

Diploma Thesis

Ecological and economic comparison of EPS with natural insulation materials

submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Ökologischer und ökonomischer Vergleich von EPS mit natürlichen Dämmstoffen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Martin Klinger

Matr.Nr.: 01527890

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Andreas Kolbitsch**

Institut für Hochbau und Technologie
Forschungsbereich Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13, A-1040 Wien

Wien, März, 2019

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen haben. Danke an Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch und seinem Team für die unkomplizierte Zusammenarbeit. Weiters bei Dipl.-Ing. Johann Jandl für die interessanten Gespräche, aus denen ich viel Input für die Arbeit gewinnen konnte.

Zudem danke ich meinen Studienkollegen und WG-Freunden. Durch euch werde ich die Zeit in Wien nie vergessen.

Der größte Dank gilt meiner Familie, die mich während meines gesamten Studiums begleitet und immer unterstützt haben. Wenn es einmal nicht so lief gab es immer aufmunternde Worte, die wieder neuen Mut und neue Motivation brachten.

Kurzfassung

Das Thema Nachhaltigkeit und Umweltschutz beschäftigt unsere Gesellschaft in allen möglichen Bereichen. So auch in der Baubranche, wo es große ökologische Einsparungspotenziale gibt. Unter anderem werden die gesetzlichen Vorgaben der wärmedämmenden Maßnahmen immer strenger, um den Energieverbrauch der Gebäude zu verringern. Zudem wird auch der Anspruch an die ökologische Qualität der Baustoffe ein immer aktuelleres Thema. Derzeit ist es gesetzlich noch nicht verpflichtend eine Ökobilanz von Gebäuden zu erstellen, doch wird es in einigen Bundesländern für den Erhalt von Förderungen vorgeschrieben. Vor allem Baustoffe aus nicht nachwachsenden Rohstoffen haben mit dem Vorurteil der schlechteren ökologischen Leistung zu kämpfen.

Darum werden in der vorliegenden Arbeit die Dämmstoffe EPS, Zellulosefasern und Holzfasern auf ihre ökologische und ökonomische Performance verglichen. Zu Beginn wird ein Überblick über die aktuelle Lage des Dämmstoffmarktes und der Klimaziele Österreichs und der EU gegeben. Weiter werden anhand einer umfangreichen Literaturrecherche die Grundlagen der verschiedenen Dämmstoffarten erörtert und im Anschluss die ökologische Bilanzierung behandelt.

Für die Vergleiche wurden für jeden der drei Dämmstoffe ein definiertes Gebäude in einer für die jeweilige Dämmung typischen Bauweise geplant, berechnet und verglichen.

Die Grundlage für diesen Vergleich bildet die Massenermittlung der eingesetzten Baustoffe, die anhand dieser drei Musterhäuser gemacht wurde. Für eine quantitative Aussage über die ökologischen Auswirkungen der Dämmung, Bauweise und Zusatzkonstruktion wurden die entsprechenden Daten aus Umweltproduktdeklarationen verwendet und verglichen. Anschließend wird noch ein simpler Kostenvergleich durchgeführt.

Betrachtet man das Ergebnis, sieht man das durchwegs gute Abschneiden der EPS-Dämmung. Bis auf das Globale Erwärmungspotenzial kann sie mit den natürlichen Dämmstoffen durchwegs mithalten und ist in manchen Bereichen sogar deutlich ökologischer als die Holzfaserdämmung. Betrachtet man den, durch die Wärmedämmung, geringeren Heizwärmebedarf und die dadurch eingesparte Energie, ist diese bereits in einem Jahr höher als die Produktion der EPS- oder Zellulosedämmung brauchen würde.

Abstract

Sustainability and environmental protection is a big case in a lot of sectors in our community. So as in the construction industry, where a big amount of energy is used which can be saved. The government sets more and stricter laws for thermal insulation to reduce the energy consumption. But also the demand for building materials with better ecologically performance is increasing and now a current matter for the society. Today it's not necessary to make a life cycle assessment, but in a few states it's prescribed to obtain a funding. Especially materials made out of non-renewable resources have the prejudice to be not as ecological as materials out of renewable resources.

That is why in this thesis the insulation materials EPS, cellulose fibers and wood fiber plates are compared about their ecological and economical performance. At first an overview about the actual situation of the insulation market and the climate goals of Austria and the EU is given. Then a wide literature recherche was made to declare the basics of each insulation material and to give an overview about the life cycle assessment.

For the comparison three separate buildings were defined, one for each insulation material. Every building is planned in a typical method of construction for the insulation material. Based on these buildings the mass determination of the materials was made to do the calculations and comparisons. For a quantitative statement about the ecological impacts of the insulation, construction method and the additional construction so called Environmental Product Declarations were used. Afterwards a simple cost comparison was made to have a approximately feeling of them.

When we look at the results, we can see a pretty good performance of the EPS-insulation. Except of the Global Warming Potential it can keep up with the natural insulations and is even better in some parameters. A look on the heating requirement shows, that the energy which is saved because of the thermal insulation in one year is about as much as the production of the insulation material needs.

Inhalt

1. Einleitung	1
1.1. Allgemeines/ Ausgangssituation	1
1.2. Forschungsfragen/ Zielsetzung	4
1.3. Methodik	6
2. Grundlagen	7
2.1. Dämmstoffe	7
2.1.1. Allgemeines.....	7
2.1.2. Ökologie der Dämmstoffe	11
2.1.3. Expandiertes Polystyrol - EPS	13
2.1.4. Zellulose (LFCI).....	15
2.1.5. Holzfaser	18
2.2. End of Life	20
2.2.1. EPS.....	20
2.2.2. Zellulose	24
2.2.3. Holzfaser	26
2.3. Bauvorschriften	26
2.4. Ökobilanz.....	29
2.4.1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens:	31
2.4.2. Sachbilanz.....	34
2.4.3. Wirkungsabschätzung	38
2.4.4. Auswertung	42
2.4.5. Berichterstattung und kritische Prüfung	44
2.5. EPD- Umwelt-Produktdeklaration.....	45
2.6. Ökonomische Berechnungen	49
3. Vergleich	50
3.1. Allgemeines	50
3.2. Methodik	51

3.3. Gebäude.....	53
3.3.1. Ziegel – EPS	55
3.3.2. Holzriegel – Zellulose	57
3.3.3. Brettsperrholz – Holzfaser	59
3.3.4. Bodenplatte	60
4. Ergebnisse	61
4.1. Ökologischer Vergleich	61
4.1.1. Primärenergie.....	62
4.1.2. Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	64
4.1.3. Versauerungspotenzial/ Eutrophierungspotenzial.....	65
4.2. Ökonomischer Vergleich	66
4.3. Zusätzliche Betrachtung.....	66
5. Zusammenfassung	69
5.1. Resümee	70
6. Literaturverzeichnis	72
7. Tabellenverzeichnis	75
8. Abbildungsverzeichnis	76
9. Anhang	78

1. Einleitung

1.1. Allgemeines/ Ausgangssituation

Eines der wahrscheinlich aktuellsten Themen im 21. Jahrhundert ist der Klimaschutz. Der Weltklimarat sieht es als zu 95 – 99 % erwiesen, dass der Klimawandel durch den Menschen verursacht ist. Der Temperaturanstieg ist auf die extreme Zunahme der Treibhausgasemissionen zurückzuführen. Bereits jetzt sieht man die Auswirkungen des Klimawandels in Form von Wasserknappheit, Zunahme von Extremwetterereignissen, Waldbränden, Anstieg des Meeresspiegels, etc.

Österreich hat sich in mehreren Verträgen zur Reduktion der Treibhausgase verpflichtet. Das Klima- und Energiepaket der EU sieht eine Treibhausgasreduktion bis 2020 um 20 % gegenüber dem Basisjahr 1990 vor. Bis 2030 sogar eine Reduktion um 40 %. Das Ziel der Verringerung der Treibhausgase ist die Einhaltung des 2°C-Ziels. Dieser Wert wurde vom Weltklimarat (IPCC) beschlossen. Um dies zu erreichen, müssen nach derzeitigem Wissensstand die Treibhausgase bis 2050 um mindestens 80 % gegenüber 1990 reduziert werden. Im österreichischen Alpenraum liegt die Temperatur bereits jetzt ca. 2°C über dem vorindustriellen Durchschnitt. [1]

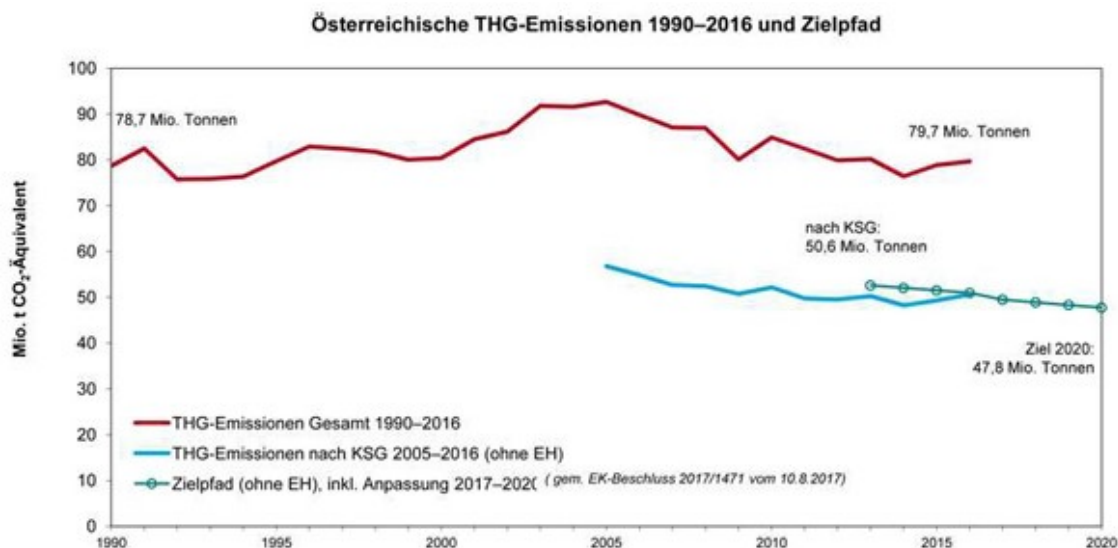


Abbildung 1.1: Treibhausgasemissionen 1990-2016 und Zielpfad [1]

Anhand des Diagrammes kann man erkennen wie weit man derzeit vom Ziel entfernt ist. In Österreich wurden 2016 79,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente emittiert. Das Ziel wäre, bei einer annähernd linearen Treibhausgasreduktion, jedoch bei 50,6 Millionen Tonnen

gewesen, um auf die Zielemission von 47,8 Millionen Tonnen zu kommen. Der leichte Anstieg seit 2014 ist auf die niedrigen Preise für fossile Energie, die gute Wirtschaftslage und auf das Versäumen der Umsetzung von wirksamen Klimaschutzmaßnahmen zurückzuführen.

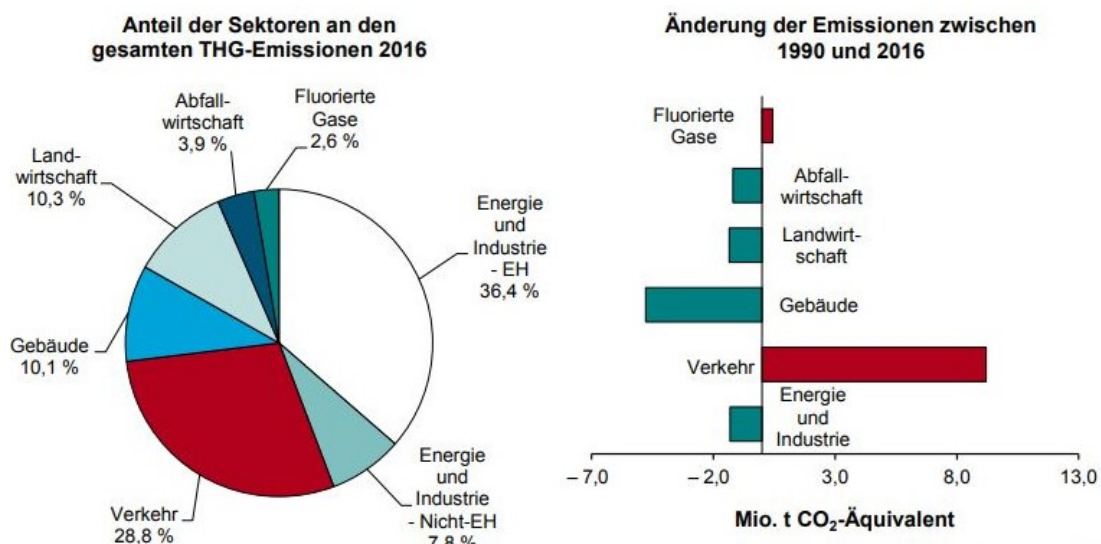


Abbildung 1.2: Anteil der Treibhausgasemissionen [1]

2016 hat der Gebäude-Sektor mit Treibhausgasemissionen von 8,08 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent einen Gesamtanteil von ca. 10 % und liegt somit um 1,02 Millionen Tonnen unter dem Soll laut Klimaschutzgesetz. Rund 81 % der Treibhausgase entfallen dabei auf die Privathaushalte. Seit dem Jahr 1990 verringerten sich die Treibhausgase um 37,2 % in diesem Sektor. Dies ist auf die thermische Sanierung von Gebäuden, Verwendung erneuerbarer Energieträger und der Erneuerung von Heizungsanlagen zurückzuführen. In den letzten Jahren sind die Emissionen jedoch wieder leicht gestiegen, die Ursachen dafür liegen in der Erhöhung der Heizgradtage, leicht erhöhter Gebrauch gasförmiger fossiler Brennstoffe und die steigende Zahl der Hauptwohnsitze mit zunehmender Wohnnutzfläche. [1]

Anhand der Abbildung 1.2 kann man die zwei Sektoren mit den größten Anteilen der Treibhausgasemissionen erkennen. Mit einem Anteil von 36,4 % bzw. Treibhausgasemissionen von 35,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent ist der Sektor Energie und Industrie an der Spitze. Die Hauptverursacher sind hier die Eisen- und Stahlproduktion (energie- und prozessbedingte Emissionen) mit 14,9 % und die sonstige Industrie ohne Eisen- und Stahlproduktion (energiebedingte Emissionen) mit 11,8 %. [1] Der zweitgrößte Treibhausgasverursacher ist der Verkehrssektor mit 28,8 % bzw. 23,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente. Im rechten Balkendiagramm der Abbildung 2 kann man erkennen, dass die-

ser Sektor seit 1990 um ca. 9 Millionen Tonnen mehr CO₂-Äquivalente emittiert, was eine Steigerung von 66,7 % bedeutet. Die Gründe dafür sind:

- Niedrige Treibstoffpreise (Berechnet man den Diesel-Durchschnittspreis der letzten 11 Jahre, ergibt das 127,23 Cent pro Liter. Der heutige Durchschnittspreis liegt bei 126,7 Cent pro Liter) [2]
- Wirtschaftswachstum bewirkt eine Steigerung des Verkehrsaufkommens
- Die Anzahl der Autos und der gefahrenen Kilometer stiegen, während die Anzahl der Personen im Auto um 0,2 Personen sank. (derzeit bei 1,2 Personen pro Auto)

Der größte Energiefaktor bei Gebäuden ist der Heizwärmebedarf (HWB). Dieser ist von 67 kWh/m²a im Jahr 2006 auf 45,2 kWh/m²a im Jahr 2016 gesunken. Trotzdem gibt es noch großes Potenzial um den HWB weiter zu senken. Die gängigsten Sanierungsmaßnahmen sind: wärmedämmende Maßnahmen, Fenstertausch, optimieren der Wärmeversorgung, etc. Die umfassende thermische Sanierungsrate 2006 - 2016 liegt bei ca. 0,6 %, damit ist man ein großes Stück hinter den Zielen von 3% im Zeitraum von 2008 - 2012 und mittelfristig von 5 %.

Betrachtet man nicht nur die Nutzung des Gebäudes, sondern den gesamten Lebenszyklus, kann man weitere Schadstoffemittenten in diesem Sektor finden. Nicht nur für die Nutzung der Gebäude wird Energie aufgewendet und Schadstoffe emittiert, sondern schon viel früher und unter Umständen noch lange danach.

Mit dem Thema Klimawandel verknüpft man automatisch das Wort Nachhaltigkeit. Dieses wurde von der Brundtland- Kommission der Vereinten Nationen 1987 folgendermaßen definiert: [3]

„Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“

„Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“

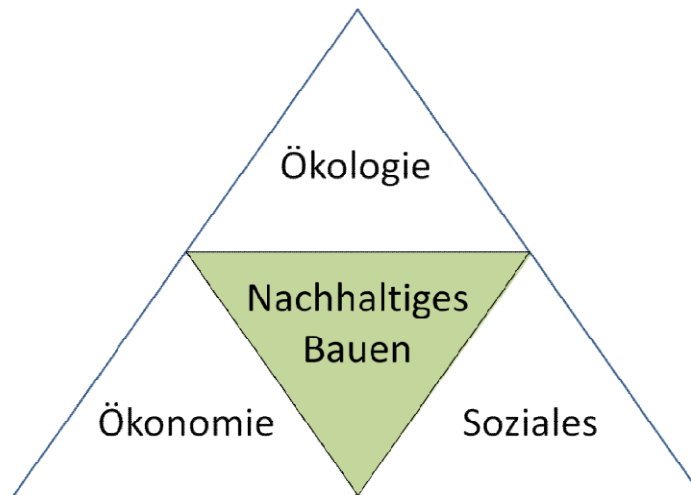


Abbildung 1.3: Dreieck der Nachhaltigkeit

Die Nachhaltigkeit eines Gebäudes kann durch drei Rahmenbedingungen beschrieben werden. Die umweltbezogene-, soziale- und ökonomische Qualität eines Gebäudes. In dieser Arbeit wird vor allem auf die Ökologie der eingesetzten Baustoffe eingegangen.

1.2. Forschungsfragen/ Zielsetzung

Es ist allgemein bekannt, dass durch wärmedämmende Maßnahmen der Heizwärmebedarf gesenkt werden kann. Doch auch durch die Auswahl der Dämmstoffe können Energie und andere Emissionen eingespart werden, da jeder Dämmstoff unterschiedliche qualitative und quantitative Auswirkungen auf die Umwelt hat.

Die Dämmstoffbranche ist hart umkämpft und es wird schon lange nicht mehr nur mit den billigsten Preisen geworben. Immer öfter werden nicht die eigenen Vorteile in den Vordergrund gestellt sondern Konkurrenzprodukte in Verruf gebracht, häufige Themen dafür sind das Brandverhalten der Dämmstoffe und die ökologischen Auswirkungen. Das ist der Anstoß dazu, die Energieverbräuche und Schadstoffemissionen von verschiedenen Dämmstoffen quantitativ zu berechnen und anschließend zu vergleichen.

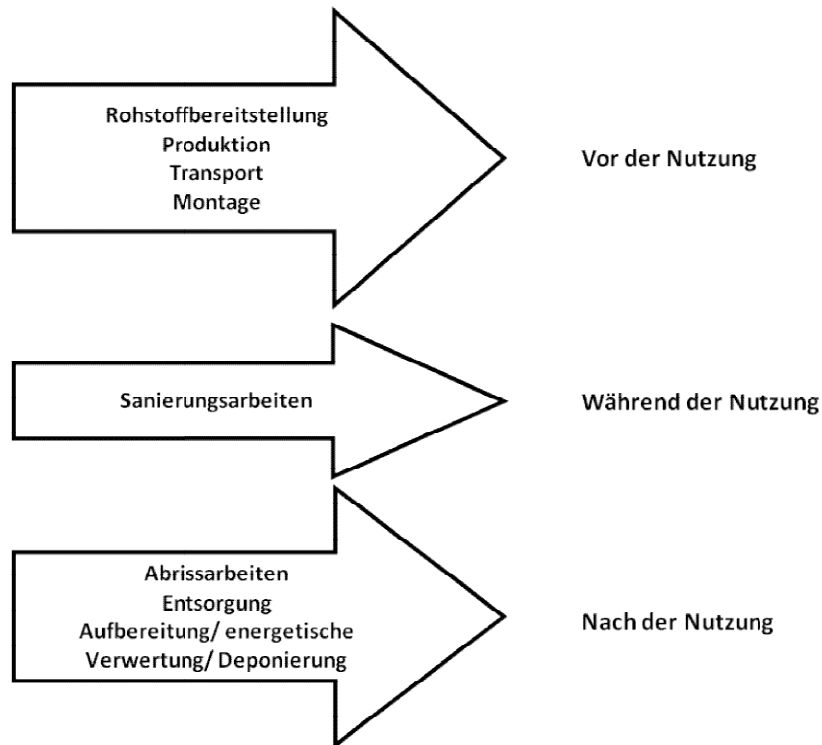


Abbildung 1.4: Auflistung der Energieverbräuche/Schadstoffemissionen eines Baustoffes

Ein Teil dieser Arbeit ist die Energieverbräuche und Schadstoffemissionen laut Abbildung 1.4 zu finden und anhand eines Musterhauses zu berechnen.

Das Ergebnis soll ein quantitativer, ökologischer Vergleich von EPS, Zellulose und Holzfaser sein. Zusätzlich wird zu jeder Dämmweise eine standartmäßige Bauweise und Fasadensystem untersucht und ebenfalls in die Vergleiche miteinbezogen. Um ein Gefühl für die Kosten zu bekommen werden diese ebenfalls berechnet.

Des Weiteren soll anhand des Musterhauses abgeschätzt werden wie viel Energie durch die eingesetzte Dämmung und somit geringerem Heizwärmebedarf eingespart wird und wie hoch das Einsparpotenzial, durch den Einsatz des „ökologischsten“ Dämmstoffs, wäre.

Am Ende der Arbeit werden die Ergebnisse und die gesamte Arbeit kritisch betrachtet.

1.3. Methodik

Zu Beginn dieser Arbeit werden die Hauptthemen wie Dämmstoffe und Ökobilanz allgemein beschrieben um dem Leser ein Grundwissen der Themen anzueignen. Die Basis dafür ist eine umfangreiche Literaturrecherche. Während der Ausarbeitung dieser Arbeit wurde darauf geachtet logisch und sachlich vorzugehen und persönliche Werthaltungen außen vor zu lassen.

Der Umfang der ökologischen Untersuchung beruht auf den zur Verfügung stehenden Daten, da die Generierung genauerer Produktdaten den Arbeitsaufwand überstiegen hätten.

Die Berechnungen basieren auf der Massenermittlung dreier fiktiver Modellgebäude. Diese Gebäude sind in Außenwand, Dach und Bodenplatte eingeteilt und werden in weiterer Folge als EPS, Zellulose und Holzfaser beschrieben werden. Die Bauteile sind geprüfte Standardaufbauten, die den allgemeinen Anforderungen entsprechen. Das Modell wurde mit dem Zeichenprogramm ArchiCAD geplant um alle Volumen exakt erfassen zu können. Die in ArchiCAD gemessenen Daten wurden für die weiteren Berechnungen in das Computerprogramm Excel eingetragen und bildeten die Grundlage für die Auswertung der ökologischen Auswirkungen. Die ökologischen Daten der einzelnen Baustoffe wurden aus Umweltproduktdeklarationen bezogen.

2. Grundlagen

2.1. Dämmstoffe

2.1.1. Allgemeines

Heute ist es eine Selbstverständlichkeit Gebäude zu dämmen. Das Thema Wärmedämmung bei Gebäuden ist aber noch nicht sehr alt und entstand erst um 1970-1980. Bis dahin war man es gewohnt dickere Kleidung zu tragen und mehr zu heizen da das Heizöl noch sehr billig war. Nach der Ölkrise vervielfachte sich der Ölpreis und erst von da an begann man über Dinge wie Energieeffizienz nachzudenken, obwohl die erste Wärmeschutznorm in Deutschland bereits 1952 in Kraft trat. Damals war die Kosteneinsparung der vorwiegende Beweggrund zur Wärmedämmung.

Um 1980 flammten die Diskussionen zum Thema Klimawandel und Treibhausgase auf und somit auch der Gedanke, nicht nur aus ökonomischen Gründen zu handeln, sondern auch aus ökologischen Gründen.

Heute gibt es strenge Vorschriften nach denen gebaut werden muss. Die Anforderungen an die Energieeinsparung und den Wärmeschutz regelt in Österreich derzeit die OIB-Richtlinie 6, Ausgabe 2015. Diese wird in einem späteren Kapitel noch näher erläutert.

Derzeit wird auch der ökologische Gedanke erweitert. Man bezieht sich nicht mehr nur auf die Effizienz der Gebäude, sondern zunehmend auch auf die ökologischen Bilanzen der eingesetzten Produkte. Eine Idee dazu kommt von der IBO, dem Österreichischen Institut für Bauen und Ökologie GmbH. Sie wollen ein ökologisches Bewertungsverfahren einführen, den Ökoindex. Der Ökoindex ist ein Instrument zur ökologischen Optimierung von Gebäuden. Derzeit ist er (noch) nicht im österreichischen Baurecht verankert, er wird allerdings in sechs Bundesländern (Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol und Vorarlberg) in der Wohnbauförderung und im kommunalen Gebäudeausweis verwendet um neben dem Energieausweis, das Gebäude auch ökologisch zu bewerten. Darin werden folgende drei Indikatoren berücksichtigt:

- Total nicht erneuerbare Primärenergie PENRT
- Treibhauspotenzial GWP_{100}
- Versauerungspotenzial AP

Diese drei Indikatoren werden gleichwertig gewichtet, mit dem Ergebnis soll die Wirkung der Produkte auf die Umwelt beschrieben werden. Die dazu benötigten Daten werden aus Umweltproduktdeklarationen (EPD) verwendet. [4]

Die Berechnung erfolgt mit dem Computer und geht Hand in Hand mit dem vorgeschriebenen Energieausweis und ist somit kein Mehraufwand für die Ersteller.

In Oberösterreich werden ökologische Dämmstoffe extra gefördert. Wenn man die Voraussetzungen wie

- HFKW-freie und HFCKW-freie Stoffe
- sämtliche Außenbauteile müssen zu 100 % mit nachwachsenden ökologischen Dämmstoffen versehen werden (Zusätze gegen Feuer, Wasser und Schädlinge sowie Stützfasern sind erlaubt)
- Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe muss $\leq 0,06$ W/mK sein

erfüllt, kann beim Neubau das geförderte Wohnbau-Darlehen um 8.000 Euro erhöht werden und bei einer Sanierung eine Erhöhung des Darlehens um maximal 5.000 Euro. [5]

Der Dämmstoffmarkt hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einer Millionen-Branche entwickelt. Im Jahr 2007 betrug der Herstellerumsatz in Österreich laut dem Branchenradar Dämmstoffe 283,7 Millionen Euro. Das bedeutete eine Umsatzsteigerung um 5,7 %. Gründe dafür sind die gute Wirtschaft, steigende Nachfrage und höhere Preise.

Aber auch die Anzahl der verschiedenen Dämmstoffe steigt von Jahr zu Jahr. Vor allem die natürlichen Dämmstoffproduzenten bieten immer mehr verschiedene Produkte an.

Tabelle 2.1: Auflistung verwendeter Dämmstoffe:

Organische Dämmstoffe		Anorganische Dämmstoffe	
Natürliche	Synthetische	Natürliche	Synthetische
Holzfaser	Expandiertes Polystyrol EPS	Blähglimmer	Glaswolle
Holzwolle		Blähton	Steinwolle
Zellulose	Extrudiertes Polystyrol XPS	Naturbims	Mineralschaum
Hanfaser		Perlite	Schaumglas
Schilf	Polyurethan Hart- schaum PUR	Blähschiefer	Kalziumsilikat
Stroh		Vermiculite	Blähglas
Seegras	Polyisocyanurat Schaum PIR		
Wiesengras			
Kork	Polyesterfasern		
Schafwolle	Phenolharz Hart- schaum PF		
Getreidegranulat			
Baumwolle	Melaminharzschaum		
Flachs	Harnstoff Formaldehyd UF		
Kokos			

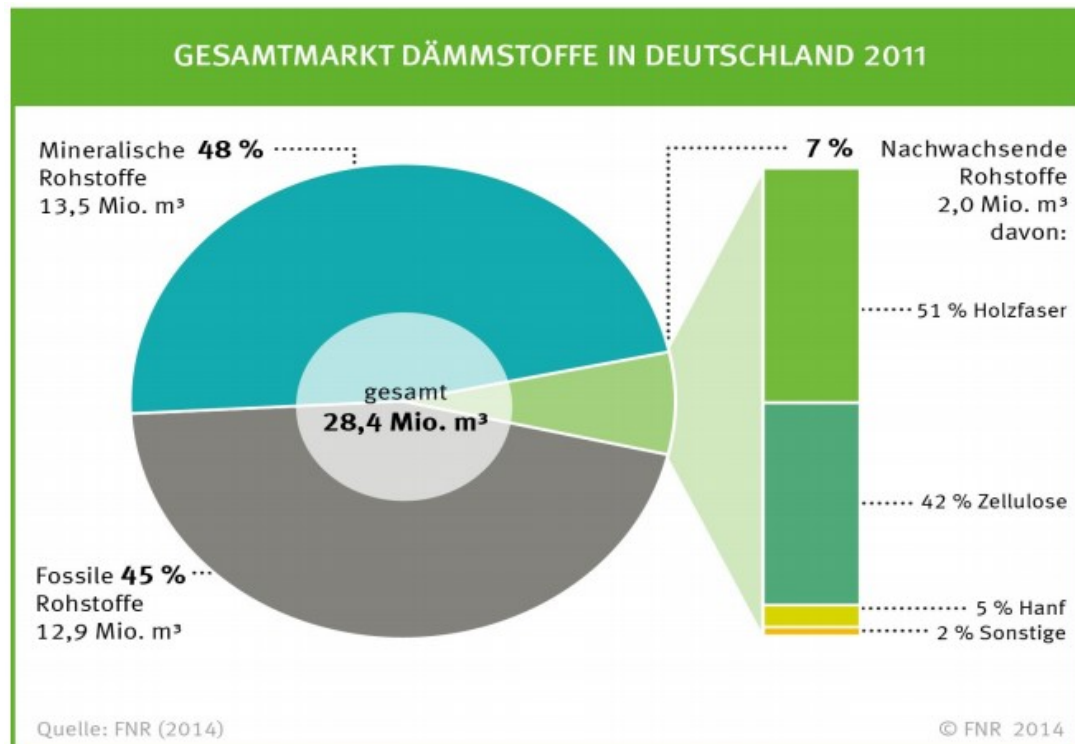


Abbildung 2.1: Marktübersicht der Dämmstoffe in Deutschland [6]

Auch wenn das Angebot der nachwachsenden Dämmstoffe stetig mehr wird, kann man in diesem Diagramm erkennen, dass ihr Anteil am Gesamtmarkt nur gering ist. Den Großteil teilen sich, mit über 90 % Marktanteil, Dämmstoffe aus mineralischen Rohstoffen und fossilen Rohstoffen.

Das gegenwärtige Abfallaufkommen von Dämmstoffen ist relativ gering. In Oberösterreich wurde 2011 in Folge einer Studie die Menge der Dämmstoffabfälle auf 12.000 bis 24.000 Tonnen geschätzt. Im Jahr 2031 geht man von der bis zu zehnfachen Menge aus. [7] Rechnet man diesen Wert auf Österreich hoch kommt man 2011 auf eine Abfallmenge von ca. 710.000 bis 1.420.000 Tonnen. Das zehnfache Abfallaufkommen in 20 Jahren erklärt man einerseits mit der Lebensdauer der Dämmstoffe und andererseits damit, dass die abzureißenden Gebäude dann im Durchschnitt mehr gedämmt sein werden als die heute zum Abriss stehenden.

Die Frage der Dauerhaftigkeit von Dämmstoffen kann nicht restlos geklärt werden. Die Gründe dafür sind:

- Unterschiedliche Einsatzorte mit unterschiedlichen Einflüssen wie z.B. Feuchte, UV-Strahlung, Wärme/Hitze, mechanische Belastung (Druck, Scherbeanspruchung...)
- Verschiedene Dämmstoffe haben diverse Eigenschaften und reagieren verschieden auf die Einflüsse
- Derzeit gibt es wenig realistische Langzeitstudien, unter anderem weil vor ca. 50 Jahren noch nicht viele Gebäude gedämmt wurde und vor allem auch weil es nicht diese große Auswahl an Dämmstoffen von heute gab

Eine Untersuchung des Fraunhofer Institutes von Wärmedämmverbundsystemen mit Holzfaserdämmplatten hat ergeben, dass die Dauerhaftigkeit der Holzfaserdämmung mit >50 Jahren angenommen werden kann. [8]

Tabelle 2.2: Lebensdauer von Dämmmaßnahmen in Bauteilen [9]

Bauteil	Lebensdauer in Jahren	Durchschnittliche Lebensdauer
Flachdach, Warmdach	30-60	45
Steildach	40-60	50
Umkehrdach	40-60	50
Decke, Fußboden	30-100	65
Außenwand hinter Bekleidung	30-100	45
Wärmedämmverbundsystem	30-60	40
Kerndämmung	30-60	45
Unter tragender Gründungsplatte	80-120	100
Perimeterdämmung	30-55	45
Technische Gebäudeausrüstung	10-25	15

2.1.2. Ökologie der Dämmstoffe

Der Begriff Ökologie bedeutet die Lehre vom Haushalt der Natur und wurde das erste Mal vom Mediziner, Zoologen und Philosophen Ernst Haeckl definiert. Er schrieb 1866 in seinem Buch *Generelle Morphologie der Organismen*:

Ökologie ist die Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt.

Auf diese Arbeit bezogen kann folgende Frage abgeleitet werden: Wie groß sind die Auswirkungen auf die Umwelt durch das Verwenden von verschiedenen Dämmstoffen und in welcher Form treten sie auf?

Somit steht primär nicht im Vordergrund wie viel Energie man durch die Reduktion des Heizwärmebedarfs einspart, sondern welche Auswirkung hat das Produkt selbst auf die Umwelt.

Die ökologischen Auswirkungen eines Dämmstoffes hängen unter anderem von folgenden Faktoren ab:

- **Verwendete Rohstoffe**

Betrachtet man die Verfügbarkeit von Rohstoffen haben nachwachsende Produkte einen klaren Vorteil. Je nachdem welcher pflanzliche oder tierische Rohstoff verwendet wird, braucht er nur einige Monate bis einige Jahre bis er geerntet werden kann. Bei fossilen Rohstoffen braucht die Umwandlung zehntausende Jahre, man spricht von endlichen Rohstoffen weil sie schneller verbraucht werden als sie sich regenerieren.

Die verwendeten Rohstoffe haben einen großen Einfluss auf die CO₂ Bilanz eines Produktes. Pflanzen speichern durch Photosynthese während ihres Wachstums Kohlenstoffdioxid, welches bei der Verbrennung oder Verrottung wieder in die Atmosphäre gelangt. Bei fossilen Rohstoffen erfolgte die Speicherung des CO₂ bereits vor Millionen Jahren und wird erst jetzt wieder in die Atmosphäre abgegeben, was die CO₂ Konzentration in der Luft erhöht. (Siehe Kapitel 1.1)

- **Herkunft der Rohstoffe**

Der wesentliche Faktor hier ist der Transport. Prinzipiell kann man davon ausgehen, je näher etwas produziert bzw. gefördert wird desto kürzer sind die Transportwege und braucht somit weniger Energie. Durch einer besseren Logistik und sparsameren Transportmittel können aber unter Umständen auch weiter geförderte Produkte ökologischer sein.

Ein nicht ökologischer Vorteil von lokalen Produkten ist die Förderung der heimischen Wirtschaft.

- **Herstellung**

Für jeden Dämmstoff sind verschiedenste Prozesse nötig um vom Rohstoff zum fertigen Produkt zu gelangen. Jeder dieser Prozesse hat Inputs (Strom, Wärme, Rohstoffe, etc.) und Outputs (Emissionen, Lärm, Produkte, etc.). Hier kann grundsätzlich nicht gesagt werden, dass natürliche Dämmstoffe geringere Auswirkungen haben.

- **Einbau**

Je nach Dämmstoffart und Einbaugegebenheit werden zusätzliche Produkte, wie Befestigungsmittel oder Dampfbremsen benötigt. Auch die Arbeitsleistung für das anbringen/ einblasen sollte berücksichtigt werden.

- **Umwelt und Gesundheit während der Herstellung/ Verarbeitung/ Nutzung**

Es können bei der Herstellung oder bei der Nutzung von Dämmstoffen gesundheitsschädliche Stoffe in die Umwelt gelangen. Wenn aktuelle Standards und Gesetze eingehalten werden sollte das aber normalerweise nicht geschehen. Es kommt aber immer wieder vor, dass gewisse Stoffe zu einem späteren Zeitpunkt als gefährlich eingestuft werden. Beispiele dazu wären Asbest, frühe Dämmstoffe aus Glaswolle, Flammschutzmittel, Weichmacher, Holzschutzmittel, etc.

- **Entsorgung**

Die Europäische Abfallrahmenrichtlinie hat eine 5-Stufige Abfallhierarchie festgelegt, nach der sich die Entsorgung bewerten lässt.

