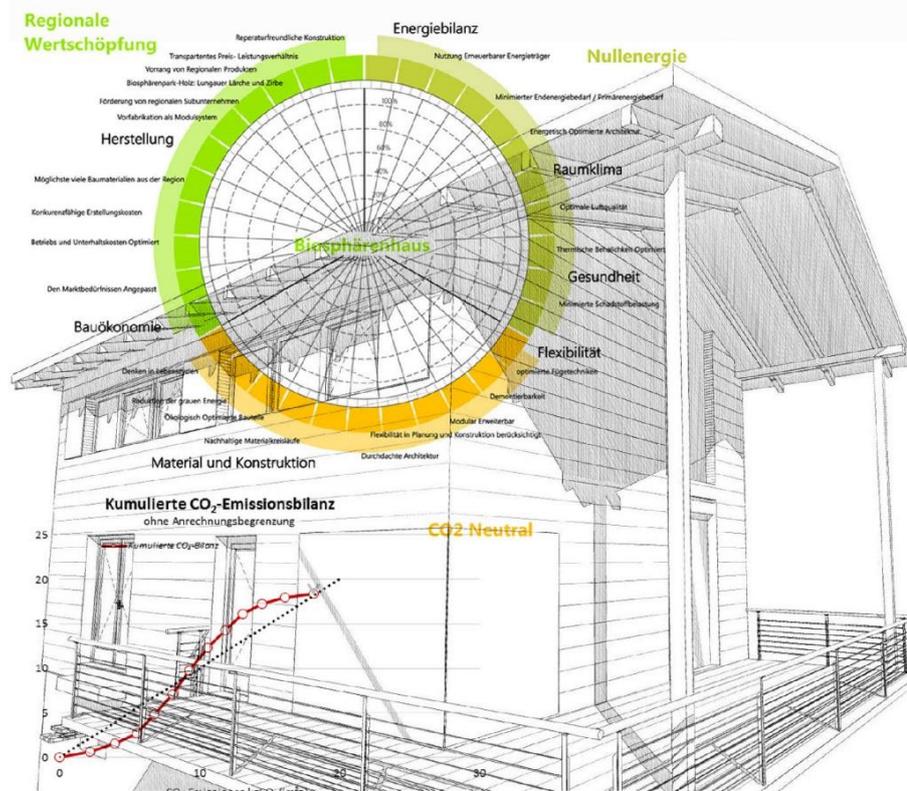


RWF Coachingprojekt Biosphärenhaus Lungau

Fachhochschule Salzburg GmbH
Studiengang Smart Building
Energieeffiziente Gebäudetechnik und nachhaltiges Bauen



RWF Coachingprojekt

Biosphärenhaus Lungau

Fachhochschule Salzburg GmbH
Studiengang Smart Building
Energieeffiziente Gebäudetechnik und nachhaltiges Bauen

DI Markus Leeb

DI DI Dr. Thomas Reiter

DI Tobias Weiß

Bachelorarbeiten des Studiengangs Holzbau & Holztechnologie
die in den Projektendbericht eingeflossen sind:

Vergleich kontrollierter Wohnraumlüftungen unterschiedlicher Hersteller am Beispiel eines Einfamilienhauses hinsichtlich ihrer energetischen Eigenschaften - Reinhard Rieseneder BSc
„Biosphärenhaus in Holzmassivbauweise“ - Vera Kugelmann BSc (Studiengang HTB, Kuchl)

Betreuer der Semesterarbeiten für das Projekt „ Biosphärenhaus“
im Wintersemester 2013 – Studiengang Holzbau und Holztechnologie
Arch. DI Georg Scheicher
DI Ronald Setznagl

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms zur Stärkung
der Wettbewerbsfähigkeit der Region Salzburg - RWF



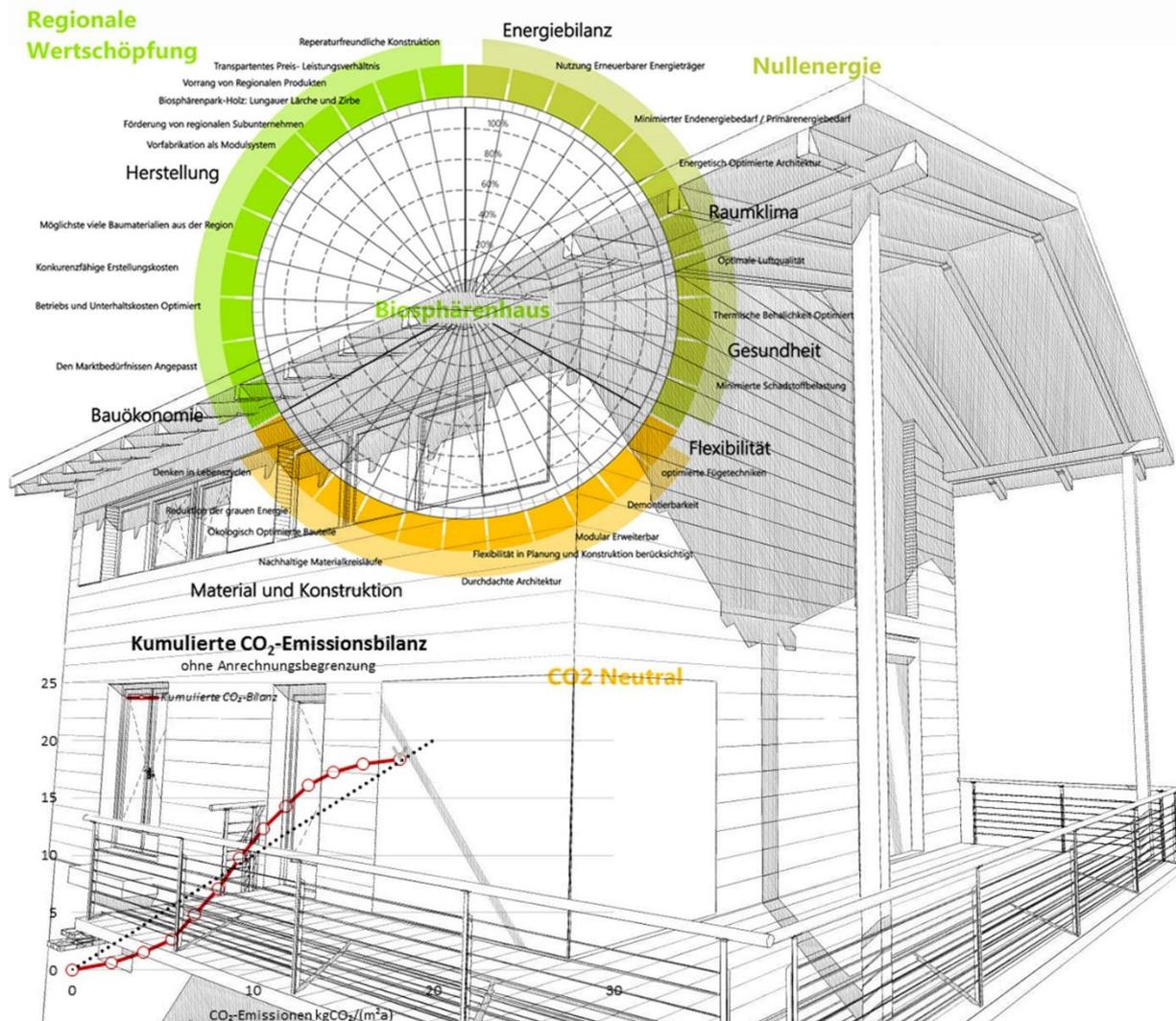
EUROPAISCHE UNION
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung
Förderungen für Salzburg



im Auftrag der Firma Ehrenreich Bau GmbH

Vorwort

Ziel der mit der gegenständlichen Richtlinie geförderten Maßnahmen/Projekte ist es, einen Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung des Programms "Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Region Salzburg 2007 - 2013" (im Folgenden kurz: "Programm regionale Wettbewerbsfähigkeit") zu leisten. Das Programm soll zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Salzburg und einer Verankerung einer innovations- und wissensorientierten Wirtschaft in Salzburg beitragen, wobei folgende Zielsetzungen verfolgt werden: - „Dienstleistungs-, Produkt- und Produktionsintelligenz in relevanten Projekten und Themenfeldern unterstützen - Neue Produkte und Verfahren sowie Modellprojekte in Salzburg hervorbringen - Neue Unternehmen für Innovationen und F&E - Aktivitäten gewinnen sowie private Investitionen für Innovationen induzieren Die Ziele sollen durch die Kernstrategien - Stärkung der Innovationskraft von Unternehmen nach Zielgruppen (Schwellenbetriebe, Leitunternehmen) - Entwicklung von Themen zur Schaffung kritischer Größen und zur Stärkung der Dienstleistungs-, Produkt- und Produktionsintelligenz - Regionale Differenzierung der Innovationsförderung entsprechend der Ausgangssituation und zur bedarfsgerechten Mobilisierung der Innovationspotentiale erreicht werden. Dabei orientiert sich das Programm an den Grundprinzipien: - Verbesserung des Zugangs zu Wissen für innovationsorientierte Unternehmen - Förderung des nachhaltigen Wirtschaftens durch Ökoinnovationen und Diffusion in Umwelttechnologien - Berücksichtigung geschlechterspezifischer Wirkungen bei Projekten, wo immer dies möglich ist - Unterstützung von Lernprozessen durch Pilotaktionen Zur Umsetzung des Programms wurden zwei Prioritätsachsen (PA 1 „Stärkung der innovations- und wissensbasierten Wirtschaft“ und PA 2 „Innovationsorientierte Entwicklung in den südlichen Landesteilen“) eingerichtet. Mit dieser Richtlinie können aber auch unter Punkt 4. „Förderungsgegenstand“ angeführte Maßnahmen ohne EU - Kofinanzierung, also außerhalb des „Programms regionale Wettbewerbsfähigkeit“, gefördert werden, sofern das Projekt im Fördergebiet umgesetzt wird und die Zielsetzungen der jeweiligen Prioritätsachse bzw. der jeweiligen Maßnahme erfüllt.



Quelle: © FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	7
1 Einleitung / Projektverlauf	8
2 Grundlagen	10
2.1 Die Biosphäre	10
2.2 Biosphärenpark Lungau	11
2.3 Qualitätsdefinition des Biosphärenhauses	12
3 Regionale Baustoffe	14
3.1 Regionale Wertschöpfung im Lungau	14
3.2 Fertighaus Ehrenreich – Analyse der Baumaterialien und Herkunft	16
3.3 Forcierung regionaler Materialien und Minimierung der Transportwege	19
4 Ökologische Bewertung	22
4.1 Ökologische Dämmstoffe	22
(Auszug aus der Bachelor Arbeit von Vera Kugelman BSc)	22
4.1.1 Übersicht Dämmstoffe und Anwendungsgebiete	22
4.1.2 Kosten der Dämmstoffe	25
4.1.3 OI3 Bewertung Aussendämmung Biosphärenhaus	26
4.1.4 OI3 Wert Musterhaus in Abhängigkeit der Dämmstoffe	27
4.2 Ökologischer Bauteilvergleich	27
4.2.1 Außenwandaufbau der Firma Ehrenreich BauGmbH	28
4.2.2 Außenwandaufbau der Firma Hartlhaus	29
4.2.3 Außenwandaufbau der Firma Vario	30
4.2.4 Außenwandaufbau der Firma Wolf	31
4.2.5 Außenwandaufbauten im Öko - Vergleich	32
4.2.6 Ökologische Optimierung Außenwand System Ehrenreich AW01.A Var01	33
4.2.7 Ökologische Optimierung Außenwand System Ehrenreich AW01.B Var02	34
4.2.8 Ökologisch Optimierte Außenwand Systeme im Vergleich	35
4.2.9 Geschoßdecke System Ehrenreich	39
4.2.10 Geschoßdecke System Ehrenreich Ökologisch optimiert	40

4.2.11	Geschoßdecke System Ehrenreich Ökologisch optimiert.....	41
5	Energieeffizienz	42
5.1	Optimierung Heizwärmebedarf.....	42
5.2	Nullenergieabschätzung	46
5.2.1	Var 01: „Das „nur Strom Haus“	46
5.2.2	Var 02: Photovoltaik, Solarthermische Kollektoren zur Brauchwassererwärmung Heizungsunterstützung und Pelletheizung.....	49
5.3	Vergleich kontrollierter Wohnraumlüftungen (Studentenarbeit Reinhard Rieseneder BSc, Betreuer DI Markus Leeb).....	52
5.3.1	Produktevergleich nach Herstellerdaten	52
5.3.2	Anwendung im Musterhaus.....	57
6	Zertifizierung des Biosphärenhauses.....	68
6.1	Klima:Aktiv Bronze „Muss-Kriterien“ – Erfüllungsgrad Fertighaus Ehrenreich.....	69
6.2	Klima:Aktiv Silber Zertifikat (Erfüllungsgrad Fertighaus Ehrenreich).....	71
6.3	Klima:Aktiv Gold Zertifikat (Erfüllungsgrad Fertighaus Ehrenreich)	73
7	Schlussfolgerung zu den Projektergebnissen	74
8	Ausblick und weitere Umsetzungsplanung.....	75
9	Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis	76
9.1	Abbildungsverzeichnis.....	76
9.2	Tabellenverzeichnis.....	79
9.3	Literaturverzeichnis	79

Kurzfassung

Anlässlich der Verleihung des Prädikats "Biosphärenpark" an die Region Lungau durch die UNESCO will die Firma Ehrenreich Bau GmbH gemeinsam mit der Fachhochschule Salzburg – Studiengang Smart Building, das Biosphärenkonzept umsetzen. Das Konzept soll in Form eines innovativen, nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Fertighauses als neues Produkt auf dem Fertighausmarkt entwickelt werden. Ein hoher regionaler Wertschöpfungsanteil, die CO₂ neutrale Herstellung des Gebäudes, Nahe-Nullenergie im Betrieb sowie Wohn- und Lebensqualität mit hohem Vorfertigungsgrad gelten als Basis dieses innovativen Projekts. Zusätzlich wurden auch Studierende der Studiengänge Smart Building sowie Holztechnologie & Holzbau in das, durch das Land Salzburg geförderte gemeinsame Forschungsvorhaben, miteingebunden.

