollband zur 18. Internationalen Passivhaustagung 2014 in Aachen, Passivhaus Institut, Darmstadt 2014

<sup>4</sup> Siehe Krick, Benjamin: PHI Fensterzertifizierung: Bisherige Erfolge und Aufbruch in neue Klimazonen. In: Protokollband zur 18. Internationalen Passivhaustagung 2014 in Aachen. PHI, Darmstadt 2014

<sup>5</sup> Quelle <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

Zertifizierung entsprechen mussten, waren die Teilnehmer frei in der Wahl der Verglasung. Als Einbauwärmebrückenverlustkoeffizienten wurden einheitlich die Werte für den Einbau in eine Wand mit Wärmedämmverbundsystem aus der Zertifizierung heran gezogen. Gewertet wurde in den Kategorien Holz, Holz-Aluminium, Aluminium und Kunststoff.

## 2.1 Referenzgebäude

Bei dem Referenzgebäude handelt es sich um ein tatsächlich realisiertes Einfamilienhaus des Architekturbüros passivhaus-eco mit einer Wohnfläche von 155 m<sup>2</sup>. Das Gebäude ist in der Passivhaus Datenbank ([www.passivhausprojekte.de](http://www.passivhausprojekte.de)) unter der ID 1200 zu finden. Das Gebäude nahm erfolgreich am Passivhaus Award 2010 teil<sup>6</sup>. Es wurde in einem internen Auswahlverfahren durch eine Jury, bestehend aus Prof. Feist (Universität Innsbruck), DI Architekt Harald Konrad Malzer (PHI Innsbruck), Prof. Helmut Krappmeier (Energieinstitut Vorarlberg) und Dr. Ing. Benjamin Krick (PHI Darmstadt) ausgewählt, vgl. Abbildung 1.

Das Gebäude hat eine Fensterfläche von 42,8 m<sup>2</sup>, davon 1,9 m<sup>2</sup> nach Norden, 9,1 m<sup>2</sup> nach Osten, 22 m<sup>2</sup> nach Süden und 9,9 m<sup>2</sup> nach Westen ausgerichtet, siehe Abbildung 2 sowie Tabelle 1.

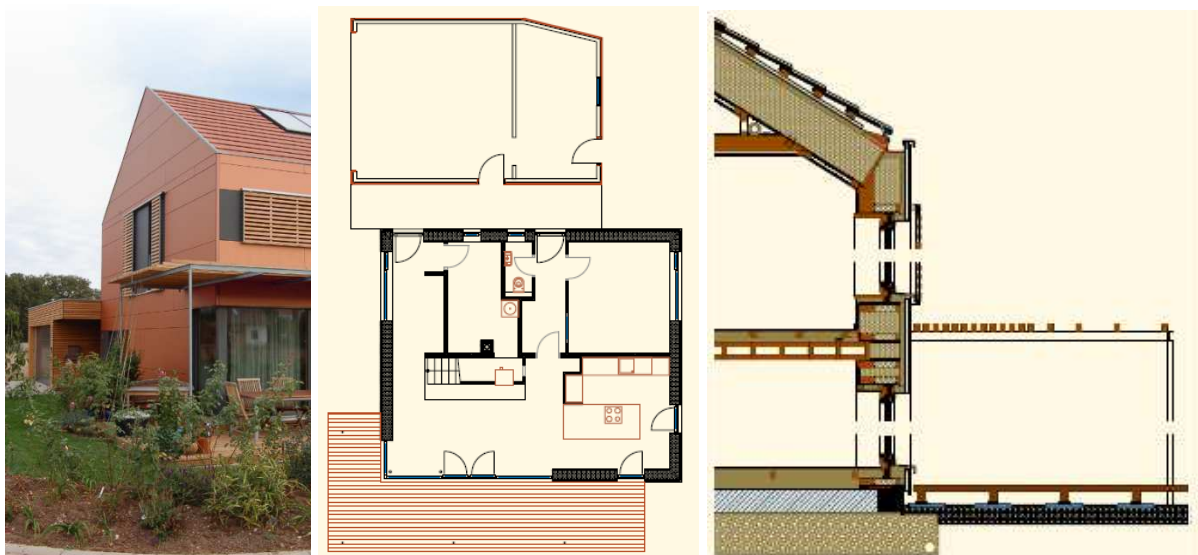


Abbildung 1: Beispielgebäude: Ansicht, Grundriss EG, Schnitt

<sup>6</sup> Siehe hierzu die Dokumentation des Passivhaus Award, die gegen eine Versandkostenpauschale über das Passivhaus Institut ([www.passiv.de](http://www.passiv.de)) bezogen werden kann: 1. Architekturpreis Passivhaus. Die Finalisten. Passivhaus Institut Darmstadt, 2010

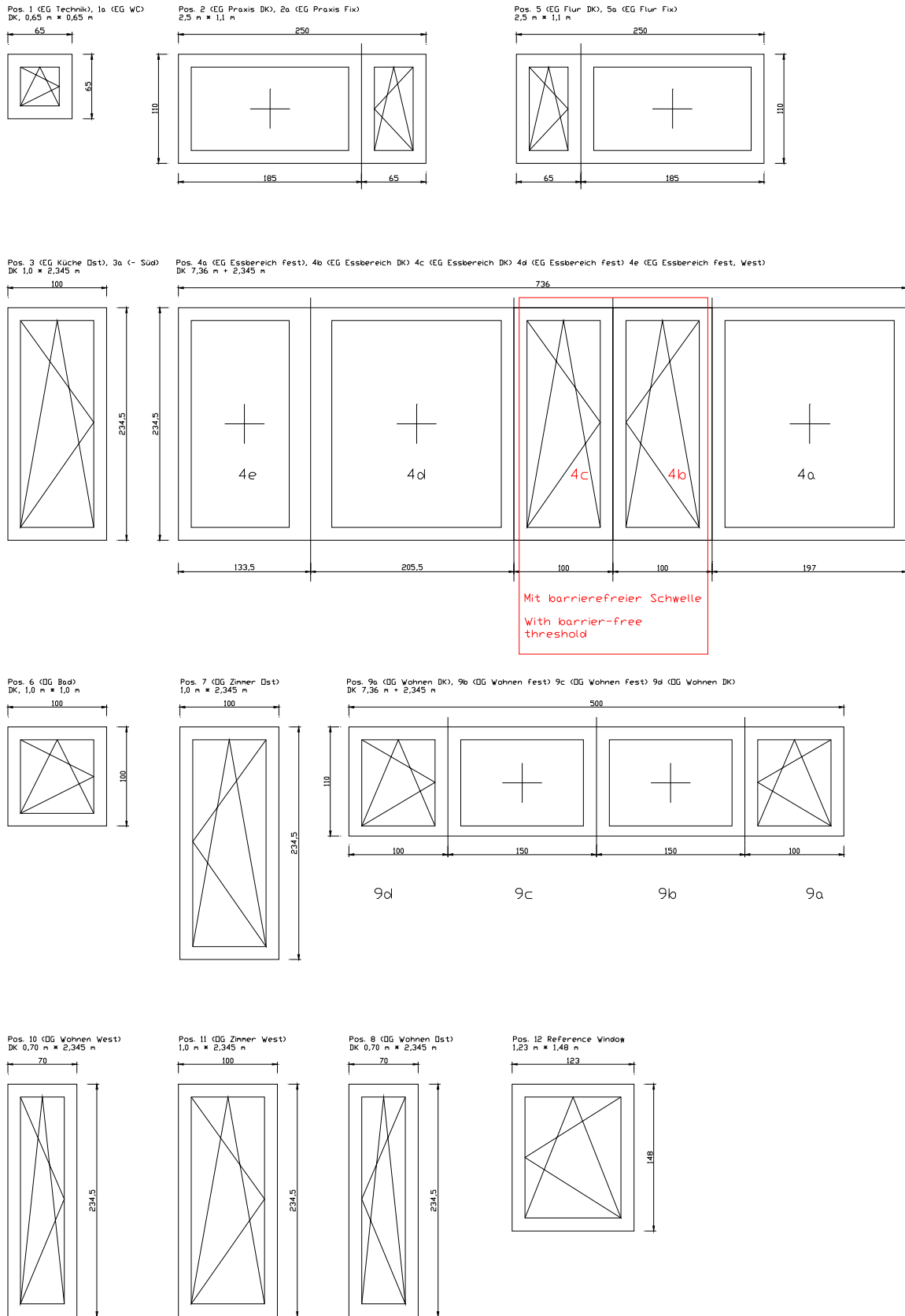


Abbildung 2: Fenster des Referenzgebäudes

Tabelle 1: Bezeichnung, Orientierung und Größe der Fenster beim COMPONENT AWARD 2014

Quantity/ Anzahl	Description / Bezeichnung	Deviation from north / Abweichung zur Nordrichtung	Angle of inclination from the horizontal / Neigung gegen die Horizontale	Orientation/ Orientierung	Width / Breite	Hight / Höhe
		Grad	Grad		m	m
2	1, 1a EG-WC, HA	0	90	Nord	0,650	0,650
1	6 OG-Bad	0	90	Nord	1,000	1,000
1	2 EG-P	90	90	Ost	0,650	1,100
1	2a EG-P, fix	90	90	Ost	1,850	1,100
1	3 EG-Kü	90	90	Ost	1,000	2,345
1	7 OG-Sch	90	90	Ost	1,000	2,345
1	8 OG-Wo	90	90	Ost	0,700	2,345
1	3a EG-Kü	180	90	Süd	1,000	2,345
1	4a EG-Ess, fix	180	90	Süd	1,970	2,345
1	4b EG-Ess	180	90	Süd	1,000	2,345
1	4c EG-Ess	180	90	Süd	1,000	2,345
1	4d EG-Ess, fix	180	90	Süd	2,055	2,345
1	9a OG-Wo	180	90	Süd	1,000	1,100
1	9b OG-Wo, fix	180	90	Süd	1,500	1,100
1	9c OG-Wo, fix	180	90	Süd	1,500	1,100
1	9d OG-Wo	180	90	Süd	1,000	1,100
1	4e EG-Ess, fix	270	90	West	1,335	2,345
1	5 EG-Flur, fix	270	90	West	1,850	1,100
1	5a EG-Flur	270	90	West	0,650	1,100
1	10 OG-Wo	270	90	West	0,700	2,345
1	11 OG-Zi	270	90	West	1,000	2,345
0	12 reference window	270	90	West	1,230	1,480

## 2.2 Referenzfenster

### 2.2.1 Thermische und geometrische Kennwerte

Die verwendeten Referenzfenster entsprechen in den Kategorien Holz, Holz-Aluminium, Aluminium und Kunststoff der Ausführung des Referenzgebäudes der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014, Anhang 1, Tabelle 1. Diese gibt einen Fenster-U-Wert (nicht eingebaut) bezogen auf ein Referenzfenstermaß von 1,23 m \* 1,48 m von 1,3 W/(m<sup>2</sup>K) an. In der Tabelle wird ein g-Wert von 60% definiert, der für das hier verwendete Glas übernommen wurde. Einheitlich für alle Kategorien wurde ein Glas-U-Wert von 1,2 W/(m<sup>2</sup>K) angesetzt. Die Wärmedurchgangskoeffizienten und Ansichtsbreiten der Rahmen, sowie die Wärmebrückenverlustkoeffizienten des Glasrandes variieren je nach Kategorie und Profil, vgl. Tabelle 2 bis Tabelle 5. Die U-Werte für die installierten und nicht installierten Fenster können Tabelle 6 entnommen werden.