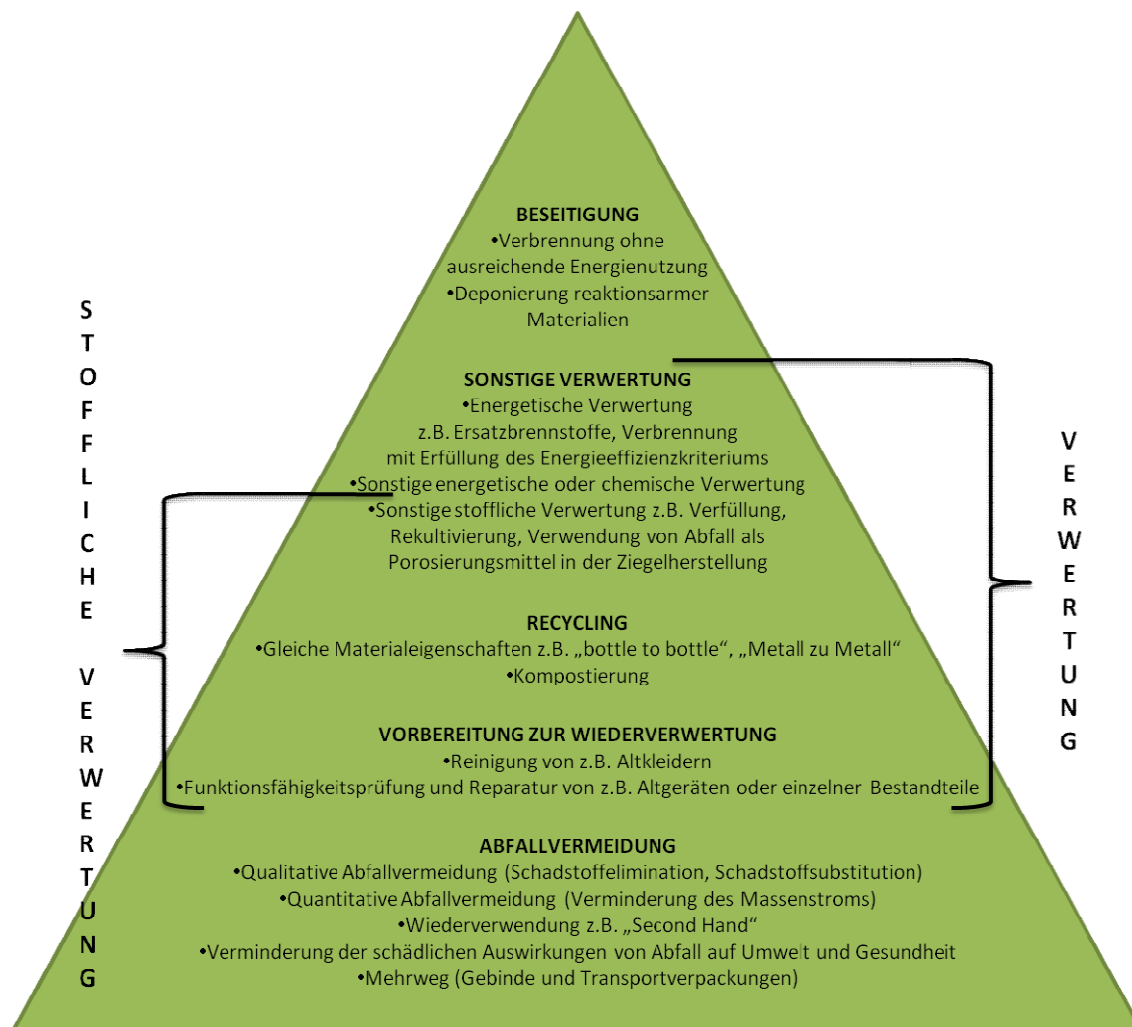


Abbildung 2.2: Abfallhierarchie [10]

Jedoch wird im Bundes- Abfallwirtschaftsplan darauf hingewiesen, dass jene Option zu bevorzugen ist, welche das beste Ergebnis in einem signifikanten Ausmaß erzielt. So ist es zum Beispiel vorzuziehen eine alte, mit Teer imprägnierte Holz-eisenbahnschwelle gezielt zu verbrennen, als daraus einen Tisch zu machen. [10]

2.1.3. Expandiertes Polystyrol - EPS

2.1.3.1. Herstellung

EPS, auch bekannt unter dem Markennamen Styropor wird in zwei Schritten zu Dämmplatten verarbeitet. Das Ausgangsmaterial ist ein aus Erdöl gewonnenes Polystyrol-Granulat. Der erste Schritt ist das Vorschäumen mit dem Treibmittel Pentan unter Zugabe von Wasserdampf bei >90°C. Dabei vergrößert sich das Volumen um das 20 bis 50fache und bildet eine geschlossene Zellstruktur. Der Grad der Aufschäumung bestimmt auch die spätere Dichte des Dämmstoffes. Im zweiten Schritt werden die Schaumstoffkugeln nach

einer Abkühlphase von bis zu 48 Stunden in eine Form gefüllt und durch Erhitzen mit Wasserdampf bei ca. 130°C zu Platten verschmolzen. [11] Um die Dämmwirkung zu verbessern kann Graphit oder Ruß beigefügt werden.

2.1.3.2. Eigenschaften

EPS hat aufgrund seines hohen Luftgehaltes von ca. 98 % eine sehr gute Dämmwirkung. Es erreicht, abhängig von der Dichte (15 – 35 kg/m³), eine Wärmeleitfähigkeit λ von bis zu 0,031 W/mK.

Die formstabilen Dämmstoffplatten nehmen kaum Feuchtigkeit auf und lassen sich durch heißen Draht oder Sägen gut bearbeiten. Die Plattenkanten sind meist mit einem Pfalz oder Nut und Feder ausgeführt.

Mit Abstand am häufigsten wird EPS in Wärmedämmverbundsystemen eingesetzt. Dieses ist in mehreren Schichten aufgebaut.



Abbildung 2.3: Schematischer Aufbau eines typischen WDVS [12]

Die Fixierung kann ggf. auch ausschließlich durch Kleben erfolgen oder zusätzlich mit Dübel, Schienen oder Profilbefestigungen, sowie mit anderen bauaufsichtlich zugelassenen Befestigungsmittel.

Die Nutzungsdauer von EPS wird für WDVS mit 40 Jahren angegeben, für andere Anwendungsgebieten beträgt sie > 50 Jahren.

Chemisch gesehen sind die EPS- Platten neutral, d.h. es sind keine wasserlöslichen Stoffe darin enthalten, somit kommt es zu keiner Verunreinigung der Umwelt durch Auswaschung.

Für Polystyrol-Hartschaumprodukte die einen Wärmdurchlasswiderstand über 0,25 m²K/W und eine Wärmeleitfähigkeit niedriger als 0,06 W/mK haben, gelten die Anforderungen nach EN 13163. [13]

2.1.3.3. Verwendung

EPS kann nahezu für alle Bereiche eingesetzt werden. Dazu gehören: WDVS, Aufsparrendämmung, Zwischensparrendämmung, Untersparrendämmung, Flachdachdämmung, Gefälledämmung, Dämmung von Umkehrdächer, Dämmung hinterlüfteter Fassaden, Kerndämmung, Dämmung von Haustrennwänden und leichten Trennwänden, Dämmung von Holzbalkendecken, Dämmung von Tiefgaragen und Kellerdecken, Dämmung unter schwimmendem Estrich, Trittschalldämmung, Putzträger, Dämmung von Feuchträumen und als Dämmung für Rohrleitungen. [14]

2.1.3.4. Brandhemmer

Um die Brandschutzklasse B1 (schwer entflammbar) zu erreichen, wird während der Polymerisation das Flammschutzmittel Polymer-FR zugegeben (1 - 2 %). Dies ist ein bromiertes Styrol-Butadien-Copolymerisat. Es wurde nach langjähriger Forschung als Ersatz für das nun verbotene Mittel HBCD entwickelt.

Dieser neue Brandhemmer wurde strengen gesundheits- und umwelttoxikologischen Testprogrammen unterzogen. Trotz der bromierten Substanz ergeben die Untersuchungen geringe Auswirkungen auf giftige, erbschädigende und kanzerogene Eigenschaften. Dies ist auf das hohe Molekulargewicht und der damit verbundenen geringen Bioverfügbarkeit zurückzuführen.[15]

2.1.4. Zellulose (LFCI)

2.1.4.1. Herstellung

Zellulose ist ein natürlicher Dämmstoff und besteht aus ca. 90-Masse-% Altpapier, 7 % Brandschutzmittel auf mineralischer Basis (Borsalze) und 3 % Borsäure.

Das Altpapier wird unter relativ geringem Energieeinsatz aufbereitet. Erst wird es grob geschreddert. Nach dem Zerkleinerungsprozess werden die Papierschnipsel von Schwer- und Metallteilen getrennt und über ein Wasserdosiersystem auf die optimale Verarbeitungsfeuchte gebracht. Danach werden die Schnipsel in einer Fasermühle zerfasert und anschließend getrocknet und entstaubt. Um den erforderlichen Brandschutz zu erreichen werden vor der Zerfaserung Zusatzmittel wie Borsalze hinzugegeben. Gegen Schimmel

und Ungeziefer schützt die zugegebene Borsäure. Für den Transport wird das Material gepresst und verpackt.

2.1.4.2. Eigenschaften

Zellulosefasern kommen meist als lose Einblasdämmung oder als Schüttung zum Einsatz. Es werden auch Zellulosematten hergestellt, sie spielen in der Baupraxis aber eine geringe Rolle.

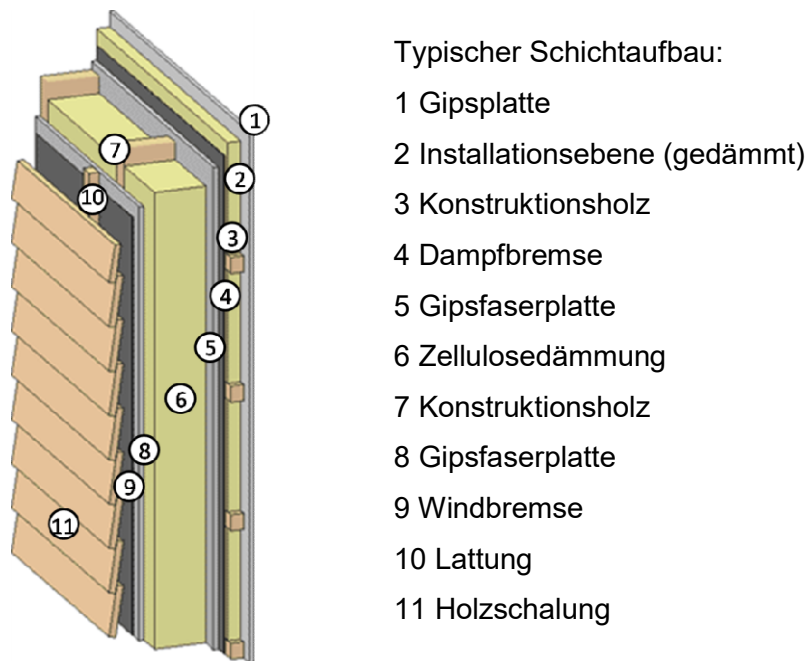


Abbildung 2.4.: Schematischer Aufbau einer typischen, mit Zellulose gedämmten Außenwand. [16]

Da die Zellulosefaser lose eingebaut wird, hat sie andere Anforderungen an die Bauweise als beispielsweise Wärmedämmverbundsysteme. Um eine Wand oder ein Dach zu dämmen sind Hohlräume erforderlich. Diese werden lückenlos mit der Zellulosefaser gefüllt. Das Füllen erfolgt durch einen Schlauch der an einer Verblasmaschine angeschlossen ist. Die Maschine wird von Hand mit den Fasern gefüllt und lockert das zum Transport gepresste Material, durch das Einblaseverfahren wieder auf. Für eine optimale Dämmwirkung müssen die Flocken den gesamten Hohlraum füllen, sodass ein formbeständiger Dämmblock entsteht. Durch dieses effektive Verfahren können alle Wanddicken einfach, schnell, fugenlos und fast ohne Abfälle gedämmt werden. Für die Hohlraumöffnungen werden Löcher gebohrt, welche danach wieder verschlossen werden.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Verwendung als Schüttung. Wenn z.B. der Dachraum nicht genutzt wird, kann eine Schicht des Materials eingeblasen werden und funktioniert als lose Dämmung. Entscheidet man sich für diese Methode kann der Dachraum allerdings nicht mehr genutzt werden. Bei der Verarbeitung sind Staubmasken zu tragen. Zellulosefaser erreicht bei einer Dichte von $28 - 65 \text{ kg/m}^3$ (kommt auf den Einsatzbereich an) eine Wärmeleitfähigkeit von etwa $0,039 \text{ W/mK}$. Feuchteinträge führen zu Verschlechterung der Dämmwirkung und Setzungen der Dämmung, in diesem Fall ist diese auszutauschen. Durch die Zugabe von Brandhemmern erreicht Zellulose die Brandschutzklasse B.

Für Zellulose, die einen Wärmedurchlasswiderstand über $0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ und eine Wärmeleitfähigkeit niedriger als $0,06 \text{ W/mK}$ hat, gelten die Anforderungen nach EN 15101-1:2013 und EN 15101-2:2013. [17], [18]

2.1.4.3. Verwendung

Vorwiegende Verwendung als Wärmedämmung in Holzblockwänden, Holzrahmenwänden, Dachschrägen und Zwischengeschossdecken. Weiter auch als Schüttdämmung auf horizontalen, gewölbten und leicht geneigte Flächen geeignet. Zelluloseplatten können im Steildachbereich eingesetzt werden.

2.1.4.4. Brandhemmer

Als Brandhemmer werden bei der Zelluloseproduktion 10 - 12 % Borsalze zugefügt. Diese Salze haben die positive Eigenschaft bei Energieeinwirkung (Brandfall) Wasser zu „produzieren“

Jedoch wurden Borate mit der 30. ATP zur Richtlinie 67/548/EEC als „Fortpflanzungsgefährdend, Kategorie 2“ eingestuft. [19] Diese Einstufung wird sehr kritisch gesehen. Eine Studie hat ergeben, dass der Mensch 11-25g Borsäure pro Tag aufnehmen müsste um irreversible Schäden hervorzurufen. Da sich die Zellulosefasern aber in relativ dichten Hohlräumen befinden, sollte es zu keiner direkten Aufnahme in gefährlicher Menge kommen.

Inzwischen gibt es Alternativen zu den Borsalzen, wie Tonerdehydrat, Ammoniumpolyphosphat und Naturharze wie Fungotannin. [20]

2.1.5. Holzfaser

2.1.5.1. Herstellung

Das Grundmaterial der Holzfaserdämmstoffe ist, wie der Name bereits sagt Holz. Es werden meist Nebenprodukte der Säge- und Hobelwerksindustrie verwendet. Eingesetzt werden hauptsächlich Nadelhölzer, da diese längere Fasern haben. Diese wirken sich vorteilhaft auf das Dichte-/Festigkeitsverhältnis aus. Bei der Herstellung kommen zwei verschiedene Herstellungsverfahren zum Einsatz, das Nass- und das Trockenverfahren. Je nach angewendeten Verfahren entstehen Dämmstoffplatten mit großen Unterschieden der bauphysikalischen und konstruktiven Eigenschaften. Es wird besonders die Rohdichte und die Festigkeit beeinflusst. [14]

Holz hat an und für sich schon eine niedrige Wärmeleitfähigkeit von ca. 0,22 W/mK im Gegensatz zu Beton mit ca. 0,69 W/mK. Dieser Wert wird durch die Erhöhung der Porigkeit verbessert. [21]

Holzfaserprodukte bestehen zu über 80 % aus Weichholzfäsern. Um diese zu gewinnen werden zuerst Schwach- und Resthölzer mit speziellen Hackern zerkleinert. Diese „Holzabfälle“ werden mit einer Holzfeuchte von ca. 50 % geliefert. Nach dem Zerkleinern werden eventuelle Fremdpartikel über Rüttelsiebe und Elektromagnete ausgesondert. Danach werden die Hackschnitzel mithilfe von Wasserdampf in einem Dampfdruckzylinder erweicht und in Mühlen aufgeschlossen. Hier können die benötigten Fasereigenschaften für die späteren Produkte gesteuert werden. Nach diesem Vorgang liegt die Holzfaser in einer wässrigen Dispersion, dem sogenannten Pulp, vor. [21]

Bei dem meistverwendetem **Nassverfahren** werden durch den Aufschlussprozess holzeigene Bindekräfte des Lignins aktiviert. Um diesen Prozess zu beschleunigen wird Wachse-ulsion und Aluminiumsulfat (Aulan) zugegeben. [14]

In der Regel werden keine zusätzlichen Bindemittel verwendet, außer es werden spezielle Eigenschaften der Dämmstoffe gewünscht. Feuchteunempfindliche Dämmplatten beinhalten ca. 10 % Bitumenemulsion oder ca. 5 % Latexemulsion.

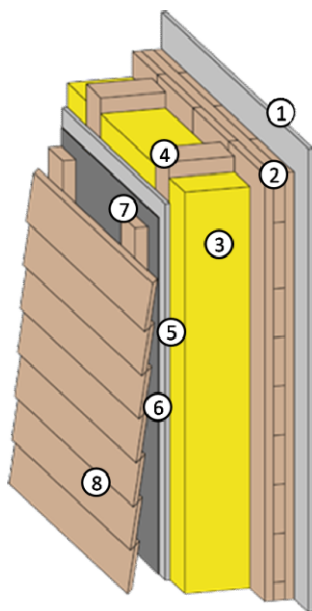
Der Pulp wird anschließend in einer Formstraße mechanisch zu einem Faserkuchen gepresst. Danach hat die Dämmplatte einen Wassergehalt von ca. 42 %. Nach dem Pressen werden die Platten auf das gewünschte Längenmaß geschnitten und in einer Trockenkammer auf ca. 7 % Wassergehalt getrocknet. Dies geschieht bei Temperaturen von 160 bis 220° Celsius. Das dabei anfallende Wasser wird mehrmals wieder aufbereitet und der Produktion wieder zugeführt. Abwässer werden Kläranlagen zugeführt.

Beim **Trockenverfahren** werden die Fasern sofort nach dem Aufschließungsprozess getrocknet und anschließend mit bis zu 12 Masse-% Bindemittel beleimt. Dieses Gemisch

wird danach in einer Presse ausgebreitet, erhitzt und gepresst. Für die Produktion von dickeren Dämmplatten können einzelne Matten zusammengeklebt werden. Um beim Trockenverfahren speziell gewünschte Eigenschaften zu erzielen, können hier weitere organische und/oder synthetische Fasern beigemischt werden. [21]

2.1.5.2. Eigenschaften

Durch den Einsatz verschiedenster Zusatzstoffe und Produktionsvarianten können Holzfaserdämmstoffe für fast alle Einsatzorte mit den verschiedensten Anforderungen eingesetzt werden. Das führt allerdings auch zu sehr verschiedenen Eigenschaften der Dämmprodukte. Sie haben Dichten von 50 bis 270 kg/m³ und Wärmeleitfähigkeiten von 0,038 bis 0,090 W/mK.



Typischer Schichtaufbau:

- 1 Gipsplatte
- 2 Brettsperrholz
- 3 Holzfaserdämmung
- 4 Konstruktionsholz
- 5 Gipsfaserplatte
- 6 diffusionsoffene Folie
- 7 Lattung
- 8 Holzschalung

Abbildung 2.5: Schematischer Aufbau einer typischen, mit Holzfaser gedämmten Außenwand. [16]

Für Holzfasern, die einen Wärmdurchlasswiderstand über 0,20 m²K/W und eine Wärmeleitfähigkeit niedriger als 0,07 W/mK haben, gelten die Anforderungen nach EN 13171:2012. [22]

2.1.5.3. Verwendung

Holzfaserdämmstoffe gibt es für fast jegliche Anwendungsart. Sie werden als Dachdämmung (Zwischensparrendämmung, Aufsparrendämmung, Untersparrendämmung, Flach-

dach), Außenwanddämmung, Einblasdämmung oder auch in WDVS eingesetzt. Weiter gibt es eine Vielzahl von Produkten für den Innenbereich (Schallschutz, Akustikplatten). Wie die meisten natürlichen Dämmstoffe können sie nicht als Perimeterdämmung verwendet werden.

2.1.5.4. Brandhemmer

Da es sehr viele verschiedene Holzfaserprodukte gibt, sind auch die eingesetzten Flamm- schutzmittel sehr unterschiedlich.

Grundsätzlich haben Holzfaserdämmplatten einen von Haus aus guten Brandschutz. Sie verhalten sich ähnlich wie unbehandeltes Holz und bilden eine Verkohlungs- schicht. Diese Schicht verzögert das weitere Abbrennen und führt danach zu einem sehr kontrolliertem Abbrand. Diese Eigenschaft wird stark von der Rohdichte beeinflusst, darum können zur Verbesserung der Brandeigenschaften Borate und Ammoniumphosphate eingesetzt werden. [23] Einige Platten enthalten aber auch gar keine Zusatzstoffe.

2.2. End of Life

2.2.1. EPS

Die Menge an anfallendem EPS ist nur durch Schätzungen bekannt. Die jährliche Abfall- quote aus dem Bereich WDVS liegt bei ca. 1.000 Tonnen. Dies ist jedoch der gesamte Baumischabfall. Geht man von einem Dämmstoffanteil von 10 % aus, sind das ca. 100 Tonnen Dämmstoffabfall. Diese Menge wird in Zukunft wesentlich größer werden. Laut einer Prognose des Fraunhofer Institutes liegt der Rückbau im Jahr 2037 bei über 25.000 Tonnen EPS. Hier ist auch schon das erste große Problem bei der Abfallbehandlung von EPS zu erkennen. Bei konventionellen Abrissmethoden stellt der Bauschutt eine weit grö- ßere Menge dar als der Dämmstoff selbst. Das heißt, es wird zehnmal mehr Schutt (Kle- ber, Putz, Armierung) zu den Behandlungsanlagen gebracht als Dämmmaterial.[12]

Grundsätzlich ist EPS sehr gut recyclebar. Das größte Problem besteht in der Reinheit des Materials, sowie dem Brandschutzmittel Hexabromcyclododecan (HBCD), welches seit 26. November 2014 weltweit verboten ist. [12]

Voraussetzung für die stoffliche Wiederverwendung ist der enthaltene Brandhemmer. Wie zuvor erwähnt ist HBCD in der Europäischen Union (EU) laut der Chemikalienverordnung REACH als „SVHC“- Stoff (substance of very high concern) eingestuft und darf nicht mehr verwendet werden. Zu dieser Einstufung führte die Stockholmer Konvention 2013, da hier HBCD in die „POP“- Liste (persistent organic pollutant) aufgenommen wurde. [15] Diese

persistenten Stoffe werden in der Natur nur sehr langsam abgebaut und führen zu Anreicherungen in Organismen und stehen im Verdacht fortpflanzungsschädlich zu sein.

Bei der Produktion der EPS-Platten fallen infolge Blockbesäumung, Zuschnitten oder Randprofilen reine EPS Abfälle an. Diese werden direkt in der Produktion wiederverwertet. Theoretisch wäre dies auch mit den saubereren Verschnittabfällen auf der Baustelle möglich, dadurch entsteht wiederum ein logistischer Mehraufwand welcher meist noch keine ökonomischen Vorteile bringt. Aufgrund der geringen Dichte des Dämmstoffes können pro LKW nur geringe Mengen transportiert werden. Das nicht zu 100-%ig saubere Abfallmaterial kann gemahlen werden und als Leichtzuschlag für Mörtel, Beton und als Porenbildner in der Ziegelindustrie verwendet werden. Aber auch hier ist der logistische Mehraufwand oft nicht gewinnbringend. Ebenfalls gibt es Recyclingplatten, die zu 100 % aus recycelten Baustellenabfällen bestehen.

Durch die POP-Klassifizierung der HBCD-haltigen EPS-Platten dürfen diese nicht stofflich wiederverwertet werden.

Da EPS einen sehr guten Heizwert von ca. 39,9 MJ/kg Trockenmasse hat, wird es häufig als Ersatzbrennstoff verwendet. Da EPS zum größten Teil aus Kohlenstoff und Wasserstoff (bis zu 99-Masse-%) besteht, sind die Abgase bei guter Verbrennung hauptsächlich CO₂ und H₂O. Die energetische Verwertung des Dämmstoffs wird auch bei HBCD-haltigen Platten angewendet, da das HBCD zu > 99,999 % zerstört wird. Weiter haben Untersuchungen ergeben, dass die Konzentrationen von ausgewählten Metallen und anderen Stoffen z.T. weit unter denen von durchschnittlichen Siedlungsabfällen liegen (ausgenommen Brom). [24]

Um das EPS thermisch verwerten zu können, wird es in mehreren Schritten aufbereitet. Ein Großteil der EPS-Abfälle fallen durch WDVS an. Es gibt mehrere Möglichkeiten diese auf der Baustelle zu demontieren.

Tabelle 2.3: Übersicht der Möglichkeiten zum Rückbau von WDVS [12]

Demontage	Vorteile	Nachteile
Manuelles Abschälen	<ul style="list-style-type: none"> - Ablösung der Putzschicht von der Dämmung fast vollständig möglich - Keine speziellen Maschinen benötigt 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher personeller Aufwand - Erreichbarkeit bei hohen Gebäuden (Gerüst oder Hebevorrichtung werden benötigt)
Maschinelles Abschälen	<ul style="list-style-type: none"> - Selektives Ablösen der einzelnen Schichten möglich - Schlagkräftig 	<ul style="list-style-type: none"> - Bagger wird benötigt - Aus Zeitgründen meist kein selektiver Rückbau auf Baustellen
Abfräsen (hat sich nicht durchgesetzt)		<ul style="list-style-type: none"> - Manuelles Nacharbeiten erforderlich - Sicherheitstechnische Aspekte mit rotierenden Werkzeugen
Thermisches Entschichten (wird nicht angewendet)	<ul style="list-style-type: none"> - Saubere Abtrennung des Putzes von der Dämmplatte 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher Energieaufwand - Viele Einflussgrößen (Putzdicke, Wärmeleitfähigkeit des Putzes, Wassergehalt, Außentemperaturen)

Die größten Mengen an EPS-Abfällen fallen im Baustellenabfall an. Sie werden in den Entsorgungsfirmen meist als Sperrmüll gehandhabt; dieser wird nach einer mechanischen Aufbereitung in Müllverbrennungsanlagen verwertet. [25]

CreaSolv- Verfahren

Derzeit befindet sich die Technologie CreaSolv zum Recycling von Schaumstoffdämmstoffen in der Testphase. Diese Technologie soll es ermöglichen auch verschmutzte und HBCD-haltige Dämmstoffe zu recyceln.

Eine Pilotanlage im industriellen Stil wird in den Niederlanden gebaut und soll eine jährliche Kapazität von 3.000 Tonnen PS-Abfällen haben.

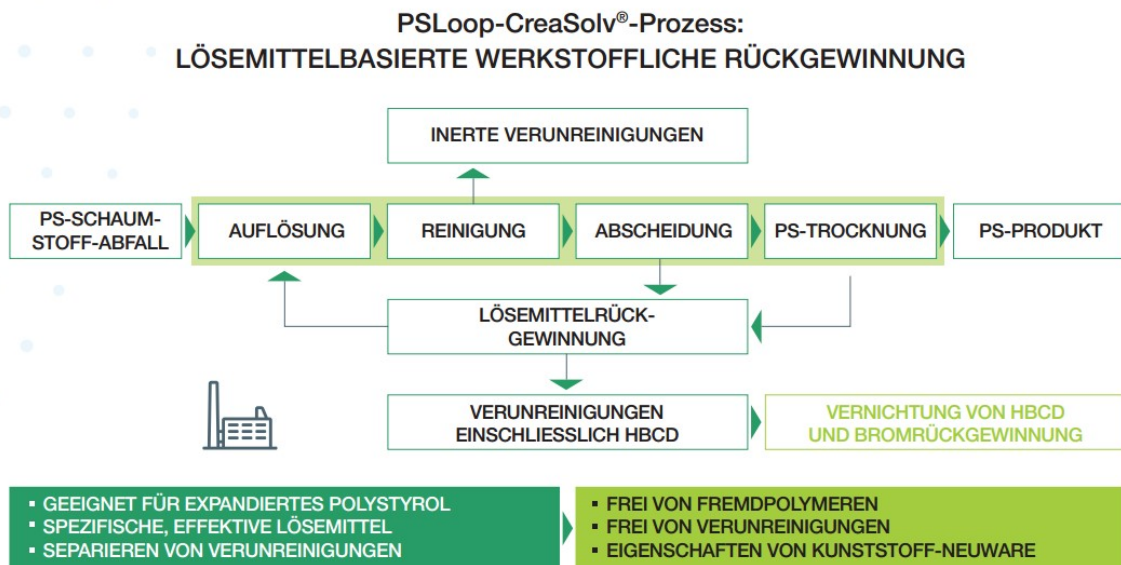


Abbildung 2.6: PSLoop-CreaSolv®-Prozess [26]

Das CreaSolv-Verfahren soll die Recyclingrate der Schaumstoffdämmstoffe wesentlich erhöhen. Bei dieser Technologie wird der Kunststoff durch ein selektives Lösungsmittel aufgelöst. Bei Bedarf wird der Abfall zuvor noch zerkleinert. Danach werden Fremdstoffe aus der Polymerlösung abgetrennt und am Ende wird der Zielkunststoff ausgefällt und zu Polymergranulat verarbeitet. Nach diesem Verfahren sollen so Kunststoffrecyclate mit Neeware-Eigenschaften entstehen.

Ein großer Vorteil dieses Prozesses ist die Eliminierung des Flammschutzmittels HBCD, denn dieses wird zu 99,7 % herausgelöst. Übrig bleibt ein Schlamm der bis zu 30 % HBCD beinhaltet. Dieser wird in weiterer Folge in Hochtemperatur Verbrennungsanlagen vernichtet und das Flammschutzmittel zu 99,999 % zerstört. Das elementare Brom wird zurück gewonnen und kann in neuen Brom-haltigen Produkten eingesetzt werden.

Ziel ist ein nachhaltiges Verfahren das zur Kreislaufwirtschaft beiträgt.

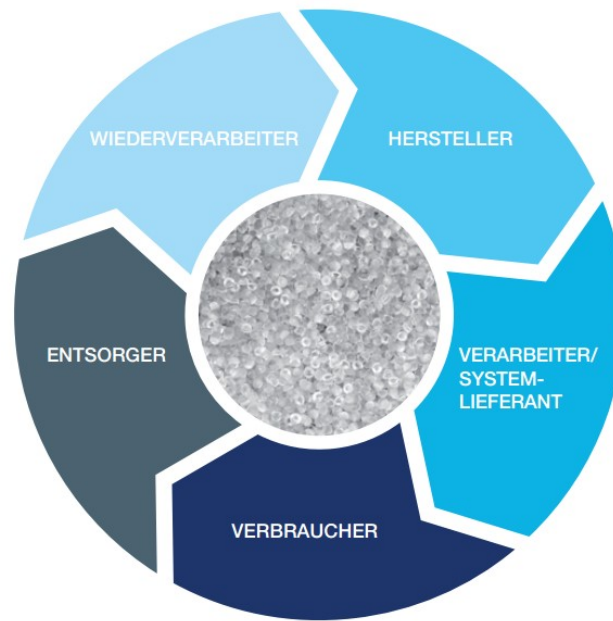


Abbildung 2.7: EPS- Kreislauf [26]

2.2.2. Zellulose

Theoretisch kann Zellulose bis zu einem gewissen Punkt problemlos wiederverwendet werden. Es kann maschinell abgesaugt und wieder verbaut werden. Es kann aber auch sein, dass Aufgrund von Feuchteinträgen oder anderen schädlichen Einflüssen die Fasern nicht wiederverwendet werden können. Hier eignet sich die thermische Verwertung, da die Zellulose einen relativ guten Heizwert hat. Er liegt knapp unter dem von Altpapier (ca. 14 MJ/kg) und ist somit noch weit energiereicher als der von durchschnittlichem Hausmüll (ca. 9 MJ/kg).[27]

Obwohl Zellulose ein organischer Stoff ist, kann die Dämmung meist nicht kompostiert werden, Grund dafür sind die eingesetzten Brandhemmer wie Borsalze. Jedoch gibt es auch biologisch abbaubare Zusätze wie Naturharze, die aus Tannin gewonnen werden. Diese können kompostiert werden.

Allerdings gibt es zurzeit nur geringe Mengen an rückzubauender Zellulosefaser, da der Dämmstoff erst Mitte der 80er-Jahre vermehrt zum Einsatz kam und auch jetzt der Marktanteil der Zellulosefaserdämmung nur bei knapp 1 % liegt.

Da zurzeit die Rohstoffpreise und Entsorgungskosten für Zellulosefasern sehr niedrig sind werden sie meist thermisch verwertet. Es gibt aber auch neue Ideen die das Ziel der Kreislaufwirtschaft verfolgen.



Abbildung 2.8: Kreislauf der Zellulosefasern [28]

In dieser Abbildung ist der Kreislauf des Dämmstoffes abgebildet. Der Grundrohstoff ist Holz, aus welchem Zeitungspapier gemacht wird. Wie bereits oben erklärt bildet die Zeitung wiederum das Grundmaterial für die Dämmfasern. Nach dem Nutzen als Dämmstoff ist derzeit meist die Verbrennung das End of life Szenario. Doch hier gibt es nun einen neuen Ansatz die Fasern anders zu verwenden.

Die Idee ist es alte Zellulosefasern als Dünger für „neue Zellulosefasern“ einzusetzen, damit der Kreislauf geschlossen wird. Aber um den Dämmstoff als Dünger zu verwenden sind nicht die Zellulosefasern das Problem, sondern die darin enthaltene Borsäure. Diese darf, obwohl reine Borsäure von jedem landwirtschaftlichen Betrieb in der EU als Dünger ausgebracht werden darf, aufgrund ihrer derzeitigen Einstufung, nach der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, nicht als Dünger verwendet werden, da rückgebauter Dämmstoff als Abfall gilt. Bor ist ein wichtiger Baustoff für das Pflanzenwachstum, es hat wichtige Funktionen für die Zellteilung, Zellstreckung etc. Daher kommt auch die Idee den Dämmstoff als Dünger zu verwenden. Um die Zellulosefasern als Dünger verwenden zu können werden sie verkohlt und pelletiert. Dies soll im Idealfall noch vor Ort geschehen um Volumen zu sparen und somit auch Transportwege und –kosten. Pflanzenkohle wird seit Jahrtausenden als natürlicher Pflanzendünger verwendet. Um die Düngewirkung zu erhöhen werden noch Getreidespelzen hinzugegeben um die Energiedichte zu erhöhen. Ausgebracht werden können die Pellets direkt mit der Gülle. Man hat herausgefunden, dass die Pellets einen weiteren positiven Effekt haben. Laut Untersuchungen verringern sie die

Geruchsbelastung der Gülle um bis zu 85 %. Dies führt man auf die hohe Oberfläche der Kohle zurück (180 m²/g). Weitere Untersuchungen haben auch ergeben, dass die Schwermetallgrenzwerte der österreichischen Düngemittelverordnung bei weitem unterschritten werden und die Qualitätsstufe „basic“ der European biochar certificate (EBC 2012) erreicht wird. [28]

2.2.3. Holzfaser

Unbehandelte Holzfaserdämmplatten die nicht beschädigt wurden können problemlos wiederverwendet werden. Oft ist dafür aber der logistische Aufwand zu groß, darum werden Holzfaserplatten meist thermisch verwertet. Dies ist aufgrund ihres hohen Heizwertes (ca. 18 MJ/kg) problemlos möglich.

Dämmplatten ohne Zusatzstoffe gehören zu den biologisch abbaubaren Produkten und können theoretisch kompostiert werden.

2.3. Bauvorschriften

Im folgenden Kapitel werden einige gesetzliche Bestimmungen behandelt, welche bezüglich Dämmung und eingesetzte Dämmstoffe, einzuhalten sind.

Für die gesetzlichen Bestimmungen ist vor allem das Österreichische Institut für Bautechnik- OIB verantwortlich. Sie geben OIB- Richtlinien heraus, die von den Bundesländern in das Baurecht übernommen werden.

Der gemeinnützige Verein OIB wurde 1993 gegründet und konzentriert sich auf folgende Aufgaben [29]:

- gibt OIB- Richtlinien heraus, um in allen Bundesländern die Vereinheitlichung der bautechnischen Anforderungen in den Bauordnungen zu ermöglichen
- erlässt die Baustofflisten ÖA und ÖE als Verordnungen
- Europäische Technische Bewertungsstelle und nationale Zulassungsstelle für Bauprodukte
- informiert als Produktinformationsstelle für das Bauwesen über die in Österreich geltenden technischen Anforderungen an Bauprodukte
- stellt als Marktüberwachungsbehörde sicher, dass Bauprodukte, die sich in Österreich auf dem Markt befinden, alle rechtlichen Anforderungen erfüllen

Die OIB teilt Gebäude in fünf Gebäudeklassen (GK) ein, wobei jede Gebäudeklasse anderen Anforderungen unterworfen ist. Welche Gebäudeklasse vorliegt hängt von folgenden Faktoren ab:

- Zugänglichkeit des Gebäudes für die Brandbekämpfung
- Anzahl der Geschosse
- Fluchtniveauhöhe
- Brutto- Grundfläche
- Anzahl der Wohnungen und/oder Betriebseinheiten
- Nutzfläche der Wohnungen und/oder Betriebseinheiten

Die genaue Einteilung kann in der OIB-Richtlinie Begriffsbestimmungen [30] nachgelesen werden.

Neben den Gebäudeklassen werden auch die Dämmstoffe in folgende Baustoffklassen eingeteilt, um ihre Brandeigenschaften zu deklarieren.

Tabelle 2.4: Brandverhalten der Baustoffklassen nach EN 13501-1

Baustoffklasse	Bauaufsichtliche Zulassung
A1	Nichtbrennbar ohne Anteile von brennbaren Baustoffen
A2	Nichtbrennbar mit Anteilen von brennbaren Baustoffen
B, C	Schwerentflammbar
D, E	Normalentflammbar
F	Leichtentflammbar

Brandschutz der Fassade

Die OIB- Richtlinie 2 regelt die Anforderungen der Gebäude hinsichtlich des Brandschutzes. [31]

Bei Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) in der GK 4 und 5 muss eine Brandweiterleitung über die Fassade auf das zweite über dem Brandherd liegende Geschöß und das Herabfallen von großen Teilen wirksam eingeschränkt werden. Dieselbe Anforderung gilt für vorgehängte hinterlüftete, belüftete oder nicht hinterlüftete Fassaden.

