



Beurteilung praxisrelevanter Wandaufbauten im Einfamilienhausbau bezüglich ihrer Nachhaltigkeit

Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades
"Master of Engineering"

eingereicht bei
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Karin Stieldorf

Georg Bachler

01634331

Wien, 21.09.2018

Eidesstattliche Erklärung

Ich, **GEORG BACHLER**, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Master These, "BEURTEILUNG PRAXISRELEVANTER WANDAUFBAUTEN IM EINFAMILIENHAUSBAU BEZÜGLICH IHRER NACHHALTIGKEIT", 196 Seiten, gebunden, selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe, und
2. dass ich diese Master These bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, 21.09.2018

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich aufrichtig bei all jenen Menschen bedanken, die mich auf dieser Reise begleitet und unterstützt haben.

Besonderer Dank gilt hierbei meinem Arbeitgeber, Baumeister Erich Lux, der mir als Mentor jederzeit ein offenes Ohr geliehen hat und mir die Chance für dieses Studium ermöglicht hat. Ebenso natürlich all meinen Kollegen, die während meiner Studienzzeit die eine oder andere meiner Agenden übernommen haben.

Ebenso möchte ich mich bei Ing. Bernhard Kram, MSc von der Donau-Universität Krems für die kompetente Hilfe bei bauphysikalischen Themen bedanken.

Des Weiteren dürfen hier auch meine lieben Studienkollegen und Studienkolleginnen nicht fehlen, die dafür gesorgt haben, dass dieses Studium nicht nur lehrreich sondern auch eine riesen Gaudi war!

Und last but not least gebührt meiner Partnerin Veronika Noë, BEd der allergrößte Dank für Ihre schier unendliche Geduld während des Studiums (und darüber hinaus) und das Korrekturlesen.

Kurzfassung

Das Einfamilienhaus im Grünen ist der Wunsch vieler Österreicher und Österreicherinnen. Der öffentliche Diskurs zum Thema Nachhaltigkeit und die weltweit immer stärker spürbaren Auswirkungen des Klimawandels schaffen ein steigendes gesellschaftliches Bewusstsein für dieses Spannungsfeld, was sich auch im privaten Einfamilienhausbau bemerkbar macht.

In dieser Arbeit werden 8 gängige Wandaufbauten hinsichtlich ihrer ökonomischen und ökologischen Performance untersucht. Dabei wird mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von rund $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ein praxisnaher Wert angenommen.

Für die Beurteilung der ökonomischen Aspekte der Nachhaltigkeit werden die Lebenszykluskosten auf Basis der Barwertmethode mittels eines Excel-Tools berechnet und die Ergebnisse, unterteilt in Herstell-, Instandhaltungs- und Erneuerungskosten, anhand von Diagrammen und Tabellen ausgewertet.

Eine Ökobilanz dient der Bewertung des ökologischen Aspektes und wird mit dem Tool „eco2soft“ erstellt. Dieses liefert zusätzlich die Kennwerte „Ökoindex3“ sowie „Entsorgungsindex“. Die Wandaufbauten werden hinsichtlich der drei Einzelindikatoren des OI3 (GWP, PERT und AP) sowie dem EI im Detail analysiert. Die Ergebnisse werden dann anhand einer vorgenommenen Gewichtung verglichen.

Aus den Ergebnissen lässt sich ablesen, dass der Wandaufbau „Ziegel mit EPS-F Dämmung“ die ökonomisch günstigste Variante über den gesamten Lebenszyklus darstellt. Hinsichtlich der ökologischen Performance geht die Holzständerwand als Sieger beim Ökoindex3 hervor, während das Ziegelmauerwerk mit Mineralwollefüllung das beste Entsorgungspotential aufweist. Bei einer kombinierten Betrachtung beider Ergebnisse erreicht die Holzständerwand das beste Gesamtergebnis.

Unter Berücksichtigung aller Ergebnisse zeigt sich, dass die Holzständerwand den besten Kompromiss aus ökonomischen und ökologischen Aspekten darstellt.

0	Inhaltsverzeichnis	
1	Einleitung I.....	1
2	Einleitung II.....	2
2.1	Geschichte der Nachhaltigkeit	2
2.2	Zertifizierungssysteme.....	4
2.3	Lebenszykluskosten-Berechnung.....	5
2.3.1	Allgemeines.....	6
2.3.2	ÖNORM B1801	7
2.4	Ökobilanz	12
2.4.1	Grundlagen der Ökobilanz.....	12
2.4.2	Allgemeines.....	14
2.4.3	Phasen der Ökobilanz	15
2.5	Ökoindex3 (OI3)	22
2.5.1	$\Delta OI3_{BS}$	23
2.5.2	$\Delta OI3_{KON}$	24
2.6	Entsorgungsindikator EI.....	26
3	Methodik.....	28
3.1	Kriterium Wärmedurchgangskoeffizient	29
3.2	Kriterium Sommertauglichkeit.....	29
3.3	Kriterium Schallschutz	29
4	Untersuchte Aufbauten	30
4.1	Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm.....	30
4.2	Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle	31
4.3	Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 18cm EPS-F	32
4.4	Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 14cm EPS-F plus.....	33
4.5	Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 20cm Hanf	34
4.6	Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F.....	35
4.7	Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus.....	36
4.8	Holzständerwand, 16cm mit WDVS, 6cm Weichfaser.....	37

5	Ergebnisse	38
5.1	Ökologische Auswirkungen.....	38
5.1.1	Ökoindex3	39
5.1.2	Entsorgungsindex.....	43
5.2	Lebenszykluskosten	44
5.2.1	Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm.....	45
5.2.2	Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle	46
5.2.3	Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 18cm EPS-F	47
5.2.4	Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 14cm EPS-F plus.....	48
5.2.5	Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 20cm Hanf	49
5.2.6	Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F	50
5.2.7	Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus.....	51
5.2.8	Holzständerwand, 16cm mit WDVS, 6cm Weichfaser.....	52
6	Diskussion	53
6.1	Bewertung der ökologische Auswirkungen	53
6.2	Bewertung der ökonomischen Auswirkungen	54
6.3	Bewertung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen.....	55
7	Analyse der gewählten Methoden.....	56
7.1	Auswirkung Zinssatz in der Lebenszykluskostenberechnung.....	56
7.2	Austauschzyklus von Bauteilen	57
7.3	OI3 als Einzahlangabe.....	57
8	Schlussfolgerung	59
9	Literaturverzeichnis.....	61
10	Abbildungsverzeichnis	63
11	Tabellenverzeichnis	65
12	Diagrammverzeichnis	66
13	Anhänge.....	67

1 Einleitung I

Im Rahmen meines Studiums wurde mir bewusst, welche ökologischen und ökonomischen Auswirkungen mit der in Österreich weit verbreiteten Bauweise des frei stehenden Einfamilienhauses einhergehen. Trotzdem ist das Einfamilienhaus am Stadtrand oder im ländlichen Raum der erklärte Wunsch vieler Österreicher und Österreicherinnen.

In meiner Funktion als Bauleiter komme ich laufend mit Kunden und Kundinnen in Kontakt, die sich ebenjenes lange gehegten Lebenstraum erfüllen möchten. In den Beratungsgesprächen erkenne ich allerdings oftmals auch den Wunsch nach einer möglichst ökologisch vertretbaren Ausführung. Es gibt hier, wenngleich eher im Unterbewusstsein beheimatet, durchaus ein Problembewusstsein.

Hier soll dem Kunden oder der Kundin rasch zu einer Entscheidung verholfen werden und zudem sichergestellt sein, dass der dazu notwendige Vorgang möglichst schnell und mit einem vertretbaren Mehraufwand zu bewerkstelligen ist.

Ziel meiner Arbeit ist es jene Aufbauten, nach denen am häufigsten gefragt wird, hinsichtlich ihrer Investitionskosten, Lebenszykluskosten und ökologischen Auswirkung zu untersuchen und zu vergleichen.

Daraus ergibt sich als Forschungsfrage dieser Arbeit, welche Auswirkungen gängige Wandaufbauten auf die ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit im Einfamilienhausbau haben.

2 Einleitung II

Der Begriff „Nachhaltigkeit“ ist in aller Munde und wird mittlerweile für alles (Un)Mögliche verwendet. So gibt es kaum etwas, wo sich dieses Attribut nicht verwenden lässt. Von der nachhaltigen Autobahn hin zum nachhaltigen Abnehmen findet man viele Aspekte dieses Themas wie man in der nachfolgenden Abbildung 1 zu sehen ist.

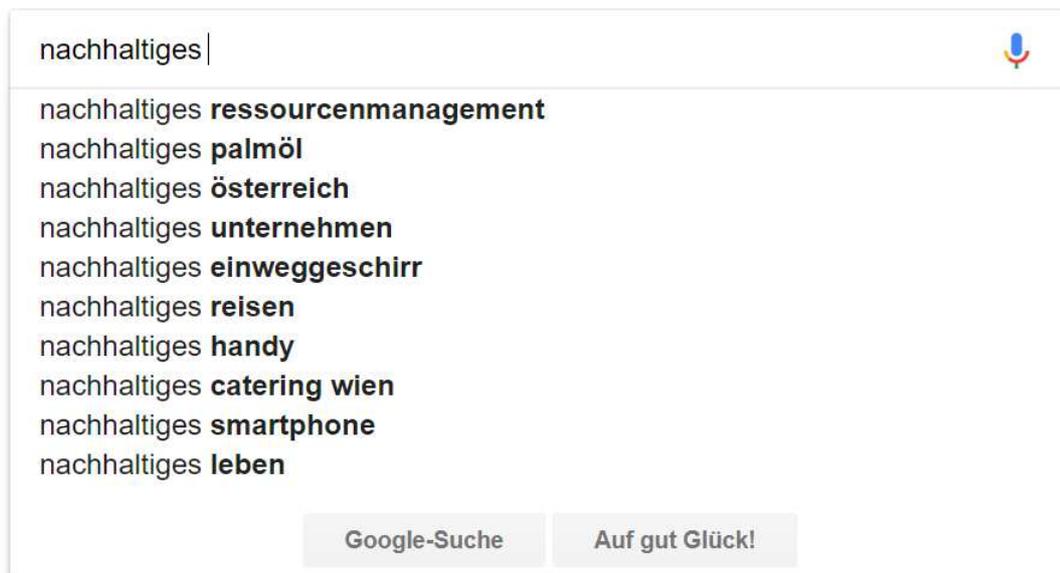


Abbildung 1: Vielfältig nachhaltig (Google 2018)

2.1 Geschichte der Nachhaltigkeit

Historisch gesehen findet man bereits 1144 den ersten Ansatz von Nachhaltigkeit in Form der Forstordnung eines elsässischen Klosters. So sollte nicht mehr Holz geschlagen werden, als jeweils nachwächst. (Wilhelm von Wedekind 1847, 5) Als weiterer Meilenstein wird oftmals Hans Carl von Carlowitz angeführt, der in seinem Werk „Sylvicultura Oeconomica“ 1713 schon feststellte, dass eine kontinuierliche, nachhaltige Nutzung unentbehrlich ist. (Carlowitz 1713, 105ff)

In der jüngeren Vergangenheit ist Dennis Meadows' „Grenzen des Wachstums“ zu erwähnen. In dieser Studie wurde gezeigt, dass das lokale Handeln jedes und jeder Einzelnen und mit globalen Auswirkungen verbunden ist. Seine Schlussfolgerung daraus lautete:

„Unsere gegenwärtige Situation ist so verwickelt und so sehr Ergebnis vielfältiger menschlicher Bestrebungen, dass keine Kombination rein technischer, wirtschaftlicher oder gesetzlicher Maßnahmen eine wesentliche Besserung bewirken

kann. Ganz neue Vorgehensweisen sind erforderlich, um die Menschheit auf Ziele auszurichten, die anstelle weiteren Wachstums auf Gleichgewichtszustände führen. Sie erfordern ein außergewöhnliches Maß von Verständnis, Vorstellungskraft und politischem und moralischem Mut.“ (Meadows 1972, 17)

1987 veröffentlichte die Brundtland Kommission den Report „Unsere gemeinsame Zukunft“, in dem erstmals das Konzept einer nachhaltigen Entwicklung konkretisiert wurde:

„Dauerhafte (nachhaltige) Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“ (Hauff 1987, 51)

Ein heute vielfach verwendetes Sinnbild ist das „Dreieck der Nachhaltigkeit“.

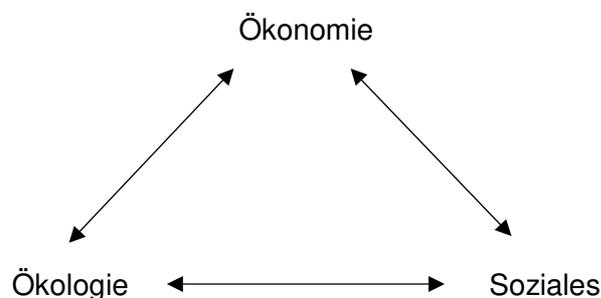


Abbildung 2: Nachhaltigkeitsdreieck (eigene Darstellung)

Es soll zu verstehen geben, dass die drei Säulen der Nachhaltigkeit gleichberechtigt sind und miteinander in Wechselwirkung stehen.

Diese drei Säulen beschreiben:

- **Ökonomische Nachhaltigkeit:** Es sollen die individuellen und gesellschaftlichen Bedürfnisse effizient befriedigt werden. Das Wirtschaftssystem ist so zu gestalten, dass es im Dienst des Gemeinwohles steht, um das Wohlergehen der derzeitigen wie auch zukünftigen Generation zu sichern. (Deutscher Bundestag 1998, 25)
- **Ökologische Nachhaltigkeit:** Es soll nicht mehr an erneuerbaren Ressourcen entnommen werden, als sich regenerieren können. Nicht-erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein gleichwertiger Ersatz an erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird. Die vom Menschen geschaffenen Stoffeinträge sollen das natürliche Abbaupotential der Umwelt nicht übersteigen. (Deutscher Bundestag 1998, 26ff)

- Soziale Nachhaltigkeit: Es soll die Menschenwürde und die freie Entfaltung der Persönlichkeit gewahrt werden, um so den sozialen Frieden zu bewahren. (Deutscher Bundestag 1998, 28)

2.2 Zertifizierungssysteme

Unterstützt von steigenden Energiepreisen und einem wachsenden Problembewusstsein hinsichtlich Ressourcen- und Energieverbrauch wurden beginnend mit 1990 Gebäudezertifizierungssysteme entwickelt. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) aus Großbritannien gilt als Wegbereiter der ersten Generation. Darauf aufbauend wurden auch in anderen Ländern Zertifizierungssysteme geschaffen. Bekannte Vertreter der ersten Generation sind LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) aus den USA und CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) aus Japan.

Ab 2007 gelten das DGNB-Zertifikat (Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen) sowie LEnSE (Label for Environmental, Social and Economic Buildings), das einen europäischen Kriterienkatalog darstellt, als die ersten Vertreter der zweiten Generation von Zertifizierungssystemen.

Ziel dieser Zertifizierungssysteme ist es, anhand von definierten Kriterien und Qualitäten nachhaltige Gebäude zu bewerten und Benchmarks zu schaffen. Die verschiedenen Systeme betrachten weitestgehend die gleichen Bereiche von nachhaltigen Bauten, setzen allerdings unterschiedliche Schwerpunkte. Eine Übersicht einiger der wichtigsten Systeme und ihrer Bewertungsaspekte ist in Abbildung 2 zu sehen.

System (Herkunftsland)	DGNB (Deutschland)	BREEAM (Großbritannien)	LEED (USA)	Green Star (Australien)	CASBEE (Japan)
Seit:	2007	1990	1998	2003	2001
Wichtige Bewertungsaspekte und Versionen	<ul style="list-style-type: none"> - Ökologische Qualität - Ökonomische Qualität - Soziokulturelle Qualität - Technische Qualität - Prozessqualität - Standortqualität <p>Zwecke der DGNB-Zertifizierung: Anwendung auf alle Gebäudetypen (Bürogebäude, Hochhäuser, Einfamilienhäuser, Infrastrukturbauten usw.)</p> <p>DGNB für:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bürogebäude - Bestandsbauten - Handel - Industrie - Portfolios - Schulen 	<ul style="list-style-type: none"> - Management - Gesundheit und Behaglichkeit - Energie - Wasser - Material - Standortökologie - Umweltverschmutzung - Transport - Flächenverbrauch <p>BREEAM für: Gerichtsgebäude, Ökohäuser, Bildung, Industrie, Gesundheitswesen, Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude, Gefängnisse, Handel</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nachhaltige Standorte - Wassereffizienz - Energie & Atmosphäre - Material & Ressourcen - Innenluftqualität - Innovation & Design <p>LEED für: Neubauten, Bestandsbauten, gewerbliche Innenarchitektur, Roh- und Teilausbau, Quartiersentwicklung, Schulen, Handel</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Management - Wohnkomfort - Energie - Transport - Wasser - Material - Flächenverbrauch - Ökologie - Emissionen - Innovation <p>Green Star für:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bürogebäude – Bestandsbauten - Bürogebäude – Innenausstattung - Bürogebäude – Design 	<p>Zertifizierung auf Grundlage des Gebäude-Umwelt-Wirkungsgrads</p> <p>BEE=Q/L</p> <p>Q ... Qualität (Ökologische Qualität des Gebäudes)</p> <p>Q1 - Innenraum Q2 - Betrieb Q3 - Umwelt</p> <p>L ... Loadings (Auswirkungen auf die Umwelt)</p> <p>L1 - Energie L2 - Ressourcen L3 - Material</p> <p>Hauptkriterien:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Energieeffizienz (2) Umgang mit Ressourcen (3) Gebäudeumgebung (4) Innenraum
Zertifizierungsstufen	Bronze Silber Gold	Bestanden Gut Sehr gut Exzellent Herausragend	LEED Zertifiziert LEED Silber LEED Gold LEED Platin	4 Sterne: „Best Practice“ 5 Sterne: „Australian Excellence“ 6 Sterne: „World Leadership“	C (schlecht) B B+ A S (exzellent)

Abbildung 3: Vergleich der verschiedenen Zertifizierungssysteme für Nachhaltige Gebäude (Bauer, Möhle, und Schwarz 2013, 15)

In den nachfolgenden Kapiteln werden mit der Lebenszykluskosten-Berechnung, Ökobilanz, dem Öko- und Entsorgungsindex die aktuellen Methoden der Nachhaltigkeitsbewertung vorgestellt.

2.3 Lebenszykluskosten-Berechnung

Der Begriff Lebenszyklus beschreibt den gesamten Zeitraum von der Planung, über die Herstellung und Nutzung bis zur Entsorgung eines Produktes oder Bauwerkes. Die Lebenszykluskosten-Berechnung betrachtet ausschließlich die ökonomische Säule der Nachhaltigkeit und klammert den ökologischen sowie sozialen Aspekt gänzlich aus.

2.3.1 Allgemeines

Da gerade Bauwerke und Gebäude in der Regel eine sehr lange Nutzungsdauer haben, ist bei der Planung nicht nur die Phase der Errichtung, sondern der gesamte Lebenszyklus in den Blick zu nehmen. Denn oftmals verursacht ein Gebäude rund 80% seiner Lebenszykluskosten während der Bewirtschaftung. (IG Lebenszyklus Bau 2017, 6) Je weiter ein Projekt fortgeschritten ist, desto geringer ist die Möglichkeit einer Beeinflussung der Lebenszykluskosten (siehe Abbildung 4). Das Ziel der Lebenszykluskostenberechnung ist, die über den Lebenszyklus gesehen wirtschaftlich günstigste Variante zu ermitteln. (IG Lebenszyklus Hochbau 2014, 9)

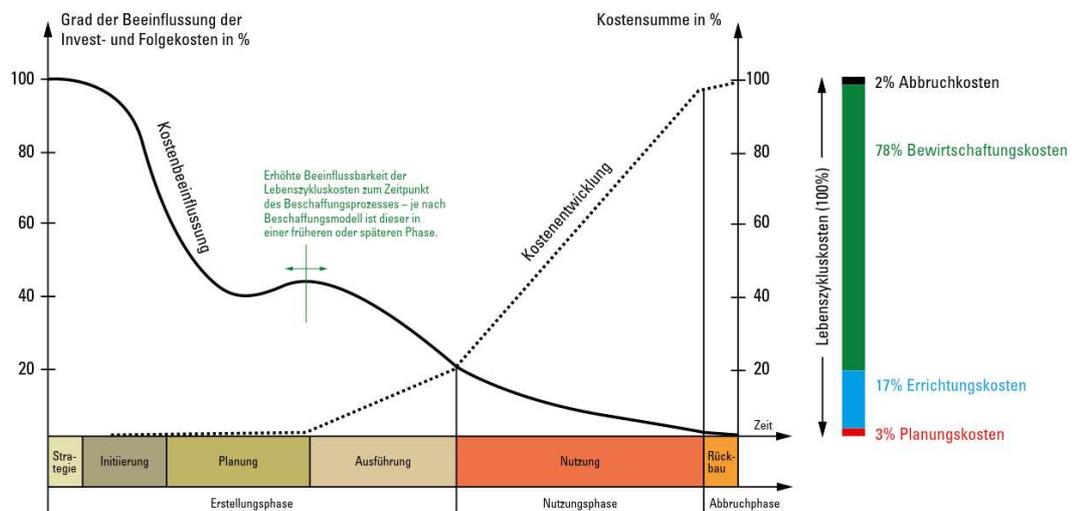


Abbildung 4: Grad der Beeinflussung der Erst- und Folgekosten über den Lebenszyklus von Gebäuden (IG Lebenszyklus Bau 2017, 6)

Die IG Lebenszyklus Hochbau definiert Lebenszykluskosten als jene Kosten, die „während der gesamten Lebensdauer eines Gebäudes vom Konzept bis zum Abriss [entstehen] und [...] die Errichtungs- und Folgekosten inklusive Reparaturen, Sanierung und den Abbruch“ beinhalten. (IG Lebenszyklus Hochbau 2014, 5)

Die Art der Nutzung, jegliche Nutzungsänderungen sowie das Verhalten der Nutzer und Nutzerinnen haben Einfluss auf die Lebenszykluskosten, die von möglichen Erlösen nicht klar abgrenzbar sind. Die Lebenszykluskosten werden meist nicht von einer Person, sondern von mehreren Beteiligten getragen. Der „Zeitrahmen, Umfang und [die] Struktur sind normativ festzulegen.“ (IG Lebenszyklus Hochbau 2014, 5)

Allerdings gibt es keine einheitliche Berechnungsmethode und darum findet sich in der Praxis eine Vielzahl von unterschiedlichen Rechenmodellen. Dieser Umstand ist nicht zuletzt der Komplexität von Hochbauten geschuldet. Die unterschiedlichen

Zertifizierungssysteme wie ÖGNI, DGNB und andere stellen für ihre Systeme standardisierte Tools zur Verfügung. Dabei handelt es sich zumeist um Excel-Tabellen. Einen weiteren Ansatz bieten die ÖNORM B1801-1.

2.3.2 ÖNORM B1801

Während in der ÖNORM B 1801-1 die Errichtungskosten in ihrer Baugliederung klar strukturiert sind, behandelt die ÖNORM B 1801-2 eine Standardisierung der Folgekosten. Wie sich die einzelnen Kostengruppen gliedern, ist in Abbildung 5 dargestellt. Die ÖNORM B 1801-2 legt fest, dass sich die Lebenszykluskosten aus der Summe der Barwerte der Objekt-Errichtungskosten und der Objekt-Folgekosten ermittelt. (IG Lebenszyklus Hochbau 2014, 5) Die ÖNORM B 1801-4 legt drei Berechnungsmethoden fest.

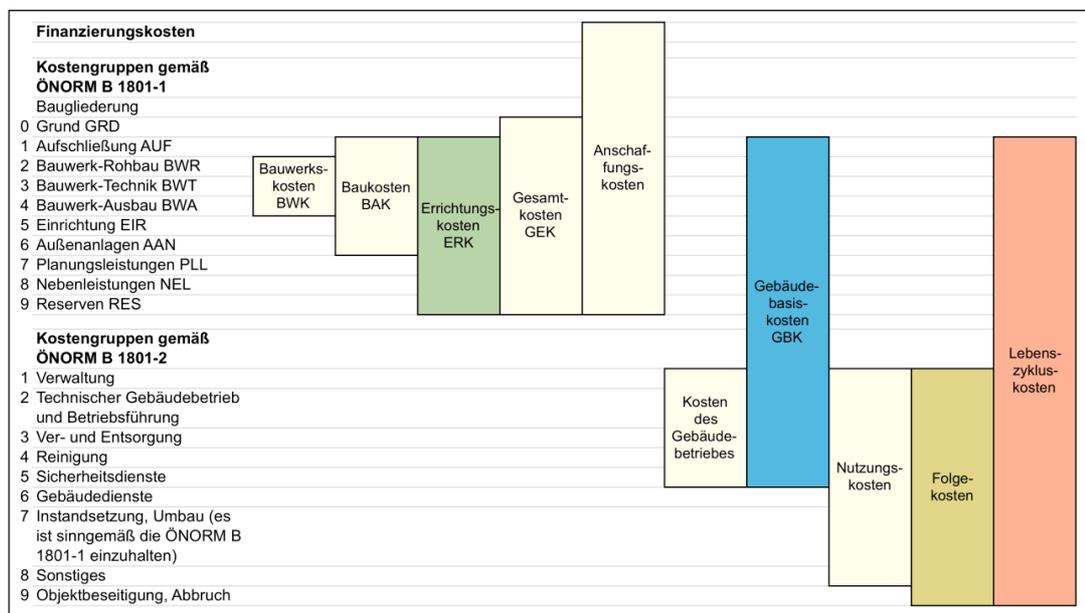


Abbildung 5: Zusammenhang von Gesamtkosten der Errichtung und Folgekosten („ÖNORM B 1801-2“ 2011, 6)

Die ÖNORM B 1801-1 „Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objektterrichtung“ liegt in der aktuellen Version seit Dezember 2015 vor. Sie schafft eine standardisierte Basis, um eine durchgängige Bereitstellung von Informationen und Daten während aller Phasen eines Projektes sicherzustellen. („ÖNORM B 1801-1“ 2015, 3)

Ein Planungssystem gliedert, wie in Abbildung 6 ersichtlich, den Projektablauf in verschiedene Projektphasen und unterteilt ihn in die entsprechenden Handlungsbereiche. Dabei vereint der Handlungsbereich Qualität die Aspekte

Qualität und Quantität, der Handlungsbereich Kosten die Aspekte Kosten und Finanzierung und schließlich der Handlungsbereich Termine die Aspekte Termine und Ressourcen. („ÖNORM B 1801-1“ 2015, 3)

Handlungsbereich		Projektphase					
		Entwicklungsphase	Vorbereitungsphase	Vorentwurfsphase	Entwurfsphase	Ausführungsphase	Abschlussphase
Qualität	Qualität	Qualitätsziel	Qualitätsrahmen	Vorentwurfsbeschreibung	Entwurfsbeschreibung	Ausführungsbeschreibung	Qualitätsdokumentation
	Quantität	Quantitätsziel	Raumprogramm	Vorentwurfsplanung	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Planungsdokumentation
Kosten	Kosten	Kostenziel	Kostenrahmen	Kosten-schätzung	Kosten-berechnung	Kosten-anschlag	Kosten-feststellung
	Finanzierung	Finanzierungsziel	Finanzierungsrahmen	Finanzierungsplan			
Termine	Termine	Terminziel	Terminrahmen	Grobterminplan	Genereller Ablaufplan	Ausführungs-terminplan	Termin-feststellung
	Ressourcen	Ressourcenziel	Ressourcenrahmen	Ressourcenplan			

Gliederung	
Baugliederung	1. Ebene
	2. Ebene
	3. Ebene
	Elementtyp
Leistungsgliederung	Leistungsposition

Abbildung 6: Planungssystem („ÖNORM B 1801-1“ 2015, 6)

Die Kosten sollen möglichst getrennt und unterschiedlichen Gruppen eindeutig zugeordnet werden. Die einzelnen Gruppen sind in Abbildung 7 dargestellt.

Baugliederung	Abk.	Bauwerkskosten BWK	Baukosten BAK	Errichtungskosten ERK	Gesamtkosten GEK
0 Grund	GRD				
1 Aufschließung	AUF				
2 Bauwerk-Rohbau	BWR	100 %			
3 Bauwerk-Technik	BWT				
4 Bauwerk-Ausbau	BWA				
5 Einrichtung	EIR				
6 Außenanlagen	AAN				
7 Planungsleistungen	PLL				
8 Projektnebenleistungen	PNL				
9 Reserven	RES				

Abbildung 7: Kostengruppierung („ÖNORM B 1801-1“ 2015, 11)

Die ÖNORM B 1801-2 „Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 2: Objekt-Folgekosten“ liegt in der aktuellen Version seit April 2011 vor. Sie bildet die Grundlage

für die Prognose und die Kostenerfassung der Objektnutzungskosten während des gesamten Lebenszyklus. („ÖNORM B 1801-2“ 2011, 3)

Kosten treten immer in Abhängigkeit der entsprechenden Beteiligten auf. So können zum Beispiel laufende Betriebskosten den Nutzer oder die Nutzerin treffen, während für Reparaturkosten der Eigentümer oder die Eigentümerin verantwortlich ist. Diese Kosten stehen häufig auch mit zu erwartenden Erlösen (zum Beispiel Mieterträgen) in Verbindung und sind von diesen sinnvoll abzugrenzen. Die Zuordnung der Kosten an Beteiligte hängt auch von den jeweiligen Verträgen und Gesetzen ab und ist nicht Gegenstand dieser Norm. („ÖNORM B 1801-2“ 2011, 4)

Teil 2 der ÖNORM B1801 strukturiert die Lebenszykluskosten wie in Abbildung 8 dargestellt und setzt sich aus den Errichtungskosten, wie in der ÖNORM B 1801-1 beschrieben, und den Folgekosten zusammen. („ÖNORM B 1801-2“ 2011, 5)

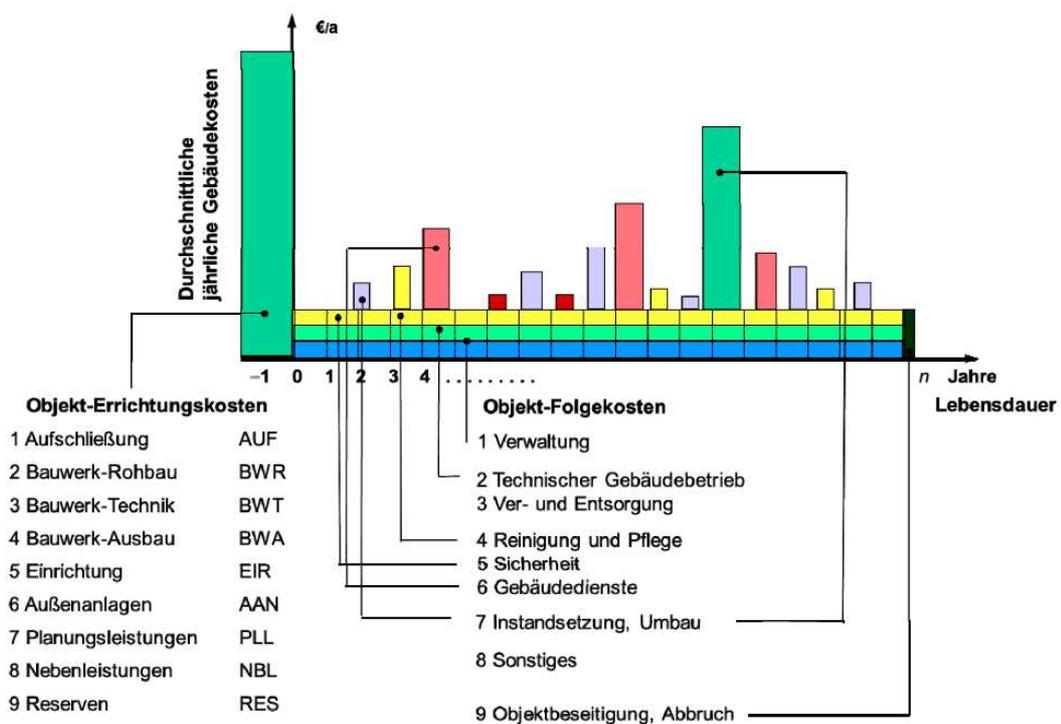


Abbildung 8: Gesamtkosten der Errichtung und Folgekosten („ÖNORM B 1801-2“ 2011, 5)

Die ÖNORM B 1801-4 „Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten“ liegt in der aktuellen Version seit April 2014 vor. Sie unterstützt die Lebenszykluskosten-Berechnung in sämtlichen Phasen des Lebenszyklus und

definiert unter anderem Standardwerte für die Nutzungs- und Lebensdauer von Objekten und Bauteilen, für Betrachtungszeiträume sowie für die dynamische Kostenbetrachtung inklusive Preissteigerungen und dem kalkulatorischer Zinssatz für die Barwertberechnung („ÖNORM B 1801-4“ 2014, 10ff).

Sie liefert außerdem Empfehlungen für Rechenverfahren und die Annahme von Parametern für die Lebenszykluskosten-Berechnung.

Mit diesen Berechnungen soll eine Abschätzung der langfristigen Leistbarkeit und Kostenvorschau sowie ein Vergleich der Lebenszykluskosten unterschiedlicher Möglichkeiten und die Ermittlung der optimalen Variante erreicht werden. Außerdem die Analyse unterschiedlicher Parameter und Ermittlung der Kostentreiber sowie der Kostenvergleich unterschiedlicher Objekte und Bauteile („ÖNORM B 1801-4“ 2014, 3ff).

Die Norm beschreibt drei Methoden der Lebenszykluskosten-Berechnung, die im Folgenden dargestellt werden.

- Lebenszykluskosten als Akkumulation der nominalen Kosten

„Die Lebenszykluskosten werden in den Kostengruppen getrennt über den betrachteten Lebenszyklus summiert. Dabei sind bei den zukünftigen Kosten Preissteigerungen zu berücksichtigen.“ („ÖNORM B 1801-4“ 2014, 7)

- Barwertmethode (Discounted Cash Flow Method)

Bei dieser häufig verwendeten Berechnungsmethode „wird ein Referenzzeitpunkt definiert, bei Neubauten ist dies der Zeitpunkt der Übergabe/Übernahme des Objektes. Vor dem Referenzzeitpunkt anfallende Kosten werden nicht aufgezinst. Der Barwert ist der auf einen Referenzzeitpunkt bezogene abgezinste Wert zukünftiger Zahlungen“ („ÖNORM B 1801-4“ 2014, 7) und ist in Abbildung 9 graphisch dargestellt.

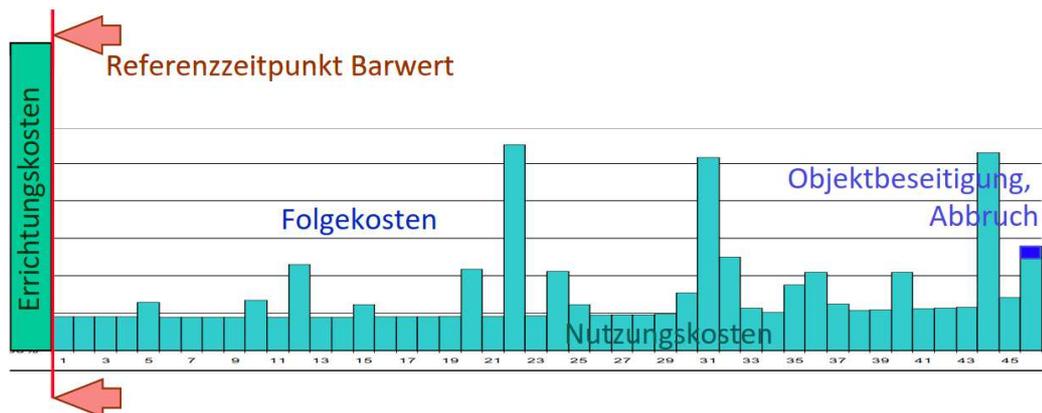


Abbildung 9: Lebenszykluskosten als Kapitalfluss (Cash Flow) („ÖNORM B 1801-4“ 2014, 7)

- Lebenszykluskosten mit Abschreibung und Finanzierung

„Alternativ zur Berücksichtigung der Kosten zum Zeitpunkt deren Anfalls [...] können diese auch aktiviert und als Abschreibung berücksichtigt werden. Eine Lebenszykluskosten-Berechnung mit Betrachtung der Abschreibung und der Kapitalkosten [...] ermöglicht einem Eigennutzer [oder einer Eigennutzerin] die Errechnung zukünftiger Kosten aus Sicht der Erfolgsrechnung. Dabei sind die Folgekosten mit den prognostizierten Preissteigerungen anzusetzen.“

Diese gegenständliche Betrachtung kennt keine Errichtungskosten, sondern lediglich die jährlichen Abschreibungen über den gewählten Abschreibungszeitraum. Zusätzlich sind die Kapitalkosten (Finanzierungskosten und Zinsen) anzusetzen“ („ÖNORM B 1801-4“ 2014, 7ff) wie in Abbildung 10 graphisch dargestellt ist.

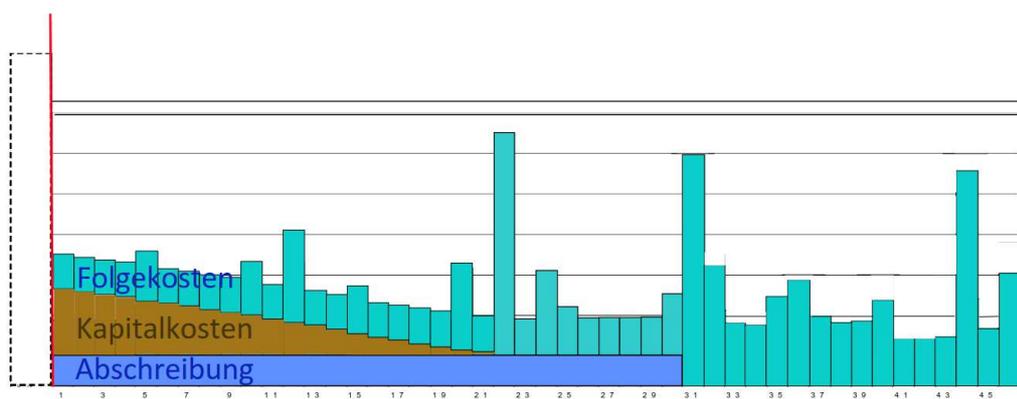


Abbildung 10: Lebenszykluskosten mit Abschreibung und Finanzierung („ÖNORM B 1801-4“ 2014, 8)

2.4 Ökobilanz

Der Begriff „Ökobilanz bezieht sich auf die Umweltaspekte und potentiellen Umweltwirkungen (z. B. Nutzung von Ressourcen und die Umweltauswirkungen von Emissionen) im Verlauf des Lebensweges eines Produktes von der Rohstoffgewinnung über Produktion, Anwendung, Abfallbehandlung, Recycling bis zur endgültigen Beseitigung (d. h. „von der Wiege bis zur Bahre“).“ („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 4)

Die Ökobilanz (Life Cycle Assessment - LCA) konzentriert sich primär auf Umweltwirkungen und klammert bewusst die ökonomische wie auch soziale Säule der Nachhaltigkeit aus. Der Hintergedanke dieser Abgrenzung war, die Methode nicht zu komplex werden zu lassen. Allerdings können und sollen bei der Entwicklung nachhaltiger Baustoffe diese beiden Faktoren berücksichtigt werden. (Klöpffer und Grahl 2009, 2)

2.4.1 Grundlagen der Ökobilanz

Die ÖNORM EN ISO 14040 „Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen“ sowie ÖNORM EN ISO 14044 „Umweltmanagement – Ökobilanz“ stellen die Grundlagen für Ökobilanzen dar.

Die ÖNORM EN ISO 14040 wurde im Juni 2006 vom europäischen Komitee für Normung (CEN) angenommen und liegt in der aktuellen Version seit November 2009 vor. Um dem zunehmenden gesellschaftlichen Bewusstsein für Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen Rechnung zu tragen, wurde neben anderen Methoden die Ökobilanz entwickelt. Sie kann beim Verbessern der Umwelteigenschaften eines Produktes als Hilfe herangezogen werden, zur Information von Entscheidungsträgern und Entscheidungsträgerinnen dienen, bei der Auswahl und Messung von Indikatoren der Umwelteigenschaften sowie bei der Vermarktung des Produktes unterstützen. („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 4)

Die ÖNORM EN ISO 14044 wurde im Juni 2006 vom europäischen Komitee für Normung angenommen und liegt in der aktuellen Version seit Oktober 2006 vor. Während die EN ISO 14040 die Grundsätze und Rahmenbedingungen für die Erstellung einer Ökobilanz erörtert, liefert die EN ISO 14044 Anleitungen für deren Erstellung. („ÖNORM EN ISO 14044“ 2006, 7)

Die ÖNORM EN 15978 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode“ wurde im August 2011 vom europäischen Komitee für Normung angenommen und liegt in der aktuellen Version seit Oktober 2012 vor. Ziel dieser Norm ist es, bei neu zu errichtenden oder bereits bestehenden Gebäuden Berechnungsregeln für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität zu definieren. Hierbei wird lediglich die ökologische Komponente der Nachhaltigkeit untersucht, die sozialen und ökonomischen Aspekte werden nicht näher betrachtet. Die Norm soll bei der Entscheidungsfindung und der Dokumentation der Bewertung helfen.

In der nachfolgenden Abbildung 11 ist die Bewertung der umweltbezogenen Qualität im Rahmen dieser Norm dargestellt. („ÖNORM EN 15978“ 2012, 5)

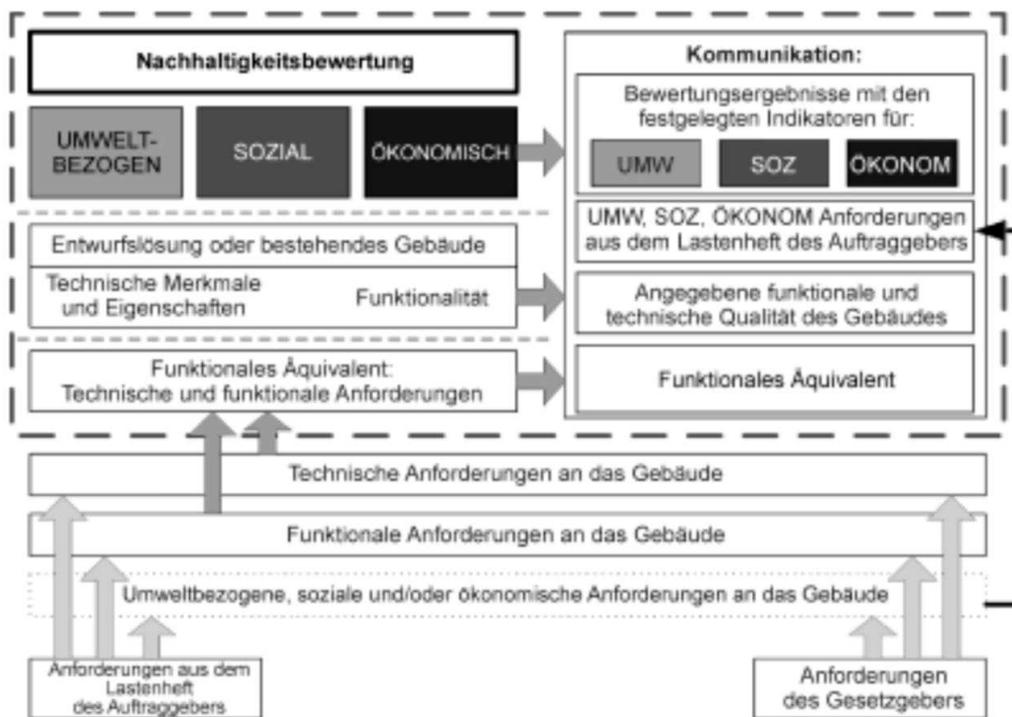


Abbildung 11: „Konzeption der Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden“ („ÖNORM EN 15978“ 2012, 5)

2.4.2 Allgemeines

Der gesamte Lebensweg eines Produktes oder Baustoffes lässt sich anhand eines Prozessdiagrammes (siehe Abbildung 12) als Abfolge von Lebenszyklusphasen (cradle-to-grave) darstellen.