Die Einbauwärmebrückenverlustkoeffizienten entsprechen einem Einbau in der Mauerebene bei einer Wand mit Wärmedämmverbundsystem.

Tabelle 2: Thermische und geometrische Kennwerte Referenzfenster Holz. Die Bezeichnungen entsprechen denen in Abbildung 2

<b>Section/ Schnitt</b>	<b>U<sub>f</sub></b> [W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>b<sub>f</sub></b> [mm]	<b>Ψ<sub>g</sub></b> [W/(mK)]	<b>Ψ<sub>install</sub></b> [W/(mK)]
Bottom/ Unten	1,30	0,13	0,035	0,060
Side, top/ Seitlich, oben	1,20	0,10	0,035	0,060
Bottom, terrace door/ Unten, Terrassentür	1,50	0,15	0,045	0,070
Side, top/ Seitlich, oben	1,30	0,13	0,035	0,040
Side, top/ Seitlich, oben	1,20	0,10	0,045	0,040
Section/ Schnitt <b>2-2a</b>	1,30	0,15	0,035	
Section/ Schnitt <b>4a-4b</b>	1,30	0,23	0,045	
Section/ Schnitt <b>4b-4c</b>	1,30	0,18	0,035	
Section/ Schnitt <b>4c-4d</b>	1,30	0,23	0,045	
Section/ Schnitt <b>4d-4e</b>	1,00	0,35	0,035	
Section/ Schnitt <b>5-5a</b>	1,30	0,15	0,035	
Section/ Schnitt <b>4a-4b</b>	1,30	0,15	0,035	
Section/ Schnitt <b>4b-4c</b>	1,30	0,20	0,035	
Section/ Schnitt <b>4c-4d</b>	1,30	0,15	0,035	

Tabelle 3: Thermische und geometrische Kennwerte Referenzfenster Holz-Aluminium. Die Bezeichnungen entsprechen denen in Abbildung 2

<b>Section/ Schnitt</b>	<b>U<sub>f</sub></b> [W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>b<sub>f</sub></b> [m]	<b>Ψ<sub>g</sub></b> [W/(mK)]	<b>Ψ<sub>install</sub></b> [W/(mK)]
Bottom/ Unten	1,30	0,130	0,040	0,080
Side, top/ Seitlich, oben	1,20	0,100	0,040	0,080
Bottom, terrace door/ Unten, Terrassentür	1,50	0,150	0,050	0,090
Side, top/ Seitlich, oben	1,30	0,130	0,040	0,050
Side, top/ Seitlich, oben	1,20	0,100	0,050	0,050
Section/ Schnitt <b>2-2a</b>	1,30	0,150	0,040	
Section/ Schnitt <b>4a-4b</b>	1,30	0,230	0,050	
Section/ Schnitt <b>4b-4c</b>	1,30	0,180	0,040	
Section/ Schnitt <b>4c-4d</b>	1,30	0,230	0,050	
Section/ Schnitt <b>4d-4e</b>	1,00	0,350	0,040	
Section/ Schnitt <b>5-5a</b>	1,30	0,150	0,040	
Section/ Schnitt <b>4a-4b</b>	1,30	0,150	0,040	
Section/ Schnitt <b>4b-4c</b>	1,30	0,200	0,040	
Section/ Schnitt <b>4c-4d</b>	1,30	0,150	0,040	

Tabelle 4: Thermische und geometrische Kennwerte Referenzfenster PVC. Die Bezeichnungen entsprechen denen in Abbildung 2

<b>Section/ Schnitt</b>	<b>U<sub>f</sub></b> [W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>b<sub>f</sub></b> [m]	<b>Ψ<sub>g</sub></b> [W/(mK)]	<b>Ψ<sub>install</sub></b> [W/(mK)]
Bottom/ Unten	1,30	0,140	0,035	0,060
Side, top/ Seitlich, oben	1,20	0,100	0,035	0,060
Bottom, terrace door/ Unten, Terrassentür	1,50	0,160	0,040	0,070
Side, top/ Seitlich, oben	1,30	0,140	0,035	0,040
Side, top/ Seitlich, oben	1,20	0,110	0,040	0,040
Section/ Schnitt <b>2-2a</b>	1,30	0,170	0,035	
Section/ Schnitt <b>4a-4b</b>	1,30	0,250	0,040	
Section/ Schnitt <b>4b-4c</b>	1,30	0,200	0,035	
Section/ Schnitt <b>4c-4d</b>	1,30	0,270	0,040	
Section/ Schnitt <b>4d-4e</b>	1,00	0,370	0,035	
Section/ Schnitt <b>5-5a</b>	1,30	0,170	0,035	
Section/ Schnitt <b>4a-4b</b>	1,30	0,170	0,035	
Section/ Schnitt <b>4b-4c</b>	1,30	0,220	0,035	
Section/ Schnitt <b>4c-4d</b>	1,30	0,170	0,035	

Tabelle 5: Thermische und geometrische Kennwerte Referenzfenster Aluminium. Die Bezeichnungen entsprechen denen in Abbildung 2

<b>Section/ Schnitt</b>	<b>U<sub>f</sub></b> [W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>b<sub>f</sub></b> [m]	<b>Ψ<sub>g</sub></b> [W/(mK)]	<b>Ψ<sub>install</sub></b> [W/(mK)]
Bottom/ Unten	1,30	0,140	0,045	0,090
Side, top/ Seitlich, oben	1,20	0,100	0,045	0,090
Bottom, terrace door/ Unten, Terrassentür	1,50	0,160	0,055	0,100
Side, top/ Seitlich, oben	1,30	0,140	0,045	0,060
Side, top/ Seitlich, oben	1,20	0,110	0,055	0,060
Section/ Schnitt <b>2-2a</b>	1,30	0,170	0,045	
Section/ Schnitt <b>4a-4b</b>	1,30	0,250	0,055	
Section/ Schnitt <b>4b-4c</b>	1,30	0,200	0,045	
Section/ Schnitt <b>4c-4d</b>	1,30	0,270	0,055	
Section/ Schnitt <b>4d-4e</b>	1,00	0,370	0,045	
Section/ Schnitt <b>5-5a</b>	1,30	0,170	0,045	
Section/ Schnitt <b>4a-4b</b>	1,30	0,170	0,045	
Section/ Schnitt <b>4b-4c</b>	1,30	0,220	0,045	
Section/ Schnitt <b>4c-4d</b>	1,30	0,170	0,045	



## 2.2.2 Kosten der Referenzfenster

Zunächst wurde versucht, die Preise für die Referenzfenster auf der Grundlage des Baukostenindex festzulegen. Dieser gibt Quadratmeterpreise für das installierte Fenster an. Es wurden Preise für die Kategorie „nicht unterkellerte Einfamilienhäuser“ der BKIs 2006 bis 2013 für die Ausstattungsstandards Einfach, Mittel und Hoch recherchiert (für den Standard hoch liegen Daten ab 2008 vor). Bei der Analyse der Daten zeigte sich ein deutlicher Preisanstieg zwischen 2006 und 2013 in allen Kategorien. Darum wurden die Preise durch Fortschreibung des Preisanstiegs auf das Jahr 2014 interpoliert. Dem Standard „Einfach“ wurde die Kategorie „PVC“ zugeordnet, dem Standard „Mittel“ „Holz“ und dem Standard „Hoch“ die Kategorien „Holz-Aluminium“ und „Aluminium“. Daraus ergaben sich die folgenden Kosten: Holz: 505 €/m<sup>2</sup>, Holz-Aluminium und Aluminium: 532 €/m<sup>2</sup>, PVC: 403 €/m<sup>2</sup>. Alle bisher und im Weiteren genannten Kosten sind Endverbraucherpreise inklusive Mehrwertsteuer.

Im Verlauf des Awards wurde deutlich, dass die so ermittelten Preise signifikant zu hoch waren. Darum wurden die Kosten für das Referenzfenster erneut über eine Internetrecherche ermittelt. Aus mehreren Online Fenstershops wurde fensterversand.de ausgewählt, da dieser sowohl besonders günstige Preise, als auch die Möglichkeit von In-Situ Online Angeboten bot und Holz, Holz-Aluminium und Kunststofffenster führt. Für Aluminiumfenster wurden die Preise der Holz-Aluminium Fenster übernommen. Die Ermittlung der Kosten erfolgte am 23.03.2014. Der Shop gibt Preise für das nicht installierte Fenster an. Als Kosten für die Installation wurden die mittleren Installationskosten der Teilnehmer am Award plus Standardabweichung heran gezogen. Dies ist gerechtfertigt, da die Haftung des Fensterbauers durch die Installation deutlich erweitert wird. Eine detaillierte Aufstellung der Kosten der Referenzfenster kann Tabelle 6 entnommen werden.

## 2.3 Kalibrierung der Angebote auf das Niveau Deutschland

Das Preisniveau von Fenstern ist sowohl regional als auch national unterschiedlich. Um Angebote aus unterschiedlichen Ländern vergleichbar zu machen, wurden alle Angebote mittels des Consumer Price Index auf das Niveau Deutschland kalibriert. Ein Index von 100 entspricht dem europäischen Preisdurchschnitt, ein höherer Index bedeutet überdurchschnittliche, ein niedrigerer Index unterdurchschnittliche Kosten. Nachfolgend werden die Indexe der relevanten Staaten genannt: Deutschland: 103, Österreich: 107, Slowenien: 84, Italien: 103, Frankreich: 111, Vereinigtes Königreich: 102, Polen: 60, Russland: 71. Es muss kritisch angemerkt werden, dass der Ansatz der Kalibrierung über den allgemeinen Preisindex möglicherweise zu Fehlern führt, ein zuverlässiger anderer Ansatz ist jedoch nicht verfügbar. Insbesondere wäre eine einfache Umrechnung der Währungsparitäten nicht angemessen.

Tabelle 6: Kennwerte der Referenzfenster. Die Bezeichnungen entsprechen denen in Abbildung 2.