In der GK 5 müssen WDVS bei Deckenuntersichten mit mehr als 2 m vor- oder einspringenden Gebäudeteilen der Feuerwiderstandsklasse A2 (nicht brennbar) entsprechen. Dies gilt auch für offene Durchfahrten /-gängen der GK 4 und 5 durch die der einzige Fluchtweg oder Angriffsweg der Feuerwehr führt und für Wände zu offenen Laubengägen,

wenn die Fluchtmöglichkeit nur in eine Richtung gegeben ist, mit einer Dämmdicke von mehr als 10 cm.

Weitere Anforderungen gibt es für Gänge und Treppen außerhalb von Wohnungen, Treppenhäuser, Dächer und nicht ausgebaute Dachräume, brandabschnittsbildende Wände, Flucht- und Rettungswege, land- und forstwirtschaftlichen Wohn- und Wirtschaftsgebäuden, Schul- und Kindergartengebäude, Beherbergungsstätten und Verkaufsstätten. [31]

Grundsätzlich werden natürliche Dämmstoffe nicht in Gebäuden der GK 4 und 5 verwendet, da hier ein nicht brennbarer Baustoff vorgeschrieben wird. [32]

Energieeinsparung und Wärmeschutz

Die OIB- Richtlinie 6 regelt die Anforderungen der Gebäude hinsichtlich der Energieeinsparung, Wärmeschutz und des Energieausweises. [33]

Folgende Anforderungen werden gestellt:

- Energiekennzahlen

Bei Wohngebäuden und Nicht- Wohngebäuden werden Anforderungen an den Heizenergiebedarf bzw. an den Gesamtenergiefaktor gestellt. Der Nachweis erfolgt über die Erfüllung der Anforderungen für das Referenzklima.

- Anteil der Energie aus erneuerbaren Quellen
- Wärmeübertragende Bauteile

Bei Neubauten gibt es Anforderungen an den U-Wert der verschiedenen Bauteile.

Tabelle 2.5: U-Wert Anforderungen

Bauteil	U-Wert
Außenwand	0.35 W/m ² K
Dach	0.20 W/m ² K
Bodenplatte	0.40 W/m ² K

- Renovierungen
- Sommerlicher Wärmeschutz

Der Sommerliche Wärmeschutz kann mit dem vereinfachten Nachweis gemäß ÖNORM B 8110-3 geführt werden.

- Luft- und Winddichtheit

Für Neubauten gilt eine Luftwechselrate von $n_{50} \leq 3/h$, bzw. $\leq 1.5/h$ bei Häusern mit mechanischer Lüftungsanlage. Dieser Wert wird bei einer Innen-/Außen-Druckdifferenz von 50 Pascal gemessen.

- Gebäudetechnisches System

2.4. Ökobilanz

In diesem Kapitel wird der Inhalt einer Ökobilanz und deren Erstellung laut Norm beschrieben.

Eine Ökobilanz wird in der ISO 14040:2006 wie folgt definiert:

Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges.

Eine Ökobilanz, im englischen Life Cycle Assessment LCA genannt, bezieht sich lediglich auf die Umweltauswirkungen eines Produktes, Prozesses oder Dienstleistung und nicht, wie in einer Produktlinienanalyse, auf die gesamte Nachhaltigkeit, welche noch die sozialen und ökonomischen Aspekte beinhaltet. Dies hat den Sinn eine objektive ökologische Bewertung eines Produktes zu erreichen und die LCA nicht zu überladen.[34]

Eines der wichtigsten Ziele oder Nutzen der Ökobilanz ist der Vergleich von gleichen, bzw. fast gleichen Systemen, im einfachsten Fall ein materielles Produkt. Um dies möglich zu machen ist die funktionelle Einheit eine wichtige Voraussetzung. Die funktionelle Einheit soll den Nutzen eines Produktsystems widerspiegeln.

Eine weitere wichtige Überlegung in einer Ökobilanz ist die Bildung von Systemgrenzen. Fast jedes Produkt besteht aus verschiedenen Komponenten, welche wiederum aus verschiedenen Rohstoffen usw. bestehen. Und alle diese Vorgängerprodukte haben wieder Umweltauswirkungen. Um hier nicht in einer Endlosspirale zu landen müssen Systemgrenzen definiert werden.

Die Vorgangsweise zur Erstellung einer Ökobilanz ist in der ISO 14040 vorgegeben. Sie ist in vier Komponenten unterteilt:

- Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
- Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung
- Auswertung

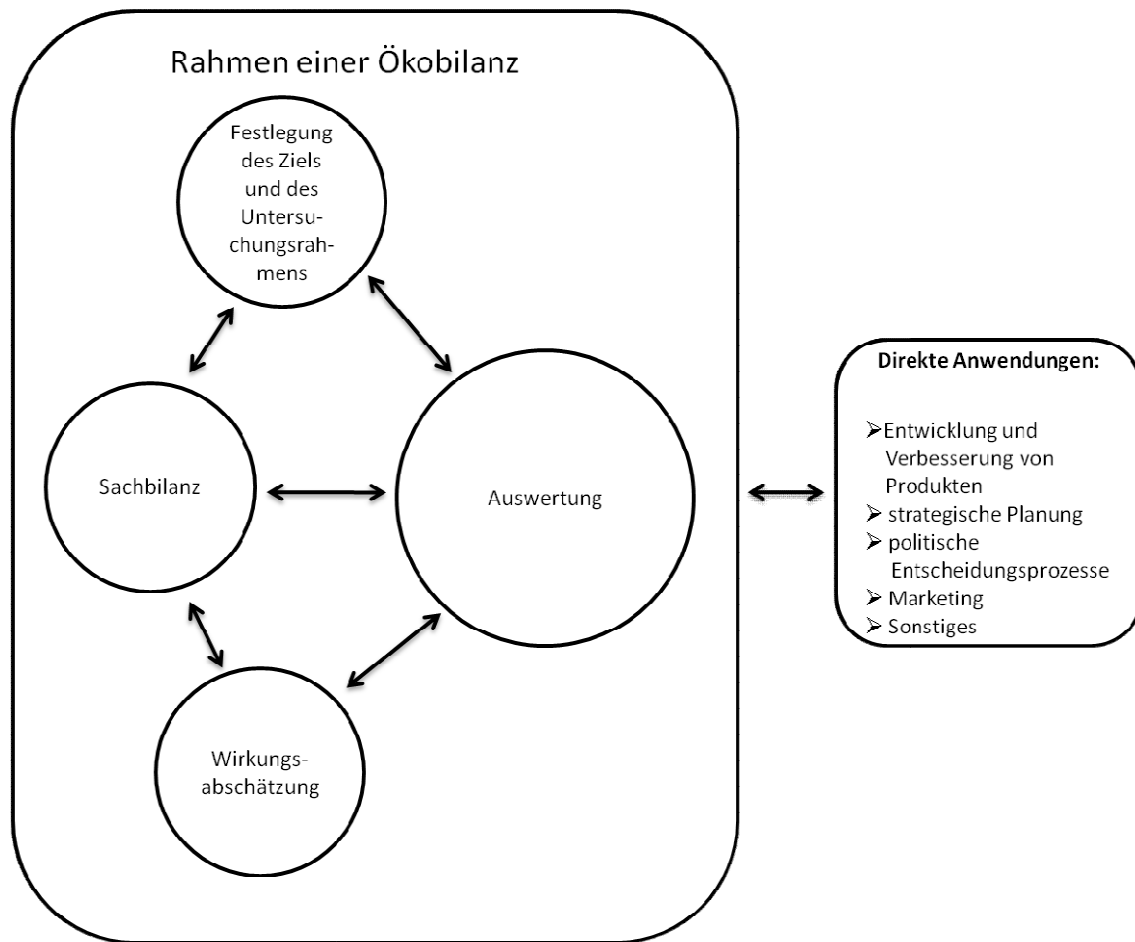


Abbildung 2.9: Phasen einer Ökobilanz [35]

In dieser Abbildung kann man an den Doppelpfeilen zwischen den Phasen erkennen, dass diese Prozesse iterativ behandelt werden. Das bedeutet es kann bei der Erstellung einer Ökobilanz immer wieder Adaptierungen der einzelnen Phasen aufgrund verschiedener Umstände geben. Diese Änderungen müssen jedoch dokumentiert und begründet werden.

Ein Punkt an dem die Meinungen auseinander gehen ist die Bewertung. Idealerweise kann man nach der Auswertung die verschiedenen Produkte vergleichen und das ökologisch Bessere identifizieren. Oft steigt aber Produkt A bei einem Indikator besser aus als Produkt B und umgekehrt. Um trotzdem das „bessere“ Produkt bestimmen zu können müssen die verschiedenen Indikatoren gewichtet werden. Dies sind oft subjektive Annahmen und müssen daher laut ISO 14040 eindeutig beschrieben und dargestellt werden. Einige Verbände forderten bereits die Bewertung als eigene Komponente einzuführen. Subjektive Werthaltungen lassen sich aber nicht Normen, darum wurden allgemeine Regeln aufgestellt welche bei der Wirkungsabschätzung eingeordnet wurden. [34]

2.4.1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens:

Zu Beginn werden folgende Ziele festgelegt:

- beabsichtigte Anwendung
- Gründe für die Durchführung der Studie
- angesprochene Zielgruppe
- sind die Ergebnisse für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt

Am Anfang muss der Umfang des Untersuchungsrahmens festgelegt werden, da die Norm die Genauigkeit der Studie nicht festlegt um viele Anwendungsmöglichkeiten der Ökobilanzen zu ermöglichen.

Der Untersuchungsrahmen beinhaltet eine Vielzahl von Informationen. Zu Beginn wird das Produktsystem eindeutig beschrieben. Hier eignet sich ein Systemfließbild um die Funktionen der einzelnen Prozessmodule zu beschreiben, ihre Wechselbeziehungen darzustellen und die Systemgrenze optisch darzustellen. Danach werden die einzelnen Prozessmodule beschrieben. Hier sollen die einzelnen Arbeitsvorgänge, die zugeführten Rohstoffe/ Produkte, und deren Anfang und Ende beschrieben werden. [36]

2.4.1.1. Systemgrenze

Da eine Ökobilanz vergleichbar sein soll, ist die Festlegung der Systemgrenze eines der wichtigsten Schritte.

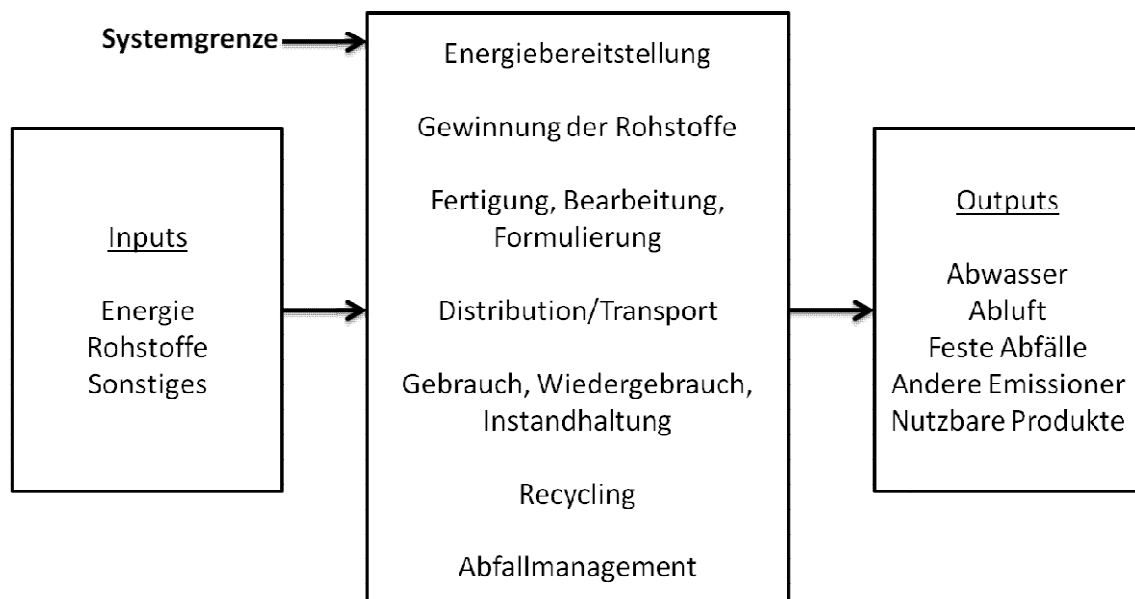


Abbildung 2.10: Systemgrenze modifiziert nach SETAC 1991 [37]

Die Systemgrenzen bestimmen welche Prozessmodule erfasst werden und damit die Ausführlichkeit der Studie. Die Kriterien für die Systemgrenzen sollten die Festlegung der Ziele und des Untersuchungsrahmens der Studie, ihrer vorgesehenen Anwendungen und angesprochenen Zielgruppen, den getroffenen Annahmen, Daten- und Kostenbeschränkungen und den Abschneidekriterien sein. Diese Kriterien müssen beschrieben und erläutert werden. Dies führt zu der Entscheidung welche Prozesse, Inputs und Outputs einbezogen werden und legt damit den eindeutigen Detaillierungsgrad der Ökobilanz fest. [36] Weitere Systemgrenzen bilden die Geographische und die Zeitliche. Meist ist die geographische Systemgrenze leicht zu definieren da man meist weiß woher die Inputs kommen und wohin die Outputs gehen. Die zeitliche Systemgrenze ist bei kurzlebigen Produkten auch recht einfach zu erfassen. Bei langlebigen Produkten wird es allerdings schwieriger, da wir nicht in die Zukunft sehen können und nicht wissen wie z.B. die Abfallbehandlung in 50 Jahren aussehen wird.

Wie in Punkt 2.3. bereits erwähnt gibt es bei betrachteten Produktsystemen meist eine Vielzahl von Koppelprodukten. Um das System übersichtlich zu halten befinden sich die Systeme bestimmter Koppelprodukte außerhalb der Systemgrenze und werden nur als Inputströme behandelt. Meist gibt es noch eine Vielzahl anderer Inputs in das betrachtete System, die aber aufgrund ihrer geringen Auswirkungen auf das betrachtete System nicht erfasst werden. Dieses Vorgehen wird als Abschneideregul bezeichnet.

In der ISO 14044 werden drei Kriterien betrachtet um diese Regel anzuwenden: Masse, Energie und Umweltrelevanz. Wird ein gewisser %ueller Anteil am Gesamtsystem nicht erreicht, kann die Abschneideregul angewendet werden. Eine ähnliche Regelung gibt es auch für die Outputströme.

2.4.1.2. Funktionelle Einheit

Ein weiterer wichtiger Punkt für die Vergleichbarkeit von Ökobilanzen ist die funktionelle Einheit. Sie dient dazu, einen Bezug zu schaffen, auf den die Input- und Outputflüsse bezogen werden. [35] Die funktionelle Einheit muss eindeutig definiert und messbar sein und soll dem Ziel und dem Untersuchungsrahmen der Studie entsprechen. [36]

Die funktionelle Einheit sollte gleich am Anfang der Studie definiert werden und sich auf den Nutzen des Systems zu beziehen.

2.4.1.3. Datentypen, -quellen und -qualität

Um eine aussagekräftige Ökobilanz zu erstellen sind die darin enthaltenen Daten von großer Bedeutung. Oft stellt die Datenverfügbarkeit ein Problem dar. Eine sichere Datenquelle ist die Auswertung vor Ort am Betrieb. Falls die Daten nicht schon vorhanden sind ist dies jedoch mit einem gewissen Aufwand verbunden. Weitere Möglichkeiten an Daten zu kommen sind vorhandene Datenbanken. Beispiele dieser Datenbanken sind GaBi, ecoinvent, U.S. LCI und Data-On-Demand. Hier sind bereits viele Datensätze ausgearbeitet und gespeichert. Die GaBi Datenbank umfasst zum Beispiel bereits 12.000 fertige Datensätze mit branchenspezifischen Primärdaten. Aufgepasst werden muss, wenn man Datensätze von verschiedenen Datenbanken vergleicht, da hier oft verschiedene Annahmen getroffen werden. Um fehlende Daten zu generieren können sie auch berechnet oder geschätzt werden. Je nach Verfügbarkeit und Sicherheit der Daten muss die Untersuchungstiefe der Studie angepasst werden. Wichtig ist die Dokumentation der Datenquellen und die Beschreibung deren Qualität, um die Ergebnisse richtig interpretieren zu können. Auch fehlende Daten müssen dokumentiert werden!

Oft können bei betriebsinternen Ökobilanzen bereits Studien mit einem geringen Datenumfang eine hohe Aussagekraft besitzen, zum Beispiel wo sogenannte „Hot Spots“ bei der Produktion vorkommen und Einsparpotenziale bestehen.

Die Datenqualität wird durch folgende Einflüsse bestimmt [36]:

- Alter der Daten
- Erfassungszeitraum
- geographischer Erfassungsbereich
- technologischer Erfassungsbereich
- Präzision/ Schwankungsbreite
- Vollständigkeit
- Repräsentativität
- Konsistenz
- Vergleichspräzision
- Datenquellen
- Unsicherheit der Informationen

2.4.2. Sachbilanz

Die Sachbilanz bildet die Basis der Ökobilanz. Darin werden die, aufgrund der festgelegten Ziele und des Untersuchungsrahmens, relevanten Daten erhoben. Wie diese Daten erhoben werden sollen wird in den Normen allerdings nicht näher beschrieben. Es wird darauf verwiesen, dass die Herangehensweise von den Zielen und Rahmenbedingungen der Ökobilanz abhängig ist. Es kann sogar von der Norm abgewichen werden, wenn darauf hingewiesen wird. [38]

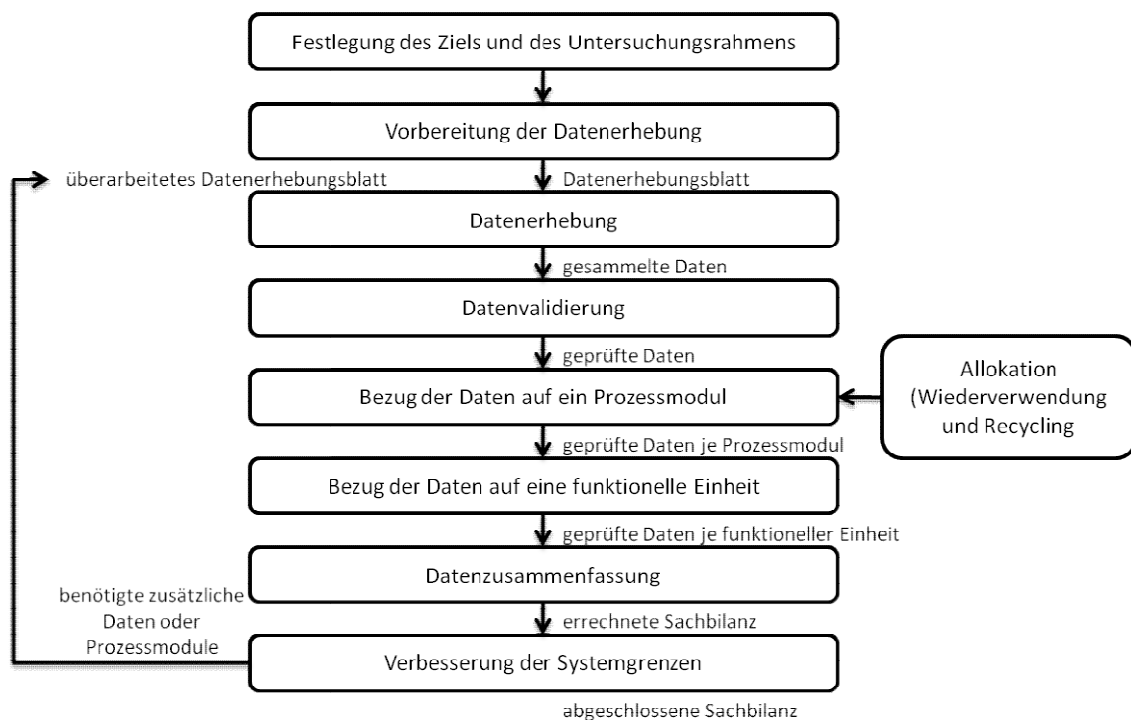


Abbildung 2.11: Vereinfachte Verfahren für eine Sachbilanz [36]

Die einzelnen Arbeitsschritte der Sachbilanzierung werden von der ÖNORM EN ISO 14044 wie in dieser Abbildung dargestellt.

2.4.2.1. Datenerhebung

Im Grunde werden bei der Sachbilanz die quantitativen Stoff- und Energieströme auf Basis des Systemfließbildes (siehe Kapitel 2.3.1.) gesammelt. Es müssen für jedes Prozessmodul die Input- und Outputströme gebildet werden. Die Daten dazu werden gemessen, berechnet oder geschätzt. Hier muss auf spezielle Grundgesetze geachtet werden, wie zum Beispiel der Gesetze der Massen- und Energieerhaltung.

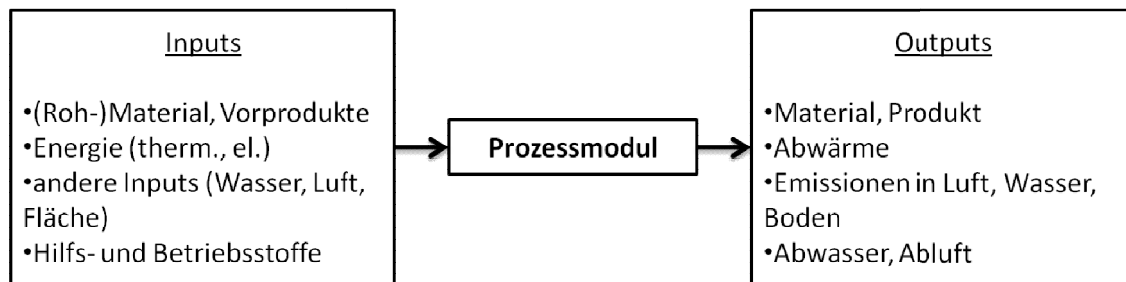


Abbildung 2.12: Schematische Darstellung eines Prozessmoduls (ohne Koppelprodukte) [34]

Um die Sachbilanz nachvollziehbar zu gestalten, müssen die Prozessmodule beschrieben und dokumentiert werden. Ebenfalls muss auf die Datenerhebungs- und Berechnungsmethoden und externen Datenquellen verwiesen werden.

Die ÖNORM EN ISO 14040 gibt Hauptgruppen vor, nach denen die Daten gegliedert werden können: [35]

- Energieinputs, Rohstoff-Inputs, Betriebsstoff-Inputs und andere physikalische Inputs
- Produkte, Koppelprodukte und Abfall
- Emissionen in die Luft, Einleitungen in Wasser und Verunreinigungen des Bodens
- weitere Umweltaspekte

Tabelle 2.6: Oft verwendete Daten in einer Ökobilanz

Meist einfach und in guter Qualität beschaffbar	Meist schwierig in guter Qualität beschaffbar
Materialeinsatz	Emissionen in die Luft
Energie und Energieform	Emissionen in das Wasser
Koppelprodukte	Verunreinigungen von Boden und Grundwasser
Produktionsabfälle	Gebrauch von Pestiziden und Düngemitteln
Betriebs- und Hilfsstoffe	Angaben über ionisierende Strahlung
Transporte	

2.4.2.2. Datenberechnung

Nach der Erhebung müssen die gesammelten Daten auf die einzelnen Prozessmodule und die funktionelle Einheit bezogen werden. Die dafür verwendeten Berechnungsmethoden sollten in der gesamten Studie dieselben sein. Auch hier müssen alle Berechnungsverfahren explizit dokumentiert werden.

Eine Möglichkeit zur Berechnung ist die Bilanzierung. Bei Verbrennungsprozessen muss das entstehende CO₂ nicht gemessen werden, sondern kann durch die Stöchiometrie sehr genau berechnet werden. Sind jedoch Primärdaten vorhanden sollten diese verwendet werden. [34]

Neben den Materialströmen ist auch die Energieanalyse ein wichtiges Thema in der Sachbilanz. Im Gegensatz zur Physik in der Energie nur umgewandelt und nicht verbraucht werden kann, ist Energie hier als Gut zu verstehen welches für verschiedene Prozesse „verbraucht“ wird. Energie kann in verschiedener Form in Prozessen vorkommen, wie Strom, Wärme oder Treibstoff. Bei Inputströmen von Strom sollte immer der richtige Strommix, Wirkungsgrade für die Verbrennung von Energieträgern, Umwandlungs-, Übertragungs- und Verteilungsverluste berücksichtigt werden.[36]

Ein weiterer Prozess über den man sich Gedanken machen muss ist der Transport. Er scheint meist nicht als eigener Prozess auf, sondern wird zu den jeweiligen Prozessmodulen dazugezählt. Es kann sein, dass der Transport bei einen Prozess ein Output und gleichzeitig beim nächsten ein Input ist, da es ein Transport zu einer anderen Produktionsstätte ist. Hier ist darauf zu achten diesen Transport doppelt dazu zu zählen. Einfluss auf den Transport haben Transportmittel, Entfernung und die Auslastung. Für den Transport gibt es bereits viele fertige Datensätze in Datenbanken. [34]

Weiter müssen die Daten validiert werden, d.h. die Stoff- und Energieströme der Prozessmodule müssen mithilfe von Massen- und Energiebilanzen auf ihre Richtigkeit geprüft werden.

Aufgrund des iterativen Vorgehens beim Erstellen einer Ökobilanz ist es an dieser Stelle ratsam die Systemgrenzen anzupassen. Es sollten die Daten auf ihre Signifikanz geprüft werden und nicht relevante Ströme können entfernt, oder neue Ströme aufgenommen werden. Auch hier ist wieder die Dokumentation des Vorgehens vorgeschrieben.[36]

2.4.2.3. Allokation

Ein Problem beim Erstellen der Sachbilanz ist die Zuordnung der Umweltauswirkungen auf ein bestimmtes Produkt. Oft entstehen bei der Produktion neben einem Hauptprodukt weitere Nebenprodukte, die auch genutzt werden. Die Schwierigkeit besteht nun darin, die Input- und Outputströme, sowie die ökologischen Auswirkungen auf die jeweiligen Produkte zu beziehen.

Die ÖNORM EN ISO 14044 gibt drei Schritte zur Allokation vor.

1. Wenn möglich sollte eine Allokation vermieden werden.

 Prozessmodule in mehrere Teilprozesse teilen

 Produktsystem durch zusätzliche Funktionen erweitern

2. Kann eine Allokation nicht vermieden werden, sollen Inputs und Outputs auf zugrunde liegende physikalische Beziehungen aufgeteilt werden.
3. Ist eine physikalische Beziehung nicht sinnvoll, sollen andere passende Beziehungen als Grundlage dienen.

Mögliche Allokationsverfahren:

- Allokation nach Masse

Hier werden die Auswirkungen gleich den Masseverhältnissen zugeordnet. Dies ist oft nicht zielführend. Ein Beispiel dazu wäre die Bergbauindustrie. Um die gewünschten Erze und Metalle zu fördern, werden große Mengen an Gestein bewegt. Der größte Gewinn wird mit den Erzen und Metallen gemacht, diese haben aber einen geringen Gewichtsanteil. Oft wird das „Nebenprodukt Gestein“ im Straßenbau etc. eingesetzt und bringt somit ebenfalls einen Nutzen. Hier wäre es nicht logisch eine Allokation nach der Masse vorzunehmen, da somit das „Hauptprodukt“ nur einen kleinen Teil der ökologischen Auswirkungen erhalten würde. Hier besteht die Möglichkeit der

- Allokation nach dem ökonomischen Wert

Hier werden die Auswirkungen nach dem ökonomischen Wert des Produktes aufgeteilt. Probleme bei dieser Methode können Preisschwankungen und generelle Preisunsicherheiten sein. Lösungsmöglichkeiten werden von Guinée et al. Economic Allocation: Examples and Derived Decision Tree, erläutert. [39]

- Allokation nach den physikalischen Verursachern

Diese Methode kann bei Müllverbrennungsanlagen verwendet werden. Durch stöchiometrische Berechnungen können die Emissionen produktspezifisch berechnet werden. Diese Berechnungen setzen jedoch idealisierte Verbrennungsbedingungen voraus, welche in der Praxis nicht gegeben sind, was wiederum zu Ungenauigkeiten führt. Weitere Lösungsvorschläge sind

- Allokation nach der Molmasse
- Allokation nach dem Brennwert
- Abfall zur Beseitigung

Hat ein Nebenprodukt keinen Nutzen und wird deponiert, werden die ökologischen Auswirkungen auf die „gewollten Produkte“ zugeordnet.

2.4.3. Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung verknüpft die Ergebnisse der Sachbilanz mit Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren der Umweltauswirkungen. Da die Wirkungsabschätzung auf der Sachbilanz aufbaut gilt: Je weniger Fehler bei der Sachbilanz gemacht wurden, desto bessere Ergebnisse liefert die Wirkungsabschätzung!

Die Wirkungsabschätzung wird in der ÖNORM EN ISO 14040 in folgende Bestandteile unterteilt:

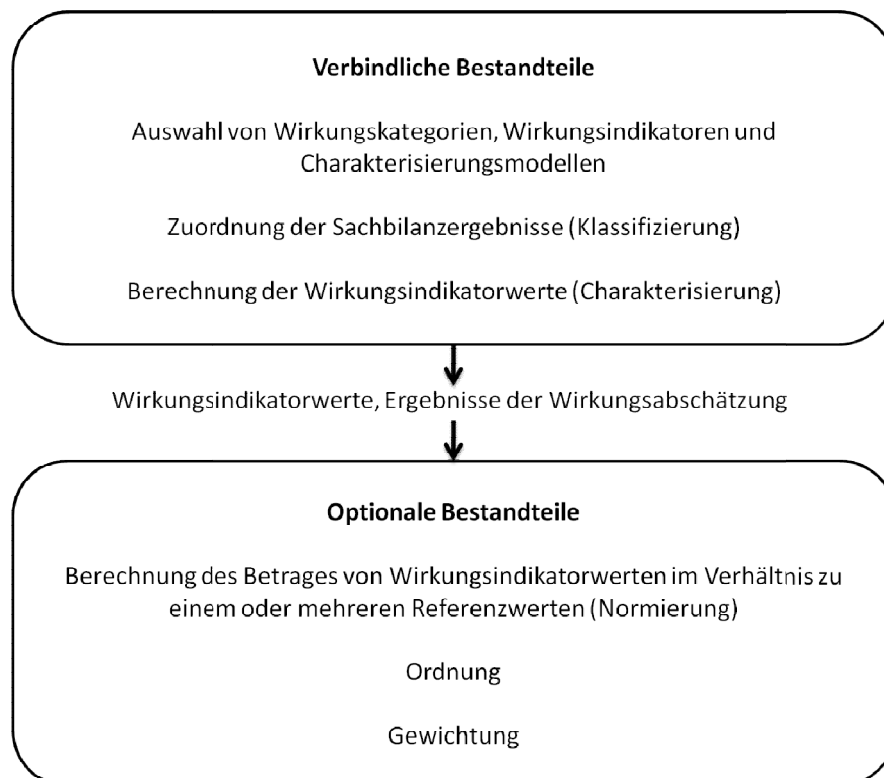


Abbildung 2.13: Bestandteile der Wirkungsabschätzung [35]

2.4.3.1. Verbindliche Bestandteile

❖ **Auswahl von Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodellen:**

Tabelle 2.7: Begriffsdefinitionen laut Norm mit Beispielen [35], [36]

Begriff	Definition	Beispiel
Wirkungskategorie	Klasse, die wichtige Umweltthemen repräsentiert und der Sachbilanzergebnisse zugeordnet werden können	Klimaänderung
Sachbilanzergebnisse	Ergebnis der Sachbilanz, das die Flüsse katalogisiert, die die Systemgrenze überschreiten, und das den Ausgangspunkt für die Wirkungsabschätzung darstellt	Menge an Treibhausgas je funktioneller Einheit
Charakterisierungsmodell	Modell, das für die Umwandlung des zugeordneten Sachbilanzergebnisses in die gemeinsame Einheit des Wirkungsindikators angewendet wird	Szenario „Baseline“ über 100 Jahre des zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen
Wirkungsindikator	Quantifizierbare Darstellung einer Wirkungskategorie	Verstärkung der Infrarotstrahlung (W/m ²)
Charakterisierungsfaktor	Faktor, der aus einem Charakterisierungsmodell abgeleitet wurde, das für die Umwandlung des zugeordneten Sachbilanzergebnisses in die gemeinsame Einheit des Wirkungsindikators angewendet wird	Treibhauspotenzial (GWP ₁₀₀) für jedes Treibhausgas (kg CO ₂ - Äquivalente/kg Gas)
Wirkungsindikatorwert		Kilogramm der CO ₂ - Äquivalente je funktioneller Einheit
Wirkungsendpunkte	Eigenschaft oder Aspekt der natürlichen Umwelt, der menschlichen Gesundheit oder der Ressourcen, die oder der ein Umweltthema identifiziert, das Grund zur Besorgnis darstellt	Korallenriffe, Wälder, Ernten
Umweltrelevanz		Die Verstärkung der Infrarotstrahlung steht stellvertretend für mögliche Wirkungen auf das Klima, die von der integrierten atmosphärischen Wärmeaufnahme, hervorgerufen durch Emissionen und die Verteilung über die Dauer der Wärmeaufnahme, abhängen

Weitere Beispiele für Wirkungskategorien werden in der technischen Richtlinie ISO 14047 beschrieben.

Die Norm gibt keine Vorgaben der Wirkungskategorien vor, es wird nur vorgeschrieben, dass sie mit den Zielen und dem Untersuchungsrahmen der Ökobilanz übereinstimmen müssen und die damit in Beziehung stehenden Informationen und Quellen angegeben werden müssen. Weiter müssen die Umweltwirkungsmechanismen und die Charakterisierungsmodelle beschrieben werden. [36]

Zudem gibt die Norm Empfehlungen zu den Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodellen an. Zu den wichtigsten zählen: international anerkannt, nicht nach Werthaltungen auswählen, wissenschaftlich begründet und technisch gültig sowie eindeutig identifizierbarer Umweltwirkungsmechanismus, Umweltrelevanz

❖ **Zuordnung der Sachbilanzergebnisse zu den ausgewählten Wirkungskategorien (Klassifizierung)**

Bei der Klassifizierung werden Ergebnisse der Sachbilanz den Wirkungskategorien (z.B. Klimaänderung, stratosphärischer Ozonabbau, Ökotoxizität, Versauerung, Eutrophierung, etc.) zugeordnet. Die wichtigsten Wirkungskategorien werden in Kapitel 2.5 erläutert.

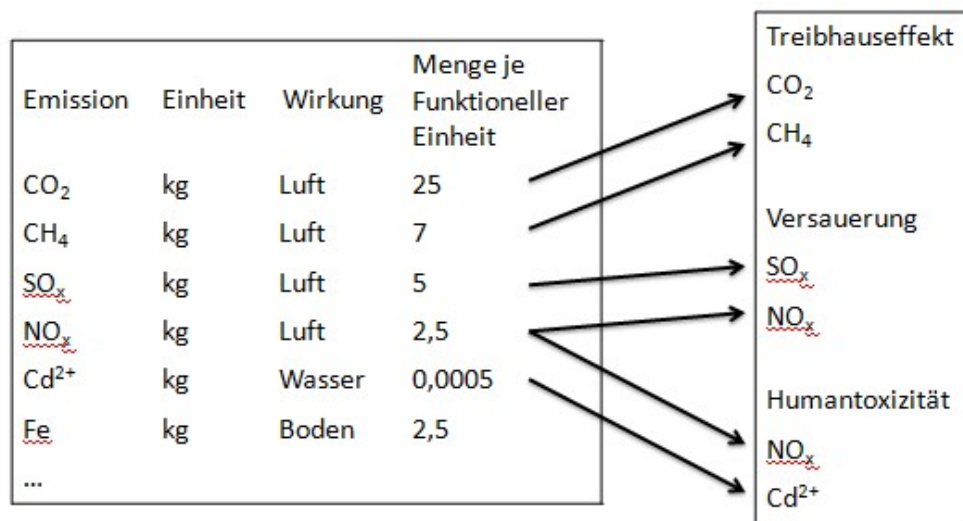


Abbildung 2.14: Beispiel zur Klassifizierung [40]

❖ **Berechnung der Wirkungsindikatorwerte (Charakterisierung)**

Wie in Abbildung 2.14 zu sehen wurden die Emissionen bisher nur einer Wirkungskategorie zugeordnet. Nun ist es, z.B. bei der Klimaänderung, nötig, die verschiedenen Emissionen zu charakterisieren. Man weiß welches Gas wie viel zum Treibhauseffekt beiträgt. So ist z.B. 1 kg Methan 25-mal schädlicher als 1 kg Kohlenstoffdioxid. Darum multipliziert

man die verschiedenen Emittenten mit einem Äquivalenzfaktor und erhält somit die CO₂-Äquivalente.

Emission	Einheit	Menge je Funktioneller Einheit		Emission	Äquivalenzfaktor	kg CO ₂ -Äquivalente
CO ₂	kg	250	→	CO ₂	1	25
CH ₄	kg	23	→	CH ₄	25	575
H ₂	kg	0,1	→	H ₂	6	0,6
Ethan	kg	15	→	Ethan	6	90
N ₂ O	kg	1	→	N ₂ O	298	298
...				...		
				Summe		988,6

Abbildung 2.15: Beispiel zur Charakterisierung

2.4.3.2. Optionale Bestandteile der Wirkungsabschätzung

Die ÖNORM EN ISO 14044 beschreibt vier weitere Bestandteile zur Wirkungsabschätzung, welche verwendet werden können, sofern sie mit den Zielen und Untersuchungsrahmen übereinstimmen. Auch hier wird wieder auf die Transparenz und die Dokumentationspflicht hingewiesen.