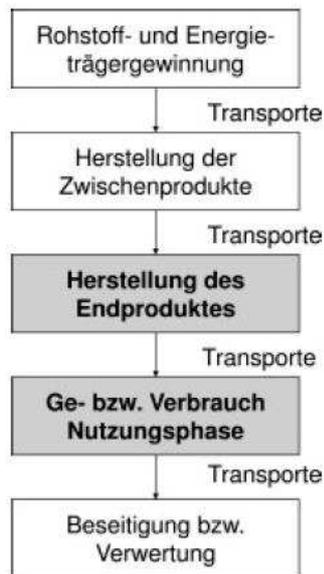


Abbildung 12: Stark vereinfachter Lebensweg eines Produktes (Klöpffer und Grahl 2009, 3)

Diese Phasen werden in einzelne Prozessmodule (siehe Abbildung 16) aufgegliedert und ermöglichen somit eine detaillierte und nachvollziehbare Übersicht. Allerdings entstehen dadurch schon bei einfach scheinenden Produkten sehr komplexe „Produktbäume“ (siehe Abbildung 14).

Ein wesentlicher Begriff in der LCA ist jener der „funktionellen Einheit“. Er definiert den vergleichbaren Nutzen unterschiedlicher Produktsysteme, wodurch ihre Qualitätsmerkmale erst quantifizierbar werden. („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 14)

Der Begriff der funktionellen Einheit lässt sich zum Beispiel anhand von zwei Kühlschränken erklären. Wie bei Elektrogeräten oftmals üblich, wird die Energieeffizienz des Gerätes zum Beispiel mit A++ oder B beworben. Nach dieser Definition ist der Kühlschrank mit A++ der klar bessere, da energieeffizientere Kühlschrank. Allerdings wäre es auch möglich, das zur Kühlung zur Verfügung stehende Volumen als funktionelle Einheit und damit als Qualitätsmerkmal heranzuziehen. Anhand des Kühlvolumens kann ein passendes Gerät ausgewählt und andere Faktoren wie zum Beispiel Stromverbrauch oder Anschaffungskosten darauf bezogen werden.

2.4.3 Phasen der Ökobilanz

Grundsätzlich besteht die Ökobilanz nach ISO EN 14040 aus vier Phasen. Einerseits die Festlegung des Zieles und des Untersuchungsrahmens, andererseits die Sachbilanz und drittens die Wirkungsabschätzung. Die vierte Phase der Ökobilanz beschreibt die Auswertung, welche in Wechselwirkung mit jeder der drei anderen Phasen steht (siehe Abbildung 13).

Außerhalb der Rahmens der genormten Arbeitsschritte der Ökobilanz liegen die direkten Anwendungen, weil „sich neben den zum Zeitpunkt der Normentstehung bereits absehbaren Anwendungen in der Praxis weitere Möglichkeiten entwickelt haben, die unter „sonstige Anwendungen“ subsumiert sind.“ (Klöpffer und Grahl 2009, 14)

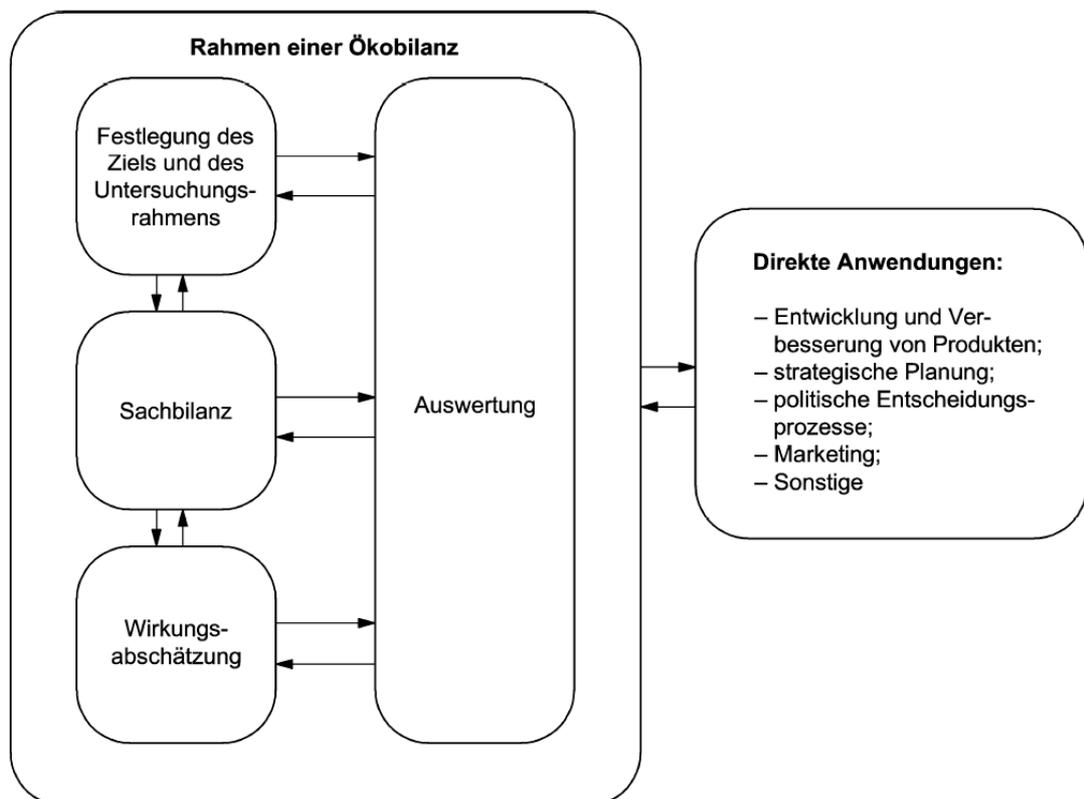


Abbildung 13: Phasen einer Ökobilanz („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 13)

1. Festlegung des Zieles und des Untersuchungsrahmens

In der ersten Phase wird das Ziel einer Ökobilanz vom Auftraggeber festgelegt und definiert. Dabei sind folgende Aspekte relevant:

- Welche Anwendung wird untersucht?
- Warum wird die Untersuchung durchgeführt?
- An wen richten sich die Erkenntnisse der Studie?
- Werden die Ergebnisse in Veröffentlichungen vergleichend verwendet? („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 17)

Der Untersuchungsrahmen sollte ausreichend genau definiert sein, damit Umfang und Einzelheiten der Studie frei von Widersprüchen und für das Ziel ausreichend sind.

Das Produktsystem muss eindeutig beschrieben sein. Dazu eignet sich ein Systemfließbild wie in Abbildung 14 dargestellt.

Hier werden die einzelnen Prozesse und deren Wechselwirkungen untereinander in einem Produktbaum dargestellt. Dabei ist auch eine Systemgrenze zu wählen, welche die zu berücksichtigenden Prozesse definiert. (Klöpffer und Grahl 2009, 27ff)

Die technische Systemgrenze wird durch Abschneidekriterien, die „die allgemeinen Schlussfolgerungen der Studie nicht wesentlich verändern“ („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 18) festgelegt. Darüber hinaus ist noch eine geographische und zeitliche Grenze zu ziehen.

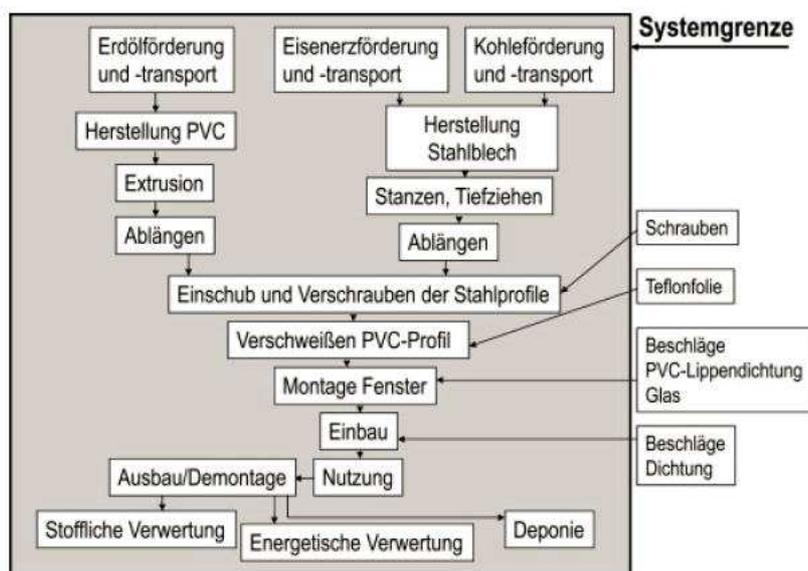


Abbildung 14: Vereinfachte Darstellung des Produktsystems PVC-Fenster (Klöpffer und Grahl 2009, 29)

2. Sachbilanz

In der zweiten Phase, der Erstellung einer Sachbilanz, werden sämtliche relevanten, also innerhalb der gewählten Systemgrenze befindlichen, In- und Outputs erfasst und quantifiziert (siehe Abbildung 16). Dieser Vorgang ist iterativ. Wenn während der Datensammlung und Untersuchung erkannt wird, dass eine Änderung der Verfahren zur Datenerhebung notwendig ist um die Ziele der Studie erfüllen zu können, wird diese Veränderung vorgenommen. (ISO 14040, S19)

Systemrelevante Daten werden den Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declaration - EPD) entnommen, welche in der ÖNORM EN ISO 15804 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“ geregelt sind. Diese Norm wurde im November 2011 vom europäischen Komitee für Normung angenommen und liegt in der aktuellen Version seit April 2014 vor. Ziel dieser europäischen Norm ist es, Grundregeln für Bauprodukte und –leistungen zu liefern. Dadurch soll sichergestellt werden, dass alle Umweltproduktdeklarationen (EPD) einheitlich abgeleitet, verifiziert und dargestellt werden. („ÖNORM EN 15804“ 2014, 5)

„Eine EPD kommuniziert verifizierbare, genaue, nicht irreführende Umweltinformationen für Produkte und ihre Anwendungen. Sie unterstützt damit wissenschaftlich fundierte, faire Entscheidungen und schafft einen Anreiz für eine kontinuierliche Verbesserung der Umweltqualität unter Nutzung der Mechanismen des Marktes. (...) Die EPD-Informationen werden in Informationsmodulen ausgedrückt, die eine einfache Organisation und Darstellung von Datenpaketen über den Lebenszyklus eines Produktes zulassen. Dieser Ansatz setzt voraus, dass die unterlegten Daten konsistent, reproduzierbar und vergleichbar sind. Die EPD wird so dargestellt, dass eine Aggregation (Addition) der Daten möglich wird, um vollständige Informationen für Gebäude zu liefern. Die Norm behandelt weder die Durchführung einer Aggregation auf Gebäudeebene, noch beschreibt sie die Regeln für die Anwendung der EPD in einer Beschreibung und Beurteilung der Umweltqualität von Gebäuden. Die Norm behandelt eine begrenzte Anzahl von quantifizierbaren vorgegebenen Parametern. Zukünftige Revisionen können zusätzliche vorgegebene Parameter einbeziehen.“ („ÖNORM EN 15804“ 2014, 5)

3. Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung (Life Cycle Impact Assessment - LCIA) ist die dritte Phase der Ökobilanz und soll zusätzliche Informationen bereitstellen, um die Umweltauswirkungen besser zu verstehen. Die im Zuge der Sachbilanz erhobenen In- und Outputs geben Auskunft über die Umwelteinflüsse des untersuchten Produktsystems. Ziel der Wirkungsabschätzung ist es nun, diese Umwelteinflüsse mit Indikatoren zu verknüpfen, um dadurch Rückschlüsse über die potentiellen Umweltauswirkungen zu bekommen. (Klöpffer und Grahl 2009, 195ff)

Allerdings befasst sich die Wirkungsabschätzung nur mit jenen Umweltthemen, die bei der Festlegung des Zieles und des Untersuchungsrahmens (Phase 1) bestimmt wurden. Die Wirkungsabschätzung ist darum keine vollständige Einschätzung aller Umweltaspekte des untersuchten Produktsystems. („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 21) Daraus können sich subjektive Sachverhalte ergeben und deshalb ist sicherzustellen, dass die getroffenen Annahmen eindeutig beschrieben und dargestellt werden, um Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 20)

Die Struktur der Wirkungsabschätzung nach ISO 14040 und 14044 sieht verbindliche und optionale Bestandteile vor, wie in Abbildung 17 dargestellt.

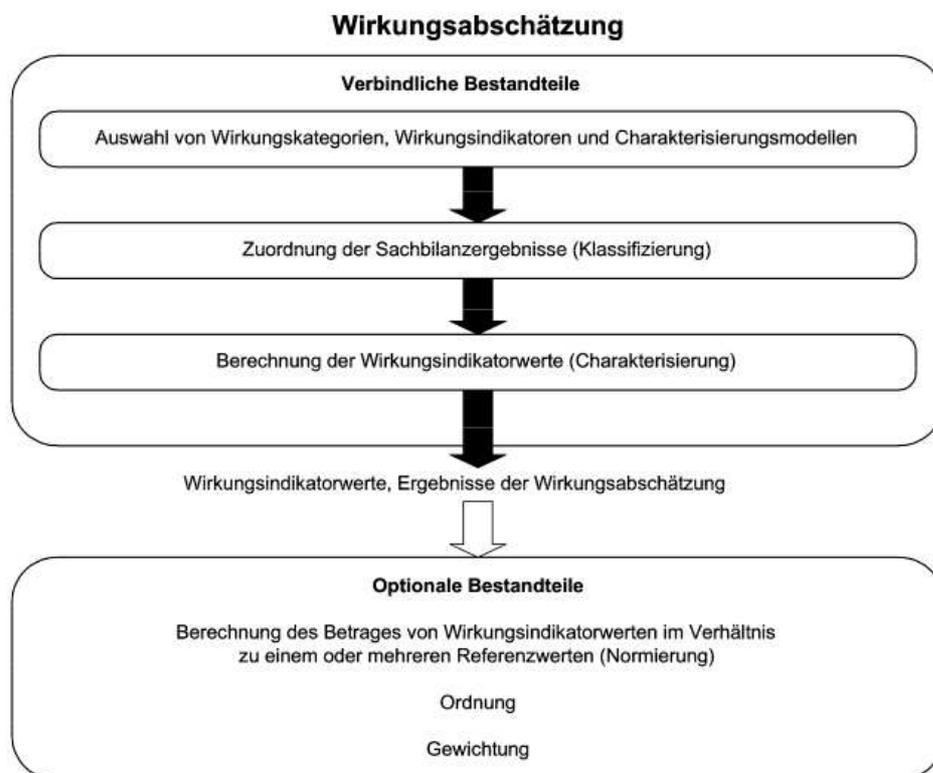


Abbildung 17: Bestandteile der Wirkungsabschätzphase („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 21)

Verbindliche Bestandteile der Wirkungsabschätzung sind einerseits die Auswahl der Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodellen, andererseits die Zuordnung der Sachbilanzergebnisse (Klassifizierung) sowie die Berechnung der Wirkungsindikatorwerte (Charakterisierung).

Daraus ergeben sich die Wirkungsindikatorwerte. Die EN ISO 14044 gibt allerdings nicht vor, welche Wirkungskategorien beachtet werden müssen. Somit obliegt die Auswahl dem Ersteller der Ökobilanz. (vgl. Klöpffer und Grahl 2009, 203).

Optional sind Ordnung, Gewichtung (Aggregation) und die Berechnung des Betrages von Wirkungsindikatorwerten im Verhältnis zu einem oder mehreren Referenzwerten (Normierung). Das Ergebnis einer Wirkungsabschätzung mit optionalen Bestandteilen sind gewichtete Daten, die sich allerdings nur bedingt naturwissenschaftlich begründen lassen. (vgl. Klöpffer und Grahl 2009, 202)

Ein Indikator beschreibt nur einen einzelnen Teil der Umweltaspekte des untersuchten Produktsystems. Fasst man mehrere Indikatoren zusammen, ohne eine gemeinsame Kennzahl zu bilden, nennt man dies Ökopprofil. Da die einzelnen Informationen der gewählten Indikatoren ersichtlich bleiben, ist die Bewertung weiterhin transparent und prüfbar. Bei dieser Methode spricht man auch von Teilaggregation. (Passer 2009, 98)

Im Gegensatz dazu steht die sogenannte Vollaggregation. Fasst man mehrere Indikatoren zusammen und bildet daraus einen Gesamtwert (Index), nennt man das Ökoindex. Dazu müssen die Sach- und Wirkbilanzergebnisse auf die gleiche Einheit gebracht werden. „Die absolute Größe eines Index erleichtert politische und technische Entscheidungen, weil eine Vergleichbarkeit von Varianten möglich ist.“ (Passer 2009, 98) Allerdings geht dabei die Transparenz aufgrund der Gewichtung nach subjektiven Kriterien verloren. Dies ist problematisch, weil

„die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt (anthropogene Umweltwirkungen) zu komplex sind, so dass die Zusammenhänge derzeit noch nicht umfassend durch messbare Größen dargestellt werden können. Man muss sich aufgrund der großen Datenmengen, die erforderlich wären, und der zum Teil noch nicht ausreichend erforschten Grundlagen auf wenige aussagekräftige und repräsentative Kennwerte beschränken. Die Auswahl solcher Kennwerte ist subjektiv beeinflusst und wird von unterschiedlichen Werthaltungen geprägt. Dabei spielen moralische, aber auch politische und wirtschaftliche Werte eine Rolle.“ (Passer 2009, 98)

4. Auswertung

In der vierten und abschließenden Phase der Ökobilanz erfolgt die Auswertung. Es soll hier nochmals zu einer kritischen Reflektion der getroffenen Randbedingungen und der Nachvollziehbarkeit aller Schlussfolgerungen kommen.

Die ÖNORM EN ISO 14044 sieht bei der Auswertung drei Schritte vor. Erstens die Identifizierung der signifikanten Parameter auf der Grundlage der Phasen Sachbilanz und Wirkungsabschätzung, zweitens ihre Beurteilung und drittens Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen.

Abbildung 18 verdeutlicht die Beziehungen nochmals und hebt auch den iterativen Charakter der Ökobilanz hervor. Diesem ist geschuldet, dass die Auswertung einer Ökobilanz einige Erfahrung erfordert. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, findet sich im Anhang B „Beispiele für die Auswertung“ der ÖNORM EN ISO 14044 eine Hilfestellung. (Klöpffer und Grahl 2009, 358)

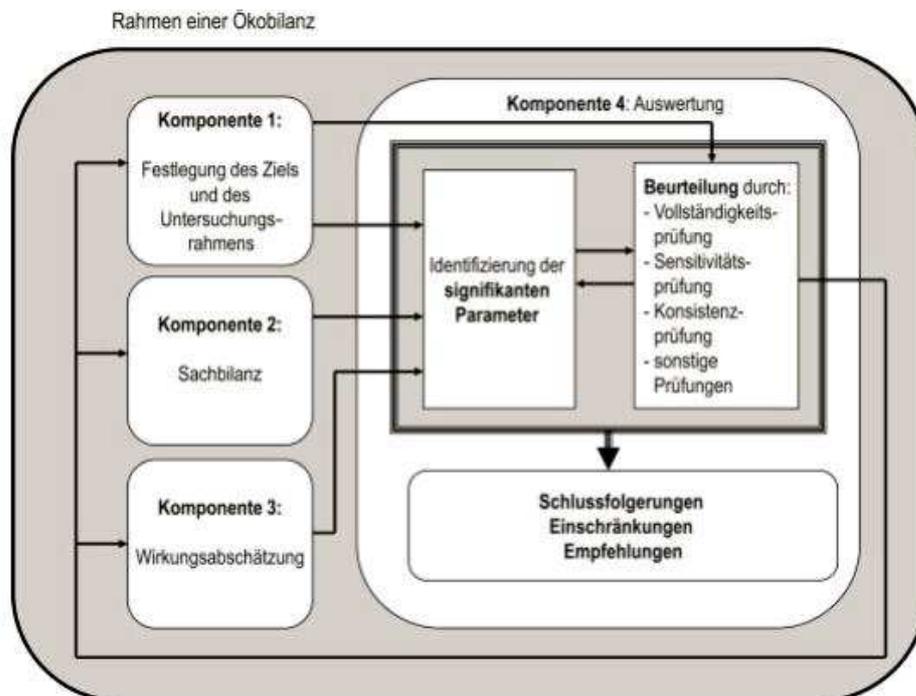


Abbildung 18: Beziehung zwischen den Bestandteilen in der Komponente Auswertung und anderen Komponenten einer Ökobilanz (nach ISO 14044) (Klöpffer und Grahl 2009, 358)

2.5 Ökoindex3 (OI3)

Der OI3 betrachtet ausschließlich die ökologische Säule der Nachhaltigkeit und klammert den ökonomischen sowie sozialen Aspekt gänzlich aus. Es handelt sich um eine vereinfachte quantitative Bewertungsmethode. Das österreichische Institut für Baubiologie und –ökologie (IBO) traf aus über 25 Indikatoren eine Auswahl der drei vermeintlich wichtigsten Beurteilungskriterien und die ermittelten Umweltwirkungen beschreiben jene des Verbrauches von nicht erneuerbarer Energie, des Treibhaus- sowie Versauerungspotentiales.

Auf Basis der Ökokennzahlen für Treibhaus- und Versauerungspotenzial sowie dem Bedarf an nicht-erneuerbarer Primärenergie werden Baustoffe und Konstruktionen mit einer dimensionslosen Kennzahl (Einzahlangabe) bewertet.

Unter dem Treibhauseffekt versteht man in der Wirkungsabschätzung den zusätzlich durch den Menschen verursachten Treibhauseffekt. Hierbei werden Gase in der Atmosphäre freigesetzt, die die von der Erdoberfläche als Infrarotstrahlung reflektierte Sonneneinstrahlung absorbieren und zu einer Erwärmung der Atmosphäre beitragen. (Klöpffer und Grahl 2009, 252ff)

Das Versauerungspotential beschreibt die Wechselwirkung von Luftschadstoffen wie zum Beispiel Schwefeldioxid oder Stickoxide mit anderen Bestandteilen der Luft. Dadurch kommt es zu einer chemischen Reaktion in der Schwefel- bzw. Salpetersäure entsteht und die Umwelt zum Beispiel durch „sauren Regen“ schädigen kann. (Klöpffer und Grahl 2009, 273ff)

Die Vollaggregation dieser drei Indikatoren ergibt den sogenannten Ökoindex3. Mit steigender Punktezahle nehmen auch die Umweltauswirkungen zu. (Lipp und Stanek 2012, 2ff)

Um den Einfluss eines Gebäudes auf die Umwelt bewerten zu können, müssten alle Bestandteile aller Konstruktionen erfasst und bewertet werden. Der dafür notwendige Aufwand verringert sich durch das flexible Bilanzgrenzen-Konzept des OI3. In Abhängigkeit von der gewählten Bilanzgrenze sind unterschiedliche Bauteile zu berücksichtigen. Des Weiteren gibt die Bilanzgrenze vor, ob Nutzungsdauern anzuwenden sind. In Abbildung 19 werden zum Beispiel für die Bilanzgrenzen BG0 und BG1 keine Nutzungsdauern berücksichtigt, bei der Bilanzgrenze BG2 kann für die einzelnen Bauteilschichten eine Nutzungsdauer gewählt werden und ab Bilanzgrenze BG3 müssen Nutzungsdauern angegeben werden.

Dadurch wird nicht nur die Ersterrichtung bewertet, sondern auch die erforderlichen Sanierungs- und Instandsetzungszyklen. Der Betrachtungszeitraum wird gemäß ÖNORM EN 15804 mit 100 Jahren gewählt. (Lipp, Florit, und Dornigg 2016, 5)

	Ersterrichtung		Ersterrichtung + Instandhaltungszyklen				
	BG0	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6
Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle (TGH vereinfacht), Zwischendecken	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle (TGH vollständig), inkl. Dacheindeckungen, Feuchtigkeitsabdichtungen, hinterlüftete Fassaden, Zwischendecken		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Trennwände (nur bauphysikalisch relevante Trennbauteile)			✓	✓	✓	✓	✓
Innenwände (gesamt), Keller, unbeheizte Pufferräume (Baukörper komplett), innenliegende Stiegenhäuser, Verkehrsflächen				✓	✓	✓	✓
Offene Erschließungszonen (offene Stiegenhäuser, Laubengänge, Loggien)					✓	✓	✓
Haustechnik						✓	✓
Außenanlagen, Nebengebäude							✓

Abbildung 19: Bilanzgrenzen-Konzept (Lipp, Florit, und Dornigg 2016, 5)

Für den OI3 sind folgende Basisindikatoren definiert:

- $\Delta OI3_{BS}$ als Öko-Indikator einer Baustoffschicht
- $\Delta OI3_{KON}$ als Öko-Indikator eines Quadratmeters einer Konstruktion
- Öko-Indikator OI3 für Gebäude (Lipp, Florit, und Dornigg 2016, 3)

Die Indikatoren $\Delta OI3_{BS}$ und $\Delta OI3_{KON}$ werden im Folgenden weiter ausgeführt. Der Öko-Indikator OI3 für Gebäude ist für die vorliegende Arbeit nicht relevant, weil er sich auf gesamte Gebäude bezieht.

2.5.1 $\Delta OI3_{BS}$

Ein Bauteil besteht aus einer oder mehreren Baustoffschichten. Der Indikator gibt an, um wie viele OI3-Punkte diese Baustoffschicht den $\Delta OI3_{KON}$ Wert der Konstruktion verändert. Wenn man eine Bauteilschicht aus der Konstruktion löscht, so verringert sich das $\Delta OI3_{KON}$ der Konstruktion um die $\Delta OI3_{BS}$ Punkte der Schicht. Dieser Indikator erleichtert somit das Erkennen jener Baustoffe, die einen besonders positiven oder negativen Einfluss auf die Konstruktion haben. (Lipp, Florit, und Dornigg 2016, 3)

Die Berechnungsformel für eine Bauteilschicht lautet:

$$\Delta OI_{3BS} = 1/3 * [1/10 * (PEI_{ne})_{BS} + 1/2 * (GWP)_{BS} + 100/0,25 * (AP)_{BS}]$$

$(PEI_{ne})_{BS}$... Primärenergieaufwand nicht erneuerbar der Bauteilschicht (BS) in MJ/m²

$(GWP)_{BS}$... Treibhauspotential der Bauteilschicht in kg CO₂ äqui./m²

$(AP)_{BS}$... Versäuerungspotential der Bauteilschicht in kg SO₂ äqui./m²

(„OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 12)

2.5.2 ΔOI_{3KON}

„In den Ökoindikator OI_{3KON} der Konstruktion (1 m² einer Konstruktion) gehen der $OI_{PEI_{ne}}$ (Ökoindikator der Primärenergie nicht erneuerbar PEI n.e.), der OI_{GWP} (Ökoindikator des Treibhauspotentials GWP) und der OI_{AP} (Ökoindikator der Versäuerung AP) jeweils zu einem Drittel ein. Er berechnet sich wie folgt:

$$OI_{3KON} = 1/3 OI_{PEI_{ne}} + 1/3 OI_{GWP} + 1/3 OI_{AP}$$

(„OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 8ff)

Für die Berechnung des ΔOI_{3KON} sind somit die Indikatoren

- $OI_{PEI_{ne}}$ für den Ressourcenverbrauch
- OI_{GWP} für das Treibhauspotential
- OI_{AP} für das Versäuerungspotential

zu ermitteln. Für übliche Konstruktionen liegen die Wertebereiche der einzelnen Indikatoren zwischen 0 und 100 Punkten. („OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 9ff)

- OI_{PEIne}

„Die Umrechnung von Megajoule (MJ) pro 1m² Konstruktionsfläche in OI_{PEIne} - Punkte erfolgt entsprechend der linearen Funktion $f(x) = 1/10 * (x-500)$.“ („OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 10)

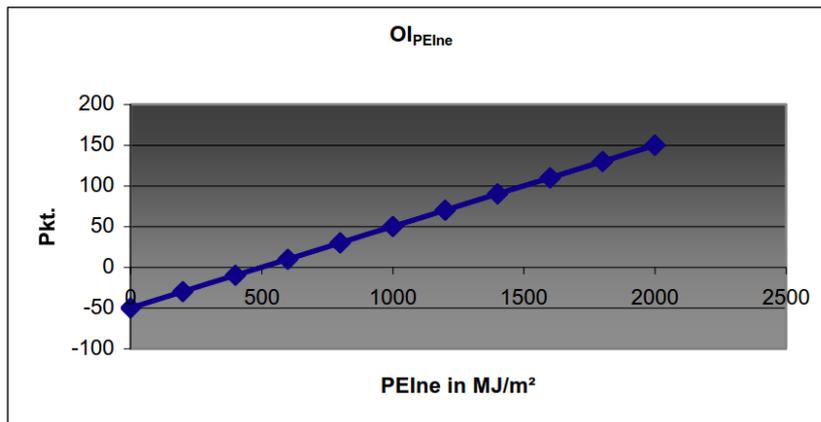


Abbildung 20: Umrechnungsfunktion PEIne in MJ/m² in OI_{PEIne} Punkte („OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 10)

- OI_{GWP}

„Die Umrechnung von kg CO₂ äqui. Pro 1m² Konstruktionsfläche in OI_{GWP} – Punkte erfolgt entsprechend der linearen Funktion $f(x) = 1/2 * (x+50)$.“ („OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 10)

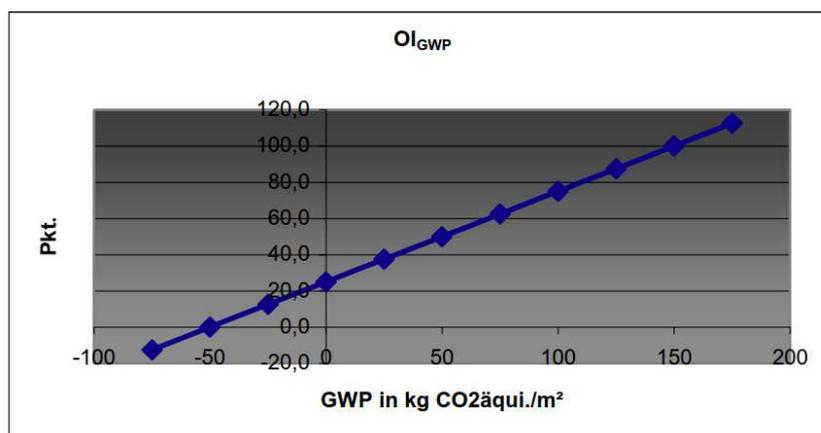


Abbildung 21: Umrechnungsfunktion GWP in kg CO₂ äqui. in OI_{GWP} – Punkte („OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 11)

- O_{IAP}

„Die Umrechnung von kg SO_2 äqui. Pro 1m^2 Konstruktionsfläche in O_{IAP} – Punkte erfolgt entsprechend der linearen Funktion $f(x) = (100/0,25) * (x-0,21)$.“ („OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 11)

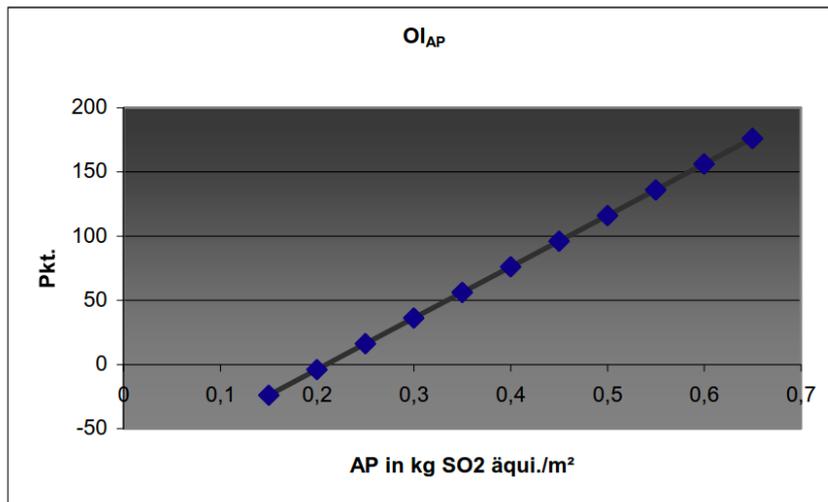


Abbildung 22: Umrechnungsfunktion AP in kg SO_2 äqui. in O_{IAP} – Punkte („OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 11)

2.6 Entsorgungsindikator EI

Beim Entsorgungsindikator EI handelt es sich um eine vom Österreichischen Institut für Baubiologie und -ökologie entwickelte semiquantitative Bewertungsmethode. Entsorgungseigenschaften von Baustoffen sowie die Art der physikalischen Verbindung der einzelnen Baustoffe zu Konstruktionen werden als dimensionslose Kennzahl erfasst. Die im Jahr 2003 erstpublizierte Methode wurde kontinuierlich weiterentwickelt und 2018 um den Entsorgungsindikator EI10 ergänzt, der sich auf gesamte Gebäude bezieht. Er ist fixer Bestandteil einiger Gebäudebewertungssysteme wie klima:aktiv und TQB oder ÖGNB. („Leitfaden zur Berechnung des Entsorgungsindikators EI Kon von Bauteilen und des Entsorgungsindikators EI10 auf Gebäudeebene“ 2018, 3)

Die Baustoffe werden anhand der möglichen Entsorgungswege Recycling, Verbrennung oder Ablagerung mit den Kennzahlen 1 bis 5 bewertet, die in ihrer Wertigkeit mit Schulnoten korrelieren. Beurteilt wird einerseits der mit mindestens

80% aktuell vorherrschende Entsorgungsweg und andererseits „das Verwertungspotential, das bei Verbesserung der Rahmenbedingungen bis zum angenommenen Zeitpunkt der Entsorgung des Bauprodukts aus wirtschaftlicher und technischer Sicht möglich wäre.“ („Leitfaden zur Berechnung des Entsorgungsindikators EI Kon von Bauteilen und des Entsorgungsindikators EI10 auf Gebäudeebene“ 2018, 4)

Wenn zwei derzeit beschrittene Entsorgungswege gleichwertig sind (Hälfte Recycling und Hälfte Deponierung oder Hälfte Recycling und Hälfte Verbrennung, unabhängig der jeweiligen Bewertungskennzahl), wählt man jenen Weg mit der höheren Bewertungskennzahl (siehe Abbildung 23). „Die Einstufung wird um 1 verbessert, wenn der Entsorgungsweg mit der besseren Einstufung um mindestens 2 Stufen besser liegt.“ („Leitfaden zur Berechnung des Entsorgungsindikators EI Kon von Bauteilen und des Entsorgungsindikators EI10 auf Gebäudeebene“ 2018, 4)

	1	2	3	4	5
RECYCLING	Wiederverwendung bzw. -verwertung zu technisch gleichwertigem Sekundärprodukt oder -rohstoff	Recyclingmaterial wird mit geringem Aufwand sortenrein gewonnen und kann hochwertig verwertet werden.	Recyclingmaterial ist verunreinigt, kann mit höherem Aufwand rückgebaut und nach Aufbereitung verwertet werden	Downcycling	Kein Recycling möglich
VERBRENNUNG	Hoher Heizwert (> 2000 MJ / m ³); natürliche Metall- und Halogengehalte im ppm-Bereich, sortenreines Material	Wie 1, jedoch nicht sortenrein Anteil an nicht-organischen Fremdstoffen beträgt < 3 Massen-%	Wie 1 oder 2, jedoch mittlerer Heizwert (500 - 2000 MJ/m ³) oder geringfügige Metall- oder Halogengehalte (< 3 Massen-%)	Hoher Stickstoffgehalt, hoher Anteil mineralischer Bestandteile oder erhöhter Metall- oder Halogengehalt (3-10 Massen-%)	Hoher Metall- oder Halogengehalt
DEPONIERUNG	Zur Ablagerung auf Inertabfalldeponie geeignete Abfälle	Zur Ablagerung auf Baurestmassen geeignete Abfälle ohne Verunreinigungen	Materialien mit geringem Anteil nicht-mineralischer Bestandteile, z.B. mineralische Baurestmassen mit organischen Verunreinigungen durch Bitumen oder WDVS-Resten	Gipshaltige, faserförmige oder mineralisierte organische Materialien sowie Materialien mit erhöhtem Anteil nicht-mineralischer Verunreinigungen.	Organisch-mineralischer Verbund, Metalle als Verunreinigungen von Baurestmassen

Abbildung 23: Bewertungsmatrix für Entsorgungswege („Leitfaden zur Berechnung des Entsorgungsindikators EI Kon von Bauteilen und des Entsorgungsindikators EI10 auf Gebäudeebene“ 2018, 5)

3 Methodik

Wie eingangs beschrieben, ist das Einfamilienhaus im Grünen erklärter Wunsch vieler Österreicher und Österreicherinnen. In einer von Integral Markt- und Meinungsforschung durchgeführten Umfrage gaben rund 70% der befragten Personen an, dass ein Haus ihr bevorzugter Immobilientyp ist. Hinsichtlich der Größe bietet die Traumimmobilie im Schnitt 121m² Wohnnutzfläche. (ImmobilienScout24 2018)

In dieser Arbeit untersuche ich, welche Auswirkungen gängige Wandaufbauten auf die ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit im Einfamilienhausbau haben.

Als Grundlage für meine Untersuchungen ziehe ich ein von meinem Kollegen Dipl.Ing. Marinko Bradaric geplantes Einfamilienhaus im 13. Wiener Gemeindebezirk heran. Hierbei handelt es sich um ein teilunterkellertes Gebäude mit zwei Vollgeschoßen und einer Wohnnutzfläche von 145,79m².

Da normalerweise im privaten Einfamilienhausbau die Grundstücke hinsichtlich ihrer Bebaubarkeit nicht ausgereizt werden, bleibt die Wohnnutzfläche unverändert. Die unterschiedlichen Dicken der Wandaufbauten spiegeln sich somit nur im Bereich der Bruttogeschoßfläche wider.

Durch eine Massenermittlung und Ausschreibung wird die Basis für die Lebenszykluskosten-Berechnung (Kapitel 2.3) und Erstellung einer Ökobilanz (Kapitel 2.4) geschaffen. Die Beurteilung der ökologischen Auswirkungen erfolgt anhand des OI3 (Kapitel 2.5) und EI (Kapitel 2.6). Der Betrachtungszeitraum beträgt 100 Jahre und soll sicherstellen, dass allfällige Sanierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen abgebildet werden.

Abschließend wird anhand einer gewichteten Tabelle der optimale Wandaufbau ermittelt.

Verglichen werden sollen jene acht unterschiedlichen Wandaufbauten, die bei meiner Tätigkeit als Bauleiter von Kunden und Kundinnen am häufigsten nachgefragt werden. Um sicherzustellen, dass die untersuchten Wandaufbauten vergleichbar sind, werden im Folgenden entsprechende technische Kriterien definiert.

Die Kriterien werden so gewählt, dass die untersuchten Wandaufbauten den geltenden Bestimmungen der Bauordnung, welche in den Richtlinien des Österreichischen Institutes für Bautechnologie (OIB) beschrieben sind, entsprechen.

3.1 Kriterium Wärmedurchgangskoeffizient

Die Mindestanforderung an Wände gegen Außenluft ist in der OIB6 mit einem U-Wert von $0,35\text{W/m}^2\text{K}$ festgelegt. (Österreichisches Institut für Bautechnik 2015, 6). Die Wandaufbauten werden so gewählt, dass sie einen annähernd gleichen U-Wert von ca. $0,17\text{W/m}^2\text{K}$ aufweisen.

3.2 Kriterium Sommertauglichkeit

Der sommerliche Wärmeschutz gilt lt. OIB6 als erfüllt, wenn ausreichend Speichermasse im vereinfachten Verfahren gem. ÖNORM B 8110-3 vorhanden ist. (Österreichisches Institut für Bautechnik 2015, 7)

Die Grenztemperatur definiert die ÖNORM B 8110-3 mit 27°C , wobei „in Schlaf-/ Ruheräumen das Minimum des Tagesganges der operativen Temperatur im Nachtzeitraum (MESZ: 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) höchstens $25,0^\circ\text{C}$ betragen“ („ÖNORM B 8110-3“ 2012, 7) darf.

Die Nachweisführung erfolgt mittels der Simulation „thesim“ gemäß Anhang 2.

3.3 Kriterium Schallschutz

Die OIB5 legt fest, dass „unabhängig vom maßgeblichen Außenlärmpegel und der Gebäudenutzung die Werte für das bewertete resultierende Bauschalldämm-Maß $R'_{\text{res,w}}$ der Außenbauteile gesamt von 33 dB und das bewertete Schalldämmmaß R_w der opaken Außenbauteile von 43 dB nicht unterschritten werden“ darf, („OIB-Richtlinie 5 - Schallschutz“ 2011, 2) solange durch nachfolgende Einschränkungen keine erhöhten Anforderungen gestellt werden.

Da diese erhöhten Anforderungen keinen Eingang in die vorliegende Arbeit finden, gilt als Mindestanforderung ein bewertetes Schalldämmmaß R_w von mindestens 43dB. Die Nachweisführung erfolgt mittels Prüfzeugnissen der Hersteller wie im Anhang 3 ersichtlich. Aufgrund des hohen Flächengewichtes einer Stahlbetonwand kann davon ausgegangen werden, dass jene Wandaufbauten den Schallschutz erfüllen. Auf eine gesonderte Nachweisführung wird aus diesem Grund verzichtet.

4 Untersuchte Aufbauten

Im Folgenden werden die zu vergleichenden Wandaufbauten beschrieben.

4.1 Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm

Die Wandkonstruktion hat eine Gesamtstärke von 55cm (siehe Tabelle 1). Raumseitig wird ein einlagiger Gipsputz ausgeführt. Die statische Tragfunktion wird durch den 50cm starken Hochlochziegel sichergestellt. Der Außenputz wird mittels Grundputz, einer Armierungsspachtelung und einem pastösem Oberputz hergestellt (siehe Abbildung 24). Die festgelegten Kriterien der Vergleichbarkeit werden erfüllt (siehe Tabelle 2).

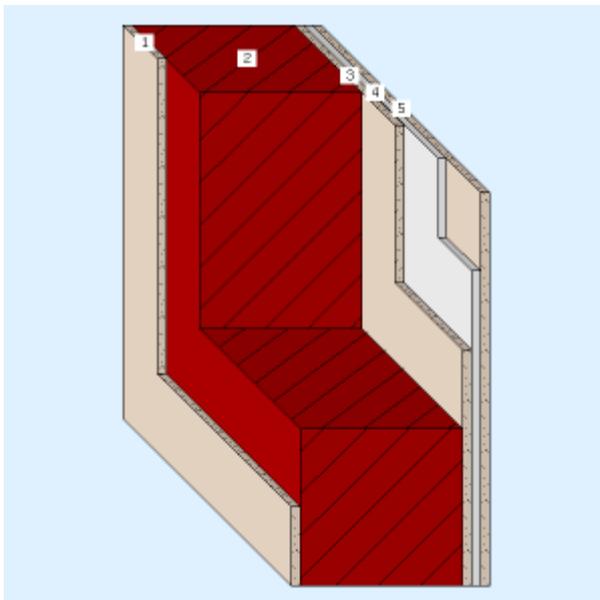


Abbildung 24: Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm (eigene Darstellung)

Nr.	Schicht	d [cm]
1	Gipsputze (1300 kg/m ³)	1,50
2	POROTHERM 50 H.i Plan	50,00
3	Baimit GrundPutz Leicht Speed	2,50
4	Baimit KlebeSpachtel	0,50
5	Baimit NanoporTop	0,50

Tabelle 1: Wandaufbau Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm

	Mindestanforderung	Ergebnis	Nachweis
U-Wert [W/m ² K]	0,35	0,17	erfüllt
Schalldämmmaß [dB]	43	44	erfüllt
Sommertauglichkeit [°C]	27	25,80	erfüllt

Tabelle 2: Kennwerte Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm

4.2 Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle

Die Wandkonstruktion hat eine Gesamtstärke von 43cm (siehe Tabelle 3). Raumseitig wird ein einlagiger Gipsputz ausgeführt. Die statische Tragfunktion wird durch den 38cm starken Hochlochziegel sichergestellt. Der Außenputz wird mittels Grundputz, einer Armierungsspachtelung und einem pastösem Oberputz hergestellt (siehe Abbildung 25). Die festgelegten Kriterien der Vergleichbarkeit werden erfüllt (siehe Tabelle 4).