1. Regionale Wertschöpfung

Übergeordnetes Ziel des Projekts ist es, die einzigartige Landschaft des Lungaus und die sauberen Energiequellen wie Holz, Sonne, Wasser und Biomasse als die wichtigsten regionalen Ressourcen zu nutzen. Dabei wird auch die soziale und regionale Identität der BewohnerInnen als „Ressource“ begriffen. Bei den verwendeten Bauprodukten aus Holz wurden für das Fertighaus bereits traditionell größtenteils regionale Produzenten herangezogen. Viele andere im Fertighaus verwendete Bauprodukte, wie Dämmstoffe, Fenster, Folien und Abdichtungsbahnen wurden aus größerer Entfernung zum Standort der Firma gebracht. Das Ziel ist es, die Transportwege so gering wie möglich zu halten und durch alternative Materialien und lokale Anbieter die Wertschöpfung in der Region zu stärken. Basierend auf einer Firmen- und Produktrecherche von lokal im Biosphärenpark verfügbaren Bauprodukten und Dienstleistungen können die im Fertighaus verwendeten Bauprodukte fast ausschließlich über regional im Lungau verfügbare Alternativen gedeckt werden.

2. CO₂ neutrale Herstellung

Der Weg zur CO₂ neutralen Herstellung eines Fertighauses, bedeutet die Kompensation sämtlicher für die Herstellung des Baus notwendigen CO₂ Belastungen durch den maximalen Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen als CO₂- Speicher. Um dieses Ziel der CO₂-neutralen Herstellung zu erreichen wurden beispielsweise ökologische Alternativen zu denen im Holzfertighaus verwendeten konventionellen Dämmstoffen mit seinen weiten Transportwegen, in Form von Schafwolle direkt in der Region, gefunden. Schafwolle als Nebenprodukt der Produktion von Schaffleisch wurde im Lungau bisher kaum genutzt obwohl sie traditionell weit verbreitet und in größeren Mengen verfügbar ist. Durch diese Maßnahmen lässt sich die Ökobilanz des Gebäudes gegenüber konventionellen Fertighäusern um ein vielfaches verbessern und bis zur völligen CO₂- Neutralität in der Herstellung optimieren.

3. Nullenergie / Nullemissionen im Betrieb

Das zukünftige Musterhaus im Biosphärenpark ist als Niedrigstenergiegebäude konzipiert und soll mit solartechnischen Anlagen für die Warmwasser- und Stromgewinnung ausgestattet werden. Für den Betrieb kann dann der externe Energiebezug des Gebäudes im Jahresmittel durch

den eigenen Energiegewinn durch erneuerbare Energien aufgewogen werden. Wer zukünftig ein solches „Biosphärenpark- Nullemissionsgebäude“ reduziert die Umweltbelastungen durch die Herstellung und Betrieb des Gebäudes gemäß der Biosphärenidee auf ein Minimum.

1 Einleitung / Projektverlauf

Mit der Verleihung des Prädikats "Biosphärenpark" an die Region Lungau durch die UNESCO will die Firma Ehrenreich Bau GmbH das Biosphärenkonzept in Form eines innovativen, nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Fertighauses als neues Produkt umsetzen.

Das Projekt zielt dabei auf eine hohe Ökologische Qualität, Energieeffizienz sowie Wohn- und Lebensqualität. Ein hoher Vorfertigungsgrad und hohem regionalen Wertschöpfungsanteil gelten als Basis des Projekts. Das regionale Fertighaus soll soweit als möglich mit Materialien und Handwerkern aus dem Lungau hergestellt werden.

Neben der bautechnischen Entwicklung des Fertighausystems mit immer höheren Vorfertigungsgraden im Werk will die Firma Ehrenreich einen innovativen Neuzugang verwirklichen. Dabei sollen die Themen Nachhaltigkeit, Öko- und Energieeffizienz mit modernen Technologien und naturnahen Materialien wettbewerbsfähig verbunden werden. Auch smarte Baukonzepte, integrale Planungszugänge und Haustechniklösungen sollen im gegenständlichen Projekt miteinander verbunden werden.

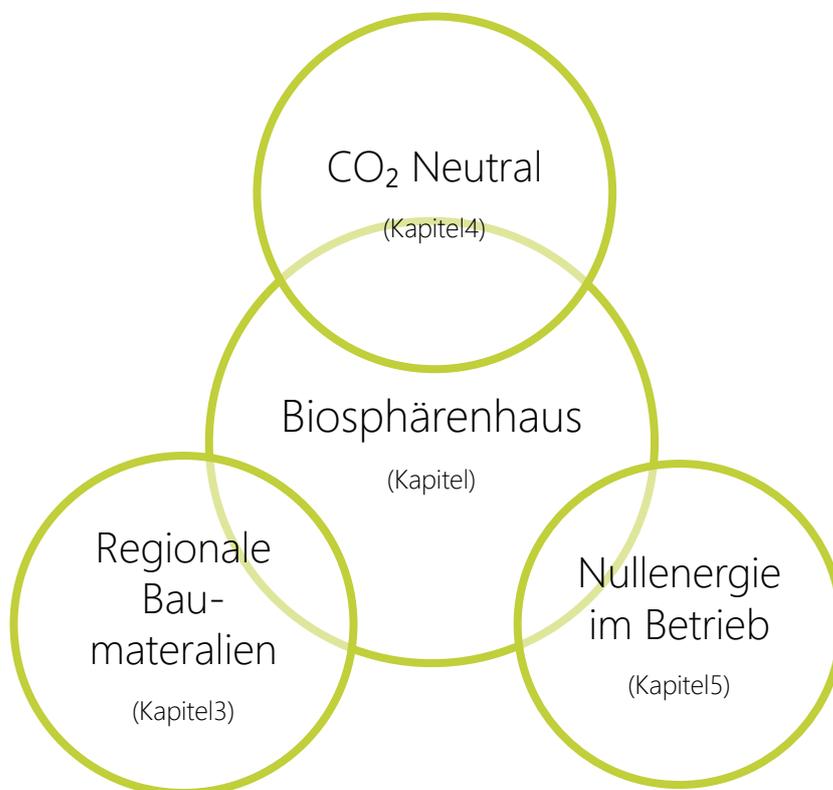


Abbildung 1: Das Biosphärenkonzept (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

Die Entwicklungsarbeit der Fachhochschule Salzburg ist in folgende Schritte gegliedert: Innovationsansatzverdichtung, Problemanalyse und Bewertung, Produktentwicklungsprozess und Produktkonzept mit Umsetzungsmaßnahmenplan. Zusätzlich wurden auch Studierende der Studiengänge Smart Building - Energieeffiziente Gebäudetechnik und Nachhaltiges Bauen sowie Holztechnologie & Holzbau in das gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsvorhaben eingebunden.

Mit dem Coachingprojekt soll durch die Expertise und Entwicklungsarbeit der Fachhochschule Salzburg der Innovationsprozess bis hin zum Produktkonzept ermöglicht werden.

2 Grundlagen

2.1 Die Biosphäre



Biosphärenreservate, welche in Österreich Biosphärenparks genannt werden wurden im Jahr 1976 von der UNESCO eingeführt. Das Konzept der UNESCO-Biosphärenparks steht im Zentrum des Programms „Der Mensch und die Biosphäre“ (Kammann und Lutz 2007) welches sich auf die internationale Zusammenarbeit der Umweltforschung ausrichtet. Dadurch sollen natürliche Lebensgrundlagen und die Erhaltung der Artenvielfalt gesichert werden. Die

Biosphärenparks sind international repräsentative Land-, Wasser-, oder Küstenregionen, in denen nachhaltige Entwicklung gelebt wird und biologische Vielfalt sowie regionale kulturelle Werte bewahrt werden. Damit stehen Biosphärenparks für das Zusammenleben von Mensch und Natur und erfüllen zudem drei grundlegende Funktionen:

- Schutz von großflächigen Ökosystemen und Landschaften
- Entwicklung durch die Förderung nachhaltiger wirtschaftlicher Regionalentwicklung
- Aufbau eines internationalen Netzwerks für Forschung

In Österreich gibt es derzeit sieben Biosphärenparks welche im Gebirge sowie im Übergangsbereich zwischen den östlichen Ausläufern der Nordalpen liegen.

(Kammann und Lutz 2007)

Gebietsname/Bundesland	Jahr der UNESCO Anerkennung	Fläche (in ha)	Schwerpunkte
Neusiedler See (B)	1977	25.000	Naturschutz und Tourismus
Gossenköllesee (T)*	1977	85	Forschung*
Lobau (W)	1977	1.037	Naturschutz und Naherholung
Gurgler Kamm (T) *	1977	1.500	Forschung*
Großes Walsertal (V)	2000	19.200	Nachhaltige Regionalentwicklung
Wienerwald (N, W)	2005	105.645	Naturschutz und nachhaltige Entwicklung
Salzburger Lungau & Kärntner Nockberge (S, K)	2012	149.000	Naturschutz und Tourismus

- * Biosphärenparks in Tirol (Gossenköllesee, Gurgler Kamm) verlieren Ihren Status Ende 2014

Tabelle 1: Biosphärenparks in Österreich (Umweltbundesamt Österreich 2014)

2.2 Biosphärenpark Lungau



Der Biosphärenpark Salzburger Lungau und Kärntner Nockberge ist der größte Biosphärenpark in Österreich. Ausgezeichnet wird der Lungau durch seine Vielfalt auf engstem Raum, denn durch die kleinräumige Land- und Forstwirtschaft gibt es dort noch viele seltene Tier- und Pflanzenarten, welche im restlichen Österreich bereits vom Aussterben bedroht sind. Um diese zu erhalten und eine naturbelassene Entwicklung der Landschaft zu ermöglichen, sind die Flächen bereits bestehende Naturschutzgebiete oder wurden von den Eigentümern freiwillig zur Verfügung gestellt. Auf diesen Flächen darf außer einer extensiven, pfleglichen und traditionellen Nutzung keine weitere Nutzung erfolgen. Die heimische Bevölkerung strebt mithilfe kompetenter Unterstützung eine nachhaltige Entwicklung im Bereich Land- und Forstwirtschaft, Tourismus, Gewerbe, Handwerk, Bildung, Kultur und Brauchtum an, denn durch die Verleihung des Prädikates Biosphärenhaus hat der Lungau ein Alleinstellungsmerkmal was zudem auch den Wert der Region steigert. (Vgl. Biosphärenparkmanagement Lungau 2012)

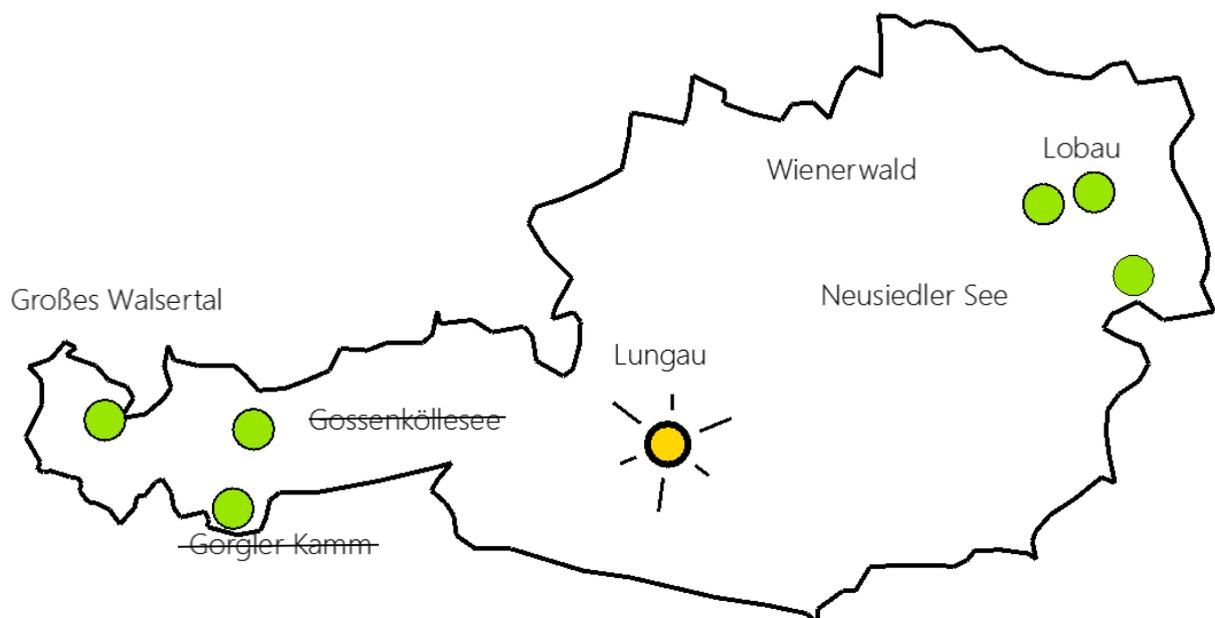


Abbildung 2: Biosphärenparks in Österreich (Datenquelle: Umweltbundesamt Österreich 2014)

2.3 Qualitätsdefinition des Biosphärenhauses

Im Zuge der Projektbesprechungen mit der Firma Ehrenreich von August 2013 - Juni 2014 sowie Erkenntnissen der Protokolle der Arbeitsgruppe „Biosphäre“ der Bewohner im Lungau aus den Jahren 2012 - 2013 wurden die ca. 26 unterschiedlichen Themenfelder und Ideen für das Biosphärenhaus in drei Hauptkriterien zusammengefasst:

- Regionale Wertschöpfung
- CO₂- Neutrale Herstellung
- Nullenergie im Betrieb

Auf Basis dieses Grobkonzepts wurde eine weitere Bewertungsmatrix entwickelt. Diese „Kreisgrafik“ – Abb.3 beschreibt und bewertet die Qualität vom Biosphärenhauskonzept. Mit Hilfe des Werkzeugs werden Gesamtzusammenhänge sichtbar und die Komplexität der Biosphärenidee wird erfasst und visualisiert.