❖ Normierung

Bei der Normierung können die Wirkungsindikatorwerte durch spezielle Referenzdaten dividiert werden. Dadurch können die Ergebnisse z.B. auf eine geographische Grenze oder der Einwohnerzahl etc. bezogen werden und somit eine bessere Veranschaulichung erreicht werden.

❖ Ordnung

Es können die Wirkungskategorien in mehrere Klassen aufgeteilt werden. Dazu werden zwei Verfahren angegeben. Die Ordnung der Wirkungskategorien nach einer nominalen Skala oder nach einer vorgegebenen Hierarchie. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass diese Rangbildung auf Werthaltungen von Personen, Unternehmen, Organisationen beruht und es darum zu unterschiedlichen Ergebnissen führen wird.

❖ **Gewichtung**

Bei der Gewichtung können Indikatorwerte durch numerische Faktoren umgewandelt werden. Dadurch können verschiedene Wirkungskategorien miteinander verglichen werden. Diese Methode ist nicht wissenschaftlich begründbar sondern beruht wieder auf den Werthaltungen verschiedener Interessensgruppen.

Diese Methode ist nur für den internen Gebrauch zulässig und darf nicht bei zur Veröffentlichung vorgesehenen Ökobilanzen eingesetzt werden.

❖ **Zusätzliche Analyse der Datenqualität**

Hier werden drei Methoden beschrieben um die Datenqualität der Ökobilanz zu überprüfen: Schwerpunktanalyse, Fehlerabschätzung, Sensitivitätsanalyse. Sind die Ergebnisse unzureichend, kann es zu einer Überarbeitung der Sachbilanz führen.

2.4.4. Auswertung

Bei der Auswertung werden die Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung betrachtet. Sie müssen mit den festgelegten Zielen und Untersuchungsrahmen übereinstimmen und sollen Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen liefern. Die direkten Anwendungen laut Norm [36] sind:

- Entwicklung und Verbesserung von Produkten
- strategische Planung
- politische Entscheidungsprozesse
- Marketing
- Sonstige

Die Ergebnisse sollen in Form von Schlussfolgerungen und Empfehlungen in leicht verständlichen, vollständigen und in sich schlüssigen Darstellungen geliefert werden. [36]

Die Auswertung wird in drei Phasen unterteilt, welche nun näher beschrieben werden.

2.4.4.1. Identifizierung der signifikanten Parameter

Durch die Identifizierung der signifikanten Parameter werden wichtige Ergebnisse als solche identifiziert. Dies soll vor Über- und Fehlinterpretation schützen. Welche Signifikanzkriterien gelten kommt auf die Datenqualität der jeweiligen Studie an.

Die ISO 14044 gibt Beispiele für signifikante Parameter:

- Sachbilanzdaten, wie z.B. Energie, Emissionen
- Wirkungskategorien, wie z.B. Ressourcenverbrauch, Klimaänderung
- signifikante Beiträge von Lebenswegabschnitten zu den Ergebnissen der Sachbilanz- und Wirkungsabschätzung, z.B. einzelne Prozessmodule oder Prozessmodulgruppen wie Transport und Energieerzeugung

Wenn die Ergebnisse den Zielen und dem Untersuchungsrahmen entsprechen, muss ihre Signifikanz bestimmt werden. [36]

2.4.4.2. Beurteilung

In der ISO 14044 [36] werden für die Beurteilung drei Methoden genannt: die Vollständigkeitsprüfung, die Sensitivitätsprüfung und die Konsistenzprüfung. Diese Prüfungen sollen das Vertrauen und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse stärken.

❖ **Vollständigkeitsprüfung**

Hier wird die Studie auf die Vollständigkeit der Informationen geprüft. Vor allem jene, die für die signifikanten Parameter gebraucht werden. Im Zuge des iterativen Verfahrens kann, falls notwendig, die Sachbilanz und die Wirkungsabschätzung mit verbesserten Daten wiederholt werden. Gibt es fehlende Daten, muss begründet (dokumentiert) werden warum diese nicht gebraucht werden um die Ziele der Studie dennoch zu erreichen, oder es müssen die Ziele und der Untersuchungsrahmen angepasst werden.

❖ **Sensitivitätsprüfung**

Durch die Sensitivitätsprüfung kann man die Zuverlässigkeit der Ergebnisse bestimmen. Dies kommt auf die Sicherheit der Daten, die Allokationsverfahren, Berechnungsmethoden etc. an. Eine mögliche Methode zur Prüfung ist es ein angewendetes Allokationsverfahren zu ändern und zu überprüfen wie sich das Ergebnis ändert. Gibt es keine Unterschiede können weitere Sensitivitätsprüfungen erforderlich sein.

❖ **Konsistenzprüfung**

Hier wird die gesamte Ökobilanz betrachtet und geprüft, ob die verwendeten Daten, Methoden, Allokationen etc. mit dem Ziel und dem Untersuchungsrahmen der Studie übereinstimmen. Vor allem bei zum Vergleich vorgesehenen Bilanzen muss darauf geachtet werden, dass gleiche bzw. fast gleiche Datenqualitäten, Allokationsregeln, Berechnungsmethoden etc. verwendet wurden.

2.4.4.3. Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen

Alle vorherigen Prozesse sollen nun zu einem Ergebnis führen, welches zur Erfüllung des Zieles und des Untersuchungsrahmens führt und für die vorgesehenen Anwendungen verwendet werden kann. Aus allen Ergebnissen sollten für die Zielgruppen Schlussfolgerungen getroffen werden können. Sind diese in sich stimmig können darauf basierende Empfehlungen ausgesprochen werden.

2.4.5. Berichterstattung und kritische Prüfung

Die letzte Phase bei der Erstellung einer Ökobilanz ist die Berichterstattung, diese ist vor allem bei zur Veröffentlichung vorgesehenen Studien sehr wichtig. Es ist darauf zu achten, dass Ergebnisse, Daten, Methoden, Annahmen etc. korrekt, transparent, unvoreingenommen und ausführlich dargestellt werden. Die ISO 14044 gibt zusätzliche Anforderungen bei Berichten für Dritte. Obwohl immer wieder darauf hingewiesen wird, dass die Ökobilanz transparent sein muss, können hier vertrauliche Informationen zurück gehalten werden. Diese Studien werden oft für vergleichende Aussagen verwendet, was unwillkürlich zu einer sehr kritischen Betrachtung von interessierten Kreisen, die nicht an der Erstellung der Ökobilanz beteiligt waren, führt. Um hier kein Misstrauen aufkommen zu lassen, ist eine kritische Prüfung durchzuführen. Diese muss laut ISO 14044 [36] folgendes sicherstellen:

- Übereinstimmung mit der internationalen Norm
- angewendete Methoden müssen wissenschaftlich begründet und technisch gültig sein
- verwendete Daten müssen hinreichend und zweckmäßig sein
- in sich stimmiger und transparenter Bericht

Die kritische Prüfung trägt zum besseren Verständnis bei und erhöht die Glaubwürdigkeit der Ökobilanz. Durchgeführt werden kann sie von internen oder externen Prüfern oder von einem Ausschuss interessierter Kreise. Diese sollen mit den Anforderungen der Ökobilanz vertraut sein und fundierte wissenschaftliche und technische Fachkenntnisse haben und unabhängig sein. [35]

2.5. EPD- Umwelt-Produktdeklaration

Eine EPD beschreibt die Umweltauswirkungen eines Baustoffes, Bauprodukt oder Baukomponente und kann als Informationsgrundlage einer Ökobilanz dienen. Ebenfalls bilden sie die Grundlage für die ökologische Gebäudebewertung nach EN 15978. Sie werden auch in dieser Arbeit als Grundlage für die Berechnungen herangezogen.

Eine EPD ist ein Typ III Umweltkennzeichen und basiert auf den Normen der ISO 14025 und der EN 15804, ihre Grundlage ist wiederum die Ökobilanznorm ISO 14040.

Die ISO 14025 (Umweltkennzeichnung und –deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren) beschreibt das Vorgehen bei der Erstellung einer Typ III Umweltdeklaration und Anforderungen an Typ III Umweltdeklarationsprogramme. Diese stellen Angaben zu Umweltaspekten von Produkten, die auf Ökobilanzen beruhen und auch nicht auf Ökobilanzen beruhen, bereit. Sie unterstützen Einkäufer und Anwender einen ökologischen Vergleich zwischen Produkten anzustellen. Die Deklarationen selbst enthalten keine vergleichenden Aussagen. EPDs sollen Umweltaspekte von Produkten zur Verfügung stellen und so zu einer Verbesserung der Umweltleistung führen. Zur Erstellung einer Typ III Umweltdeklaration wird oft auf die ISO 14040 Normenreihe verwiesen. [41]

Die EN 15804 (Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte) bestimmt das einheitliche Vorgehen bei der Ableitung, Verifizierung und Darstellung von EPDs. Die Umweltinformationen sollen damit konsistent, reproduzierbar und vergleichbar sein. Der Zweck dieser Norm ist die ökologische Beschreibung und Beurteilung von Bauwerken. [42]

Eine EPD beinhaltet eine Vielzahl von Informationen. Sie stellt Daten zu Umweltauswirkungen, Ressourceneinsatz und Outputflüsse der Abfallkategorien fest. Diese haben jeweils eine vorgegebene funktionale Einheit um die Addition der Umweltauswirkung zu ermöglichen.

Die folgende Aufzählung listet alle Parameter der Umweltproduktdeklaration auf und beschreibt die für diese Arbeit Wichtigsten genauer.

Umweltauswirkungen:

- GWP – Globales Erwärmungspotenzial (Global Warming Potential)

Das GWP wurde von der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) definiert. Es beschreibt die erwärmende Wirkung einer bestimmten Menge eines klimawirksamen Spurengases (= Treibhausgas) über einen festgelegten Zeitraum,

meist 100 Jahre, im Vergleich zu Kohlenstoffdioxid. Es gibt viele Treibhausgase, wie Methan, Lachgas, etc. die zur Erderwärmung führen. Wobei unterschiedliche Gase mehr oder weniger dazu beitragen. Um sie vergleichbar zu machen werden die Treibhausgasemissionen in CO₂- Äquivalente [kg CO₂-Äq.] umgerechnet und können so zusammengerechnet werden. [43]

- ODP – Abbau Potenzial der stratosphärischen Ozonschicht (Ozone Depletion Potential)

Die Ozonschicht erfüllt eine überlebenswichtige Filterfunktion. Sie nimmt kurzwellige UV-Strahlung auf und gibt sie mit größerer Wellenlänge in alle Richtungen ab. Es gibt verschiedene Stoffe, die zum Abbau dieser Ozonschicht führen. Dies hat mehrere Folgen: Erwärmung der Erdoberfläche, Wuchsänderungen, verminderte Ernteerträge, Hautkrebs und Augenerkrankungen, Verminderung des Meeresplanktons, etc.. Auch hier verwendet man das gleiche Prinzip wie beim GWP. Unterschiedliche Stoffe haben verschiedene Ozonabbaupotenziale und werden in CFC-11- Äquivalente [kg CFC11-Äq.] (Referenzstoff Fluorchlorkohlenwasserstoff FCKW) angegeben. [44]

- AP – Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (Acidification Potential)

Versauerung bedeutet hier die Erhöhung der H⁺-Ionen in Luft, Wasser und Boden. Stoffe wie Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxide (NO_x) und Schwefelwasserstoff (H₂S) wirken versauernd. Vor allem durch die Emissionen dieser Stoffe in die Luft bilden sich Schwefel- und Salpetersäure, welche dann als saurer Regen wieder auf die Erdoberfläche fällt. Dies schädigt den Boden und stört den Wasserhaushalt. Zusätzlich greift er Haus- und Metalloberflächen an. Angegeben wird das Versauerungspotenzial in Schwefeldioxid (SO₂)- Äquivalent [kg SO₂-Äq.]. [44]

- EP – Eutrophierungspotenzial (Eutrophication Potential)

Unter Eutrophierung versteht man die Nährstoffanreicherung beziehungsweise Überdüngung an einem Standort. Es handelt sich um ein regionales Problem und tritt in Gewässern und im Boden auf. Einen entscheidenden Beitrag zur Eutrophierung tragen die Makronährstoffe Stickstoff und Phosphor bei. Diese befinden sich z.B. in Ammoniak, Nitrat, Stickoxide. Das Eutrophierungspotenzial wird durch das Phosphat (PO₄³⁻)- Äquivalent ausgedrückt. [45]

- POCP – Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon
- ADPE – Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen
- ADPF – Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe

Ressourceneinsatz:

- PERE – Erneuerbare Primärenergie als Energieträger
- PERM – Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung
- PERT – Total erneuerbare Primärenergie

Die Primärenergie ist jene Energie, die noch nicht technisch aufbereitet wurde und beinhaltet somit den Energiebedarf inklusive aller vorgelagerten Produktketten eines Produktes oder Prozesses. Nimmt man als Beispiel die elektrische Energie: Um ein Produkt herzustellen benötigt man eine gewisse Menge an Strom, diese wird als Endenergie bezeichnet. Bis man den Strom jedoch Nutzen kann kommt es zu einigen verlustbehafteten Prozessen wie der Stromerzeugung und dem Transport. Darum ist die Primärenergie immer höher als die Endenergie. Je nachdem wie die elektrische Energie produziert wurde, spricht man von erneuerbarer Primärenergie (Solar, Wasser, Wind, etc.) oder nicht erneuerbarer Primärenergie (Öl, Kohle, Uran, etc.). Angegeben wird die Primärenergie in Megajoule [MJ].

- PENRE – Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger
- PENRM – Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung
- PENRT – Total nicht erneuerbare Primärenergie
- SM – Einsatz von Sekundärstoffen
- RSF – Erneuerbare Sekundärbrennstoffe
- NRSF – nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe
- FW – Einsatz von Süßwasserressourcen

Outputflüsse und Abfallkategorien:

- HWD – Gefährlicher Abfall zur Deponie
- NHWD – Entsorgter nicht gefährlicher Abfall
- RWD – Entsorgter radioaktiver Abfall
- CRU – Komponenten für die Wiederverwendung
- MFR – Stoffe zum Recycling
- MER – Stoffe für die Energierückgewinnung
- EEE – Exportierte Energie elektrisch
- EET – Exportierte Energie thermisch

Weiter werden folgende Systemgrenzen bzw. Lebenszyklusphasen unterschieden. Diese werden in der EN 15804 [42] genauer definiert.

Produktionsstadium:

- Rohstoffversorgung
- Transport
- Herstellung

Stadium der Errichtung des Bauwerks:

- Transport vom Hersteller zum Verwendungsort
- Montage

Nutzungsstadium:

- Nutzung/ Anwendung
- Instandhaltung
- Reparatur
- Ersatz
- Erneuerung
- Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes
- Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes

Entsorgungsstadium:

- Rückbau/ Abriss
- Transport
- Abfallbehandlung
- Beseitigung

Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze:

- Wiederverwertungs- Rückgewinnungs- oder Recyclingpotenzial

Es gibt drei verschiedene EPD-Arten hinsichtlich der erfassten Phasen des Lebenszyklus.

- **„Von der Wiege bis zum Werkstor“** beinhaltet nur Daten der Herstellungsphase.
- **„Von der Wiege bis zum Werkstor mit Optionen“** hier können optional weitere ausgewählte Module einbezogen werden.
- **„Von der Wiege bis zur Bahre“** beinhaltet alle oben angeführten Systemgrenzen.

Die in der EPD enthaltenen Daten können von unterschiedlichen Quellen stammen. Sie können Herstellerspezifisch sein, oder generisch erstellt werden. Nach fünf Jahren verliert die EPD ihre Gültigkeit und muss überprüft werden. Haben sich die zugrundeliegenden Daten nicht signifikant verändert, muss die Deklaration nicht neu berechnet werden und

kann verlängert werden. Unter signifikant verändert versteht man laut EN 15804 eine Änderung eines Wertes um 10 %.

2.6. Ökonomische Berechnungen

Das Hauptthema dieser Arbeit ist der ökologische Vergleich, darum wird dieses Kapitel nur oberflächlich behandelt und soll lediglich einen groben Überblick über die Kosten darstellen.

Berechnungsgrundsätze:

- Es wird jeweils der Durchschnittspreis von mindestens zwei verschiedenen Preiskatalogen genommen
- Die Kosten beziehen sich auf den Kaufzeitpunkt inklusive Umsatzsteuer
- Es werden die Baustoffmengen der Massenermittlung verwendet (kein Verschnitt etc.)
- Arbeitszeit, Förderungen etc. werden nicht mit einberechnet

3. Vergleich

3.1. Allgemeines

Diese Arbeit konzentriert sich auf drei Produkte: EPS, Zellulose und Holzfaser. Ein Vergleich ähnlicher Produkte, wie sie hier vorliegen, birgt einige Schwierigkeiten. Alle drei Produkte sind Dämmstoffe und haben prinzipiell die gleiche Aufgabe, jedoch haben sie sehr unterschiedliche Eigenschaften. Angefangen vom stofflichem Aufbau, über die Einbausituation bis hin zur weiteren Fassadengestaltung. Trotzdem ist es das Ziel einen sinnvollen und aussagekräftigen Vergleich zu erlangen. Es gibt wahrscheinlich unzählige verschiedene Lösungsansätze, wie man diesen Vergleich durchführen kann. Die hier vorgestellte Variante beschränkt sich nicht nur auf die Dämmstoffe, sondern geht etwas weiter.

Auf den ersten Blick erscheint ein ökologischer Vergleich von Dämmstoffen relativ einfach. Doch bei genauerer Betrachtung ist es ein Vergleich ähnlich von Brettschichtholzträger und I-Träger aus Stahl. Sie haben zwar denselben Nutzen, Energie einzusparen, aber auch viele verschiedene Eigenschaften und Nutzungsvoraussetzungen. Hier einige Kriterien, welche sich auf die Dämmstoffauswahl auswirken:

- ❖ Nicht jede Bauart eignet sich für jeden Dämmstoff. Bei der Ziegelbauweise ist es z.B. nicht üblich eine Zellulosedämmung zu verwenden, da diese meist als Einblasdämmung verbaut wird. Ebenso wenig werden Holzbauten mit EPS gedämmt, da dies im Widerspruch mit der Ideologie eines Holzhauses steht.
- ❖ Einsatzort der Dämmung: je nachdem wo die Dämmung eingesetzt wird, ergeben sich unterschiedliche Voraussetzungen für den Dämmstoff. Wie zum Beispiel die Wasser- und Druckbeständigkeit bei Perimeterdämmungen.
- ❖ Anforderungen an Brandschutz, Fassade (Denkmalschutz), etc.
- ❖ Kosten
- ❖ Persönliche Einstellung

In dieser Arbeit werden für den jeweiligen Dämmstoff eine typische Bauweise und die typischen Folgekonstruktionen (Fassade) gewählt, einzeln bewertet und verglichen.

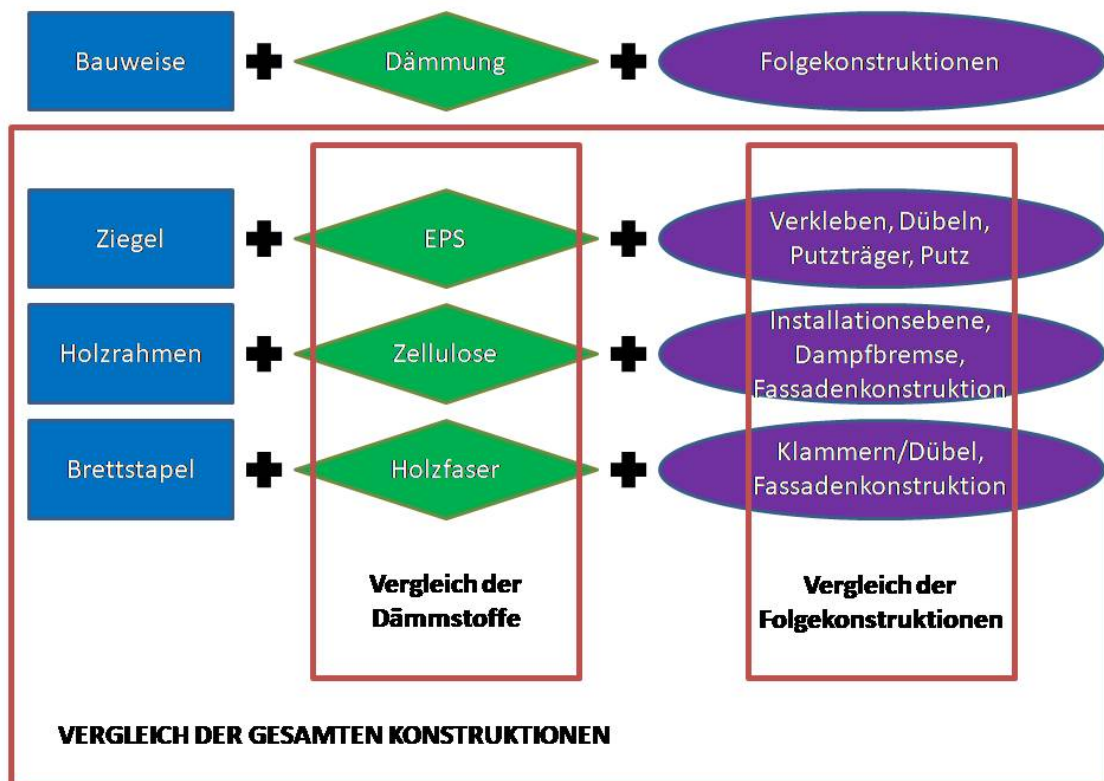


Abbildung 3.1: Übersicht der einzelnen Vergleiche

Der primäre Fokus liegt auf dem Dämmstoffvergleich, zusätzlich werden noch die Folgekonstruktionen und am Ende die gesamte Konstruktion verglichen. Eine weitere Unterteilung sind die einzelnen Anwendungsgebiete der Dämmstoffe: Dach, Außenwand, Bodenplatte.

3.2. Methodik

Um die verschiedenen Produkte zu vergleichen werden drei Musterhäuser geplant. Anhand dieser wird eine Massenermittlung mit anschließender Wirkungsabschätzung vorgenommen. Die Vorgehensweise ist ähnlich der bei der Erstellung einer Ökobilanz, jedoch nicht so umfangreich, da dies den Rahmen dieser Arbeit überschreiten würde.

- Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

Die Themen Nachhaltigkeit, Klimawandel, ökologische Auswirkungen, etc. sind bereits weit verbreitet und werden auch in Zukunft in vielen Bereichen eine große Rolle spielen. Gut sichtbar ist das in der Energieeinsparverordnung EnEV, welche in den letzten Jahren

immer strenger geworden ist. Auch dadurch ist ein großer Markt für Wärmedämmung entstanden. Die große Frage „Welcher ist der beste Dämmstoff“ ist allgegenwärtig, aber bis jetzt noch nicht wirklich beantwortbar. Es gibt eine Vielzahl von Produzenten mit unterschiedlichsten Produkten und natürlich werden, wie in jeder freien Marktwirtschaft, nicht nur die Vorteile der eigenen Produkte beworben, sondern auch die negativen Eigenschaften der Konkurrenzprodukte. Hier ist auch die ökologische Nachhaltigkeit der Dämmstoffe ein großes Thema.

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, herauszufinden welche Auswirkungen durch die eingesetzten Dämmstoffe entstehen und wie groß der Unterschied zwischen den verschiedenen Produkten ist.

Der Untersuchungsrahmen ist eine IST-Analyse der drei verschiedenen Musterhäuser. Es werden nur jene Materialien in die Berechnungen einbezogen, welche für den Rohbau, die Wärmedämmung und für die Fassade benötigt werden. Es werden nur die Auswirkungen der Materialien in der Herstellungsphase verglichen und keine Transporte, Vorarbeiten oder sonstige Einwirkungen miteinbezogen. Der Grund dafür liegt bei den zur Verfügung stehenden Informationen. Für viele Produkte gibt es keine genauen Informationen zu den ökologischen Auswirkungen und wenn doch, werden diese Informationen oft nicht veröffentlicht und dadurch kaum beschaffbar. Darum dienen Produktdeklarationen- EPDs als Informationsgrundlage der Umweltauswirkungen. Diese haben den Vorteil, dass sie frei verfügbar sind und von Dritten geprüft wurden. Jedoch stehen die meisten EPDs in der Form „Von der Wiege bis zum Werkstor mit Optionen“ zur Verfügung. Es wurden bei allen verwendeten EPDs die Daten der Herstellungsphase bilanziert, doch der restliche Untersuchungsrahmen unterscheiden sich. Daher kann auch nur eine Aussage über die Herstellungsphase gemacht werden. Bei den verwendeten Produktdeklarationen wurde darauf geachtet, dass alle Gültigkeit haben und mit derselben Software erstellt wurden (GaBi-Software), um eine möglichst sichere Datenqualität zu garantieren.

Die funktionelle Einheit bezieht sich auf ein Musterhaus mit 114 m² Wohnfläche. Alle Energie- und Stoffströme zur Erstellung der funktionellen Einheit werden erfasst und bilanziert.

➤ Sachbilanz

Die festgelegten Musterhäuser besitzen die gleiche Wohnfläche, haben aber verschiedene Wand- und Dachaufbauten. Es wird für jedes dieser Häuser eine Massenermittlung gemacht und dadurch die „Stoffströme“ bilanziert.

Die deklarierte Einheit der Massenermittlung bestimmt die jeweiligen Produktdeklarationen. Die meisten beziehen sich auf 1 m³ des jeweiligen Produktes, manche aber auch auf m² oder kg.

➤ Wirkungsabschätzung

Durch das verwenden der EPDs erhält man relativ einfach die Ergebnisse für alle Parameter die in Kapitel 2.5. beschrieben wurden. Dadurch entfällt die Klassifizierung und Charakterisierung. Näher verglichen werden folgende Parameter: Globales Erwärmungspotenzial, Versauerung, Eutrophierung, Total erneuerbare Primärenergie und Total nicht erneuerbare Primärenergie. Die Entscheidung zum näheren Vergleich fiel auf diese Parameter, da sie ein gutes Aussagepotenzial haben und relativ klar zu bestimmen sind (hohe Datenqualität).

➤ Auswertung

Zur Auswertung werden die Ergebnisse mithilfe von Diagrammen dargestellt, beurteilt und Schlussfolgerungen gezogen.

3.3. Gebäude

Das folglich beschriebene Gebäude ist gänzlich von mir erdacht und dient nur als Berechnungsgrundlage für die Massenermittlung der eingesetzten Baumaterialien, welche die Grundlage für den Vergleich bildet. Da nur die Baustoffe verglichen werden, werden keine Standortangaben oder andere Energiekennzahlen definiert.



Abbildung 3.2: Lage der EPS- Dämmung im Schnitt und Grundriss des Gebäudes

Das fiktive Gebäude hat eine definierte Wohnfläche von 114m^2 , das entspricht der durchschnittlichen Wohnfläche eines Einfamilienhaushaltes in Österreich. [46] Es wurde eine einfache Geometrie gewählt um die Massenermittlung nicht zu komplex zu gestalten. Das Haus hat 1,5 Stockwerke, ist quadratisch und hat eine Nettogeschosßfläche von 57m^2 . Die Fensterflächen betragen 25m^2 und die Raumhöhe im Erdgeschoss beträgt $2,5\text{m}$. Als Dachform wurde das für Österreich typische Satteldach gewählt. Da sich natürliche Dämmstoffe nicht als Perimeterdämmung eignen, ist kein Keller vorhanden. Die Bodenplatte hat bei allen drei Bauweisen den gleichen Aufbau aus Beton und XPS-Dämmung.

Die Ergebnisse werden gerundet, da die Auswirkungen auf das Ergebnis der Ökobilanz nur minimal sind und darum vernachlässigt werden.

Um einen aussagekräftigen und nachvollziehbaren ökologischen Vergleich der Dämmstoffe zu erzielen, werden folgende Parameter festgelegt:

- 114 m² Wohnfläche
- U-Werte:
 - Außenwand: 0,15 W/m²Kj
 - Dach: 0,15 W/m²K
 - Bodenplatte: 0,3 W/m²
- Verschnitte und Verluste werden nicht berücksichtigt
- Aufgrund der Vielzahl von Dämmstoffproduzenten mit verschiedensten Produkten und unterschiedlichsten Wärmedurchgangskoeffizienten wird mit Durchschnittswerten gerechnet

3.3.1. Ziegel – EPS

Laut dem Verband österreichischer Ziegelwerke bauen ca. 70 % aller Hausbauer mit Ziegeln. [47] Eine typische Dämmweise dazu ist das klassische Wärmedämmverbundsystem. (siehe Kapitel 2.1.3.)

Als tragende Schicht wurde ein 25 cm starker Ziegel mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,45 W/mK gewählt. Um einen U-Wert von 0,15 W/m²K zu erreichen wird eine 18,2 cm dicke EPS- Dämmstoffplatte grau mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,031 W/mK angebracht.

Um den definierten U-Wert von 0,15 W/m²K des Daches zu erreichen wird eine 19,5 cm starke EPS-Dämmstoffplatte grau als Aufdachdämmung eingesetzt.

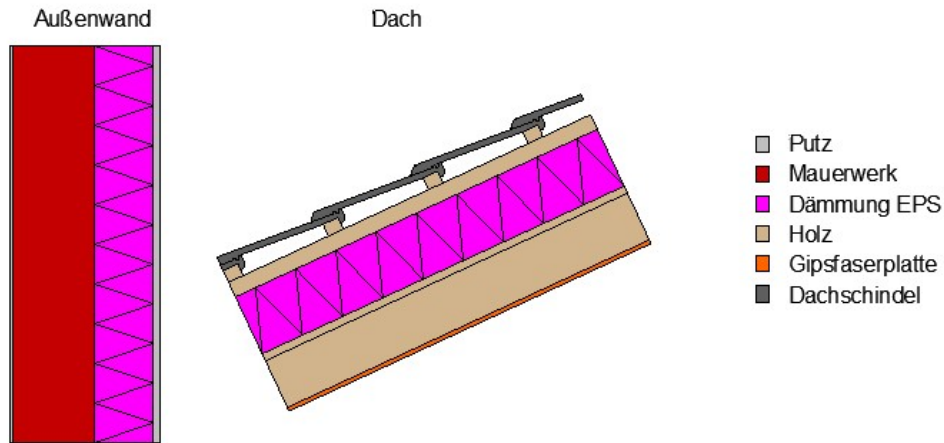


Abbildung 3.3: Außenwand- und Dachaufbau (Bemaßung siehe Tabelle 3.1 und 3.2)

Tabelle 3.1: Aufbau Außenwand von innen nach außen

U-Wert in W/m ² K	0.35	0.25	0.15	Wärmeleitfähigkeit in W/mK	Massen
Baustoff	Dicke in m				
Innenputz	0.01			0.7	1330 kg
Ziegel	0.25			0.45	36,1 m ³
Dübel	-			-	156,3 m ²
Kleber	-			-	781,5 kg
EPS Dämmplatte	0.064	0.10	0.182	0.031	28,05 m ³
Glasfasergewebe	-			-	156,3 m ²
Außenputz	0.02			0.36	3180 kg
Summe	0.344	0.38	0.462		

Tabelle 3.2: Aufbau Dach von innen nach außen

U-Wert in W/m ² K	0.2	0.15	0.1	Wärmeleitfähigkeit in W/mK	Massen
Baustoff	Dicke in m				
Gipsfaserplatte	0.0125			0.32	70.15 m ²
Konstruktionsholz	0.16			-	4.51 m ³
Schalung Fichte	0.024			0.12	3.3 m ³
Unterdeckbahn	-			-	137.5 m ²
EPS Dämmplatte	0.143	0.195	0.298	0.031	18.03 m ³
Konterlattung	0.05			-	0.74 m ³
Dachlattung	0.04			-	1.18m ³
Eindeckung Schindel	0.05			-	5720 kg
Summe	0.479	0.531	0.634		

3.3.2. Holzriegel – Zellulose

Die Holzriegelbauweise eignet sich besonders gut für ein Fertigteilhaus. In Österreich wurden im Jahr 2014 34,5 % der Ein- und Zweifamilienhäuser in Fertigbauweise errichtet und 80 % davon in Holzriegelbauweise. [48]

Das Holzriegelsystem verbindet die Tragschicht mit der Dämmschicht. Die Aufnahme der Vertikalkräfte übernimmt das Konstruktionsholz, welches alle 62,5 cm angeordnet wird. Innen und außen werden Gipsfaserplatten angebracht um einerseits die Horizontalkräfte aufzunehmen und andererseits einen Hohlraum zu schaffen, der mit dem Dämmmaterial, hier Zellulose, ausgefüllt wird.

An der Innenseite ist eine gedämmte Installationsebene vorhanden, darin werden die nötigen Installationen geführt. Dies hat den Vorteil, dass die luftdichte Schicht nicht durchstoßen wird. Die Außenfassade bildet eine hinterlüftete, horizontal verlegte Lärchenholzschalung.

Das Dach funktioniert mit dem gleichen Prinzip wie die Außenwand. Auch hier wird der Hohlraum zwischen den Sparren mit Zellulose ausgeblasen, womit diese Schicht wieder als Trag- und Dämmschicht wirkt. Die Deckschicht bildet das Dach aus Tonziegel.

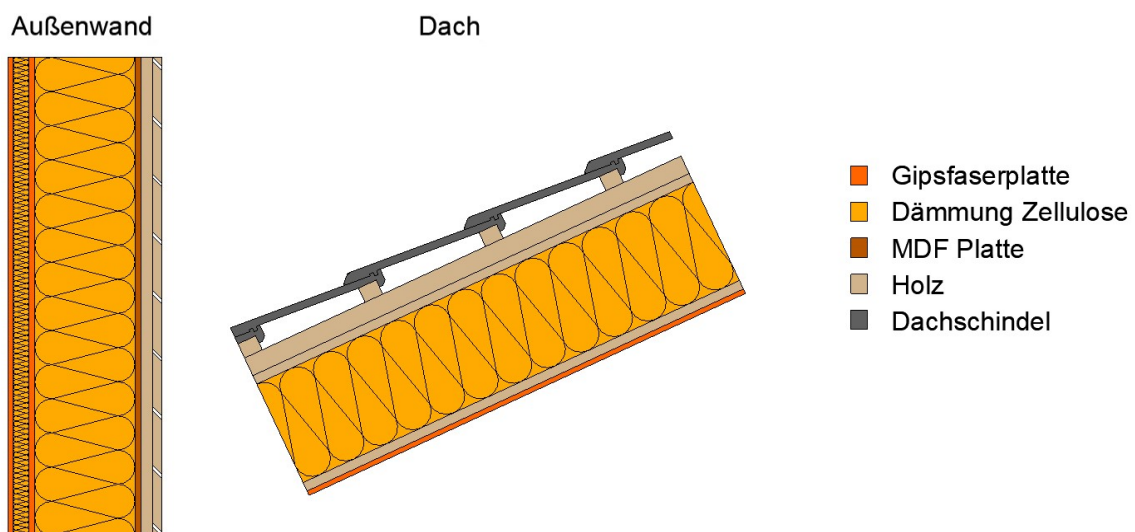


Abbildung 3.4: Außenwand- und Dachaufbau (Bemaßung siehe Tabelle 3.3 und 3.4)

Vergleich

Tabelle 3.3: Aufbau Außenwand von innen nach außen

U-Wert in W/m ² K	0.35	0.25	0.15	Wärmeleitfähigkeit in W/mK	Massen
Baustoff	Dicke in m				
Gipsfaserplatte	0.0125			0.32	125,62 m ²
Holzlattung Fichte	0.04			0.12	1,26 m ³
Zellulose	0.04			0.039	7,08 m ³
Gipsfaserplatte	0.015			0.32	129 m ²
Dampfbremse sd > 1 m	-			-	129 m ²
Konstruktionsholz Fichte	0.077	0.131	0.256	0.12	3,1 m ³
Zellulose	0.077	0.131	0.256	0.039	31 m ³
MDF Platte	0.015			0.14	2,26 m ³
Holz Fichte Lattung	0.03			-	0,43 m ³
Holz Lärche Außen- wandverkleidung	0.024			-	3,63 m ³
Summe	0.254	0.308	0.433		

Dieser Aufbau wurde aus dem Bauteilkatalog von dataholz.eu übernommen. Der Medieninhaber ist die Holzforschung Austria und versichert den Nachweis dieses Bauteils. Der Flächenanteil des Konstruktionsholzes beträgt ca. 10 %, dadurch ergibt sich eine anteilmäßig angepasste Wärmeleitfähigkeit von 0,047 W/mK für diese Schicht. Die hinterlüftete Fassadenkonstruktion trägt nicht zur Wärmedämmung bei.

Tabelle 3.4: Aufbau Dach von innen nach außen

U-Wert in W/m ² K	0.2	0.15	0.1	Wärmeleitfähigkeit in W/mK	Massen
Baustoff	Dicke in m				
Gipsfaserplatte	0.0125			0.32	75,86 m ²
Holzschalung Fichte	0.024			0.12	3,16 m ²
Dampfbremse sd > 6 m	-			-	87,8 m ²
Konstruktionsholz	0.203	0.28	0.433	0.12	2,94 m ³
Zellulose	0.203	0.28	0.433	0.039	21,25 m ³
Holzschalung Fichte	0.024			0.12	3,39 m ³
Unterdeckbahn	-			-	138,18 m ²
Konterlattung Fichte	0.05			-	0,744 m ³
Dachlattung Fichte	0.04			-	1,18 m ³
Eindeckung Schindel	0.05			-	5720 kg
Summe	0.4035	0.4805	0.6335		

Dieser Aufbau wurde aus dem Bauteilkatalog von dataholz.eu übernommen. Der Flächenanteil des Konstruktionsholzes beträgt ca. 9 %, dadurch erreicht diese Schicht eine Anteilsmäßig angepasste Wärmeleitfähigkeit von 0,046 W/mK.