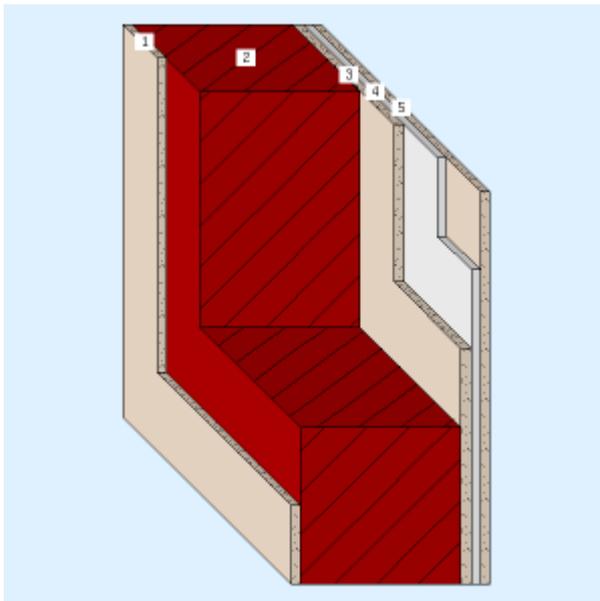


Abbildung 25: Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle (eigene Darstellung)

Nr.	Schicht	d [cm]
1	Gipsputze (1300 kg/m ³)	1,50
2	POROTHERM 38 W.i Plan	38,00
3	Baumit GrundPutz Leicht Speed	2,50
4	Baumit KlebeSpachtel	0,50
5	Baumit NanoporTop	0,50

Tabelle 3: Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle

	Mindestanforderung	Ergebnis	Nachweis
U-Wert [W/m ² K]	0,35	0,18	erfüllt
Schalldämmmaß [dB]	43	50	erfüllt
Sommertauglichkeit [°C]	27	26,00	erfüllt

Tabelle 4: Kennwerte Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle

4.3 Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 18cm EPS-F

Die Wandkonstruktion hat eine Gesamtstärke von 47cm (siehe Tabelle 5). Raumseitig wird ein einlagiger Gipsputz ausgeführt. Die statische Tragfunktion wird durch den 25cm starken Hochlochziegel sichergestellt. Der Außenputz wird mittels eines ca. 18cm starken Wärmedämmverbundsystem aus Polystyrol, einer Armierungsspachtelung und einem pastösem Oberputz hergestellt (siehe Abbildung 26). Die festgelegten Kriterien der Vergleichbarkeit werden erfüllt (siehe Tabelle 6).

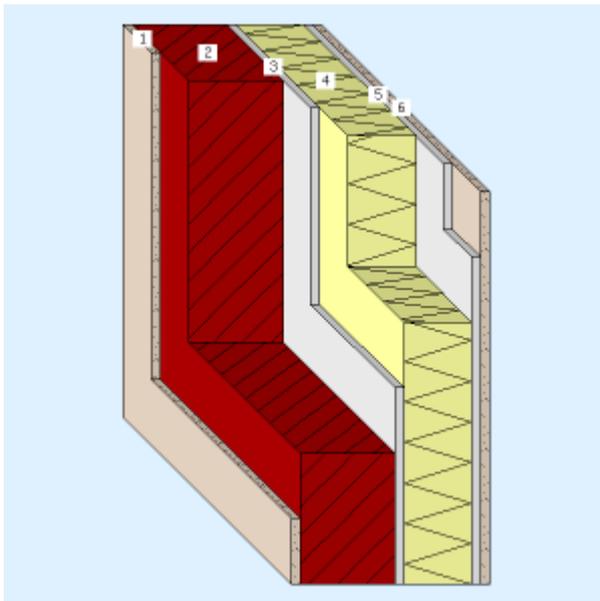


Abbildung 26: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 18cm EPS-F (eigene Darstellung)

Nr.	Schicht	d [cm]
1	Gipsputze (1300 kg/m ³)	1,50
2	POROTHERM 25-38 Plan	25,00
3	Baumit KlebeSpachtel	1,00
4	Baumit FassadenDämmplatte EPS-F	18,00
5	Baumit KlebeSpachtel	0,50
6	Baumit NanoporTop	0,50

Tabelle 5: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 18cm EPS-F

	Mindestanforderung	Ergebnis	Nachweis
U-Wert [W/m ² K]	0,35	0,17	erfüllt
Schalldämmmaß [dB]	43	>47	erfüllt
Sommertauglichkeit [°C]	27	25,70	erfüllt

Tabelle 6: Kennwerte Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 18cm EPS-F

4.4 Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 14cm EPS-F plus

Die Wandkonstruktion hat eine Gesamtstärke von 43cm (siehe Tabelle 7). Raumseitig wird ein einlagiger Gipsputz ausgeführt. Die statische Tragfunktion wird durch den 25cm starken Hochlochziegel sichergestellt. Der Außenputz wird mittels eines ca. 14cm starken Wärmedämmverbundsystem aus Polystyrol mit verbessertem Lamda-Wert, einer Armierungsspachtelung und einem pastösem Oberputz hergestellt (siehe Abbildung 27). Die festgelegten Kriterien der Vergleichbarkeit werden erfüllt (siehe Tabelle 8).

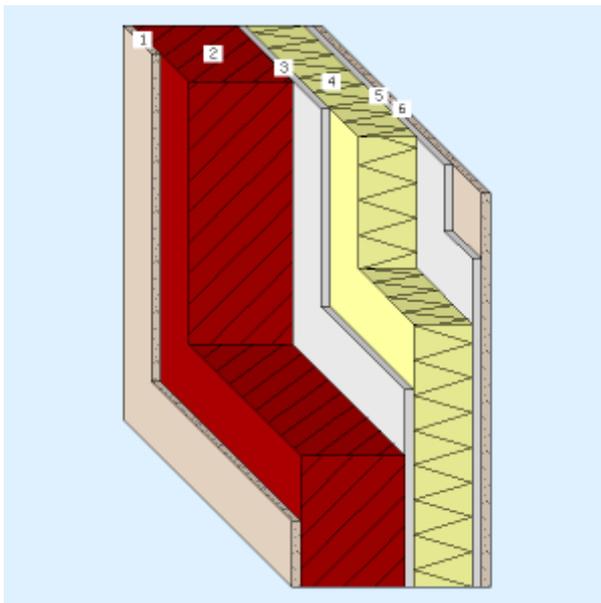


Abbildung 27: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 14cm EPS-F plus (eigene Darstellung)

Nr.	Schicht	d [cm]
1	Gipsputze (1300 kg/m ³)	1,50
2	POROTHERM 25-38 Plan	25,00
3	Baumit KlebeSpachtel	1,00
4	Baumit FassadenDämmplatte EPS-F+	14,00
5	Baumit KlebeSpachtel	0,50
6	Baumit NanoporTop	0,50

Tabelle 7: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 14cm EPS-F plus

	Mindestanforderung	Ergebnis	Nachweis
U-Wert [W/m ² K]	0,35	0,17	erfüllt
Schalldämmmaß [dB]	43	>47	erfüllt
Sommertauglichkeit [°C]	27	25,70	erfüllt

Tabelle 8: Kennwerte Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 14cm EPS-F plus

4.5 Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 20cm Hanf

Die Wandkonstruktion hat eine Gesamtstärke von 49cm (siehe Tabelle 9). Raumseitig wird ein einlagiger Gipsputz ausgeführt. Die statische Tragfunktion wird durch den 25cm starken Hochlochziegel sichergestellt. Der Außenputz wird mittels eines ca. 20cm starken Wärmedämmverbundsystem aus Hanf, einer Armierungsspachtelung und einem pastösem Oberputz hergestellt (siehe Abbildung 28). Die festgelegten Kriterien der Vergleichbarkeit werden erfüllt (siehe Tabelle 10).

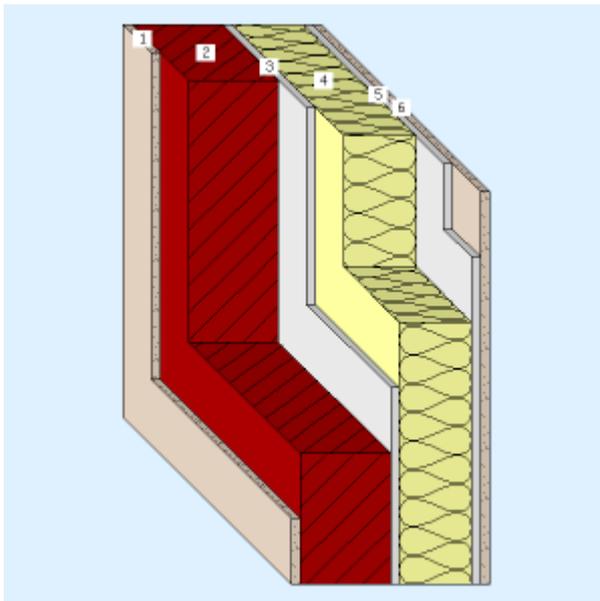


Abbildung 28: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 20cm Hanf (eigene Darstellung)

Nr.	Schicht	d [cm]
1	Gipsputze (1300 kg/m ³)	1,50
2	POROTHERM 25-38 Plan	25,00
3	Capatect KlebeSpachtel	1,00
4	Capatect Hanffaserdämmplatte	20,00
5	Capatect Minera Carbon	0,80
6	Capatect SI-Strukturputze	0,50

Tabelle 9: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 20cm Hanf

	Mindestanforderung	Ergebnis	Nachweis
U-Wert [W/m ² K]	0,35	0,17	erfüllt
Schalldämmmaß [dB]	43	>47	erfüllt
Sommertauglichkeit [°C]	27	25,70	erfüllt

Tabelle 10: Kennwerte Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 20cm Hanf

4.6 Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F

Die Wandkonstruktion hat eine Gesamtstärke von 44cm (siehe Tabelle 11). Raumseitig wird eine Gipsspachtelung ausgeführt. Die statische Tragfunktion wird durch die 20cm starke Stahlbetonwand sichergestellt. Der Außenputz wird mittels eines ca. 22cm starken Wärmedämmverbundsystem aus Polystyrol, einer Armierungsspachtelung und einem pastösem Oberputz hergestellt (siehe Abbildung 29). Die festgelegten Kriterien der Vergleichbarkeit werden erfüllt (siehe Tabelle 12). Auf eine Nachweisführung bezüglich des Schallschutzes wird aufgrund des hohen Flächengewichtes des Stahlbetons verzichtet.

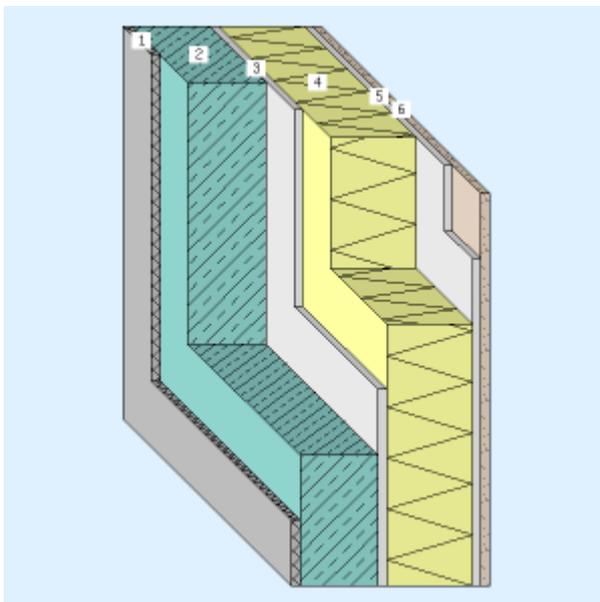


Abbildung 29: Stahlbetonwand, 20cm mit Wärmedämmverbundsystem, 22cm EPS-F (eigene Darstellung)

Nr.	Schicht	d [cm]
1	Spachtel – Gipsspachtel	0,30
2	Stahlbeton 80kg/m ² Bewehrung	20,00
3	Baumit KlebeSpachtel	1,00
4	Baumit FassadenDämmplatte EPS-F	22,00
5	Baumit KlebeSpachtel	0,50
6	Baumit NanoporTop	0,50

Tabelle 11: Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F

	Mindestanforderung	Ergebnis	Nachweis
U-Wert [W/m ² K]	0,35	0,17	erfüllt
Schalldämmmaß [dB]	43	>60	erfüllt
Sommertauglichkeit [°C]	27	25,40	erfüllt

Tabelle 12: Kennwerte Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F

4.7 Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus

Die Wandkonstruktion hat eine Gesamtstärke von 38cm (siehe Tabelle 13). Raumseitig wird eine Gipsspachtelung ausgeführt. Die statische Tragfunktion wird durch die 20cm starke Stahlbetonwand sichergestellt. Der Außenputz wird mittels eines ca. 16cm starken Wärmedämmverbundsystem aus Polystyrol mit verbessertem Lamda-Wert, einer Armierungsspachtelung und einem pastösem Oberputz hergestellt (Abbildung 30). Die festgelegten Kriterien der Vergleichbarkeit werden erfüllt (siehe Tabelle 14). Auf eine Nachweisführung bezüglich des Schallschutzes wird aufgrund des hohen Flächengewichtes des Stahlbetons verzichtet.

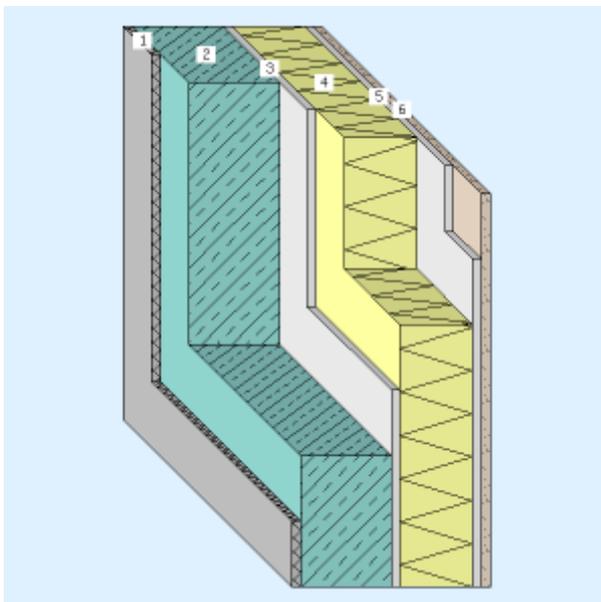


Abbildung 30: Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus (eigene Darstellung)

Nr.	Schicht	d [cm]
1	Spachtel – Gipsspachtel	0,30
2	Stahlbeton 80kg/m ² Bewehrung	20,00
3	Baumit KlebeSpachtel	1,00
4	Baumit FassadenDämmplatte EPS-F	16,00
5	Baumit KlebeSpachtel	0,50
6	Baumit NanoporTop	0,50

Tabelle 13: Stahlbetonwand, 20cm mit Wärmedämmverbundsystem, 16cm EPS-F plus

	Mindestanforderung	Ergebnis	Nachweis
U-Wert [W/m ² K]	0,35	0,18	erfüllt
Schalldämmmaß [dB]	43	>60	erfüllt
Sommertauglichkeit [°C]	27	25,40	erfüllt

Tabelle 14: Kennwerte Stahlbetonwand, 20cm mit Wärmedämmverbundsystem, 16cm EPS-F plus

4.8 Holzständerwand, 16cm mit WDVS, 6cm Weichfaser

Die Wandkonstruktion hat eine Gesamtstärke von 33cm (siehe Tabelle 15). Raumseitig wird eine zweilagige Beplankung aus Gipskartonplatten ausgeführt. Die statische Tragfunktion wird durch die 16cm starke Holzriegelkonstruktion sichergestellt. Der Außenputz wird mittels eines ca. 6cm starken Wärmedämmverbundsystem aus Holzweichfaser, einer Armierungsspachtelung und einem pastösem Oberputz hergestellt (siehe Abbildung 31). Die festgelegten Kriterien der Vergleichbarkeit werden erfüllt (siehe Tabelle 16).

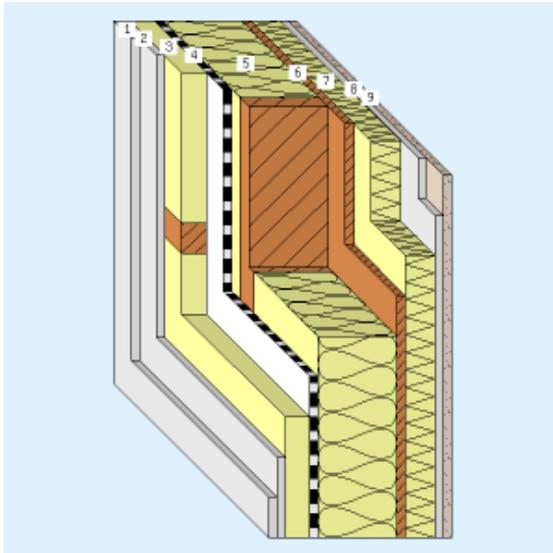


Abbildung 31: Holzständerwand, 16cm mit Wärmedämmverbundsystem, 6cm Weichfaser (eigene Darstellung)

Nr.	Schicht	d [cm]
1	Gipskartonplatte (900kg/m ³)	1,50
2	Gipskartonplatte (900kg/m ³)	1,50
3	Mineralwolleplatten zw. horizontalen Latten (Installationsebene)	5,00
4	Dampfbremse PE	0,02
5	Mineralwolleplatten zw. Vertikalen Pfosten	16,00
6	OSB-Platten (650 kg/m ³)	1,80
7	Holzfaser WF-W (130 kg/m ³)	6,00
8	Baumit KlebeSpachtel	0,50

Tabelle 15: Holzständerwand, 16cm mit Wärmedämmverbundsystem, 6cm Weichfaser

	Mindestanforderung	Ergebnis	Nachweis
U-Wert [W/m ² K]	0,35	0,15	erfüllt
Schalldämmmaß [dB]	43	52	erfüllt
Sommertauglichkeit [°C]	27	26,00	erfüllt

Tabelle 16: Kennwerte Holzständerwand, 16cm mit Wärmedämmverbundsystem, 6cm Weichfaser

5 Ergebnisse

In diesem Kapitel erfolgt die Auswertung der verschiedenen Wandaufbauten. Die ökologischen Auswirkungen werden anhand des OI3 und EI ermittelt. Zur Berechnung der Lebenszykluskosten wird die Barwertmethode anhand einer Excel-Tabelle verwendet.

5.1 Ökologische Auswirkungen

Die Ermittlung des OI3 und EI erfolgt durch das Tool „eco2soft“ des IBO. Als Grundlage für die Berechnung dienen sowohl produktspezifische Ökobilanzen wie auch Richtwerte des IBO. Diese EPD sind in der Datenbank auf www.baubook.info einsehbar. Dabei entspricht die Bilanzierung dem „Cradle to Gate“-Prinzip. Hier werden alle Aufwendungen, beginnend bei der Rohstoffgewinnung bis zum Ende der Produktionsphase, kumuliert.

Die standardmäßig hinterlegten Nutzungsdauern von „Eco2soft“ beziehen sich auf Herstellerangaben und Erfahrungswerte, sind jedoch nicht normiert. Für diese Arbeit werden sie durch eigens getroffenen Annahmen ersetzt. Diese gewählten Nutzungsdauern für die verschiedenen Bauteile sind im Anhang 4 ersichtlich

Um möglichst alle Austausch- und Instandsetzungsszenarien abbilden zu können werden 100 Jahre als Betrachtungszeitraum gewählt. Das entspricht der Annahme, dass zumindest 2 Generationen das Einfamilienhaus nutzen.

5.1.1 Ökoindex3

Wie eingangs beschrieben, setzt sich der OI3 aus den Indikatoren „Nicht erneuerbarer Primärenergie, total (PENRT)“, „Globales Erwärmungspotential (GWP)“ und „Versauerungspotential (AP)“ zusammen.

Wie in Diagramm 1 dargestellt, verursacht die Holzständerwand mit einem ΔOI3 von 51 die geringste Umweltauswirkung.

Im Vergleich dazu erzeugt der mit Mineralwolle gefüllte Ziegel mit einem Wert von 126 eine fast 2,5-fache Wirkung.

Die Ziegelwand mit EPS-F+ Dämmung liegt circa 16% unter dem Mittelwert auf dem zweiten Platz. Auf Platz 3 liegen fast gleich auf die Ziegelwände mit EPS-F bzw. Hanfdämmung mit einem ΔOI3 von 82 beziehungsweise 83.

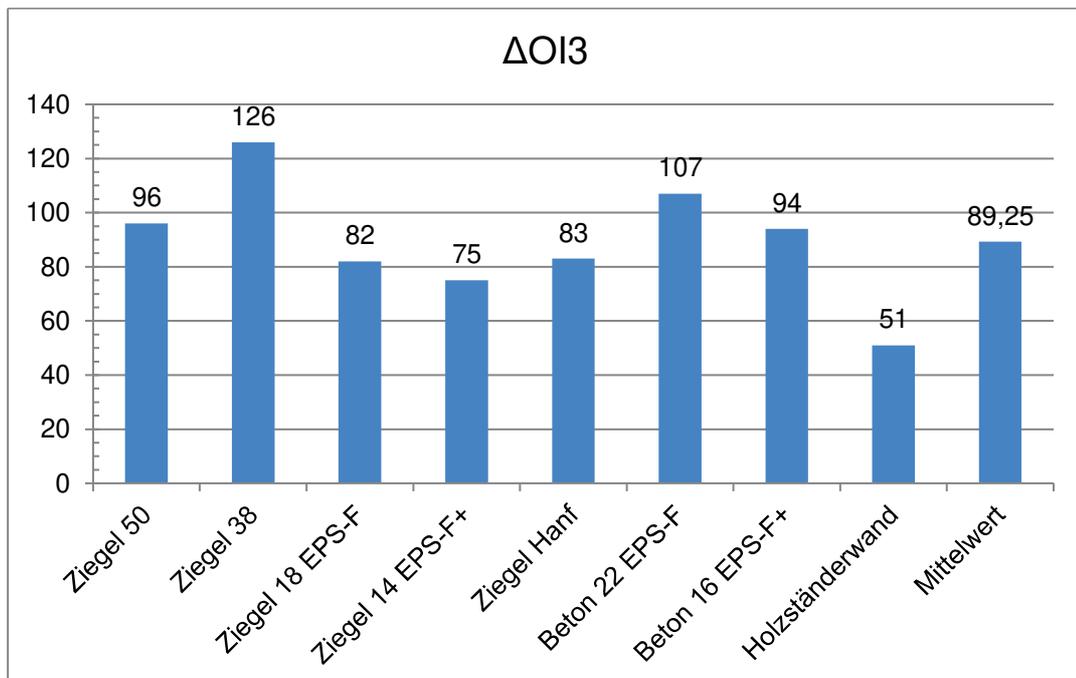


Diagramm 1: Vergleich ΔOI3 Wandaufbauten (eigene Darstellung)

Betrachtet man die Indikatoren einzeln, kommt es teilweise zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen.

Bei der nicht erneuerbaren Primärenergie, wie in Diagramm 2 dargestellt, erzeugt ebenfalls die Holzständerwand die geringste Umweltauswirkung.

Die größte Auswirkung erzeugt die Betonwand mit 22cm Dämmung.

Die übrigen Wandaufbauten weisen im Vergleich zu $\Delta OI3$ eine geringere Abweichung vom Mittelwert auf.

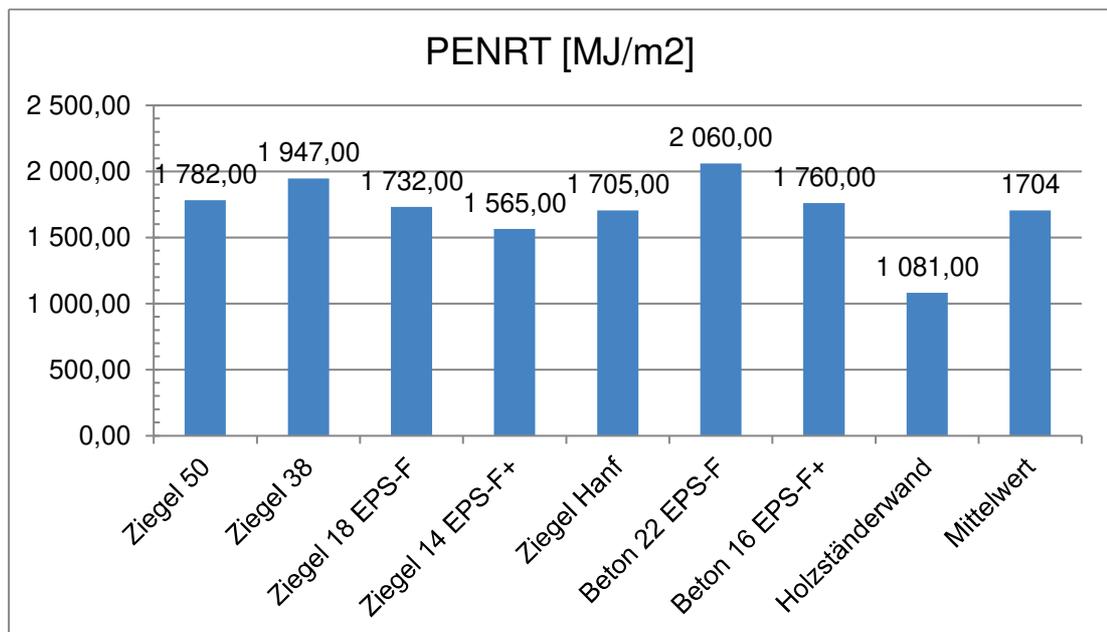


Diagramm 2: Vergleich PENRT Wandaufbauten (eigene Darstellung)

Auch beim globalen Erwärmungspotential, wie in Diagramm 3 dargestellt, erzeugt die Holzständerwand die geringsten Umweltauswirkungen, während der mit Mineralwolle gefüllte Ziegel die gravierendste Auswirkung verursacht.

Über den Lebenszyklus betrachtet gelingt es der Holzständerwand sogar klimaschädliches CO₂ zu binden.

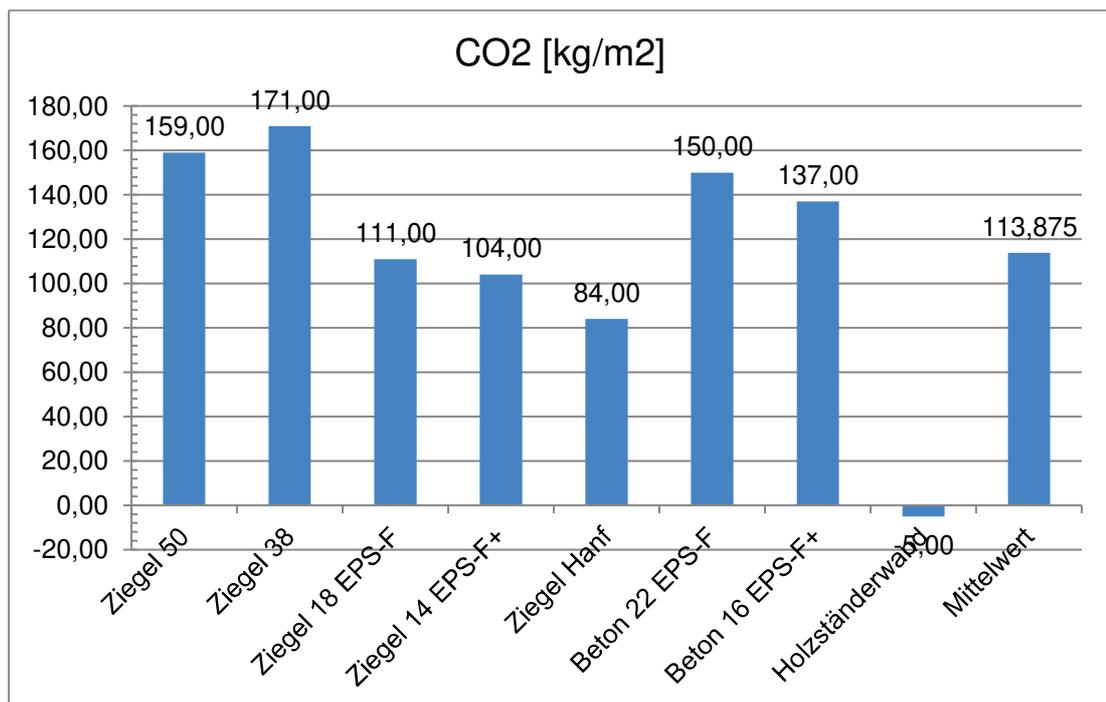


Diagramm 3: Vergleich GWP Wandaufbauten (eigene Darstellung)

Der allgemeine Trend setzt sich auch beim Versauerungspotential, wie in Diagramm 4 dargestellt, fort.

Erneut schneidet die Holzriegelwand am besten ab, während der mit Mineralwolle gefüllte Ziegel die größte Auswirkung auf die Umwelt hat.

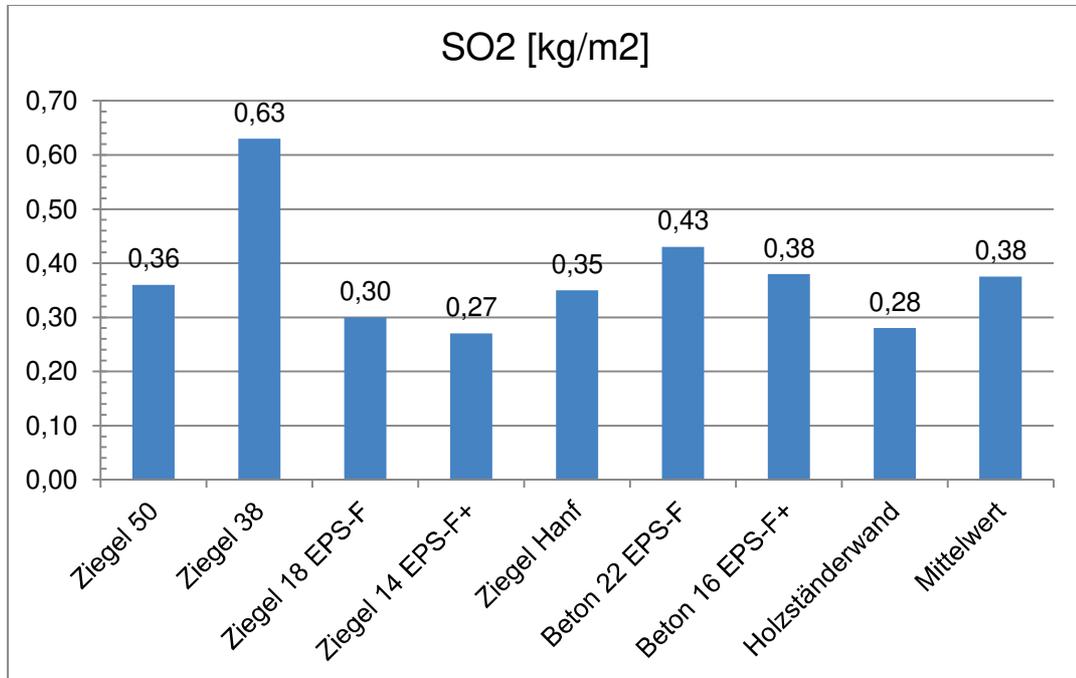


Diagramm 4: Vergleich AP Wandaufbauten (eigene Darstellung)

5.1.2 Entsorgungsindex

Wie eingangs beschreiben, bewertet der Entsorgungsindex die Entsorgungseigenschaften der eingesetzten Baustoffe und Bauteile. Eine Rolle spielen hierbei das anfallende Volumen, die Art der Baustoffe und die sich daraus ergebende Gewichtung sowie das Entsorgungspotential und die Anzahl der Fraktionen.

Betrachtet man den Entsorgungsindex der untersuchten Aufbauten, schneidet der mit Mineralwolle gefüllte Ziegel am besten ab. Knapp dahinter liegt das System „Ziegel, 50cm“, und am schlechtesten schneidet die Stahlbetonwand mit 22cm EPS-F ab.

Die Systeme „Ziegel, 50cm“ sowie „Ziegel mit Mineralwolle gefüllt“ profitieren einerseits von der guten Verwertbarkeit des überwiegend mineralischen Bestandteiles. Der mit Mineralwolle gefüllte Ziegel punktet zusätzlich noch mit seiner geringen Wandstärke. Der Umkehrschluss lässt sich auf die Stahlbetonwand mit 22cm Dämmung anwenden. Negativ wirken sich hier die vergleichsweise dicke Dämmung und das dadurch erforderliche Deponievolumen aus. Der Entsorgungsindex der unterschiedlichen Wandaufbauten ist in Diagramm 5 dargestellt.

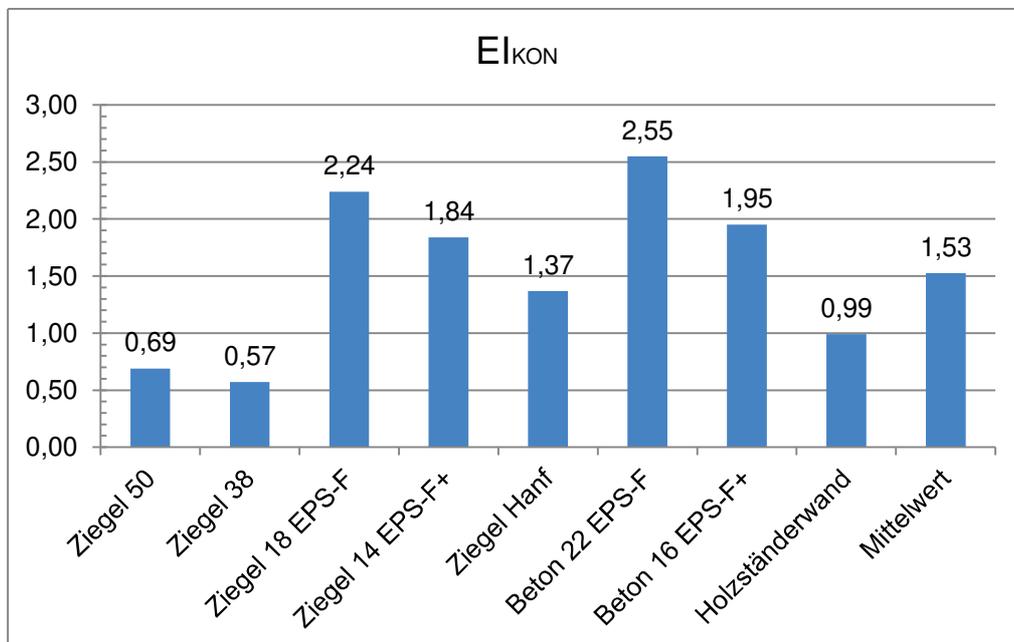


Diagramm 5: Vergleich El_{KON} Wandaufbauten (eigene Darstellung)

5.2 Lebenszykluskosten

Die Ermittlung der Lebenszykluskosten erfolgt anhand der Barwertmethode. Dafür wird, wie in Anhang 5 ersichtlich, ein Excel-Tool eingesetzt.

Die Leistungsverzeichnissen für die acht verschiedenen Wandaufbauten wurden von drei Baufirmen angeboten und daraus die mittleren Herstellkosten ermittelt. Der Preisspiegel liegt als Anhang 6 bei. Für die laufenden Instandhaltungskosten werden jährlich 0,20% der mittleren Herstellkosten angenommen. Die Kosten für die notwendigen Erneuerungen ergeben sich aus der Nutzungsdauer der gewählten Fassadendämmsysteme.

Folgende Parameter wurden gewählt:

- Bezugsgröße: Wohnnutzfläche
- Preisstand: 2018
- Preise: inkl. 20% MwSt
- Betrachtungszeitraum: 100 Jahre
- Zinssatz: 2,00%
- Preissteigerung: 2,00%
- Instandhaltungskosten: 0,20%

5.2.1 Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm

Die Lebenszykluskosten für den untersuchten Wandaufbau betragen 89.070,67€, was 610,95€/m² WNFL entspricht. Aufgrund der langen Nutzungsdauer des mineralischen Außenputzes ist dieser lediglich einmal komplett zu erneuern, was einem Barwert von 20.075,77€ oder 137,70€/m² WNFL entspricht. Die Herstellkosten stellen mit 75,01% den größten Kostenanteil dar, während die laufenden Instandhaltungskosten mit 6,29% zu bewerten sind. Die Kostenanteile sind in Tabelle 17 aufgelistet. Die prozentuale Verteilung ist in Diagramm 6 dargestellt.

Kostenanteile	Barwert gesamt	Barwert / m ² WNFL
Herstellkosten	63 016,62 €	432,24 €
Barwert für Instandhaltung	5 978,28 €	41,01 €
Barwert für Erneuerung	20 075,77 €	137,70 €
Summe	89 070,67 €	610,95 €

Tabelle 17: Lebenszykluskosten für Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm (eigene Darstellung)

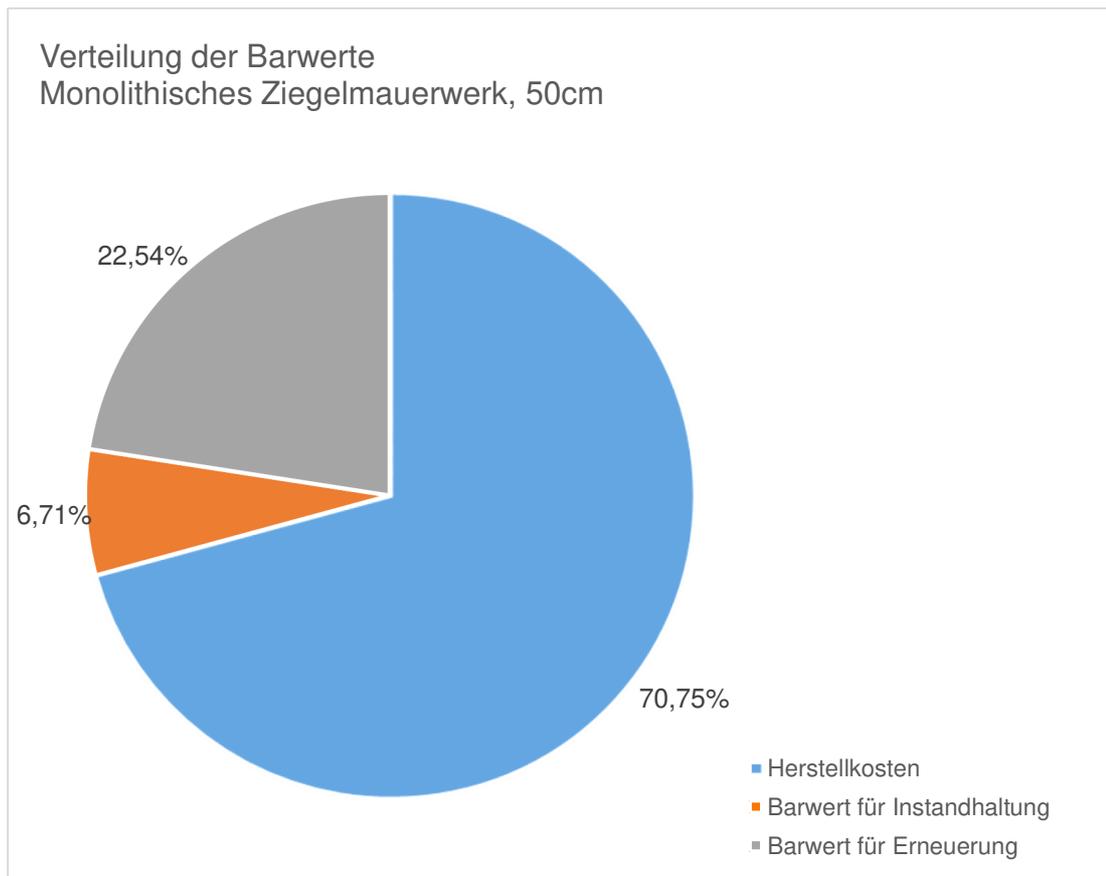


Diagramm 6: Darstellung Verteilung der Barwerte für Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm (eigene Darstellung)

5.2.2 Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle

Die Lebenszykluskosten für den untersuchten Wandaufbau betragen 87.192,57€, was 598,07€/m² WNFL entspricht. Aufgrund der langen Nutzungsdauer des mineralischen Außenputzes ist dieser lediglich einmal komplett zu erneuern, was einem Barwert von 19.585,72€ oder 134,35€/m² WNFL entspricht. Die Herstellkosten stellen mit 75,08% den größten Kostenanteil dar, während die laufenden Instandhaltungskosten mit 6,29% zu bewerten sind. Die Kostenanteile sind in Tabelle 18 aufgelistet. Die prozentuale Verteilung ist in Diagramm 7 dargestellt.

Kostenanteile	Barwert gesamt	Barwert / m ² WNFL
Herstellkosten	61 753,85 €	423,58 €
Barwert für Instandhaltung	5 852,00 €	40,14 €
Barwert für Erneuerung	19 586,72 €	134,35 €
Summe	87 192,57 €	598,07 €

Tabelle 18: Lebenszykluskosten für Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle (eigene Darstellung)

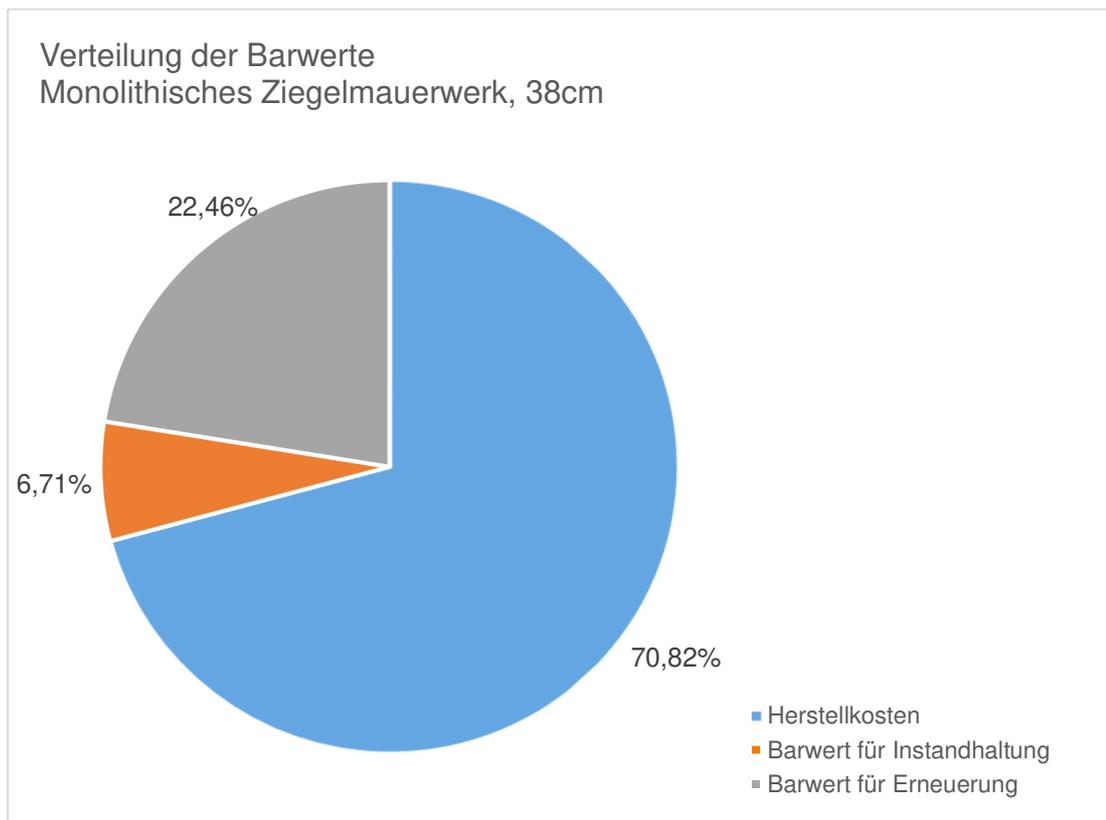


Diagramm 7: Darstellung Verteilung der Barwerte für Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle (eigene Darstellung)

5.2.3 Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 18cm EPS-F

Die Lebenszykluskosten für den untersuchten Wandaufbau betragen 69.818,94€, was 478,90€/m² WNFL entspricht. Aufgrund der langen Nutzungsdauer des Wärmedämmverbundsystems ist dieses lediglich einmal komplett zu erneuern, was einem Barwert von 20.974,96€ oder 143,87€/m² WNFL entspricht. Die Herstellkosten stellen mit 69,01% den größten Kostenanteil dar, während die laufenden Instandhaltungskosten mit 5,66% zu bewerten sind. Die Kostenanteile sind in Tabelle 19 aufgelistet. Die prozentuale Verteilung ist in Diagramm 8 dargestellt.