Pos.	Ref. Timber / Holz			Ref. Timber-Alu / Holz-Alu			Ref. PVC			Ref. Aluminium		
	U <sub>w, installed</sub> [W/(m²K)]	Price window/ Preis Fenster		U <sub>w, installed</sub> [W/(m²K)]	Price window/ Preis Fenster		U <sub>w, installed</sub> [W/(m²K)]	Price window/ Preis Fenster		U <sub>w, installed</sub> [W/(m²K)]	Price window/ Preis Fenster	
		uninstalled/ nicht installiert	installed/ installiert		un- installed/ nicht installiert	installed/ installiert		un- installed/ nicht installiert	installed/ installiert		un- installed/ nicht installiert	installed/ installiert
		[€]	[€]		[€]	[€]		[€]	[€]		[€]	[€]
1	1,67	253		1,77	323		1,67	143		1,84	323	
1a	1,67	253		1,77	323		1,67	143		1,84	323	
2	1,53			1,60			1,53			1,65		
2a	1,42			1,46			1,41			1,50		
<b>2 total</b>		558			711			308			711	
3	1,45	589		1,49	755		1,45	497		1,54	755	
3a	1,45	589		1,49	755		1,45	497		1,54	755	
4a	1,34			1,37			1,33			1,39		
4b	1,39			1,41			1,38			1,43		
4c	1,39			1,41			1,38			1,43		
4d	1,30			1,32			1,29			1,33		
4e	1,33			1,36			1,32			1,39		
<b>4 total</b>		3380			4251			1780			4251	
5	1,43			1,48			1,43			1,52		
5a	1,51			1,57			1,50			1,62		
<b>5 total</b>		558			711			308			711	
6	1,53	310		1,59	396		1,53	173		1,65	396	
7	1,45	589		1,49	755		1,45	497		1,54	755	
8	1,52	544		1,58	696		1,52	311		1,63	696	
9a	1,47			1,53			1,47			1,57		
9b	1,40			1,44			1,40			1,47		
9c	1,40			1,44			1,40			1,47		
9d	1,43			1,48			1,43			1,51		
<b>9 total</b>		1116			1392			616			1392	
10	1,52	544		1,58	696		1,52	311		1,63	696	
11	1,45	589		1,49	755		1,45	497		1,54	755	
12	1,32	392		1,33	501		1,32	220		1,34	501	
<b>Total investment</b>		9873	16544		12519	19190		6079	12751		12519	19190
	U <sub>w,i,av</sub>	€/m²	€/m²	U <sub>w,i,av</sub>	€/m²	€/m²	U <sub>w,i,av</sub>	€/m²	€/m²	U <sub>w,i,av</sub>	€/m²	€/m²
	1,41	231	387	1,45	293	449	1,41	142	298	1,49	293	449

## 2.4 Ermittlung der Lebenszykluskosten und der Barwerteinsparung

Die Lebenszykluskosten setzen sich aus den Investitionskosten für die Dämmung (Dach, Wände, Boden), Fenster und evtl. ein Wärmeverteilsystem sowie den Energiekosten des Gebäudes über den Betrachtungszeitraum (50 Jahre) zusammen. Für die Dämmung (Zellulose in Holzleichtbauwänden) und das Wärmeverteilsystem ist die Nutzungsdauer gleich dem Betrachtungszeitraum (50 Jahre). Für die Fenster beträgt der Nutzungszeitraum 40 Jahre. Die Investitionskosten für die Fenster werden daher mit einem Invest-Faktor multipliziert, um die Nutzungsdauer an den Betrachtungszeitraum anzugleichen.

Da das Referenzgebäude als Passivhaus konzipiert ist, ist eine Lüftungsanlage obligat. Die Wärmeverteilung erfolgt über diese Lüftungsanlage, solange die Heizlast 10 W/m² nicht übersteigt. Werden die 10 W/m² überschritten, kann die Wärme nicht mehr über die Zuluft transportiert werden, ein zusätzliches Wärmeverteilsystem wird benötigt. Die Kosten für dieses gehen in die Investitionskosten ein. So ergibt sich ein Kostenmalus für das Wärmeverteilsystem.

Zunächst werden der Energiebedarf und der Barwert der beschriebenen Komponenten für das Referenzgebäude mit den gewählten Fenstern ermittelt. Dabei beträgt die Dämmstärke der Wände 284 mm, die des Daches 286 mm und die des Bodens 180 mm. Im nächsten Schritt werden die Dämmstärken millimeterweise variiert und so, unter Einbeziehung des Malus des zusätzlichen Wärmeverteilsystems die minimalen Lebenszykluskosten bei gegebenen Fenstern und Investitionskosten ermittelt. Eine Veränderung der thermischen Kennwerte oder der Kosten des Fensters bedingt so ein anderes Verhältnis von Investitions- und Energiekosten. Damit ändern sich die Eigenschaften des Gebäudes im Ökonomischen Optimum, eine Änderung der Dämmstärken und möglicherweise des Heizsystems sind die Folge. Tabelle 7 zeigt die relevanten Eingabeparameter für die Optimierung. In Tabelle 8 sind die Ergebnisse für die Referenzfenster aufgelistet.

Tabelle 7: Relevante Parameter zur Ermittlung des Barwertes

Betrachtungszeitraum	50 Jahre	Energiepreis	0,092 €/kWh
Nutzungszeitraum	40 Jahre	Preis Dämmstoff Wand, Dach	60 €/m <sup>3</sup>
Realzins	2 %	Preis Dämmstoff Boden	50 €/m <sup>3</sup>

Tabelle 8: Ergebnisse der Optimierung für das Referenzgebäude mit Referenzfenstern

Reference	Anual heating demand/ Jahresheizwärmeebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Transmission losses/ Transmissionsverluste [kWh/a]	Solar gains/ Solare Gewinne [kWh/a]	Calibrated investment total [€]	Present value/ Barwert [€]
Timber/ Holz	28,2	4757	2918	16544	42638
Timber-Aluminium/ Holz-Aluminium	29,0	4894	2918	19190	46147
PVC	28,6	4747	2824	15952	39360
Aluminum/ Aluminium	30,1	5007	2824	21683	45857

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Überblick

Insgesamt erfüllten 42 der eingereichten Komponenten die Teilnahmevoraussetzungen. Darunter waren ein Kastenfenster und ein Verbundfenster. Diese sind preislich nicht mit den Referenzfenstern vergleichbar. Ein Teilnehmer musste aufgrund nicht haltbarer Preisangaben nachträglich disqualifiziert werden. Von 6 Fenstern wurden Varianten mit 4-fach Verglasung eingereicht. Abbildung 3 zeigt die auf die Lebenszykluskosten bezogene Einsparung aller Komponenten ohne die 4-fach verglasten Varianten, Kastenfenster und Verbundfenster. Klar ersichtlich ist, dass bei der überwiegenden Zahl der Komponenten deutliche Kosteneinsparungen erzielt werden. Im Durchschnitt der hier gezeigten Komponenten sind es 12% oder ca. 5400 € über den Nutzungszeitraum. Damit wurde der Nachweis erbracht, dass Passivhausfenster trotz höherer Anfangsinvestitionen in der Regel profitabel für Bauherren sind. Dennoch gibt es auch bei Passivhausfenstern erhebliche Leistungs- und Preisunterschiede. Mit dem PHPP ab der Version 9 können diese Unterschiede mittels der neuen Varianten-Funktion leicht ermittelt werden<sup>7</sup>. Die mittleren Investitionskosten aller eingereichten Komponenten (eingebaute Fenster) lagen bei 511 € pro m<sup>2</sup>.

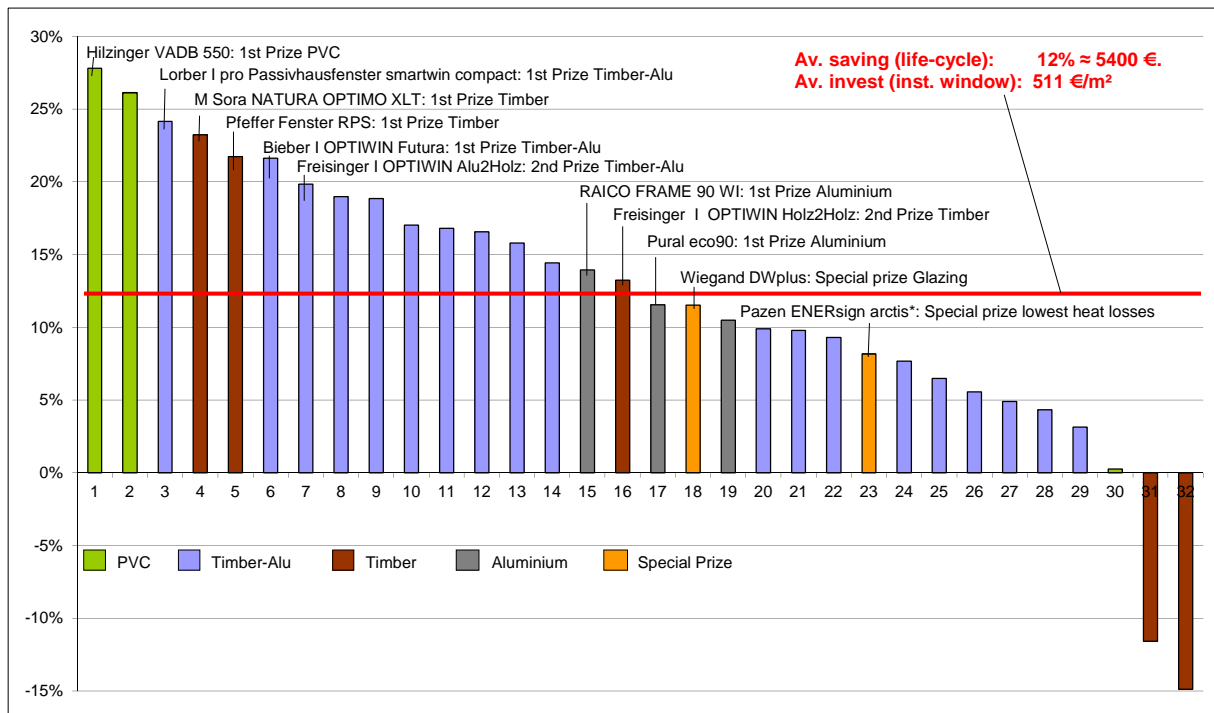
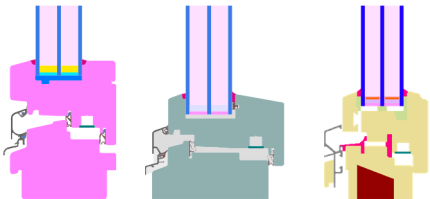


Abbildung 3: Einsparung (Lebenszykluskosten) der eingereichten Komponenten ohne 4-fach verglaste Varianten, Kastenfenster und Verbundfenster

<sup>7</sup> Vgl. Passivhaus Institut (Hrsg): Nutzerhandbuch zum PHPP 9 (2014), Passivhaus Institut, Darmstadt 2014.

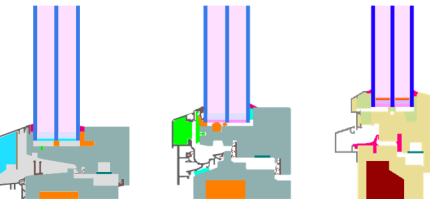
### 3.2 Kategorien

In der Kategorie **Holz** konnten 5 Teilnehmer gewertet werden. Hier erhielten das Natura Optimo XLT von M Sora und das RPS von Pfeffer Fenster den ersten Preis, das Holz2Holz von Freisinger aus der OPTIWIN-Gruppe den 2. Preis, vgl. Abbildung 4. Die mittleren Investitionskosten dieser Kategorie liegen bei 525 €/m<sup>2</sup>, die mittlere Einsparung über den Lebenszyklus bei 6%.