3.3.3. Brettsperrholz – Holzfaser

Für die dritte Bauweise wurde das massive Brettsperrholz gewählt. Der Aufbau ist ähnlich dem des Wärmedämmverbundsystems. Die Tragschicht bildet das 10 cm starke Brettsperrholz, darauf wird eine 25,5 cm Holzfaserplatte angebracht um den U-Wert von 0,15 W/m²K zu erreichen. In der Dämmschicht sorgen vertikal angeordnete Konstruktionshölzer im Abstand von 62,5cm für ausreichend Stabilität der Fassade. Auch hier wurde wieder eine horizontale Lärchenschalung gewählt.

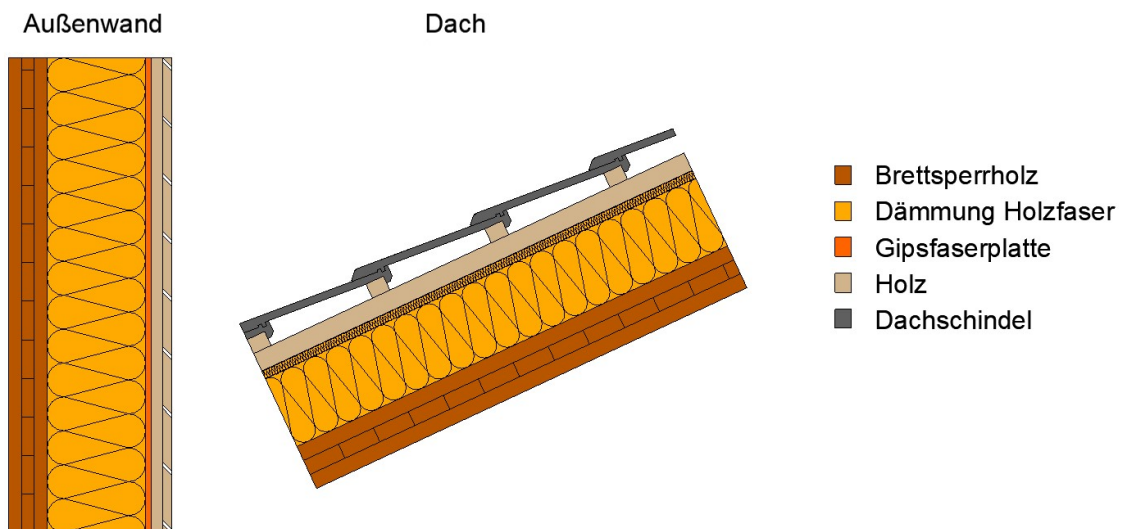


Abbildung 3.5: Außenwand- und Dachaufbau (Bemaßung siehe Tabelle 3.5 und 3.6)

Tabelle 3.5: Aufbau Außenwand von innen nach außen

U-Wert in W/m ² K	0.35	0.25	0.15	Wärmeleitfähigkeit in W/mK	Massen
Baustoff	Dicke in m				
Brettsperrholz	0.100			0.130	13,2 m ³
Konstruktionsholz	0.084	0.135	0.255	0.120	3,01 m ³
Holzfaserdämmplatte	0.084	0.135	0.255	0.038	33,7 m ³
Gipsfaserplatte	0.015			0.320	150,2 m ²
diffusionsoffene Folie sd < 0.3 m	-			-	150,2 m ²
Holz Fichte Lattung	0.030			-	0,43 m ³
Holz Lärche Außenwandverkleidung	0.024			-	3,67 m ³
Summe	0.253	0.304	0.424		

Vergleich

Dieser Aufbau wurde ebenfalls aus dem Bauteilkatalog von dataholz.eu übernommen. Der Flächenanteil des Konstruktionsholzes beträgt ca. 8,5 %, die anteilmäßig angepasste Wärmeleitfähigkeit beträgt somit für diese Schicht 0,045 W/mK. Die hinterlüftete Fasadenskonstruktion trägt nicht zur Wärmedämmung bei.

Tabelle 3.6: Aufbau Dach von innen nach außen

U-Wert in W/m ² K	0.2	0.15	0.1	Wärmeleitfähigkeit in W/mK	Massen
Baustoff	Dicke in m				
Brettsperrholz	0.12			0.13	16,27 m ³
Abdichtungsbahn sd > 500 m	-			-	136,73 m ²
Holzfaserdämmplatte	0.131	0.194	0.321	0.038	18,5 m ³
Holzfaserdämmplatte- Unterdeckplatte	0.022			0.045	
Konterlattung Fichte	0.05			-	0,74 m ³
Dachlattung Fichte	0.04			-	1,18 m ³
Eindeckung Schindel	0.05			-	5720 kg
Summe	0.413	0.476	0.603		

3.3.4. Bodenplatte

Da sich die natürlichen Dämmstoffe nicht als Perimeterdämmung eignen ist die Bodenplatte bei allen drei Bauweisen ident und hat somit immer die gleichen ökologischen Auswirkungen. Sie dient lediglich zum Vergleich mit der Außenwand und dem Dach.

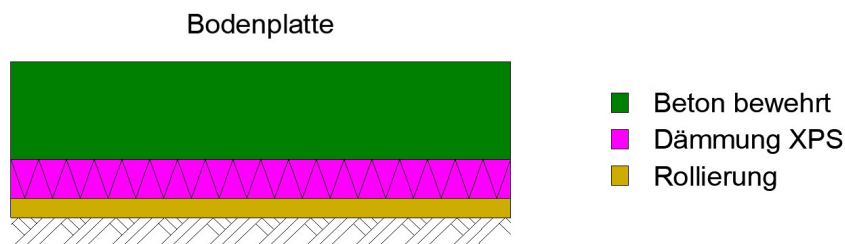


Abbildung 3.6: Aufbau Bodenplatte (Bemaßung siehe Tabelle 3.7)

Tabelle 3.7: Aufbau Bodenplatte von innen nach außen

U-Wert in W/m ² K	0.4	0.3	0.2	Wärmeleitfähigkeit in W/mK	Massen
Baustoff	Dicke in m				
Stahlbeton	0.25			2.3	21.53 m ³
XPS-Dämmplatte	0.072	0.10	0.155	0.033	107.8 m ²
Rollierung	0.05			-	6460 kg
Summe	0.372	0.40	0.455		

4. Ergebnisse

4.1. Ökologischer Vergleich

Auf Basis der vorhandenen Daten werden nun die verschiedenen Materialien, wie in Kapitel 3.3. beschrieben, in Bezug auf ihre ökologischen Auswirkungen der Herstellungsphase verglichen. Etwaige Erläuterungen/ Analysen werden im nächsten Kapitel beschrieben.

Alle Ergebnisse beziehen sich auf das Musterhaus. (siehe Kapitel 3.3.)

Die folgenden Diagramme werden einheitlich farblich gestaltet. (siehe Tabelle 4.1)

Tabelle 4.1: Einteilung der Baustoffe

		Außenwand	Dach
EPS	Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> • Mauerziegel 	<ul style="list-style-type: none"> • Sparren • Pfetten
	Zusatzkonstruktion	<ul style="list-style-type: none"> • Innenputz • Kleber • Dübel • Glasarmierungsgitter • Außenputz 	<ul style="list-style-type: none"> • Gipsplatte • Schalung • Abdichtungsbahn • Konterlattung/ Dachlattung • Tondachziegel
Zellulose	Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> • Gipsplatte • Konstruktionsholz • MDF-Platte 	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktionsholz • Schalung
	Zusatzkonstruktion	<ul style="list-style-type: none"> • Gipsplatte • Lattung (Installations Ebene) • Dampfbremse • Lattung (Fassade) • Fassadenschalung 	<ul style="list-style-type: none"> • Gipsplatte • Dampfbremse • Abdichtungsbahn • Konterlattung/ Dachlattung • Tondachziegel
Holzfaser	Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> • Brettsperrholz 	<ul style="list-style-type: none"> • Brettsperrholz
	Zusatzkonstruktion	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktionsholz • Gipsplatte • Diffusionsoffene Folie • Lattung (Fassade) • Fassadenschalung 	<ul style="list-style-type: none"> • Abdichtungsbahn • Konterlattung/ Dachlattung • Tondachziegel

4.1.1. Primärenergie

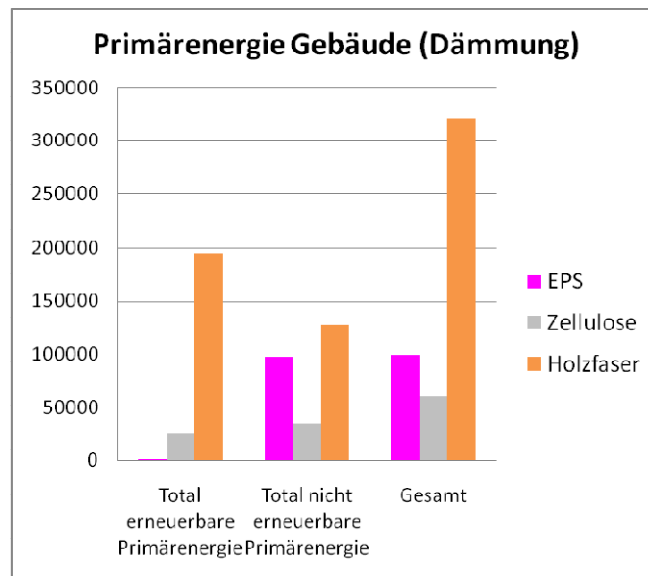


Abbildung 4.1: Primärenergie der Dämmung des gesamten Gebäudes

Bereits der Vergleich der Primärenergie bringt die erste Überraschung. Die Holzfaserdämmung braucht die 3,2-fache Menge an Primärenergie als EPS. Vor allem der erneuerbare Anteil ist um ein vielfaches höher. Bei den Dämmstoffen schneidet die Zellulosedämmung am besten ab.

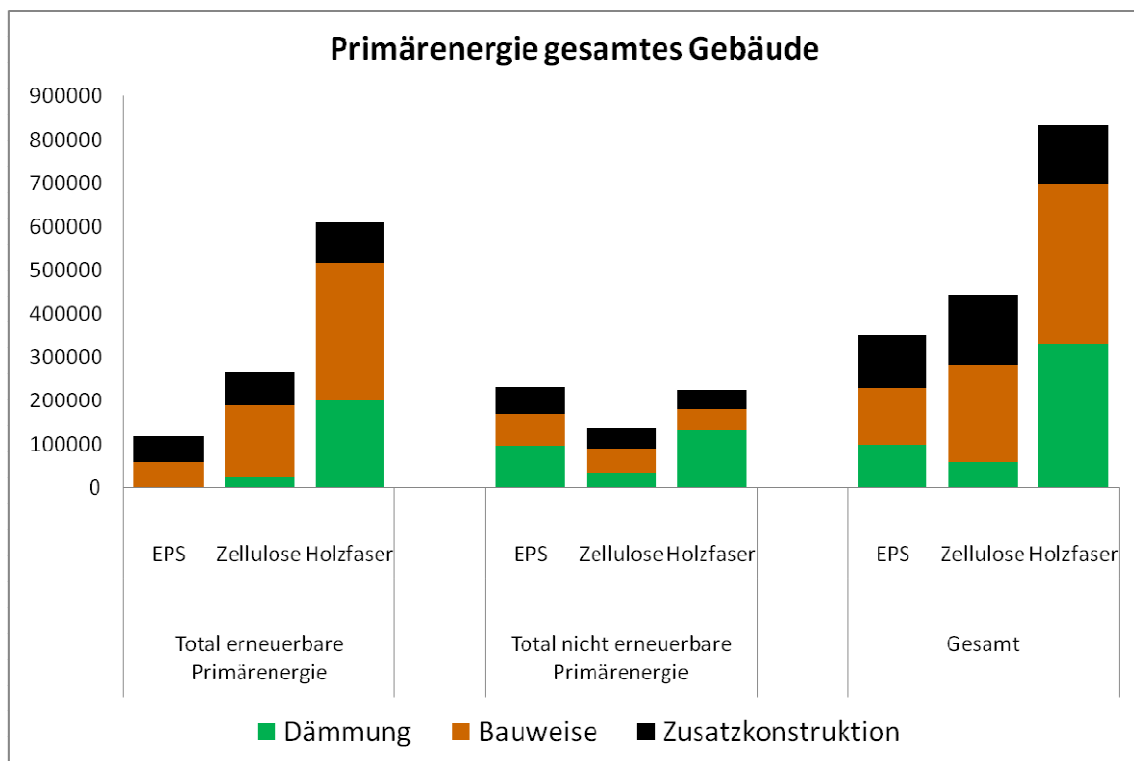


Abbildung 4.2: Vergleich der Primärenergie des gesamten Gebäudes

Rechnet man nun auch die Zusatzkonstruktionen und die Bauweise mit ein, stellt sich ein anderes Ergebnis dar. Hier hat EPS zwar den höchsten total nicht erneuerbaren Primärenergie Wert, doch die gesamte Primärenergie ist niedriger als bei den natürlichen Dämmstoffen.

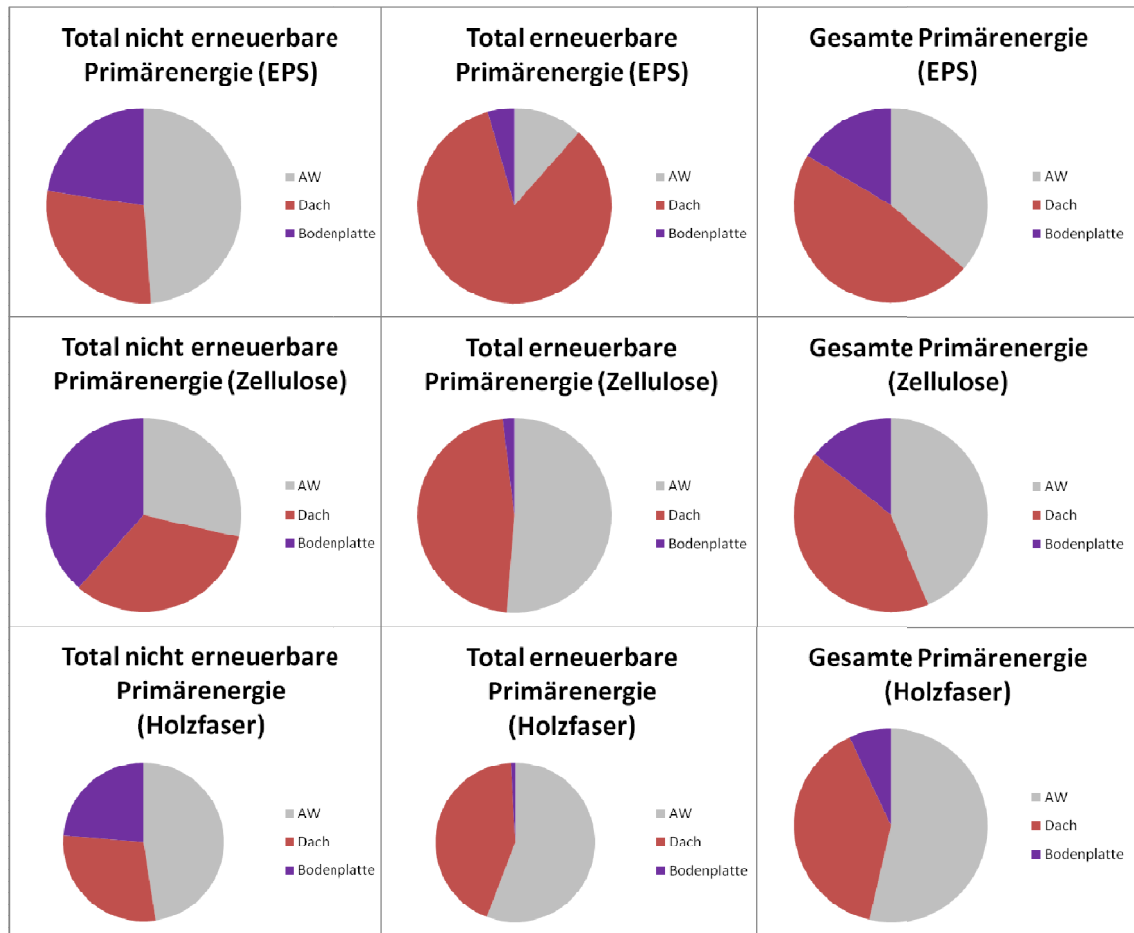


Abbildung 4.3: Wand-, Dach- und Bodenplattenanteil an der Primärenergie

Anhand dieser Diagramme kann man erkennen, wie hoch die Anteile der verschiedenen Anwendungsarten sind. Grundsätzlich teilen sich die Außenwand und das Dach den Großteil der Primärenergie.

4.1.2. Globales Erwärmungspotenzial (GWP)

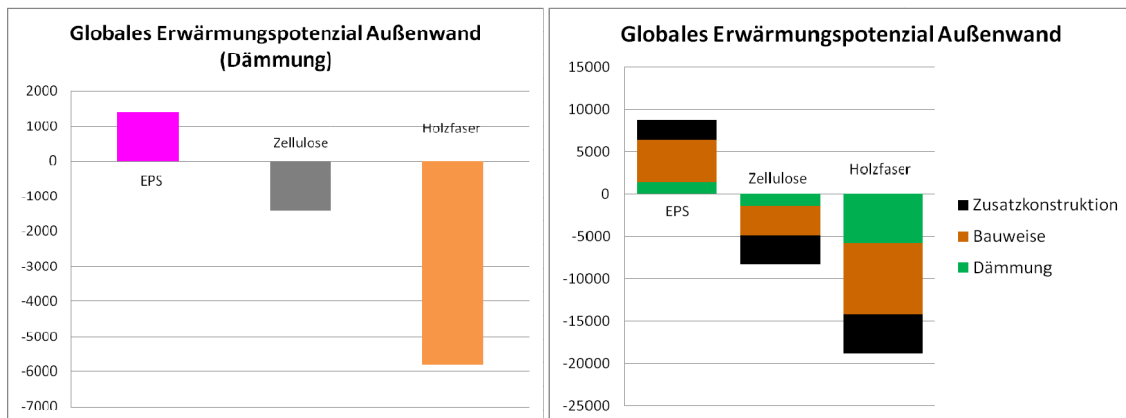


Abbildung 4.4: Vergleich GWP (Außenwand)

Hier erkennt man den Vorteil der natürlichen Dämmstoffe. Durch ihren Einsatz wird CO₂ im Baustoff gespeichert und bewirkt somit eine negative CO₂-Bilanz. Dies ist bei allen nachwachsenden Rohstoffen zu erkennen.

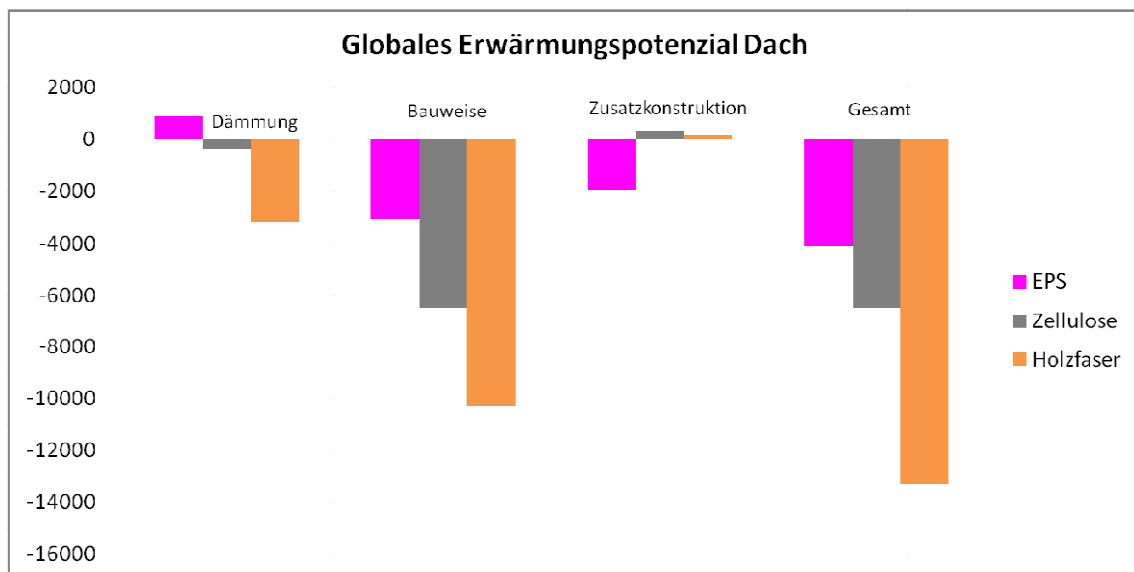


Abbildung 4.5: Globales Erwärmungspotenzial – Gesamtvergleich (Dach)

Die Speicherung von CO₂ ist in Abbildung 4.5 einfach ablesbar. Da bei allen drei Bauweisen der Dachstuhl in Holz ausgeführt wurde, ergibt sich auch überall ein negatives Erwärmungspotenzial. Auffällig ist das Ergebnis der Zusatzkonstruktion. Hier wurde bei EPS die Holzschalung zur Zusatzkonstruktion gerechnet, (könnte auch auf die Bauweise bezogen werden) was zu dem negativen Ergebnis führt.

4.1.3. Versauerungspotenzial/ Eutrophierungspotenzial

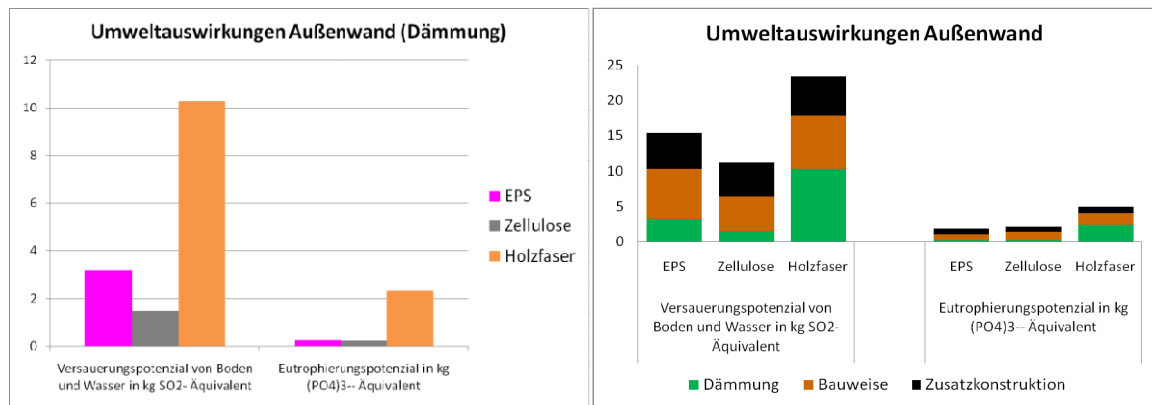


Abbildung 4.6: Umweltauswirkungen der Außenwand

Wie schon bei den vorigen Vergleichen hat auch hier EPS und Zellulose geringere Umweltauswirkungen als Holzfaser.

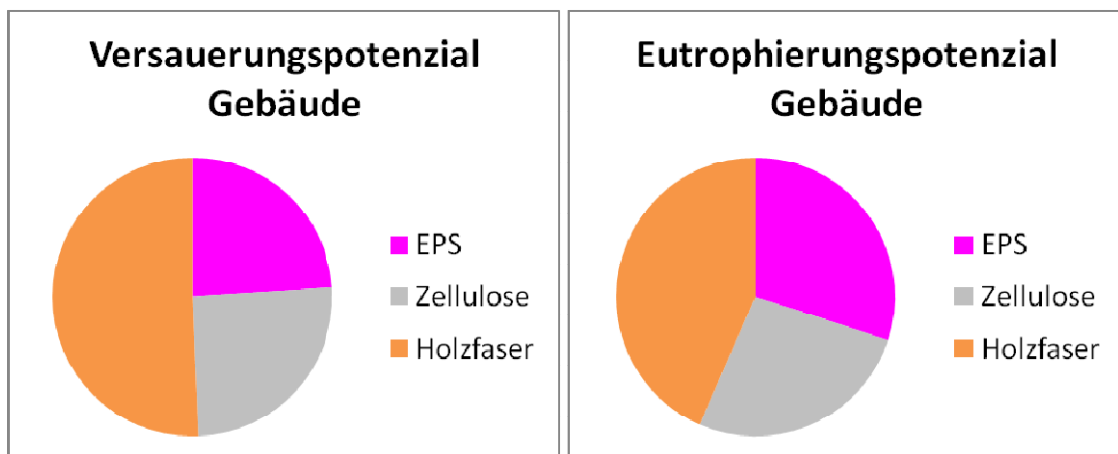


Abbildung 4.7: Versauerungspotenzial und Eutrophierungspotenzial des gesamten Gebäudes

Auch anhand des gesamten Gebäudes erkennt man, dass EPS und Zellulose sehr ähnliche Auswirkungen haben. Das Versauerungspotenzial ist bei dem Holzfasergebäude wiederum ca. doppelt so hoch.

4.2. Ökonomischer Vergleich

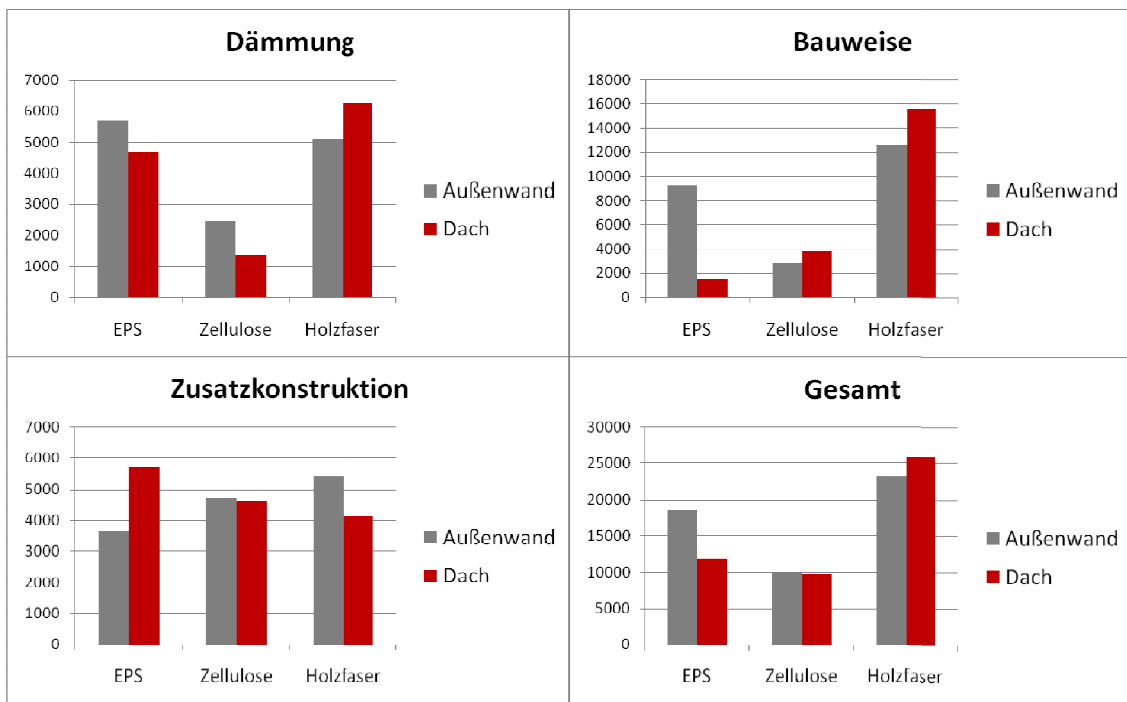


Abbildung 4.8: Kostenübersicht

Wie in Kapitel 2.6. beschrieben soll dieser Vergleich nur eine grobe Übersicht bieten. Es wurden einige größere Anteile, wie zum Beispiel die Arbeitszeit, nicht mit eingerechnet und auch die laufenden Kosten wurden nicht berücksichtigt.

Ein eindeutiges Ergebnis liefert der Dämmstoffkostenvergleich. Betrachtet man diese Kosten, wieder ohne Arbeitsaufwand für die Montage, ist die Zellulosedämmung eindeutig die kostengünstigste. EPS und die Holzfaserdämmung kosten in etwa gleich viel.

4.3. Zusätzliche Betrachtung

In den vorigen Kapiteln wurden die Dämmstoffe untereinander verglichen, nun stellt sich noch eine interessante Frage: Wie hoch ist die Energieeinsparung durch das Dämmen an sich und wie viel Energie wird durch die Verwendung der ökologischsten Dämmung eingespart?

Dafür wird der Heizwärmebedarf des Gebäudes berechnet. Als Berechnungsgrundlage wird das EPS-Haus, einmal mit und einmal ohne Dämmung, herangezogen. Dadurch ergeben sich folgende U-Werte:

Tabelle 4.2: U-Werte der Bauteile

Bauteil	U-Wert ohne Dämmung	U-Wert mit Dämmung
Außenwand	1,257 W/m ² K	0,10 W/m ² K
Dach	2,278 W/m ² K	0,15 W/m ² K
Bodenplatte	3,588 W/m ² K	0,30 W/m ² K

Zur Berechnung des Heizwärmebedarfs wurde die Software GEQ von Zehentmayer verwendet. (Ergebnis siehe Anhang, es wurden nur die für den Heizwärmebedarf nötigen Eingaben getätigt)

Bei dem Gebäude ohne Dämmung ergibt sich somit ein Heizwärmebedarf von 53.204 kWh/a bzw. 314,6 kWh/m²a. Wird das Haus wie oben beschrieben gedämmt ergibt sich ein Heizwärmebedarf von 7.457 kWh/a bzw. 44,8 kWh/m²a. Das bedeutet eine Reduktion von 45.747 kWh/a. Rechnet man die Kilowattstunden in Joule um (1 kWh = 3600 kJ) ergibt das 164.689,2 MJ/a.

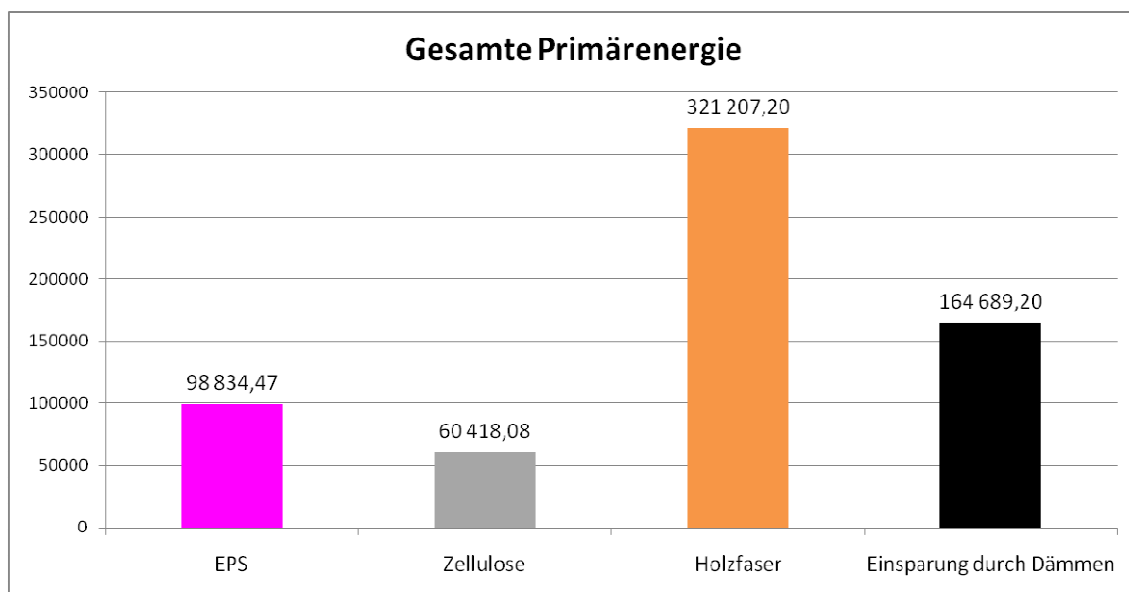


Abbildung 4.9: Energieverbrauch der Dämmstoffe und die eingesparte Energie durch das Dämmen

Alleine in einem Jahr wird bei der Verwendung von EPS- oder Zellulosedämmung mehr Energie durch die Wärmedämmung eingespart, als die Produktion der Dämmstoffe selbst benötigt. Die Produktion der Holzfaserdämmung braucht ca. die Energie, welche in zwei Jahren durch das Dämmen eingespart würde.

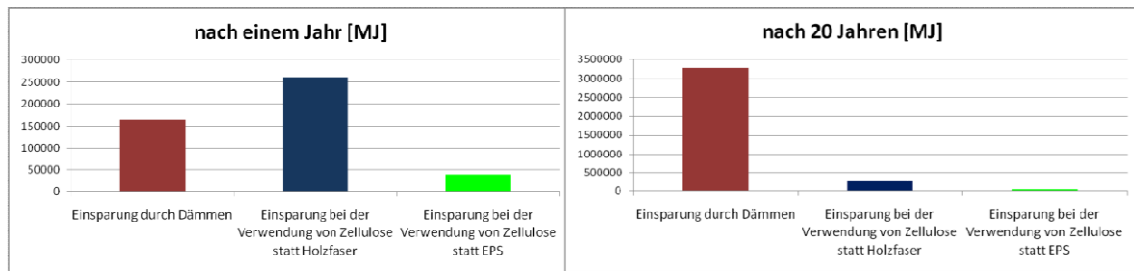


Abbildung 4.10: Energieeinsparung der verschiedenen Methoden

Geht man noch einen Schritt weiter, kann man Annahmen treffen um den CO₂ Ausstoß zu berechnen. Nimmt man an, dass das Haus mittels Ölheizung geheizt wird, kann abgeleitet werden, dass man durch das Dämmen pro Jahr ca. 4.575 Liter an Heizöl einspart (1l Heizöl leicht entspricht ca. 10 kWh). Ein Liter Heizöl emittiert 2,4 kg CO₂, das ergibt einen CO₂ Ausstoß von 10.979 kg CO₂. pro Jahr. [49]

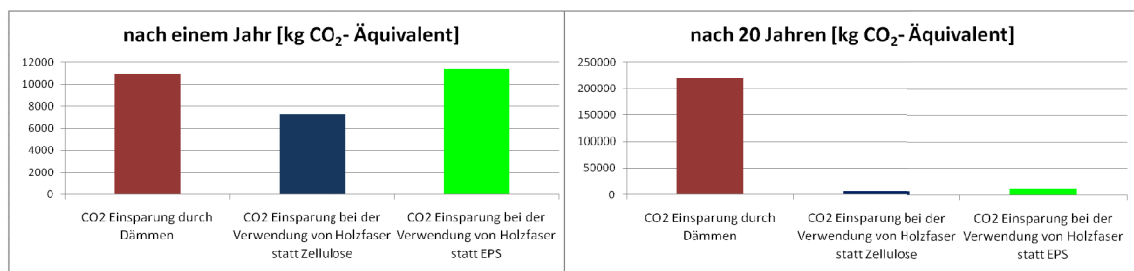


Abbildung 4.11: CO₂-Einsparung der verschiedenen Methoden

Vergleicht man nun die Auswirkungen in 20 Jahren, würde man durch die Verwendung des ökologischeren Dämmstoffs lediglich 1,1 %, bei der Verwendung von Zellulose statt EPS und bis zu 7,3 % bei der Verwendung von Zellulose statt Holzfaser an Energie, einsparen und 3,0 % (Holzfaser statt Zellulose) bis 4,7 % (Holzfaser statt EPS) weniger CO₂ ausstoßen. Geht man von 50 Jahren Nutzungsdauer aus wären es gerade noch 0,4 bis 3,1 % Energieeinsparung und 1,2 bis 2,0 % CO₂ Einsparung.

5. Zusammenfassung

Der Kampf gegen den Klimawandel wird in Zukunft eine der größten Herausforderungen der Welt werden. Um den Kampf zu gewinnen werden einerseits die gesetzlichen Anforderungen an den CO₂-Ausstoß und den Energieverbräuchen in vielen Teilen der Wirtschaft strenger werden und andererseits sollte auch jeder selbst das Bedürfnis haben nachhaltig(er) zu leben.

Um den CO₂-Ausstoß des Gebäudesektors von 8,08 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent (Stand 2016) weiter zu reduzieren gibt es mehrere geeignete Instrumente, wobei die Optimierung der Wärmedämmung in unserer klimatischen Region die mit dem größten Potenzial ist. Im Klimabericht des Umweltbundesamtes erkennt man, dass in diesem Sektor bereits viel geschehen ist, man sich aber nicht auf den bereits erworbenen Lorbeeren ausruhen darf. Vor allem die thermische Sanierung älterer Gebäude liegt hinter den Erwartungen und sollte wieder mehr gefördert werden.

Der Dämmstoffmarkt wird zu ca. 93 % von mineralischen und fossilen Rohstoffen beherrscht. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen haben bis jetzt noch einen relativ geringen Marktanteil von ca. 7 %, jedoch mit leicht steigender Tendenz.

Welcher Dämmstoff nun „besser“ oder „schlechter“ ist, kann bis jetzt und wird auch in Zukunft nicht eindeutig bestimmt werden können, da sehr viele Kriterien berücksichtigt werden müssen.

In dieser Arbeit wurde versucht eine quantitative Aussage über den CO₂-Ausstoß und den Energieverbrauch der drei verschiedenen Wärmedämmungen (EPS, Zellulose, Holzfaser) zu treffen.