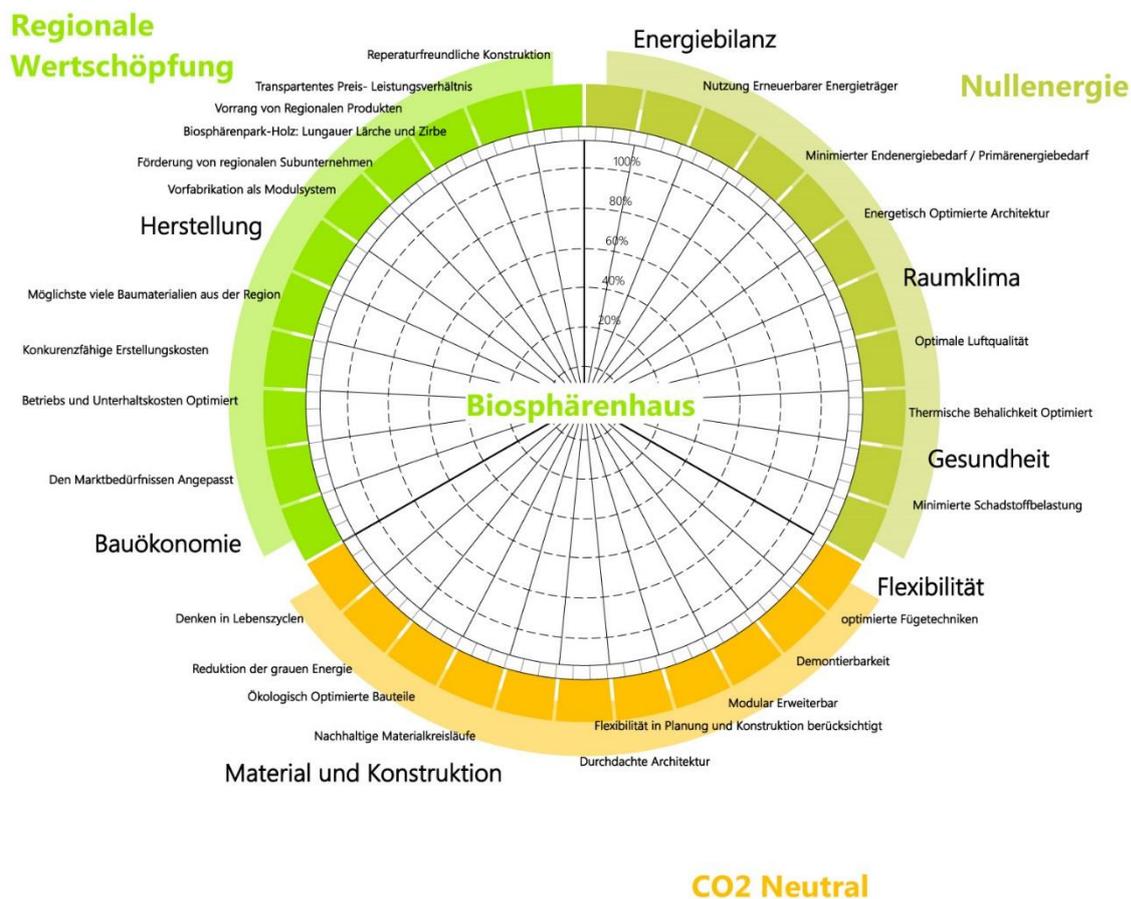


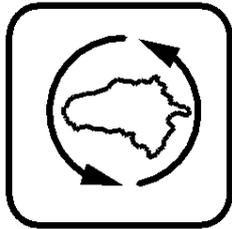
Abbildung 3: Das Biosphärenkonzept – Bewertungsmatrix (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

Die die Abb. 3 dargestellte Bewertungsmatrix gibt dem Bauherrn die Möglichkeit, die Erfüllung der eigenen Ansprüche nachzuvollziehen und diese Qualität auch nach außen darzustellen. Außerdem ist kann sie für die Fa. Ehrenreich ein als Marketing-Instrument genutzt werden.

Das Werkzeug ist als Entwurfshilfsmittel für die Firma Ehrenreich und Ihre Kunden zu verstehen. Dabei erhält jeder der 26 Themenfelder einen „Erfüllungsgrad“ in Abhängigkeit der Wichtigkeit. Diese Werte sind nicht allgemein, sondern nur für die jeweilige individuelle Situation der zukünftigen Kunden gültig. Die „Erfüllungsgrade“ können in der Kreisgrafik eingetragen werden, bzw. als Entscheidungshilfe herangezogen werden. Synergien und Zielkonflikte zwischen einzelnen Anforderungen werden somit besser erkennbar und können gemeinsam mit der Firma Ehrenreich und künftigen Kunden diskutiert und vermieden werden.

3 Regionale Baustoffe

3.1 Regionale Wertschöpfung im Lungau



„Die Holzproduktion und -verarbeitung stellen wichtige Einkommensquellen für die regionale Wirtschaft im Lungau dar, fast 50% der Fläche ist Waldfläche. Der Beitrag zur regionalen Bruttowertschöpfung im Primärsektor liegt bei gut einem Drittel und stellt neben der Milchproduktion das zweite Standbein der regionalen land- und forstwirtschaftlichen Aktivitäten dar. [...] 51% der Waldfläche ist Kleinwald und wird meist von Landwirten bewirtschaftet. Die größten Waldeigentümer sind die Österreichischen Bundesforste mit 32%. Die restlichen 16% der Waldfläche gehören anderen (großen) Forstunternehmen, wie der Fürstlichen Schwarzenberg'schen Familienstiftung“ (Machold und Dax, 2008).

Die folgende Abbildung zeigt unter Verwendung von Informationen der Waldinventur und Einschätzungen von ExpertInnen in schematischer Form die Wertschöpfungskette Holz im Lungau.

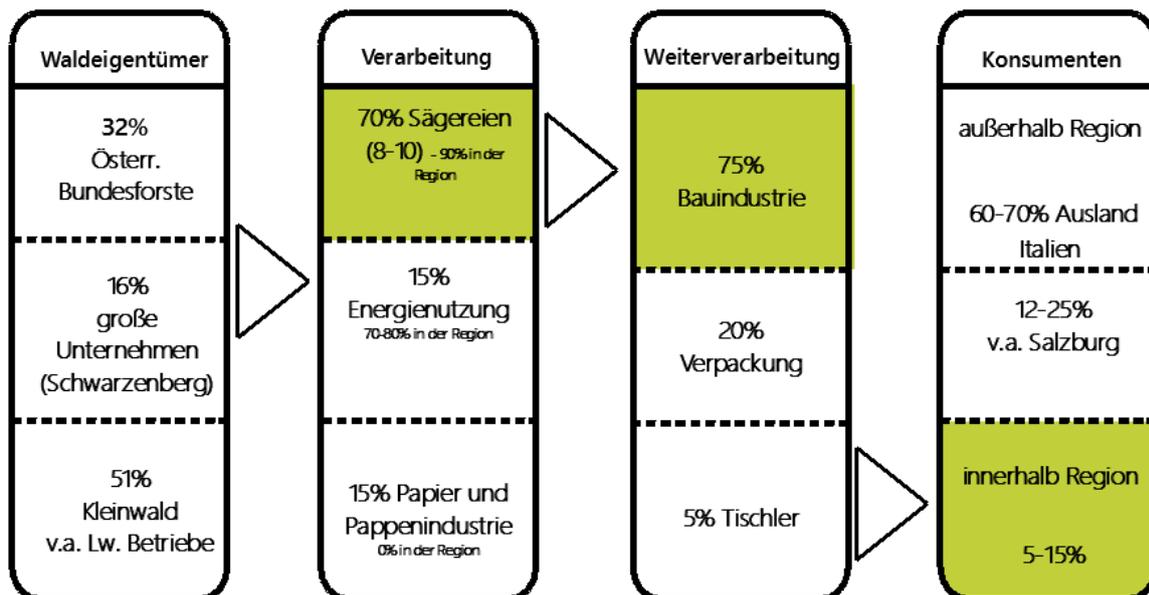


Abbildung 4: Wertschöpfungskette Holz, Lungau (MACHOLD und DAX, 2008) Die Holzproduktion der Region liegt durchschnittlich bei 161.000 Vorratsfestmeter pro Jahr (ÖWI 2002).

Der größte Teil der Holzproduktion des Lungaus wird in der Region bearbeitet. Etwa 70% der regionalen Holzproduktion wird in Sägereien weiterverarbeitet, davon 90% in den rund zehn Sägereien der Region. Die Sägereien verkaufen das verarbeitete Holz an ihre größten Abnehmer, die Bauindustrie (75%), an die Verpackungsindustrie (20%) und besondere Qualitäten an MöbelbauerInnen und TischlerInnen (5%) weiter. Der größte Markt dafür liegt in Italien, Deutschland und der Schweiz. Nur rund 5-15% des verarbeiteten

Holz bleibt bei KonsumentInnen in der Region, 15-25% in Österreich, der Großteil davon hauptsächlich in Salzburg. Der große räumliche Aktionsradius des Absatzes deutet darauf hin, dass der regionale Markt nur einen untergeordneten Teil für die Marketingüberlegungen der Verarbeitungsindustrie einnehmen kann (Machold und Dax, 2008).

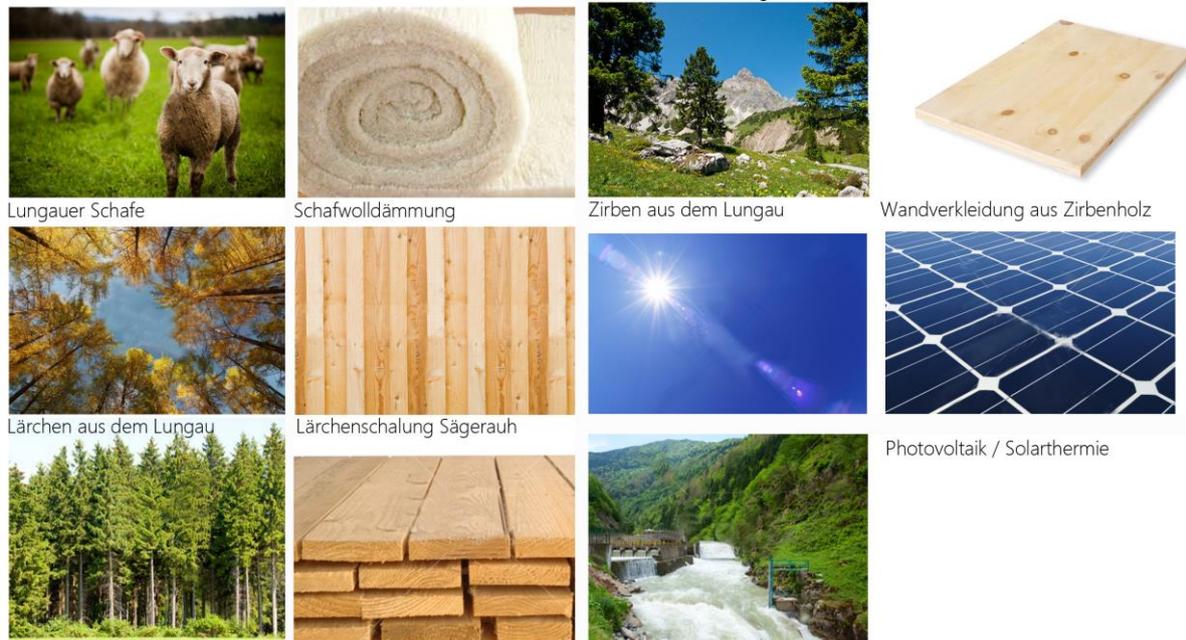
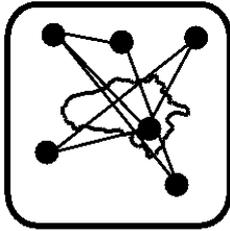


Abbildung 5: Regionale Erneuerbare Ressourcen aus dem Lungau (Bildquelle: Istock Fotos, eigene Aufnahmen)

Die Kernfragen der Lungauer lauten: Wie können für das Biosphärenhaus regionale Möglichkeiten ausgeschöpft werden, um sinnvolle Produkt- und Dienstleistungsketten zu schaffen? Wie können bestehende Netzwerke erweitert und ausgedehnt werden?

Nachhaltig ist es die einzigartige Landschaft des Lungaus und die erneuerbaren Energiequellen wie Holz, Sonne, Wasser und Biomasse als die wichtigsten regionalen Ressourcen zu nutzen und dabei auch die soziale und regionale Identität ihrer BewohnerInnen als „Ressource“ zu begreifen. Wenn es gelingt eine für den Lungau typische nachhaltige Produkt- und Dienstleistungsketten aufzubauen, dann bleibt auch die fragile Umwelt eher im Gleichgewicht. Die Transportwege werden kürzer und es werden Jobs geschaffen, die der Biodiversität der Alpen Rechnung tragen und angesichts fortschreitender Globalisierung und Liberalisierung des Weltmarkts wenig krisenanfällig wären (Vgl. Stammtischprotokoll St. Maragethen im Lungau, 11/2012).