1 M. SORA	1 Pfeffer Fenster	2 Freisinger   OPTIWIN	Price, Company
NATURA OPTIMO XLT	RPS	Holz2Holz	Product name
384	396	452	Price [€/m <sup>2</sup> inst.w]
23%	22%	13%	LCC savings [%]
228	222	201	Oil savings [l/m <sup>2</sup> ]

Abbildung 4: Gewinner der Kategorie Holz

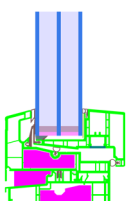


1 Lorber   pro PHF.	1 Bieber   OPTIWIN	2 Freisinger   OPTIWIN	Price, Company
smartwin compact	FUTURA	Alu2Holz	Product name
451	450	452	Price [€/m <sup>2</sup> inst.w]
24%	22%	20%	LCC savings [%]
288	246	214	Oil savings [l/m <sup>2</sup> ]

Abbildung 5: Gewinner der Kategorie Holz-Alu

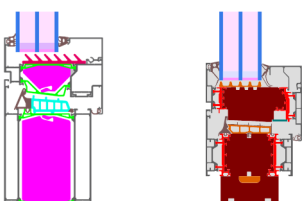
In der Kategorie **Holz-Aluminium** nahmen mit 18 Einreichungen die meisten Komponenten teil. Den ersten Preis teilen sich das smartwin compact der Firma Lorber aus der Kooperative proPassivhausfenster und das Futura des OPTIWIN-Partners Bieber. Den 2. Platz errang das Alu2Holz des OPTIWIN-Partners Freisinger. Die mittleren Investitionskosten dieser Kategorie liegen bei 528 €/m<sup>2</sup>, die mittlere Einsparung über den Lebenszyklus bei 13%.

Bei den **Kunststoff**fenstern gab es nur drei Einreichungen. Der erste Platz ging hier an das VADB plus 550 von Hilzinger. Ein weiterer Preis wurde nicht vergeben. Zweitplatziert ist das VADB plus 550+ von Hilzinger, das zwar bessere thermische Eigenschaften, dafür aber auch einen höheren Preis hat. In diesem Fall konnten die höheren Investitionskosten nicht durch den niedrigeren Energiebedarf kompensiert werden. Die mittleren Investitionskosten dieser Kategorie liegen bei 356 €/m<sup>2</sup>, die mittlere Einsparung über den Lebenszyklus ist 19%.



1 Hilzinger	Price, Company
VADB 550	Product name
296	Price [€/m <sup>2</sup> inst.w]
28%	LCC savings [%]
257	Oil savings [l/m <sup>2</sup> ]

Abbildung 6: Gewinner der Kategorie PVC



1 RAICO	1 PURAL	Price, Company
FRAME 90 WI	eco90	Product name
492	540	Price [€/m <sup>2</sup> inst.w]
14%	12%	LCC savings [%]
185	230	Oil savings [l/m <sup>2</sup> ]

Abbildung 7: Gewinner der Kategorie Aluminium

Es wurden 3 Aluminiumfenster eingereicht. Den ersten Preis teilen sich das System FRAME 90 WI von Raico und das eco90 von Pural. Die mittleren Investitionskosten dieser Kategorie liegen bei 526 €/m<sup>2</sup>, die mittlere Kosteneinsparung über den Lebenszyklus beträgt 12%.

Außerdem wurden 2 Sonderpreise vergeben: An die Firma Wiegand für den Einsatz einer innovativen Verglasung mit drei 3 mm Scheiben aus nicht vorgespannten Weißglas, wobei die mittlere Scheibe beschichtet ist. So ergibt sich ein g-Wert von 66% bei einem U<sub>g</sub> = 0,62

W/(m<sup>2</sup>K). Einen weiteren Sonderpreis erhielt die Firm Pazen Fenster und Technik für das Fenster ENERsign arctis\* für den besten U-Wert aller eingereichten Komponenten. Durch ein 4-fach Glas mit U<sub>g</sub> = 0,34 W/(m<sup>2</sup>K), einen Rahmen-U-Wert von 0,61 W/(m<sup>2</sup>K) bei einer Rahmenansichtsbreite von 94 mm und einen Glasrand-Wärmebrückenverlustkoeffizienten von 0,020 W/(mK) erreicht dieses Fenster (1,23\*1,48 m) einen U-Wert von 0,46 W/(m<sup>2</sup>K) im eingebauten Zustand.

### 3.3 4-fach Verglasung

Wie oben erwähnt, wurden einige Fenster auch mit 4-fach Verglasung eingereicht, alle 4-fach verglasten Fenster wurden in der Kategorie Holz-Aluminium eingereicht. Dabei handelt es sich durchgehend um Krypton gefüllte Scheiben mit 3 Beschichtungen. Solche Verglasungen sind heute noch erheblich teurer als 3-fach Verglasungen. Zwar können auch hier, wie beim 3-fach Glas künftig noch Skaleneffekte erwartet werden. Jedoch ist Krypton nur begrenzt verfügbar. Durch eine vermehrte Nutzung des Gases in Verglasungen würde der Preis weiter steigen. Krypton gefüllte 4-fach Verglasungen sollten daher besonderen Situationen und extrem kalten Klimata vorbehalten bleiben. Argon gefüllte 4-fach Verglasungen können eine Option sein wenn es gelingt, die Problematik des sogenannten Pumpeffekts zu lösen<sup>8</sup>.

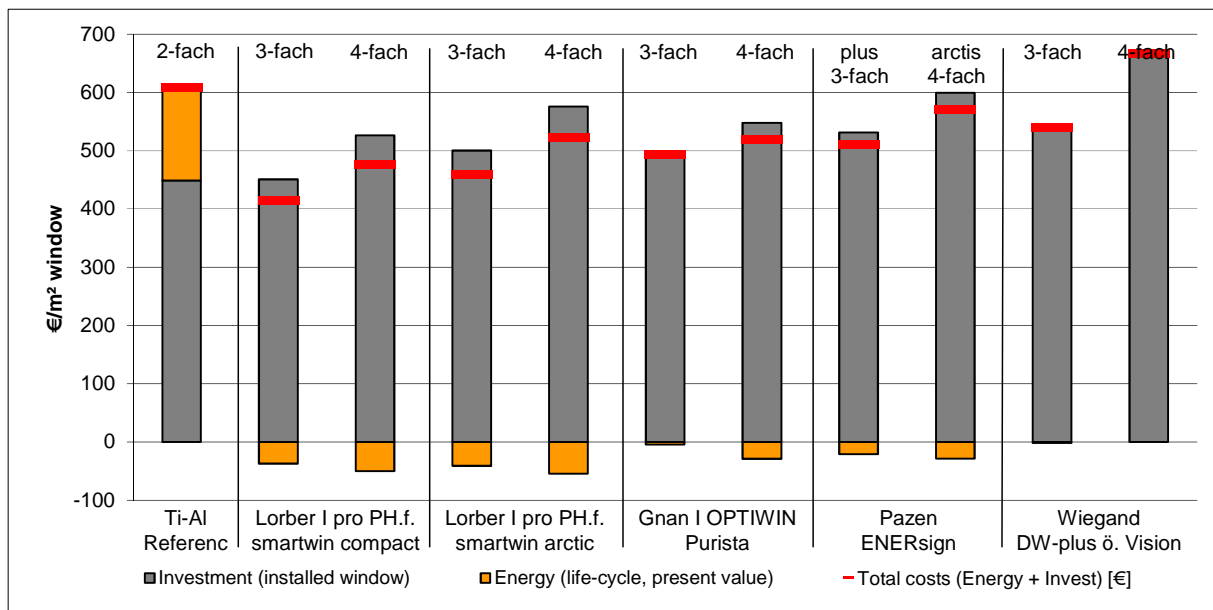


Abbildung 8: Investitions-, Energie-, und Gesamtkosten (roter Balken: Investitions- + Energiekosten) der 4-fach verglasten Fenster im Vergleich zu den 3-fach verglasten Varianten und dem Referenzfenster.

In Abbildung 8 werden sind die Investitions-, Energie- und Gesamtkosten der 4-fach verglasten Varianten im Vergleich zu den 3-fach-verglasten Einreichungen und dem Holz-Aluminium Referenzfenster dargestellt. Sichtbar ist, dass mit Ausnahme des Wiegand DW-plus Öko Vision, die Varianten mit 4-fach Verglasung den höchsten Netto-Energiegewinn (bzw. hier die

<sup>8</sup> Siehe beispielsweise Krick, Benjamin: PHI Fensterzertifizierung: Bisherige Erfolge und Aufbruch in neue Klimazonen. In: Protokollband zur 18. Internationalen Passivhaustagung 2014 in Aachen. PHI, Darmstadt 2014

am höchsten negativen Energiekosten) ermöglichen (orange Säule), das 4-fach Glas ist also die beste Variante bezüglich der energetischen Qualität<sup>9</sup>. Jedoch sind die Investitionskosten der 4-fach verglasten Varianten deutlich höher, als die der 3-fach verglasten (graue Säule). Darum ist in allen Fällen die 3-fach Verglasung die für den Bauherren profitabelste Lösung mit den niedrigsten Gesamtkosten (roter Balken). Bemerkenswert ist jedoch, dass die 4-fach Verglasung in der Mehrzahl der Fälle, wie auch im Durchschnitt, besser abschneidet, als das Referenzfenster. Fazit: 3-fach Verglasung ist im gewählten Klima (Frankfurt am Main) die beste Wahl. Dass die 4-fach verglasten Varianten dem Referenzfenster überlegen sind, unterstreicht die Absurdität des Einsatzes von 2-fach Verglasungen in kühl gemäßigttem Klima ein weiteres Mal<sup>10</sup>.

### 3.4 Gewinner

#### 3.4.1 Übersicht

Abbildung 9 zeigt die Investitions- und Energiekosten der Preisträger (ohne Sonderpreise) im Vergleich untereinander und zu den jeweiligen Referenzfenstern. Bei den Holz-Aluminium Fenstern ist auffällig, dass alle Gewinnerfenster sowie das Referenzfenster die annähernd gleichen Investitionskosten aufweisen. Entscheidend für die Gesamtkosten und damit für den Gewinn des Awards sind hier die Energiekosten, die beim smartwin compact und beim FUTURA sogar im negativen Bereich liegen. Gleiches gilt für das Kunststofffenster VADBplus 550 von Hilzinger, das sowohl die niedrigsten Investitionskosten, als auch die höchsten Einsparungen gegenüber den Referenzfenstern erzielt.