Kostenanteile	Barwert gesamt	Barwert / m ² WNFL
Herstellkosten	44 697,61 €	306,59 €
Barwert für Instandhaltung	4 146,38 €	28,44 €
Barwert für Erneuerung	20 974,96 €	143,87 €
Summe	69 818,94 €	478,90 €

Tabelle 19 Lebenszykluskosten für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 18cm EPS-F (eigene Darstellung)

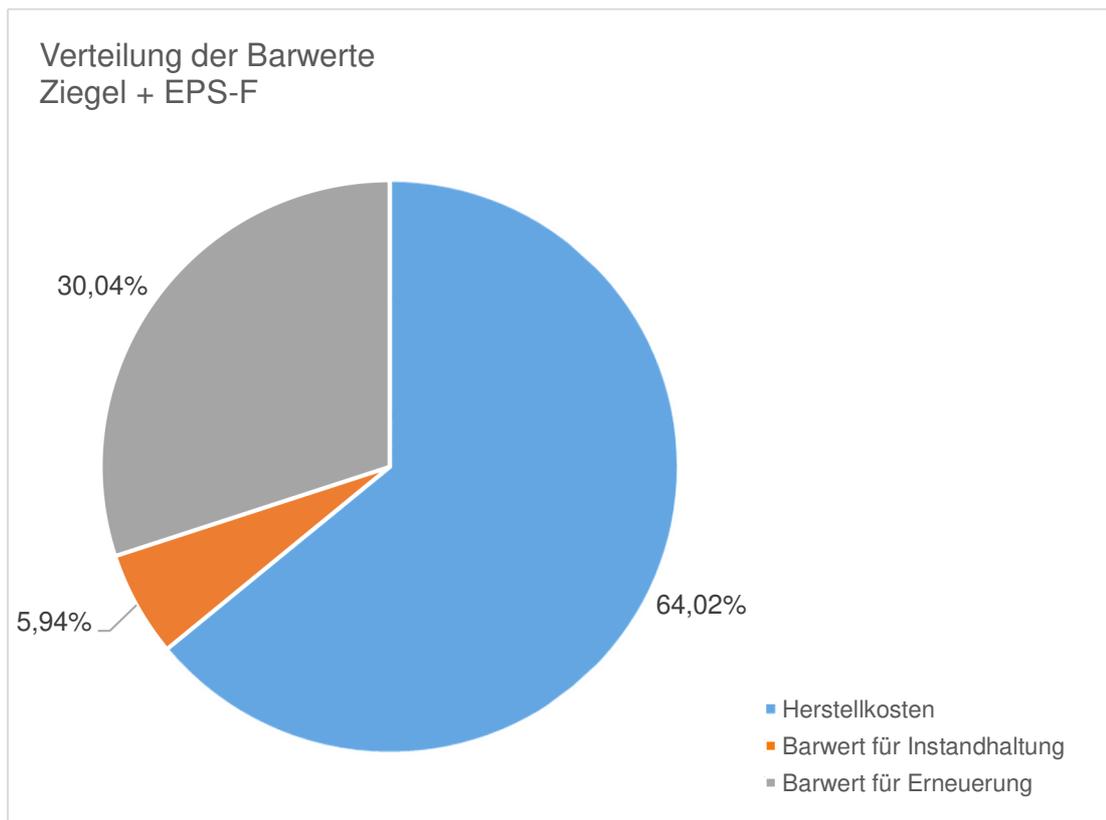


Diagramm 8: Darstellung Verteilung der Barwerte für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 18cm EPS-F (eigene Darstellung)

5.2.4 Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 14cm EPS-F plus

Die Lebenszykluskosten für den untersuchten Wandaufbau betragen 72.891,20€, was 499,97€/m² WNFL entspricht. Aufgrund der langen Nutzungsdauer des Wärmedämmverbundsystems ist dieses lediglich einmal komplett zu erneuern, was einem Barwert von 22.437,94€ oder 153,91€/m² WNFL entspricht. Die Herstellkosten stellen mit 68,73% den größten Kostenanteil dar, während die laufenden Instandhaltungskosten mit 5,75% zu bewerten sind. Die Kostenanteile sind in Tabelle 20 aufgelistet. Die prozentuale Verteilung ist in Diagramm 9 dargestellt.

Kostenanteile	Barwert gesamt	Barwert / m ² WNFL
Herstellkosten	46 160,59 €	316,62 €
Barwert für Instandhaltung	4 292,67 €	29,44 €
Barwert für Erneuerung	22 437,94 €	153,91 €
Summe	72 891,20 €	499,97 €

Tabelle 20: Lebenszykluskosten für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 14cm EPS-F plus (eigene Darstellung)

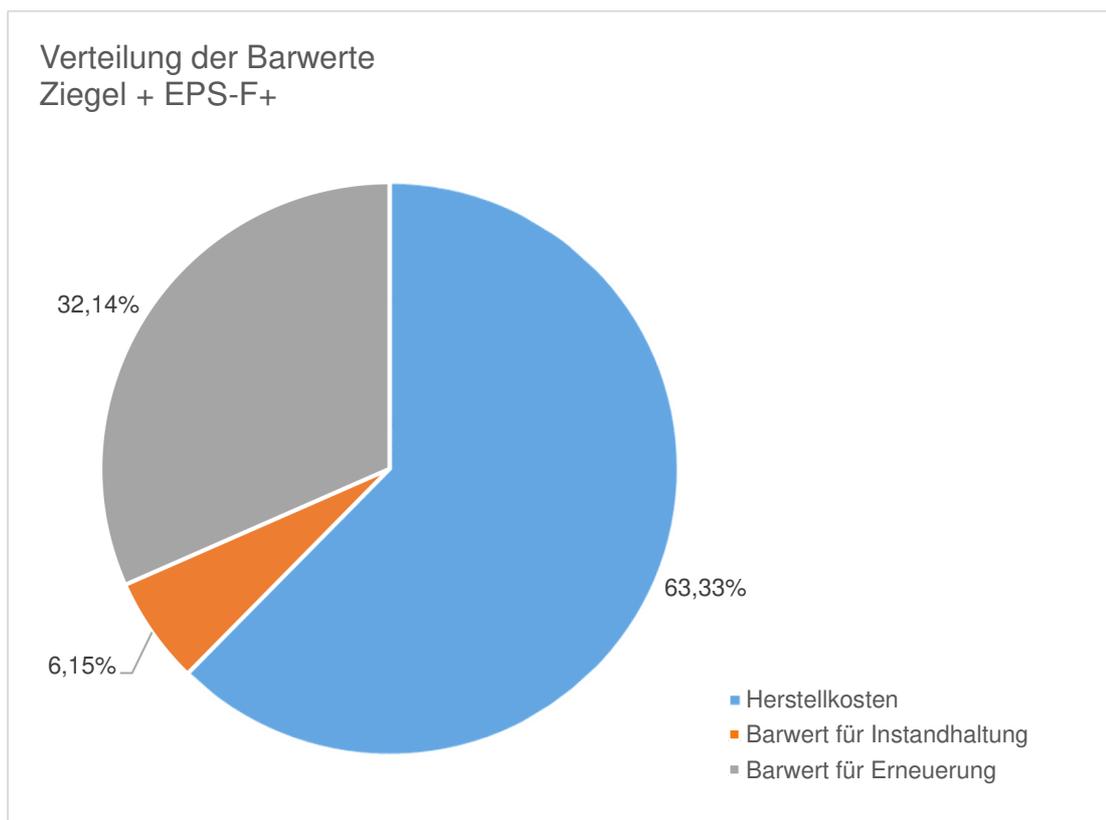


Diagramm 9: Darstellung Verteilung der Barwerte für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 14cm EPS-F plus (eigene Darstellung)

5.2.5 Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 20cm Hanf

Die Lebenszykluskosten für den untersuchten Wandaufbau betragen 121.910,70€, was 836,21€/m² WNFL entspricht. Aufgrund der langen Nutzungsdauer des Wärmedämmverbundsystems ist dieses lediglich einmal komplett zu erneuern, was einem Barwert von 45.780,55€ oder 314,02€/m² WNFL entspricht. Die Herstellkosten stellen mit 64,44% den größten Kostenanteil dar, während die laufenden Instandhaltungskosten mit 5,40% zu bewerten sind. Die Kostenanteile sind in Tabelle 21 aufgelistet. Die prozentuale Verteilung ist in Diagramm 10 dargestellt.

Kostenanteile	Barwert gesamt	Barwert / m ² WNFL
Herstellkosten	69 503,21 €	476,74 €
Barwert für Instandhaltung	6 626,94 €	45,46 €
Barwert für Erneuerung	45 780,55 €	314,02 €
Summe	121 910,70 €	836,21 €

Tabelle 21: Lebenszykluskosten für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 20cm Hanf (eigene Darstellung)

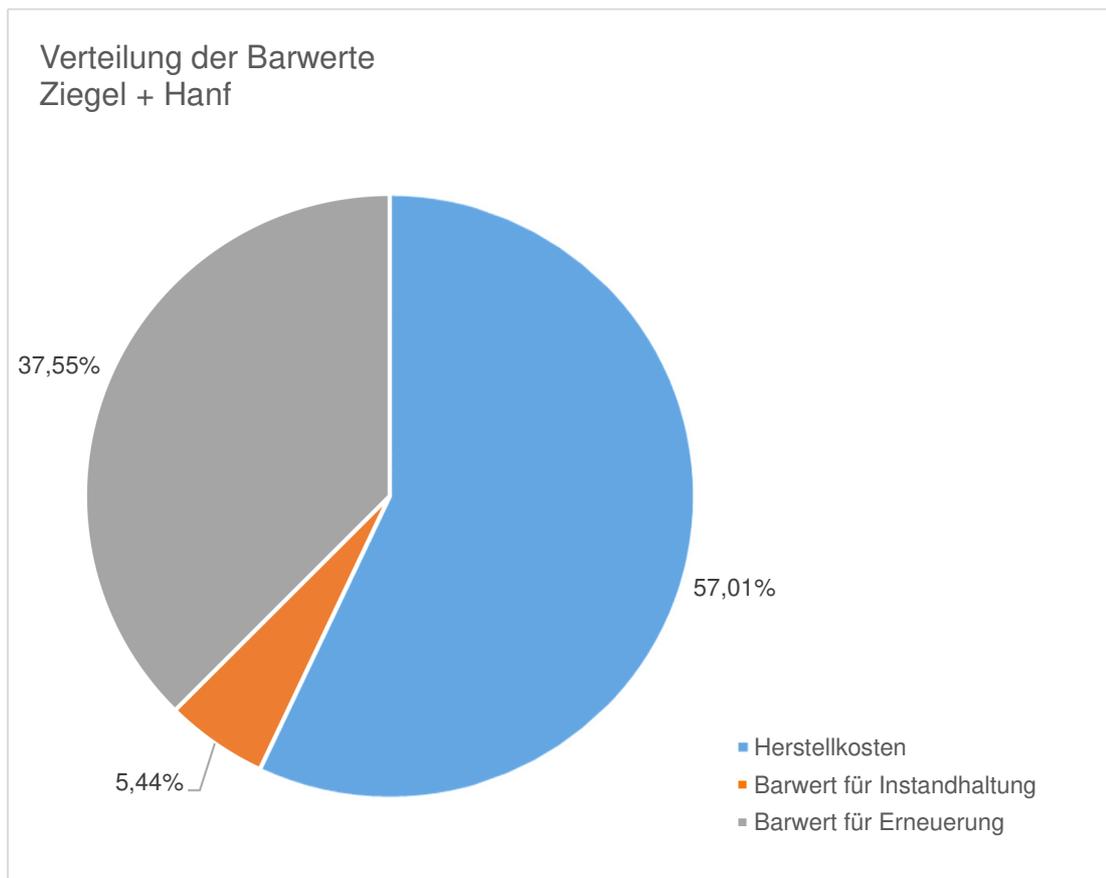


Diagramm 10: Darstellung Verteilung der Barwerte für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 20cm Hanf (eigene Darstellung)

5.2.6 Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F

Die Lebenszykluskosten für den untersuchten Wandaufbau betragen 82.191,37€, was 563,77€/m² WNFL entspricht. Aufgrund der langen Nutzungsdauer des Wärmedämmverbundsystems ist dieses lediglich einmal komplett zu erneuern, was einem Barwert von 21.675,11€ oder 148,67€/m² WNFL entspricht. Die Herstellkosten stellen mit 71.95% den größten Kostenanteil dar, während die laufenden Instandhaltungskosten mit 5,99% zu bewerten sind. Die Kostenanteile sind in Tabelle 22 aufgelistet. Die prozentuale Verteilung ist in Diagramm 11 dargestellt.

Kostenanteile	Barwert gesamt	Barwert / m ² WNFL
Herstellkosten	55 308,77 €	379,37 €
Barwert für Instandhaltung	5 207,49 €	35,72 €
Barwert für Erneuerung	21 675,11 €	148,67 €
Summe	82 191,37 €	563,77 €

Tabelle 22: Lebenszykluskosten für Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F (eigene Darstellung)

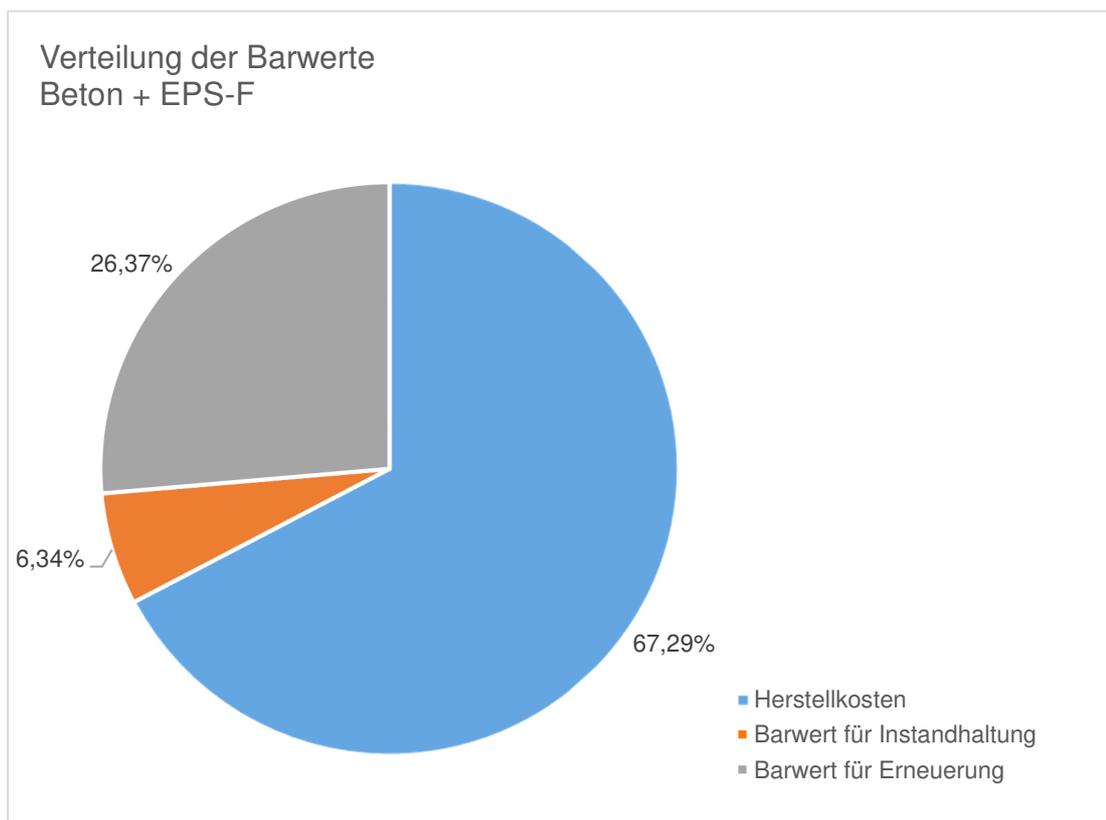


Diagramm 11: Darstellung Verteilung der Barwerte für Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F (eigene Darstellung)

5.2.7 Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus

Die Lebenszykluskosten für den untersuchten Wandaufbau betragen 86.355,06€, was 592,33€/m² WNFL entspricht. Aufgrund der langen Nutzungsdauer des Wärmedämmverbundsystems ist dieses lediglich einmal komplett zu erneuern, was einem Barwert von 23.657,82€ oder 162,27€/m² WNFL entspricht. Die Herstellkosten stellen mit 71.46% den größten Kostenanteil dar, während die laufenden Instandhaltungskosten mit 5,96% zu bewerten sind. Die Kostenanteile sind in Tabelle 23 aufgelistet. Die prozentuale Verteilung ist in Diagramm 12 dargestellt.

Kostenanteile	Barwert gesamt	Barwert / m ² WNFL
Herstellkosten	57 291,48 €	392,97 €
Barwert für Instandhaltung	5 405,76 €	37,08 €
Barwert für Erneuerung	23 657,82 €	162,27 €
Summe	86 355,06 €	592,33 €

Tabelle 23: Lebenszykluskosten für Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus (eigene Darstellung)

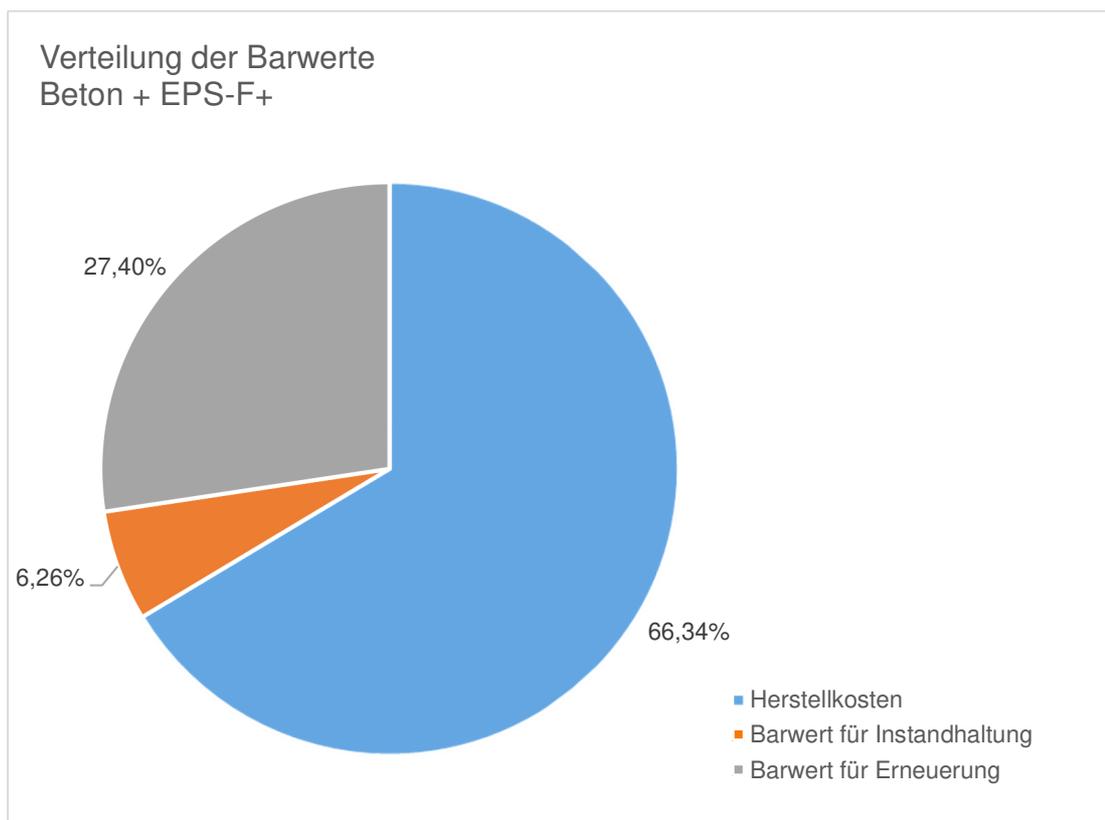


Diagramm 12: Darstellung Verteilung der Barwerte für Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus (eigene Darstellung)

5.2.8 Holzständerwand, 16cm mit WDVS, 6cm Weichfaser

Die Lebenszykluskosten für den untersuchten Wandaufbau betragen 90.825,06€, was 622,99€/m² WNFL entspricht. Aufgrund der langen Nutzungsdauer des Wärmedämmverbundsystems ist dieses lediglich einmal komplett zu erneuern, was einem Barwert von 19.362,94€ oder 132,81€/m² WNFL entspricht. Die Herstellkosten stellen mit 75.98% den größten Kostenanteil dar, während die laufenden Instandhaltungskosten mit 6,39% zu bewerten sind. Die Kostenanteile sind in Tabelle 24 aufgelistet. Die prozentuale Verteilung ist in Diagramm 13 dargestellt.

Kostenanteile	Barwert gesamt	Barwert / m ² WNFL
Herstellkosten	65 259,55 €	447,63 €
Barwert für Instandhaltung	6 202,57 €	42,54 €
Barwert für Erneuerung	19 362,94 €	132,81 €
Summe	90 825,06 €	622,99 €

Tabelle 24: Lebenszykluskosten für Holzständerwand, 16cm mit WDVS, 6cm Weichfaser (eigene Darstellung)

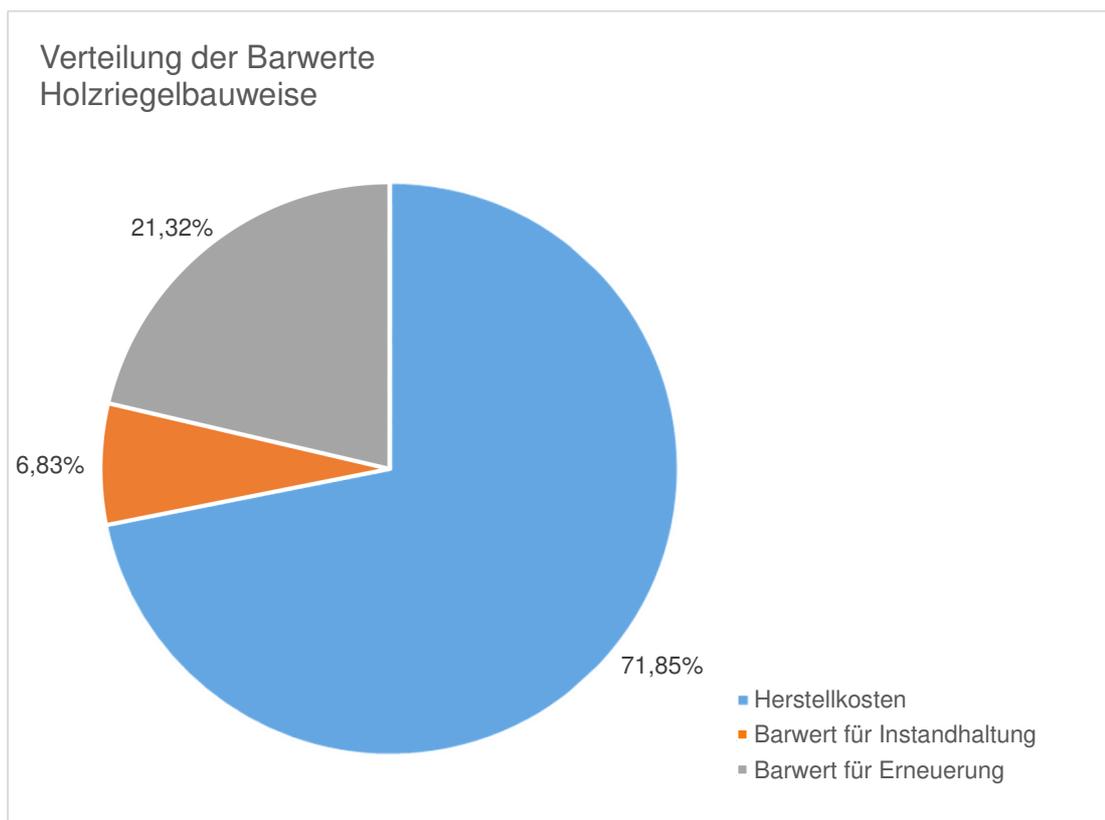


Diagramm 13: Darstellung Verteilung der Barwerte für Holzständerwand, 16cm mit WDVS, 6cm Weichfaser (eigene Darstellung)

6 Diskussion

Im Folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Lebenszykluskosten-Berechnung, Ökoindex3 (OI3) und Entsorgungsindex (EI) ausgewertet.

6.1 Bewertung der ökologische Auswirkungen

Um den ökologisch besten Wandaufbau zu bestimmen, werden die ermittelten Werte der einzelnen Wandaufbauten auf das arithmetische Mittel aller untersuchten Wandaufbauten bezogen. Ein Ergebnis größer 1 bedeutet, dass der Wandaufbau schlechter abschneidet als der gemittelte, durchschnittliche Wandaufbau.

Tabelle 25 zeigt sehr deutlich, wie sich die einzelnen Indikatoren im Verhältnis zum Durchschnittswert verhalten. Die geringste ökologische Auswirkung erzeugt die Holzständerwand. Das gewichtete Mittel aus OI3 und EI_{KON} ist in Relation zu den arithmetischen Mittelwerten der einzelnen Wandaufbauten um 39% geringer. Am schlechtesten schneidet die Betonwand mit 22cm Dämmung ab. Sie ist um 44% schlechter als der durchschnittliche Wandaufbau.

	OI3 (gewichtet)	EI _{KON} (gewichtet)	Summe	Mittel
Ziegel 50cm	108%	45%	153%	76%
Ziegel 38cm Mineralwolle gefüllt	141%	37%	179%	89%
Ziegel, 18cm EPS-F	92%	147%	239%	119%
Ziegel, 14cm EPS-F+	84%	121%	205%	102%
Ziegel, Hanf	93%	90%	183%	91%
Beton, 22cm EPS-F	120%	167%	287%	144%
Beton, 16cm EPS-F+	105%	128%	233%	117%
Holzständerwand	57%	65%	122%	61%

Tabelle 25: Darstellung der gewichteten Indikatoren und Mittelwerte (eigene Darstellung)

Unter ökologischen Gesichtspunkten ist der Holzständerwand der Vorzug zu geben. Sie stellt den ökologisch besten Wandaufbau dar.

6.2 Bewertung der ökonomischen Auswirkungen

Um den ökonomisch besten Wandaufbau zu ermitteln, werden die Kosten über den gesamten Lebenszyklus betrachtet. Berücksichtigt man die laufenden Erhaltungskosten und die Kosten für die Erneuerung des Wärmedämmverbundsystems bzw. des Putzsystems, so fallen für das Ziegelmauerwerk mit EPS-F-Dämmung mit 69.818,94€ die geringsten Kosten an. Knapp dahinter ist allerdings die Ziegelwand mit EPS-F+-Dämmung mit 72.891,37€.

Den letzten Platz nimmt die Ziegelwand mit Hanf ein. Die Lebenszykluskosten summieren sich auf 121.910,70€.

In Diagramm 14 ist zu sehen, dass die beiden Systeme „Ziegel mit EPS-F“ sehr knapp beieinander liegen und sich recht deutlich von den übrigen Wandaufbauten absetzen. Blendet man diese beiden Systeme sowie die Hanfdämmung als weiteres Extrem aus, beträgt die Abweichung vom Mittelwert bei den anderen Systemen nur +-5%.

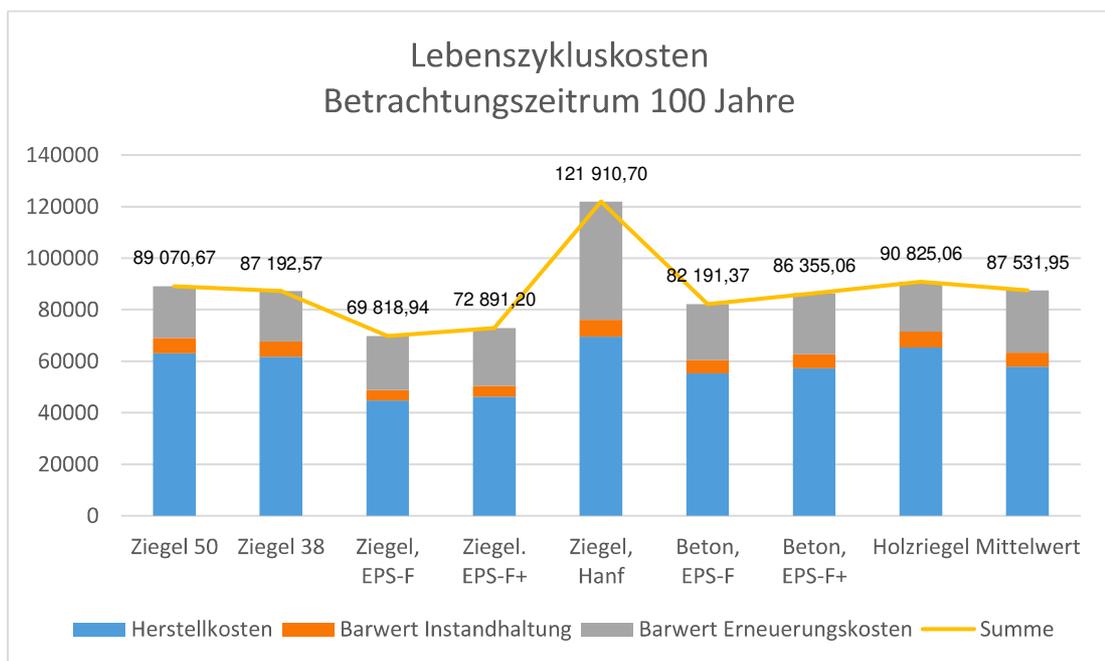


Diagramm 14: Vergleich der Lebenszykluskosten (eigene Darstellung)

Unter ökonomischen Gesichtspunkten ist der Ziegelwand mit EPS-F Wärmedämmverbundsystem der Vorzug zu geben. Sie stellt den ökonomisch besten Wandaufbau dar.

6.3 Bewertung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen

Während zuvor die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen getrennt bewertet wurden, soll nun aus den gewichteten Ergebnissen aus OI3 und EI_{KON} sowie dem gewichteten Wert der Lebenszykluskosten der Wandaufbau mit der besten Gesamtperformance ermittelt werden.

Wie in Tabelle 26 ersichtlich, liegt die Holzständerwand mit einem Ergebnis von 82% auf dem ersten Platz. Nur unwesentlich dahinter liegt mit 89% die monolithische Ziegelwand mit 50cm. Beide Wandaufbauten schneiden bei der ökonomischen Performance ähnlich ab, allerdings sind die Auswirkungen der Holzständerwand auf die Umwelt wesentlich geringer. Während der mit Mineralwolle gefüllte Ziegel vergleichbare Lebenszykluskosten verursacht, sind hier die Umweltwirkungen wesentlich größer. Sehr deutlich abgeschlagen auf den letzten beiden Plätzen liegen der Ziegel mit Hanfdämmung und die Betonwand mit EPS-F-Dämmung. Während die Umweltwirkungen der Hanfdämmung noch unter dem Durchschnitt liegen, weist sie die höchsten Lebenszykluskosten auf. Genau umgekehrt verhält sich die Betonwand mit EPS-F-Dämmung. Die Lebenszykluskosten sind geringer als der Durchschnitt, allerdings sind die Umweltwirkungen mit Abstand am größten.

	OI3 + EI _{KON} (gewichtet)	LCC (gewichtet)	Summe	Mittel
Ziegel 50cm	76%	102%	178%	89%
Ziegel 38cm Mineralwolle gefüllt	89%	100%	189%	94%
Ziegel, 18cm EPS-F	119%	80%	199%	99%
Ziegel, 14cm EPS-F+	102%	83%	185%	93%
Ziegel, Hanf	91%	139%	230%	115%
Beton, 22cm EPS-F	144%	94%	238%	119%
Beton, 16cm EPS-F+	117%	99%	216%	108%
Holzständerwand	61%	104%	165%	82%

Tabelle 26: Darstellung der gewichteten Indikatoren, Lebenszykluskosten und Mittelwerte (eigene Darstellung)

Unter Berücksichtigung der ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkte ist der Holzständerwand der Vorzug zu geben. Sie stellt den Wandaufbau mit der besten Gesamtperformance dar.

7 Analyse der gewählten Methoden

Gemäß den verwendeten Methoden und getroffenen Parametern lassen sich die Wandaufbauten nun quantifizieren, reihen und somit auch einem Laien schnell begreifbar machen. Allerdings gibt es einige Parameter, deren Bestimmung sich als schwierig erwies und die zudem das Ergebnis sehr stark beeinflussen.

7.1 Auswirkung Zinssatz in der Lebenszykluskostenberechnung

Kaum eine Stellschraube bietet so viel Spielraum wie der kalkulatorische Zinssatz für die Barwertberechnung. Orientiert man sich an Zertifizierungssystemen, so ist gemäß der österreichischen Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft (ÖGNI) als Kalkulationszinssatz 5,5% zu verwenden. (Österreichische Gesellschaft für nachhaltige Immobilien 2014, 7).

Die ÖNORM B1801-4 empfiehlt die Sekundärmarktrendite Bund (SMR) zum aktuellen Zeitpunkt oder deren Durchschnittswert der letzten 3 Jahre als Basis heranzuziehen. („ÖNORM B 1801-4“ 2014, 11). Hierzu ist allerdings festzuhalten, dass die Sekundärmarktrendite Bund mit Ende März 2015 eingestellt wurde und an deren Stelle die umlaufgewichtete Durchschnittsrendite für Bundesanleihen (UDRB) getreten ist. Per Juli 2018 beträgt der Zinssatz 0,264%. Bildet man den Durchschnitt der letzten 3 Jahre, so kommt man auf einen Wert von 0,207%. („Umlaufgewichtete Durchschnittsrendite für Bundesanleihen (Periodendurchschnitte)“ 2018).

Als ein weiterer Index für die Prognose der Zukunft kann der SWAP-Satz (EUR) 25 Jahre gelten. Er definiert einen fixen Zinssatz, den ausgewählte Banken bereit sind, für bestimmte Laufzeiten zu bezahlen. Mit Juli 2018 lag er bei ca. 1,45%. („SWAP-SATZ (EUR) 25 JAHRE - derStandard.at › Wirtschaft › Finanzen › Kursinfo › Wertpapiere“ 2018)

Während ein extrem geringer Zinssatz zur Folge hat, dass der Barwert für die Erneuerung am Ende des Lebenszyklus sehr hoch ausfällt, bewirkt ein extrem hoher Zinssatz, dass sich die Erneuerungskosten als sehr geringer Bestandteil der Lebenszykluskosten darstellen. Hier besteht somit die Gefahr, mit einer unreflektierten Annahme unbeabsichtigt zu einem verfälschten Ergebnis zu kommen. Gleichzeitig kann der Zinssatz dazu verwendet werden, das Ergebnis in eine gewünschte Richtung zu lenken. So könnte ein zu hoher Zinssatz beispielsweise dazu verwendet werden, die Auswirkung von hohen Herstellkosten zu kaschieren.

7.2 Austauschzyklus von Bauteilen

Während sich der Zinssatz nur auf die Lebenszykluskosten auswirkt, beeinflusst die gewählte Lebensdauer sowohl die ökologische als auch die ökonomische Performance. Als Grundlage dienen hier oft Bewertungshilfsmittel wie zum Beispiel der Nutzungsdauerkatalog des Steirischen Sachverständigen-Verbandes.

Jedoch sind hier ebenfalls keine fixen Werte zu finden, da es sich nur um „von bis“ Angaben handelt. Auch hier kann es zu bewussten oder unbewussten Verzerrungen des Ergebnisses kommen.

Gerade bei Wärmedämmverbundsystemen zeigt sich die Schwierigkeit von langfristigen Erfahrungswerten, da manche Systeme einfach noch nicht so lange am Markt sind. Wärmedämmverbundsysteme im Allgemeinen werden beispielsweise seit den sechziger Jahren vom Fraunhofer Institut im Langzeitverhalten regelmäßig untersucht. So zeigt sich in den Untersuchungen, dass selbst 34 Jahre alte Fassadensysteme teilweise nach wie vor nahezu mängelfrei sind. (Künzel, Künzel, und Sedlbauer 2005)

Mit den seit der Einführung von derartigen Systemen gewonnenen Erkenntnissen in der Verarbeitung ist anzunehmen, dass auch Lebensdauern von 50 Jahre durchaus möglich sind. Dies setzt allerdings voraus, dass die jeweiligen Systeme ordnungsgemäß hergestellt wurden. Hier bleibt die Fehleranfälligkeit der unterschiedlichen Systeme unberücksichtigt. Besonders bei der Holzständerwand sind nachträgliche Änderungen auf der Baustelle oder in den Jahren der Nutzung sehr komplex, da hier, mehr als bei den anderen Wandaufbauten, der Ebene der Dampfbremse größte Bedeutung zukommt.

7.3 OI3 als Einzahlangabe

Für die Beurteilung der ökologischen Auswirkungen wurde der vom IBO entwickelte OI3 verwendet. Hierzu ist anzumerken, dass es sich um eine subjektive Gewichtung von 3 ausgewählten Indikatoren zur Beurteilung von Umweltwirkungen handelt. Wie schon bei Kalkulationszinssatz und Lebensdauer muss man sich auch hier bewusst sein, dass die Auswahl von 3 aus über 25 verfügbaren Indikatoren dazu geeignet ist, den Fokus der Beurteilung in eine bestimmte Richtung zu lenken.

Während in der Vergangenheit beispielsweise dem Phänomen des sauren Regens sehr viel mediale Berichterstattung eingeräumt wurde, liegt der Fokus seit einigen

Jahren auf der globalen Erwärmung. Beide Umweltauswirkungen finden Berücksichtigung im OI3 in Form des Versauerungs- und Treibhauspotentials.

Es ist allerdings zu diskutieren, ob in Anbetracht der durch die Klimaerwärmung verursachten Probleme der Fokus nicht auf eine Minimierung des Treibhauspotentials zu legen ist.

Wie sehr sich die Ergebnisse unterscheiden können, ist sehr gut in der Detailbetrachtung der Teilergebnisse des OI3 unter Punkt 5.1.1 zu erkennen. Will man zielgerichtet etwas gegen bestimmte Umweltauswirkungen unternehmen, erscheint es sinnvoll, Baustoffe zu wählen die ebendort eine möglichst geringe negative Auswirkung haben.

8 Schlussfolgerung

Wie eingangs beschrieben war ein Ziel dieser Arbeit, jene Wandaufbauten zu untersuchen, die von Kunden und Kundinnen besonders häufig angefragt werden.

Hinsichtlich der Lebenszykluskosten kam es dabei zu keinem überraschenden Ergebnis. Der günstigste Wandaufbau ist jener mit 25cm Ziegel und EPS-F Dämmung. Betrachtet man rein die Herstellkosten, so ist er rund 23% günstiger als der durchschnittliche Wandaufbau. Dies deckt sich auch mit den Erfahrungswerten aus der Praxis.

Auf Seiten der ökologischen Performance gab es ebenfalls keine Überraschung. Hier setzt sich die Holzständerwand ebenfalls sehr souverän an die Spitze und weist fast 40% geringere Umweltwirkungen auf.

Unerwartet ist das gute Verwertungspotential der beiden monolithischen Ziegelwandaufbauten, die für eine ebenfalls sehr gute ökologische Performance sorgen.

Eigentlich nicht im Fokus meiner Arbeit war die Sommertauglichkeit der Wandaufbauten. Steigende Temperaturen im Sommer und wie damit umgegangen werden kann ist sicherlich ein Thema, mit dem sich die Planung und Bauphysik verstärkt auseinandersetzen wird müssen, um lange nutzbare Gebäude zu entwickeln. So war es sehr interessant zu sehen, dass sich gemäß der Temperatursimulation die Wahl der Wandaufbauten nur sehr eingeschränkt auf die tatsächlich vorherrschende Höchsttemperatur auswirkt. Vielmehr ist es unbedingt erforderlich, für eine entsprechende und funktionierende Nachtlüftung zu sorgen. Ist diese nicht gewährleistet, kommt es im Sommer zwangsläufig zur Überhitzung in den Räumen, unabhängig vom Wandaufbau. Funktioniert das Ausnützen der natürlichen Kältesenken in der Nacht, so erzielt man mit allen Wandaufbauten eine ähnliche Temperatur. Die Ergebnisse weisen hier eine maximale Spreizung von lediglich 0,6°C auf.

Die Ermittlung des OI3 und EI erwies sich als sehr unproblematisch. Die Abschätzung der ökologischen Auswirkungen wird über Tools wie Baubook.info, GEQ und eco2soft sehr vereinfacht. Gerade in der Planungsphase oder bei Beratungsgesprächen kann man den Kunden und Kundinnen somit schnell Möglichkeiten und Alternativen aufzeigen. Verbesserungsbedarf besteht allerdings bei der Einzahlangabe des OI3. Hier wäre es wünschenswert rasch erkennen zu können, warum ein Bauteil eine gute

oder schlechte OI3-Bewertung erhält. Es würde schon genügen, die Einzelindikatoren separat anzugeben und erst am Schluss einen OI3 darzustellen.

Es bleibt abzuwarten, inwiefern sich zum Beispiel durch den verstärkten Einsatz von Tools und Building Information Modeling (BIM) der Vergleich von Wandaufbauten, und in weiterer Folge ganzen Gebäudesystemen, weitestgehend automatisieren lässt.

Besonders schwierig zu treffen ist die Auswahl eines belastbaren Kalkulationszinssatzes und der Lebensdauer eines Bauteiles. Beides Bedarf eines Blickes in die Zukunft, mit dem noch niemand dienen kann.

9 Literaturverzeichnis

Bauer, Michael, Peter Möhle, und Michael Schwarz. 2013. *Green Building: Leitfaden für nachhaltiges Bauen*. 2. Aufl. Berlin: Springer.

Carlowitz, Hans Carl. 1713. *Sylvicultura Oeconomica*.

Deutscher Bundestag. 1998. „Konzept Nachhaltigkeit - Abschlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt - Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung““.

Google. 2018. „Screenshot einer Google-Suche“.

Hauff, Volker. 1987. *Unsere gemeinsame Zukunft : [der Brundtland-Bericht]*. Greven : Eggenkamp.

IG Lebenszyklus Bau. 2017. „Der Weg zum lebenszyklusorientierten Hochbau“.

IG Lebenszyklus Hochbau. 2014. „Lebenszykluskostenrechnung in der Vergabe“.

ImmobilienScout24. 2018. „Die große Lebenswelten-Wohnstudie: So wohnt Österreich - Der Traum vom eigenen Haus am Stadtrand oder in der Landgemeinde“. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180606_OTS0040 - abgerufen am 01.07.2018.

Klöpffer, Walter, und Birgit Grahl. 2009. *Ökobilanz (LCA): ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf*. Weinheim: Wiley-VCH.

Künzel, Helmut, Hartwig M Künzel, und Klaus Sedlbauer. 2005. „Langzeitverhalten von Wärmedämmverbundsystemen“, 2.

„Leitfaden zur Berechnung des Entsorgungsindikators EI Kon von Bauteilen und des Entsorgungsindikators EI10 auf Gebäudeebene“. 2018.

Lipp, Bernhard, Florit, und Dornigg. 2016. „Ökoindex 3 Anwendung - Grundlagen Berechnungsergebnisse Optimierung“. http://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/k2_OI3_broschure_anwendung_2017a.pdf - abgerufen am 25.03.2018.

Lipp, Bernhard, und Robert Stanek. 2012. „Oi3 Index - Einführung“. <https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/oekoindex-oi3/> - abgerufen am 29.06.2018.