Die Ergebnisse waren durchaus anders als man es im ersten Moment erwarten würde. Der gesamte Primärenergieeinsatz der Holzfaserdämmung beträgt das ca. 3,2-fache als bei EPS und das ca. 5,3-fache als bei Zellulose und ist hier somit der eindeutige Verlierer und die Zellulosedämmung der Gewinner.

Rechnet man auch die in dieser Arbeit gewählten Bauweisen und die Zusatzkonstruktionen mit ein, hat das mit EPS gedämmte Gebäude den geringsten gesamten Primärenergieeinsatz.

Zu gänzlich anderen Ergebnissen kommt der Vergleich des Globalen Erwärmungspotenzials. Durch den hohen Einsatz an nachwachsenden Rohstoffen bei der Dämmung mit Zellulose und Holzfaser, hat man hier eine Speicherung von CO₂, welche man bei der

Verwendung von EPS nicht hat. Dadurch ist hier die Holzfaserdämmung die Ökologischste.

Das Ergebnis des Versauerungspotenzial ergibt bei dem Gebäude mit Holzfaserdämmung die ca. doppelte Menge an SO₂-Äquivalent als bei den beiden anderen. Das Eutrophierungspotenzial liegt bei allen drei Gebäuden im selben Bereich.

Wenn man diese Ergebnisse betrachtet müsste man meinen die Zellulosevariante ist sowohl ökologischer als auch ökonomischer. Beachtet man jedoch die zusätzliche Betrachtung in Kapitel 4.3. relativieren sich die Ergebnisse wieder. Es wird eindeutig gezeigt, dass alleine durch das Anbringen einer Wärmedämmung sich durch die Verringerung der U-Werte (siehe Tabelle 4.2) der Energieverbrauch und der CO₂ Ausstoß innerhalb von wenigen Jahren „amortisieren“. Das heißt, dämmt man das Gebäude wie in Kapitel 3.3. beschrieben, spart man bereits im ersten Jahr so viel Energie ein, wie alleine die Produktion des Dämmmaterials verbraucht hat. Die Verwendung von ökologischeren Dämmstoffen hat hier nach mehreren Jahren nur mehr sehr geringe Einsparpotenziale.

5.1. Resümee

Es wird auch in Zukunft kein Weg am Dämmen vorbeiführen und das ist auch gut so! Ein Gebäude thermisch zu sanieren bzw. bereits ökologisch zu planen und zu bauen hat überwiegend Vorteile. Durch einen geringeren Heizwärmebedarf benötigt man weniger Energie, was wiederum zu geringeren Heizkosten führt. Durch diese jährliche Einsparung amortisieren sich die Dämmkosten bereits meist nach wenigen Jahren.

Ob man jetzt mit einem natürlichen Dämmstoff, einen synthetischen oder auch einem anorganischen Produkt dämmt, macht keine sehr großen Unterschiede. Die meiste Energie wird durch die Verringerung der Heizwärme eingespart und nicht durch die Verwendung eines ökologischeren Dämmstoffs! Also auch die Verwendung von weniger ökologischen Dämmstoffen bringt viel mehr für die Umwelt als gar nicht zu dämmen!

EPS

Die Ergebnisse zeigen ein etwas anderes Bild als man es oft liest und hört. Dank der sehr guten Wärmeleitfähigkeit bei einer sehr geringen Dichte sind auch die ökologischen Auswirkungen gering. Der Dämmstoff zeichnet sich durch eine einfache Verarbeitung, vielfältige Verwendungsmöglichkeit und sehr gute Dämmeigenschaften aus. Ein Problem welches es noch zu lösen gilt ist der Rückbau bzw. das Recycling. Durch das Ankleben der Platten verbindet sie sich mit den nebenliegenden, meist mineralischen, Schichten. Diese Verbindung lässt sich beim Rückbau nicht einwandfrei lösen, dadurch kann das EPS nicht zu 100 % recycelt werden.

Zellulose

Die Zellulosedämmung hat viele Vorteile. Sie ist kostengünstig, ökologisch, hat gute Dämmeigenschaften, lässt sich schnell und einfach einbauen und auch wieder rückbauen. Auch der Kreislaufgedanke der Zellulose ist stimmig. Das große Problem ist die Einbausituation. Um den Dämmstoff einblasen zu können braucht es einen geschlossenen Hohlraum, welcher bei den meisten Bauweisen nicht ohne Zusatzkonstruktionen vorhanden ist.

Holzfaser

Die Holzfaserdämmung gibt es in sehr vielen verschiedenen Ausführungen. Alleine die Rohdichte der Produkte schwankt von 60 bis 260 Kilogramm. Es gibt auch viele verschiedene Zusatzstoffe die eingesetzt werden können. Daher ist es auch sehr schwer eine allgemeine Aussage über die ökologischen Auswirkungen zu treffen. Mit Sicherheit kann gesagt werden, dass der Einsatz von Holzfaserdämmstoffen nicht automatisch eine ökologische Lösung ist.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Umweltbundesamt, “Treibhausgas- Bilanz Österreich 2017,” Wien, 2019.
- [2] Das Statistik Portal, “Durchschnittlicher Preis für Dieselkraftstoff in Deutschland in den Jahren 1950 bis 2018,” 2018. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/779/umfrage/durchschnittspreis-fuer-dieselmkraftstoff-seit-dem-jahr-1950/>.
- [3] United Nations, “Our Common Future,” 1987.
- [4] Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH, “OI3-INDIKATOR Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude,” Wien, 2013.
- [5] OÖ Energiesparverband, “Umweltfreundlich GEDÄMMT,” Linz, p. 12, 2017.
- [6] FNR, “Basisdaten Biobasierte Produkte 2018,” Gülzow- Prützen, 2018.
- [7] H. Daxbeck and H. Buschmann, “Aufkommen von Dämmstoffen im Oö. Wohnbau und künftige Anforderungen aus Sicht der Abfallwirtschaft,” Wien, 2012.
- [8] N. Rüter, “Untersuchungen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) mit Holzfaserdämmplatten,” *Bauphysik*, vol. 31, pp. 199–203, 2009.
- [9] W. Albrecht and S. Koppold, *Bauphysik-Kalender 2010 - B 3 Langzeitverhalten von Dämmstoffen*. Berlin: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, 2010.
- [10] Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, *BUNDES- ABFALLWIRTSCHAFTSPLAN 2017 Teil 1*. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2017.
- [11] R. Benedix, *Bauchemie für das Bachelor-Studium*, 3rd ed. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2017.
- [12] W. Albrecht and C. Schwitalla, *Rückbau , Recycling und Verwertung von WDVS*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2015.
- [13] Europäisches Komitee für Normung, “EN 13163:2012+A2:2016 Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) - Spezifikation.” Beuth Verlag GmbH, Brüssel, p. 68, 2017.
- [14] N. A. Fouad, *Bauphysik Kalender, Gebäudehülle und Fassaden*, 17th ed. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, 2017.
- [15] I. Beulich and C. Lukas, “Flammschutz mit molekularem Anker,” *Kunststoffe*, pp. 76–79, 2017.
- [16] dataholz.eu, “Aussenwand,” 2018. [Online]. Available: <https://www.dataholz.eu/bauteile/aussenwand.htm>.
- [17] Europäisches Komitee für Normung, “EN 15101-1:2013 Wämedämmstoffe für Gebäude - An der Verwendungsstelle hergestellter Wärmedämmstoff aus Zellulosefüllstoff (LFCI) - Teil 1: Spezifikation für die Produkte vor dem Einbau.” Beuth Verlag GmbH, Brüssel, p. 68, 2013.
- [18] Europäisches Komitee für Normung, “EN15101-2:2013 Wärmedämmstoffe für Gebäude - An der Verwendungsstelle hergestellter Wärmedämmstoff aus Zellulosefüllstoff (LFCI) - Teil 2: Spezifikation für die eingebauten Produkte.” Beuth Verlag GmbH, Brüssel, p. 24, 2013.
- [19] “Abschlussbericht: Entwicklung des Kriterien- und Kennzeichnungssystems - natureplus - zur Information der Verbraucher und zur Förderung der Innovation und Verbreitung von Bauprodukten aus nachwachsenden Rohstoffen,” Neckargemünd, 2009.

- [20] energie-experten.org, “Einsatz von Zellulose zur Einblasdämmung,” 2018. [Online]. Available: <https://www.energie-experten.org/bauen-und-sanieren/daemmung/einblasdaemmung/zellulose.html>.
- [21] G. Holzmann and M. Wangelin, *Natürliche und pflanzliche Baustoffe*, 1st ed. Wiesbaden: Vieweg + Teubner GWV Fachverlage GmbH, 2009.
- [22] A. Produktes and G. Kennzeichnung, “EN 13171:2012+A1:2015 - Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzfasern (WF) - Spezifikation,” no. September. pp. 1–19, 2004.
- [23] C. Sprengard, S. Treml, and A. H. Holm, “Technologien und Techniken zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden durch Wärmedämmstoffe,” Gräffelfing, 2013.
- [24] F. E. Mark, J. Vehlow, H. Dresch, B. Dima, W. Grüttner, and J. Horn, “Destruction of the flame retardant hexabromocyclododecane in a full-scale municipal solid waste incinerator,” *SAGE*, 2015.
- [25] M. Huber, “Entsorgung von Dämmstoffabfällen in Österreich,” Universität für Bodenkultur Wien, 2013.
- [26] PolyStyreneLoop, “Circular Economy – Kreislaufwirtschaft in der Praxis.”
- [27] A. Urban, B. Bilitewski, and M. Faulstich, “14. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung,” Berlin, 2009.
- [28] F. Dolezal and H. Figl, “Hochwertiges Düngemittel aus Alt-Zellulose,” *IBO-Ökologisches Bauen, Gesund Wohnen*, 2018. [Online]. Available: <https://www.ibo.at/wissensverbreitung/ibomagazin-online/ibo-magazin-artikel/data/hochwertiges-duengemittel-aus-alt-zellulose/>.
- [29] Österreichisches Institut für Bautechnik, “Über uns.” [Online]. Available: <https://www.oib.or.at/de/ueber-uns>.
- [30] Österreichisches Institut für Bautechnik, *OIB-Richtlinien: Begriffsbestimmungen (OIB-330-014/15)*. Österreich, 2015, p. 14.
- [31] Österreichisches Institut für Bautechnik, *OIB-Richtlinie 2: Brandschutz*. Österreich, 2015, p. 24.
- [32] M. Amtmann *et al.*, “Dämmstoffe richtig eingesetzt,” Wien, 2014.
- [33] Österreichisches Institut für Bautechnik, *OIB-Richtlinie 6*. Österreich, 2015, p. 22.
- [34] W. Klöpffer and B. Grahl, *Ökobilanz (LCA) Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009.
- [35] Europäisches Komitee für Normung, “Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006),” no. November. Beuth Verlag GmbH, Brüssel, p. 44, 2009.
- [36] Europäisches Komitee für Normung, “ISO 14044:2006 + Amd 1:2017 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen,” no. Mai. Beuth Verlag GmbH, Brüssel, p. 65, 2018.
- [37] J. Fava *et al.*, “A Technical Framework for Life Cycle Assessments,” Washington DC, 1991.
- [38] G. Fleischer and J.-F. Hake, “Aufwands- und ergebnisrelevante Probleme der Sachbilanzierung,” Jülich, 2002.
- [39] J. B. Guinée, H. Reinout, and G. Huppes, “Economic Allocation : Examples and Derived Decision Tree,” vol. 9, no. 1, pp. 23–33, 2004.
- [40] S. Hellweg, S. Rubli, and N. Von Götz, “Ökologische Systemanalyse Vorlesungsskript,” Zürich, 2016.
- [41] Europäisches Komitee für Normung, “DIN EN ISO 14025:2011-10 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren,” no. April. Beuth Verlag GmbH, Brüssel, p. 54, 2011.

- [42] Europäisches Komitee für Normung, “EN 15804:2012+A1:2013 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte.” Beuth Verlag GmbH, Brüssel, p. 68, 2014.
- [43] Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien- Statistiken, “Erneuerbare Energien weiter auf Rekordniveau,” 2014. [Online]. Available: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/erneuerbare-energien-weiter-auf-rekordniveau-454054>.
- [44] Institut für zukunftsfähiges wirtschaften Berlin, “Umweltkennzahlen in Ökobilanzierungen und EPDs.” [Online]. Available: <http://gutebaustoffe.de/bibliothek/glossar/>.
- [45] P. Eyerer, *Ganzheitliche Bilanzierung - Werkzeug zum Planen und Wirtschaften in Kreisläufen*. Stuttgart: Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 1996.
- [46] Statistik Austria, “Wohnen 201 7 Mikrozensus - Wohnungserhebung und EU-SILC,” Wien, 2018.
- [47] Verband Österreichischer Ziegelwerke, “Wir über uns,” 2018. [Online]. Available: <https://www.ziegel.at/verband/ueber-uns>.
- [48] Holzbau Austria, “34,5% bauen ein Fertighaus,” 2015. [Online]. Available: https://www.holzbauaustria.at/index.php?id=355&tx_ttnews%5Btt_news%5D=6181&cHash=d17b47cac96e4c653461e78f2bb57251.
- [49] C. Buchal and D. Werner, *Energie*. Jülich: Forschungszentrum Jülich, 2007.
- [50] Umweltbundesamt, “Treibhausgase,” 2018. [Online]. Available: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/treibhausgase/>.

7. Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Auflistung verwendeter Dämmstoffe:

Tabelle 2.2: Lebensdauer von Dämmmaßnahmen in Bauteilen [9]

Tabelle 2.3: Übersicht der Möglichkeiten zum Rückbau von WDVS [12]

Tabelle 2.4: Brandverhalten der Baustoffklassen nach EN 13501-1

Tabelle 2.5: U- Wert Anforderungen

Tabelle 2.6: Oft verwendete Daten in einer Ökobilanz

Tabelle 2.7: Begriffsdefinitionen laut Norm mit Beispielen [35], [36]

Tabelle 3.1: Aufbau Außenwand von innen nach außen

Tabelle 3.2: Aufbau Dach von innen nach außen

Tabelle 3.3: Aufbau Außenwand von innen nach außen

Tabelle 3.4: Aufbau Dach von innen nach außen

Tabelle 3.5: Aufbau Außenwand von innen nach außen

Tabelle 3.6: Aufbau Dach von innen nach außen

Tabelle 3.7: Aufbau Bodenplatte von innen nach außen

Tabelle 4.1: Einteilung der Baustoffe

Tabelle 4.2: U-Werte der Bauteile

8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Treibhausgasemissionen 1990-2016 und Zielpfad [50]

Abbildung 1.2: Anteil der Treibhausgasemissionen [1]

Abbildung 1.3: Dreieck der Nachhaltigkeit

Abbildung 1.4: Auflistung der Energieverbräuche/Schadstoffemissionen eines Baustoffes

Abbildung 2.1: Marktübersicht der Dämmstoffe in Deutschland [6]

Abbildung 2.2: Abfallhierarchie [10]

Abbildung 2.3: Schematischer Aufbau eines typischen WDVS [12]

Abbildung 2.4.: Schematischer Aufbau einer typischen, mit Zellulose gedämmten Außenwand. [16]

Abbildung 2.5: Schematischer Aufbau einer typischen, mit Holzfaser gedämmten Außenwand. [16]

Abbildung 2.6: PSLoop-CreaSolv©-Prozess [26]

Abbildung 2.7: EPS- Kreislauf [26]

Abbildung 2.8: Kreislauf der Zellulosefasern, @: shutterstock.com, Isocell, SN, Steiner, Schnitzhofer [28]

Abbildung 2.9: Phasen einer Ökobilanz [35]

Abbildung 2.10: Systemgrenze modifiziert nach SETAC 1991 [37]

Abbildung 2.11: Vereinfachte Verfahren für eine Sachbilanz [36]

Abbildung 2.12: Schematische Darstellung eines Prozessmoduls (ohne Koppelprodukte) [34]

Abbildung 2.13: Bestandteile der Wirkungsabschätzung [35]

Abbildung 2.14: Beispiel zur Klassifizierung [40]

Abbildung 2.15: Beispiel zur Charakterisierung

Abbildung 3.1: Übersicht der einzelnen Vergleiche

Abbildung 3.2: Lage der EPS- Dämmung im Schnitt und Grundriss des Gebäudes

Abbildung 3.3: Außenwand- und Dachaufbau

Abbildung 3.4: Außenwand- und Dachaufbau

Abbildung 3.5: Außenwand- und Dachaufbau

Abbildung 3.6: Aufbau Bodenplatte

Abbildung 4.1: Primärenergie der Dämmung des gesamten Gebäudes

Abbildung 4.2: Vergleich der Primärenergie des gesamten Gebäudes

Abbildung 4.3: Wand-, Dach- und Bodenplattenanteil an der Primärenergie

Abbildung 4.4: Vergleich GWP (Außenwand)

Abbildung 4.5: Globales Erwärmungspotenzial – Gesamtvergleich (Dach)

Abbildung 4.6: Umweltauswirkungen der Außenwand

Abbildung 4.7: Versauerungspotenzial und Eutrophierungspotenzial des gesamten Gebäudes

Abbildung 4.8: Kostenübersicht

Abbildung 4.9: Energieverbrauch der Dämmstoffe und die eingesparte Energie durch das Dämmen

Abbildung 4.10: Energieeinsparung der verschiedenen Methoden

Abbildung 4.11: CO₂-Einsparung der verschiedenen Methoden

9. Anhang

Verwendete Preiskataloge für die ökonomische Berechnung:

- Steico:
https://www.steico.com/fileadmin/steico/content/pdf/Marketing/German/Price_lists/STEICO_Preisliste_de_i.pdf
- Holz ist Stark: <http://holzstark.at/wp-content/uploads/2015/08/Preisliste2015-2016-web.pdf>
- GSH- Holz: <https://www.gsh-holz.at/holz-platten-1/holz-plattenwerkstoffe/bsp-brettsperrholz/>
- Zimmerei Nutz: http://www.zimmerei-nutz.at/cms/images/nutz_media/preisliste_schnittholz.pdf
- Bauder: https://www.bauder.at/uploads/media/Bauder_Preisliste_2017_AT.pdf
- Austrotherm: <https://de.calameo.com/read/001102318d4551a59448b>
- Benz24: <https://benz24.at/gipskartonplatten-preise/>
- Isocell: <https://www.heinz-rettenbacher.at/preisliste/>
- Daibau: <https://www.daibau.at/baukostenrechner/einblasdaemmung>
- Hornbach: <https://www.hornbach.at/shop/ISOCELL-Zellulosedaeimmung-Einblasdaemmung-fuer-die-Dachdaemmung-nur-Material-1m-Preis-ohne-Dienstleistung/6007722/artikel.html>
- Bittner:
http://www.bittner.at/files/Theme_Holzpartner/bittner/downloads/gesamtpreisliste_bittner.pdf
- Burger:
https://www.burgerholz.at/fileadmin/content/2018/preislisten/burger_preisliste_top100_15.pdf
- Mühlbauer Holz:
http://www.muehlbauerholz.com/frames/de/download/pdf/holz_schnittholz.pdf
- Bramac:
https://www.bramac.at/fileadmin/rootBramac/Bramac_Austria/Content/Folder_2017/Bramac_Preisliste_Dachziegel_2017_WEB.pdf
- Wienerberger:
https://www.bdb.at/Download/preisliste/pdf/350001_Wienerberger_Preisliste_2018.pdf
- Brenner:
http://brenner.at/images/downloads/preisliste/Brenner_Produktkatalog_2018.pdf

- Machacek: <https://katalog.machacek.at/Katalog.aspx?kid=39>
- Dihag: <https://www.dihag.at/images/Dihag-Preisliste/Preisliste%2005.2018.pdf>
- Quester: <https://kataloge.quester.at/>
- Bachl:
https://www.bachl.de/index.php/component/easyfolderlistingpro/?view=download&format=raw&data=eNpNkFFuwyAMhu_i9yjJOrWd87YT7AYVDSZBJSJHCZKk09Rq9UC82B5qtL4B__P2_QWFd4w_jHsF4pyIAw_i-Q7CD6ohL7ZfReaVbGiOF8kzRjwuFC5VTIMvOcqQVEReYmUI24SQhVNtVNxPH_4ADwumUtLU6ZnRUQ7KqENZtn1WrobFYZSiQm1TsX7qENdbRxu6E-IQzR29M8fU3YfG4yxqkbbviraqPqReBrvF5mrR5DkbXyQbiLbWWIBWjavnBvlwwmnNSP4QI9G1pyQ-S2M77zskQt1-GT270
- Hammertaler: http://www.hammertaler-baustoffe.com/Preisfibel_2018_10RZ.pdf
- Asamer:
https://www.asamer.at/images/pdf/preislisten/Ansicht_Preisliste_Beton_2018_20171101.pdf
- Lechner: https://www.holzmarkt-lechner.de/index_htm_files/Gesamtpreisliste_P.pdf

Die verwendeten EPDs sind vor allem aus den Datenbanken auf www.ibu-epd.com und <http://www.bau-epd.at>. Die restlichen sind von verschiedenen Produktherstellern öffentlich zur Verfügung gestellt.

Massenermittlung Dämmung (Flächen aus ArchiCAD gemessen)

EPS	Gesamtfläche in m ²		Fenster/Tür in m ²		Zu dämmende Fläche in m ²		Volumen Dämmung in m ³		
	Fassade	Dach	Fassade	Dach	Fassade	Dach	Fassade	Dach	
Süd	51.23	-	15.25		35.98		6.54836		
West	41.85	48.15	3.6	1.92	38.25	46.23	6.9615	9.01485	
Nord	51.23	-	9.57		41.66		7.58212		
Ost	41.85	48.15	3.6	1.92	38.25	46.23	6.9615	9.01485	
							Summe	28.05348	18.0297

Zellulose	Gesamtfläche in m ²		Fenster/Tür in m ²		Zu dämmende Fläche in m ²		Volumen Dämmung in m ³		
	Fassade	Dach	Fassade	Dach	Fassade	Dach	Fassade	Dach	
Süd	50.21	-	20.271		29.939		8.861944		
West	39.06	43.8	7.506	5.862	31.554	37.938	9.339984	10.62264	
Nord	50.21	-	14.591		35.619		10.543224		
Ost	39.06	43.8	7.506	5.862	31.554	37.938	9.339984	10.62264	
							Summe	38.085136	21.24528

Zellulose	Gesamtfläche in m ²		Fenster/Tür in m ²		Zu dämmende Fläche in m ²		Volumen Dämmung in m ³		
	Fassade	Dach	Fassade	Dach	Fassade	Dach	Fassade	Dach	
Süd	50.48		19.541		30.9392		7.889496		
West	39.22	44.73	6.9337	1.92	32.2863	42.81	8.2330065	9.24696	
Nord	50.48		13.861		36.6192		9.337896		
Ost	39.22	44.73	6.9337	1.92	32.2863	42.81	8.2330065	9.24696	
							Summe	33.693405	18.49392

Massenermittlung Restliche Baustoffe (Flächen aus ArchiCAD gemessen und mit der Dicke/ Dichte multipliziert)

EPS AW	Menge	Einheit
Innenputz	1330.00	kg
Ziegel	36.10	m ³
Kleber	781.50	kg
EPS Dämmplatte	28.05	m ³
Dübel	156.30	m ²
Glasfasergewebe	156.30	m ²
Außenputz	3180.00	kg

EPS Dach	Menge	Einheit
Gipskartonplatte	70.15	m ²
Konstruktionsholz	4.51	m ³
Schalung Fichte	3.30	m ³
Unterdeckbahn	137.50	m ²
EPS Dämmplatte	18.03	m ³
Konterlattung	0.74	m ³
Dachlattung	1.18	m ³
Eindeckung Schindel	5.72	1000kg

Zellulose AW	Menge	Einheit
Gipsfaserplatte	125.62	m ²
Holzlattung Fichte	1.26	m ³
Zellulose	7.08	m ³
Dampfbremse sd>1m	129.00	m ²
Gipskartonplatte	129.00	m ²

Zellulose Dach	Menge	Einheit
Gipsfaserplatte	75.86	m ²
Holzschalung Fichte	3.16	m ³
Dampfbremse sd>6m	87.80	m ²
Konstruktionsholz (80/..) e=800	2.94	m ³
Zellulose	21.25	m ³

Konstruktionsholz Fichte (60/..)	3.10	m ³
Zellulose	31.00	m ³
MDF Platte	2.26	m ³
Holz Fichte Lattung	0.43	m ³
Holz Lärche Außenwandverklei	3.63	m ³

Holzschalung Fichte	3.39	m ³
Unterdeckbahn	138.18	m ²
Konterlattung Fichte	0.74	m ³
Dachlattung Fichte	1.18	m ³
Eindeckung Schindel	5.72	1000kg

Holzfaser AW	Menge	Einheit
Brettsperrholz	13.20	m ³
Konstruktionsholz	3.01	m ³
Holzfaserdämmpla	33.69	m ³
Gipskartonplatte	150.20	m ²
diffusionsoffene Folie sd<0.3m	150.20	m ²
Holz Fichte	0.43	m ³
Holz Lärche	3.67	m ³

Holzfaser Dach	Menge	Einheit
Brettsperrholz	16.27	m ³
Abdichtungsbahn sd>500m	136.73	m ²
Holzfaserdämmplatte	18.49	m ³
Konterlattung Fichte	0.74	m ³
Dachlattung Fichte	1.18	m ³
Eindeckung Schindel	5.72	1000kg

Bodenplatte	Menge	Einheit
Stahlbeton	21.53	m ³
XPS Dämmplatte	107.80	m ²
Rollierung	6460.00	kg

Umweltauswirkungen Außenwand

Dämmung

Indikator	Einheit	EPS	Zellulose	Holzfaser
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)	MJ	611.57	1260.41	40052.93
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)	MJ	0.00	14648.02	85072.48
Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	MJ	611.57	15909.57	125002.76
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)	MJ	21404.81	2078.68	55499.78
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)	MJ	18431.14	0.00	5963.73
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	MJ	39835.94	2078.68	61463.51
Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	0.00	1037.30	0.00
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)	MJ	0.00	0.00	0.00
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)	MJ	0.00	0.00	0.00
Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	m ³	6.06	1630.48	7229.93
Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)	kg	0.32	0.03	0.06
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)	kg	61.44	65.46	1.18
Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)	kg	0.46	0.02	12.18
Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)	kg	0.00	0.00	26.15
Exportierte elektrische Energie (EEE)	MJ	0.00	0.00	0.00
Exportierte thermische Energie (EET)	MJ	0.00	0.00	0.00

Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen

Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	1394.26	-1419.02	-5833.44
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	0.00	0.00	0.00

Bildungspotential für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	10.77	0.10	2.28
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₍₂₎ -Äq.	3.17	1.52	10.30
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₍₄₎ ⁽³⁾ -Äq.	0.29	0.25	2.35
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADPE)	kg Sb-Äq.	0.00	0.06	0.00
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADPF)	MJ	38713.80	2748.45	30599.00

Bauweise

Indikator	Einheit	EPS	Zellulose	Holzfasern
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)	MJ	9436.54	14629.76	30267.60
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)	MJ	0.00	51612.04	109441.20
Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	MJ	9436.54	66240.43	139656.00
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)	MJ	46749.50	21760.90	27759.60
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)	MJ	0.00	2509.34	997.52
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	MJ	46749.50	24274.19	28749.60
Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	4212.87	49.67	0.00
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)	MJ	0.00	8085.78	1382.04
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)	MJ	0.00	0.00	0.00
Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	m ³	6.35	21.04	16.75
Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)	kg	2.80	1.33	0.76
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)	kg	26.64	10.37	0.23
Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)	kg	1.08	0.99	1.61
Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)	kg	0.00	6.51	0.00
Exportierte elektrische Energie (EEE)	MJ	0.00	0.00	0.00
Exportierte thermische Energie (EET)	MJ	0.00	0.00	0.00

Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen

Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₍₂₎ -Äq.	4992.63	-3475.15	-8360.88
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	0.00	0.00	0.00
Bildungspotential für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	0.48	1.19	1.48
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₍₂₎ -Äq.	7.10	4.85	7.48
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₍₄₎ ⁽³⁾ -Äq.	0.77	1.17	1.66
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADPE)	kg Sb-Äq.	0.00	0.00	0.01
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADPF)	MJ	44042.00	21079.18	24538.80

Zusatzkonstruktion

Indikator	Einheit	EPS	Zellulose	Holzfasern
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)	MJ	3475.29	10212.63	13468.38
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)	MJ	50.02	43746.75	58374.53
Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	MJ	3475.29	53949.26	71829.40
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)	MJ	25987.80	11491.38	14811.79
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)	MJ	789.32	1299.78	388.60
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	MJ	26775.55	12793.12	15203.82
Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	0.00	48.36	58.71
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)	MJ	8.23	995.90	1331.00
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)	MJ	86.80	0.00	0.08
Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	m ³	118.87	5.73	32.28
Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)	kg	0.38	0.36	0.45
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)	kg	525.06	13.06	12.07
Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)	kg	0.69	0.43	0.57

Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)	kg	0.00	0.00	0.00
Exportierte elektrische Energie (EEE)	MJ	0.00	0.00	0.00
Exportierte thermische Energie (EET)	MJ	0.00	0.00	0.00

Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen

Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₍₂₎ -Äq.	2353.89	-3361.84	-4551.94
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	0.00	0.00	0.00
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	0.30	0.60	0.75
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₍₂₎ -Äq.	5.11	4.76	5.53
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₍₄₎ ⁽³⁾ -Äq.	0.85	0.71	0.92
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADPE)	kg Sb-Äq.	0.02	1.03	0.00
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADPF)	MJ	24461.76	11419.78	13330.85

Gesamt

Indikator	Einheit	EPS	Zellulose	Holzfaser
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)	MJ	13523.40	26102.80	83788.91
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)	MJ	50.02	110006.80	252888.21
Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	MJ	13523.40	136099.27	336488.17
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)	MJ	94142.10	35330.96	98071.16
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)	MJ	19220.45	3809.12	7349.86
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	MJ	113360.99	39145.99	105416.93
Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	4212.87	1135.33	58.71
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)	MJ	8.23	9081.68	2713.04
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)	MJ	86.80	0.00	0.08
Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	m ³	131.28	1657.25	7278.97
Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)	kg	3.50	1.72	1.26
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)	kg	613.14	88.88	13.48
Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)	kg	2.23	1.44	14.35
Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)	kg	0.00	6.51	26.15
Exportierte elektrische Energie (EEE)	MJ	0.00	0.00	0.00
Exportierte thermische Energie (EET)	MJ	0.00	0.00	0.00

Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen

Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₍₂₎ -Äq.	8740.78	-8256.02	-18746.26
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	0.00	0.00	0.00
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	11.55	1.90	4.52
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₍₂₎ -Äq.	15.38	11.13	23.31
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₍₄₎ ⁽³⁾ -Äq.	1.91	2.13	4.92
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADPE)	kg Sb-Äq.	0.02	1.09	0.02
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADPF)	MJ	107217.56	35247.42	68468.65

Umweltauswirkungen Dach

Dämmung

Indikator	Einheit	EPS	Zellulose	Holzfaser
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)	MJ	393.05	703.36	21984.59
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)	MJ	0.00	8174.12	46695.30
Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	MJ	393.05	8878.11	68612.57
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)	MJ	13756.66	1159.98	30463.19
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)	MJ	11845.51	0.00	3273.42
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	MJ	25602.17	1159.98	33736.61
Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	0.00	578.85	0.00
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)	MJ	0.00	0.00	0.00
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)	MJ	0.00	0.00	0.00
Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	m ³	3.89	909.87	3968.43
Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)	kg	0.21	0.02	0.03
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)	kg	39.49	36.53	0.65
Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)	kg	0.30	0.01	6.68
Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)	kg	0.00	0.00	14.35
Exportierte elektrische Energie (EEE)	MJ	0.00	0.00	0.00
Exportierte thermische Energie (EET)	MJ	0.00	0.00	0.00

Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen

Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	896.08	-383.18	-3201.91
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	0.00	0.00	0.00
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	6.92	0.03	1.25
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₂ -Äq.	2.04	0.53	5.65
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₄ ⁽³⁾ -Äq.	0.19	0.09	1.29
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADPE)	kg Sb-Äq.	0.00	0.02	0.00
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADPF)	MJ	24880.99	1002.10	16795.44

Bauweise

Indikator	Einheit	EPS	Zellulose	Holzfaser
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)	MJ	8001.60	16837.06	37307.11
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)	MJ	36535.06	76877.54	134894.57
Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	MJ	44528.09	93696.57	172136.60
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)	MJ	5184.25	10908.76	34215.81
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)	MJ	133.41	280.71	1229.52
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	MJ	5319.55	11193.46	35436.06
Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	0.00	0.00	0.00
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)	MJ	844.27	1776.53	1703.47
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)	MJ	0.00	0.00	0.00
Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	m ³	4.19	8.83	20.65
Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)	kg	0.07	0.14	0.94
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)	kg	0.06	0.13	0.29
Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)	kg	0.29	0.60	1.98
Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)	kg	0.00	0.00	0.00
Exportierte elektrische Energie (EEE)	MJ	0.00	0.00	0.00

Exportierte thermische Energie (EET)	MJ	0.00	0.00	0.00
--------------------------------------	----	------	------	------

Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen

Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	-3072.30	-6464.78	-10305.42
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	0.00	0.00	0.00
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	0.42	0.88	1.82
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₂ -Äq.	2.95	6.22	9.22
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₄ ⁽³⁻⁾ -Äq.	0.46	0.97	2.04
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADPE)	kg Sb-Äq.	0.00	0.01	0.01
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADPF)	MJ	4472.57	9411.23	30245.93

Zusatzkonstruktion

Indikator	Einheit	EPS	Zellulose	Holzfaser
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)	MJ	11312.96	5563.39	5087.01
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)	MJ	42682.06	15978.63	15586.13
Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	MJ	53985.09	21538.37	20669.49
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)	MJ	34898.90	31845.44	28528.74
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)	MJ	237.79	823.02	56.91
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	MJ	35139.10	32669.05	28586.46
Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	27.82	30.02	0.81
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)	MJ	978.63	360.87	360.87
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)	MJ	7.28	7.28	7.28
Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	m ³	29.96	27.23	26.49
Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)	kg	0.73	0.69	0.52
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)	kg	36.37	38.79	30.72
Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)	kg	0.53	0.33	0.27
Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)	kg	0.00	0.00	0.00
Exportierte elektrische Energie (EEE)	MJ	0.00	0.00	0.00
Exportierte thermische Energie (EET)	MJ	0.00	0.00	0.00

Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen

Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	-1944.73	349.69	186.77
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	0.00	0.00	0.00
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	0.83	0.55	0.48
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₂ -Äq.	5.86	4.19	3.37
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₄ ⁽³⁻⁾ -Äq.	0.84	0.52	0.42
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADPE)	kg Sb-Äq.	0.00	0.70	0.00
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADPF)	MJ	32355.57	30459.75	26607.90

Gesamt

Indikator	Einheit	EPS	Zellulose	Holzfaser
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)	MJ	19707.60	23103.81	64378.71
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)	MJ	79217.12	101030.29	197176.00
Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	MJ	98906.22	124113.05	261418.66
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)	MJ	53839.80	43914.17	93207.73
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)	MJ	12216.71	1103.73	4559.86
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	MJ	66060.81	45022.48	97759.13
Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	27.82	608.87	0.81
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)	MJ	1822.90	2137.40	2064.34
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)	MJ	7.28	7.28	7.28

Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	m ³	38.05	945.92	4015.56
Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)	kg	1.00	0.85	1.49
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)	kg	75.92	75.44	31.65
Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)	kg	1.11	0.95	8.94
Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0.00	0.00	0.00
Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)	kg	0.00	0.00	14.35
Exportierte elektrische Energie (EEE)	MJ	0.00	0.00	0.00
Exportierte thermische Energie (EET)	MJ	0.00	0.00	0.00

Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen

Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	-4120.96	-6498.27	-13320.56
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	0.00	0.00	0.00
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	8.17	1.46	3.56
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₂ -Äq.	10.85	10.94	18.24
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₄ ⁽³⁾ -Äq.	1.49	1.57	3.75
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADPE)	kg Sb-Äq.	0.01	0.72	0.02
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADPF)	MJ	61709.12	40873.09	73649.26

Indikator	Einheit	Bodenplatte
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)	MJ	5206.64
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)	MJ	0.00
Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	MJ	5206.64
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)	MJ	37666.97
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)	MJ	14887.18
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	MJ	52554.15
Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	495.19
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)	MJ	3530.92
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)	MJ	6695.83
Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	m ³	21.61
Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)	kg	1.02
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)	kg	868.78
Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)	kg	1.49
Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)	kg	0.00
Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0.00
Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)	kg	0.00
Exportierte elektrische Energie (EEE)	MJ	0.00
Exportierte thermische Energie (EET)	MJ	0.00

Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen

Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	4968.02
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	0.00
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	3.09
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₂ -Äq.	8.27
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₄ ⁽³⁾ -Äq.	1.33
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADPE)	kg Sb-Äq.	0.01
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADPF)	MJ	48796.29

Ökonomische Berechnungen

EPS AW	Menge	Einheit	1. Preis	2. Preis	Durchschnitt	Gesamt
Innenputz	1330.00	kg	0.257 €/kg	0.254 €/kg	0.2555 €/kg	339.82 €
Ziegel	144.40	m ²	65.844/m ²	61.73/m ²	63.787 €/m ²	9,210.84 €
Kleber	781.50	kg	0.68 €/kg	0.8 €/kg	0.74 €/kg	578.31 €
EPS Dämmplatte	154.14	m ²	38.88/m ²	34.77/m ²	36.825 €/m ²	5,676.10 €
Dübel	938.00	Stk	1.81 €/Stk	1.74 €/Stk	1.775 €/Stk	1,664.95 €
Glasfasergewebe	156.30	m ²	1.63 €/m ²	1.99 €/m ²	1.81 €/m ²	282.90 €
Außenputz	3180.00	kg	0.258 €/kg	0.228 €/kg	0.243 €/kg	772.74 €
						18,525.65 €