Augenscheinlich sind die Kosten der Holzfenster geringer als die der Holz-Aluminium Fenster. Auch hier liegen Referenzfenster und die ersten Sieger in der gleichen Größenordnung. Eine Ausnahme bilden das holz2holz und das alu2holz aus dem Hause Freisinger, die bis auf eine Abdeckschale wahlweise aus Holz oder Aluminium baugleich sind und zu den gleichen Investitionskosten vertrieben werden. Auch bei den Aluminiumfenstern sind die Investitionskosten der Gewinnerfenster nicht wesentlich höher als die des Referenzfensters. Wegen der hohen Wärmeleitfähigkeit von Aluminium ist das Erreichen der strengen Zertifizierungskriterien des Passivhaus Institutes eine besondere Leistung. In der Anfangszeit konnten die Kriterien nur mit Hilfe eines Rahmens mit relativ hoher Rahmenasichtsbreite erreicht werden. Dies schlägt sich in der Energiebilanz der Fenster nieder. Durch den breiteren Rahmen verringerte sich der Glasanteil und mit ihm die solaren Gewinne. Die Energiekosten lagen, relativ zu den Gewinnern der anderen Kategorien, deutlich höher.

Eine der größten Herausforderungen unserer Zeit ist der Klimawandel, welcher direkt mit dem anthropogen induzierten Ausstoß an Treibhausgasen verknüpft ist. Wesentliches Treibhausgas ist dabei Kohlenstoffdioxid. Durch den Einsatz von Passivhaustechnologien im

<sup>9</sup> Zum gleichen Ergebnis kommt, selbst unter Einbeziehung der grauen Energie Krick, Benjamin: Optimum glazing in the regions of Europe considering the embodied energy. Passivhaus Institut Darmstadt, Juli 2014

<sup>10</sup> Den gleichen Schluss legen die Studien Krick, Benjamin, Pazen, Günter: Passive House windows are cost-effective! In: Protokollband zur 18. Internationalen Passivhaustagung 2014 in Aachen. PHI, Darmstadt 2014, und Krick, Benjamin: smartwin compact: Economic optimum in the regions of Europe, nahe.

Allgemeinen und Passivhausfenstern im Speziellen kann der Ausstoß dieses Treibhausgas wirksam reduziert werden. So entlastet ein beispielhaft aus den Gewinnerkomponenten herausgegriffenes Fenster die Atmosphäre über seinen Lebenszyklus um 700 kg CO<sub>2eq</sub> pro Quadratmeter Fensterfläche, vgl. Abbildung 10.

Um eine bessere Vorstellbarkeit für Laien zu erreichen, wird eine Energieeinsparung häufig in Litern Heizöl angegeben. Dies ist in Abbildung 11 visualisiert. Das Beispielfenster kommt hier auf eine Einsparung von 288 l pro m<sup>2</sup> Fensterfläche über den Lebenszyklus (40 Jahre), entsprechend pro Jahr ca. 308 l für alle Fenster des Hauses. Mit diesem, jährlich eingesparten, Heizöl käme ein sparsamer PKW (6 l Verbrauch auf 100 km) ca. 5130 km weit.

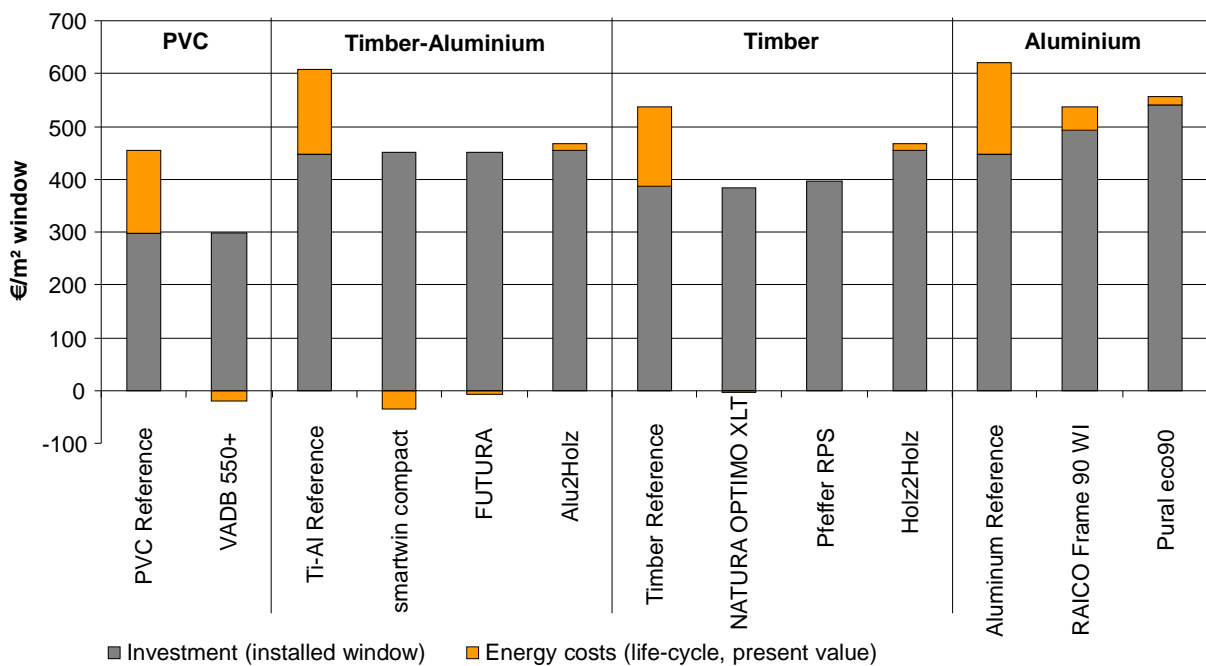


Abbildung 9: Investitions- und Energiekosten der Gewinnerfenster im Vergleich untereinander und zu den Referenzfenstern

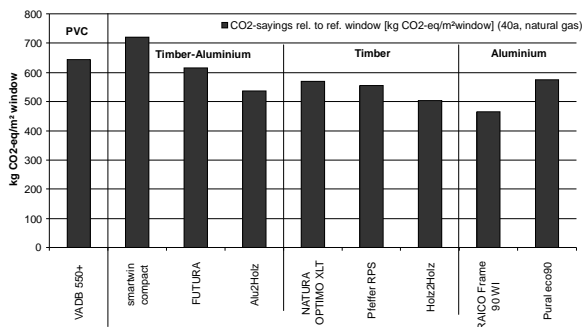


Abbildung 10: CO<sub>2</sub>-Einsparungen (Energieträger Erdgas) gegenüber dem jeweiligen Referenzfenster über den Lebenszyklus pro m<sup>2</sup> Fenster.

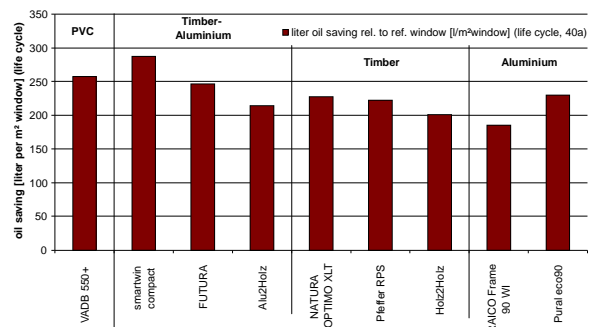


Abbildung 11: Öleinsparungen gegenüber dem jeweiligen Referenzfenster über den Lebenszyklus pro m<sup>2</sup> Fenster.

### 3.4.2



### 3.4.3 Rechenbeispiel

Um die Profitabilität für Bauherren zu verdeutlichen, dient folgendes Beispiel, siehe auch Abbildung 12: Verglichen werden die Kosten für Standardfenster (hier der Mittelwert aller Kategorien) und Passivhausfenster (hier der Mittelwert aller Gewinner ohne Sonderpreise). Die Investition für die Standardfenster beträgt ca. 16.920 €, für die Passivhausfenster ist die Investition mit 18.600 € signifikant höher. Zur Finanzierung der Investition wird ein Kredit mit 2% Realzins aufgenommen (der Realzins ist der Nominalzins abzüglich Inflation). Der Kredit hat eine Laufzeit von 20 Jahren. Daraus ergibt sich eine jährliche Rate von 1.035 € für das Standard- und 1.137 € für das Passivhausfenster. Den sich hieraus ergebenden Mehrkosten des Passivhausfensters von 102 € pro Jahr stehen jedoch Energieeinsparungen im Wert von 247 €/a gegenüber (als Energiekosten wurden 10 € Cent pro kWh angenommen). Daraus ergibt sich ein Kostenvorteil von ca. 145 €/a über die Kreditlaufzeit (20 Jahre), entsprechend einem Gewinn von 11%. Nach 20 Jahren ist der Kredit abbezahlt, die Lebensdauer der Fenster ist auf 40 Jahre prognostiziert. In den folgenden 20 Jahren profitiert der Bauherr voll von den geringeren Energiekosten bedingt durch die Passivhausfenster. Hier stehen 250 €/a Energiekosten beim Standardfenster 3 € Energiekosten beim Passivhausfenster gegenüber, es ergibt sich eine Einsparung von 99%. Die geringen Energiekosten für das Passivhausfenster weisen auf eine nahezu ausgeglichene Energiebilanz hin: Die Solargewinne in der Heizperiode entsprechen etwa den Transmissionswärmeverlusten. Es ist anzumerken, dass die hier dargestellten Kosteneinsparungen zusätzlich mit einem erheblichen Komfortgewinn einhergehen. Auch hier kann resümiert werden: Der Einsatz von Passivhausfenstern ist vorbehaltlos empfehlenswert!

	Standard window* Standardfenster	Passive House Window** Passivhausfenster
Investment Investition	~ 16.920 €	~ 18.600 €
Credit Kredit	2% real interest, 20 years   2% Realzins, 20 Jahre	
Annual rate Jährliche Rate	~ 1.035 €/a	~ 1.137 €/a
Energy costs Energiekosten	~ 250 €/a	~ 3 €/a
Sum Summe	~ 1.285 €/a	~ 1.140 €/a
<b>Savings   Einsparung: ~ 145 €/a (11%)</b>		
<b>After 20 years   Nach 20 Jahren: 250 € - 3 € = 247 € (99%)</b>		
* Average over the standard windows of all categories.		
** Average over all winners excepted special prices.		

Abbildung 12: Rechenbeispiel

### 3.4.4 Holz 1. Preis: M SORA, SLOVENIJA: NATURA OPTIMO XLT

M SORA ist einer der führenden slowenischen Hersteller von Holz- und Holz-Aluminium Fenstern. Die Firma wurde im Jahr 1948 gegründet und wächst seitdem kontinuierlich. Heute ist M Sora für seine Flexibilität und für die Anpassungsfähigkeit an Kundenwünsche bekannt. M SORA engagiert sich stark in der Weiterentwicklung seiner Produkte und nimmt erfolgreich an nationalen und internationalen Forschungsvorhaben teil.

Natura Optimo XLT ist ein Ergebnis solcher Forschungsvorhaben. Es stellt eine zugleich einfache und innovative Lösung aus thermisch modifizierter Fichte dar, die eine um fast 20% niedrigere Wärmeleitfähigkeit als normales Fichtenholz hat. Zudem gibt die thermische Modifizierung den Fenstern eine bessere Haltbarkeit, Dimensionsstabilität und einen exotischen Look.