Meadows, Dennis. 1972. *Die Grenzen des Wachstums : Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*. 17. Aufl.

„OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“. 2016.

„OIB-Richtlinie 5 - Schallschutz“. 2011.

„ÖNORM B 1801-1 Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung“. 2015.

„ÖNORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 2: Objekt-Folgekosten“. 2011.

„ÖNORM B 1801-4 Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten“. 2014.

„ÖNORM B 8110-3 Wärmeschutz im Hochbau Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung“. 2012.

„ÖNORM EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“. 2014.

„ÖNORM EN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode“. 2012.

„ÖNORM EN ISO 14040 Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen“. 2009.

„ÖNORM EN ISO 14044 Umweltmanagement – Ökobilanz Anforderungen und Anleitungen“. 2006.

Österreichische Gesellschaft für nachhaltige Immobilien, Hrsg. 2014. „ÖGNI Kriterium ECO1.1 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus“.

Österreichisches Institut für Bautechnik. 2015. „OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz“.

Passer, Alexander. 2009. „Bewertungsgrundlagen für Ökologie- und Nachhaltigkeit“.

„SWAP-SATZ (EUR) 25 JAHRE - derStandard.at › Wirtschaft › Finanzen › Kursinfo › Wertpapiere“. 2018. 22. August 2018.
<https://derstandard.at/kursinfo/wertpapierdetail.aspx?InstrumentId=2239867> - abgerufen am 22.08.2018.

„Umlaufgewichtete Durchschnittsrendite für Bundesanleihen (Periodendurchschnitte)“. 2018. 22. Februar 2018.
<https://www.oenb.at/isaweb/report.do?lang=DE&report=2.11.2> - abgerufen am 22.08.2018.

Wilhelm von Wedekind, Georg. 1847. *Forstwissenschaft*. Franckh.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vielfältig nachhaltig (Google 2018).....	2
Abbildung 2: Nachhaltigkeitsdreieck (eigene Darstellung).....	3
Abbildung 3: Vergleich der verschiedenen Zertifizierungssysteme für Nachhaltige Gebäude (Bauer, Möhle, und Schwarz 2013, 15).....	5
Abbildung 4: Grad der Beeinflussung der Erst- und Folgekosten über den Lebenszyklus von Gebäuden (IG Lebenszyklus Bau 2017, 6).....	6
Abbildung 5: Zusammenhang von Gesamtkosten der Errichtung und Folgekosten („ÖNORM B 1801-2“ 2011, 6).....	7
Abbildung 6: Planungssystem („ÖNORM B 1801-1“ 2015, 6).....	8
Abbildung 7: Kostengruppierung („ÖNORM B 1801-1“ 2015, 11).....	8
Abbildung 8: Gesamtkosten der Errichtung und Folgekosten („ÖNORM B 1801-2“ 2011, 5).....	9
Abbildung 9: Lebenszykluskosten als Kapitalfluss (Cash Flow) („ÖNORM B 1801-4“ 2014, 7).....	11
Abbildung 10: Lebenszykluskosten mit Abschreibung und Finanzierung („ÖNORM B 1801-4“ 2014, 8).....	11
Abbildung 11: „Konzeption der Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden“ („ÖNORM EN 15978“ 2012, 5).....	13
Abbildung 12: Stark vereinfachter Lebensweg eines Produktes (Klöpffer und Grahl 2009, 3).....	14
Abbildung 13: Phasen einer Ökobilanz („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 13).....	15
Abbildung 14: Vereinfachte Darstellung des Produktsystems PVC-Fenster (Klöpffer und Grahl 2009, 29).....	16
Abbildung 15: Arten der EPD nach einbezogenen Phasen des Lebenszyklus und Phasen des Lebenszyklus und Module für die Beschreibung und Beurteilung des Gebäudes („ÖNORM EN 15804“ 2014, 14).....	18
Abbildung 16: Schematische Darstellung eines Prozessmoduls (Klöpffer und Grahl 2009, 67).....	18
Abbildung 17: Bestandteile der Wirkungsabschätzphase („ÖNORM EN ISO 14040“ 2009, 21).....	19
Abbildung 18: Beziehung zwischen den Bestandteilen in der Komponente Auswertung und anderen Komponenten einer Ökobilanz (nach ISO 14044) (Klöpffer und Grahl 2009, 358).....	21
Abbildung 19: Bilanzgrenzen-Konzept (Lipp, Florit, und Dornigg 2016, 5).....	23
Abbildung 20: Umrechnungsfunktion PE _{lne} in MJ/m ² in OI _{PElne} Punkte („OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 10).....	25
Abbildung 21: Umrechnungsfunktion GWP in kg CO ₂ äqui. in OI _{GWP} – Punkte („OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 11).....	25
Abbildung 22: Umrechnungsfunktion AP in kg SO ₂ äqui. in OI _{AP} – Punkte („OI3-Indikator Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“ 2016, 11).....	26
Abbildung 23: Bewertungsmatrix für Entsorgungswege („Leitfaden zur Berechnung des Entsorgungsindikators EI Kon von Bauteilen und des Entsorgungsindikators EI10 auf Gebäudeebene“ 2018, 5).....	27
Abbildung 24: Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm (eigene Darstellung).....	30
Abbildung 25: Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle (eigene Darstellung).....	31
Abbildung 26: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 18cm EPS-F (eigene Darstellung).....	32

Abbildung 27: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 14cm EPS-F plus (eigene Darstellung)	33
Abbildung 28: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 20cm Hanf (eigene Darstellung).....	34
Abbildung 29: Stahlbetonwand, 20cm mit Wärmedämmverbundsystem, 22cm EPS-F (eigene Darstellung).....	35
Abbildung 30: Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus (eigene Darstellung)	36
Abbildung 31: Holzständerwand, 16cm mit Wärmedämmverbundsystem, 6cm Weichfaser (eigene Darstellung)	37

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wandaufbau Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm.....	30
Tabelle 2: Kennwerte Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm.....	30
Tabelle 3: Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle	31
Tabelle 4: Kennwerte Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle	31
Tabelle 5: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 18cm EPS-F32	
Tabelle 6: Kennwerte Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 18cm EPS-F	32
Tabelle 7: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 14cm EPS-F plus	33
Tabelle 8: Kennwerte Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 14cm EPS-F plus	33
Tabelle 9: Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 20cm Hanf ..	34
Tabelle 10: Kennwerte Ziegelmauerwerk, 25cm mit Wärmedämmverbundsystem, 20cm Hanf	34
Tabelle 11: Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F.....	35
Tabelle 12: Kennwerte Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F.....	35
Tabelle 13: Stahlbetonwand, 20cm mit Wärmedämmverbundsystem, 16cm EPS-F plus	36
Tabelle 14: Kennwerte Stahlbetonwand, 20cm mit Wärmedämmverbundsystem, 16cm EPS-F plus	36
Tabelle 15: Holzständerwand, 16cm mit Wärmedämmverbundsystem, 6cm Weichfaser	37
Tabelle 16: Kennwerte Holzständerwand, 16cm mit Wärmedämmverbundsystem, 6cm Weichfaser	37
Tabelle 17: Lebenszykluskosten für Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm (eigene Darstellung)	45
Tabelle 18: Lebenszykluskosten für Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle (eigene Darstellung)	46
Tabelle 19: Lebenszykluskosten für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 18cm EPS- F (eigene Darstellung).....	47
Tabelle 20: Lebenszykluskosten für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 14cm EPS- F plus (eigene Darstellung)	48
Tabelle 21: Lebenszykluskosten für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 20cm Hanf (eigene Darstellung).....	49
Tabelle 22: Lebenszykluskosten für Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F (eigene Darstellung).....	50
Tabelle 23: Lebenszykluskosten für Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus (eigene Darstellung)	51
Tabelle 24: Lebenszykluskosten für Holzständerwand, 16cm mit WDVS, 6cm Weichfaser (eigene Darstellung)	52
Tabelle 25: Darstellung der gewichteten Indikatoren und Mittelwerte (eigene Darstellung)	53
Tabelle 26: Darstellung der gewichteten Indikatoren, Lebenszykluskosten und Mittelwerte (eigene Darstellung).....	55

12 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Vergleich $\Delta OI3$ Wandaufbauten (eigene Darstellung).....	39
Diagramm 2: Vergleich PENRT Wandaufbauten (eigene Darstellung).....	40
Diagramm 3: Vergleich GWP Wandaufbauten (eigene Darstellung)	41
Diagramm 4: Vergleich AP Wandaufbauten (eigene Darstellung)	42
Diagramm 5: Vergleich EI_{KON} Wandaufbauten (eigene Darstellung).....	43
Diagramm 6: Darstellung Verteilung der Barwerte für Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm (eigene Darstellung).....	45
Diagramm 7: Darstellung Verteilung der Barwerte für Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle (eigene Darstellung) ...	46
Diagramm 8: Darstellung Verteilung der Barwerte für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 18cm EPS-F (eigene Darstellung)	47
Diagramm 9: Darstellung Verteilung der Barwerte für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 14cm EPS-F plus (eigene Darstellung).....	48
Diagramm 10: Darstellung Verteilung der Barwerte für Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 20cm Hanf (eigene Darstellung)	49
Diagramm 11: Darstellung Verteilung der Barwerte für Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F (eigene Darstellung)	50
Diagramm 12: Darstellung Verteilung der Barwerte für Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus (eigene Darstellung).....	51
Diagramm 13: Darstellung Verteilung der Barwerte für Holzständerwand, 16cm mit WDVS, 6cm Weichfaser (eigene Darstellung)	52
Diagramm 14: Vergleich der Lebenszykluskosten (eigene Darstellung).....	54

13 Anhänge

Anhang 1: Auszug Einreichplan

Anhang 2: Nachweis sommerliche Überwärmung

Anhang 3: Nachweise Schallschutz

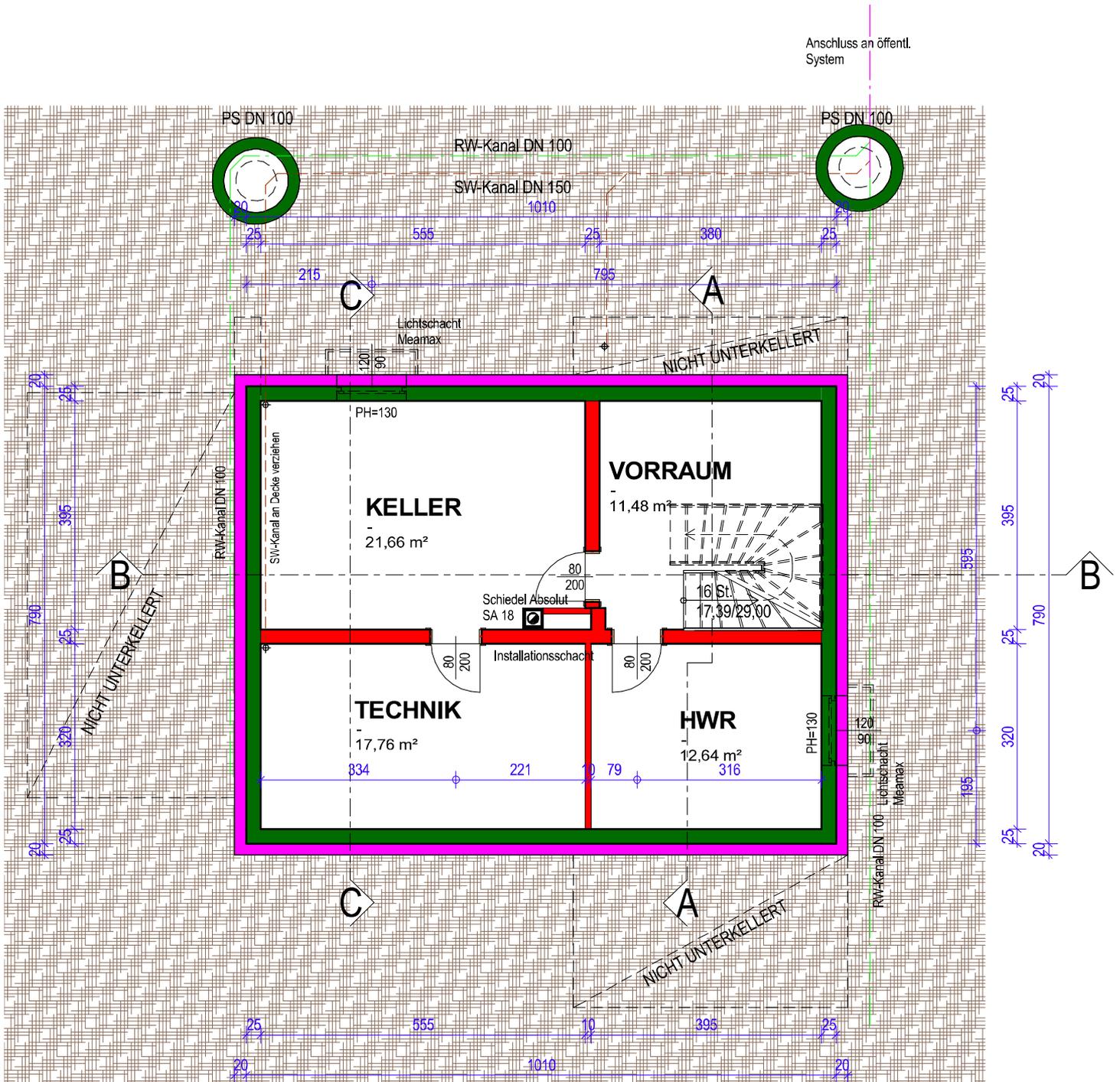
Anhang 4: Nutzungsdauern

Anhang 5: Berechnung Lebenszykluskosten

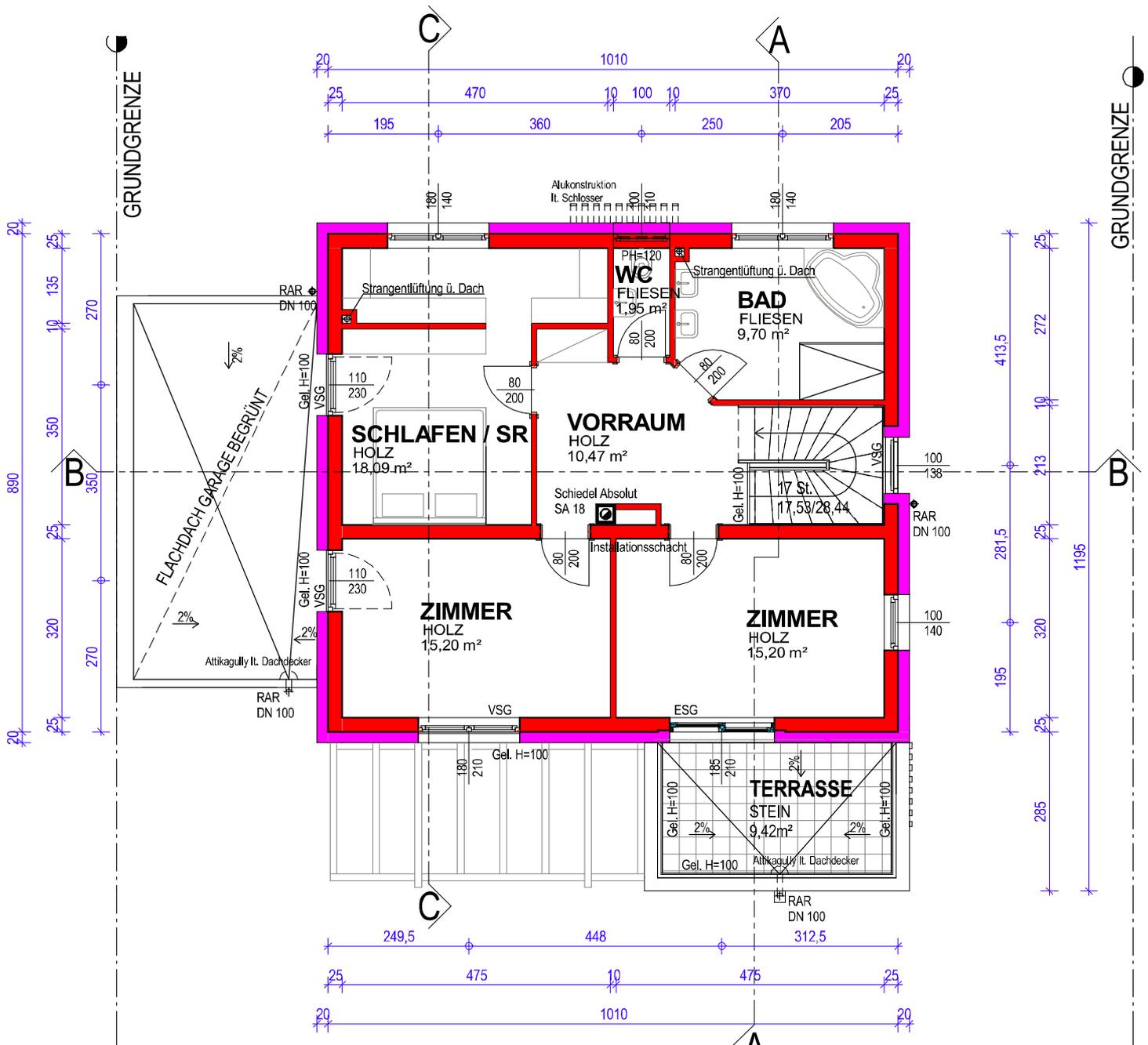
Anhang 6: Preisspiegel

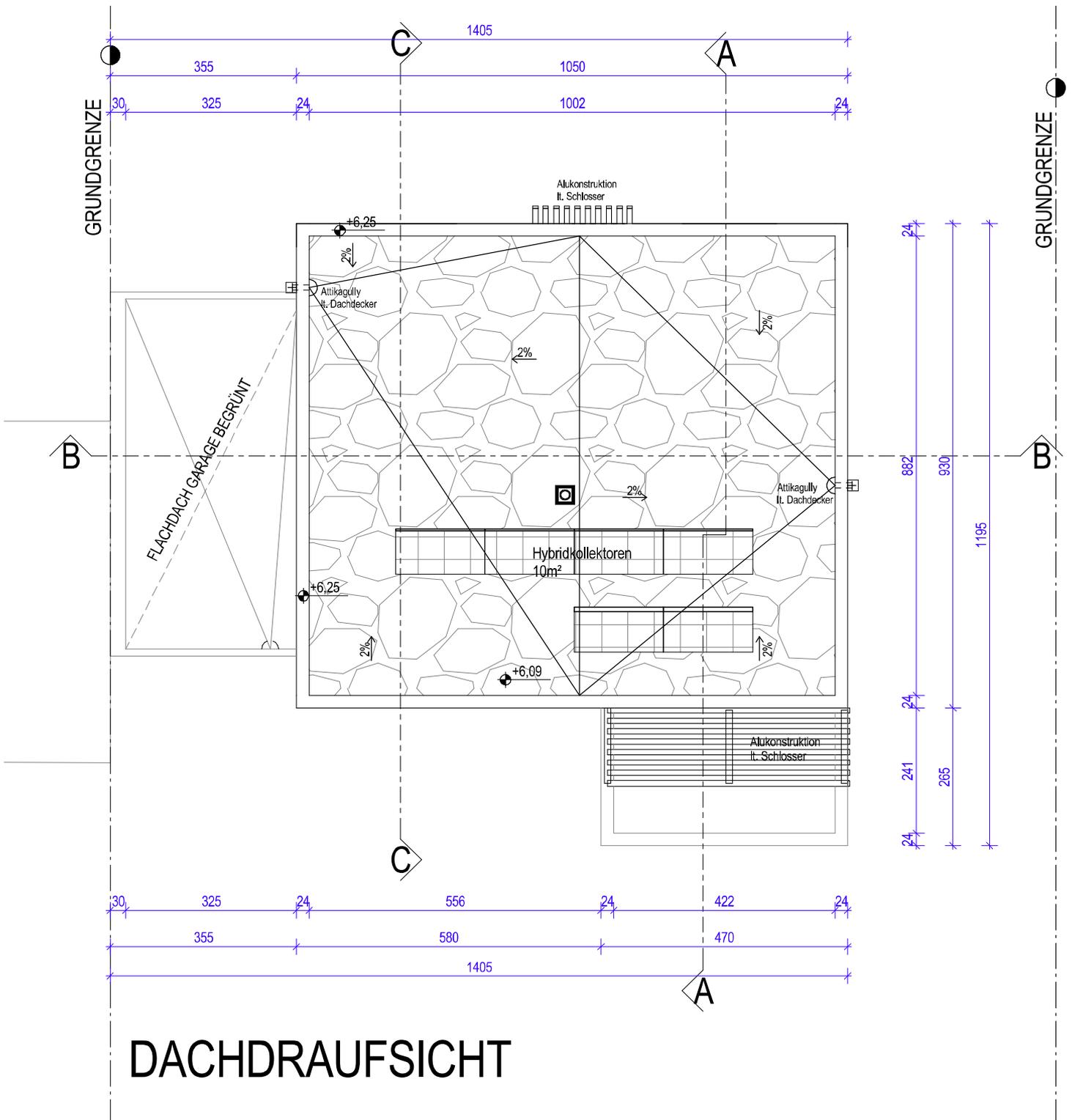
Anhang 7: Ergebnisse Ökobilanz

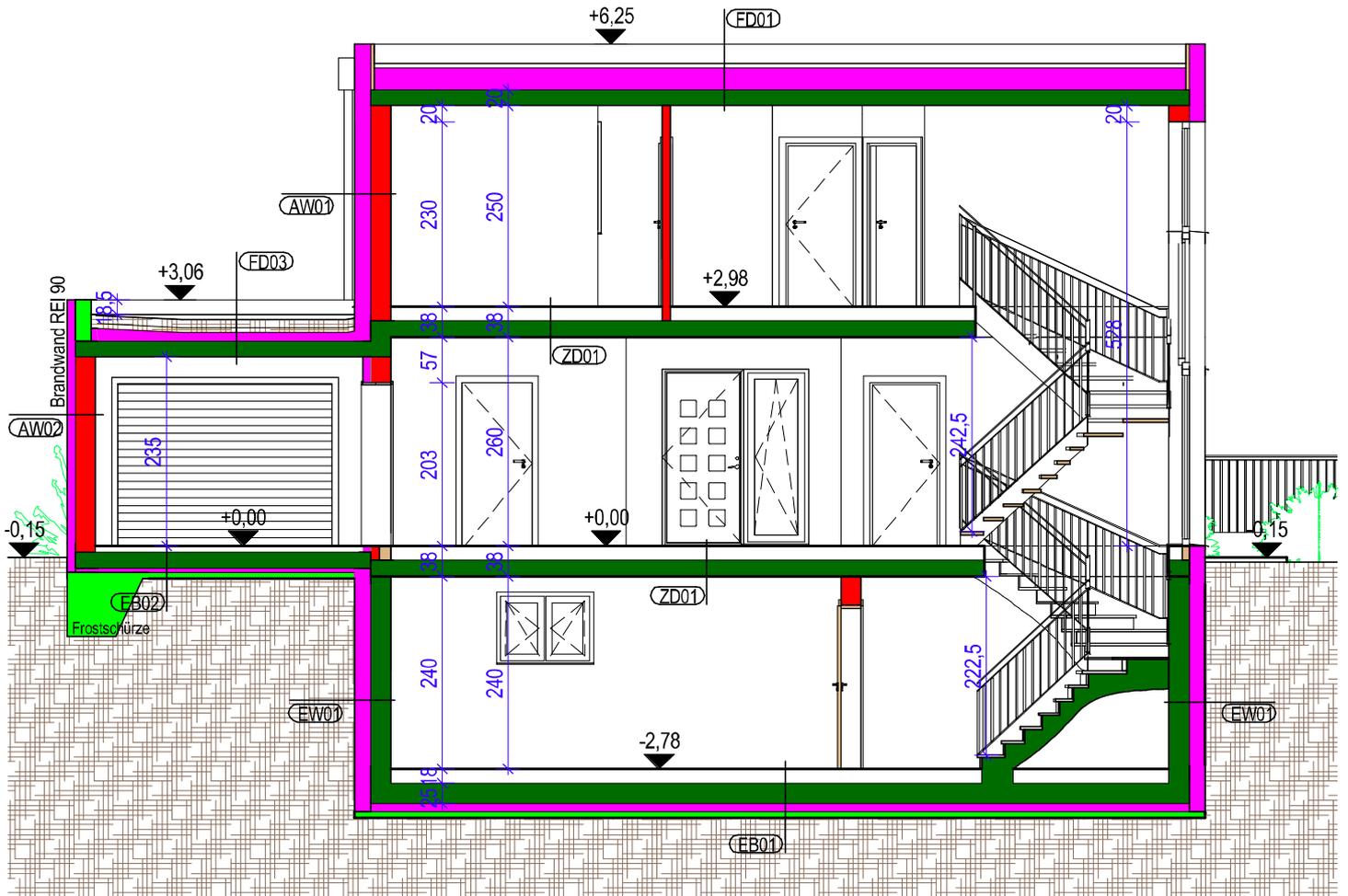
Anhang 1 – Auszug Einreichplan



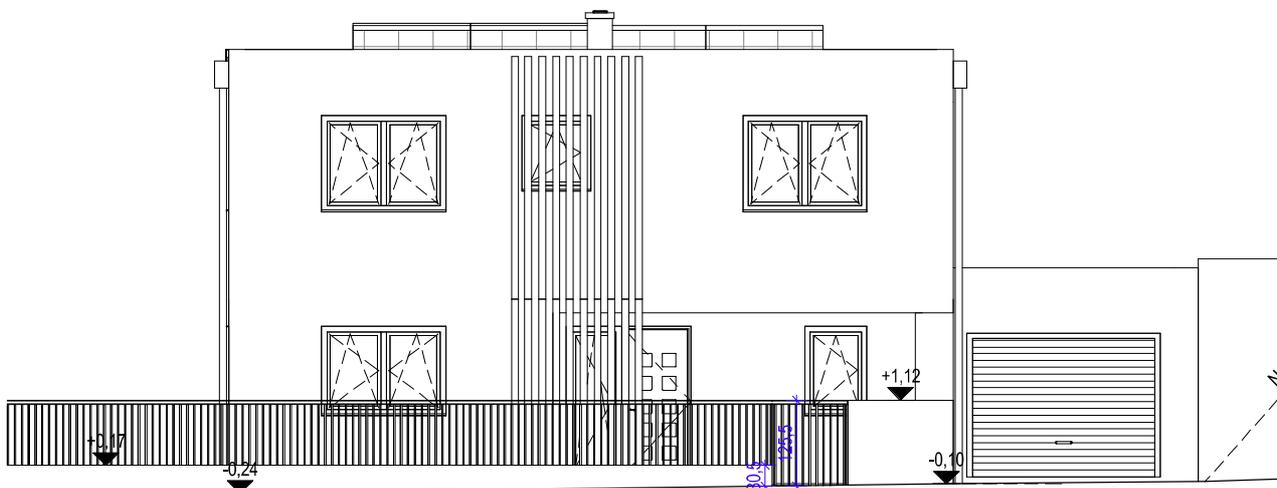
KELLER



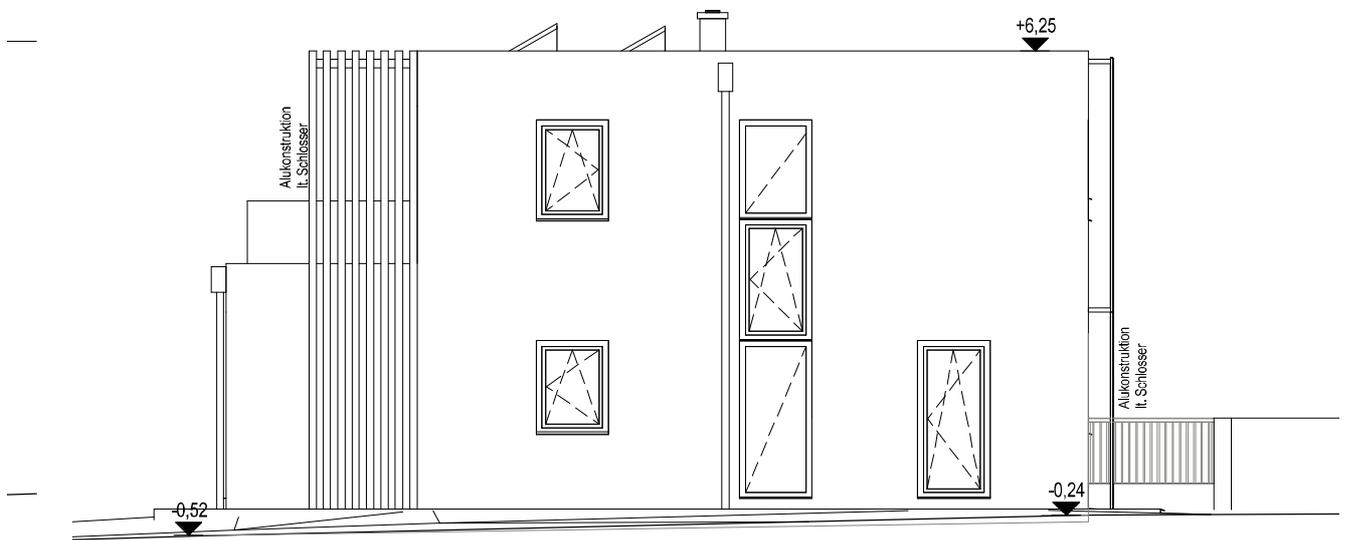




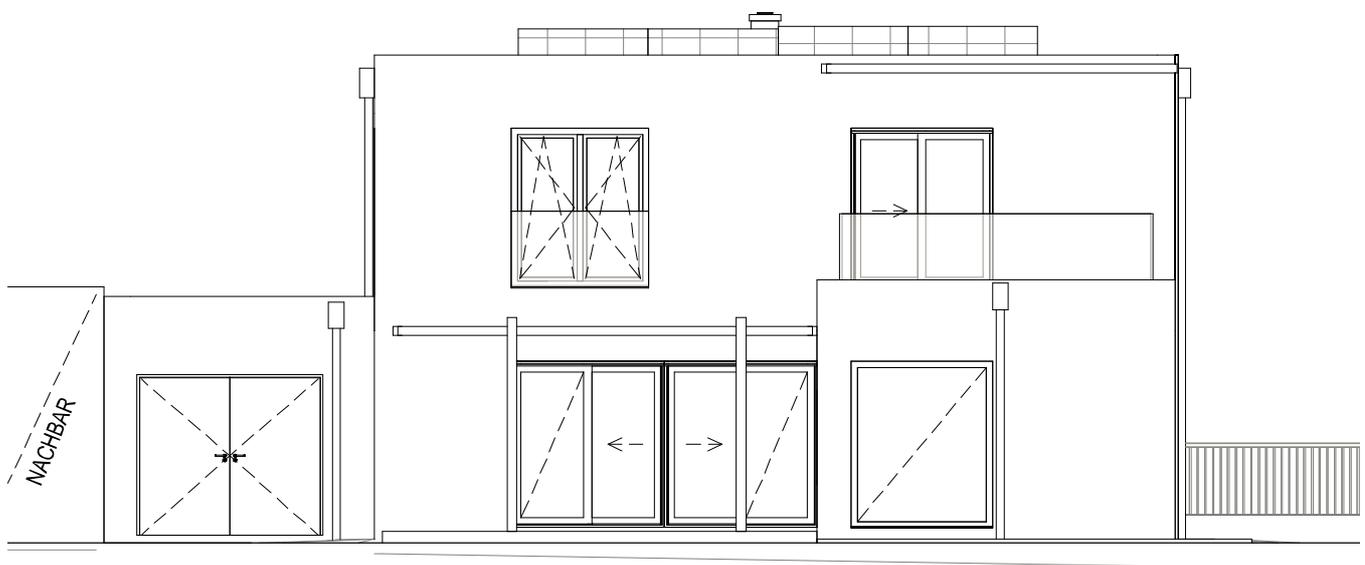
SCHNITT B-B



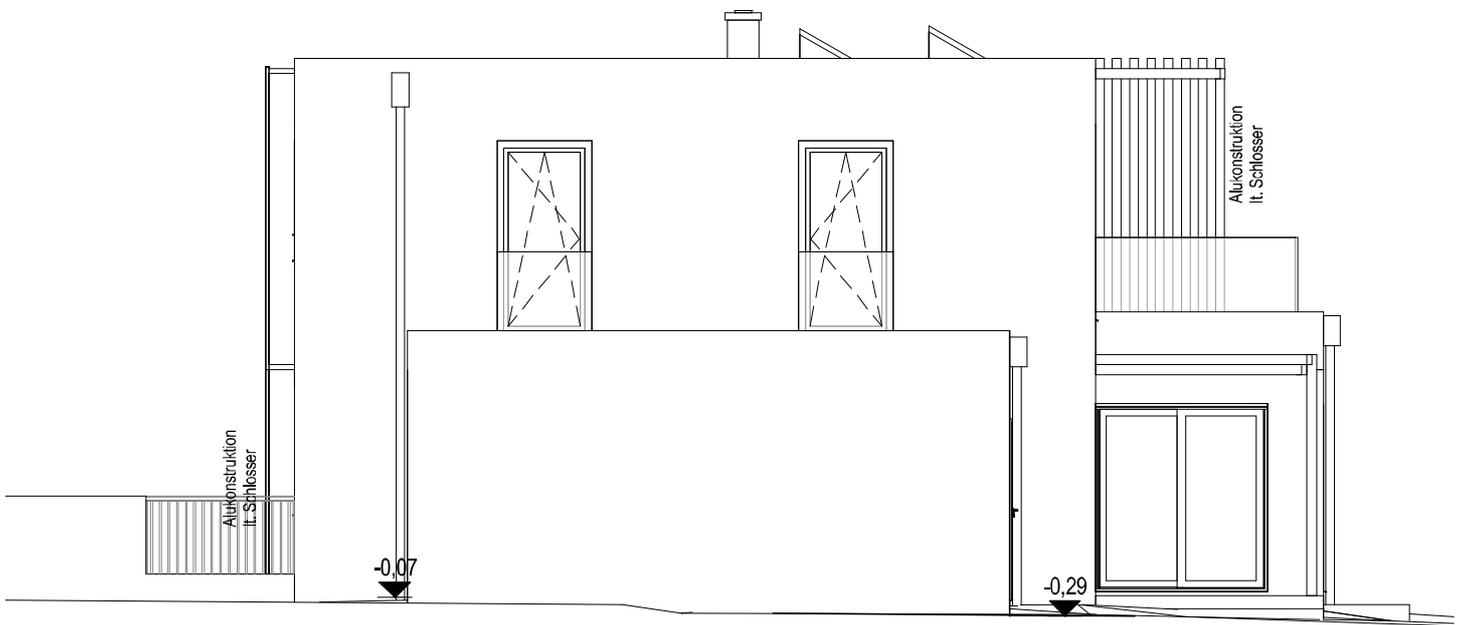
ANSICHT NORD



ANSICHT OST



ANSICHT SÜD

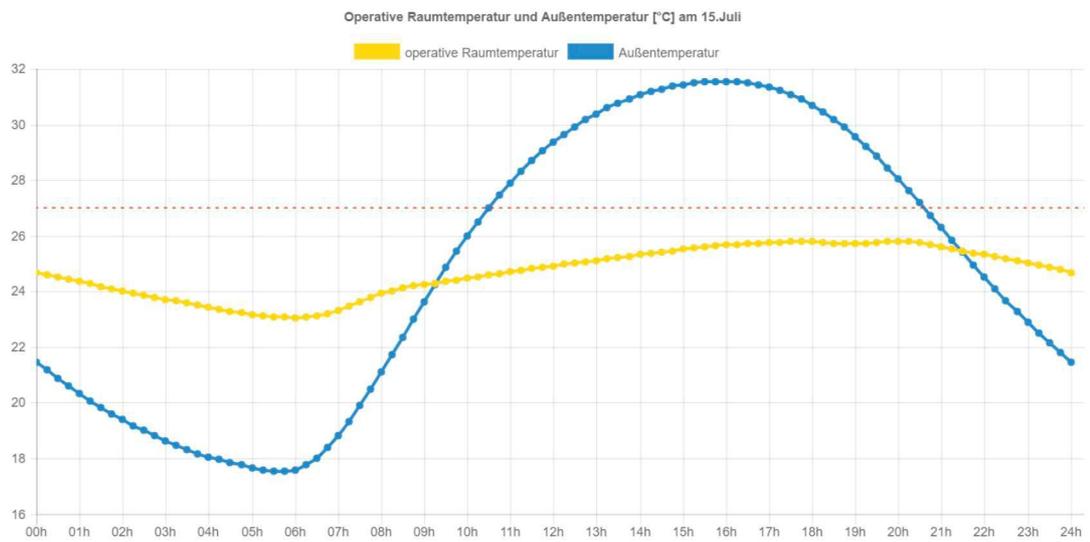


ANSICHT WEST

Anhang 2 – Nachweis sommerliche Überwärmung

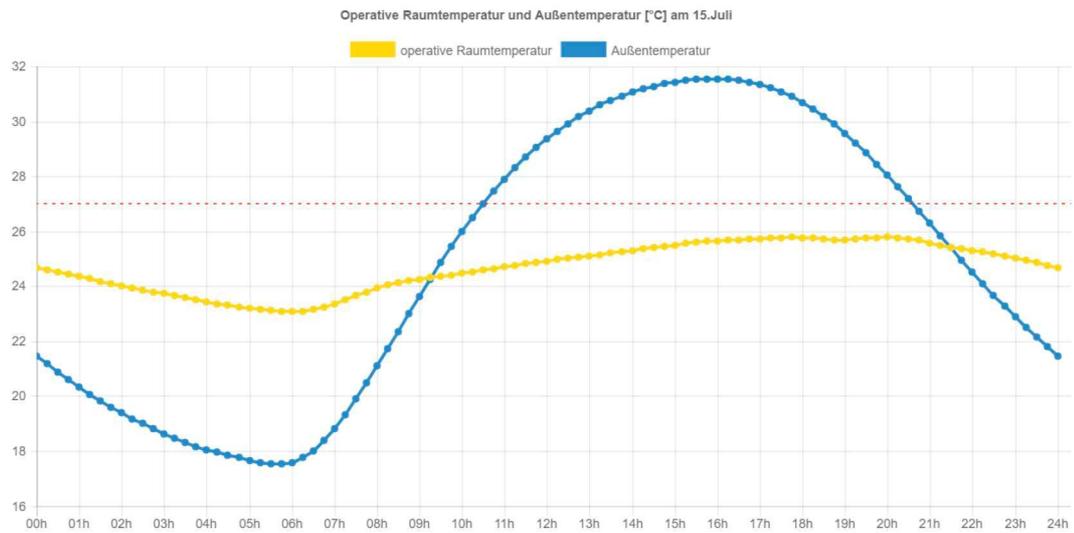
Anhang 2 – Nachweis sommerliche Überwärmung

Ziegelmauerwerk, monolithisch, 50cm



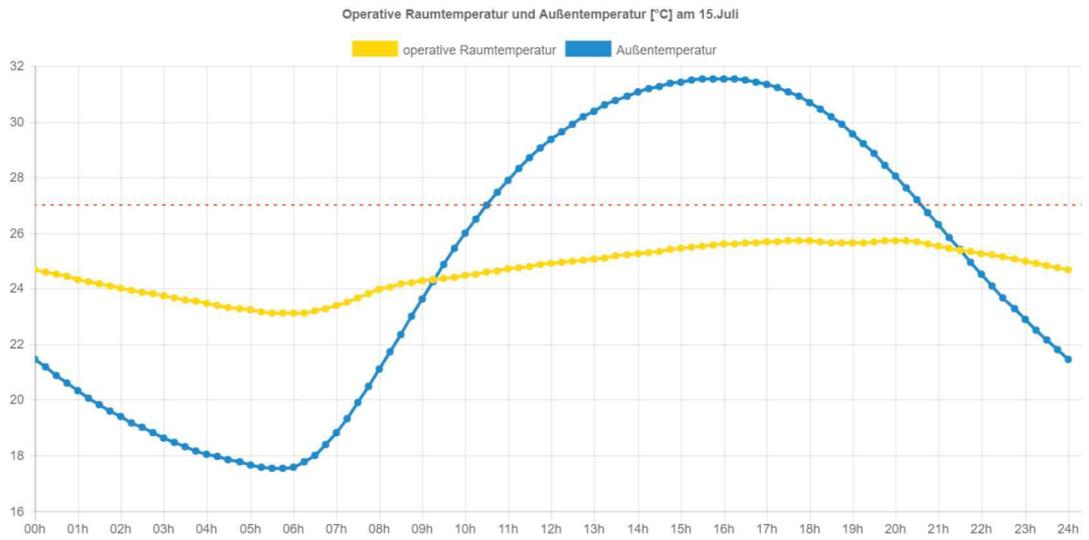
t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	21.5	24.7	12:00	29.4	24.9
1:00	20.3	24.4	13:00	30.4	25.1
2:00	19.4	24.0	14:00	31.1	25.3
3:00	18.6	23.7	15:00	31.4	25.5
4:00	18.0	23.4	16:00	31.6	25.7
5:00	17.7	23.2	17:00	31.3	25.7
6:00	17.6	23.1	18:00	30.7	25.8
7:00	18.8	23.3	19:00	29.6	25.7
8:00	21.1	23.9	20:00	28.0	25.8
9:00	23.6	24.2	21:00	26.3	25.6
10:00	26.0	24.5	22:00	24.5	25.3
11:00	27.9	24.7	23:00	22.9	25.0

Ziegelmauerwerk, monolithisch, 38cm, verfüllt mit Mineralwolle



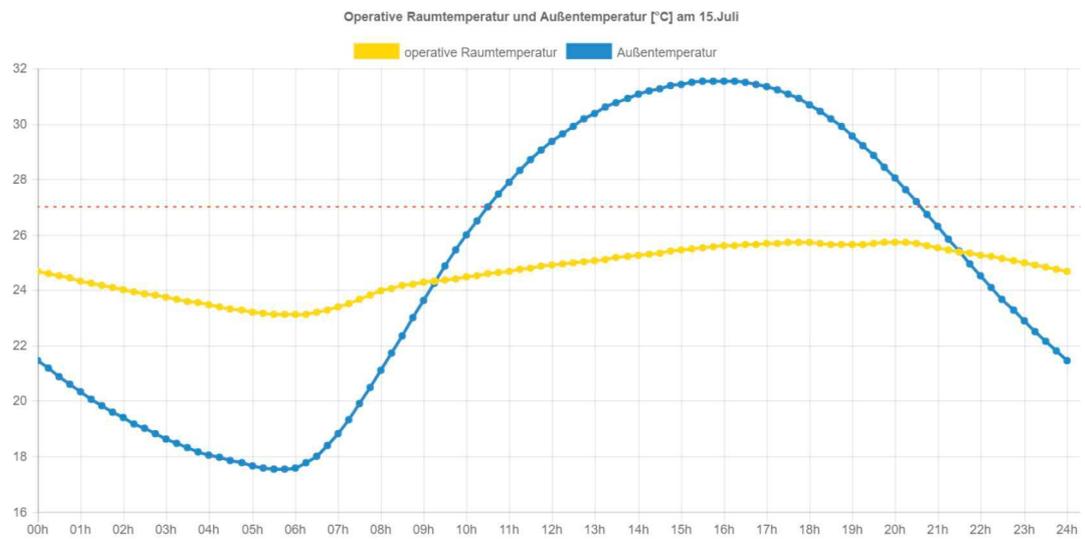
t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	21.5	24.7	12:00	29.4	24.9
1:00	20.3	24.3	13:00	30.4	25.1
2:00	19.4	24.0	14:00	31.1	25.3
3:00	18.6	23.7	15:00	31.4	25.5
4:00	18.0	23.4	16:00	31.6	25.7
5:00	17.7	23.2	17:00	31.3	25.7
6:00	17.6	23.1	18:00	30.7	25.8
7:00	18.8	23.3	19:00	29.6	25.7
8:00	21.1	23.9	20:00	28.0	25.8
9:00	23.6	24.2	21:00	26.3	25.6
10:00	26.0	24.5	22:00	24.5	25.3
11:00	27.9	24.7	23:00	22.9	25.0

Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 18cm EPS-F



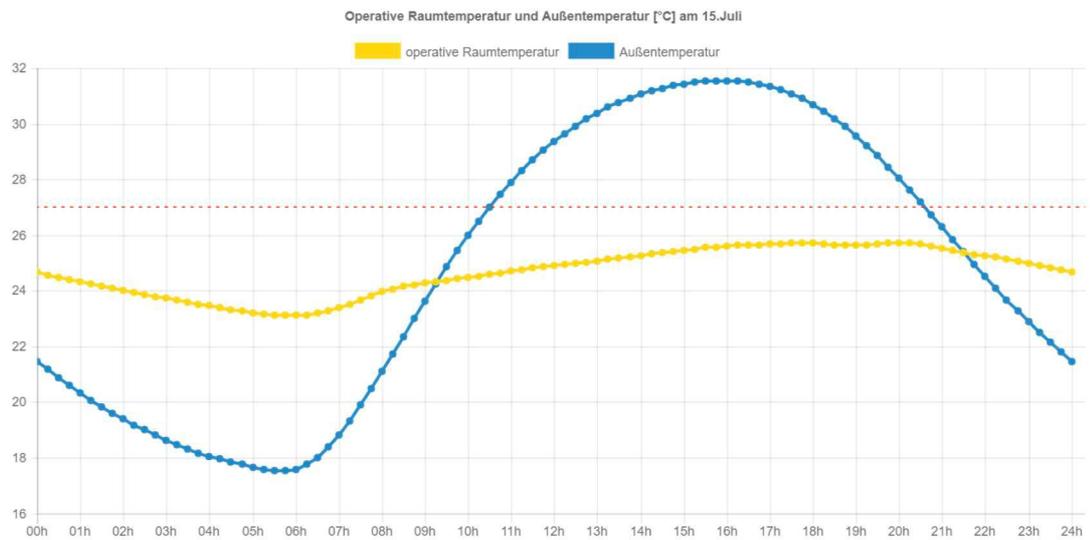
t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	21.5	24.7	12:00	29.4	24.9
1:00	20.3	24.3	13:00	30.4	25.1
2:00	19.4	24.0	14:00	31.1	25.3
3:00	18.6	23.7	15:00	31.4	25.4
4:00	18.0	23.5	16:00	31.6	25.6
5:00	17.7	23.2	17:00	31.3	25.7
6:00	17.6	23.1	18:00	30.7	25.7
7:00	18.8	23.4	19:00	29.6	25.6
8:00	21.1	24.0	20:00	28.0	25.7
9:00	23.6	24.3	21:00	26.3	25.5
10:00	26.0	24.5	22:00	24.5	25.3
11:00	27.9	24.7	23:00	22.9	25.0

Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 14cm EPS-F plus



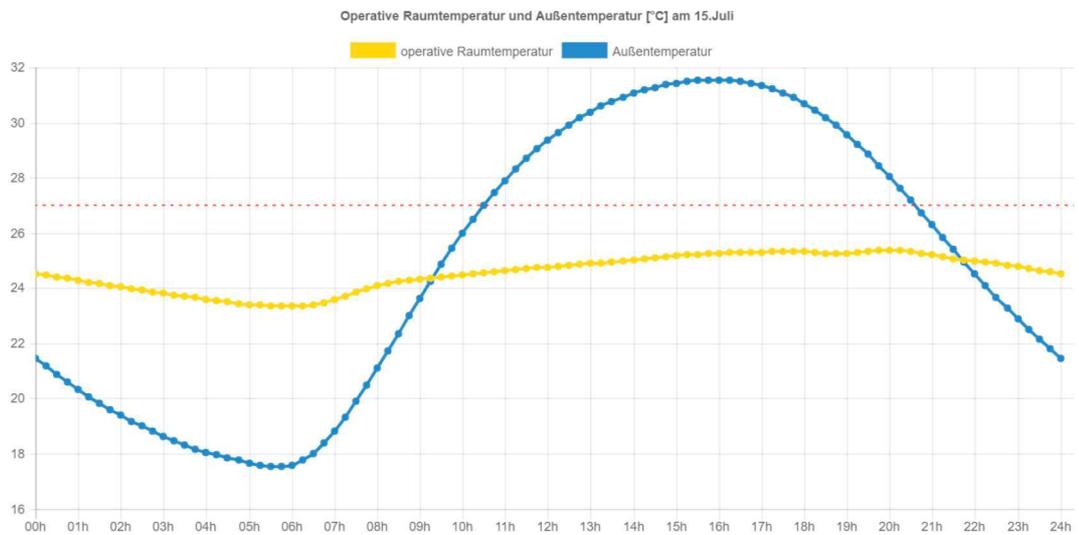
t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	21.5	24.7	12:00	29.4	24.9
1:00	20.3	24.3	13:00	30.4	25.1
2:00	19.4	24.0	14:00	31.1	25.3
3:00	18.6	23.7	15:00	31.4	25.4
4:00	18.0	23.5	16:00	31.6	25.6
5:00	17.7	23.2	17:00	31.3	25.7
6:00	17.6	23.1	18:00	30.7	25.7
7:00	18.8	23.4	19:00	29.6	25.6
8:00	21.1	24.0	20:00	28.0	25.7
9:00	23.6	24.3	21:00	26.3	25.5
10:00	26.0	24.5	22:00	24.5	25.3
11:00	27.9	24.7	23:00	22.9	25.0

Ziegelmauerwerk, 25cm mit WDVS, 20cm Hanf



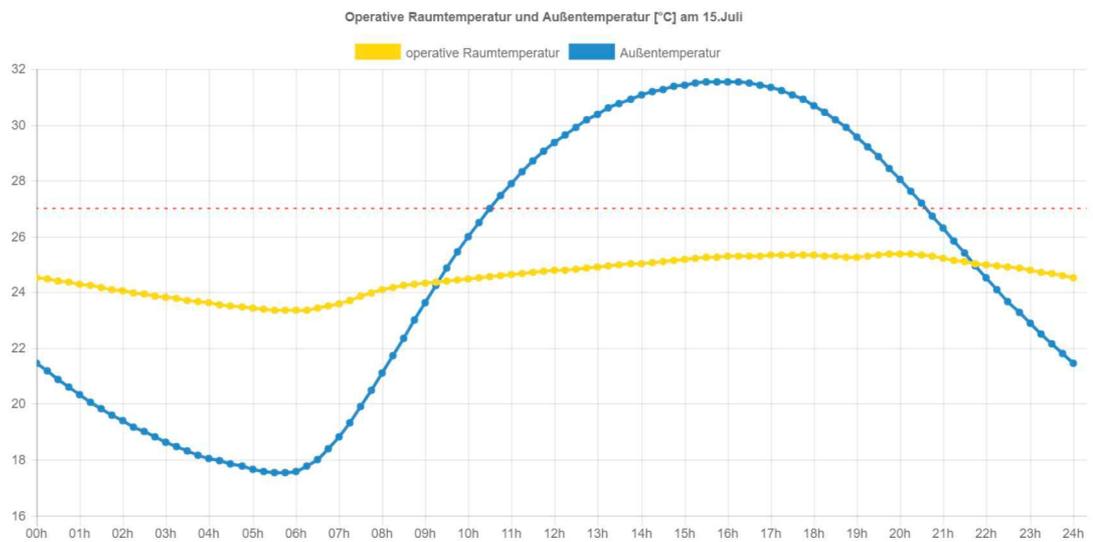
t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	21.5	24.7	12:00	29.4	24.9
1:00	20.3	24.3	13:00	30.4	25.1
2:00	19.4	24.0	14:00	31.1	25.3
3:00	18.6	23.7	15:00	31.4	25.5
4:00	18.0	23.5	16:00	31.6	25.6
5:00	17.7	23.2	17:00	31.3	25.7
6:00	17.6	23.1	18:00	30.7	25.7
7:00	18.8	23.4	19:00	29.6	25.6
8:00	21.1	24.0	20:00	28.0	25.7
9:00	23.6	24.3	21:00	26.3	25.5
10:00	26.0	24.5	22:00	24.5	25.3
11:00	27.9	24.7	23:00	22.9	25.0

Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 22cm EPS-F



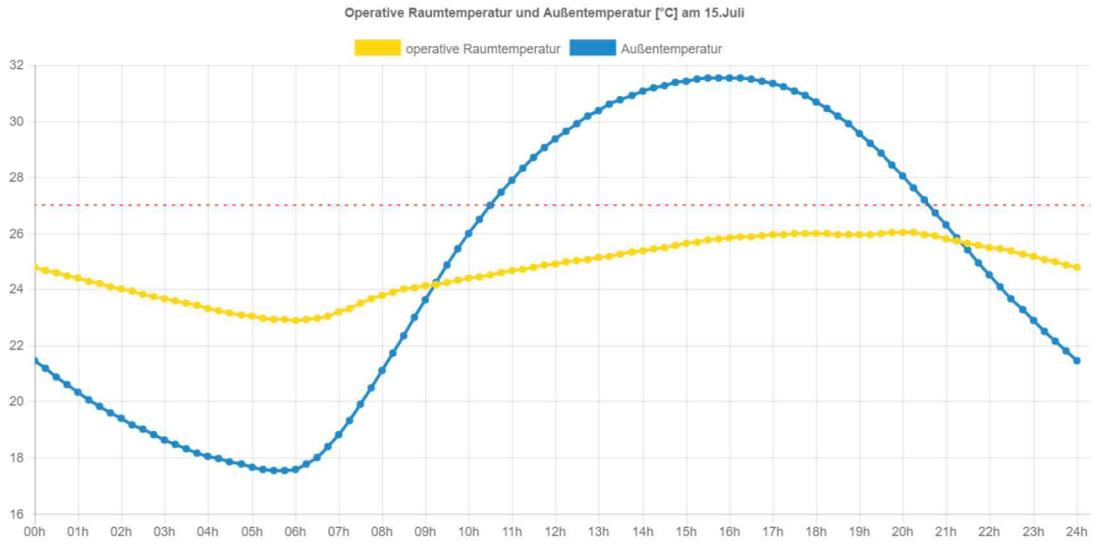
t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	21.5	24.5	12:00	29.4	24.8
1:00	20.3	24.3	13:00	30.4	24.9
2:00	19.4	24.0	14:00	31.1	25.0
3:00	18.6	23.8	15:00	31.4	25.2
4:00	18.0	23.6	16:00	31.6	25.3
5:00	17.7	23.4	17:00	31.3	25.3
6:00	17.6	23.3	18:00	30.7	25.3
7:00	18.8	23.6	19:00	29.6	25.3
8:00	21.1	24.1	20:00	28.0	25.4
9:00	23.6	24.3	21:00	26.3	25.2
10:00	26.0	24.5	22:00	24.5	25.0
11:00	27.9	24.6	23:00	22.9	24.8

Stahlbetonwand, 20cm mit WDVS, 16cm EPS-F plus



t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	21.5	24.5	12:00	29.4	24.8
1:00	20.3	24.3	13:00	30.4	24.9
2:00	19.4	24.0	14:00	31.1	25.0
3:00	18.6	23.8	15:00	31.4	25.2
4:00	18.0	23.6	16:00	31.6	25.3
5:00	17.7	23.4	17:00	31.3	25.3
6:00	17.6	23.3	18:00	30.7	25.3
7:00	18.8	23.6	19:00	29.6	25.3
8:00	21.1	24.1	20:00	28.0	25.4
9:00	23.6	24.3	21:00	26.3	25.2
10:00	26.0	24.5	22:00	24.5	25.0
11:00	27.9	24.6	23:00	22.9	24.8

Holzständerwand, 16cm mit WDVS, 6cm Weichfaser



t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]	t [h]	Θ_e [°C]	Θ_{op} [°C]
0:00	21.5	24.8	12:00	29.4	24.9
1:00	20.3	24.4	13:00	30.4	25.1
2:00	19.4	24.0	14:00	31.1	25.4
3:00	18.6	23.7	15:00	31.4	25.6
4:00	18.0	23.3	16:00	31.6	25.8
5:00	17.7	23.0	17:00	31.3	25.9
6:00	17.6	22.9	18:00	30.7	26.0
7:00	18.8	23.2	19:00	29.6	25.9
8:00	21.1	23.8	20:00	28.0	26.0
9:00	23.6	24.1	21:00	26.3	25.8
10:00	26.0	24.4	22:00	24.5	25.5
11:00	27.9	24.7	23:00	22.9	25.2

Anhang 3 – Nachweise Schallschutz



Ausstellungsdatum: 18. Juni 2013
Dieser Bericht umfasst 5 Seiten.

tgm

Staatliche Versuchsanstalt

Akustik und Bauphysik

FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ACOUSTICS AND BUILDING PHYSICS

Prüfbericht TGM – VA AB 12154

über die Luftschalldämmung einer rd. 50 cm dicken Massivwand aus Hochlochziegeln „Wienerberger POROTHERM 50 H.i Plan, Format: 50/25/24,9 cm“, eine Wandseite mit Kalk- Gipsmörtel verputzt, zweite Wandseite mit rd. 2,4 cm dickem Kalk-Zementputz „GrundPutz Leicht“, einem mineralischen Armierungsputz, sowie mit Kunstharzputz versehen

Auftraggeber: Wienerberger Ziegelindustrie GmbH

Anschrift: Hauptstraße 2
A-2332 Hennersdorf

Auftrag eingelangt: 25. Jänner 2013 / 3574.01 / EI

Zeichen des Auftrages: - -

Prüfguteingang: 285 / 15. Februar 2013

Prüfzeitraum: 12. März 2013

TGM-Zahl: 74 / 3 / 13



Gegenstand

Beauftragt war mit dem Schreiben vom 25. Jänner 2013 die Messung der Luftschalldämmung einer rd. 50 cm dicken Massivwand aus Hochlochziegeln „Wienerberger POROTHERM 50 H.i Plan, Format: 50/25/24,9 cm“, gemessenes Format rd. 50,2 cm x rd. 25,1 cm x rd. 24,9 cm, eine Wandseite mit Kalk- Gipsmörtel verputzt, zweite Wandseite mit rd. 2,4 cm dickem Kalk-Zementputz „GrundPutz Leicht“, einem mineralischen Armierungsputz, sowie mit Kunstharzputz versehen.

Am 18. und 19. Februar 2013 wurde vom Auftraggeber eine rd. 10,7 m² große Wand zwischen zwei Hallräumen im Wandprüfstand der Versuchsanstalt – Prüfstand nach ÖNORM EN ISO 10140-5¹ – eingebaut. Am 21. Februar 2013 wurde eine Seite der Wandkonstruktion mit Kalk-Gipsmörtel verputzt bzw. zweite Wandseite mit Fugenverschluss versehen. In der Zeit vom 6. bis 11. März 2013 wurde auf die mit dem Fugenverschluss versehene Wandseite ein Kalk-Zementputz „GrundPutz Leicht“, ein mineralischer Armierungsputz sowie ein Kunstharzputz aufgebracht.

Die Ziegel hatten eine Masse von rd. 20,6 kg bei der Anlieferung (Grenzen bei 5 Ziegeln rd. 20,6 kg und rd. 20,8 kg) und nach der Trocknung (Grenzen bei 5 Ziegeln rd. 20,5 kg und rd. 20,8 kg).

Der Aufbau der Wandkonstruktion (von außen nach innen, Bezeichnungen und Daten teilweise lt. Auftraggeber) war wie folgt gegeben:

- rd. 0,6 cm Kunstharzputz „Wopfinger Baumit GranoporTop Kratz 2“ auf Klebemörtel auf Zementbasis „Wopfinger Baumit KlebeSpachtel“ mit Armierungsgewebe „Wopfinger Baumit TextilglasGitter“, rd. 9 kg/m²
- rd. 2,4 cm Kalk-Zementputz „Wopfinger Baumit GrundPutz Leicht“, rd. 1320 kg/m³
- rd. 0,3 cm Mörtel auf Zementbasis „Wopfinger Baumit VorSpritzer 4mm“
Fugenverschluss aus „Wienerberger POROTHERM Dünnbettmörtel“, Mörtelklasse M10
- rd. 50,0 cm Mauerwerk aus Hochlochziegeln „Wienerberger POROTHERM 50 H.i Plan, Format: 50/25/24,9 cm“, gemessenes Format rd. 50,2 cm x rd. 25,1 cm x rd. 24,9 cm, lt. *Beilage 1*, knirsch in Nut und Feder, vollflächig verklebt, Lagerfuge aus „Wienerberger POROTHERM Dünnbettmörtel“, Mörtelklasse M10
- rd. 1,6 cm Kalk- Gipsputz „Wopfinger Baumit MPI 20“, rd. 1440 kg/m³
- rd. 54,9 cm (gemessene) gesamte Dicke, rd. 410 kg/m² flächenbezogene Masse (mit dem bei der Messung gegebenen Feuchtegehalt)

¹ ÖNORM EN ISO 10140-5 „Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen“, Ausgabe 2010



Versuchsdurchführung

Die Luftschalldämmung wurde am 12. März 2013 gemäß der Normenserie ÖNORM EN ISO 10140² mit einer Messausrüstung des Typs „Norsonic Dual Channel Real Time Analyzer Type 830“ gemessen. Die Geräuschanregung erfolgte mit stationärem, breitbandigen Rauschen; der Frequenzgang dieses Signals wurde durch einen Terzfiltersatz des Typs „Norsonic Spectrum Shaper Type 731“ nach den Anforderungen der Norm sowie nach den praktischen Erfordernissen eingestellt.

Die Messung der Schalldruckpegel sendeseitig sowie empfangsseitig erfolgte mit einem 1/2" Kondensatormikrofon („Brüel & Kjaer Condenser Microphone Type 4165“, Preamplifier „Brüel & Kjaer Type 2639“, „Brüel & Kjaer Microphone Power Supply Type 2804“). Vor der Messung wurde die Messkette mit einer Prüfschallquelle des Typs „Norsonic Type 1251“ kalibriert; nach der Messung erfolgte eine Kontrolle der Kalibrierung.

Die räumliche Mittelung des Schalldruckpegels sowohl im Sende- als auch im Empfangsraum erfolgte durch die Verwendung eines an einem Drehgalgen befestigten Mikrofons (Umlauf- sowie Mittelungszeit an 2 Positionen betrug jeweils 32 s). Für die Messung der Nachhallzeit wurde die Anregungszeit mit 5 s festgelegt. Die Mittelwertbildung der Nachhallzeit erfolgte jeweils über 6 Abfälle je Position und alle Drehgalgenpositionen. Alle Messungen erfolgten mit Terzfiltern.

Ergebnisse

Als Mittel aus mehreren Messreihen (verschiedene Lautsprecher- und Drehgalgenstellungen) ergaben sich für die geprüfte Wandbauart die in der *Beilage 2* dargestellten Werte des Schalldämm-Maßes in Abhängigkeit von der Frequenz. In der *Beilage 2* ist auch die Bezugskurve gemäß ÖNORM EN ISO 717-1³ eingezeichnet.

Der nach der genannten Norm ermittelte Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes sowie die Werte der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} sind in der nachstehenden *Tabelle 1* und in der *Beilage 2* angegeben⁴.

² ÖNORM EN ISO 10140 „Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand“, Ausgabe 2010 und 2012

³ ÖNORM EN ISO 717-1 „Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung“, Ausgabe 2006

⁴ Für die Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w im Wandprüfstand der Versuchsanstalt kann mit einer Sicherheit von 95 % angenommen werden, dass sich die Differenz zweier einzelner unter Wiederholbedingung ermittelten Werten für R_w mit höchstens 1,5 dB und unter Vergleichsbedingung ermittelt mit höchstens 2,5 dB ergeben wird.



Tabelle 1

Gegenstand	bewertetes Schalldämm-Maß $R_w (C;C_{tr})$ (in dB)
rd. 50 cm dicke Massivwand aus Hochlochziegeln „Wienerberger POROTHERM 50 H.i Plan, Format: 50/25/24,9 cm“, eine Wandseite mit Kalk- Gipsmörtel verputzt, zweite Wandseite mit rd. 2,4 cm dickem Kalk-Zementputz „GrundPutz Leicht“ , einem mineralischen Armierungsputz, sowie mit Kunstharzputz versehen	44 (-1;-3)



Der vorliegende Bericht

umfasst

5 Seiten 2 Anlagen (mit 2 Blatt)

Sachbearbeiter: Ing. Mag. rer. nat. Herbert Müllner

Wien, am 18. Juni 2013



Ing. Mag. Herbert Müllner

Leiter und Zeichnungsberechtigter

HR Dipl.-Ing. Karl Reischer

Direktor

Akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle
gemäß Bescheid BMWA 92714/589-IX/2/97
und gemäß Bescheid OIB-190-001/99-054

OIB P
AKKREDITIERT Ü



1. Die Prüfergebnisse in dieser schriftlichen Ausfertigung beziehen sich ausschließlich auf den beschriebenen Prüfgegenstand.
2. Die dem Auftraggeber zurückgestellten Unterlagen und Materialien sind, soweit erforderlich und möglich, durch die Versuchsanstalt gekennzeichnet.
3. Mitteilungen über den Inhalt dieser schriftlichen Ausfertigung dritten Personen gegenüber werden nur bei Vorliegen einer schriftlichen Genehmigung des Auftraggebers gemacht.
4. Auszugsweise Wiedergabe dieser schriftlichen Ausfertigung bedarf der schriftlichen Genehmigung der Versuchsanstalt

Hochlochziegel „Wienerberger POROTHERM 50 H.i Plan,
Format: 50/25/24,9 cm“



rd. 50,2 cm

rd. 25,1 cm

Luftschalldämmung nach Normenserie ÖNORM EN ISO 10140, Ausgabe 2010/2012
gemessen im Prüfstand für Wände gemäß ÖNORM EN ISO 10140-5, Ausgabe 2010

Auftraggeber: Wienerberger Ziegelindustrie GmbH, Hauptstraße 2, A-2332 Hengersdorf

Auftragsdatum: 25. Jänner 2013

Prüfdatum: 12. März 2013

Prüfobjekt: rd. 50 cm dicke Massivwand aus Hochlochziegeln „Wienerberger POROTHERM 50 H.i Plan, Format: 50/25/24,9 cm“, eine Wandseite mit Kalk- Gipsmörtel verputzt, zweite Wandseite mit rd. 2,4 cm dickem Kalk-Zementputz „GrundPutz Leicht“, einem mineralischen Armierungsputz, sowie mit Kunstharzputz versehen

Aufbau:

- rd. 0,6 cm Kunstharzputz „Wopfinger Baunit GranoporTop Kratz 2“ auf Klebemörtel auf Zementbasis „Wopfinger Baunit KlebeSpachtel“ mit Armierungsgewebe „Wopfinger Baunit TextilglasGitter“, rd. 9 kg/m²
- rd. 2,4 cm Kalk-Zementputz „Wopfinger Baunit GrundPutz Leicht“, rd. 1320 kg/m³
- rd. 0,3 cm Mörtel auf Zementbasis „Wopfinger Baunit VorSpritzer 4mm“
Fugenverschluss aus „Wienerberger POROTHERM Dünnbettmörtel“, Mörtelklasse M10
- rd. 50,0 cm Mauerwerk aus Hochlochziegeln „Wienerberger POROTHERM 50 H.i Plan, Format: 50/25/24,9 cm“, gemessenes Format rd. 50,2 cm x rd. 25,1 cm x rd. 24,9 cm, lt. *Beilage 1*, knirsch in Nut und Feder, vollflächig verklebt, Lagerfuge aus „Wienerberger POROTHERM Dünnbettmörtel“, Mörtelklasse M10
- rd. 1,6 cm Kalk- Gipsputz „Wopfinger Baunit MPI 20“, rd. 1440 kg/m³
- rd. 54,9 cm (gemessene) gesamte Dicke, rd. 410 kg/m² flächenbezogene Masse (mit dem bei der Messung gegebenen Feuchtegehalt)

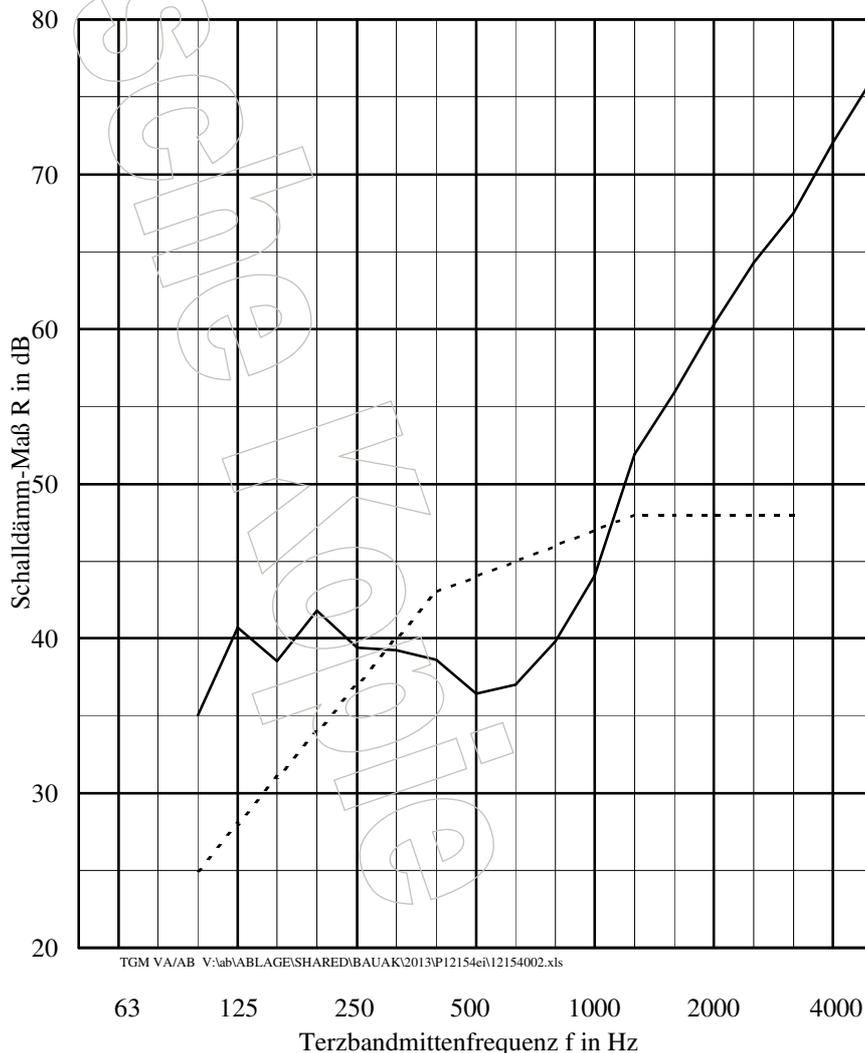
bewertetes Schalldämm-Maß

$R_w (C ; C_{tr}) = 44 (-1; -3) \text{ dB}$

Prüffläche:	10,7	m ²
flächenbezogene Masse:	410	kg/m ²
Lufttemperatur im Prüfraum 1/2:	17 / 20	°C
rel. Luftfeuchtigkeit im Prüfraum 1/2:	42 / 36	%
statischer Druck im Prüfraum 1:	983	mBar
statischer Druck im Prüfraum 2:	984	mBar
Volumen des Prüfraumes 1:	50	m ³
Volumen des Prüfraumes 2:	51	m ³

f in Hz	R in dB
50	--
63	--
80	--
100	35,0
125	40,7
160	38,5
200	41,8
250	39,4
315	39,2
400	38,6
500	36,4
630	37,0
800	39,8
1000	44,1
1250	51,9
1600	55,9
2000	60,3
2500	64,3
3150	67,5
4000	72,0
5000	76,2

Frequenzbereich entsprechend der Kurve der Bezugswerte gemäß ÖNORM EN ISO 717-1



TGM VA/AB V:\ab\ABLAGE\SHARED\BAU\AK\2013\VP12154ei\12154002.xls

----- verschobene Bezugskurve

Porotherm 38 W.i Plan



Der Porotherm 38 W.i Plan ist ein mit Mineralwolle verfüllter Planziegel für 38 cm dicke Außenwände ohne Zusatzdämmung. Die monolithische Wand mit integrierter Wärmedämmung zeichnet sich durch optimale bauphysikalische und baubiologische Eigenschaften aus und stellt somit eine zeitgemäße und nachhaltige Wandlösung dar.

Allgemeine technische Werte

Ziegelformat (D x L x H):	38 x 25 x 24,9 cm
Stückgewicht:	ca. 14,7 kg
Brutto-Trockenrohddichte:	ca. 620 kg/m ³
Bedarf:	16 Stk./m ²
Bedarf Porotherm Dünnbettmörtel:	ca. 3,5 Liter/m ²
Bedarf Porotherm Dryfix extra Kleber:	ca. 5 m ² /Dose
flächenbezogene Masse unverputzt:	ca. 240 kg/m ²

Statik

Steindruckfestigkeit:	$f_b^- = 10 \text{ N/mm}^2$
Korrekturfaktor:	$\delta = 1,15$
Druckfestigkeit normiert:	$f_b = 11,5 \text{ N/mm}^2$
Mauersteingruppe:	—
charakteristische Wanddruckfestigkeit	
bei Verarbeitung mit Porotherm Dünnbettmörtel:	$f_k = 4,0 \text{ N/mm}^2$
bei Verarbeitung mit Porotherm Dryfix extra Kleber:	$f_k = 3,3 \text{ N/mm}^2$
Kategorie lt. EN 771-1:	I

Wärmeschutz

Wärmeleitfähigkeit Rechenwert:	$\lambda_{\text{design,mas}} = 0,070 \text{ W/mK}$
Wärmedurchlasswiderstand unverputzt:	$R_{\text{design,mas}} = 5,43 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wärmedurchgangskoeffizient	
unverputzt:	$U_{\text{mas}} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
verputzt mit innen 1,5 cm Kalk-Gipsputz ($\lambda=0,60$) / außen 2,0 cm Leichtmörtelputz ($\lambda=0,40$):	$U_{\text{mas}} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
verputzt mit innen 1,5 cm Kalk-Gipsputz ($\lambda=0,60$) / außen 4,0 cm hochwärmedämm. Putz ($\lambda=0,09$):	$U_{\text{mas}} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
äquivalente spezifische Wärmekapazität:	$c_{\text{equ}} = 2,02 \text{ kJ/kgK}$
äquivalenter Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor:	$\mu_{\text{equ}} = 2,3/3,9$

Schallschutz

1,5 cm Kalk-Gipsputz 2,5 cm Leichtmörtelputz	$R_w = 50 \text{ dB}$
------------------------------------------------	-----------------------

Brandschutz

Feuerwiderstandsklasse	
bei Verarbeitung mit Porotherm Dünnbettmörtel:	REI 120 (brandseitig verputzt)
	REI-M 90 (brandseitig verputzt)
bei Verarbeitung mit Porotherm Dryfix extra Kleber:	REI 90 (brandseitig verputzt)

Dieses Bauprodukt entspricht den gesetzlichen Anforderungen der **BAUSTOFFLISTE ÖE** und ist somit für die Verwendung **IN ÖSTERREICH ZULÄSSIG**.

Bei Ziegeln handelt es sich um grobkeramische Bauprodukte. Farbunterschiede in Abhängigkeit vom natürlichen Rohstoff Ton sowie Abmessungsunterschiede durch unterschiedliche Schwindmaße beim Trocknen und Brennen der einzelnen Produktionschargen sind bei Ziegeln unvermeidbar. Die Maßtoleranzen sind in der ÖNORM EN 771-1 bzw. der Baustoffliste ÖE geregelt.

Dieses Produkt finden Sie auch im baubook auf www.baubook.at.

Ergänzende Informationen zu diesem Produkt finden Sie in unserer jeweils gültigen Broschüre "Technische Produktdaten" und auf unserer Homepage www.wienerberger.at. Bitte beachten Sie auch unsere Verarbeitungshinweise für das Porotherm Ziegelbausystem.

Änderungen bleiben dem technischen Fortschritt vorbehalten. Verarbeitungshinweise verstehen sich als unverbindliche Empfehlung; sie beruhen auf unserem derzeitigen Wissensstand. Mit diesem Merkblatt verlieren alle vorausgegangenen ihre Gültigkeit.

Wienerberger stellt in den jeweils aktuell gültigen Unterlagen die deklarierten bauphysikalischen und statischen Werte ihrer Produkte zur Verfügung. Die Anwendbarkeit der Produkte im Hinblick auf die gültigen Bauordnungen, Normen und den aktuellen Stand der Technik ist projektspezifisch durch den Planverfasser, Bauführer usw. zu überprüfen und nachzuweisen.

Porotherm 25-38 Plan

Der Porotherm 25-38 Plan eignet sich für 25 cm dicke tragende Außen- bzw. Innenwände und für den mehrschaligen Mauerwerksbau. Optimale Lösung besonders für tragende Innenwände im Keller.



Allgemeine technische Werte

Ziegelformat (D x L x H):	25 x 37,5 x 24,9 cm
Stückgewicht:	ca. 18,6 kg
Brutto-Trockenrohddichte:	ca. 798 kg/m ³
Bedarf:	10,5 Stk./m ²
Bedarf Porotherm Dünnbettmörtel:	ca. 2,5 Liter/m ²
Bedarf Porotherm Dryfix extra Kleber:	ca. 5 m ² /Dose
flächenbezogene Masse unverputzt:	ca. 200 kg/m ²

Statik

Steindruckfestigkeit:	$f_b^- = 12,5 \text{ N/mm}^2$
Korrekturfaktor:	$\delta = 1,15$
Druckfestigkeit normiert:	$f_b = 14,4 \text{ N/mm}^2$
Mauersteingruppe:	2
charakteristische Wanddruckfestigkeit	
bei Verarbeitung mit Porotherm Dünnbettmörtel:	$f_k = 4,52 \text{ N/mm}^2$
bei Verarbeitung mit Porotherm Dryfix extra Kleber:	$f_k = 3,75 \text{ N/mm}^2$
Kategorie lt. EN 771-1:	I

Wärmeschutz

Wärmeleitfähigkeit Rechenwert:	$\lambda_{\text{design,mas}} = 0,237 \text{ W/mK}$
spezifische Wärmekapazität:	$c = 1,0 \text{ kJ/kgK}$
Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor:	$\mu = 5/10$

U-Werte für Wandsysteme mit WDVS mit Dämmstoff $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$

Dämmdicke	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm	14 cm	16 cm	18 cm	20 cm	22 cm	24 cm
$U_{\text{mas}} [\text{W/m}^2\text{K}]$	0,36	0,31	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14
Wanddicke	33 cm	35 cm	37 cm	39 cm	41 cm	43 cm	45 cm	47 cm	49 cm	51 cm

U-Werte für Wandsysteme mit WDVS mit Dämmstoff $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$

Dämmdicke	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm	14 cm	16 cm	18 cm	20 cm	22 cm	24 cm
$U_{\text{mas}} [\text{W/m}^2\text{K}]$	0,31	0,26	0,22	0,20	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11
Wanddicke	33 cm	35 cm	37 cm	39 cm	41 cm	43 cm	45 cm	47 cm	49 cm	51 cm

Schallschutz

1,5 cm Kalk-Gipsputz 1,5 cm Kalk-Gipsputz *)	$R_w = 51 \text{ dB}$
1,5 cm Kalk-Gipsputz Fugenglattstrich	$R_w = 47 \text{ dB}$
1,5 cm Kalk-Gipsputz 8 cm EPS-F	$R_w = 47 \text{ dB}$
1,5 cm Kalk-Gipsputz 30 cm EPS-F	$R_w = 49 \text{ dB}$

*) Berechnung nach Massenformel gemäß ÖNORM B 8115-4

Brandschutz

Feuerwiderstandsklasse: REI 180 (brandseitig verputzt | Ausnutzungsfaktor $\alpha \leq 0,6$)

Dieses Bauprodukt entspricht den gesetzlichen Anforderungen der **BAUSTOFFLISTE ÖE** und ist somit für die Verwendung **IN ÖSTERREICH ZULÄSSIG**.

Bei Ziegeln handelt es sich um grobkeramische Bauprodukte. Farbunterschiede in Abhängigkeit vom natürlichen Rohstoff Ton sowie Abmessungsunterschiede durch unterschiedliche Schwindmaße beim Trocknen und Brennen der einzelnen Produktionschargen sind bei Ziegeln unvermeidbar. Die Maßtoleranzen sind in der ÖNORM EN 771-1 bzw. der Baustoffliste ÖE geregelt.

Dieses Produkt finden Sie auch im baubook auf www.baubook.at.

Ergänzende Informationen zu diesem Produkt finden Sie in unserer jeweils gültigen Broschüre "Technische Produktdaten" und auf unserer Homepage www.wienerberger.at. Bitte beachten Sie auch unsere Verarbeitungshinweise für das Porotherm Ziegelbausystem.

Änderungen bleiben dem technischen Fortschritt vorbehalten. Verarbeitungshinweise verstehen sich als unverbindliche Empfehlung; sie beruhen auf unserem derzeitigen Wissensstand. Mit diesem Merkblatt verlieren alle vorausgegangenen ihre Gültigkeit.

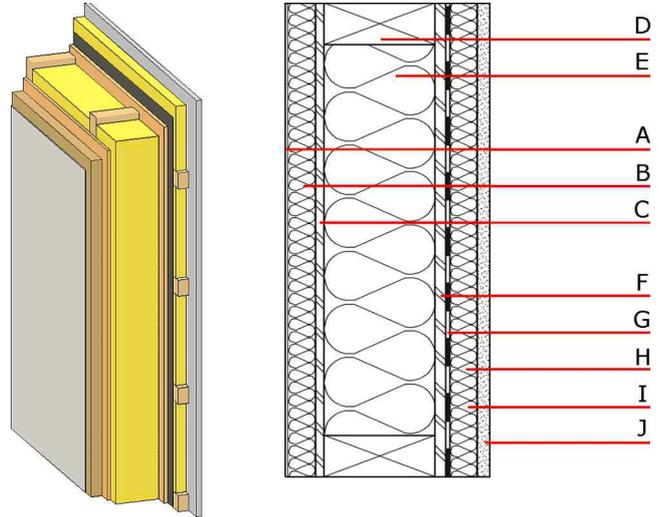
Wienerberger stellt in den jeweils aktuell gültigen Unterlagen die deklarierten bauphysikalischen und statischen Werte ihrer Produkte zur Verfügung. Die Anwendbarkeit der Produkte im Hinblick auf die gültigen Bauordnungen, Normen und den aktuellen Stand der Technik ist projektspezifisch durch den Planverfasser, Bauführer usw. zu überprüfen und nachzuweisen.