EPS Dach	Menge	Einheit	1. Preis	2. Preis	Durchschnitt	Gesamt
Gipskartonplatte	70.15	m ²	5.47 €/m ²	3.82 €/m ²	4.645 €/m ²	325.85 €
Konstruktionsholz	4.51	m ³	339 €/m ³	330 €/m ³	334.5 €/m ³	1,508.60 €
Schalung Fichte	137.50	m ²	14.4 €/m ²	5.9/m ²	10.15 €/m ²	1,395.63 €
Unterdeckbahn	137.50	m ²	3.9 €/m ²	3.07 €/m ²	3.485 €/m ²	479.19 €
EPS Dämmplatte	92.46	m ²	43.776 €/m ²	57.55 €/m ²	50.663 €/m ²	4,684.30 €
Konterlattung	0.74	m ³	462.5 €/m ³	315 €/m ³	388.75 €/m ³	289.23 €
Dachlattung	1.18	m ³	525 €/m ³	390 €/m ³	457.5 €/m ³	539.85 €
Eindeckung Schindel	1733.00	Stk.	2.06 €/Stk	1.07 €/Stk	1.565 €/Stk	2,712.15 €
						11,934.78 €

Zellulose AW	Menge	Einheit	1. Preis	2. Preis	Durchschnitt	Gesamt
Gipsfaserplatte	125.62	m ²	5.47 €/m ²	3.82 €/m ²	4.645 €/m ²	583.50 €
Holzlattung Fichte	1.26	m ³	525 €/m ³	390 €/m ³	457.5 €/m ³	576.45 €
Zellulose	7.08	m ³	57.15 €/m ³	71 €/m ³	64.075 €/m ³	453.65 €
Dampfbremse sd>1m	129.00	m ²	1.05/m ²	3.70 €/m ²	2.375 €/m ²	306.38 €
Gipskartonplatte	129.00	m ²	5.47 €/m ²	3.82 €/m ²	4.645 €/m ²	599.21 €
Konstruktionsholz Fichte (60/..) e=625	3.10	m ³	339 €/m ³	330 €/m ³	334.5 €/m ³	1,036.95 €
Zellulose	31.00	m ³	57.15 €/m ³	71 €/m ³	64.075 €/m ³	1,986.33 €
MDF Platte	150.67	m ²	5.35 €/m ²	11.1 €/m ²	8.225 €/m ²	1,239.24 €
Holz Fichte Lattung	0.43	m ³	525 €/m ³	390 €/m ³	457.5 €/m ³	196.73 €
Holz Lärche Außenwandverkleidung	3.63	m ³	840 €/m ³	844 €/m ²	842 €/m ³	3,056.46 €
						10,034.88 €

Zellulose Dach	Menge	Einheit	1. Preis	2. Preis	Durchschnitt	Gesamt
Gipsfaserplatte	75.86	m ²	5.47 €/m ²	3.82 €/m ²	4.645 €/m ²	352.37 €
Holzschalung Fichte	131.67	m ²	14.4 €/m ²	5.9/m ²	10.15 €/m ²	1,336.42 €
Dampfbremse sd>6m	87.80	m ²	2.50 €/m ²	3.40 €/m ²	2.95 €/m ²	259.01 €
Konstruktionsholz (80/..) e=800	2.94	m ³	339 €/m ³	330 €/m ³	334.5 €/m ³	983.43 €
Zellulose	21.25	m ³	57.15 €/m ³	71 €/m ³	64.075 €/m ³	1,361.59 €
Holzschalung Fichte	141.25	m ²	14.4 €/m ²	5.9/m ²	10.15 €/m ²	1,433.69 €
Unterdeckbahn	138.18	m ²	3.9 €/m ²	3.07 €/m ²	3.485 €/m ²	481.56 €
Konterlattung Fichte	0.74	m ³	462.5 €/m ³	315 €/m ³	388.75 €/m ³	289.23 €
Dachlattung Fichte	1.18	m ³	525 €/m ³	390 €/m ³	457.5 €/m ³	539.85 €
Eindeckung Schindel	1733.00	1000kg	2.06 €/Stk	1.07 €/Stk	1.565 €/Stk	2,712.15 €
						9,749.29 €

Holzfaser AW	Menge	Einheit	1. Preis	2. Preis	Durchschnitt	Gesamt
Brettsperrholz	132.00	m ²	96 €/m ²		96 €/m ²	12,672.00 €
Konstruktionsholz	3.01	m ³	339 €/m ³	330 €/m ³	334.5 €/m ³	1,006.85 €
Holzfaserdämmplatte	132.13	m ³	34.86 €/m ²	42.6 €/m ²	38.73 €/m ²	5,117.39 €
Gipskartonplatte	150.20	m ²	5.47 €/m ²	3.82 €/m ²	4.645 €/m ²	697.68 €
diffusionsoffene Folie sd<0.3m	150.20	m ²	2.65/m ²		2.65/m ²	398.03 €
Holz Fichte Lattung	0.43	m ³	525 €/m ³	390 €/m ³	457.5 €/m ³	196.73 €
Holz Lärche Außenwandverkleidung	3.67	m ³	840 €/m ³	844 €/m ²	842 €/m ³	3,090.14 €
						23,178.81 €

Holzfaser Dach	Menge	Einheit	1. Preis	2. Preis	Durchschnitt	Gesamt
Brettsperrholz	162.70	m ²	96 €/m ²		96 €/m ²	15,619.20 €
Abdichtungsbahn sd>500m	136.73	m ²	3.90 €/m ²	4.60 €/m ²	4.25 €/m ²	581.10 €
Holzfaserdämmplatte	85.65	m ²	62.4 €/m ²	66.15 €/m ²	64.275 €/m ²	5,505.15 €
Holzfaserdämmplatte- Unterdeckplatte	85.65	m ²	8.8 €/m ²		8.8 €/m ²	753.72 €
Konterlattung Fichte	0.74	m ³	462.5 €/m ³	315 €/m ³	388.75 €/m ³	289.23 €
Dachlattung Fichte	1.18	m ³	525 €/m ³	390 €/m ³	457.5 €/m ³	539.85 €
Eindeckung Schindel	1733.00	1000kg	2.06 €/Stk	1.07 €/Stk	1.565 €/Lfm	2,712.15 €
						26,000.40 €

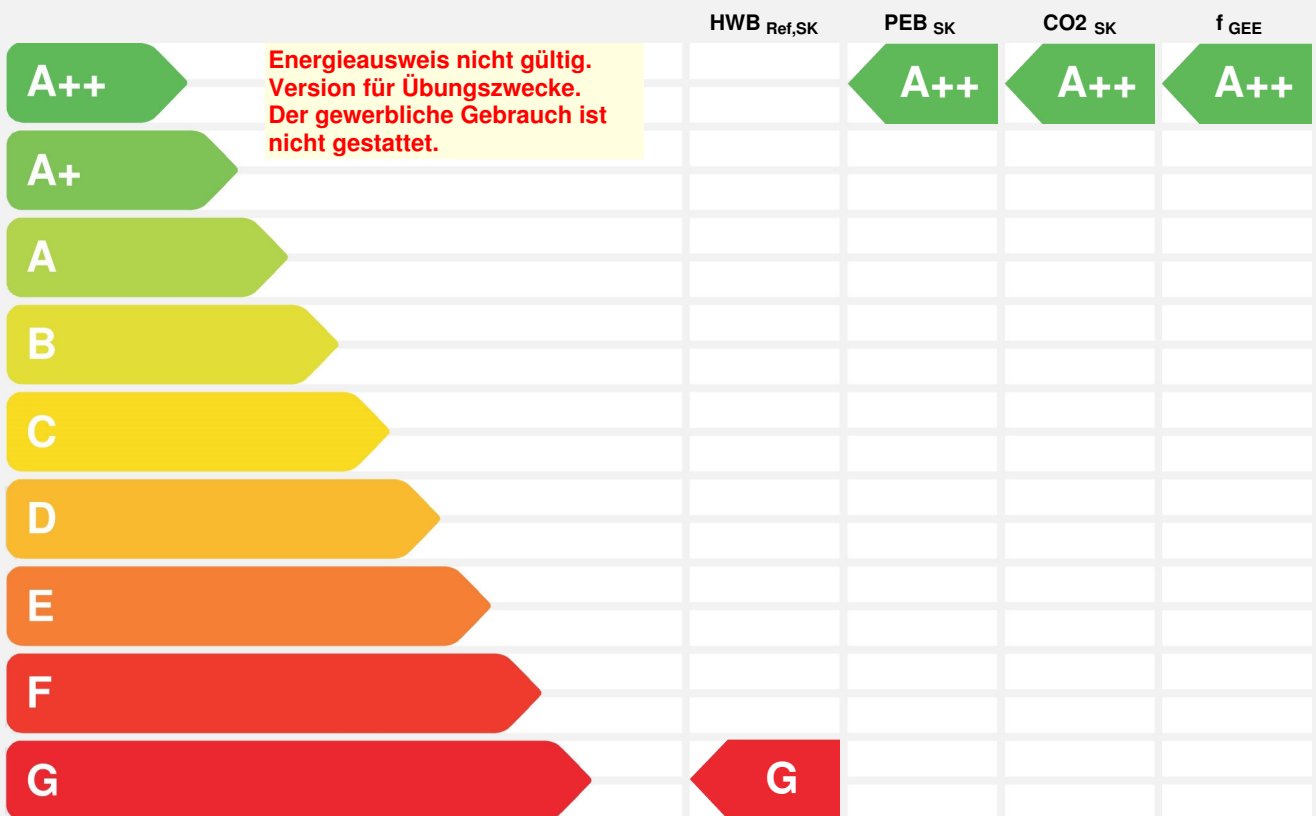
Bodenplatte	Menge	Einheit	1. Preis	2. Preis	Durchschnitt	Gesamt
Beton	21.53	m ³	99 €/m ³	104.12 €/m ³	101.56 €/m ³	2,186.59 €
Bewehrungsmatten	228.00	m ²	8.75 €/m ²	5.026 €/m ²	6.888 €/m ²	1,570.46 €
XPS Dämmplatte	107.80	m ²	45 €/m ²	25.8 €/m ²	35.4 €/m ²	3,816.12 €
Rollierung	4.30	m ³	41.9 €/m ³	24.2 €/m ³	33.05 €/m ³	142.12 €
						7,715.29 €

Energieausweis für Wohngebäude

BEZEICHNUNG Musterhaus ohne Dämmung

Gebäude(-teil)		Baujahr	2018
Nutzungsprofil	Einfamilienhaus	Letzte Veränderung	
Straße	Domplatz 1	Katastralgemeinde	Salzburg
PLZ/Ort	5010 Salzburg	KG-Nr.	56537
Grundstücksnr.		Seehöhe	424 m

SPEZIFISCHER STANDORT-REFERENZ-HEIZWÄRMEBEDARF, STANDORT-PRIMÄRENERGIEBEDARF, STANDORT-KOHLENDIOXIDEMISSIONEN UND GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR



HWB_{Ref}: Der **Referenz-Heizwärmebedarf** ist jene Wärmemenge, die in den Räumen bereitgestellt werden muss, um diese auf einer normativ geforderten Raumtemperatur, ohne Berücksichtigung allfälliger Erträge aus Wärmerückgewinnung, zu halten.

WWWB: Der **Warmwasserwärmebedarf** ist in Abhängigkeit der Gebäudekategorie als flächenbezogener Defaultwert festgelegt.

HEB: Beim **Heizenergiebedarf** werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

HHSB: Der **Haushaltsstrombedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht in etwa dem durchschnittlichen flächenbezogenen Stromverbrauch eines österreichischen Haushalts.

EEB: Der **Endenergiebedarf** umfasst zusätzlich zum Heizenergiebedarf den Haushaltsstrombedarf, abzüglich allfälliger Endenergieerträge und zusätzlich eines dafür notwendigen Hilfsenergiebedarfs. Der Endenergiebedarf entspricht jener Energiemenge, die eingekauft werden muss (Lieferenergiebedarf).

f_{GEE}: Der **Gesamtenergieeffizienz-Faktor** ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

PEB: Der **Primärenergiebedarf** ist der Endenergiebedarf einschließlich der Verluste in allen Vorketten. Der Primärenergiebedarf weist einen erneuerbaren (PEB_{ern.}) und einen nicht erneuerbaren (PEB_{n.ern.}) Anteil auf.

CO₂: Gesamte dem Endenergiebedarf zuzurechnende **Kohlendioxidemissionen**, einschließlich jener für Vorketten.

Alle Werte gelten unter der Annahme eines normierten BenutzerInnenverhaltens. Sie geben den Jahresbedarf pro Quadratmeter beheizter Brutto-Grundfläche an.

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der OiB-Richtlinie 6 "Energieeinsparung und Wärmeschutz" des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vorlage-Gesetzes (EAVG). Der Ermittlungszeitraum für die Konversionsfaktoren für Primärenergie und Kohlendioxidemissionen ist 2004 - 2008 (Strom: 2009 - 2013), und es wurden übliche Allokationsregeln unterstellt.

Energieausweis für Wohngebäude

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	169 m ²	charakteristische Länge	1,30 m	mittlerer U-Wert	1,50 W/m ² K
Bezugsfläche	135 m ²	Heiztage	365 d	LEK _T -Wert	136,7
Brutto-Volumen	471 m ³	Heizgradtage	3615 Kd	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	363 m ²	Klimaregion	NF	Bauweise	schwer
Kompaktheit (A/V)	0,77 1/m	Norm-Außentemperatur	-12,7 °C	Soll-Innentemperatur	20 °C

ANFORDERUNGEN (Referenzklima)

Referenz-Heizwärmebedarf	k.A.	HWB _{Ref,RK}	279,8 kWh/m ² a
Heizwärmebedarf		HWB _{RK}	279,8 kWh/m ² a
End-/Lieferenergiebedarf	k.A.	E/LEB _{RK}	0,0 kWh/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	k.A.	f _{GEE}	0,00
Erneuerbarer Anteil	k.A.		

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Standortklima)

Referenz-Heizwärmebedarf	53 204 kWh/a	HWB _{Ref,SK}	314,6 kWh/m ² a
Heizwärmebedarf	53 204 kWh/a	HWB _{SK}	314,6 kWh/m ² a
Warmwasserwärmebedarf	0 kWh/a	WWWB	0,0 kWh/m ² a
Heizenergiebedarf	0 kWh/a	HEB _{SK}	0,0 kWh/m ² a
Energieaufwandszahl Heizen		e _{AWZ,H}	0,00
Haushaltsstrombedarf	2 777 kWh/a	HHSB	16,4 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	0 kWh/a	EEB _{SK}	0,0 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf	0 kWh/a	PEB _{SK}	0,0 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	0 kWh/a	PEB _{n.ern.,SK}	0,0 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf erneuerbar	0 kWh/a	PEB _{ern.,SK}	0,0 kWh/m ² a
Kohlendioxidemissionen	0 kg/a	CO ₂ _{SK}	0,0 kg/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor		f _{GEE}	0,00
Photovoltaik-Export		PV _{Export,SK}	

ERSTELLT

GWR-Zahl		ErstellerIn
Ausstellungsdatum	08.12.2018	
Gültigkeitsdatum	Energieausweis nicht gültig. Version für Übungszwecke. Der gewerbliche Gebrauch ist nicht gestattet.	Unterschrift

Die Energiekennzahlen dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Aufgrund der idealisierten Eingangsparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Insbesondere Nutzungseinheiten unterschiedlicher Lage können aus Gründen der Geometrie und der Lage hinsichtlich ihrer Energiekennzahlen von den hier angegebenen abweichen.

HWB_{SK} 315 f_{GEE} -

**Energieausweis nicht gültig. Version für Übungszwecke.
Der gewerbliche Gebrauch ist nicht gestattet.**

Ermittlung der Eingabedaten

Geometrische Daten:

Bauphysikalische Daten:

Haustechnik Daten:

Haustechniksystem

Raumheizung: Kein Wärmebereitstellungssystem erfasst

Warmwasser: Kein Wärmebereitstellungssystem erfasst

Lüftung: Fensterlüftung

Berechnungsgrundlagen

Der Energieausweis wurde mit folgenden ÖNORMen und Hilfsmitteln erstellt: GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at

Bauteile nach ON EN ISO 6946 / Fenster nach ON EN ISO 10077-1 / Erdberührte Bauteile detailliert nach ON EN ISO 13370 / Unkonditionierte Gebäudeteile vereinfacht nach ON B 8110-6 / Wärmebrücken pauschal nach ON B 8110-6 / Verschattung vereinfacht nach ON B 8110-6

Verwendete Normen und Richtlinien:

ON B 8110-1 / ON B 8110-2 / ON B 8110-3 / ON B 8110-5 / ON B 8110-6 / ON H 5055 / ON H 5056 / ON EN ISO 13790 / ON EN ISO 13370 / ON EN ISO 6946 / ON EN ISO 10077-1 / ON EN 12831 / OIB-Richtlinie 6 Ausgabe: März 2015 / ON EN ISO 13370

Gebäude Musterhaus ohne Dämmung

Nutzungsprofil Einfamilienhaus

Gebäude(-teil)

Straße Domplatz 1

PLZ / Ort 5010 Salzburg

Erbaut im Jahr 2018

Einlagezahl

Grundbuch 56537 Salzburg

Grundstücksnr

Heizlast 19,4 kW

CE 490



Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile

U-Wert

nicht erfüllt



Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz

Kennwert für den Wärmeschutz der Gebäudehülle LEK_T 0,00 ≤ 24,00 nicht erfüllt

Primärenergieindikator P_i 0,00 ≤ 48,00 nicht erfüllt

Berechnet lt. Verordnung der Salzburger Landesregierung S.BTV 2016, Anforderungen ab 1.1.2017



Anforderungen an Teile des gebäudetechnischen Systems

Vorlauftemperatur max. 55 °C nicht erfüllt

Rücklauftemperatur max. 40 °C nicht erfüllt



Anforderung an den sommerlichen Wärmeschutz

Der sommerliche Wärmeschutz ist einzuhalten. Berechnung nicht durchgeführt.

Der sommerliche Wärmeschutz gilt für Wohngebäude als erfüllt, wenn ausreichende Speichermassen im vereinfachten Nachweis gemäß ÖNORM B 8110-3 vorhanden sind.

Quelle: OIB-Richtlinie 6, Ausgabe: März 2015



Indikatoren für Baustoffe und Nachhaltigkeit

Baustoff-Primärenergieindikator

keine Angabe

Baustoff-Primärenergieindikator (30 Jahre)

keine Angabe

Nachhaltigkeits-Primärenergieindikator (30 Jahre)

keine Angabe

Es wird darauf hingewiesen, dass nur die angeführten Werte geprüft wurden.

Eingabedaten

Geometrische Daten

Bauphysikalische Daten

Haustechnik Daten

ErstellerIn

Datum, Stempel und Unterschrift

Gemäß S.BTV, Z 6 lit 1 wird die Erfüllung der baurechtlichen Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Bauten bestätigt.

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Bauteil Anforderungen

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

BAUTEILE		U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
AW01	Außenwand	1,26	0,35	Nein
DS01	Dachschräge hinterlüftet	2,28	0,20	Nein
EB01	erdanliegender Fußboden	3,59	0,40	Nein

FENSTER		U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
1,00 x 2,00 (unverglaste Tür gegen Außenluft)		1,10	1,70	Ja
Prüfnormmaß Typ 1 (T1) (gegen Außenluft vertikal)		0,84	1,40	Ja
Prüfnormmaß Typ 1 (T1) (Dachflächenfenster gegen Außenluft)		0,84	1,70	Ja

Einheiten: U-Wert [W/m²K] berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946

Quelle U-Wert max: OIB Richtlinie 6

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizlast Abschätzung

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

Bauherr		Baumeister / Baufirma / Bauträger / Planer			
Musterhaus ohne Dämmung Domplatz 1 5010 Salzburg		Tel.:			
Norm-Außentemperatur:	-12,7	V_B	471,05 m ³	l_c	1,30 m
Berechnungs-Raumtemperatur	20	A_B	363,04 m ²	U_m	1,50 [W/m ² K]
Standort: Salzburg		BGF	169,10 m ²		

Bauteile		Fläche	Wärmed.- koeffiz. U - Wert	Leitwerte
		A		
		[m ²]	[W/m ² K]	[W/K]
AW01	Außenwand	160,7	1,26	202,0
DS01	Dachschräge hinterlüftet	89,4	2,28	203,7
FE/TÜ	Fenster u. Türen	28,4	0,92	26,1
EB01	erdanliegender Fußboden	84,5	3,59	64,3
WB	Wärmebrücken (vereinfacht laut OIB)			49,6
	Summe OBEN-Bauteile	93,3		
	Summe UNTEN-Bauteile	84,5		
	Summe Außenwandflächen	160,7		
	Fensteranteil in Außenwänden 13,3 %	24,6		
	Fenster in Deckenflächen	3,8		
	Summe		[W/K]	545,7

Spez. Transmissionswärmeverlust		[W/m ³ K]	1,16
Gebäude-Heizlast Abschätzung	Luftwechsel = 0,40 1/h	[kW]	19,4
Spez. Heizlast Abschätzung		[W/m ² BGF]	114,770

Die Gebäude-Heizlast Abschätzung dient als Anhaltspunkt für die Auslegung des Wärmeerzeugers.

Für die exakte Dimensionierung ist eine Heizlast-Berechnung nach ÖNORM H 7500 erforderlich.

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Bauteile

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

AW01 Außenwand		von Innen nach Außen	Dichte	Dicke	λ	d / λ
0	Innenputz		1 250	0,0100	0,700	0,014
0	Ziegel		800	0,2500	0,450	0,556
0	Außenputz		1 200	0,0200	0,360	0,056
		Rse+Rsi = 0,17	Dicke gesamt	0,2800	U-Wert	1,26
DS01 Dachschräge hinterlüftet		von Außen nach Innen	Dichte	Dicke	λ	d / λ
2142724417	Bausatzhaus Brettsperrholz (Fi/Ta)		475	0,0240	0,120	0,200
2142724418	Bausatzhaus Holz (Fi/Ta) gehobelt/tech.getr.[STEG]	*	475	0,1600	0,120	1,333
2142714767	Gipswandbauplatten (900 kg/m³)		900	0,0125	0,320	0,039
		Rse+Rsi = 0,2	Dicke gesamt	0,1965	U-Wert	2,28
EB01 erdanliegender Fußboden		von Innen nach Außen	Dichte	Dicke	λ	d / λ
0	Beton		2 400	0,2500	2,300	0,109
		Rse+Rsi = 0,17	Dicke gesamt	0,2500	U-Wert	3,59
ZD01 warme Zwischendecke		von Innen nach Außen	Dichte	Dicke	λ	d / λ
0	Decke		2 400	0,2500	2,300	0,109
		Rse+Rsi = 0,26	Dicke gesamt	0,2500	U-Wert	2,71

Dicke ... wärmetechnisch relevante Dicke

Einheiten: Dicke [m], Achsabstand [m], Breite [m], U-Wert [W/m²K], Dichte [kg/m³], λ [W/mK]

*... Schicht zählt nicht zum U-Wert #... Schicht zählt nicht zur OI3-Berechnung F... enthält Flächenheizung B... Bestandsschicht

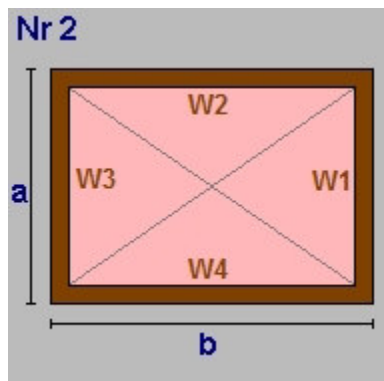
RTu ... unterer Grenzwert RTo ... oberer Grenzwert laut ÖNORM EN ISO 6946

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Geometrieausdruck

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

EG Grundform

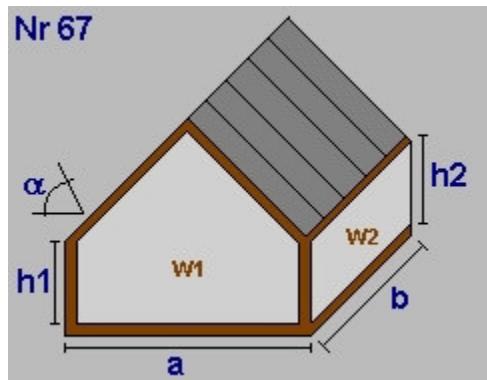


a = 9,19	b = 9,20
lichte Raumhöhe = 2,50 + obere Decke: 0,25 => 2,75m	
BGF	84,55m ² BRI 232,51m ³
Wand W1	25,27m ² AW01 Außenwand
Wand W2	25,30m ² AW01
Wand W3	25,27m ² AW01
Wand W4	25,30m ² AW01
Decke	84,55m ² ZD01 warme Zwischendecke
Boden	84,55m ² EB01 erdanliegender Fußboden

EG Summe

EG Bruttogrundfläche [m²]: 84,55
EG Bruttorauminhalt [m³]: 232,51

DG Dachkörper



Dachneigung a(°)	25,00
a = 9,19	b = 9,20
h1= 1,50	h2 = 1,50
lichte Raumhöhe = 3,60 + obere Decke: 0,04 => 3,64m	
BGF	84,55m ² BRI 217,40m ³
Dachfl.	93,29m ²
Wand W1	23,63m ² AW01 Außenwand
Wand W2	13,80m ² AW01
Wand W3	23,63m ² AW01
Wand W4	13,80m ² AW01
Dach	93,29m ² DS01 Dachschräge hinterlüftet
Boden	-84,55m ² ZD01 warme Zwischendecke

DG Summe

DG Bruttogrundfläche [m²]: 84,55
DG Bruttorauminhalt [m³]: 217,40

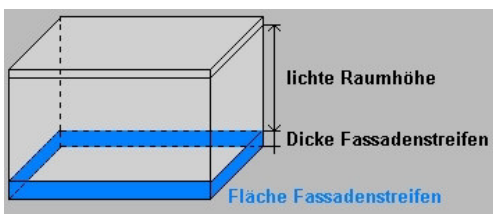
Deckenvolumen EB01

Fläche 84,55 m² x Dicke 0,25 m = 21,14 m³

Bruttorauminhalt [m³]: 21,14

Fassadenstreifen - Automatische Ermittlung

Wand	Boden	Dicke	Länge	Fläche
AW01	- EB01	0,250m	36,78m	9,20m ²



Geometrieausdruck

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

Gesamtsumme Bruttogeschoßfläche [m ²]:	169,10
Gesamtsumme Bruttorauminhalt [m ³]:	471,05

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

erdberührte Bauteile

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

EB01 erdanliegender Fußboden 84,55 m²

Perimeterlänge 36,78 m

Wand-Bauteil AW01 Außenwand

Leitwert 64,27 W/K

Leitwerte lt. ÖNORM EN ISO 13370

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Fenster und Türen

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

Typ	Bauteil	Anz.	Bezeichnung	Breite m	Höhe m	Fläche m ²	U _g W/m ² K	U _f W/m ² K	PSI W/mK	Ag m ²	U _w W/m ² K	AxU _f W/K	g	fs	
	Prüfnormmaß		Typ 1 (T1)	1,23	1,48	1,82	0,60	1,20	0,028	1,32	0,84		0,50		
1,32															
N															
T1	EG	AW01	2	1,20 x 1,50	1,20	1,50	3,60	0,60	1,20	0,028	2,34	0,92	3,31	0,50	0,85
	EG	AW01	1	1,00 x 2,00	1,00	2,00	2,00					1,10	2,20		
T1	DG	AW01	2	1,20 x 1,00	1,20	1,00	2,40	0,60	1,20	0,028	1,44	0,96	2,30	0,50	0,85
			5				8,00				3,78	7,81			
O															
T1	EG	AW01	2	1,20 x 1,50	1,20	1,50	3,60	0,60	1,20	0,028	2,34	0,92	3,31	0,50	0,85
T1	DG	DS01	2	Dachfenster	0,60	1,60	1,92	0,60	1,20	0,028	1,12	0,96	1,83	0,50	0,85
			4				5,52				3,46	5,14			
S															
T1	EG	AW01	1	2,50 x 1,50	2,50	1,50	3,75	0,60	1,20	0,028	2,99	0,78	2,91	0,50	0,85
T1	EG	AW01	1	1,60 x 2,00	1,60	2,00	3,20	0,60	1,20	0,028	2,34	0,85	2,71	0,50	0,85
T1	DG	AW01	2	1,20 x 1,00	1,20	1,00	2,40	0,60	1,20	0,028	1,44	0,96	2,30	0,50	0,85
			4				9,35				6,77	7,92			
W															
T1	EG	AW01	2	1,20 x 1,50	1,20	1,50	3,60	0,60	1,20	0,028	2,34	0,92	3,31	0,50	0,85
T1	DG	DS01	2	Dachfenster	0,60	1,60	1,92	0,60	1,20	0,028	1,12	0,96	1,83	0,50	0,85
			4				5,52				3,46	5,14			
Summe			17				28,39				17,47	26,01			

U_g... Uwert Glas U_f... Uwert Rahmen PSI... Linearer Korrekturkoeffizient Ag... Glasfläche
g... Energiedurchlassgrad Verglasung fs... Verschattungsfaktor
Typ... Prüfnormmaßtyp

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Rahmen

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

Bezeichnung	Rb.re. m	Rb.li. m	Rb.o. m	Rb.u. m	%	Stulp Anz.	Stb. m	Pfost Anz.	Pfb. m	H-Sp. Anz.	V-Sp. Anz.	Spb. m	
Typ 1 (T1)	0,100	0,100	0,100	0,100	28								ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2
1,20 x 1,00	0,100	0,100	0,100	0,100	40			1	0,100				ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2
Dachfenster	0,100	0,100	0,100	0,100	42								ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2
1,20 x 1,50	0,100	0,100	0,100	0,100	35			1	0,100				ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2
2,50 x 1,50	0,100	0,100	0,100	0,100	20								ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2
1,60 x 2,00	0,100	0,100	0,100	0,100	27			1	0,100				ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2

Rb.li, re, o, u Rahmenbreite links, rechts, oben, unten [m]

Stb. Stulpbreite [m]

Pfb. Pfostenbreite [m]

Typ Prüfnormmaßtyp

H-Sp. Anz Anzahl der horizontalen Sprossen

V-Sp. Anz Anzahl der vertikalen Sprossen

% Rahmenanteil des gesamten Fensters

Spb. Sprossenbreite [m]

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizwärmebedarf Standortklima

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

Heizwärmebedarf Standortklima (Salzburg)

BGF	169,10 m ²	L _T	545,65 W/K	Innentemperatur	20 °C	tau	23,81 h
BRI	471,05 m ³	L _V	47,83 W/K			a	2,488

Monat	Tage	Heiz-tage	Mittlere Außen-temperatur °C	Ausnut-zungsgrad	Transmissions-wärme-verluste kWh	Lüftungs-wärme-verluste kWh	nutzbare Innere Gewinne kWh	nutzbare Solare Gewinne kWh	Verhältnis Heiztage zu Tage	Wärme-bedarf *) kWh
Jänner	31	31	-2,05	0,999	8 952	785	377	193	1,000	9 166
Februar	28	28	-0,18	0,998	7 401	649	340	281	1,000	7 429
März	31	31	3,63	0,997	6 646	583	376	395	1,000	6 457
April	30	30	8,01	0,991	4 712	413	362	451	1,000	4 312
Mai	31	31	12,60	0,969	3 006	264	366	529	1,000	2 374
Juni	30	30	15,66	0,911	1 706	150	333	469	1,000	1 054
Juli	31	31	17,44	0,779	1 039	91	294	430	1,000	406
August	31	31	16,92	0,840	1 249	110	317	442	1,000	600
September	30	30	13,77	0,963	2 447	215	352	429	1,000	1 881
Oktober	31	31	8,71	0,993	4 581	402	375	340	1,000	4 268
November	30	30	3,17	0,998	6 610	579	365	207	1,000	6 618
Dezember	31	31	-0,78	0,999	8 435	739	377	158	1,000	8 639
Gesamt	365	365			56 785	4 978	4 234	4 325		53 204

$$\text{HWB}_{\text{SK}} = 314,64 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

*) Wärmebedarf = (Verluste - nutzbare Gewinne) x (Verhältnis Heiztage zu Tage)

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Referenz-Heizwärmebedarf Standortklima Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

Referenz-Heizwärmebedarf Standortklima (Salzburg)

BGF	169,10 m ²	L _T	545,65 W/K	Innentemperatur	20 °C	tau	23,81 h
BRI	471,05 m ³	L _V	47,83 W/K			a	2,488

Monat	Tage	Heiz- tage	Mittlere Außen- temperatur °C	Ausnut- zungsgrad	Transmissions- wärme- verluste kWh	Lüftungs- wärme- verluste kWh	nutzbare Innere Gewinne kWh	nutzbare Solare Gewinne kWh	Verhältnis Heiztage zu Tage	Wärme- bedarf *) kWh
Jänner	31	31	-2,05	0,999	8 952	785	377	193	1,000	9 166
Februar	28	28	-0,18	0,998	7 401	649	340	281	1,000	7 429
März	31	31	3,63	0,997	6 646	583	376	395	1,000	6 457
April	30	30	8,01	0,991	4 712	413	362	451	1,000	4 312
Mai	31	31	12,60	0,969	3 006	264	366	529	1,000	2 374
Juni	30	30	15,66	0,911	1 706	150	333	469	1,000	1 054
Juli	31	31	17,44	0,779	1 039	91	294	430	1,000	406
August	31	31	16,92	0,840	1 249	110	317	442	1,000	600
September	30	30	13,77	0,963	2 447	215	352	429	1,000	1 881
Oktober	31	31	8,71	0,993	4 581	402	375	340	1,000	4 268
November	30	30	3,17	0,998	6 610	579	365	207	1,000	6 618
Dezember	31	31	-0,78	0,999	8 435	739	377	158	1,000	8 639
Gesamt	365	365			56 785	4 978	4 234	4 325		53 204

HWB_{Ref,SK} = 314,64 kWh/m²a

*) Wärmebedarf = (Verluste - nutzbare Gewinne) x (Verhältnis Heiztage zu Tage)

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizwärmebedarf Referenzklima

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

Heizwärmebedarf Referenzklima

BGF	169,10 m ²	L _T	545,65 W/K	Innentemperatur	20 °C	tau	23,81 h
BRI	471,05 m ³	L _V	47,83 W/K			a	2,488

Monat	Tage	Heiz-tage	Mittlere Außen-temperatur °C	Ausnut-zungsgrad	Transmissions-wärme-verluste kWh	Lüftung-wärme-verluste kWh	nutzbare Innere Gewinne kWh	nutzbare Solare Gewinne kWh	Verhältnis Heiztage zu Tage	Wärme-bedarf *) kWh
Jänner	31	31	-1,53	0,999	8 740	766	377	177	1,000	8 952
Februar	28	28	0,73	0,998	7 066	619	340	279	1,000	7 066
März	31	31	4,81	0,996	6 167	541	376	395	1,000	5 937
April	30	30	9,62	0,987	4 078	357	361	458	1,000	3 617
Mai	31	31	14,20	0,945	2 355	206	357	543	1,000	1 662
Juni	30	26	17,33	0,785	1 049	92	287	437	0,858	358
Juli	31	0	19,12	0,379	357	31	143	220	0,000	0
August	31	14	18,56	0,576	585	51	217	309	0,466	51
September	30	30	15,03	0,942	1 953	171	344	417	1,000	1 362
Oktober	31	31	9,64	0,992	4 206	369	374	332	1,000	3 868
November	30	30	4,16	0,998	6 223	546	365	185	1,000	6 219
Dezember	31	31	0,19	0,999	8 042	705	377	144	1,000	8 226
Gesamt	365	313			50 820	4 455	3 918	3 897		47 317

$$\text{HWB}_{\text{RK}} = 279,82 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

*) Wärmebedarf = (Verluste - nutzbare Gewinne) x (Verhältnis Heiztage zu Tage)

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Referenz-Heizwärmebedarf Referenzklima Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

Referenz-Heizwärmebedarf Referenzklima

BGF 169,10 m² L_T 545,65 W/K Innentemperatur 20 °C tau 23,81 h
 BRI 471,05 m³ L_V 47,83 W/K a 2,488

Monat	Tage	Heiz- tage	Mittlere Außen- temperatur °C	Ausnut- zungsgrad	Transmissions- wärme- verluste kWh	Lüftung- wärme- verluste kWh	nutzbare Innere Gewinne kWh	nutzbare Solare Gewinne kWh	Verhältnis Heiztage zu Tage	Wärme- bedarf *) kWh
Jänner	31	31	-1,53	0,999	8 740	766	377	177	1,000	8 952
Februar	28	28	0,73	0,998	7 066	619	340	279	1,000	7 066
März	31	31	4,81	0,996	6 167	541	376	395	1,000	5 937
April	30	30	9,62	0,987	4 078	357	361	458	1,000	3 617
Mai	31	31	14,20	0,945	2 355	206	357	543	1,000	1 662
Juni	30	26	17,33	0,785	1 049	92	287	437	0,858	358
Juli	31	0	19,12	0,379	357	31	143	220	0,000	0
August	31	14	18,56	0,576	585	51	217	309	0,466	51
September	30	30	15,03	0,942	1 953	171	344	417	1,000	1 362
Oktober	31	31	9,64	0,992	4 206	369	374	332	1,000	3 868
November	30	30	4,16	0,998	6 223	546	365	185	1,000	6 219
Dezember	31	31	0,19	0,999	8 042	705	377	144	1,000	8 226
Gesamt	365	313			50 820	4 455	3 918	3 897		47 317

HWB_{Ref,RK} = 279,82 kWh/m²a

*) Wärmebedarf = (Verluste - nutzbare Gewinne) x (Verhältnis Heiztage zu Tage)