#### Product description | Produktbeschreibung

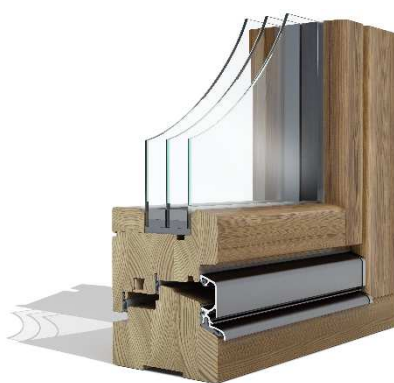
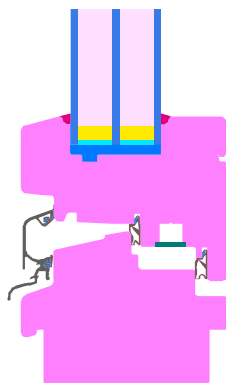
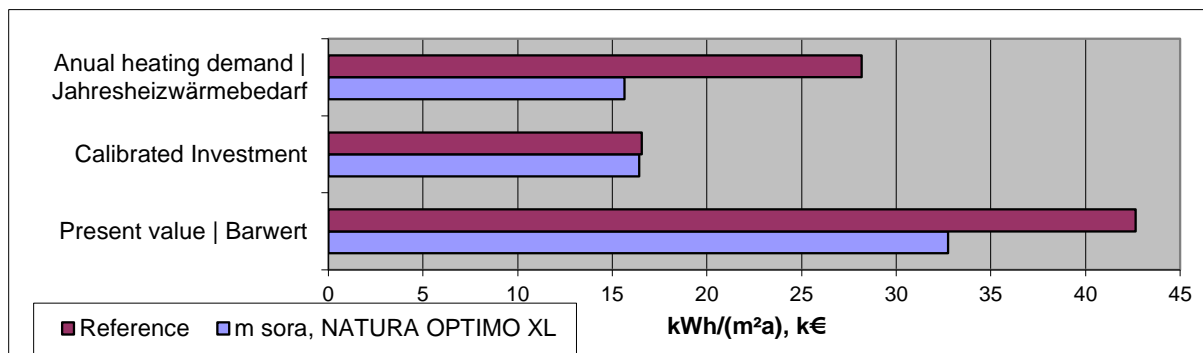
Frame from thermally modified spruce (0.09 W/(mK)) | Rahmen aus thermisch modifiziertem Holz (0,09 W/(mK)).

Spacer | Abstandhalter: SuperSp. Tri-Seal, PU secondary seal

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	$g$ [-]*	$U_{W,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [KWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0,63	0,61	0,74	-1,7	15,6	316	384	23

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude



### 3.4.5 Holz 1. Preis: Pfeffer Fenster, GERMANY: Pfeffer RPS

Die Firma Pfeffer ist ein mittelständisches Unternehmen für Fenster-, Fassaden- und Türenbau.

Das Fenster Pfeffer RPS kommt durch die Verwendung von leichtem Fichten- bzw. Tannenholz sowie einem guten Abstandhalter und einer optimierten Rahmengeometrie ohne zusätzliche Dämmung im Rahmen aus, und erreicht dennoch die strengen Zertifizierungsanforderungen des Passivhaus Instituts.

#### Product description | Produktbeschreibung

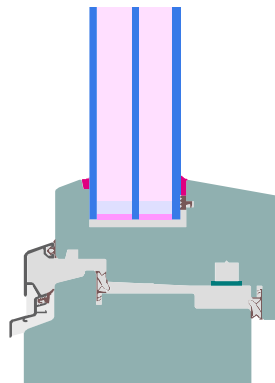
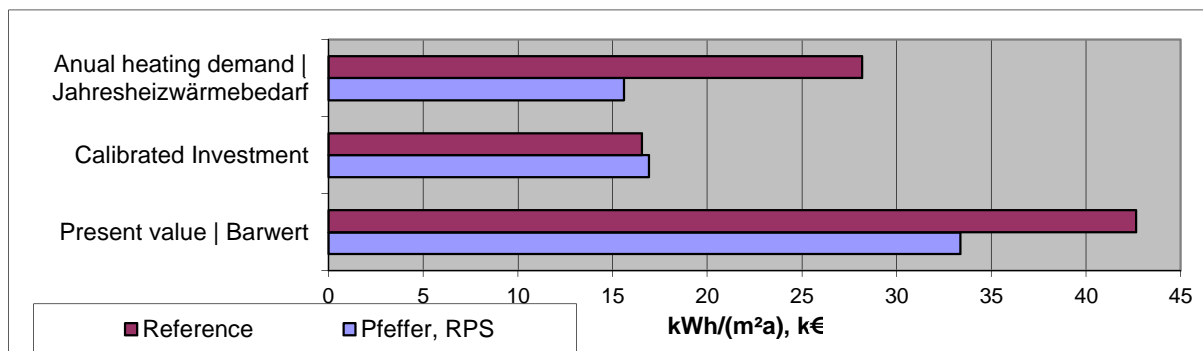
Slim, uninsulated timber frame (0.11W/(mK)) | Schlanker, ungedämmter Fensterrahmen aus Fichte/Tanne (0,11 W/(mK)).

Spacer | Abstandhalter: SWISSP. Ultimate

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	$g$ [-]*	$U_{W,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [KWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0,54	0,50	0,67	-0,3	15,6	351	396	22

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude



### 3.4.6 Holz 2. Preis: OPTIWIN | Freisinger, AUSTRIA: Holz2Holz

OPTIWIN ist eine internationale Kooperation mittelständischer Fensterhersteller. Sie hat sich zum Ziel gesetzt, innovative Bau-Elemente, insbesondere energieeffiziente Fenster, unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten zu entwickeln und zu vermarkten. Die Firma Freisinger ist Keimzelle und wichtige Säule der OPTIWIN Gruppe.

Das Holz2Holz-Fenster besteht aus einer die eigentliche Fensterfunktion übernehmenden Innenschicht aus Holz. Dieses nachhaltige System nutzt optimal die Vorzüge unterschiedlicher Holzarten. Als Außenschicht verwendet OPTIWIN hier überwiegend Holzarten wie Eiche oder Lärche. Diese Hölzer haben von Natur aus eine sehr hohe Resistenz gegen Witterungseinflüsse. Das Holz2Holz ist als wärmebrückenfreier Fensteranschluss zertifiziert.

#### Product description | Produktbeschreibung

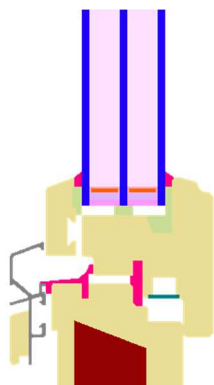
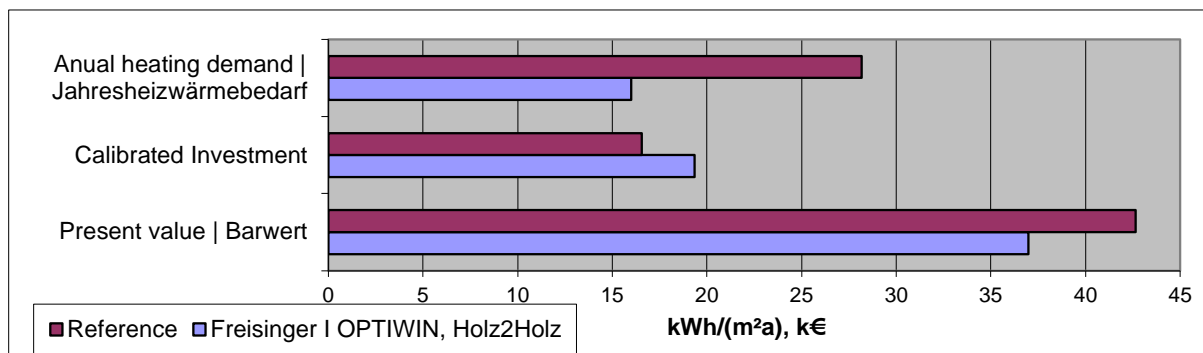
Timber frame (0.11 W/(mK)), certified as window connection, insulated by wood fibre board (0.04 W/(mK)) | Holz-Alu Rahmen (0,11 W/(mK)), zertifiziert als Fensteranschluss, gedämmt mit Holzweichfaserplatte (0,04 W/(mK)).

Spacer | Abstandhalter: SuperSp. Tri-Seal

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	$g$ [-]*	$U_{w,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0,53	0,52	0,71	4,9	16,0	0	452	13

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude



### 3.4.7 Holz-Aluminium 1. Preis: proPassivhausfenster | LORBER Fensterbau, AUSTRIA: smartwin compact

proPassivhausfenster ist eine Kooperation kleiner europäischer Fensterbauer mit dem Ziel, durch Kooperation bei Entwicklung und Einkauf, sowie durch Transfer von Know-How, leistungsfähige und kostengünstige Passivhausfenster produzieren zu können, um so die Verbreitung von Passivhäusern zu fördern und damit zu einer Verringerung des Energieverbrauches beizutragen. Die Firma Lorber ist ein kleines, innovatives Familienunternehmen in der Steiermark und Gründungsmitglied von proPassivhausfenster. Neben dem smartwin compact hält proPassivhausfenster Zertifikate für das smartwin arctic, -classic, -historic und die Schiebetür -sliding, sowie die Eingangstür -entrance.

#### Product description | Produktbeschreibung

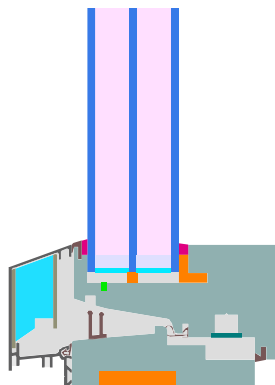
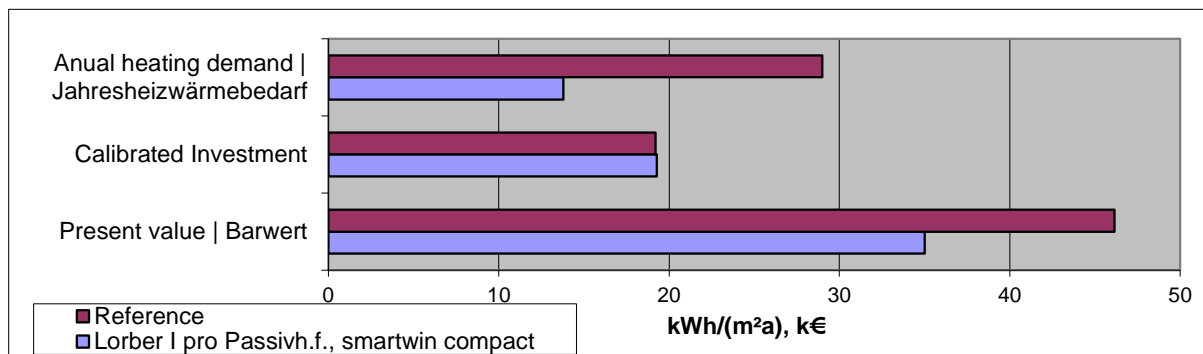
Timber-alu frame (0.11 W/(mK)), insulated by wood fibre board (0.04 / 0.05 W/(mK)) and PU-foam (0.07 W/(mK)) | Holz-Alu Rahmen (0,11 W/(mK)), isoliert mit Holzweichfaserplatten (0,04 / 0,05 W/(m<sup>2</sup>K)) und PU-Schaum (0,027 W/(mK)).