3.2 Fertighaus Ehrenreich – Analyse der Baumaterialien und Herkunft



Anhand einer Auflistung der Materialien der Firma Ehrenreich, die für den Bau eines Standardfertighauses benötigt werden, wurden die Materialkreisläufe bis zur Errichtung der Fertigteile im Werk in Tamsweg untersucht. Tabelle 2 beinhaltet die primären Materialien der Gebäudehülle, unterteilt in diverse Anbieter, deren Produktionsstandort, sowie die Entfernung zur Fa. Ehrenreich:

Material	Anbieter	Standort	Entfernung in km
Konstruktionsvollholz (KVH)	Binder Holz	Unternberg	7
	Holzcenter Weiss	Flachau	60
	Hasslacher	Preding	200
Bauholz	Holzcenter Weiss	Flachau	60
	Sägewerk Deisl	Adnet	110
	Sägewerk Bogensperger	Weißpriach	12
	Sägewerk Graggaber	Unternberg	7
	Binder Holz	Unternberg	7
Massivholzplatten	Holzcenter Weiss	Flachau	60
	Hasslacher Stall	Mölltal	100
OSB	KLH (Offner)	Katsch an der Mur	45
	Egger	St. Johann in Tirol	160
Holzfaserdämmplatten	Div. Händler		
	best wood Schneider	Eberhardzell	400
	Gutex	Waldshut-Tiengen	580
Glaswolle	KnaufInsulation	Simbach am Inn	195
Gipskarton	Rigips	Bad Aussee	130
	Villas	Fürnitz	110
Div. Unterdachbahnen	Harrer	Frohnleiten	160
Aufdachdämmelemente	Steinbacher Dämmstoffe	Erpfendorf	160
	Rekord Fenster	Gunskirchen	240
	Velux	Wolkersdorf	310
Bauelemente	Katzbeck	Neudorf bei Ilz	220

Tabelle 2: Baumaterialeien und Entfernungen für ein Standardfertighaus (Quelle: Fa. Ehrenreich, eigene Erhebung)

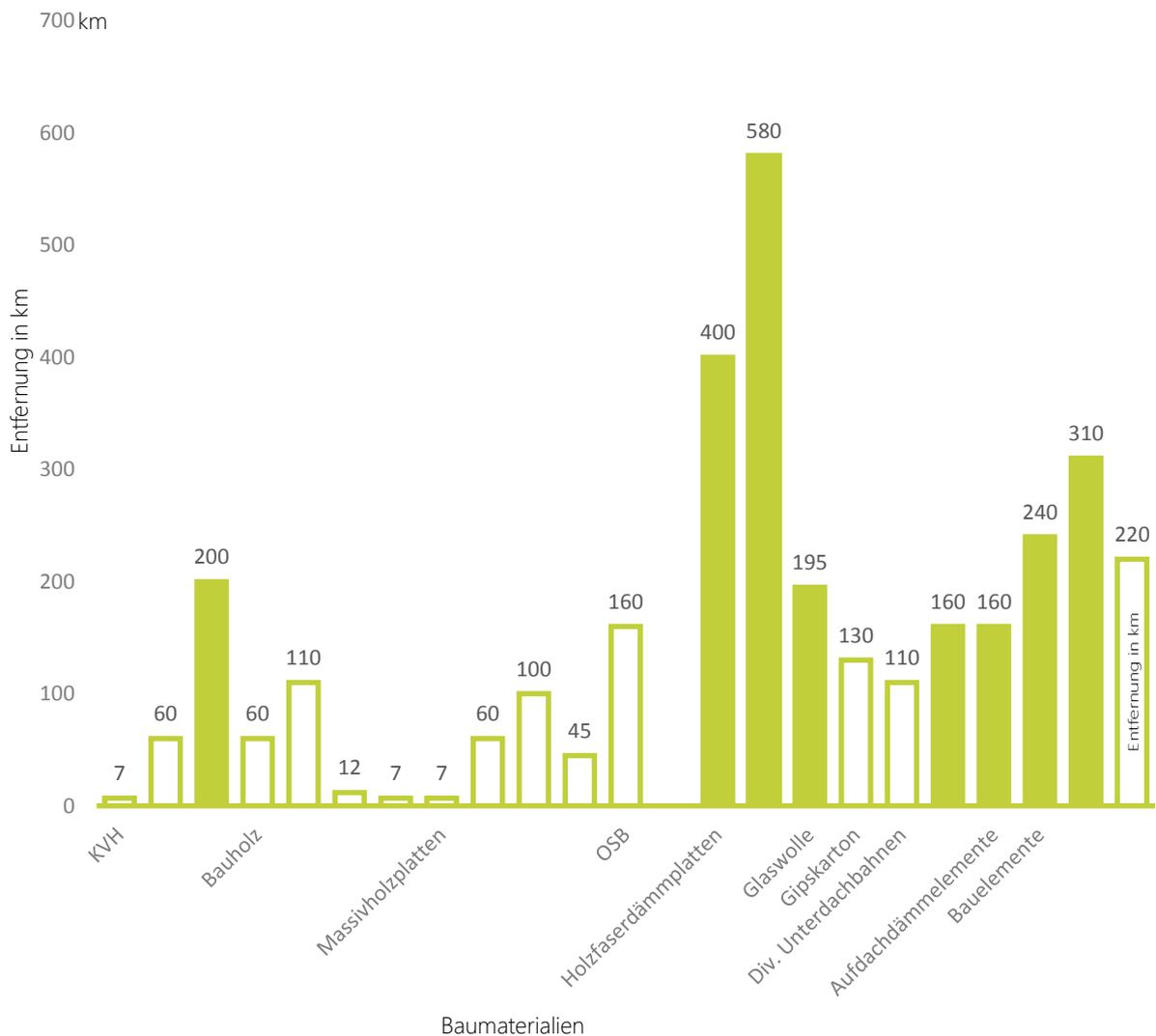


Abbildung 7: Baumaterialien und Entfernungen für ein Standardfertighaus – Angaben in Kilometer (Quelle: Fa. Ehrenreich, eigene Erhebung)

Aus der Tabelle 2/ Abbildung 6 ist ersichtlich, welche für die Fertigteilhülle benötigten Materialien, die längsten Transportwege vom Produktionsstandort zum Werk in Tamsweg aufweisen (grün gefüllte Balken). Bei den verwendeten Bauprodukten aus Holz wie Konstruktionsvollholz, Bauholz und Massivholzplatten wird deutlich, dass hier bereits regionale Produzenten herangezogen werden, die sich in unmittelbarer Nähe zur Firma befinden. Die größten Transportwege ergeben sich im Bereich der Dämmstoffe, der Fenster sowie Folien und Abdichtungsbahnen. Hier erstrecken sich die Transportwege von über 200 km bis knapp unter 600 km. Das Ziel sollte sein, die Transportwege so gering wie möglich zu halten und wenn nötig nach Alternativen Materialien oder Anbietern zu suchen, die sich näher an dem Standort der Fa. Ehrenreich befinden.

3.3 Forcierung regionaler Materialien und Minimierung der Transportwege

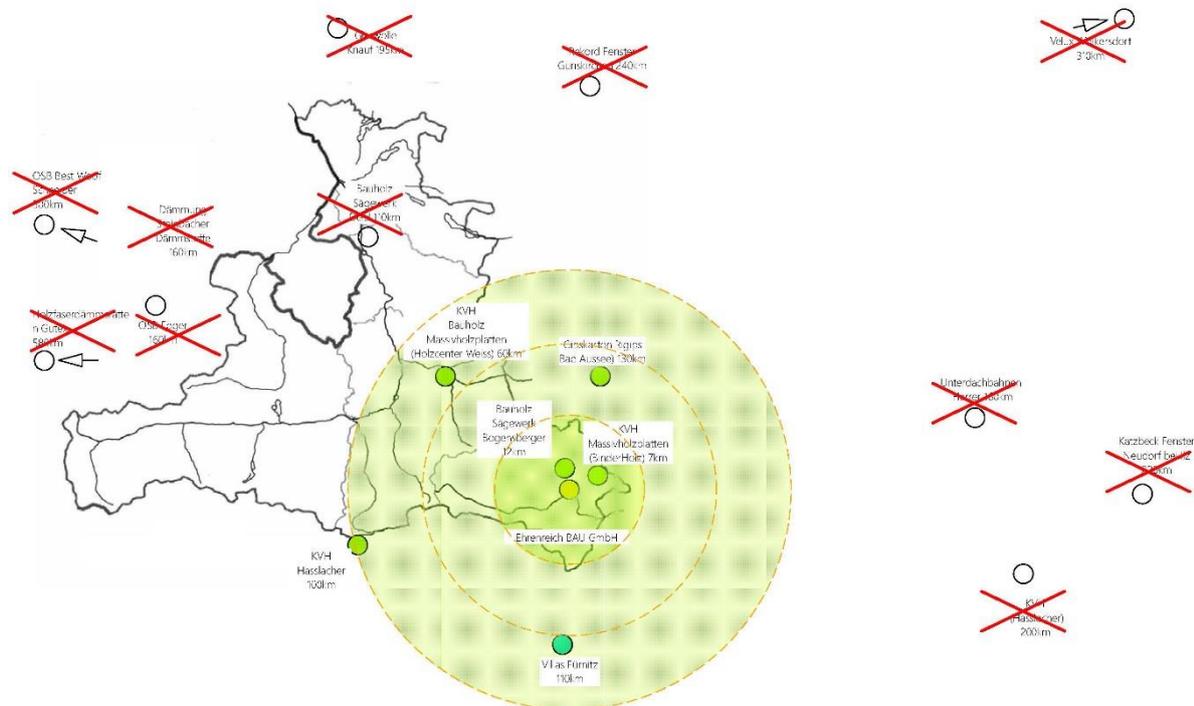


Abbildung 8: Baumaterialien und Entfernungen für ein Standardfertighaus – Regional und nicht regional verfügbare Bauprodukte (Quelle: Fa. Ehrenreich, eigene Erhebung) (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

Eine Reduktion der Transportwege der Bauprodukte, wie in Abbildung 8 dargestellt, würde zu mehreren positiven Effekten in der Biosphärenregion führen. Basierend auf einer Firmen- und Produktrecherche lokal verfügbarer Bauprodukte und Dienstleistungen der Studierenden des Studiengangs Holzbau und Holztechnologie im Zuge des Forschungsprojekts, könnte ein Großteil der im Fertighaus verwendeten Bauprodukte über regional verfügbare Alternativen gedeckt werden. Bauholz und Holzwerkstoffe werden von der Firma Ehrenreich bereits größtenteils aus der Region verwendet. Als ökologische Alternative zu denen im Fertighaus verwendeten konventionellen Dämmstoffen mit sehr weiten Transportwege, könnten Schafwolle und Stroh als regional verfügbare Ressourcen herangezogen werden. Stroh ist allerdings von Bauern im oberen Murtal in geringem Ausmaß vorhanden. Jedoch ist Schafwolle, als Nebenprodukt der Produktion von Schaffleisch im Lungau traditionell weiter verbreitet und in größeren Mengen verfügbar. Die Vermarktung und sinnvolle Verwertung der Schafwolle stellt für viele Schafbauern im Lungau nach eigenen Angaben derzeit jedoch einen kaum genutzten Wirtschaftsfaktor dar.

Weiters kann der Transportaufwand für Bauelemente wie Fenstern und Türen (dzt. ca. 240-300 km) durch Kooperationen mit regionalen Tischlereien wie zum Beispiel der Fenstertischlerei Aigner aus St. Micheal im Lungau (Entfernung 15 km) extrem reduziert werden.

Neben der Unterstützung von regionalen Arbeitsplätzen ergibt sich ein nicht unerheblicher Vorteil aus dieser Art der regionalen Wertschöpfung auch im Bauunterhalt bzw. der Bausanierung: Bei späteren Problemen, Reparaturarbeiten etc. kann man leichter auf den örtlichen Betrieb zurückgreifen als auf einen Anbieter, der mit weiter entfernten Subauftragnehmern gearbeitet hat. Die regionale Arbeit fördert auch ein höheres Verantwortungsgefühl gegenüber der eigenen Arbeit und dem Auftraggeber. Der „gute Ruf“ eines Unternehmens in der Region erhält dadurch qualitätsvolle Arbeit wieder mehr Gewicht. Auch in der Energiebilanz (siehe Kapitel 5) spielt der Rohstofftransport eine wichtige Rolle.