Aussenwand - awropi17b-00

Aussenwand, Holzrahmen/Holztafel, nicht hinterlüftet, mit Installationsebene, geputzt, andere Oberfläche

Bauphysikalische Bewertung

Brandschutz	REI von innen	60
	REI von außen	30
max. Wandhöhe = 3 m; max. Last $E_{d,fi}$ = 32,0 kN/m Klassifizierung durch MA39		
Wärmeschutz	U	0,17 W/(m ² K)
	Diffusionsverhalten	geeignet
Berechnung durch HFA		
Schallschutz	R _w (C;C _{tr})	52(-2;-9) dB
	L _{n,w} (C _i)	
Wird die Lattung der Installationsebene senkrecht ausgeführt und direkt mit dem Riegelholz verschraubt, so ergibt sich R _w (C;C _{tr})=50(-1;-7) dB Beurteilung durch MA39		
Flächenbezogene Masse	m	74,10 kg/m ²
Berechnet mit GKF		



Bemerkung: e=625

Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brandverhaltensklasse EN
			λ	μ min – max	ρ	c	
A	7,0	Putzsystem	1,000	10 - 35	2000	1,130	A1
B	60,0	Holzfaserdämmplatte [055; 200]	0,055	5 - 7	200	2,100	E
C	12,0	OSB	0,130	200	650	1,700	D
D	160,0	Konstruktionsholz (60/..; e=*)	0,120	50	450	1,600	D
E	160,0	Mineralwolle [040; ≥16; <1000°C]	0,040	1	16	1,030	A1
F	15,0	OSB	0,130	200	650	1,700	D
G		Dampfbremse sd ≥ 10m			1000		
H	40,0	Holz Fichte Querlattung (a=400) bzw. Lattung versetzt	0,120	50	450	1,600	D
I	40,0	Mineralwolle [040; ≥16; <1000°C]	0,040	1	16	1,030	A1
J	15,0	Gipsplatte Typ DF (GKF) oder	0,250	10	800	1,050	A2
J	15,0	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2

Ökologische Bewertung (pro m² Konstruktionsfläche)

Datenbasis ecoinvent

OI3 _{Kon}	28,3
Berechnung durch IBO	

Ökologische Bewertung im Detail

Datenbasis Datenbank ecoinvent

GWP [kg CO ₂ Äqv.]	AP [kg SO ₂ Äqv.]	PEI ne [MJ]	PEI e [MJ]	EP [kg PO ₄ Äqv.]	POCP [kg C ₂ H ₄ Äqv.]
-26,3	0,312	823,2	910,2	0,045	0,012

Anhang 4 – Nutzungsdauern

Opake Bauteile

☐ || AW - Porotherm 25 + EPS-F

35: Putze/Untergrund	100	1. Gipsputze (1300 kg/m³) (1,5 cm)
100: Primärkonstruktion - Tragkonstruktion	100	2. POROTHERM 25-38 Plan (25 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	3. Baunit KlebeSpachtel (1 cm)
35: Sekundärkonstruktion - WDVS	50	4. Baunit FassadenDämmplatte EPS-F (18 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	5. Baunit KlebeSpachtel (0,5 cm)
35: Putze/Untergrund	50	6. Baunit NanoporTop (0,5 cm)

☐ || AW - Porotherm 25 + EPS-F+

35: Putze/Untergrund	100	1. Gipsputze (1300 kg/m³) (1,5 cm)
100: Primärkonstruktion - Tragkonstruktion	100	2. POROTHERM 25-38 Plan (25 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	3. Baunit KlebeSpachtel (1 cm)
35: Sekundärkonstruktion - WDVS	50	4. Baunit FassadenDämmplatte EPS-F plus (14 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	5. Baunit KlebeSpachtel (0,5 cm)
35: Putze/Untergrund	50	6. Baunit NanoporTop (0,5 cm)

☐ || AW - Porotherm 25 + Hanf

35: Putze/Untergrund	100	1. Gipsputze (1300 kg/m³) (1,5 cm)
100: Primärkonstruktion - Tragkonstruktion	100	2. POROTHERM 25-38 Plan (25 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	3. Synthesa Capatect Minera Carbon (1 cm)
	50	4. Capatect Hanffaserdämmplatte / NAPOROWall - ab Juni 2016 (20 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	5. Synthesa Capatect Minera Carbon (0,8 cm)
35: Putze/Untergrund	50	6. Synthesa Capatect SI-Strukturputze (0,5 cm)

☐ || AW - Porotherm 38 W.I

35: Putze/Untergrund	100	1. Gipsputze (1300 kg/m³) (1,5 cm)
100: Primärkonstruktion - Tragkonstruktion	100	2. POROTHERM 38 W.i Plan (38 cm)
35: Putze/Untergrund	50	3. Baunit GrundPutz Leicht Speed (2,5 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	4. Baunit KlebeSpachtel (0,5 cm)
35: Putze/Untergrund	50	5. Baunit NanoporTop (0,5 cm)

☐ || AW - Porotherm 50 H.I

35: Putze/Untergrund	100	1. Gipsputze (1300 kg/m³) (1,5 cm)
100: Primärkonstruktion - Tragkonstruktion	100	2. POROTHERM 50 H.i Plan (50 cm)
35: Putze/Untergrund	50	3. Baunit GrundPutz Leicht Speed (2,5 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	4. Baunit KlebeSpachtel (0,5 cm)
35: Putze/Untergrund	50	5. Baunit NanoporTop (0,5 cm)

☐ || AW - Stahlbeton + EPS-F

50: Sekundärkonstruktion	100	1. Spachtel - Gipsspachtel (0,3 cm)
100: Primärkonstruktion - Tragkonstruktion	100	2. Stahlbeton 80 kg/m³ Armierungsstahl (1 Vol.%) (20 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	3. Baunit KlebeSpachtel (1 cm)
35: Sekundärkonstruktion - WDVS	50	4. AUSTROTHERM EPS F (22 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	5. Baunit KlebeSpachtel (0,5 cm)
35: Putze/Untergrund	50	6. Baunit NanoporTop (0,5 cm)

☐ || AW - Stahlbeton + EPS-F+

50: Sekundärkonstruktion	100	1. Spachtel - Gipsspachtel (0,3 cm)
100: Primärkonstruktion - Tragkonstruktion	100	2. Stahlbeton 80 kg/m³ Armierungsstahl (1 Vol.%) (20 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	3. Baunit KlebeSpachtel (1 cm)
35: Sekundärkonstruktion - WDVS	50	4. Baunit FassadenDämmplatte EPS-F plus (16 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	5. Baunit KlebeSpachtel (0,5 cm)
35: Putze/Untergrund	50	6. Baunit NanoporTop (0,5 cm)

☐ || AWI 03 a Holzständer-Außenwand, verputzt

50: Sekundärkonstruktion	100	1. Gipskartonplatte (900 kg/m³) (1,5 cm)
50: Sekundärkonstruktion	100	2. Gipskartonplatte (900 kg/m³) (1,5 cm)
		3. Schicht (5 cm)
50: Sekundärkonstruktion	100	1. Glaswolle MW(GW)-W (18 kg/m³) (5 cm)
50: Sekundärkonstruktion ▼	100	2. Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisch getrocknet
25: Gebäudeabdichtung/Folien, 25a	100	4. Dichtungsbahn Polyethylen (PE) (0,02 cm)
		5. Schicht (16 cm)
50: Sekundärkonstruktion	100	1. Glaswolle MW(GW)-W (18 kg/m³) (16 cm)
100: Primärkonstruktion - Tragkonstruktion ▼	100	2. Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisch getrocknet
50: Sekundärkonstruktion	100	6. OSB-Platten (650 kg/m³) (1,8 cm)
50: Sekundärkonstruktion	50	7. Holzfaser WF-W (130 kg/m³) (6 cm)
35: Putze/Untergrund ▼	50	8. Baunit KlebeSpachtel (0,8 cm)
35: Putze/Untergrund	50	9. Baunit NanoporTop (0,19 cm)

Anhang 5 – Berechnung Lebenszykluskosten

Lebenszykluskosten Ziegel 50

Parametereingabe

Umfang	KG 4
Preisstand	2018
Mehrwertsteuer	inkl. MwSt
Bezugsgröße	Wohnnutzfläche
Betrachtungszeitraum	100
Wohnnutzfläche in m²	145,79 m²
Zinssatz	2,0%
Allg. Preissteigerung (z.B. Baukosten)	2,0%
Preissteigerung Energiekosten	4,0%
Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,0%
Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,0%
Preissteigerung Grundgebühr Strom	1,0%

Zellen für Eingabe
gesperrt (Vorgabe/ Berechnung)

Teil A - regelmässige Zahlungen Jahr: 0 1 2

4	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Instand-	Aufwand Wartung u.	Herstellkosten			
		setzung	Inspektion	€	0	1	2
		%	%	€			
LG01	Baustellengemeinkosten	0,0%		3 233,86 €	0,00 €		0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €		0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	0,2%		34 697,33 €	70,78 €		72,20 €
LG10	Innenputzarbeiten	0,2%		4 207,93 €	8,58 €		8,76 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	0,2%		801,73 €	1,64 €		1,67 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €		0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	0,2%		20 075,77 €	40,95 €		41,77 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €		0,00 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €		0,00 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €		0,00 €
				63 016,62 €	121,96 €		124,40 €

Barwert regelmäßige Instandhaltung KG 4 (Ausbau) 5 978,28 € 119,57 € 119,57 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 119,57 € 239,13 €

Barwert regelmäßige Zahlungen 0,00 € 121,96 € 124,40 €

Graph 0,00 € 119,57 € 239,13 €

Teil B - unregelmäßige Zahlungen Jahr: 0 1 2

1	Kostengruppe 2 Bauwerk-Rohbau - nicht berücksichtigt	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten			
		Jahre	Anzahl	€	0	1	2
				€	Erneuerungs-		
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
				Unregelmäßige Zahlungen KG 2	0,00 €		0,00 €

Barwert Erneuerung KG 2 (Rohbau) 0,00 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 0,00 € 0,00 €

3	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten			
		Jahre	Anzahl	€	0	1	2
				€	Erneuerungs-		
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	3 233,86 €	0,00 €		0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	34 697,33 €	0,00 €		0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	4 207,93 €	0,00 €		0,00 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	801,73 €	0,00 €		0,00 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	50	1	20 075,77 €	0,00 €		0,00 €
		100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
		100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
		100	0	0,00 €	0,00 €		0,00 €
				Unregelmäßige Zahlungen KG 4	63 016,62 €		0,00 €

Barwert Erneuerung KG 4 (Ausbau) 20 075,77 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 63 016,62 € 63 016,62 € 63 016,62 €

Barwert unregelmäßige Zahlungen 63 016,62 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 83 092,39 € 63 016,62 € 63 016,62 €

Teil C - LCC Jahr: 0 1 2

Barwert regelmäßige Zahlungen			119,57 €	119,57 €
Barwert unregelmäßige Zahlungen			0,00 €	0,00 €
Graph LCC Ziegel 50		63 016,62 €	63 136,19 €	63 255,75 €
		432,24 €	433,06 €	433,88 €

Herstellkosten	63 016,62 €	432,24 €/m² WNFL	70,75%
Barwert Instandhaltung	5 978,28 €	41,01 €/m² WNFL	6,71%
Barwert Erneuerung	20 075,77 €	137,70 €/m² WNFL	22,54%
Barwert Gesamt	89 070,67 €	610,95 €/m² WNFL	

Lebenszykluskosten Ziegel 38

Parametereingabe

Umfang	KG 4
Preisstand	2018
Mehrwertsteuer	inkl. MwSt
Bezugsgröße	Wohnnutzfläche
Betrachtungszeitraum	100
Wohnnutzfläche in m²	145,79 m²
Zinssatz	2,0%
Allg. Preissteigerung (z.B. Baukosten)	2,0%
Preissteigerung Energiekosten	4,0%
Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,0%
Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,0%
Preissteigerung Grundgebühr Strom	1,0%

Zellen für Eingabe

gesperrt (Vorgabe/ Berechnung)

Teil A - regelmässige Zahlungen Jahr: 0 1 2

4	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Instand-	Aufwand Wartung u.	Herstellkosten			
		setzung	Inspektion	€	0	1	2
		%	%				
LG01	Baustellengemeinkosten	0,0%		3 233,86 €	0,00 €	0,00 €	
LG07	Stahlbetonarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG08	Mauerwerksarbeiten	0,2%		33 940,22 €	69,24 €	70,62 €	
LG10	Innenputzarbeiten	0,2%		4 207,93 €	8,58 €	8,76 €	
LG12	Abdichtungsarbeiten	0,2%		785,11 €	1,60 €	1,63 €	
LG36	Zimmermeisterarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	0,2%		19 586,72 €	39,96 €	40,76 €	
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
				61 753,85 €	119,38 €	121,77 €	

Barwert regelmäßige Instandhaltung KG 4 (Ausbau) 5 852,00 € 117,04 € 117,04 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 117,04 € 234,08 €

Barwert regelmäßige Zahlungen 0,00 € 119,38 € 121,77 €

Graph 0,00 € 117,04 € 234,08 €

Teil B - unregelmäßige Zahlungen Jahr: 0 1 2

1	Kostengruppe 2 Bauwerk-Rohbau - nicht berücksichtigt	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten			
		Jahre	Anzahl	€	0	1	2
					Erneuerungsin		
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG10	Innenputzarbeiten	35	2	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG12	Abdichtungsarbeiten	25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG36	Zimmermeisterarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	35	2	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
				Unregelmäßige Zahlungen KG 2	0,00 €	0,00 €	0,00 €

Barwert Erneuerung KG 2 (Rohbau) 0,00 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 0,00 € 0,00 €

3 Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau Jahr: 0 1 2

3	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten			
		Jahre	Anzahl	€	0	1	2
					Erneuerungsin		
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	3 233,86 €	0,00 €	0,00 €	
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	33 940,22 €	0,00 €	0,00 €	
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	4 207,93 €	0,00 €	0,00 €	
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	785,11 €	0,00 €	0,00 €	
LG36	Zimmermeisterarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	50	1	19 586,72 €	0,00 €	0,00 €	
		40	2	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		50	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
				Unregelmäßige Zahlungen KG 4	61 753,85 €	0,00 €	0,00 €

Barwert Erneuerung KG 4 (Ausbau) 19 586,72 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 61 753,85 € 61 753,85 € 61 753,85 €

Barwert unregelmäßige Zahlungen 61 753,85 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 81 340,57 € 61 753,85 € 61 753,85 €

Teil C - LCC Jahr: 0 1 2

Barwert regelmäßige Zahlungen			117,04 €	117,04 €
Barwert unregelmäßige Zahlungen		61 753,85 €	0,00 €	0,00 €
Graph LCC Ziegel 38		61 753,85 €	61 870,89 €	61 987,93 €
		423,58 €	424,38 €	425,19 €

Herstellkosten	61 753,85 €	423,58 €/m² WNFL	70,82%
Barwert Instandhaltung	5 852,00 €	40,14 €/m² WNFL	6,71%
Barwert Erneuerung	19 586,72 €	134,35 €/m² WNFL	22,46%
Barwert Gesamt	87 192,57 €	598,07 €/m² WNFL	

Lebenszykluskosten Ziegel + EPS-F

Parametereingabe

Umfang	KG 4
Preisstand	2018
Mehrwertsteuer	inkl. MwSt
Bezugsgröße	Wohnnutzfläche
Betrachtungszeitraum	100
Wohnnutzfläche in m²	145,79 m²
Zinssatz	2,0%
Allg. Preissteigerung (z.B. Baukosten)	2,0%
Preissteigerung Energiekosten	4,0%
Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,0%
Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,0%
Preissteigerung Grundgebühr Strom	1,0%

Zellen für Eingabe

gesperrt (Vorgabe/ Berechnung)

Teil A - regelmässige Zahlungen Jahr: 0 1 2

4	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Instand-	Aufwand Wartung u.	Herstellkosten			
		setzung	Inspektion	€	0	1	2
		%	%				
LG01	Baustellengemeinkosten	0,0%		3 233,86 €	0,00 €	0,00 €	
LG07	Stahlbetonarbeiten	0,2%		1 269,19 €	2,59 €	2,64 €	
LG08	Mauerwerksarbeiten	0,2%		14 243,80 €	29,06 €	29,64 €	
LG10	Innenputzarbeiten	0,2%		4 208,71 €	8,59 €	8,76 €	
LG12	Abdichtungsarbeiten	0,2%		767,10 €	1,56 €	1,60 €	
LG36	Zimmermeisterarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	0,2%		20 974,96 €	42,79 €	43,64 €	
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
					44 697,61 €	84,59 €	86,28 €

Barwert regelmäßige Instandhaltung KG 4 (Ausbau) 4 146,38 € 82,93 € 82,93 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 82,93 € 165,86 €

Barwert regelmäßige Zahlungen 0,00 € 82,93 € 82,93 €

Graph 0,00 € 82,93 € 165,86 €

Teil B - unregelmäßige Zahlungen Jahr: 0 1 2

1	Kostengruppe 2 Bauwerk-Rohbau - nicht berücksichtigt	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten			
		Jahre	Anzahl	€	0	1	2
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG36	Zimmermeisterarbeiten	25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
				Unregelmäßige Zahlungen KG 2	0,00 €	0,00 €	0,00 €

Barwert Erneuerung KG 2 (Rohbau) 0,00 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 0,00 € 0,00 €

3 Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau Jahr: 0 1 2

3	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten			
		Jahre	Anzahl	€	0	1	2
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	3 233,86 €	0,00 €	0,00 €	
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	1 269,19 €	0,00 €	0,00 €	
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	14 243,80 €	0,00 €	0,00 €	
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	4 208,71 €	0,00 €	0,00 €	
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	767,10 €	0,00 €	0,00 €	
LG36	Zimmermeisterarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	50	1	20 974,96 €	0,00 €	0,00 €	
		100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
				Unregelmäßige Zahlungen KG 4	44 697,61 €	0,00 €	0,00 €

Barwert Erneuerung KG 4 (Ausbau) 20 974,96 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 44 697,61 € 44 697,61 € 44 697,61 €

Barwert unregelmäßige Zahlungen 44 697,61 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 65 672,57 € 44 697,61 € 44 697,61 €

Teil C - LCC Jahr: 0 1 2

Barwert regelmäßige Zahlungen			82,93 €	82,93 €
Barwert unregelmäßige Zahlungen		44 697,61 €	0,00 €	0,00 €
Graph LCC Ziegel + EPS-F		44 697,61 €	44 780,54 €	44 863,47 €
		306,59 €	307,16 €	307,73 €

Herstellkosten	44 697,61 €	306,59 €/m² WNFL	64,02%
Barwert Instandhaltung	4 146,38 €	28,44 €/m² WNFL	5,94%
Barwert Erneuerung	20 974,96 €	143,87 €/m² WNFL	30,04%
Barwert Gesamt	69 818,94 €	478,90 €/m² WNFL	

Lebenszykluskosten Ziegel + EPS-F+

Parametereingabe

Umfang	KG 4
Preisstand	2018
Mehrwertsteuer	inkl. MwSt
Bezugsgröße	Wohnnutzfläche
Betrachtungszeitraum	100
Wohnnutzfläche in m²	145,79 m²
Zinssatz	2,0%
Allg. Preissteigerung (z.B. Baukosten)	2,0%
Preissteigerung Energiekosten	4,0%
Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,0%
Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,0%
Preissteigerung Grundgebühr Strom	1,0%

Zellen für Eingabe

gesperrt (Vorgabe/ Berechnung)

Teil A - regelmässige Zahlungen Jahr: 0 1 2

4	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Instand-	Aufwand Wartung u.	Herstellkosten			
		setzung	Inspektion	€	0	1	2
		%	%				
LG01	Baustellengemeinkosten	0,0%		3 233,86 €	0,00 €	0,00 €	
LG07	Stahlbetonarbeiten	0,2%		1 269,19 €	2,59 €	2,64 €	
LG08	Mauerwerksarbeiten	0,2%		14 243,80 €	29,06 €	29,64 €	
LG10	Innenputzarbeiten	0,2%		4 208,71 €	8,59 €	8,76 €	
LG12	Abdichtungsarbeiten	0,2%		767,10 €	1,56 €	1,60 €	
LG36	Zimmermeisterarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	0,2%		22 437,94 €	45,77 €	46,69 €	
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €	
				46 160,59 €	87,57 €	89,32 €	
				Barwert regelmäßige Instandhaltung KG 4 (Ausbau)	4 292,67 €	85,85 €	85,85 €
Graph			100 Jahre	0,00 €	85,85 €	171,71 €	
					87,57 €	89,32 €	
				Barwert regelmäßige Zahlungen	0,00 €	85,85 €	85,85 €
Graph				0,00 €	85,85 €	171,71 €	

Teil B - unregelmäßige Zahlungen Jahr: 0 1 2

1	Kostengruppe 2 Bauwerk-Rohbau - nicht berücksichtigt	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten			
		Jahre	Anzahl	€	0	1	2
					Erneuerungsin		
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG36	Zimmermeisterarbeiten	25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
				Unregelmäßige Zahlungen KG 2	0,00 €	0,00 €	0,00 €
				Barwert Erneuerung KG 2 (Rohbau)	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Graph			100 Jahre	0,00 €	0,00 €	0,00 €	

3	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten			
		Jahre	Anzahl	€	0	1	2
					Erneuerungsin		
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	3 233,86 €	0,00 €	0,00 €	
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	1 269,19 €	0,00 €	0,00 €	
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	14 243,80 €	0,00 €	0,00 €	
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	4 208,71 €	0,00 €	0,00 €	
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	767,10 €	0,00 €	0,00 €	
LG36	Zimmermeisterarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	50	1	22 437,94 €	0,00 €	0,00 €	
		40	2	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
		50	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
				Unregelmäßige Zahlungen KG 4	46 160,59 €	0,00 €	0,00 €
				Barwert Erneuerung KG 4 (Ausbau)	22 437,94 €	0,00 €	0,00 €
Graph			100 Jahre	46 160,59 €	46 160,59 €	46 160,59 €	
				46 160,59 €	0,00 €	0,00 €	
				Barwert unregelmäßige Zahlungen	68 598,53 €	0,00 €	0,00 €
Graph			100 Jahre	46 160,59 €	46 160,59 €	46 160,59 €	

Teil C - LCC Jahr: 0 1 2

	Barwert regelmäßige Zahlungen		85,85 €	85,85 €
	Barwert unregelmäßige Zahlungen	46 160,59 €	0,00 €	0,00 €
Graph	LCC Ziegel + EPS-F+	46 160,59 €	46 246,45 €	46 332,30 €
		316,62 €	317,21 €	317,80 €

Herstellkosten	46 160,59 €	316,62 €/m² WNFL	63,33%
Barwert Instandhaltung	4 292,67 €	29,44 €/m² WNFL	5,89%
Barwert Erneuerung	22 437,94 €	153,91 €/m² WNFL	30,78%
Barwert Gesamt	72 891,20 €	499,97 €/m² WNFL	

Lebenszykluskosten Ziegel + Hanf

Parametereingabe

Umfang	KG 4
Preisstand	2018
Mehrwertsteuer	inkl. MwSt
Bezugsgröße	Wohnnutzfläche
Betrachtungszeitraum	100
Wohnnutzfläche in m²	145,79 m²
Zinssatz	2,0%
Allg. Preissteigerung (z.B. Baukosten)	2,0%
Preissteigerung Energiekosten	4,0%
Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,0%
Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,0%
Preissteigerung Grundgebühr Strom	1,0%

Zellen für Eingabe

gesperrt (Vorgabe/ Berechnung)

Teil A - regelmässige Zahlungen Jahr: 0 1 2

4	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Instand-	Aufwand Wartung u.	Herstellkosten		
		setzung	Inspektion	€		
		%	%			
LG01	Baustellengemeinkosten	0,0%		3 233,86 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	0,2%		1 269,19 €	2,59 €	2,64 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	0,2%		14 243,80 €	29,06 €	29,64 €
LG10	Innenputzarbeiten	0,2%		4 208,71 €	8,59 €	8,76 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	0,2%		767,10 €	1,56 €	1,60 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	0,2%		45 780,55 €	93,39 €	95,26 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
				69 503,21 €	135,19 €	137,89 €

Barwert regelmäßige Instandhaltung KG 4 (Ausbau) 6 626,94 € 132,54 € 132,54 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 132,54 € 265,08 €

Barwert regelmäßige Zahlungen 0,00 € 135,19 € 137,89 €

Graph 0,00 € 132,54 € 265,08 €

Teil B - unregelmäßige Zahlungen Jahr: 0 1 2

1	Kostengruppe 2 Bauwerk-Rohbau - nicht berücksichtigt	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten		Erneuerungsin
		Jahre	Anzahl	€		
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
				Unregelmäßige Zahlungen KG 2	0,00 €	0,00 €

Barwert Erneuerung KG 2 (Rohbau) 0,00 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 0,00 € 0,00 €

3 Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau Jahr: 0 1 2

	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten		Erneuerungsin
		Jahre	Anzahl	€		
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	3 233,86 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	1 269,19 €	0,00 €	0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	14 243,80 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	4 208,71 €	0,00 €	0,00 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	767,10 €	0,00 €	0,00 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	50	1	45 780,55 €	0,00 €	0,00 €
		40	2	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		50	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €
				Unregelmäßige Zahlungen KG 4	69 503,21 €	0,00 €

Barwert Erneuerung KG 4 (Ausbau) 45 780,55 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 69 503,21 € 69 503,21 € 69 503,21 €

Barwert unregelmäßige Zahlungen 69 503,21 € 0,00 € 0,00 €

Graph 115 283,76 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 69 503,21 € 69 503,21 € 69 503,21 €

Teil C - LCC Jahr: 0 1 2

Barwert regelmäßige Zahlungen			132,54 €	132,54 €
Barwert unregelmäßige Zahlungen		69 503,21 €	0,00 €	0,00 €
Graph LCC Ziegel + Hanf		69 503,21 €	69 635,75 €	69 768,29 €
		476,74 €	477,64 €	478,55 €

Herstellkosten	69 503,21 €	476,74 €/m² WNFL	57,01%
Barwert Instandhaltung	6 626,94 €	45,46 €/m² WNFL	5,44%
Barwert Erneuerung	45 780,55 €	314,02 €/m² WNFL	37,55%
Barwert Gesamt	121 910,70 €	836,21 €/m² WNFL	

88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
14,50 €	14,79 €	15,09 €	15,39 €	15,70 €	16,01 €	16,33 €	16,66 €	16,99 €	17,33 €	17,68 €	18,03 €	18,39 €
162,73 €	165,99 €	169,31 €	172,69 €	176,15 €	179,67 €	183,26 €	186,93 €	190,67 €	194,48 €	198,37 €	202,34 €	206,38 €
48,08 €	49,04 €	50,03 €	51,03 €	52,05 €	53,09 €	54,15 €	55,23 €	56,34 €	57,46 €	58,61 €	59,79 €	60,98 €
8,76 €	8,94 €	9,12 €	9,30 €	9,49 €	9,68 €	9,87 €	10,07 €	10,27 €	10,47 €	10,68 €	10,90 €	11,11 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
523,03 €	533,49 €	544,16 €	555,04 €	566,14 €	577,47 €	589,02 €	600,80 €	612,81 €	625,07 €	637,57 €	650,32 €	663,33 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
757,11 €	772,25 €	787,70 €	803,45 €	819,52 €	835,91 €	852,63 €	869,68 €	887,07 €	904,81 €	922,91 €	941,37 €	960,20 €

132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €
11 663,41 €	11 795,94 €	11 928,48 €	12 061,02 €	12 193,56 €	12 326,10 €	12 458,64 €	12 591,18 €	12 723,72 €	12 856,25 €	12 988,79 €	13 121,33 €	13 253,87 €
757,11 €	772,25 €	787,70 €	803,45 €	819,52 €	835,91 €	852,63 €	869,68 €	887,07 €	904,81 €	922,91 €	941,37 €	960,20 €
132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €
11 663,41 €	11 795,94 €	11 928,48 €	12 061,02 €	12 193,56 €	12 326,10 €	12 458,64 €	12 591,18 €	12 723,72 €	12 856,25 €	12 988,79 €	13 121,33 €	13 253,87 €

88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €

0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €

0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €

69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €	69 503,21 €

88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €	132,54 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
126 947,17 €	127 079,70 €	127 212,24 €	127 344,78 €	127 477,32 €	127 609,86 €	127 742,40 €	127 874,94 €	128 007,48 €	128 140,01 €	128 272,55 €	128 405,09 €	128 537,63 €
870,75 €	871,66 €	872,57 €	873,48 €	874,39 €	875,30 €	876,21 €	877,12 €	878,03 €	878,94 €	879,84 €	880,75 €	881,66 €

Lebenszykluskosten Beton + EPS-F

Parametereingabe

Umfang	KG 4
Preisstand	2018
Mehrwertsteuer	inkl. MwSt
Bezugsgröße	Wohnnutzfläche
Betrachtungszeitraum	100
Wohnnutzfläche in m²	145,79 m²
Zinssatz	2,0%
Allg. Preissteigerung (z.B. Baukosten)	2,0%
Preissteigerung Energiekosten	4,0%
Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,0%
Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,0%
Preissteigerung Grundgebühr Strom	1,0%

Zellen für Eingabe

gesperrt (Vorgabe/ Berechnung)

Teil A - regelmässige Zahlungen Jahr: 0 1 2

4	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Instand-	Aufwand Wartung u.	Herstellkosten		
		setzung	Inspektion	€		
		%	%			
LG01	Baustellengemeinkosten	0,0%		3 233,86 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	0,2%		27 811,61 €	56,74 €	57,87 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	0,2%		1 694,03 €	3,46 €	3,52 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	0,2%		894,17 €	1,82 €	1,86 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	0,2%		21 675,11 €	44,22 €	45,10 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
				55 308,77 €	106,23 €	108,36 €
	Barwert regelmäßige Instandhaltung KG 4 (Ausbau)			5 207,49 €	104,15 €	104,15 €
Graph			100 Jahre	0,00 €	104,15 €	208,30 €
					106,23 €	108,36 €
	Barwert regelmäßige Zahlungen			0,00 €	104,15 €	104,15 €
Graph				0,00 €	104,15 €	208,30 €

Teil B - unregelmäßige Zahlungen Jahr: 0 1 2

1	Kostengruppe 2 Bauwerk-Rohbau - nicht berücksichtigt	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten		Erneuerungsin
		Jahre	Anzahl	€		
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Unregelmäßige Zahlungen KG 2			0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Barwert Erneuerung KG 2 (Rohbau)			0,00 €	0,00 €	0,00 €
Graph			100 Jahre	0,00 €	0,00 €	0,00 €

3	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten		Erneuerungsin
		Jahre	Anzahl	€		
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	3 233,86 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	27 811,61 €	0,00 €	0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	1 694,03 €	0,00 €	0,00 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	894,17 €	0,00 €	0,00 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	50	1	21 675,11 €	0,00 €	0,00 €
		40	2	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		50	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Unregelmäßige Zahlungen KG 4			55 308,77 €	0,00 €	0,00 €
	Barwert Erneuerung KG 4 (Ausbau)			21 675,11 €	0,00 €	0,00 €
Graph			100 Jahre	55 308,77 €	55 308,77 €	55 308,77 €
				55 308,77 €	0,00 €	0,00 €
	Barwert unregelmäßige Zahlungen			78 983,88 €	0,00 €	0,00 €
Graph			100 Jahre	55 308,77 €	55 308,77 €	55 308,77 €

Teil C - LCC Jahr: 0 1 2

	Barwert regelmäßige Zahlungen			104,15 €	104,15 €
	Barwert unregelmäßige Zahlungen			0,00 €	0,00 €
Graph	LCC Beton + EPS-F			55 308,77 €	55 412,92 €
				379,37 €	380,09 €

Herstellkosten	55 308,77 €	379,37 €/m² WNFL	67,29%
Barwert Nutzungskosten	5 207,49 €	35,72 €/m² WNFL	6,34%
Barwert Erneuerung	21 675,11 €	148,67 €/m² WNFL	26,37%
Barwert Gesamt	82 191,37 €	563,77 €/m² WNFL	

Lebenszykluskosten Beton + EPS-F+

Parametereingabe

Umfang	KG 4
Preisstand	2018
Mehrwertsteuer	inkl. MwSt
Bezugsgröße	Wohnnutzfläche
Betrachtungszeitraum	100
Wohnnutzfläche in m²	145,79 m²
Zinssatz	2,0%
Allg. Preissteigerung (z.B. Baukosten)	2,0%
Preissteigerung Energiekosten	4,0%
Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,0%
Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,0%
Preissteigerung Grundgebühr Strom	1,0%

Zellen für Eingabe
 gesperrt (Vorgabe/ Berechnung)

Teil A - regelmässige Zahlungen Jahr: 0 1 2

4	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Instand-	Aufwand Wartung u.	Herstellkosten		
		setzung	Inspektion	€		
		%	%			
LG01	Baustellengemeinkosten	0,0%		3 233,86 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	0,2%		27 811,61 €	56,74 €	57,87 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	0,2%		1 694,03 €	3,46 €	3,52 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	0,2%		894,17 €	1,82 €	1,86 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	0,2%		23 657,82 €	48,26 €	49,23 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
				57 291,48 €	110,28 €	112,48 €

Barwert regelmäßige Instandhaltung KG 4 (Ausbau) 5 405,76 € 108,12 € 108,12 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 108,12 € 216,23 €

Barwert regelmäßige Zahlungen 0,00 € 108,12 € 108,12 €

Graph 0,00 € 108,12 € 216,23 €

Teil B - unregelmäßige Zahlungen Jahr: 0 1 2

1	Kostengruppe 2 Bauwerk-Rohbau - nicht berücksichtigt	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten		
		Jahre	Anzahl	€	Erneuerungsin	
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
				Unregelmäßige Zahlungen KG 2	0,00 €	0,00 €

Barwert Erneuerung KG 2 (Rohbau) 0,00 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 0,00 € 0,00 €

3 Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau Jahr: 0 1 2

3	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten		
		Jahre	Anzahl	€	Erneuerungsin	
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	3 233,86 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	27 811,61 €	0,00 €	0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	1 694,03 €	0,00 €	0,00 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	894,17 €	0,00 €	0,00 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	50	1	23 657,82 €	0,00 €	0,00 €
		40	2	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		50	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €
				Unregelmäßige Zahlungen KG 4	57 291,48 €	0,00 €

Barwert Erneuerung KG 4 (Ausbau) 23 657,82 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 57 291,48 € 57 291,48 € 57 291,48 €

Barwert unregelmäßige Zahlungen 57 291,48 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 80 949,30 € 57 291,48 € 57 291,48 €

Teil C - LCC Jahr: 0 1 2

Barwert regelmäßige Zahlungen			108,12 €	108,12 €
Barwert unregelmäßige Zahlungen		57 291,48 €	0,00 €	0,00 €
Graph LCC Beton + EPS-F+		57 291,48 €	57 399,60 €	57 507,71 €
		392,97 €	393,71 €	394,46 €

Herstellkosten	57 291,48 €	392,97 €/m² WNFL	66,34%
Barwert Nutzungskosten	5 405,76 €	37,08 €/m² WNFL	6,28%
Barwert Erneuerung	23 657,82 €	162,27 €/m² WNFL	27,40%
Barwert Gesamt	86 355,06 €	592,33 €/m² WNFL	

Lebenszykluskosten Holzständerwand

Parametereingabe

Umfang	KG 4
Preisstand	2018
Mehrwertsteuer	inkl. MwSt
Bezugsgröße	Wohnnutzfläche
Betrachtungszeitraum	100
Wohnnutzfläche in m²	145,79 m²
Zinssatz	2,0%
Allg. Preissteigerung (z.B. Baukosten)	2,0%
Preissteigerung Energiekosten	4,0%
Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,0%
Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,0%
Preissteigerung Grundgebühr Strom	1,0%

Zellen für Eingabe
 gesperrt (Vorgabe/ Berechnung)

Teil A - regelmässige Zahlungen Jahr: 0 1 2

4	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Instand-	Aufwand Wartung u.	Herstellkosten		
		setzung	Inspektion	€		
		%	%			
LG01	Baustellengemeinkosten	0,0%		3 233,86 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	0,2%		1 694,03 €	3,46 €	3,52 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	0,2%		52,92 €	0,11 €	0,11 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	0,2%		40 915,81 €	83,47 €	85,14 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	0,2%		19 362,94 €	39,50 €	40,29 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
		0,2%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
				65 259,55 €	126,53 €	129,06 €

Barwert regelmäßige Instandhaltung KG 4 (Ausbau) 6 202,57 € 124,05 € 124,05 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 124,05 € 248,10 €

Barwert regelmäßige Zahlungen 0,00 € 126,53 € 129,06 €

Graph 0,00 € 124,05 € 248,10 €

Teil B - unregelmäßige Zahlungen Jahr: 0 1 2

1	Kostengruppe 2 Bauwerk-Rohbau - nicht berücksichtigt	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten		
		Jahre	Anzahl	€		
					Erneuerungsin	
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	50	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €
				Unregelmäßige Zahlungen KG 2	0,00 €	0,00 €

Barwert Erneuerung KG 2 (Rohbau) 0,00 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 0,00 € 0,00 € 0,00 €

3 Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau Jahr: 0 1 2

3	Kostengruppe 4 Bauwerk-Ausbau	Nutzungs-dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten		
		Jahre	Anzahl	€		
					Erneuerungsin	
LG01	Baustellengemeinkosten	100	0	3 233,86 €	0,00 €	0,00 €
LG07	Stahlbetonarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG08	Mauerwerksarbeiten	100	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
LG10	Innenputzarbeiten	100	0	1 694,03 €	0,00 €	0,00 €
LG12	Abdichtungsarbeiten	100	0	52,92 €	0,00 €	0,00 €
LG36	Zimmermeisterarbeiten	100	0	40 915,81 €	0,00 €	0,00 €
LG44	Wärmedämmverbundsystemarbeiten	50	1	19 362,94 €	0,00 €	0,00 €
		40	2	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		25	3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		50	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €
				Unregelmäßige Zahlungen KG 4	65 259,55 €	0,00 €

Barwert Erneuerung KG 4 (Ausbau) 19 362,94 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 65 259,55 € 65 259,55 € 65 259,55 €

Barwert unregelmäßige Zahlungen 65 259,55 € 0,00 € 0,00 €

Graph 84 622,49 € 0,00 € 0,00 €

Graph 100 Jahre 65 259,55 € 65 259,55 € 65 259,55 €

Teil C - LCC Jahr: 0 1 2

Barwert regelmäßige Zahlungen			124,05 €	124,05 €
Barwert unregelmäßige Zahlungen		65 259,55 €	0,00 €	0,00 €
Graph LCC Holzständerwand		65 259,55 €	65 383,60 €	65 507,65 €
		447,63 €	448,48 €	449,33 €

Herstellkosten	65 259,55 €	447,63 €/m² WNFL	71,85%
Barwert Nutzungskosten	6 202,57 €	42,54 €/m² WNFL	6,83%
Barwert Erneuerung	19 362,94 €	132,81 €/m² WNFL	21,32%
Barwert Gesamt	90 825,06 €	622,99 €/m² WNFL	

Anhang 6 – Preisspiegel

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
-----------------	-----------------------------------	------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

01 Baustellengemeinkosten

011801A	System-G. 340,55 m2	5,83	5,97 2.033,08 104,4 %	5,72 1.947,95 100,0 %	5,81 1.978,60 101,6 %	
011801B	System-G.Gebrauchsüberl. 2.043,30 VE	0,35	0,33 674,29 100,0 %	0,35 715,16 106,1 %	0,36 735,59 109,1 %	
01	Baustellengemeinkosten					
Summe	2.694,88 M 101,2 %		2.707,37 101,7 %	2.663,11 100,0 %	2.714,19 101,9 %	

08 Mauerarbeiten

080203Z	50cm HLZ-Plan-Mwk.b.3,2m 185,49 m2 Z	138,65	129,90 24.095,15 100,0 %	140,95 26.144,82 108,5 %	145,10 26.914,60 111,7 %	
082101Z	Az Ft-Überlagen ü.40-50cm 29,55 m Z	39,52	38,30 1.131,77 100,0 %	41,15 1.215,98 107,4 %	39,10 1.155,41 102,1 %	
082103A	Az Überlagen f.Wärmedämmung 29,55 m	14,26	15,40 455,07 117,5 %	14,28 421,97 108,9 %	13,11 387,40 100,0 %	
082121A	Decke Rostziegel 8cm 50/20cm 85,30 m	18,84	20,50 1.748,65 120,6 %	19,02 1.622,41 111,9 %	17,00 1.450,10 100,0 %	
08	Mauerarbeiten					
Summe	28.914,44 M 105,4 %		27.430,64 100,0 %	29.405,18 107,2 %	29.907,51 109,0 %	

10 Putz

100101A	Gipshaltiger IP W b.3,2m 194,18 m2	10,98	11,20 2.174,82 107,2 %	10,45 2.029,18 100,0 %	11,30 2.194,23 108,1 %	
100301B	Kalkzement UP-AP m.PGV und Bewehrung 241,74 m2	45,52	45,20 10.926,65 104,0 %	43,45 10.503,60 100,0 %	47,90 11.579,35 110,2 %	
100303A	Silikat-Dünnp.Rillenstruktur GK 2mm 241,74 m2	15,01	15,90 3.843,67 117,8 %	15,62 3.775,98 115,7 %	13,50 3.263,49 100,0 %	
100313A	Az WDVS bei vorhandenem Gelände b.10% 47,30 m Z	21,66	22,00 1.040,60 104,3 %	21,89 1.035,40 103,7 %	21,10 998,03 100,0 %	
100344A	WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil 115,70 m Z	4,95	4,90 566,93 101,2 %	4,84 559,99 100,0 %	5,10 590,07 105,4 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
109221A	Leibung ausbilden b.25cm 115,70 m	11,88	11,70 1.353,69 102,3 %	11,44 1.323,61 100,0 %	12,50 1.446,25 109,3 %	
10 Summe	Putz M 19.735,18 102,6 %		19.906,36 103,5 %	19.227,76 100,0 %	20.071,42 104,4 %	

12 Abdichtungen bei Böden und Wänden

121202B	Waagr.Abdicht.MWK 1L.E-KV5 46,30 m	14,43	14,90 689,87 109,6 %	14,79 684,78 108,8 %	13,60 629,68 100,0 %	
12 Summe	Abdichtungen bei Böden und Wänden M 668,11 106,1 %		689,87 109,6 %	684,78 108,8 %	629,68 100,0 %	

44 Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

4402011	WDVS EPS-F 0,04W/(mK) UP3mm DD18cm 5,50 m ²	40,13	45,00 247,50 126,8 %	39,88 219,34 112,3 %	35,50 195,25 100,0 %	
440226A	Az WDVS EPS-F Untersicht 5,50 m ²	9,00	10,20 56,10 127,5 %	8,80 48,40 110,0 %	8,00 44,00 100,0 %	
4414011	WDVS Flächendübel DD18cm 6,50 m ²	12,67	12,50 81,25 101,6 %	13,20 85,80 107,3 %	12,30 79,95 100,0 %	
441507A	WDVS Tropfkantenprofil Kunststoff 5,50 m	9,42	9,70 53,35 105,4 %	9,35 51,43 101,6 %	9,20 50,60 100,0 %	
442001C	WDVS Dünnp.kunsth.Reibstruktur 1,5mm 6,50 m ²	14,91	15,40 100,10 108,5 %	15,13 98,35 106,5 %	14,20 92,30 100,0 %	
44 Summe	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) M 501,24 108,5 %		538,30 116,5 %	503,32 108,9 %	462,10 100,0 %	
Summe Gesamt	M 52.513,85 102,4 %		51.272,54 100,0 %	52.484,15 102,4 %	53.784,90 104,9 %	

Positionsnummer	Positionstext	X	Y	Z
-----------------	---------------	---	---	---

ZUSAMMENSTELLUNG (EUR)

01	Baustellengemeinkosten			
	2.694,88 M	2.707,37	2.663,11	2.714,19
08	Mauerarbeiten			
	28.914,44 M	27.430,64	29.405,18	29.907,51
10	Putz			
	19.735,18 M	19.906,36	19.227,76	20.071,42
12	Abdichtungen bei Böden und Wänden			
	668,11 M	689,87	684,78	629,68
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)			
	501,24 M	538,30	503,32	462,10
*****	Gesamt	51.272,54	52.484,15	53.784,90
	52.513,85 M			
	+ 20,00 % Umsatzsteuer	10.254,51	10.496,83	10.756,98
	Angebotspreis (zivilrechtlicher Preis)	61.527,05	62.980,98	64.541,88
		100,0 %	102,4 %	104,9 %

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
01	Baustellengemeinkosten					
011801A	System-G. 340,55 m2	5,83	5,97 2.033,08 104,4 %	5,72 1.947,95 100,0 %	5,81 1.978,60 101,6 %	
011801B	System-G.Gebrauchsuüberl. 2.043,30 VE	0,35	0,33 674,29 100,0 %	0,35 715,16 106,1 %	0,36 735,59 109,1 %	
01	Baustellengemeinkosten					
Summe	M 2.694,88 101,2 %		2.707,37 101,7 %	2.663,11 100,0 %	2.714,19 101,9 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
08	Mauerarbeiten					
080203E	38cm HLZ-Plan-Mwk.b.3,2m 180,26 m2	140,54	130,90 23.596,03 100,0 %	141,42 25.492,37 108,0 %	149,30 26.912,82 114,1 %	
082101E	Az Ft-Überlagen ü.30-40cm 29,55 m	32,40	31,70 936,74 100,0 %	33,60 992,88 106,0 %	31,90 942,65 100,6 %	
082103A	Az Überlagen f.Wärmedämmung 29,55 m	14,26	15,40 455,07 117,5 %	14,28 421,97 108,9 %	13,11 387,40 100,0 %	
082121A	Decke Rostziegel 8cm 50/20cm 83,38 m	18,84	20,50 1.709,29 120,6 %	19,02 1.585,89 111,9 %	17,00 1.417,46 100,0 %	
08	Mauerarbeiten					
Summe	M 28.283,52 105,9 %		26.697,13 100,0 %	28.493,11 106,7 %	29.660,33 111,1 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
10	Putz					
100101A	Gipshaltiger IP W b.3,2m 194,18 m2	10,98	11,20 2.174,82 107,2 %	10,45 2.029,18 100,0 %	11,30 2.194,23 108,1 %	
100301B	Kalkzement UP-AP m.PGV und Bewehrung 235,35 m2	45,52	45,20 10.637,82 104,0 %	43,45 10.225,96 100,0 %	47,90 11.273,27 110,2 %	
100303A	Silikat-Dünnp.Rillenstruktur GK 2mm 235,35 m2	15,01	15,90 3.742,07 117,8 %	15,62 3.676,17 115,7 %	13,50 3.177,23 100,0 %	
100313A	Az WDVS bei vorhandenem Gelände b.10% 46,34 m Z	21,66	22,00 1.019,48 104,3 %	21,89 1.014,38 103,7 %	21,10 977,77 100,0 %	
100344A	WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil 115,70 m Z	4,95	4,90 566,93 101,2 %	4,84 559,99 100,0 %	5,10 590,07 105,4 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
109221A	Leibung ausbilden b.25cm 115,70 m	11,88	11,70 1.353,69 102,3 %	11,44 1.323,61 100,0 %	12,50 1.446,25 109,3 %	
10	Putz					
Summe	M 19.327,64 102,6 %		19.494,81 103,5 %	18.829,29 100,0 %	19.658,82 104,4 %	

12 Abdichtungen bei Böden und Wänden

121202B	Waagr.Abdicht.MWK 1L.E-KV5 45,34 m	14,43	14,90 675,57 109,6 %	14,79 670,58 108,8 %	13,60 616,62 100,0 %	
12	Abdichtungen bei Böden und Wänden					
Summe	M 654,26 106,1 %		675,57 109,6 %	670,58 108,8 %	616,62 100,0 %	

44 Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

4402011	WDVS EPS-F 0,04W/(mK) UP3mm DD18cm 5,50 m ²	40,13	45,00 247,50 126,8 %	39,88 219,34 112,3 %	35,50 195,25 100,0 %	
440226A	Az WDVS EPS-F Untersicht 5,50 m ²	9,00	10,20 56,10 127,5 %	8,80 48,40 110,0 %	8,00 44,00 100,0 %	
4414011	WDVS Flächendübel DD18cm 6,50 m ²	12,67	12,50 81,25 101,6 %	13,20 85,80 107,3 %	12,30 79,95 100,0 %	
441507A	WDVS Tropfkantenprofil Kunststoff 5,50 m	9,42	9,70 53,35 105,4 %	9,35 51,43 101,6 %	9,20 50,60 100,0 %	
442001C	WDVS Dünnp.kunsth.Reibstruktur 1,5mm 6,50 m ²	14,91	15,40 100,10 108,5 %	15,13 98,35 106,5 %	14,20 92,30 100,0 %	
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)					
Summe	M 501,24 108,5 %		538,30 116,5 %	503,32 108,9 %	462,10 100,0 %	
Summe Gesamt	M 51.461,54 102,7 %		50.113,18 100,0 %	51.159,41 102,1 %	53.112,06 106,0 %	

Positionsnummer	Positionstext	X	Y	Z
-----------------	---------------	---	---	---

ZUSAMMENSTELLUNG (EUR)

01	Baustellengemeinkosten			
	2.694,88 M	2.707,37	2.663,11	2.714,19
08	Mauerarbeiten			
	28.283,52 M	26.697,13	28.493,11	29.660,33
10	Putz			
	19.327,64 M	19.494,81	18.829,29	19.658,82
12	Abdichtungen bei Böden und Wänden			
	654,26 M	675,57	670,58	616,62
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)			
	501,24 M	538,30	503,32	462,10
*****	Gesamt	50.113,18	51.159,41	53.112,06
	51.461,54 M			
	+ 20,00 % Umsatzsteuer	10.022,64	10.231,88	10.622,41
	Angebotspreis (zivilrechtlicher Preis)	60.135,82	61.391,29	63.734,47
		100,0 %	102,1 %	106,0 %