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

RH-Eingabe

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

Raumheizung

Allgemeine Daten

Wärmebereitstellung gebäudezentral

Abgabe

Haupt Wärmeabgabe

Systemtemperatur

Regelfähigkeit

Heizkostenabrechnung

Verteilung

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Außen- Durchmesser [mm]	Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	Leitungslängen lt. Defaultwerten konditioniert [%]
Verteilleitungen	Nein		0,0	Nein	0,00	0
Steigleitungen	Nein		0,0	Nein	0,00	0
Anbindeleitungen	Nein		0,0	Nein	0,00	

Speicher

Art des Speichers

Standort vstdwspeicher

Baujahr

Nennvolumen l Defaultwert

Bereitstellung

Standort Innerhalb d. therm. Gebäudehülle

Bereitstellungssystem

Energieträger

Modulierung mit Modulierungsfähigkeit

Heizkreis vhkbetriebsweise

Baujahr Kessel

Nennwärmeleistung 28,41 kW Defaultwert

Korrekturwert des Wärmebereitstellungssystems Kessel bei Volllast 100%	k_r	=	0,00%	Fixwert
Kesselwirkungsgrad entsprechend Prüfbericht Kesselwirkungsgrad bei Betriebsbedingungen Kessel bei Teillast 30%	$\eta_{100\%}$	=	0,0%	Defaultwert
	$\eta_{be,100\%}$	=	0,0%	
Kesselwirkungsgrad entsprechend Prüfbericht Kesselwirkungsgrad bei Betriebsbedingungen	$\eta_{30\%}$	=	0,0%	Defaultwert
	$\eta_{be,30\%}$	=	0,0%	
Betriebsbereitschaftsverlust bei Prüfung	$q_{bb,Pb}$	=	0,0%	Defaultwert

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Umwälzpumpe 0,00 W Defaultwert
Speicherladepumpe 0,00 W Defaultwert

WWB-Eingabe

Übungsversion_Musterhaus ohne Dämmung

Warmwasserbereitung

Allgemeine Daten

Wärmebereitstellung vwwbart
getrennt von Raumheizung

Abgabe

Heizkostenabrechnung

Wärmeverteilung ohne Zirkulation

Leitungslängen lt. Defaultwerten

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Außen- Durchmesser [mm]	Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	konditioniert [%]
Verteilleitungen	Nein		0,0	Nein	0,00	0
Steigleitungen	Nein		0,0	Nein	0,00	0
Stichleitungen					0,00	Material

Speicher

Art des Speichers

Standort vstdwspeicher

Baujahr 0

Nennvolumen 0 l Defaultwert

Täglicher Bereitschaftsverlust Wärmespeicher $q_{b,WS} = 0,00 \text{ kWh/d}$ Defaultwert

Bereitstellung

Bereitstellungssystem

Standort Innerhalb d. therm. Gebäudehülle

Energieträger

Modulierung mit Modulierungsfähigkeit

Beschickung

Baujahr Kessel

Nennwärmeleistung 28,41 kW Defaultwert

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Kesselpumpe 0,00 W Defaultwert

Ölpumpe 0,00 W Defaultwert

Speicherladepumpe 0,00 W Defaultwert

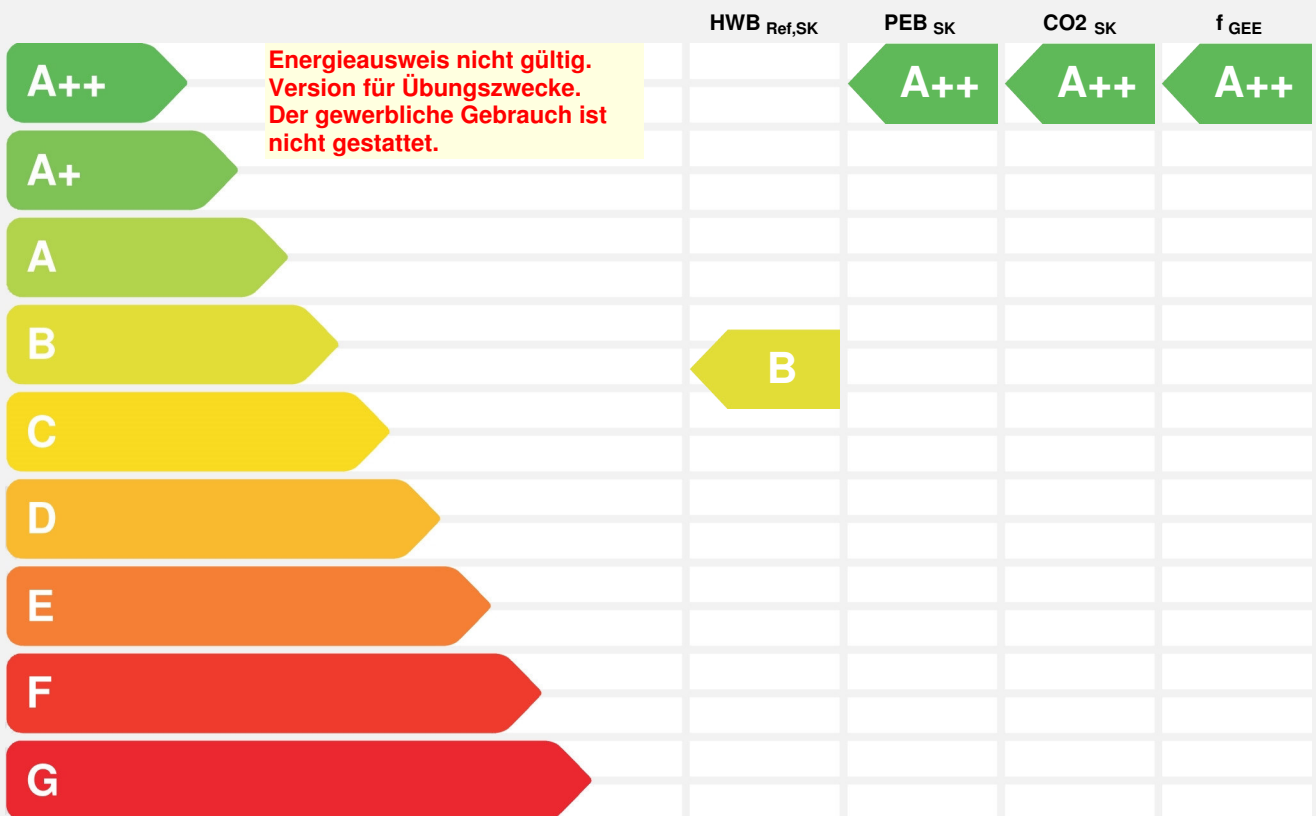
0,00 W Defaultwert

Energieausweis für Wohngebäude

BEZEICHNUNG Musterhaus mit Dämmung

Gebäude(-teil)		Baujahr	2018
Nutzungsprofil	Einfamilienhaus	Letzte Veränderung	
Straße	Domplatz 1	Katastralgemeinde	Salzburg
PLZ/Ort	5010 Salzburg	KG-Nr.	56537
Grundstücksnr.		Seehöhe	424 m

SPEZIFISCHER STANDORT-REFERENZ-HEIZWÄRMEBEDARF, STANDORT-PRIMÄRENERGIEBEDARF, STANDORT-KOHLENDIOXIDEMISSIONEN UND GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR



HWB_{Ref}: Der **Referenz-Heizwärmebedarf** ist jene Wärmemenge, die in den Räumen bereitgestellt werden muss, um diese auf einer normativ geforderten Raumtemperatur, ohne Berücksichtigung allfälliger Erträge aus Wärmerückgewinnung, zu halten.

WWWB: Der **Warmwasserwärmebedarf** ist in Abhängigkeit der Gebäudekategorie als flächenbezogener Defaultwert festgelegt.

HEB: Beim **Heizenergiebedarf** werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

HHSB: Der **Haushaltsstrombedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht in etwa dem durchschnittlichen flächenbezogenen Stromverbrauch eines österreichischen Haushalts.

EEB: Der **Endenergiebedarf** umfasst zusätzlich zum Heizenergiebedarf den Haushaltsstrombedarf, abzüglich allfälliger Endenergieerträge und zuzüglich eines dafür notwendigen Hilfsenergiebedarfs. Der Endenergiebedarf entspricht jener Energiemenge, die eingekauft werden muss (Lieferenergiebedarf).

f_{GEE}: Der **Gesamtenergieeffizienz-Faktor** ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

PEB: Der **Primärenergiebedarf** ist der Endenergiebedarf einschließlich der Verluste in allen Vorketten. Der Primärenergiebedarf weist einen erneuerbaren (PEB_{ern.}) und einen nicht erneuerbaren (PEB_{n.ern.}) Anteil auf.

CO₂: Gesamte dem Endenergiebedarf zuzurechnende **Kohlendioxidemissionen**, einschließlich jener für Vorketten.

Alle Werte gelten unter der Annahme eines normierten BenutzerInnenverhaltens. Sie geben den Jahresbedarf pro Quadratmeter beheizter Brutto-Grundfläche an.

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der OiB-Richtlinie 6 "Energieeinsparung und Wärmeschutz" des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vorlage-Gesetzes (EAVG). Der Ermittlungszeitraum für die Konversionsfaktoren für Primärenergie und Kohlendioxidemissionen ist 2004 - 2008 (Strom: 2009 - 2013), und es wurden übliche Allokationsregeln unterstellt.

Energieausweis für Wohngebäude

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	166 m ²	charakteristische Länge	1,31 m	mittlerer U-Wert	0,25 W/m ² K
Bezugsfläche	133 m ²	Heiztage	231 d	LEK _T -Wert	22,5
Brutto-Volumen	480 m ³	Heizgradtage	3615 Kd	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	367 m ²	Klimaregion	NF	Bauweise	schwer
Kompaktheit (A/V)	0,76 1/m	Norm-Außentemperatur	-12,7 °C	Soll-Innentemperatur	20 °C

ANFORDERUNGEN (Referenzklima)

Referenz-Heizwärmebedarf	k.A.	HWB _{Ref,RK}	40,7 kWh/m ² a
Heizwärmebedarf		HWB _{RK}	40,7 kWh/m ² a
End-/Lieferenergiebedarf	k.A.	E/LEB _{RK}	0,0 kWh/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	k.A.	f _{GEE}	0,00
Erneuerbarer Anteil	k.A.		

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Standortklima)

Referenz-Heizwärmebedarf	7 457 kWh/a	HWB _{Ref,SK}	44,8 kWh/m ² a
Heizwärmebedarf	7 457 kWh/a	HWB _{SK}	44,8 kWh/m ² a
Warmwasserwärmebedarf	0 kWh/a	WWWB	0,0 kWh/m ² a
Heizenergiebedarf	0 kWh/a	HEB _{SK}	0,0 kWh/m ² a
Energieaufwandszahl Heizen		e _{AWZ,H}	0,00
Haushaltsstrombedarf	2 733 kWh/a	HHSB	16,4 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	0 kWh/a	EEB _{SK}	0,0 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf	0 kWh/a	PEB _{SK}	0,0 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	0 kWh/a	PEB _{n.ern.,SK}	0,0 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf erneuerbar	0 kWh/a	PEB _{ern.,SK}	0,0 kWh/m ² a
Kohlendioxidemissionen	0 kg/a	CO ₂ _{SK}	0,0 kg/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor		f _{GEE}	0,00
Photovoltaik-Export		PV _{Export,SK}	

ERSTELLT

GWR-Zahl		ErstellerIn
Ausstellungsdatum	08.12.2018	
Gültigkeitsdatum	Energieausweis nicht gültig. Version für Übungszwecke. Der gewerbliche Gebrauch ist nicht gestattet.	Unterschrift

Die Energiekennzahlen dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Aufgrund der idealisierten Eingangsparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Insbesondere Nutzungseinheiten unterschiedlicher Lage können aus Gründen der Geometrie und der Lage hinsichtlich ihrer Energiekennzahlen von den hier angegebenen abweichen.

HWB_{SK} 45 **f_{GEE} -**

**Energieausweis nicht gültig. Version für Übungszwecke.
Der gewerbliche Gebrauch ist nicht gestattet.**

Ermittlung der Eingabedaten

Geometrische Daten:

Bauphysikalische Daten:

Haustechnik Daten:

Haustechniksystem

Raumheizung: Kein Wärmebereitstellungssystem erfasst

Warmwasser: Kein Wärmebereitstellungssystem erfasst

Lüftung: Fensterlüftung

Berechnungsgrundlagen

Der Energieausweis wurde mit folgenden ÖNORMen und Hilfsmitteln erstellt: GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at

Bauteile nach ON EN ISO 6946 / Fenster nach ON EN ISO 10077-1 / Erdberührte Bauteile detailliert nach ON EN ISO 13370 / Unkonditionierte Gebäudeteile vereinfacht nach ON B 8110-6 / Wärmebrücken pauschal nach ON B 8110-6 / Verschattung vereinfacht nach ON B 8110-6

Verwendete Normen und Richtlinien:

ON B 8110-1 / ON B 8110-2 / ON B 8110-3 / ON B 8110-5 / ON B 8110-6 / ON H 5055 / ON H 5056 / ON EN ISO 13790 / ON EN ISO 13370 / ON EN ISO 6946 / ON EN ISO 10077-1 / ON EN 12831 / OIB-Richtlinie 6 Ausgabe: März 2015 / ON EN ISO 13370

Gebäude Musterhaus mit Dämmung

Nutzungsprofil Einfamilienhaus

Gebäude(-teil)

Straße Domplatz 1

PLZ / Ort 5010 Salzburg

Erbaut im Jahr 2018

Einlagezahl

Grundbuch 56537 Salzburg

Grundstücksnr

Heizlast 4,5 kW

CE 499



Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile

U-Wert

erfüllt



Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz

Kennwert für den Wärmeschutz der Gebäudehülle

LEK_T 0,00 ≤ 24,00

nicht erfüllt

Primärenergieindikator

P_i 0,00 ≤ 48,00

nicht erfüllt

Berechnet lt. Verordnung der Salzburger Landesregierung S.BTV 2016, Anforderungen ab 1.1.2017



Anforderungen an Teile des gebäudetechnischen Systems

Vorlauftemperatur max. 55 °C

nicht erfüllt

Rücklauftemperatur max. 40 °C

nicht erfüllt



Anforderung an den sommerlichen Wärmeschutz

Der sommerliche Wärmeschutz ist einzuhalten. Berechnung nicht durchgeführt.

Der sommerliche Wärmeschutz gilt für Wohngebäude als erfüllt, wenn ausreichende Speichermassen im vereinfachten Nachweis gemäß ÖNORM B 8110-3 vorhanden sind.

Quelle: OIB-Richtlinie 6, Ausgabe: März 2015



Indikatoren für Baustoffe und Nachhaltigkeit

Baustoff-Primärenergieindikator	keine Angabe
Baustoff-Primärenergieindikator (30 Jahre)	keine Angabe
Nachhaltigkeits-Primärenergieindikator (30 Jahre)	keine Angabe

Es wird darauf hingewiesen, dass nur die angeführten Werte geprüft wurden.

Eingabedaten

Geometrische Daten
Bauphysikalische Daten
Haustechnik Daten

ErstellerIn

Datum, Stempel und Unterschrift

Gemäß S.BTV, Z 6 lit 1 wird die Erfüllung der baurechtlichen Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Bauten bestätigt.

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Bauteil Anforderungen

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

BAUTEILE		U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
AW01	Außenwand	0,15	0,35	Ja
DS01	Dachschräge hinterlüftet	0,15	0,20	Ja
EB01	erdanliegender Fußboden	0,30	0,40	Ja

FENSTER		U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
1,00 x 2,00 (unverglaste Tür gegen Außenluft)		1,10	1,70	Ja
Prüfnormmaß Typ 1 (T1) (gegen Außenluft vertikal)		0,84	1,40	Ja
Prüfnormmaß Typ 1 (T1) (Dachflächenfenster gegen Außenluft)		0,84	1,70	Ja

Einheiten: U-Wert [W/m²K] berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946

Quelle U-Wert max: OIB Richtlinie 6

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizlast Abschätzung

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

Bauherr		Baumeister / Baufirma / Bauträger / Planer			
Musterhaus ohne Dämmung Domplatz 1 5010 Salzburg		Tel.:			
Norm-Außentemperatur:	-12,7	V_B	479,50 m ³	l_c	1,31 m
Berechnungs-Raumtemperatur	20	A_B	366,72 m ²	U_m	0,25 [W/m ² K]
Standort: Salzburg		BGF	166,38 m ²		

Bauteile		Fläche	Wärmed.- koeffiz. U - Wert	Leitwerte
		A		
		[m ²]	[W/m ² K]	[W/K]
AW01	Außenwand	164,3	0,15	24,7
DS01	Dachschräge hinterlüftet	89,4	0,15	13,3
FE/TÜ	Fenster u. Türen	28,4	0,92	26,1
EB01	erdanliegender Fußboden	84,5	0,30	18,4
WB	Wärmebrücken (vereinfacht laut OIB)			8,7
	Summe OBEN-Bauteile	93,3		
	Summe UNTEN-Bauteile	84,5		
	Summe Außenwandflächen	164,3		
	Fensteranteil in Außenwänden 13,0 %	24,6		
	Fenster in Deckenflächen	3,8		
	Summe		[W/K]	91,1
	Spez. Transmissionswärmeverlust		[W/m ³ K]	0,19
	Gebäude-Heizlast Abschätzung	Luftwechsel = 0,40 1/h	[kW]	4,5
	Spez. Heizlast Abschätzung		[W/m ² BGF]	27,154

Die Gebäude-Heizlast Abschätzung dient als Anhaltspunkt für die Auslegung des Wärmeerzeugers.

Für die exakte Dimensionierung ist eine Heizlast-Berechnung nach ÖNORM H 7500 erforderlich.

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Bauteile

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

AW01 Außenwand			Dichte	Dicke	λ	d / λ
		von Innen nach Außen				
0	Innenputz		1 250	0,0100	0,700	0,014
0	Ziegel		800	0,2500	0,450	0,556
2142686796	AUSTROTHERM EPS F PLUS		16	0,1820	0,031	5,871
0	Außenputz		1 200	0,0200	0,360	0,056
		Rse+Rsi = 0,17	Dicke gesamt	0,4620	U-Wert	0,15
DS01 Dachschräge hinterlüftet			Dichte	Dicke	λ	d / λ
		von Außen nach Innen				
2142686796	AUSTROTHERM EPS F PLUS		16	0,1950	0,031	6,290
2142724417	Bausatzhaus Brettsperrholz (Fi/Ta)		475	0,0240	0,120	0,200
2142724418	Bausatzhaus Holz (Fi/Ta) gehobelt/tech.getr.[STEG]	*	475	0,1600	0,120	1,333
2142714767	Gipswandbauplatten (900 kg/m³)		900	0,0125	0,320	0,039
		Rse+Rsi = 0,2	Dicke gesamt	0,3915	U-Wert	0,15
EB01 erdanliegender Fußboden			Dichte	Dicke	λ	d / λ
		von Innen nach Außen				
0	Beton		2 400	0,2500	2,300	0,109
2142709465	ROOFMATE SL-AP (<=80mm)		33	0,1000	0,033	3,030
		Rse+Rsi = 0,17	Dicke gesamt	0,3500	U-Wert	0,30
ZD01 warme Zwischendecke			Dichte	Dicke	λ	d / λ
		von Innen nach Außen				
0	Decke		2 400	0,2500	2,300	0,109
		Rse+Rsi = 0,26	Dicke gesamt	0,2500	U-Wert	2,71

Dicke ... wärmetechnisch relevante Dicke

Einheiten: Dicke [m], Achsabstand [m], Breite [m], U-Wert [W/m²K], Dichte [kg/m³], λ [W/mK]

*... Schicht zählt nicht zum U-Wert #... Schicht zählt nicht zur OI3-Berechnung F... enthält Flächenheizung B... Bestandsschicht

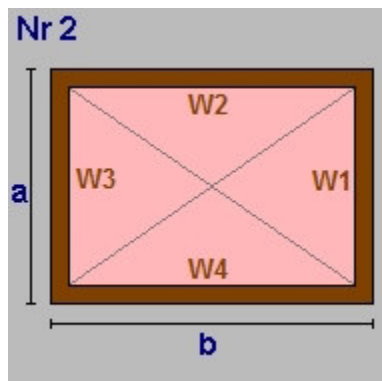
RTu ... unterer Grenzwert RT0 ... oberer Grenzwert laut ÖNORM EN ISO 6946

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Geometrieausdruck

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

EG Grundform

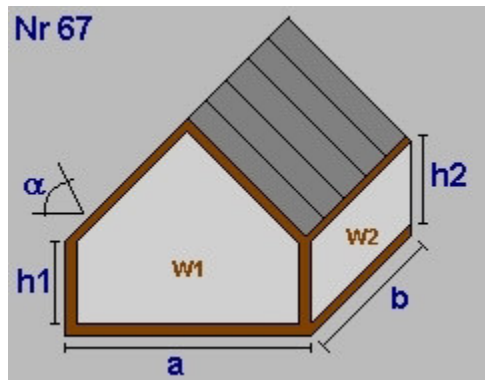


$a = 9,19$	$b = 9,20$	
lichte Raumhöhe = $2,50 + \text{obere Decke: } 0,25 \Rightarrow 2,75\text{m}$		
BGF	84,55m ²	BRI 232,51m ³
Wand W1	25,27m ²	AW01 Außenwand
Wand W2	25,30m ²	AW01
Wand W3	25,27m ²	AW01
Wand W4	25,30m ²	AW01
Decke	84,55m ²	ZD01 warme Zwischendecke
Boden	84,55m ²	EB01 erdanliegender Fußboden

EG Summe

EG Bruttogrundfläche [m²]:	84,55
EG Bruttorauminhalt [m³]:	232,51

DG Dachkörper



Dachneigung $\alpha(^{\circ})$ 25,00		
$a = 9,19$	$b = 9,20$	
$h1 = 1,50$	$h2 = 1,50$	
lichte Raumhöhe = $3,39 + \text{obere Decke: } 0,26 \Rightarrow 3,64\text{m}$		
BGF	84,55m ²	BRI 217,40m ³
Dachfl.	93,29m ²	
Wand W1	23,63m ²	AW01 Außenwand
Wand W2	13,80m ²	AW01
Wand W3	23,63m ²	AW01
Wand W4	13,80m ²	AW01
Dach	93,29m ²	DS01 Dachschräge hinterlüftet
Boden	-84,55m ²	ZD01 warme Zwischendecke

DG Summe

DG Bruttogrundfläche [m²]:	84,55
DG Bruttorauminhalt [m³]:	217,40

DG BGF - Reduzierung

BGF Reduzierung = BGF-Höhe kleiner 1.5 m

Reduzierung = -2,72 m²

Summe Reduzierung Bruttogrundfläche [m²]:	-2,72
---	--------------

Deckenvolumen EB01

Fläche 84,55 m² x Dicke 0,35 m = 29,59 m³

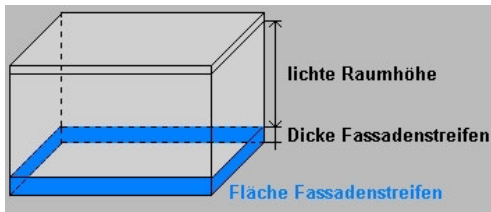
Bruttorauminhalt [m³]:	29,59
--	--------------

Geometrieausdruck

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

Fassadenstreifen - Automatische Ermittlung

Wand	Boden	Dicke	Länge	Fläche
AW01	- EB01	0,350m	36,78m	12,87m ²



Gesamtsumme Bruttogeschoßfläche [m²]: 166,38
Gesamtsumme Bruttorauminhalt [m³]: 479,50

erdberührte Bauteile

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

EB01 erdanliegender Fußboden 84,55 m²

Perimeterlänge 36,78 m

Wand-Bauteil AW01 Außenwand

Leitwert 18,42 W/K

Leitwerte lt. ÖNORM EN ISO 13370

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Fenster und Türen

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

Typ	Bauteil	Anz.	Bezeichnung	Breite m	Höhe m	Fläche m ²	U _g W/m ² K	U _f W/m ² K	PSI W/mK	Ag m ²	U _w W/m ² K	AxU _f W/K	g	fs
	Prüfnormmaß Typ 1 (T1)			1,23	1,48	1,82	0,60	1,20	0,028	1,32	0,84		0,50	
1,32														
N														
T1	EG AW01	2	1,20 x 1,50	1,20	1,50	3,60	0,60	1,20	0,028	2,34	0,92	3,31	0,50	0,85
	EG AW01	1	1,00 x 2,00	1,00	2,00	2,00					1,10	2,20		
T1	DG AW01	2	1,20 x 1,00	1,20	1,00	2,40	0,60	1,20	0,028	1,44	0,96	2,30	0,50	0,85
		5		8,00						3,78		7,81		
O														
T1	EG AW01	2	1,20 x 1,50	1,20	1,50	3,60	0,60	1,20	0,028	2,34	0,92	3,31	0,50	0,85
T1	DG DS01	2	Dachfenster	0,60	1,60	1,92	0,60	1,20	0,028	1,12	0,96	1,83	0,50	0,85
		4		5,52						3,46		5,14		
S														
T1	EG AW01	1	2,50 x 1,50	2,50	1,50	3,75	0,60	1,20	0,028	2,99	0,78	2,91	0,50	0,85
T1	EG AW01	1	1,60 x 2,00	1,60	2,00	3,20	0,60	1,20	0,028	2,34	0,85	2,71	0,50	0,85
T1	DG AW01	2	1,20 x 1,00	1,20	1,00	2,40	0,60	1,20	0,028	1,44	0,96	2,30	0,50	0,85
		4		9,35						6,77		7,92		
W														
T1	EG AW01	2	1,20 x 1,50	1,20	1,50	3,60	0,60	1,20	0,028	2,34	0,92	3,31	0,50	0,85
T1	DG DS01	2	Dachfenster	0,60	1,60	1,92	0,60	1,20	0,028	1,12	0,96	1,83	0,50	0,85
		4		5,52						3,46		5,14		
Summe		17		28,39						17,47		26,01		

U_g... Uwert Glas U_f... Uwert Rahmen PSI... Linearer Korrekturkoeffizient Ag... Glasfläche
g... Energiedurchlassgrad Verglasung fs... Verschattungsfaktor
Typ... Prüfnormmaßtyp

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Rahmen

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

Bezeichnung	Rb.re. m	Rb.li. m	Rb.o. m	Rb.u. m	%	Stulp Anz.	Stb. m	Pfost Anz.	Pfb. m	H-Sp. Anz.	V-Sp. Anz.	Spb. m	
Typ 1 (T1)	0,100	0,100	0,100	0,100	28								ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2
1,20 x 1,00	0,100	0,100	0,100	0,100	40			1	0,100				ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2
Dachfenster	0,100	0,100	0,100	0,100	42								ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2
1,20 x 1,50	0,100	0,100	0,100	0,100	35			1	0,100				ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2
2,50 x 1,50	0,100	0,100	0,100	0,100	20								ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2
1,60 x 2,00	0,100	0,100	0,100	0,100	27			1	0,100				ACTUAL CUBIC Holz-Alu Fensterrahmen Uf 1,2

Rb.li, re, o, u Rahmenbreite links, rechts, oben, unten [m]

Stb. Stulpbreite [m]

Pfb. Pfostenbreite [m]

Typ Prüfnormmaßtyp

H-Sp. Anz Anzahl der horizontalen Sprossen

V-Sp. Anz Anzahl der vertikalen Sprossen

% Rahmenanteil des gesamten Fensters

Spb. Sprossenbreite [m]

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizwärmebedarf Standortklima

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

Heizwärmebedarf Standortklima (Salzburg)

BGF	166,38 m ²	L _T	91,10 W/K	Innentemperatur	20 °C	tau	104,12 h
BRI	479,50 m ³	L _V	47,06 W/K			a	7,507

Monat	Tage	Heiz-tage	Mittlere Außen-temperatur °C	Ausnut-zungsgrad	Transmissions-wärme-verluste kWh	Lüftungs-wärme-verluste kWh	nutzbare Innere Gewinne kWh	nutzbare Solare Gewinne kWh	Verhältnis Heiztage zu Tage	Wärme-bedarf *) kWh
Jänner	31	31	-2,05	1,000	1 494	772	371	193	1,000	1 702
Februar	28	28	-0,18	1,000	1 236	638	335	281	1,000	1 258
März	31	31	3,63	0,998	1 109	573	371	396	1,000	916
April	30	30	8,01	0,981	787	406	353	447	1,000	394
Mai	31	11	12,60	0,786	502	259	292	429	0,361	14
Juni	30	0	15,66	0,493	285	147	177	254	0,000	0
Juli	31	0	17,44	0,285	173	90	106	157	0,000	0
August	31	0	16,92	0,352	209	108	131	185	0,000	0
September	30	8	13,77	0,742	409	211	267	331	0,257	6
Oktober	31	31	8,71	0,990	765	395	368	339	1,000	454
November	30	30	3,17	1,000	1 104	570	359	207	1,000	1 107
Dezember	31	31	-0,78	1,000	1 408	728	371	158	1,000	1 606
Gesamt	365	231			9 480	4 898	3 500	3 377		7 457

$$\text{HWB}_{\text{SK}} = 44,82 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

*) Wärmebedarf = (Verluste - nutzbare Gewinne) x (Verhältnis Heiztage zu Tage)

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Referenz-Heizwärmebedarf Standortklima

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

Referenz-Heizwärmebedarf Standortklima (Salzburg)

BGF	166,38 m ²	L _T	91,10 W/K	Innentemperatur	20 °C	tau	104,12 h
BRI	479,50 m ³	L _V	47,06 W/K			a	7,507

Monat	Tage	Heiz-tage	Mittlere Außen-temperatur °C	Ausnut-zungsgrad	Transmissions-wärme-verluste kWh	Lüftungs-wärme-verluste kWh	nutzbare Innere Gewinne kWh	nutzbare Solare Gewinne kWh	Verhältnis Heiztage zu Tage	Wärme-bedarf *) kWh
Jänner	31	31	-2,05	1,000	1 494	772	371	193	1,000	1 702
Februar	28	28	-0,18	1,000	1 236	638	335	281	1,000	1 258
März	31	31	3,63	0,998	1 109	573	371	396	1,000	916
April	30	30	8,01	0,981	787	406	353	447	1,000	394
Mai	31	11	12,60	0,786	502	259	292	429	0,361	14
Juni	30	0	15,66	0,493	285	147	177	254	0,000	0
Juli	31	0	17,44	0,285	173	90	106	157	0,000	0
August	31	0	16,92	0,352	209	108	131	185	0,000	0
September	30	8	13,77	0,742	409	211	267	331	0,257	6
Oktober	31	31	8,71	0,990	765	395	368	339	1,000	454
November	30	30	3,17	1,000	1 104	570	359	207	1,000	1 107
Dezember	31	31	-0,78	1,000	1 408	728	371	158	1,000	1 606
Gesamt	365	231			9 480	4 898	3 500	3 377		7 457

HWB_{Ref,SK} = 44,82 kWh/m²a

*) Wärmebedarf = (Verluste - nutzbare Gewinne) x (Verhältnis Heiztage zu Tage)

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizwärmebedarf Referenzklima

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

Heizwärmebedarf Referenzklima

BGF	166,38 m ²	L _T	91,10 W/K	Innentemperatur	20 °C	tau	104,12 h
BRI	479,50 m ³	L _V	47,06 W/K			a	7,507

Monat	Tage	Heiz-tage	Mittlere Außen-temperatur °C	Ausnut-zungsgrad	Transmissions-wärme-verluste kWh	Lüftung-wärme-verluste kWh	nutzbare Innere Gewinne kWh	nutzbare Solare Gewinne kWh	Verhältnis Heiztage zu Tage	Wärme-bedarf *) kWh
Jänner	31	31	-1,53	1,000	1 459	754	371	177	1,000	1 664
Februar	28	28	0,73	1,000	1 180	609	335	280	1,000	1 174
März	31	31	4,81	0,998	1 029	532	370	395	1,000	796
April	30	28	9,62	0,957	681	352	344	444	0,925	227
Mai	31	0	14,20	0,623	393	203	231	358	0,000	0
Juni	30	0	17,33	0,290	175	90	104	161	0,000	0
Juli	31	0	19,12	0,095	60	31	35	55	0,000	0
August	31	0	18,56	0,163	98	50	61	87	0,000	0
September	30	0	15,03	0,610	326	168	219	270	0,000	0
Oktober	31	31	9,64	0,984	702	363	365	329	0,990	366
November	30	30	4,16	1,000	1 039	537	359	185	1,000	1 031
Dezember	31	31	0,19	1,000	1 343	694	371	145	1,000	1 520
Gesamt	365	209			8 484	4 383	3 167	2 888		6 778

$$\text{HWB}_{\text{RK}} = 40,74 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

*) Wärmebedarf = (Verluste - nutzbare Gewinne) x (Verhältnis Heiztage zu Tage)

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Referenz-Heizwärmebedarf Referenzklima Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

Referenz-Heizwärmebedarf Referenzklima

BGF	166,38 m ²	L _T	91,10 W/K	Innentemperatur	20 °C	tau	104,12 h
BRI	479,50 m ³	L _V	47,06 W/K			a	7,507

Monat	Tage	Heiz- tage	Mittlere Außen- temperatur °C	Ausnut- zungsgrad	Transmissions- wärme- verluste kWh	Lüftung- wärme- verluste kWh	nutzbare Innere Gewinne kWh	nutzbare Solare Gewinne kWh	Verhältnis Heiztage zu Tage	Wärme- bedarf *) kWh
Jänner	31	31	-1,53	1,000	1 459	754	371	177	1,000	1 664
Februar	28	28	0,73	1,000	1 180	609	335	280	1,000	1 174
März	31	31	4,81	0,998	1 029	532	370	395	1,000	796
April	30	28	9,62	0,957	681	352	344	444	0,925	227
Mai	31	0	14,20	0,623	393	203	231	358	0,000	0
Juni	30	0	17,33	0,290	175	90	104	161	0,000	0
Juli	31	0	19,12	0,095	60	31	35	55	0,000	0
August	31	0	18,56	0,163	98	50	61	87	0,000	0
September	30	0	15,03	0,610	326	168	219	270	0,000	0
Oktober	31	31	9,64	0,984	702	363	365	329	0,990	366
November	30	30	4,16	1,000	1 039	537	359	185	1,000	1 031
Dezember	31	31	0,19	1,000	1 343	694	371	145	1,000	1 520
Gesamt	365	209			8 484	4 383	3 167	2 888		6 778

HWB_{Ref,RK} = 40,74 kWh/m²a

*) Wärmebedarf = (Verluste - nutzbare Gewinne) x (Verhältnis Heiztage zu Tage)

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

RH-Eingabe

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

Raumheizung

Allgemeine Daten

Wärmebereitstellung gebäudezentral

Abgabe

Haupt Wärmeabgabe

Systemtemperatur

Regelfähigkeit

Heizkostenabrechnung

Verteilung

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Außen- Durchmesser [mm]	Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	Leitungslängen lt. Defaultwerten konditioniert [%]
Verteilleitungen	Nein		0,0	Nein	0,00	0
Steigleitungen	Nein		0,0	Nein	0,00	0
Anbindeleitungen	Nein		0,0	Nein	0,00	

Speicher

Art des Speichers

Standort vstdwspeicher

Baujahr

Nennvolumen l Defaultwert

Bereitstellung

Standort Innerhalb d. therm. Gebäudehülle

Bereitstellungssystem

Energieträger

Modulierung mit Modulierungsfähigkeit

Heizkreis vhkbetriebsweise

Baujahr Kessel

Nennwärmeleistung 27,95 kW Defaultwert

Korrekturwert des Wärmebereitstellungssystems Kessel bei Volllast 100%	k_r	=	0,00%	Fixwert
Kesselwirkungsgrad entsprechend Prüfbericht Kesselwirkungsgrad bei Betriebsbedingungen Kessel bei Teillast 30%	$\eta_{100\%}$	=	0,0%	Defaultwert
	$\eta_{be,100\%}$	=	0,0%	
Kesselwirkungsgrad entsprechend Prüfbericht Kesselwirkungsgrad bei Betriebsbedingungen	$\eta_{30\%}$	=	0,0%	Defaultwert
	$\eta_{be,30\%}$	=	0,0%	
Betriebsbereitschaftsverlust bei Prüfung	$q_{bb,Pb}$	=	0,0%	Defaultwert

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Umwälzpumpe 0,00 W Defaultwert
Speicherladepumpe 0,00 W Defaultwert

WWB-Eingabe

Übungsversion_Musterhaus mit Dämmung

Warmwasserbereitung

Allgemeine Daten

Wärmebereitstellung vwwbart
getrennt von Raumheizung

Abgabe

Heizkostenabrechnung

Wärmeverteilung ohne Zirkulation

Leitungslängen lt. Defaultwerten

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Außen- Durchmesser [mm]	Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	konditioniert [%]
Verteilleitungen	Nein		0,0	Nein	0,00	0
Steigleitungen	Nein		0,0	Nein	0,00	0
Stichleitungen					0,00	Material

Speicher

Art des Speichers

Standort vstdwspeicher

Baujahr 0

Nennvolumen 0 l Defaultwert

Täglicher Bereitschaftsverlust Wärmespeicher $q_{b,WS} = 0,00 \text{ kWh/d}$ Defaultwert

Bereitstellung

Bereitstellungssystem

Standort Innerhalb d. therm. Gebäudehülle

Energieträger

Modulierung mit Modulierungsfähigkeit

Beschickung

Baujahr Kessel

Nennwärmeleistung 27,95 kW Defaultwert

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Kesselpumpe 0,00 W Defaultwert

Ölpumpe 0,00 W Defaultwert

Speicherladepumpe 0,00 W Defaultwert

0,00 W Defaultwert