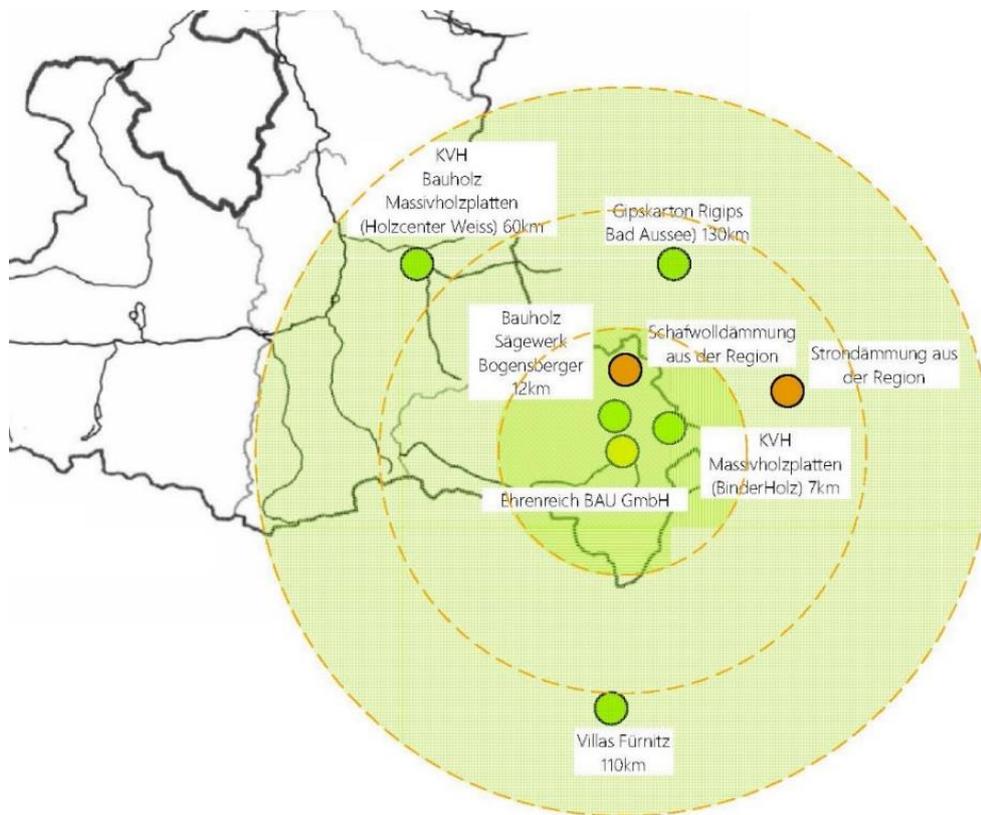
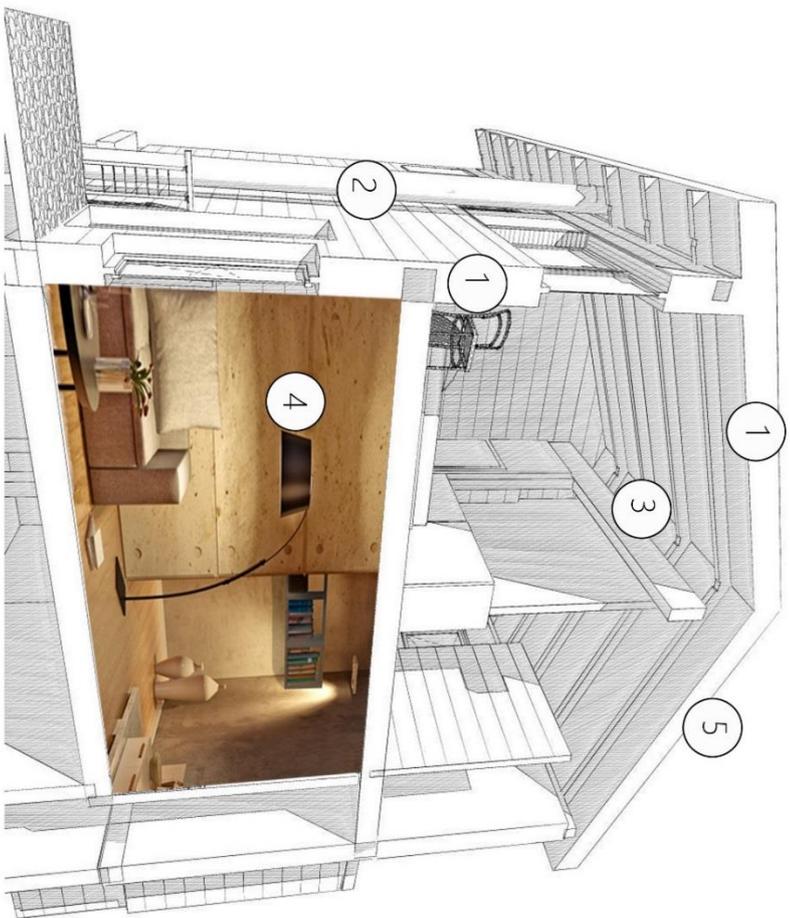
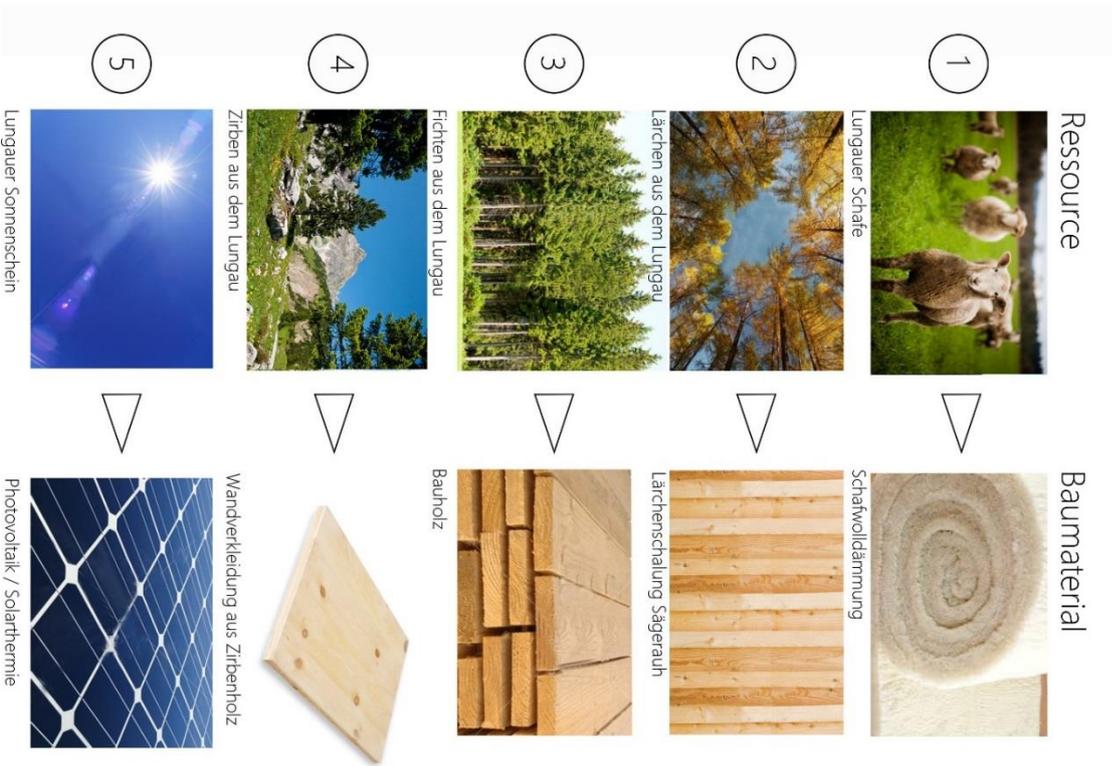


Abbildung 9: Baumaterialeien und Entfernungen für ein Standardfertighaus – Regional verfügbare Bauprodukte (Quelle: Fa. Ehrenreich, eigene Erhebung) (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)



Einsatzbereich im Biosphärenhaus

Abbildung 10: Die regionale Materialpalette für das Musterhaus © FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß

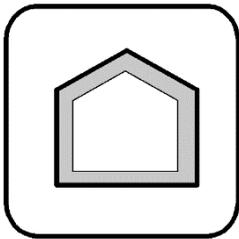
4 Ökologische Bewertung

Für die gesamte Lebensphase des Biosphärenhauses sollten die erforderlichen Energie- und Stoffströme: Gewinnung, Veredelung, Transport, Ein- und Rückbau - einschl. Schadstoffemissionen, insbesondere durch Energieverbrauch der Baustoffe sowie der Nutzung des Gebäudes, berücksichtigt werden, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar ist. Als übergeordnetes Ziel des Kapitels wird der Weg zur CO₂-neutralen Herstellung des Fertighauses, d.h. Kompensation sämtlicher für die Herstellung des Baus notwendigen CO₂-Belastungen durch Bauprozesse und Baumaterialien mit maximalen Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen als CO₂-Speicher gesehen.

4.1 Ökologische Dämmstoffe

(Auszug aus der Bachelorarbeit von Vera Kugelmann BSc)

4.1.1 Übersicht Dämmstoffe und Anwendungsgebiete



In der nachfolgenden Tabelle wurde eine Vielzahl von Dämmstoffen aufgelistet. Für den ökologischen Vergleich der unterschiedlichen Materialien, wird in diesem Kapitel als Entscheidungsgrundlage für die Fa. Ehrenreich der OI3-Wert herangezogen, welcher sich aus den drei Werten: PEIne, GWP und AP errechnen lässt.

Der Ökoindex 3 (OI3-Wert) beurteilt die ökologische Materialqualität eines Produktes hinsichtlich:

- Primärenergieinhalt (PEIne) – im Produkt enthaltene nicht erneuerbare Herstellungsenergien
- Treibhauspotential (GWP) – Anteil an der globalen Erwärmung durch die während Produktion entstandenen Treibhausgase
- Versäuerungspotential (AP) – regional wirksame Versäuerung von Böden, Wald und Gewässer, etc.

Alle drei Beurteilungskriterien werden jeweils zu 1/3 gewichtet und beziehen sich auf die Bruttogeschossfläche.

(D. 15. Ökoindex 3 (OI3))

Der OI3 Wert der einzelnen Bauteilschichten lässt sich aus folgender Formel berechnen:

(OI3 - Punkte einer Baustoffschicht, 2014)

$$OI3_{BS} = 1/3 * [1/10 * PEIne_{BS} + 1/2 * GWP_{BS} + 100/0,25 * AP_{BS}]$$

In dieser Tabelle werden dieselben Dämmstoffe wie in der vorhergehenden Tabelle aufgelistet und der Einsatzbereich, sowie die Möglichkeit der Verwendung für das Biosphärenhaus Lungau angegeben. Dämmstoffe welche für das Biosphärenhaus geeignet sind, werden durch einen dickeren Rahmen hervorgehoben.

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit λ in W/mK	PEIne [MJ/kg]	GWP [kg*CO ₂ equ./kg]	AP [kg* SO ₂ equ./kg]	O13- Wert
Baumwolle	0,040	-	-	-	-
Bimsstein	0,120	0,6	0,04	0,00025	0,062
Blähtongranulat	0,090 – 0,120	1,1	0,16	0,00048	0,130
expandiertes Vermiculit	0,077 – 0,082	-	-	-	-
expandiertes Perlit	0,066	6,5	0,29	0,00153	0,468
expandiertes Polystyrol	0,042 – 0,044	98,9	4,17	0,01490	5,978
extrudiertes Polystyrol	0,035	93,6	4,20	0,01550	5,887
Flachfasern	0,040	31,5	0,21	0,00545	1,813
Glaswolle	0,040 – 0,046	46,2	2,45	0,01530	3,988
Hanffasern	0,040	28,7	0,08	0,00474	1,602
Holzfasern	0,038 – 0,045	14,4	-0,80	0,00400	0,879
Holzwoleleichtbauplatten	0,075 – 0,090	3,82	-0,13	0,00086	0,220
Kenaffasern	0,039	-	-	-	-
Koksfasern	0,043	31	0,43	0,02670	4,665
Korkplatten	0,043	6,5	-1,22	0,00189	0,264
Maisfasern	0,040	-	-	-	-
Mineralschaumplatten	0,045	12,3	1,01	0,00214	0,864
Polyesterfasern	0,038 – 0,054	-	-	-	-
Polyurethan Hartschaum- platten	0,035	94,0	4,30	0,01770	6,210
Schafwolle	0,037 – 0,040	19,7	0,54	0,00412	1,295
Schaumglas	0,055 – 0,066	7,7	0,43	0,00193	0,586
Schilfrohr	0,045 – 0,056	1,2	-1,59	0,00039	-0,175
Steinwolle	0,040 – 0,042	21,4	1,93	0,01410	2,915
Stroh	0,060 – 0,094	0,8	-1,25	0,00085	-0,068
Zellulosefasern	0,058 – 0,066	7,2	-0,89	0,00347	0,554

Tabelle 3: Kennwerte der Dämmstoffe (Benedetti 2011, S. 034 - 141) vgl. (baubook)

Dämmstoff	verputzte Außendämmung	Außendämmung bei hinterlüfteter Fassade	Zwischenraumdämmung	Terrassen- und Perimeterdämmung	Dämmung unter Kellerboden	Dämmung der obersten Decke	Aufsparndämmung	Zwischensparrendämmung	Dämmung von Innenwänden	Trittschallsollierung	akustische Zwischenraumisolierung	für Biosphärenhaus Lungau geeignet
Baumwolle			x				x	x		x	x	
Bimsstein					x	x					x	
Blähtongranulat					x	x				x	x	
expandiertes Vermiculit			x		x	x		x			x	
expandiertes Perlit			x			x	x	x			x	
expandiertes Polystyrol	x	x		x								
extrudiertes Polystyrol	x	x		x	x							
Flachfasern		x	x			x	x	x	x	x	x	
Glaswolle	x	x	x			x	x	x		x	x	
Hanffasern		x	x				x	x		x	x	
Holzfasern	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x
Holzwoleleichtbauplatten	x	x	x			x	x	x		x	x	x
Kenaffasern		x	x				x			x	x	
Koksfasern		x	x			x	x	x		x	x	
Korkplatten	x	x					x	x		x		
Maisfasern		x					x	x	x	x	x	
Mineralschaumplatten		x										
Polyesterfasern			x			x	x	x		x	x	
Polyurethan Hartschaumplatten	x	x	x	x	x	x	x	x				
Schafwolle		x	x				x	x		x	x	x
Schilfrohr			x			x						
Steinwolle	x	x				x	x	x		x	x	
Stroh	x	x	x			x		x				x
Zellulosefasern			x					x			x	x
Schaumglas	x	x	x	x	x	x	x					

Tabelle 4: Einsatzbereich der Dämmstoffe (Benedetti 2011, S. 034 - 141)

Die in der vorherigen Tabelle als geeignet für das Biosphärenhaus Lungau gekennzeichneten Dämmstoffe wurden aus folgenden Kriterien ausgewählt:

- Geringer OI3-Wert, da die daraus resultierende hohe ökologische Qualität eines der Grundprinzipien des Biosphärenhauses ist.
- Vorkommen des Dämmmaterials, da weite Transportwege gegen das ökologisch, nachhaltige Prinzip des Biosphärenhauses sind.
- Möglichkeit des Recyclings nach der Lebensdauer des Bauwerks.
- Eignung für die Anwendung in einer Brettsperrholzkonstruktion.

Zu den aus oben genannten Kriterien ausgewählten Dämmstoffen zählen: expandiertes Vermiculit, expandiertes Perlit, expandiertes Polystyrol, extrudiertes Polystyrol, Flachsfasern, Hanffasern, Glaswolle, Koksfasern, Mineralschaumplatte, Polyesterfasern, Polyurethanhartschaumplatten und Steinwolle.

Zu den Dämmstoffen die im Lungau nicht verfügbar sind und aufgrund ihrer weiten Transportwege nicht für das Biosphärenhaus empfohlen werden zählen: Baumwolle, Kenaffasern, Korkplatten und Schilfrohr.

Schwer zu recyceln und deshalb ebenfalls nicht ausgewählt wurden Bimsstein, Blähtongranulat und Schaumglas

4.1.2 Kosten der Dämmstoffe

Als Referenzbauteil dienen die ermittelten Dämmstoffdicken, die für eine Außenwand mit einem U-Wert von 0,15 W/m²K berechnet wurden (siehe Tab. 5 unter Punkt 2.4.2). Die in der nachfolgenden Tabelle errechneten Kosten beziehen sich folglich auf 1 m² Außenwand.

Dämmstoff	Dämmstoffdicke Außenwand [m]	Materialkosten pro m ² [€/m ²]	Lohnkosten pro m ² [€/m ²]	Einheitspreis pro m ² [€/m ²]
Holzfaser	0,20	28,78	7,60	36,38
Holzwolleleichtbauplatte	0,45	81,00	6,08	87,08
Schafwolle	0,20	28,00	5,32	33,32
Stroh*	0,45	22,95*	5,32	28,27
Zellulosefaser	0,32	22,05	8,00	30,05

Tabelle 5: Kosten der Dämmstoffe pro m²; Materialkosten: (Daemwool Produkte; Dämmstoffe-Flachs-Holzwolle; Waldland; Steico; zellulose direkt) Lohnkosten: vgl. Firma Ehrenreich

* Die zertifizierten Baustrohballen der Firma Waldland werden mit 51 €/m³ angegeben (vgl. Waldland o.J: o.S.). Die Kosten pro m² Baustrohballen belaufen sich somit auf ca. 13,26 € um einen U-Wert von 0,20 W/(m²*K) zu erreichen. Strohballen direkt vom Bauern werden mit 10 €/m³ angegeb. Dies ergibt 2,6 €/m² für einen U-Wert von 0,20 W/(m²*K). Diese Strohballen müssen jedoch noch nachträglich zertifiziert werden, was zusätzliche Kosten erfordert (vgl. ASBN o.J.d: o.S.).