Spacer | Abstandhalter: Ultimate Swisspacer PU

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	$g$ [-]*	$U_{W,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0,60	0,61	0,68	-13,5	13,8	382	451	24

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude



### 3.4.8 Holz-Aluminium 1. Preis: OPTIWIN | Bieber, FRANCE: Futura

OPTIWIN ist eine internationale Kooperation mittelständischer Fensterhersteller. Sie hat sich zum Ziel gesetzt, innovative Bau-Elemente, insbesondere energieeffiziente Fenster, unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten zu entwickeln und zu vermarkten. Die Firma Bieber ist die französische Vertretung der OPTIWIN-Gruppe.

Die spezielle Konstruktion des OPTIWIN Futura erschließt neue Perspektiven und gestalterische Optionen für Bauherren und Planer: Durch die schlanken Rahmen und das reduzierte, puristische Design verschwindet der Fensterrahmen fast völlig. Nur das Glas ist sichtbar. Die Einzelbauteile sind recyclebar, bei Materialwahl und Herstellung wurde auf Energieeinsparung besonders geachtet. Damit ist das OPTIWIN Futura auch in punkto Nachhaltigkeit state of the art.

#### Product description | Produktbeschreibung

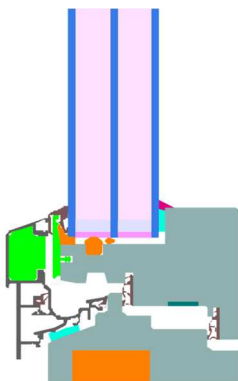
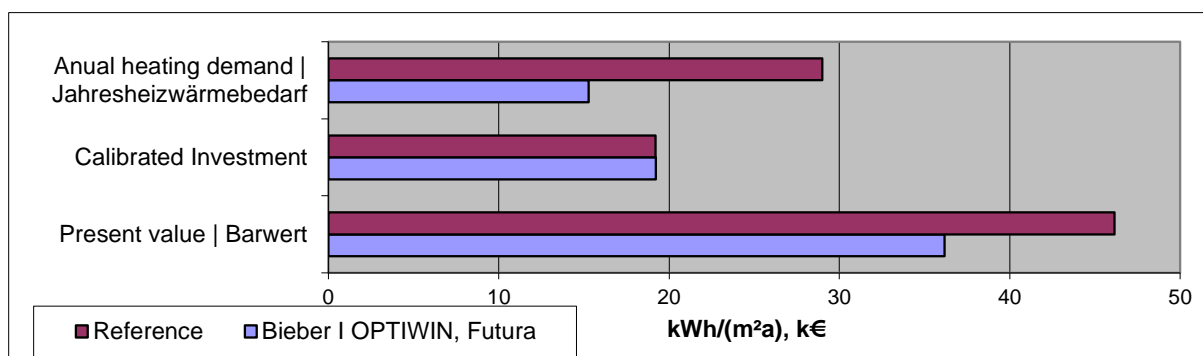
Timber-alu frame (0.11 W/(mK)), insulated by wood fibre board (0.04 W/(mK)) | Holz-Alu Rahmen (0,11 W/(mK)), gedämmt mit Holzweichfaserplatte (0,04 W/(mK)).

Spacer | Abstandhalter: Ultimate Swisspacer

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	$g$ [-]*	$U_{W,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [KWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0,64	0,62	0,75	-3,1	15,3	0	450	22

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude



### 3.4.9 Holz-Aluminium 2. Preis: OPTIWIN | Freisinger, AUSTRIA: Alu2Holz

OPTIWIN ist eine internationale Kooperation mittelständischer Fensterhersteller. Sie hat sich zum Ziel gesetzt, innovative Bau-Elemente, insbesondere energieeffiziente Fenster, unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten zu entwickeln und zu vermarkten. Die Firma Freisinger ist Keimzelle und wichtige Säule der OPTIWIN Gruppe.

Das Alu2Holz-Fenster besteht aus einer die eigentliche Fensterfunktion übernehmenden Innenschicht aus Holz. Die abnehmbare Außenschicht ist aus wetterfestem Aluminium. Der Blendrahmen ist außen nicht mehr sichtbar, Dadurch sind – verglichen mit einem herkömmlichen Aluminiumfenster – sehr geringe Rahmenbreiten möglich. OPTIWIN erreicht dies durch sehr schmale Flügel- und Blendrahmen, die beim Einbau außen komplett überdämmt werden können. Das Alu2Holz ist als wärmebrückenfreier Fensteranschluss zertifiziert.

#### Product description | Produktbeschreibung

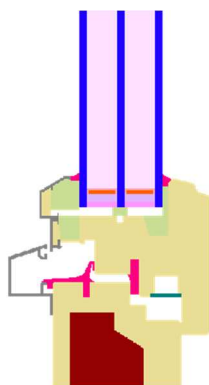
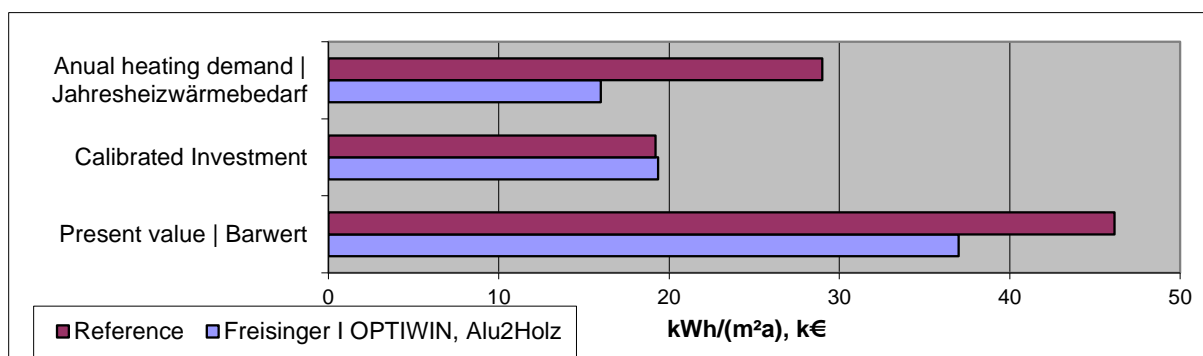
Timber-alu frame (0.11 W/(mK)), certified as window connection, insulated by wood fibre board (0.04 W/(mK)) | Holz-Alu Rahmen (0,11 W/(mK)), zertifiziert als Fensteranschluss,

Spacer | Abstandhalter: Super Spacer Triseal

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	$g$ [-]*	$U_{W,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [KWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0,53	0,52	0,71	4,9	16,0	0	452	20

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude



### 3.4.10 Aluminium 1. Preis: RAICO: Bautechnik, GERMANY: FRAME+ 90 WI

Die RAICO Bautechnik GmbH entwickelt und vertreibt als Systemhaus Verglasungssysteme für Aluminiumfenster, -türen, Fassaden und Wintergärten. Mit einem umfangreichen Portfolio innovativer Produkte und Dienstleistungen kann das Unternehmen auf die unterschiedlichsten Anforderungen seiner Kunden eingehen.

Mit dem neuen System FRAME+ 90 WI/WB hat RAICO seine Aluminiumfenster-Serie FRAME+ mit einem durch das Passivhaus Institut Darmstadt zertifizierten Modul von 90 mm Bautiefe komplettiert. Eine konsequente thermische Optimierung und innovative Systemkomponenten wie das Stegmaterial THERMORIT garantieren hohes Energieeinsparpotential.

#### Product description | Produktbeschreibung

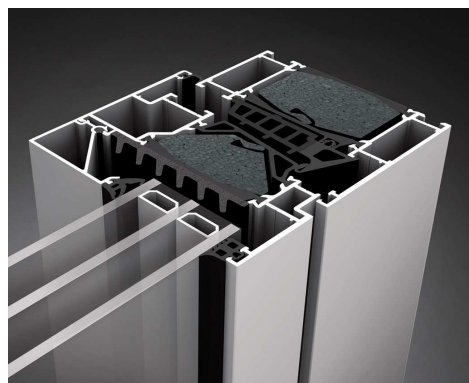
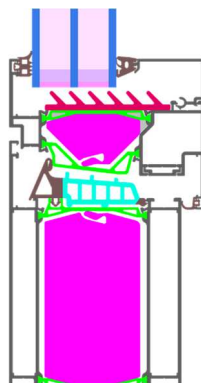
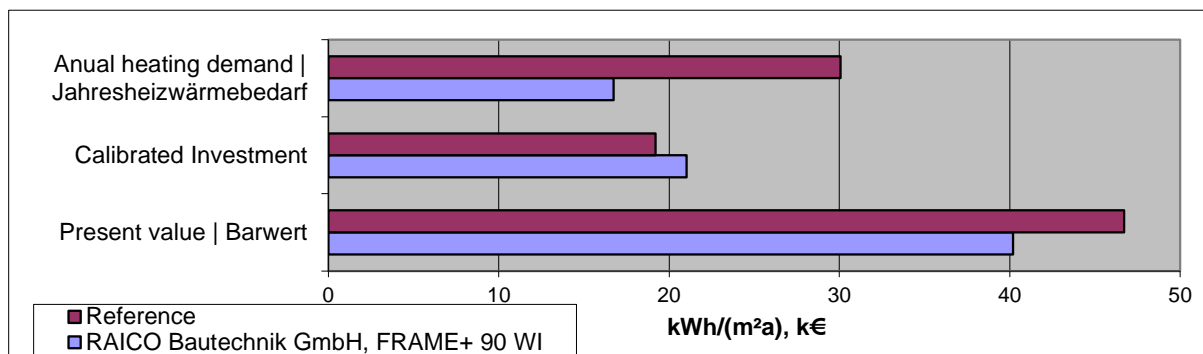
Thermally broken aluminum window system, insulated by PU-foam | Thermisch getrenntes Aluminiumfenstersystem mit PU-Dämmung.

Spacer | Abstandhalter: SWISSP. Ultimate

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	$g$ [-]*	$U_{W,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0,58	0,53	0,79	16,6	16,7	411	492	14

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude





### 3.4.11 Aluminium 1. Preis: PURAL, GERMAY: eco90

Beim Pural eco90 wird die Wärmedämmung über den Polyurethan Wärmeblock und eine großvolumige Dichtung aus geschäumtem EPDM im Rahmenfalz erreicht. Einschieblinge in Hohlkammern sind nicht notwendig. Das System kann mit herkömmlichen, im Fensterbau eingesetzten Maschinen verarbeitet werden. Das Beschlagsystem ist mit Euronut auf Basis handelsüblicher Beschläge namhafter Hersteller aufgebaut. Dadurch ist eine Reparatur der Fenster auch Jahrzehnte nach dem Einbau Kosten sparend ohne den kompletten Austausch der Fenster möglich.