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	Z EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	X EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
-----------------	-----------------------------------	------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

01 Baustellengemeinkosten

011801A	System-G. 340,55 m2	5,83	5,81 1.978,60 101,6 %	5,72 1.947,95 100,0 %	5,97 2.033,08 104,4 %	
011801B	System-G.Gebrauchsüberl. 2.043,30 VE	0,35	0,36 735,59 109,1 %	0,35 715,16 106,1 %	0,33 674,29 100,0 %	
01	Baustellengemeinkosten					
Summe	M 2.694,88 101,2 %		2.714,19 101,9 %	2.663,11 100,0 %	2.707,37 101,7 %	

07 Beton- und Stahlbetonarbeiten

070301T	Schalung D/Kragpl.Roste b.3,2m 16,26 m2	65,05	70,70 1.149,58 115,9 %	63,44 1.031,53 104,0 %	61,00 991,86 100,0 %	
07	Beton- und Stahlbetonarbeiten					
Summe	M 1.057,66 106,6 %		1.149,58 115,9 %	1.031,53 104,0 %	991,86 100,0 %	

08 Mauerarbeiten

080203C	25cm HLZ-Plan-Mwk.b.3,2m 174,57 m2	65,10	67,50 11.783,48 108,5 %	65,59 11.450,05 105,5 %	62,20 10.858,25 100,0 %	
082101C	Az Ft-Überlagen ü.20-25cm 29,55 m	17,12	16,70 493,49 100,0 %	17,76 524,81 106,3 %	16,90 499,40 101,2 %	
08	Mauerarbeiten					
Summe	M 11.869,83 104,5 %		12.276,97 108,1 %	11.974,86 105,4 %	11.357,65 100,0 %	

10 Putz

100101A	Gipshaltiger IP W b.3,2m 194,18 m2	10,98	11,30 2.194,23 108,1 %	10,45 2.029,18 100,0 %	11,20 2.174,82 107,2 %	
109221A	Leibung ausbilden b.25cm 115,70 m	11,88	12,50 1.446,25 109,3 %	11,44 1.323,61 100,0 %	11,70 1.353,69 102,3 %	
10	Putz					
Summe	M 3.507,26 104,6 %		3.640,48 108,6 %	3.352,79 100,0 %	3.528,51 105,2 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Z EP Mittelwert	Y EP Pos. Preis	X EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
-----------------	-----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

12 Abdichtungen bei Böden und Wänden

121202B	Waagr.Abdicht.MWK 1L.E-KV5 44,30 m	13,60 602,48 14,43	17,99 655,20 108,8 %	14,90 660,07 109,6 %	
12 Summe	Abdichtungen bei Böden und Wänden M 639,25 106,1 %	602,48 100,0 %	655,20 108,8 %	660,07 109,6 %	

44 Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

4402011	WDVS EPS-F 0,04W/(mK) UP3mm DD18cm 234,92 m2	35,50 8.339,66 40,13	39,88 9.368,61 112,3 %	45,00 10.571,40 126,8 %	
440226A	Az WDVS EPS-F Untersicht 5,50 m2	8,00 44,00 9,00	8,80 48,40 110,0 %	10,20 56,10 127,5 %	
441301B	Az WDVS m.Einbindung unter Gelände b.10 45,30 m	20,10 910,53 19,57	18,70 847,11 107,5 %	19,90 901,47 106,4 %	
4414011	WDVS Flächendübel DD18cm 234,92 m2	12,30 2.889,52 12,67	13,20 3.100,94 107,3 %	12,50 2.936,50 101,6 %	
441505A	WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil 115,70 m	4,60 532,22 5,07	5,01 579,66 108,9 %	5,60 647,92 121,7 %	
441507A	WDVS Tropfkantenprofil Kunststoff 5,50 m	9,20 50,60 9,42	9,35 51,43 101,6 %	9,70 53,35 105,4 %	
442001C	WDVS Dünnp.kunsth.Reibstruktur 1,5mm 234,92 m2	14,20 3.335,86 14,91	15,13 3.554,34 106,5 %	15,40 3.617,77 108,5 %	
44 Summe	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) M 17.479,13 108,5 %	16.102,39 100,0 %	17.550,49 109,0 %	18.784,51 116,7 %	
Summe Gesamt	M 37.248,01 102,1 %	36.486,09 100,0 %	37.227,98 102,0 %	38.029,97 104,2 %	

<i>Positionsnummer</i>	<i>Positionstext</i>	Z	Y	X
Z U S A M M E N S T E L L U N G (EUR)				
01	Baustellengemeinkosten			
	2.694,88 M	2.714,19	2.663,11	2.707,37
07	Beton- und Stahlbetonarbeiten			
	1.057,66 M	1.149,58	1.031,53	991,86
08	Mauerarbeiten			
	11.869,83 M	12.276,97	11.974,86	11.357,65
10	Putz			
	3.507,26 M	3.640,48	3.352,79	3.528,51
12	Abdichtungen bei Böden und Wänden			
	639,25 M	602,48	655,20	660,07
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)			
	17.479,13 M	16.102,39	17.550,49	18.784,51
*****	Gesamt	36.486,09	37.227,98	38.029,97
	37.248,01 M			
	+ 20,00 % Umsatzsteuer	7.297,22	7.445,60	7.605,99
	Angebotspreis (zivilrechtlicher Preis)	43.783,31	44.673,58	45.635,96
		100,0 %	102,0 %	104,2 %

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
-----------------	-----------------------------------	------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

01 Baustellengemeinkosten

011801A	System-G. 340,55 m2	5,83	5,97 2.033,08 104,4 %	5,72 1.947,95 100,0 %	5,81 1.978,60 101,6 %	
011801B	System-G.Gebrauchsüberl. 2.043,30 VE	0,35	0,33 674,29 100,0 %	0,35 715,16 106,1 %	0,36 735,59 109,1 %	
01 Summe	Baustellengemeinkosten M 2.694,88 101,2 %		2.707,37 101,7 %	2.663,11 100,0 %	2.714,19 101,9 %	

07 Beton- und Stahlbetonarbeiten

070301T	Schalung D/Kragpl.Roste b.3,2m 16,26 m2	65,05	61,00 991,86 100,0 %	63,44 1.031,53 104,0 %	70,70 1.149,58 115,9 %	
07 Summe	Beton- und Stahlbetonarbeiten M 1.057,66 106,6 %		991,86 100,0 %	1.031,53 104,0 %	1.149,58 115,9 %	

08 Mauerarbeiten

080203C	25cm HLZ-Plan-Mwk.b.3,2m 174,57 m2	65,10	62,20 10.858,25 100,0 %	65,59 11.450,05 105,5 %	67,50 11.783,48 108,5 %	
082101C	Az Ft-Überlagen ü.20-25cm 29,55 m	17,12	16,90 499,40 101,2 %	17,76 524,81 106,3 %	16,70 493,49 100,0 %	
08 Summe	Mauerarbeiten M 11.869,83 104,5 %		11.357,65 100,0 %	11.974,86 105,4 %	12.276,97 108,1 %	

10 Putz

100101A	Gipshaltiger IP W b.3,2m 194,18 m2	10,98	11,20 2.174,82 107,2 %	10,45 2.029,18 100,0 %	11,30 2.194,23 108,1 %	
109221A	Leibung ausbilden b.25cm 115,70 m	11,88	11,70 1.353,69 102,3 %	11,44 1.323,61 100,0 %	12,50 1.446,25 109,3 %	
10 Summe	Putz M 3.507,26 104,6 %		3.528,51 105,2 %	3.352,79 100,0 %	3.640,48 108,6 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
-----------------	-----------------------------------	------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

12 Abdichtungen bei Böden und Wänden

121202B	Waagr.Abdicht.MWK 1L.E-KV5 44,30 m	14,43	14,90 660,07 109,6 %	14,79 655,20 108,8 %	13,60 602,48 100,0 %	
12	Abdichtungen bei Böden und Wänden					
Summe	M 639,25 106,1 %		660,07 109,6 %	655,20 108,8 %	602,48 100,0 %	

44 Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

440205G	WDVS EPS-F 0,035W/(mK) UP3mm DD14cm 234,92 m2	45,19	42,20 9.913,62 100,0 %	45,39 10.663,02 107,6 %	47,97 11.269,11 113,7 %	
440226A	Az WDVS EPS-F Untersicht 5,50 m2	9,00	10,20 56,10 127,5 %	8,80 48,40 110,0 %	8,00 44,00 100,0 %	
441301B	Az WDVS m.Einbindung unter Gelände b.10 45,30 m	19,57	19,90 901,47 106,4 %	18,70 847,11 100,0 %	20,10 910,53 107,5 %	
441401G	WDVS Flächendübel DD14cm 228,42 m2	12,80	13,40 3.060,83 113,6 %	13,20 3.015,14 111,9 %	11,80 2.695,36 100,0 %	
441401I	WDVS Flächendübel DD18cm 6,50 m2	12,67	12,50 81,25 101,6 %	13,20 85,80 107,3 %	12,30 79,95 100,0 %	
441505A	WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil 115,70 m	5,07	5,60 647,92 121,7 %	5,01 579,66 108,9 %	4,60 532,22 100,0 %	
441507A	WDVS Tropfkantenprofil Kunststoff 5,50 m	9,42	9,70 53,35 105,4 %	9,35 51,43 101,6 %	9,20 50,60 100,0 %	
442001C	WDVS Dünnp.kunsth.Reibstruktur 1,5mm 234,92 m2	14,91	15,40 3.617,77 108,5 %	15,13 3.554,34 106,5 %	14,20 3.335,86 100,0 %	
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)					
Summe	M 18.698,28 102,0 %		18.332,31 100,0 %	18.844,90 102,8 %	18.917,63 103,2 %	
Summe Gesamt	M 38.467,16 102,4 %		37.577,77 100,0 %	38.522,39 102,5 %	39.301,33 104,6 %	

Positionsnummer	Positionstext	X	Y	Z
-----------------	---------------	---	---	---

ZUSAMMENSTELLUNG (EUR)

01	Baustellengemeinkosten			
	2.694,88 M	2.707,37	2.663,11	2.714,19
07	Beton- und Stahlbetonarbeiten			
	1.057,66 M	991,86	1.031,53	1.149,58
08	Mauerarbeiten			
	11.869,83 M	11.357,65	11.974,86	12.276,97
10	Putz			
	3.507,26 M	3.528,51	3.352,79	3.640,48
12	Abdichtungen bei Böden und Wänden			
	639,25 M	660,07	655,20	602,48
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)			
	18.698,28 M	18.332,31	18.844,90	18.917,63
*****	Gesamt	37.577,77	38.522,39	39.301,33
	38.467,16 M			
	+ 20,00 % Umsatzsteuer	7.515,55	7.704,48	7.860,27
	Angebotspreis (zivilrechtlicher Preis)	45.093,32	46.226,87	47.161,60
		100,0 %	102,5 %	104,6 %

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
-----------------	-----------------------------------	------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

01 Baustellengemeinkosten

011801A	System-G. 340,55 m2	5,83	5,97 2.033,08 104,4 %	5,72 1.947,95 100,0 %	5,81 1.978,60 101,6 %	
011801B	System-G.Gebrauchsüberl. 2.043,30 VE	0,35	0,33 674,29 100,0 %	0,35 715,16 106,1 %	0,36 735,59 109,1 %	
01 Summe	Baustellengemeinkosten M 2.694,88 101,2 %		2.707,37 101,7 %	2.663,11 100,0 %	2.714,19 101,9 %	

07 Beton- und Stahlbetonarbeiten

070301T	Schalung D/Kragpl.Roste b.3,2m 16,26 m2	65,05	61,00 991,86 100,0 %	63,44 1.031,53 104,0 %	70,70 1.149,58 115,9 %	
07 Summe	Beton- und Stahlbetonarbeiten M 1.057,66 106,6 %		991,86 100,0 %	1.031,53 104,0 %	1.149,58 115,9 %	

08 Mauerarbeiten

080203C	25cm HLZ-Plan-Mwk.b.3,2m 174,57 m2	65,10	62,20 10.858,25 100,0 %	65,59 11.450,05 105,5 %	67,50 11.783,48 108,5 %	
082101C	Az Ft-Überlagen ü.20-25cm 29,55 m	17,12	16,90 499,40 101,2 %	17,76 524,81 106,3 %	16,70 493,49 100,0 %	
08 Summe	Mauerarbeiten M 11.869,83 104,5 %		11.357,65 100,0 %	11.974,86 105,4 %	12.276,97 108,1 %	

10 Putz

100101A	Gipshaltiger IP W b.3,2m 194,18 m2	10,98	11,20 2.174,82 107,2 %	10,45 2.029,18 100,0 %	11,30 2.194,23 108,1 %	
109221A	Leibung ausbilden b.25cm 115,70 m	11,88	11,70 1.353,69 102,3 %	11,44 1.323,61 100,0 %	12,50 1.446,25 109,3 %	
10 Summe	Putz M 3.507,26 104,6 %		3.528,51 105,2 %	3.352,79 100,0 %	3.640,48 108,6 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	X	Y	Z	EP
			EP	EP	EP	
			Pos. Preis	Pos. Preis	Pos. Preis	Pos. Preis

12 Abdichtungen bei Böden und Wänden

121202B	Waagr.Abdicht.MWK 1L.E-KV5 44,30 m	14,43	14,90 660,07 109,6 %	14,79 655,20 108,8 %	13,60 602,48 100,0 %
---------	---------------------------------------	-------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

12	Abdichtungen bei Böden und Wänden				
Summe		639,25 M 106,1 %	660,07 109,6 %	655,20 108,8 %	602,48 100,0 %

44 Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

440301A	WDVS Hanf 0,04W/(mK) UP5mm DD20cm 234,92 m2 Z	126,67	117,78 27.668,88 100,0 %	127,98 30.065,06 108,7 %	134,25 31.538,01 114,0 %
---------	--------------------------------------------------	--------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

440326A	Az WDVS Hanf Untersicht 5,50 m2 Z	9,70	11,20 61,60 127,3 %	8,80 48,40 100,0 %	9,10 50,05 103,4 %
---------	--------------------------------------	------	---------------------------	--------------------------	--------------------------

441301B	Az WDVS m.Einbindung unter Gelände b.10 45,30 m	19,57	19,90 901,47 106,4 %	18,70 847,11 100,0 %	20,10 910,53 107,5 %
---------	----------------------------------------------------	-------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

441401K	WDVS Flächendübel DD... 234,92 m2	14,10	12,50 2.936,50 100,0 %	13,20 3.100,94 105,6 %	16,60 3.899,67 132,8 %
---------	--------------------------------------	-------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

441505A	WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil 115,70 m	5,07	5,60 647,92 121,7 %	5,01 579,66 108,9 %	4,60 532,22 100,0 %
---------	----------------------------------------------	------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

441507A	WDVS Tropfkantenprofil Kunststoff 5,50 m	9,42	9,70 53,35 105,4 %	9,35 51,43 101,6 %	9,20 50,60 100,0 %
---------	---------------------------------------------	------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

442001C	WDVS Dünnp.kunsth.Reibstruktur 1,5mm 234,92 m2	14,91	15,40 3.617,77 108,5 %	15,13 3.554,34 106,5 %	14,20 3.335,86 100,0 %
---------	---------------------------------------------------	-------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)				
Summe		38.150,46 M 106,3 %	35.887,49 100,0 %	38.246,94 106,6 %	40.316,94 112,3 %

Summe		57.919,34	55.132,95 100,0 %	57.924,43 105,1 %	60.700,64 110,1 %
Gesamt	M	105,1 %			



Positionsnummer	Positionstext	X	Y	Z
-----------------	---------------	---	---	---

ZUSAMMENSTELLUNG (EUR)

01	Baustellengemeinkosten			
	2.694,88 M	2.707,37	2.663,11	2.714,19
07	Beton- und Stahlbetonarbeiten			
	1.057,66 M	991,86	1.031,53	1.149,58
08	Mauerarbeiten			
	11.869,83 M	11.357,65	11.974,86	12.276,97
10	Putz			
	3.507,26 M	3.528,51	3.352,79	3.640,48
12	Abdichtungen bei Böden und Wänden			
	639,25 M	660,07	655,20	602,48
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)			
	38.150,46 M	35.887,49	38.246,94	40.316,94
*****	Gesamt	55.132,95	57.924,43	60.700,64
	57.919,34 M			
	+ 20,00 % Umsatzsteuer	11.026,59	11.584,89	12.140,13
	Angebotspreis (zivilrechtlicher Preis)	66.159,54	69.509,32	72.840,77
		100,0 %	105,1 %	110,1 %

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	Z EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	X EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
-----------------	-----------------------------------	------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

01 Baustellengemeinkosten

011801A	System-G. 340,55 m2	5,83	5,81 1.978,60 101,6 %	5,72 1.947,95 100,0 %	5,97 2.033,08 104,4 %	
011801B	System-G.Gebrauchsüberl. 2.043,30 VE	0,35	0,36 735,59 109,1 %	0,35 715,16 106,1 %	0,33 674,29 100,0 %	
01	Baustellengemeinkosten					
Summe	2.694,88 M 101,2 %		2.714,19 101,9 %	2.663,11 100,0 %	2.707,37 101,7 %	

07 Beton- und Stahlbetonarbeiten

070201E	Beton Wand b.20cm C20/25 b.3,2m 34,70 m3	123,28	118,10 4.098,07 100,0 %	124,34 4.314,60 105,3 %	127,40 4.420,78 107,9 %	
070201S	Betonwand Schalung b.3,2m 369,71 m2	34,78	33,90 12.533,17 104,2 %	32,54 12.030,36 100,0 %	37,90 14.012,01 116,5 %	
070201V	Bewehrung Stabst.Betonwand b.3,2m 2.776,00 kg	1,80	1,78 4.941,28 101,1 %	1,76 4.885,76 100,0 %	1,85 5.135,60 105,1 %	
070301T	Schalung D/Kragpl.Roste b.3,2m 16,18 m2	65,05	70,70 1.143,93 115,9 %	63,44 1.026,46 104,0 %	61,00 986,98 100,0 %	
07	Beton- und Stahlbetonarbeiten					
Summe	23.176,34 M 104,1 %		22.716,45 102,1 %	22.257,18 100,0 %	24.555,37 110,3 %	

10 Putz

100101B	Spachteln von Trockenbau oder Beton malerf 194,18 m2 Z	7,27	7,96 1.545,67 117,1 %	7,05 1.368,97 103,7 %	6,80 1.320,42 100,0 %	
10	Putz					
Summe	1.411,69 M 106,9 %		1.545,67 117,1 %	1.368,97 103,7 %	1.320,42 100,0 %	

12 Abdichtungen bei Böden und Wänden

121202Z	Waagr.Abdicht.Dichtschlämme 44,10 m Z	16,90	15,70 692,37 100,0 %	17,29 762,49 110,1 %	17,70 780,57 112,7 %	
12	Abdichtungen bei Böden und Wänden					
Summe	745,14 M 107,6 %		692,37 100,0 %	762,49 110,1 %	780,57 112,7 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	Z EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	X EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)					
440201K	WDVS EPS-F 0,04W/(mK) UP3mm DD... 233,59 m2	41,59	35,30 8.245,73 100,0 %	42,08 9.829,47 119,2 %	47,40 11.072,17 134,3 %	
440226A	Az WDVS EPS-F Untersicht 5,50 m2	9,00	8,00 44,00 100,0 %	8,80 48,40 110,0 %	10,20 56,10 127,5 %	
441301B	Az WDVS m.Einbindung unter Gelände b.10 45,10 m	19,57	20,10 906,51 107,5 %	18,70 843,37 100,0 %	19,90 897,49 106,4 %	
441401K	WDVS Flächendübel DD... 233,59 m2	14,10	16,60 3.877,59 132,8 %	13,20 3.083,39 105,6 %	12,50 2.919,88 100,0 %	
441505A	WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil 115,70 m	5,07	4,60 532,22 100,0 %	5,01 579,66 108,9 %	5,60 647,92 121,7 %	
441507A	WDVS Tropfkantenprofil Kunststoff 5,50 m	9,42	9,20 50,60 100,0 %	9,35 51,43 101,6 %	9,70 53,35 105,4 %	
442001C	WDVS Dünnp.kunsth.Reibstruktur 1,5mm 233,59 m2	14,91	14,20 3.316,98 100,0 %	15,13 3.534,22 106,5 %	15,40 3.597,29 108,5 %	
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)					
Summe	M 18.062,59 106,4 %		16.973,63 100,0 %	17.969,94 105,9 %	19.244,20 113,4 %	
Summe	M 46.090,64		44.642,31	45.021,69	48.607,93	
Gesamt	M 103,2 %		100,0 %	100,8 %	108,9 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	X EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
-----------------	-----------------------------------	------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

01 Baustellengemeinkosten

011801A	System-G. 340,55 m2	5,83	5,72 1.947,95 100,0 %	5,81 1.978,60 101,6 %	5,97 2.033,08 104,4 %	
011801B	System-G.Gebrauchsuüberl. 2.043,30 VE	0,35	0,35 715,16 106,1 %	0,36 735,59 109,1 %	0,33 674,29 100,0 %	
01	Baustellengemeinkosten					
Summe	2.694,88 M 101,2 %		2.663,11 100,0 %	2.714,19 101,9 %	2.707,37 101,7 %	

07 Beton- und Stahlbetonarbeiten

070201E	Beton Wand b.20cm C20/25 b.3,2m 34,70 m3	123,28	124,34 4.314,60 105,3 %	118,10 4.098,07 100,0 %	127,40 4.420,78 107,9 %	
070201S	Betonwand Schalung b.3,2m 369,71 m2	34,78	32,54 12.030,36 100,0 %	33,90 12.533,17 104,2 %	37,90 14.012,01 116,5 %	
070201V	Bewehrung Stabst.Betonwand b.3,2m 2.776,00 kg	1,80	1,76 4.885,76 100,0 %	1,78 4.941,28 101,1 %	1,85 5.135,60 105,1 %	
070301T	Schalung D/Kragpl.Roste b.3,2m 16,18 m2	65,05	63,44 1.026,46 104,0 %	70,70 1.143,93 115,9 %	61,00 986,98 100,0 %	
07	Beton- und Stahlbetonarbeiten					
Summe	23.176,34 M 104,1 %		22.257,18 100,0 %	22.716,45 102,1 %	24.555,37 110,3 %	

10 Putz

100101B	Spachteln von Trockenbau oder Beton malerf 194,18 m2 Z	7,27	7,05 1.368,97 103,7 %	7,96 1.545,67 117,1 %	6,80 1.320,42 100,0 %	
10	Putz					
Summe	1.411,69 M 106,9 %		1.368,97 103,7 %	1.545,67 117,1 %	1.320,42 100,0 %	

12 Abdichtungen bei Böden und Wänden

121202Z	Waagr.Abdicht.Dichtschlämme 44,10 m Z	16,90	17,29 762,49 110,1 %	15,70 692,37 100,0 %	17,70 780,57 112,7 %	
12	Abdichtungen bei Böden und Wänden					
Summe	745,14 M 107,6 %		762,49 110,1 %	692,37 100,0 %	780,57 112,7 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	Y EP Pos. Preis	Z EP Pos. Preis	X EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)					
440205H	WDVS EPS-F 0,035W/(mK) UP3mm DD16cm 233,59 m2	50,20	45,48 10.623,67 100,0 %	55,48 12.959,57 122,0 %	49,64 11.595,41 109,1 %	
440226A	Az WDVS EPS-F Untersicht 5,50 m2	9,00	8,80 48,40 110,0 %	8,00 44,00 100,0 %	10,20 56,10 127,5 %	
441301B	Az WDVS m.Einbindung unter Gelände b.10 45,10 m	19,57	18,70 843,37 100,0 %	20,10 906,51 107,5 %	19,90 897,49 106,4 %	
441401H	WDVS Flächendübel DD16cm 233,59 m2	12,57	13,20 3.083,39 111,9 %	11,80 2.756,36 100,0 %	12,70 2.966,59 107,6 %	
441505A	WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil 115,70 m	5,07	5,01 579,66 108,9 %	4,60 532,22 100,0 %	5,60 647,92 121,7 %	
441507A	WDVS Tropfkantenprofil Kunststoff 5,50 m	9,42	9,35 51,43 101,6 %	9,20 50,60 100,0 %	9,70 53,35 105,4 %	
442001C	WDVS Dünnp.kunsth.Reibstruktur 1,5mm 233,59 m2	14,91	15,13 3.534,22 106,5 %	14,20 3.316,98 100,0 %	15,40 3.597,29 108,5 %	
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)					
Summe	M 19.714,85 105,1 %		18.764,14 100,0 %	20.566,24 109,6 %	19.814,15 105,6 %	
Summe Gesamt	M 47.742,90 104,2 %		45.815,89 100,0 %	48.234,92 105,3 %	49.177,88 107,3 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	Z EP Pos. Preis	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
-----------------	-----------------------------------	------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

01 Baustellengemeinkosten

011801A	System-G. 340,55 m2	5,83	5,81 1.978,60 101,6 %	5,97 2.033,08 104,4 %	5,72 1.947,95 100,0 %	
011801B	System-G.Gebrauchsuüberl. 2.043,30 VE	0,35	0,36 735,59 109,1 %	0,33 674,29 100,0 %	0,35 715,16 106,1 %	
01	Baustellengemeinkosten					
Summe	M 2.694,88 101,2 %		2.714,19 101,9 %	2.707,37 101,7 %	2.663,11 100,0 %	

10 Putz

100101B	Spachteln von Trockenbau oder Beton malerf 194,18 m2 Z	7,27	7,96 1.545,67 117,1 %	6,80 1.320,42 100,0 %	7,05 1.368,97 103,7 %	
10	Putz					
Summe	M 1.411,69 106,9 %		1.545,67 117,1 %	1.320,42 100,0 %	1.368,97 103,7 %	

36 Zimmermeisterarbeiten

361501G	Riegelwand 16cm 173,48 m2 Z	156,33	147,50 25.588,30 100,0 %	154,20 26.750,62 104,5 %	167,28 29.019,73 113,4 %	
361522A	Az Schwellenausbildung 44,10 m Z	37,10	36,70 1.618,47 103,4 %	35,50 1.565,55 100,0 %	39,11 1.724,75 110,2 %	
361522B	Az Deckenrandausbildung 80,90 m Z	16,59	16,70 1.351,03 107,7 %	15,50 1.253,95 100,0 %	17,56 1.420,60 113,3 %	
361641D	Az. Fensterleibung 115,70 m Z	34,94	34,60 4.003,22 102,1 %	33,90 3.922,23 100,0 %	36,33 4.203,38 107,2 %	
36	Zimmermeisterarbeiten					
Summe	M 34.140,61 104,9 %		32.561,02 100,0 %	33.492,35 102,9 %	36.368,46 111,7 %	

44 Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

440401A	WDVS Holzfaser 233,59 m2 Z	47,45	42,80 9.997,65 100,0 %	54,10 12.637,22 126,4 %	45,46 10.619,00 106,2 %	
440426A	Az. WDVS Holzfaser Untersicht 5,50 m2 Z	8,63	6,70 36,85 100,0 %	10,40 57,20 155,2 %	8,80 48,40 131,3 %	

Positionsnummer	Positionstext Menge EH PZZVwGK	Mittelwert	Z EP Pos. Preis	X EP Pos. Preis	Y EP Pos. Preis	EP Pos. Preis
441301B	Az WDVS m.Einbindung unter Gelände b.10 45,10 m	19,57	20,10 906,51 107,5 %	19,90 897,49 106,4 %	18,70 843,37 100,0 %	
441505A	WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil 115,70 m	5,07	4,60 532,22 100,0 %	5,60 647,92 121,7 %	5,01 579,66 108,9 %	
441507A	WDVS Tropfkantenprofil Kunststoff 5,50 m	9,42	9,20 50,60 100,0 %	9,70 53,35 105,4 %	9,35 51,43 101,6 %	
442001C	WDVS Dünnp.kunsth.Reibstruktur 1,5mm 233,59 m2	14,91	14,20 3.316,98 100,0 %	15,40 3.597,29 108,5 %	15,13 3.534,22 106,5 %	
44	Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)					
Summe	M 16.135,78 108,7 %		14.840,81 100,0 %	17.890,47 120,5 %	15.676,08 105,6 %	
Summe Gesamt	M 54.382,96 105,3 %		51.661,69 100,0 %	55.410,61 107,3 %	56.076,62 108,5 %	

Anhang 7 – Ergebnisse Ökobilanz

Gebäude "EFH Masterarbeit": Ergebnisse der Gebäudeberechnung

Nutzungsdauern:

- Ökokennzahlen / OI3: ganzzahlige Austauschzyklen im Betrachtungszeitraum lt. Norm EN 15804, Nutzungsdauerkatalog 2018, **Betrachtungszeitraum** 100: Jahre
- EI10 (V2.0, 2018): ganzzahlige Austauschzyklen im Betrachtungszeitraum lt. Norm EN 15804, Nutzungsdauerkatalog 2018, **Betrachtungszeitraum** 100: Jahre

Art: Neubau

BGF: 289,11 m²

BZF (OI3): 289,11 m²

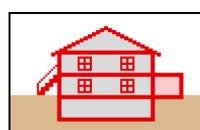
Entsorgungsindikator: EI10 (V2.0, 2018)

Bezugsfläche für ÖKZ: 145,79 m² WNFL

l_c: 1,52 m

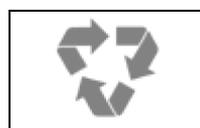
Test- und Studierendenversion, nicht für kommerzielle Zwecke

 **Kostenpflichtige Vollversion bestellen**



Opake und transparente Bauteile

Menge	Bauteil	ΔOI3		PENRT MJ	GWP100 S kg CO ₂ equ.	AP kg SO ₂ equ.	EI _{KON} pro m ² Bt
		BG2, BZF	pro m ² Bt				
205,13 m ²	AWI 03 a Holzständer-Außenwand, verputzt	37	51	1.081	-5	0,28	0,99
205,13 m ²	AW - Porotherm 25 + EPS-F+	53	75	1.565	104	0,27	1,84
205,13 m ²	AW - Porotherm 25 + EPS-F	58	82	1.732	111	0,30	2,24
205,13 m ²	AW - Porotherm 25 + Hanf	59	83	1.705	84	0,35	1,37
205,13 m ²	AW - Stahlbeton + EPS-F+	67	94	1.760	137	0,38	1,95
205,13 m ²	AW - Porotherm 50 H.I	68	96	1.782	159	0,36	0,69
205,13 m ²	AW - Stahlbeton + EPS-F	76	107	2.060	150	0,43	2,55
205,13 m ²	AW - Porotherm 38 W.I	89	126	1.947	171	0,63	0,57
Summe				13.632	910	3,00	



Entsorgung

Summe (98,7% aller Materialien mit bekannter Masse berücksichtigt)	PENRT MJ	GWP100 S kg CO ₂ equ.	AP kg SO ₂ equ.
	1.202	122	0,371

Test- und Studierendenversion, nicht für kommerzielle Zwecke

 **Kostenpflichtige Vollversion bestellen**



Gebäude gesamt

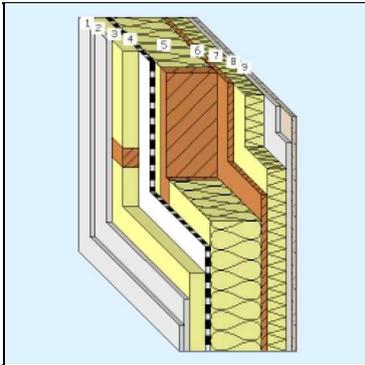
OI3	PENRT MJ	GWP100 S kg CO ₂ equ.	AP kg SO ₂ equ.	EI10 V2, 2018
BG2, BZF	pro m ² WNFL			
507	14.833	1.032	3,37	15,27

Opake und transparente Bauteile im Detail (grafische Darstellung)

Siehe Folgeseiten!

AWI 03 a Holzständer-Außenwand, verputzt

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG2)



0,154 W/m²K

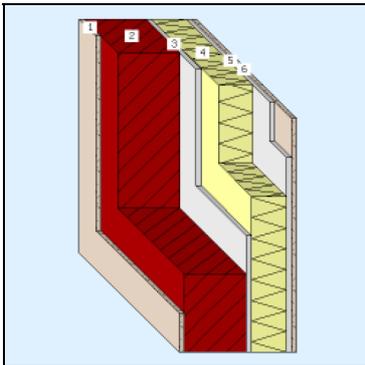
U-Wert ²

Masse	74,7 kg/m²	
E_{KON}	0,99 Punkte/m²	
PENRT	768 MJ/m²	Nutzungsd.: ja, ganzzg. Art: Neubau
GWP100 Summe	-3,62 kg CO ₂ /m²	
AP	0,198 kg SO ₂ /m²	

Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	Gipskartonplatte (900 kg/m³)	1,50	0,250	0,06	4
2	Gipskartonplatte (900 kg/m³)	1,50	0,250	0,06	4
3	Mineralwolleplatten zw. horizontalen Latten (Installationsebene)	5,00			
	56,3 cm (90%) Glaswolle MW(GW)-W (18 kg/m³)	5,00	0,038	1,32	3
	6,3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rau, tech	5,00	0,120	0,42	0
4	Dampfbremse PE	0,02	0,500	0,00	1
5	Mineralwolleplatten zw. vertikalen Pfosten	16,00			
	56,3 cm (90%) Glaswolle MW(GW)-W (18 kg/m³)	16,00	0,038	4,21	10
	6,3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rau, tech	16,00	0,120	1,33	0
6	OSB-Platten (650 kg/m³)	1,80	0,130	0,14	4
7	Holzfaser WF-W (130 kg/m³)	6,00	0,046	1,30	16
8	Baumit KlebeSpachtel	0,80	0,800	0,01	7
9	Baumit NanoporTop	0,19	0,700	0,00	2
			$R_{sI} / R_{se} =$	0,130 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 3,3%) =	6,719 / 6,291	
Bauteil		32,810	6,505	51	

AW - Porotherm 25 + EPS-F+

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG2)



0,173 W/m²K

U-Wert ²

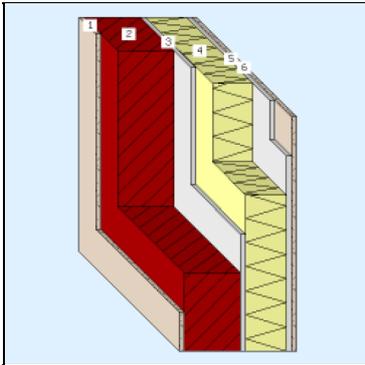
Masse	251,6 kg/m²	
E_{KON}	1,84 Punkte/m²	
PENRT	1112 MJ/m²	Nutzungsd.: ja, ganzzg. Art: Neubau
GWP100 Summe	73,6 kg CO ₂ /m²	
AP	0,192 kg SO ₂ /m²	

Nr.	Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	Gipsputze (1300 kg/m³)	1,50	0,570	0,03	4
2	POROTHERM 25-38 Plan	25,00	0,237	1,05	27
3	Baumit KlebeSpachtel	1,00	0,800	0,01	9
4	Baumit FassadenDämmplatte EPS-F plus	14,00	0,031	4,52	25
5	Baumit KlebeSpachtel	0,50	0,800	0,01	4
6	Baumit NanoporTop	0,50	0,700	0,01	5
			$R_{sI} / R_{se} =$	0,130 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	5,793 / 5,793	
Bauteil		42,500	5,793	75	

¹ Schicht ist OI3-relevant ab BG1 ² U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. **A++**: U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,13 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. **RL6**: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,35 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

AW - Porotherm 25 + EPS-F

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG2)



0,173 W/m²K

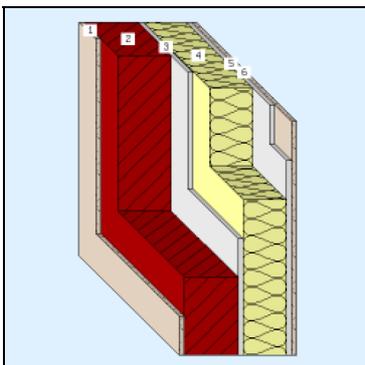
 U-Wert ¹


Masse	252,2 kg/m²	
E_{KON}	2,24 Punkte/m²	
PENRT	1231 MJ/m²	Nutzungsd.: ja, ganzzg. Art: Neubau
GWP100 Summe	78,6 kg CO ₂ /m²	
AP	0,210 kg SO ₂ /m²	

Nr. Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1 Gipsputze (1300 kg/m³)	1,50	0,570	0,03	4
2 POROTHERM 25-38 Plan	25,00	0,237	1,05	27
3 Baunit KlebeSpachtel	1,00	0,800	0,01	9
4 Baunit FassadenDämmplatte EPS-F	18,00	0,040	4,50	32
5 Baunit KlebeSpachtel	0,50	0,800	0,01	4
6 Baunit NanoporTop	0,50	0,700	0,01	5
		$R_{si} / R_{se} =$		0,130 / 0,040
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		5,777 / 5,777
Bauteil	46,500	5,777	82	

AW - Porotherm 25 + Hanf

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG2)



0,169 W/m²K

 U-Wert ¹

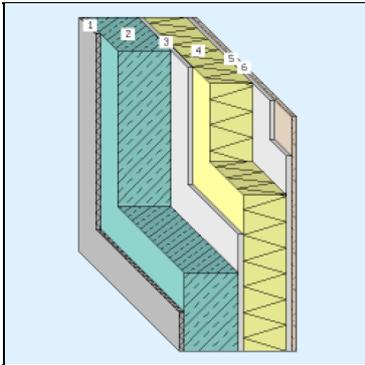

Masse	274,8 kg/m²	
E_{KON}	1,37 Punkte/m²	
PENRT	1211 MJ/m²	Nutzungsd.: ja, ganzzg. Art: Neubau
GWP100 Summe	59,6 kg CO ₂ /m²	
AP	0,248 kg SO ₂ /m²	

Nr. Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1 Gipsputze (1300 kg/m³)	1,50	0,570	0,03	4
2 POROTHERM 25-38 Plan	25,00	0,237	1,05	27
3 Synthesa Capatect Minera Carbon	1,00	1,000	0,01	10
4 Capatect Hanffaserdämmplatte / NAPOROWall - ab Juni 2016	20,00	0,043	4,65	29
5 Synthesa Capatect Minera Carbon	0,80	1,000	0,01	8
6 Synthesa Capatect SI-Strukturputze	0,50	0,800	0,01	5
		$R_{si} / R_{se} =$		0,130 / 0,040
		R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		5,927 / 5,927
Bauteil	48,800	5,927	83	

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. **A++**: U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,13 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. **RL6**: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,35 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

AW - Stahlbeton + EPS-F+

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG2)



Nr. Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔO13 Pkt/m²
1 Spachtel - Gipsputz	0,30	0,800	0,00	1
2 Stahlbeton 80 kg/m³ Armierungsstahl (1 Vol.%)	20,00	2,300	0,09	46
3 Baunit KlebeSpachtel	1,00	0,800	0,01	9
4 Baunit FassadenDämmplatte EPS-F plus	16,00	0,031	5,16	29
5 Baunit KlebeSpachtel	0,50	0,800	0,01	4
6 Baunit NanoporTop	0,50	0,700	0,01	5
$R_{si} / R_{se} =$			0,130 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =			5,448 / 5,448	
Bauteil	38,300	5,448	94	

0,184 W/m²K

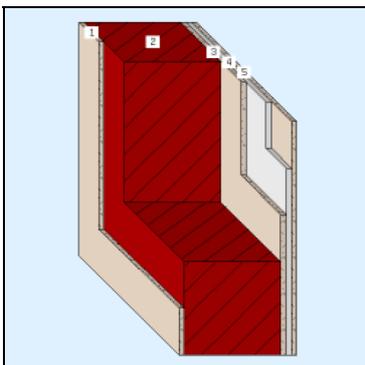
U-Wert ¹



Masse	496,3 kg/m²	
E_{KON}	1,95 Punkte/m²	
PENRT	1251 MJ/m²	Nutzungsd.: ja, ganzzg. Art: Neubau
GWP100 Summe	97,7 kg CO ₂ /m²	
AP	0,273 kg SO ₂ /m²	

AW - Porotherm 50 H.I

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG2)



Nr. Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔO13 Pkt/m²
1 Gipsputze (1300 kg/m³)	1,50	0,570	0,03	4
2 POROTHERM 50 H.i Plan	50,00	0,090	5,56	46
3 Baunit GrundPutz Leicht Speed	2,50	15,000	0,00	36
4 Baunit KlebeSpachtel	0,50	0,800	0,01	4
5 Baunit NanoporTop	0,50	0,700	0,01	5
$R_{si} / R_{se} =$			0,130 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =			5,767 / 5,767	
Bauteil	55,000	5,767	96	

0,173 W/m²K

U-Wert ¹

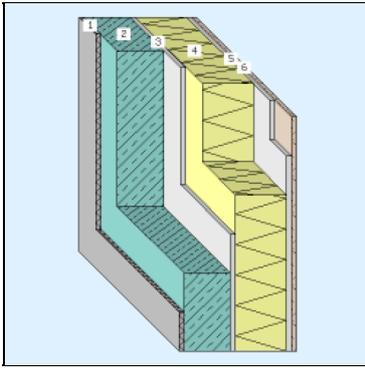


Masse	399,5 kg/m²	
E_{KON}	0,69 Punkte/m²	
PENRT	1267 MJ/m²	Nutzungsd.: ja, ganzzg. Art: Neubau
GWP100 Summe	113 kg CO ₂ /m²	
AP	0,259 kg SO ₂ /m²	

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. **A++**: U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,13 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. **RL6**: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,35 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

AW - Stahlbeton + EPS-F

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG2)



0,173 W/m²K

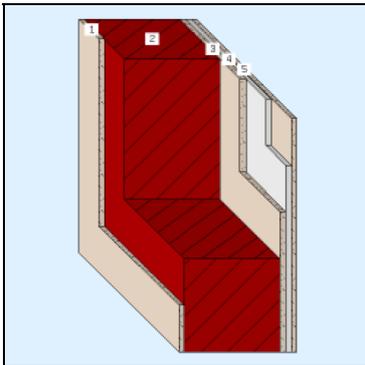
 U-Wert ¹


Masse	497,4 kg/m²	
E_{KON}	2,55 Punkte/m²	
PENRT	1464 MJ/m²	Nutzungsd.: ja, ganzzg. Art: Neubau
GWP100 Summe	107 kg CO ₂ /m²	
AP	0,305 kg SO ₂ /m²	

Nr. Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔO13 Pkt/m²
1 Spachtel - Gipsspachtel	0,30	0,800	0,00	1
2 Stahlbeton 80 kg/m³ Armierungsstahl (1 Vol.%)	20,00	2,300	0,09	46
3 Baunit KlebeSpachtel	1,00	0,800	0,01	9
4 AUSTROTHERM EPS F	22,00	0,040	5,50	42
5 Baunit KlebeSpachtel	0,50	0,800	0,01	4
6 Baunit NanoporTop	0,50	0,700	0,01	5
$R_{si} / R_{se} =$			0,130 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =			5,787 / 5,787	
Bauteil	44,300	5,787	107	

AW - Porotherm 38 W.I

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet (BG2)



0,177 W/m²K

 U-Wert ¹


Masse	305,7 kg/m²	
E_{KON}	0,57 Punkte/m²	
PENRT	1383 MJ/m²	Nutzungsd.: ja, ganzzg. Art: Neubau
GWP100 Summe	121 kg CO ₂ /m²	
AP	0,446 kg SO ₂ /m²	

Nr. Typ Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔO13 Pkt/m²
1 Gipsputze (1300 kg/m³)	1,50	0,570	0,03	4
2 POROTHERM 38 W.i Plan	38,00	0,070	5,43	76
3 Baunit GrundPutz Leicht Speed	2,50	15,000	0,00	36
4 Baunit KlebeSpachtel	0,50	0,800	0,01	4
5 Baunit NanoporTop	0,50	0,700	0,01	5
$R_{si} / R_{se} =$			0,130 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =			5,640 / 5,640	
Bauteil	43,000	5,640	126	

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. **A++**: U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,13 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. **RL6**: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,35 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.