Die Holzwolleleichtbauplatte stellt sich auch hier aufgrund der hohen Kosten als ungeeigneter Dämmstoff für das Biosphärenhaus heraus. Der Grund für den hohen Preis ist zum einen die

große Dämmstoffdicke und zum anderen die Herstellungskosten. Mit Schafwolle und Holzfaserdämmungen erhält man einen relativ geringen Außenwandaufbau, die Kosten für einen solchen Aufbau sind jedoch höher als bei Stroh und Zellulosefaserdämmungen. Deren Kosten liegen sehr nahe beieinander, obwohl eine Außenwandkonstruktion mit Stroh gedämmt einen größeren Querschnitt besitzt als bei einer Zellulosefaserdämmung. Deshalb kann aus wirtschaftlicher Sicht eine Schafwoll- oder Zellulosefaserdämmung als Alternative zu einer ökologisch hochwertigen Strohdämmung gesehen werden.

4.1.3 OI3 Bewertung Aussendämmung Biosphärenhaus

Für die Ermittlung der OI3 Punkte wurde jeweils mit dem gleichen Außenwandaufbau gerechnet. Ausschließlich die Art der Dämmstoffe, und die Dämmstoffdicke variiert nach den unterschiedlichen Materialien. Die Ergebnisse der Berechnung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Dämmstoff	OI3 Punkte
Holzfaser	39
Holzwoleleichtbauplatte	64
Schafwolle	37
Stroh	23
Zellulosefaser	37

Tabelle 6: Ergebnisse OI3 Punkte Außenwand

Wie in der vorherigen Tabelle ersichtlich ist, liegen alle Außenwandaufbauten unter den 70 Punkten, welche für einen Standardaußenwandaufbau ohne ökologische Optimierung gängig sind. Einzig der Aufbau mit einer Holzwoleleichtbauplatte erreicht fast 70 Punkte. Der Grund hierfür ist, dass diese Platten mit mineralischen Stoffen wie z.B. Zement gebunden werden. Besonders sticht die mit Stroh gedämmte Konstruktion hervor. Der geringe Wert von nur 23 Punkten liegt daran, dass Stroh, wie auch Holz, Kohlenstoffdioxid speichert und somit einen negativen Treibhauspotentialwert hat. Zudem weist Stroh sehr geringe Werte bei der Versäuerung und dem Primärenergieinhalt auf (siehe Tab. 2 unter Punkt 2.1.1). Dies liegt daran, dass für die Herstellung der Strohballen keine weiteren Materialien verwendet werden. Wenn das Stroh trocken ist, können die Ballen direkt auf dem Feld gepresst werden. Es ist nur darauf zu achten, dass die gepressten Ballen trocken gelagert werden, wenn sie nicht direkt auf der Baustelle verwendet werden können. (Baustrohballen)

Die Konstruktionen mit Holzfaser, Schafwolle und Zellulose haben mit ca. 40 Punkten auch eine weitaus bessere ökologische Qualität als eine „Standardkonstruktion“. Dies liegt wie bereits erwähnt, an der Speicherung von CO₂ womit die Bauteile in der Herstellung einen negativen GWP-Wert haben.

4.1.4 OI3 Wert Musterhaus in Abhängigkeit der Dämmstoffe

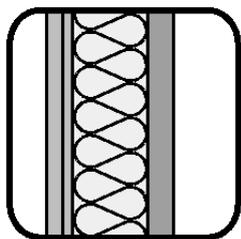
Als Beispiel wurde ein Musterhaus, welches von der Firma Ehrenreich zur Verfügung gestellt wurde mit „Eco2Soft - Ökobilanz für Gebäude“, die auf www.baubook.at zur Verfügung steht berechnet. Bei der Berechnung werden nur die opaken Bauteile eingegeben, welche in dieser Arbeit betrachtet wurden. Da das Musterhaus einen Keller besitzt, wurden für die Kelleraußenwände, -innenwände, die Bodenplatte sowie die Kellerdecke Standardaufbauten verwendet.

Dämmstoff	PEI n. e. [MJ]	GWP 100 [kg*CO ₂ equ.]	AP [kg*SO ₂ equ.]	OI3 gesamt
	pro m ² Bruttogeschossfläche			
Holzfaser	5,490	40,5	1,536	297
Holzwolleleichtbauplatte	7,077	92,3	1,891	431
Schafwolle	5,296	65,2	1,473	284
Stroh	4,953	-97,1	1,536	247
Zellulosefaser	5,228	5,1	1,588	288

Tabelle 7: Ergebnisse Ökobilanz Musterhaus

Wie die vorherigen Ergebnisse bereits vermuten lassen, schneidet ein mit Holzwolle gedämmtes Haus am schlechtesten ab, während ein mit Stroh gedämmtes Gebäude die besten Werte erreicht. Die OI3 Punkte eines mit Holzfaser, Stroh und Zellulosefaser gedämmten Musterhauses liegen relativ nahe beieinander.

4.2 Ökologischer Bauteilvergleich

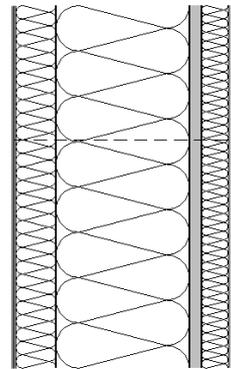


Sämtliche Wand- und Deckenaufbauten verschiedener namhafter Fertighaushersteller im deutschsprachigen Raum wurden in diesem Kapitel gegenübergestellt. Es wurden nur jene Hersteller für den Vergleich herangezogen, bei denen alle nötigen technischen Daten vorhanden waren. Beim Öko-Vergleich der Außenwände wurden die einzelnen Bauteilschichten qualitäts- und herstellernerneutral illustriert.

4.2.1 Außenwandaufbau der Firma Ehrenreich BauGmbH

U=0,13 W/m²K

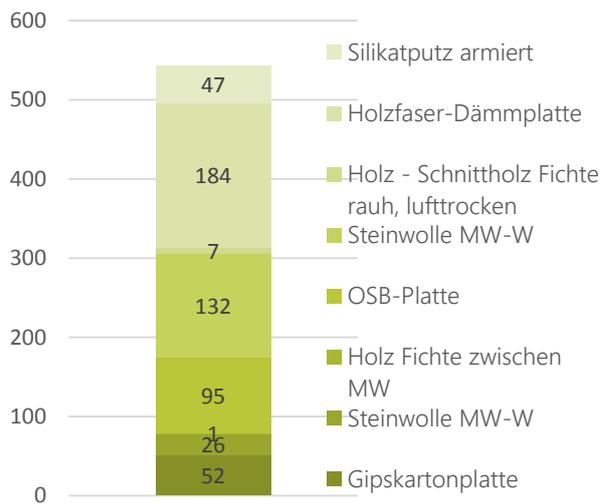
OI_{3KON}=44 Pkt/m²



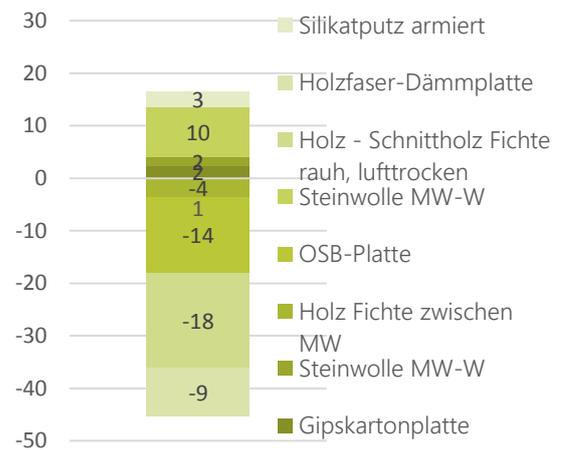
01 WANDAUFBAU Musterhaus Ehrenreich:

Gipskartonplatte	1,2 CM
Mineralwolle/Vollholz	4,0 CM
OSB Platte verklebt	1,8 CM
Mineralwolle/Vollholz	20,0CM
Holzfaserdämmplatte	6,0 CM
Spachtelung	0,5 CM
Silikatputz	0,2 CM

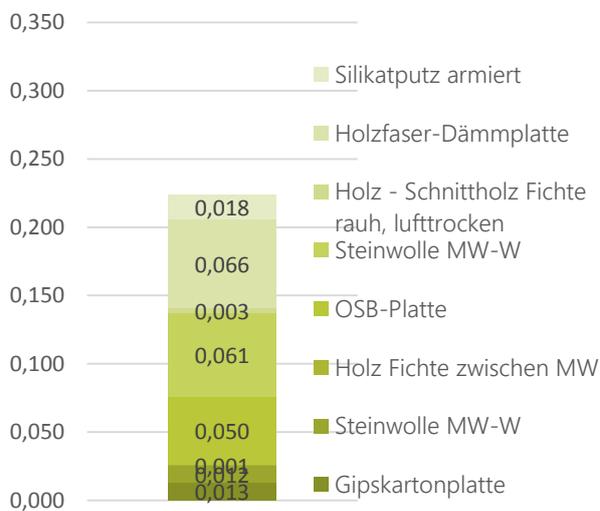
PEI nicht Erneuerbar MJ/m²



GWP 100 KG SO₂ EQ.



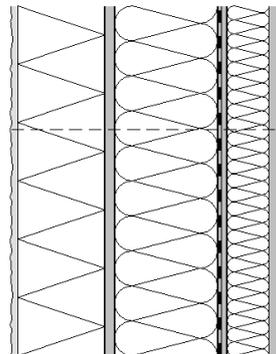
Versäuerungspotential KG SO₂ EQ.



4.2.2 Außenwandaufbau der Firma Hartlhaus

$U=0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$

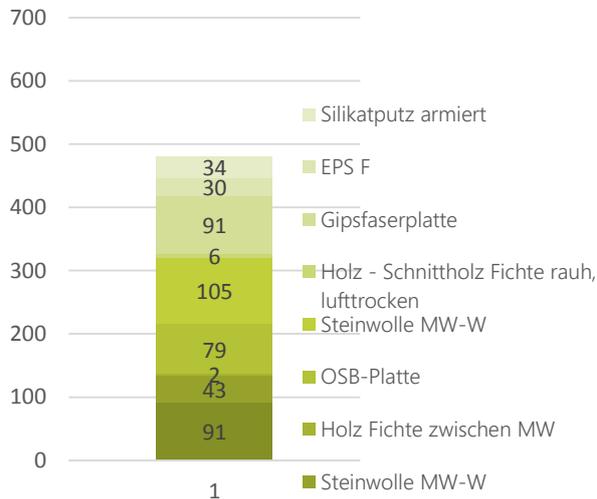
$OI_{3KON}=38 \text{ Pkt/m}^2$



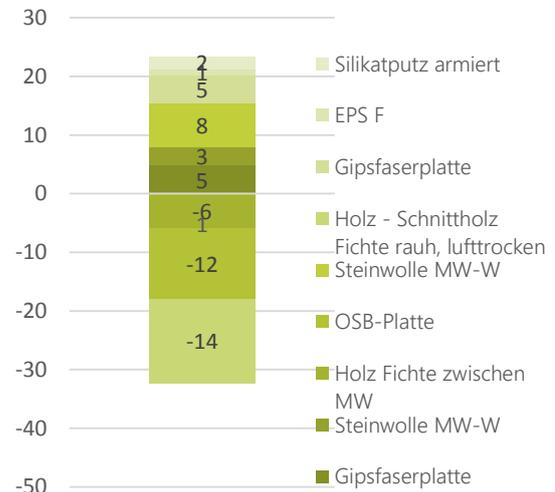
02 WANDAUFBAU Musterhaus Hartlhaus:

Gipsfaserplatte	1,5 CM
Mineralwolleplatte / Vollholz	6,5 CM
OSB Holzwerkstoffplatte	1,5 CM
Dampfbremse	- 0 CM
Mineralwolleplatte / Vollholz	16,0 CM
Gipsfaserplatte	1,5 CM
WDVS (Reibputz auf EPS)	14,5 CM

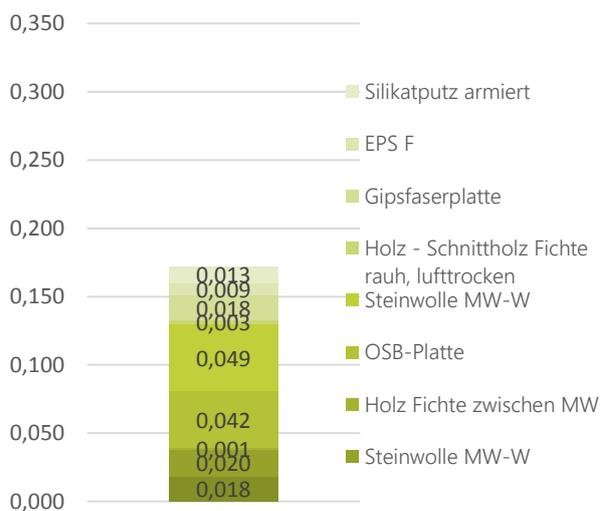
PEI nicht Erneuerbar MJ/m²



GWP 100 KG SO₂ EQ.



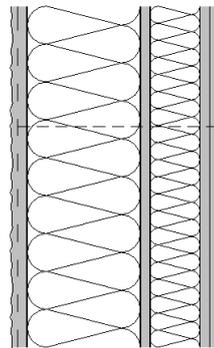
Versäuerungspotential KG SO₂ EQ.