#### Product description | Produktbeschreibung

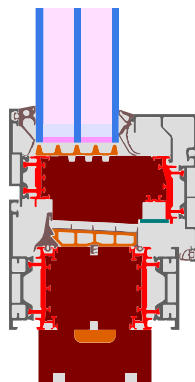
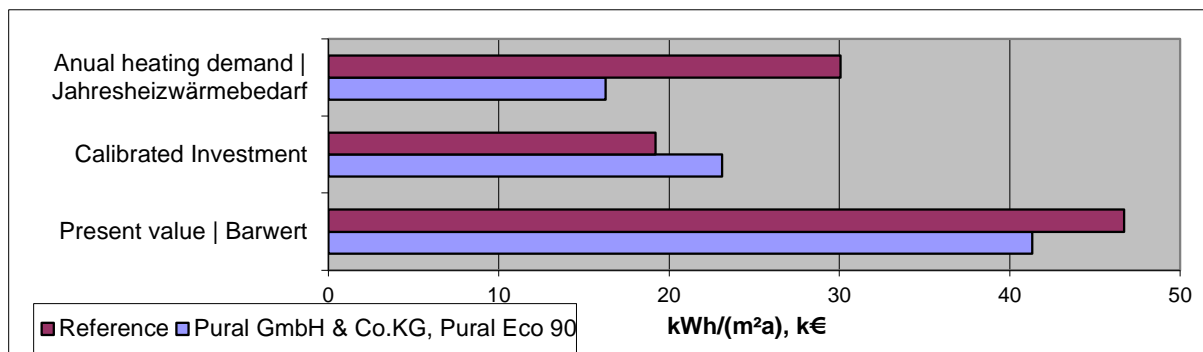
Aluminum window profile with rigid PU-foam block (0.051 W/(mK)) in the insulation layer | Aluminium Fensterprofil mit Polyurethan Wärmeblock (0,051 W/(mK)) in der Dämmebene.

Spacer | Abstandhalter: SWISSP. Ultimate

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	$g$ [-]*	$U_{W,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [KWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0,62	0,59	0,77	5,5	16,3	419	540	12

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude



### 3.4.12 Kunststoff 1. Preis: Hilzinger FBS GmbH, GERMANY: VADB plus 550

Die Unternehmensgruppe Hilzinger fertigt mit rund 1000 Mitarbeitern Fenster und Türen aus Kunststoff, Holz, Holz-Aluminium und Aluminium. Die Fensterinnovation Hilzinger VADBplus 550 entstand aufgrund der steigenden Anforderungen an eine optimale Tageslichtnutzung, Wärmedämmung sowie der Nutzung kostenloser Sonnenenergie in der Heizperiode.

Neben dem VADBplus 550 wurde das VADBplus 550+ eingereicht, welches durch weiter gedämmte Kammern einen besseren Rahmen-U-Wert und damit geringere Wärmeverluste aufweist. Zugleich hat das 550+ jedoch die höheren Investitionskosten. Diese konnten durch den Minder-Energiebedarf nicht ausgeglichen werden. Somit ist das 550 unter den gewählten Randbedingungen die wirtschaftlichere Variante.

#### Product description | Produktbeschreibung

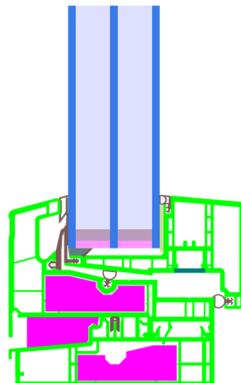
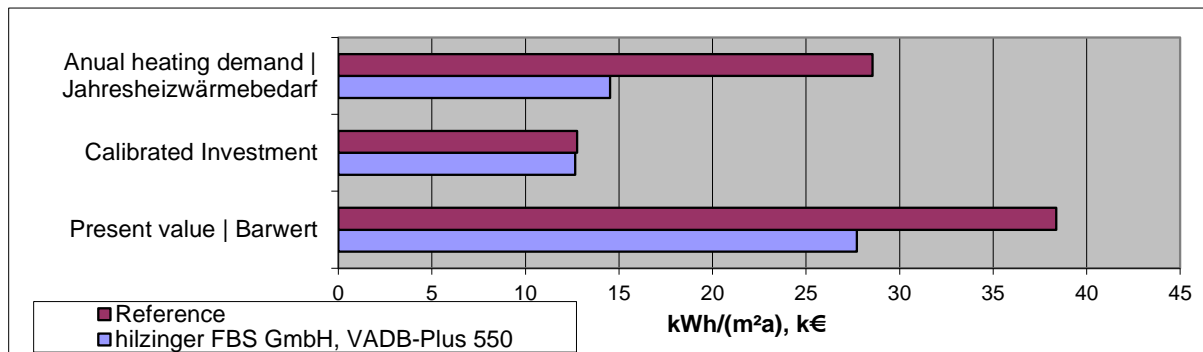
Slim multichamber-integral-frame with EPS Insulation (0,031 W/(mK)) | Schmalere Mehrkammer-Kunststoff-Integralrahmen mit Einschubdämmung aus EPS (0,031 W/(mK)).

Spacer | Abstandhalter: TPS

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	$g$ [-]*	$U_{W,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0.57	0.57	0.68	-7.5	14.5	208	296	28

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude



### 3.4.13 Sonderpreis innovative Verglasung: Wiegand, GERMANY: DW-plus

Die Firma Wiegand Fensterbau fertigt seit 1998 zertifizierte Passivhaus-Fenster in Holz-Aluminium-Konstruktion und montiert bundesweit mit eigenem Personal. In den vergangenen 15 Jahren wurden in über 1.000 Objekten „DW-plus“ Passiv-Fenster eingebaut.

Durch ständige Weiterentwicklung gibt es im Hause Wiegand drei Passivhaus-Produkte: DW-plus integral, öko Vision und XPS. Energieeffizienz, ansprechende Optik und umfangreiche Nachweise (Gebrauchstauglichkeit, Einbruchs- und Schallschutz, Umweltverträglichkeit) weisen die Produkte aus.

Die beim Passivhaus-Award ausgezeichnete Verglasung besticht nicht nur mit hohen solaren Energiegewinnen (g-Wert = 65%) und geringen Wärmeverlusten ( $U_g$ -Wert = 0,62 W/(m<sup>2</sup>K)), sondern ist durch den Einsatz von 3 mm Dünnglas auch 25% leichter als bisheriges Dreifachglas.

#### Product description | Produktbeschreibung

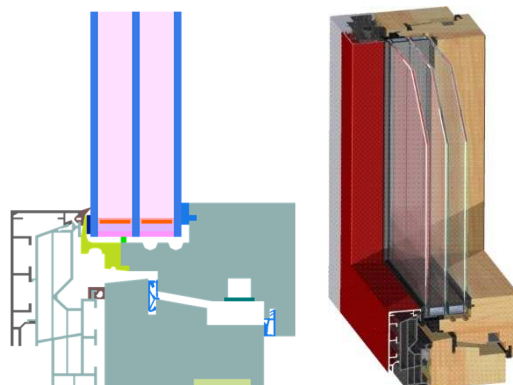
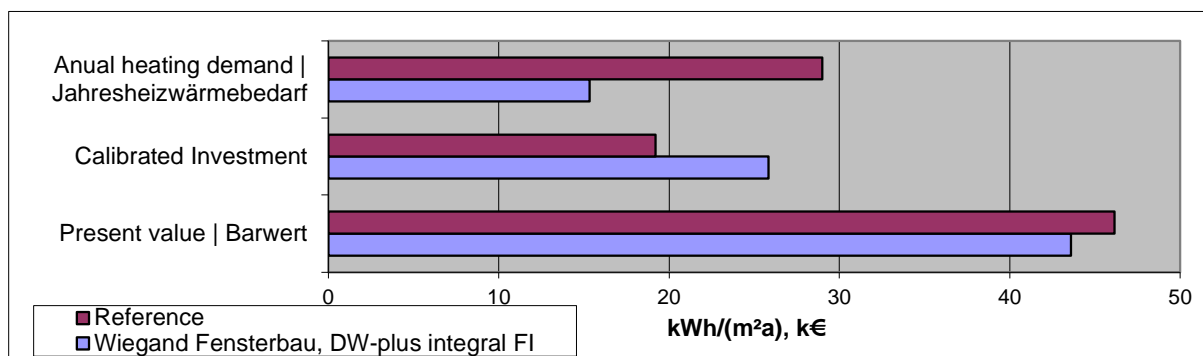
Timber-aluminum (0.11 W/(mK)) frame, insulated by an outside multichamber vinyl profile | Holz-Alufenster (0,11 W/(mK)), außenseitig durch ein Mehrkammer PVC-Profil isoliert.

Spacer | Abstandhalter: SWISSP. Ultimate

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	g [-]*	$U_{W,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0,62	0,65	0,77	-4,7	15,3	453	604	6

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude



### 3.4.14 Sonderpreis Wärmeschutz: Pazen Fenster und Technik, GERMANY: ENERsign arctis\*

Pazen Fenster und Technik gehörte zu den ersten Herstellern zertifizierter Passivhausfenster. Die aktuelle ENERsign Produktlinie stellt eine konsequente Weiterentwicklung jener ersten Passivhausfenster dar. Ein niedriger Rahmen-U-Wert und schmale Rahmenansichtsbreiten (94 mm) ermöglichten schon 2006 die 2011 eingeführte Klasse phA, als deren erster Vertreter das ENERsign gilt. Mit ENERsign arctis\* steht eine für das kalte Klima geeignete Variante zur Verfügung, die mit minimalen Änderungen am Rahmen im Vergleich zur Standardvariante des ENERsign plus auskommt. Des Weiteren umfasst die ENERsign Produktfamilie Eingangstüren, Schiebetüren und Verschattungs- und Verdunklungssysteme.

#### Product description | Produktbeschreibung

Timber-aluminum itegral frame (0,11 W/(mK)), insulated by XPS (0.028 W/(mK)). The glass is varied by ENERcell (0.06 W/(mK)) | Holz-Aluminium Integralrahmen (Fichte/Tanne 0,11 W/(mK)) mit Dämmung aus XPS (0,028 W/(mK)). Das Glas wird durch ENERcell (0,06 W/(m<sup>2</sup>K)) getragen.

**Spacer | Abstandhalter:** SWISSP. Ultimate, PU secondary seal

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	$g$ [-]*	$U_{W,installed}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Net. window losses [kWh/m <sup>2</sup> a]*	Heating demand [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Calibrated investment Window [€/m <sup>2</sup> ]*	Calibrated investment installed window [€/m <sup>2</sup> ]*	Savings comp. to building with ref. window [%]**
0,34	0,46	0,46	-10,4	13,2	499	599	8

\* Average values over all windows of the building | Mittelwert über alle Fenster des Referenzgebäudes

\*\* Life-cycle: Energy costs and energy saving investments of the whole building | Lebenszyklus: Energiekosten und Investition in Energiesparmaßnahmen für das gesamte Gebäude