4.2.3 Außenwandaufbau der Firma Vario

U=0,13 W/m²K

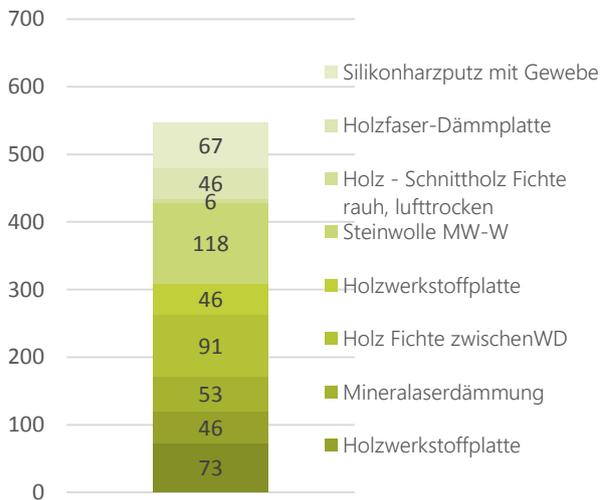
OI_{3KON}=57 Pkt/m²



03 WANDAUFBAU Musterhaus Variohaus:

Naturgips Feuerschutzplatte	1,2 CM
Holzwerkstoffplatte	1,5 CM
Mineralfaserwärmeeämmung	8,0 CM
Holzwerkstoffplatte	1,5 CM
Dampfbremse	-
Mineralfaser/Vollholz	18,0 CM
Holzweichfaser Fassadendämmplatte	1,5 CM
Bewehrungsgund mit Textilglasewebe	0,5 CM
Silikonharzputz	0,5 CM

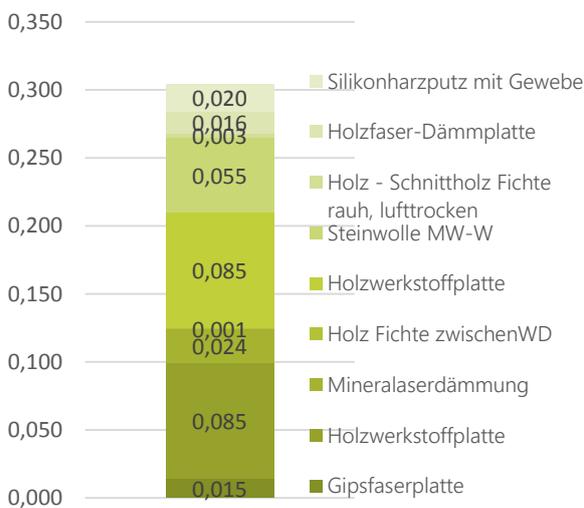
PEI nicht Erneuerbar MJ/m²



GWP 100 KG SO₂ EQ.



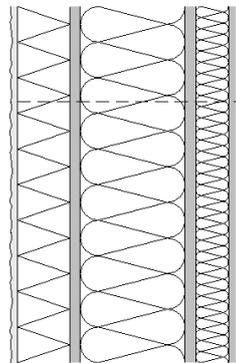
Versäuerungspotential KG SO₂ EQ.



4.2.4 Außenwandaufbau der Firma Wolf

U=0,14 W/m²K

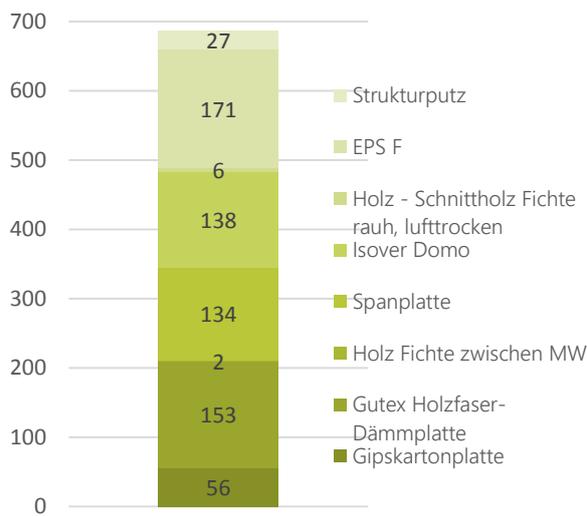
OI_{3KON}=52 Pkt/m²



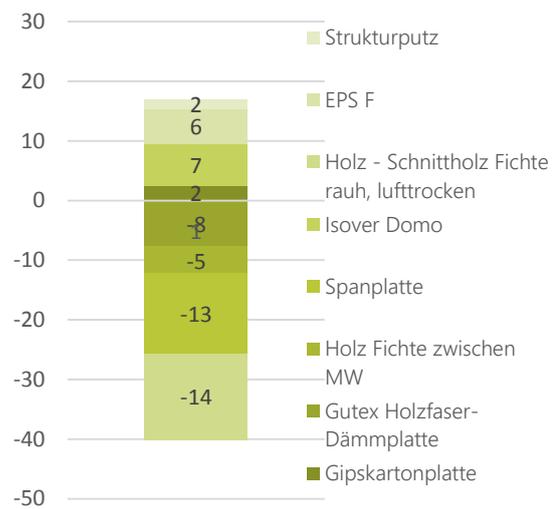
04 WANDAUFBAU Musterhaus Wolf:

Gipskartonplatte	1,3 CM
GUTEX Themosafe WD	5,0 CM
Spanplatte	1,6 CM
PE Folie	-
ISOVER DOMO/ Vollholz	16,0 CM
Spanplatte V100	1,6 CM
VWS Klebspachtel	-
EPS-F	8,0 CM
VWS Klebspachtel	0,3 CM
KD Strukturputz	0,4 CM

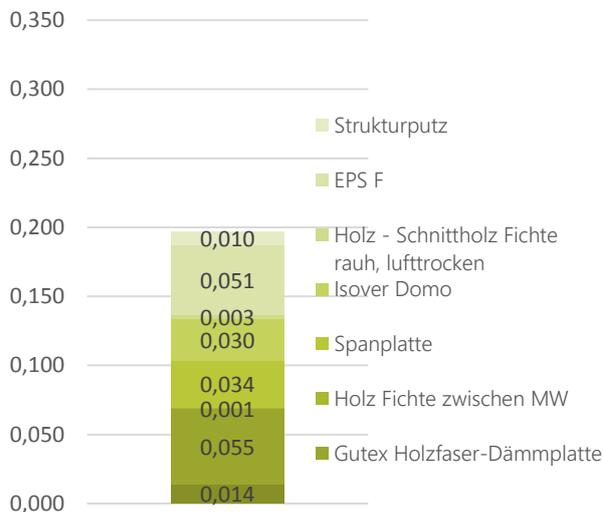
PEI nicht Erneuerbar MJ/m²



GWP 100 KG SO₂ EQ.



Versäuerungspotential KG SO₂ EQ.



4.2.5 Außenwandaufbauten im Öko - Vergleich



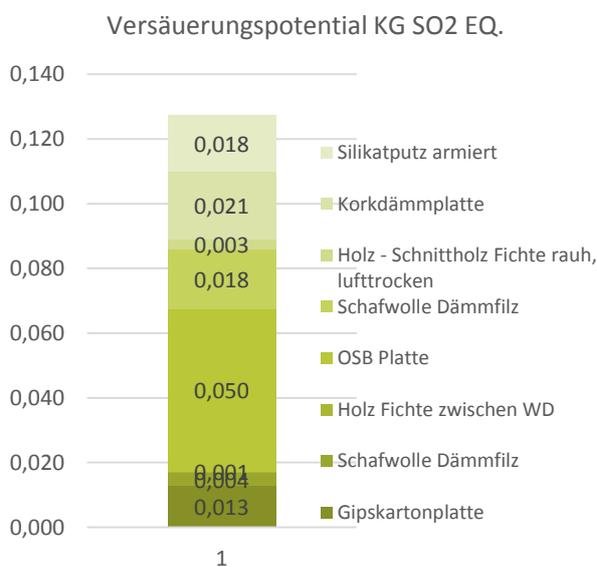
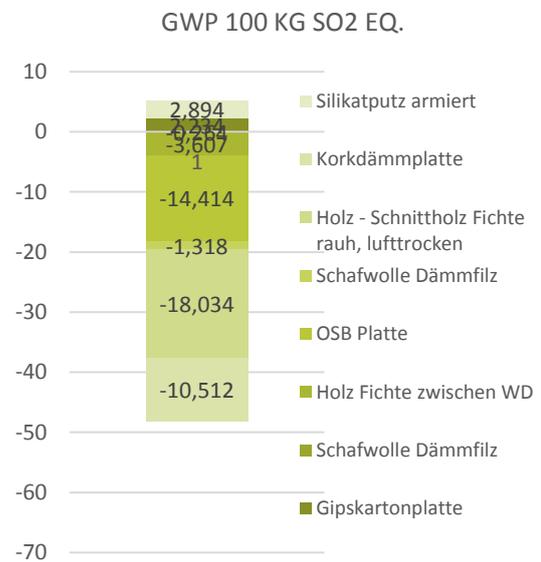
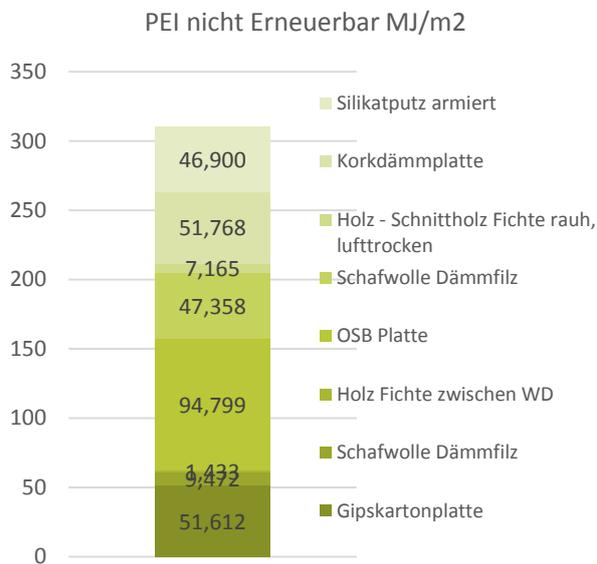
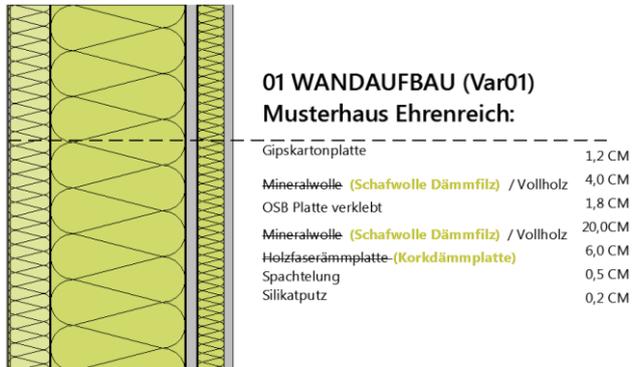
Abbildung 11: Ökologischer Vergleich verschiedener Fertighaushersteller mit den drei Wirkungskriterien (PEI n.e., GWP, AP)

Anhand der drei Umweltindikatoren: nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEI_{ne}), dem Treibhauspotential (GWP) und dem Versäuerungspotential (AP), wurde die ökologische Qualität der unterschiedlichen Bauteilaufbauten namhafter Fertighaushersteller bewertet. Je geringer die Werte dieser Indikatoren, desto besser das ökologische Verhalten. In der Abbildung wird die ökologische Qualität verschiedener Wandaufbauten (wärmetechnisch gleichwertiger Aufbau) dargestellt. Die Firma Ehrenreich liegt bei dieser Bewertung um ca. 20% bei allen drei Kategorien hinter dem aus ökologischer Sicht am besten Wandaufbau und befindet sich insgesamt im Mittelfeld.

4.2.6 Ökologische Optimierung Außenwand System Ehrenreich AW01.A Var01

Ökologische Optimierung Var01 – „Schafwolle“

OI_{3KON}=20 Pkt/m²

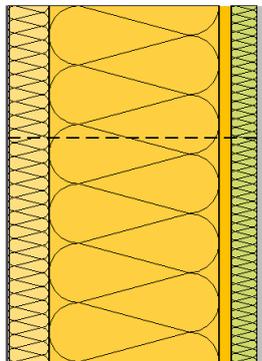


1

4.2.7 Ökologische Optimierung Außenwand System Ehrenreich AW01.B Var02

Ökologische Optimierung Var01 – „Stroh“

OI_{3KON}=3 Pkt/m²



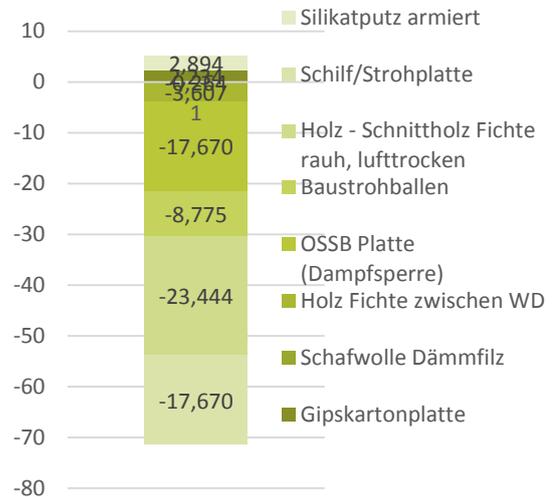
01 WANDAUFBAU (Var02) Musterhaus Ehrenreich:

Gipskartonplatte	1,2 CM
Mineralfolle (Schafwolle Dämmfilz) / Vollholz	4,0 CM
OSSB-Platte (OSSB Platte) verklebt	1,8 CM
Mineralfolle (Baustrohballen) / Vollholz	36,0CM
Holzfaserdämmplatte (Stroh/Schilfplatte)	6,0 CM
Spachtelung	0,5 CM
Silikatputz	0,2 CM

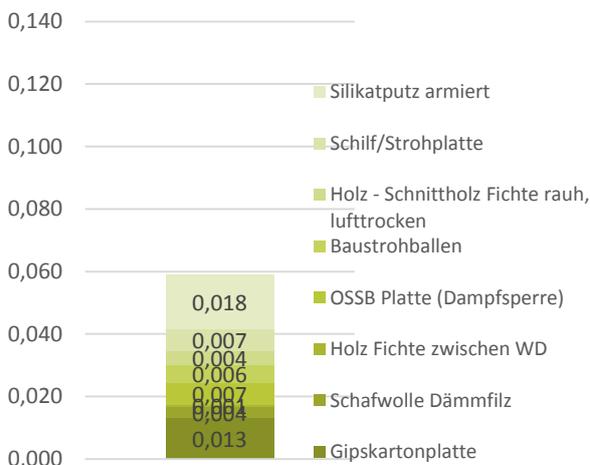
PEI nicht Erneuerbar MJ/m²



GWP 100 KG SO₂ EQ.



Versäuerungspotential KG SO₂ EQ.



1

4.2.8 Ökologisch Optimierte Außenwand Systeme im Vergleich

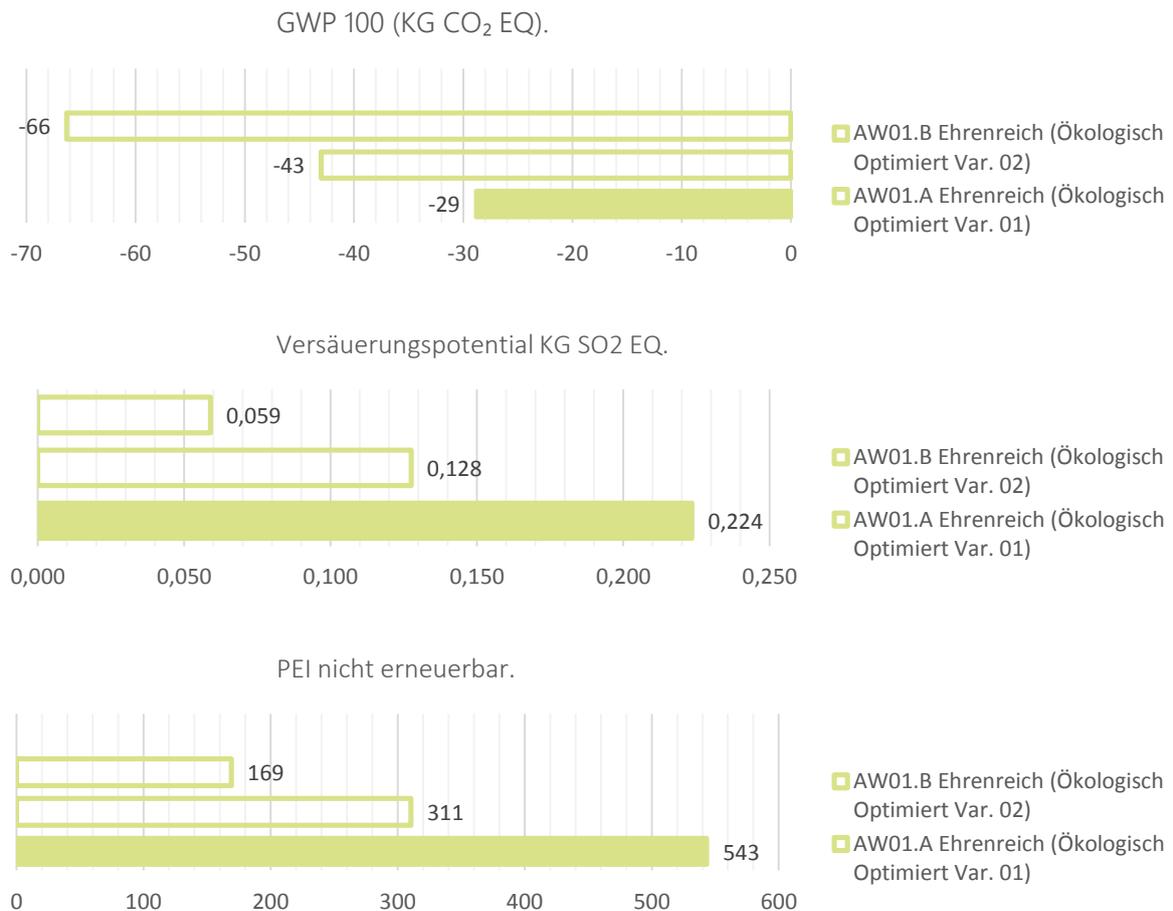


Abbildung 12: Ökologischer Vergleich der optimierten Außenwandaufbauten anhand der drei Wirkungskriterien (PEI n.e., GWP, AP)

AW01.A – „Schafwolle“

Bei der Ökobilanz, die nach den drei oben genannten Wirkungsfaktoren gewichtet wurde, können durch die Variante AW01 – „Schafwolle“ die negativen Umwelteinflüsse gegenüber der derzeitigen Konstruktion nahezu halbiert werden. Für den Dämmstoff aus Schafwolle kommt hier konkret Schafschurwolle in Form von Matten oder Stopfwolle zur Anwendung. Die Dämmwirkung wird durch den Einschluss ruhender Luft in den Faserzwischenräumen erreicht.

Ungewöhnlich ist die schadstoffsanierende Wirkung von Schafwolle als Dämmstoff. Schafwolle stellt aufgrund ihrer Herkunft und Faserstruktur ein Medium zum Abbau von Formaldehyd und ein effizientes Sorbens zur langfristigen Bindung von zahlreichen weiteren Aldehyden sowie weiteren schädlichen Stoffen wie z. B. Toluol aus der Raumluft dar. (Quelle: Robert Sweredjuk, Gabriele Wortmann, Gerd Zwiener, Fritz Doppelmayer: Schafwolle als reaktives Sorbens für Luftschadstoffe im Innenraum – Teil 1 Aldehyde, Studie des Deutschen Wollforschungsinstituts an der Universität Aachen)

Nach der ersten Aufbereitung durch Waschen, Entfetten und pH-Wert-Neutralisierung wird die Wolle im Feinöffner vermischt und von Fremdstoffen gereinigt. Abschließend wird sie kardiert, das dabei entstandene Vlies kreuzweise übereinander gelegt, in der Vernadelmaschine mechanisch vernadelt und anschließend zurechtgeschnitten. Schnittabfälle werden recycelt (Quelle: Jörg Brandhorst, Josef Spritzendorfer, Kai Gildhorn, Markus Hemp: *Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen*, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Brandhorst u.a.,2009))

AW01.A – „Schafwolle“ – Prototyp Fertigteil im Werk der Firma Ehrenreich

Im Zuge des hier beschriebenen Forschungsprojekts wurde von der Firma Ehrenreich ein Prototyp für das Biosphärenhaus mit dem Aufbau AW01.A gefertigt. Neben der Schafwolldämmung aus dem Lungau wurde für das ca. 12 Meter lange Fertigteil auch die schraubenlose Verbindung der einzelnen Pfosten- und Riegelemente mittels CNC gesteuerter Fräsetechnologie eingesetzt. Die rückbaubare und sortenrein trennbare Konstruktion wird u.a. im ORF in der Sendung „Erlebnis Österreich“ im September 2014 präsentiert.



Abbildung 13: Fertigteil – Prototyp mit Schafwolldämmung der Firma Ehrenreich in Tamsweg (Foto: Tobias Weiß)



Abbildung 14: Fertigteil – Prototyp mit Schafwolldämmung der Firma Ehrenreich in Tamsweg (Foto: Tobias Weiß)

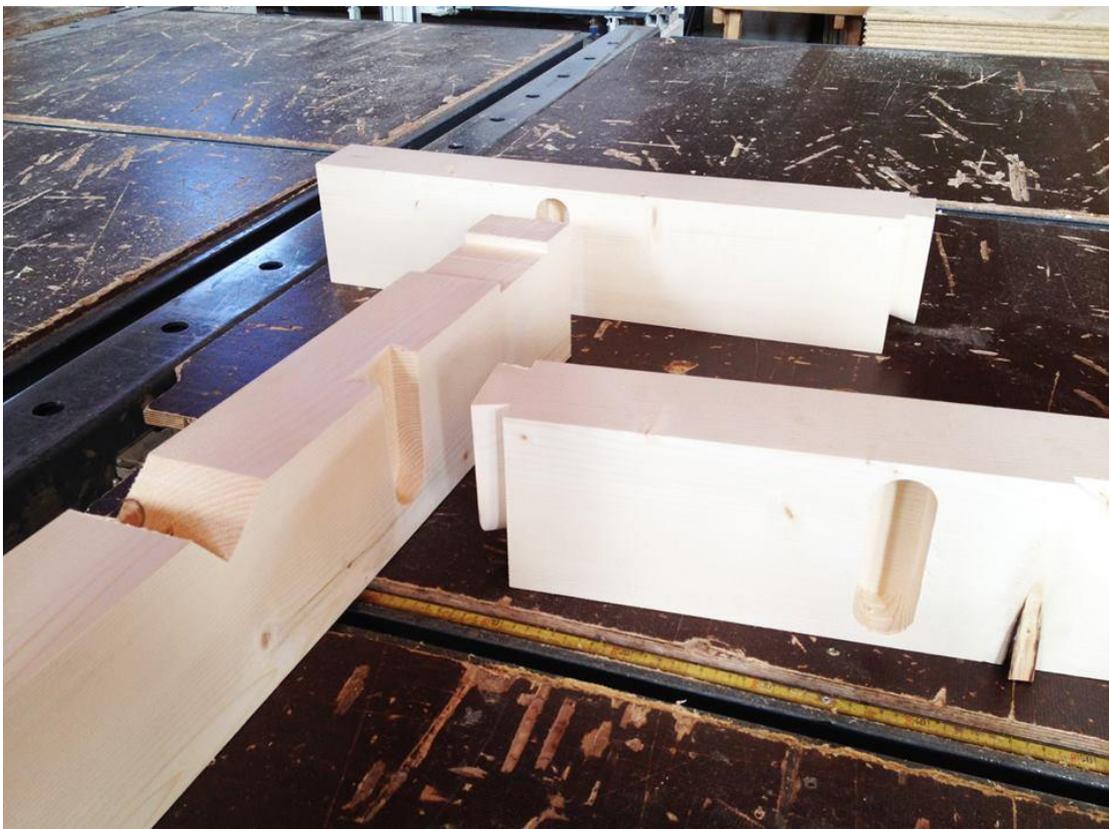


Abbildung 15: Fertigteil – CNC Steckverbindung Pfosten-Riegel System ohne Schrauben (Foto: Tobias Weiß)



Abbildung 16: Interview ORF 15.07.2014 – Albert Planitzer, Thomas Reiter (Foto: Tobias Weiß)

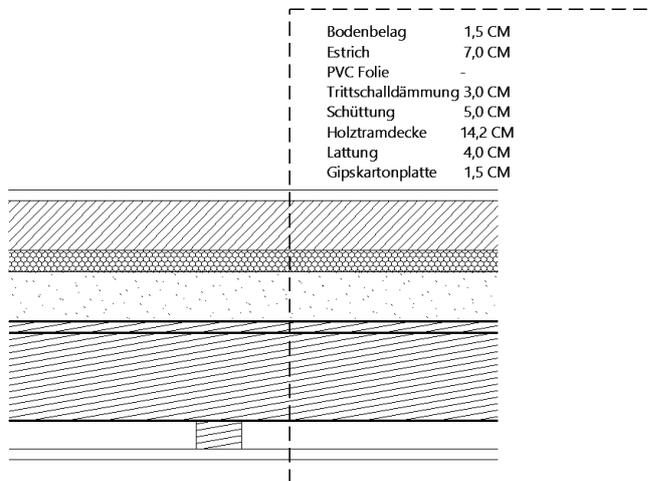
AW02.B – „Stroh“

Eine Alternative zum Prototyp mit Schafwolle stellt der Außenwandaufbau AW02 - „Stroh“ dar. Er schneidet im Öko-Vergleich mit Abstand am besten ab. Die Strohballedämmung kann auch in Bezug auf die Wärmeleitfähigkeit mit anderen nachwachsenden Rohstoffen mithalten. Im Bereich der Wärmespeicherkapazität liegt sie sogar im oberen Bereich. Zu beachten ist jedoch das bei dieser Variante die Dämmung von 20cm auf 36cm erhöht wurde, um mit üblichen Strohballedmessungen einen vergleichbaren Gesamt U-Wert der Außenwand erreichen zu können (d.h. 16cm mehr Bauteilstärke für das Fertigteil gegenüber den anderen Varianten). Ein direkter Preisvergleich der Dämmstoffe zeigt, dass mit Strohbällen im Vergleich zu anderen Dämmmaterialien relativ günstig gebaut werden kann. Beim Außenwandaufbau mit Stroh ist besonders darauf zu achten, dass die erforderlichen konstruktiven und bauphysikalischen Maßnahmen, wie zum Beispiel ein ausreichender Dachüberstand beziehungsweise eine Sperrschicht im Fundamentbereich und diffusionsoffene Bauweise, eingehalten werden. Dadurch können auftretende Probleme in Bezug auf Feuchtigkeitsschaden weitestgehend ausgeschlossen werden. Auch im Bereich des Brand- und Schallschutzes erreicht die Strohbauweise, zumindest für den Einsatz in Einfamilienhäusern, die notwendigen Anforderungen. Auch eine Recherche zu den verschiedenen Strohbauweisen hat gezeigt, dass sich damit sehr gut Systeme für die Vorfertigung entwickeln lassen. Stroh ist zwar bei Bauern im oberen Murtal in geringem Ausmaß vorhanden, wird derzeit jedoch nicht als Dämmmaterial im Baubereich eingesetzt.

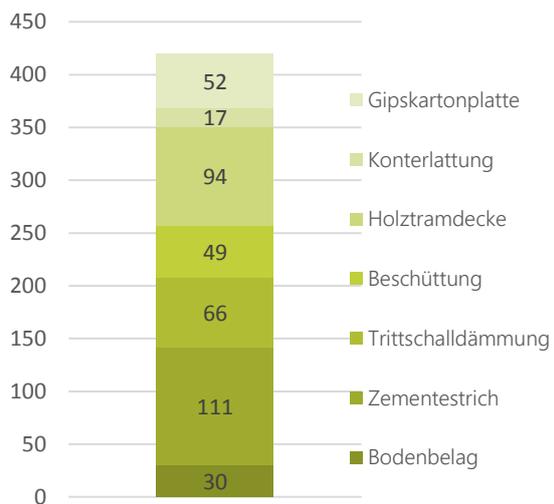
Geschoßdecke System Ehrenreich

OI_{3KON}=42 Pkt/m²

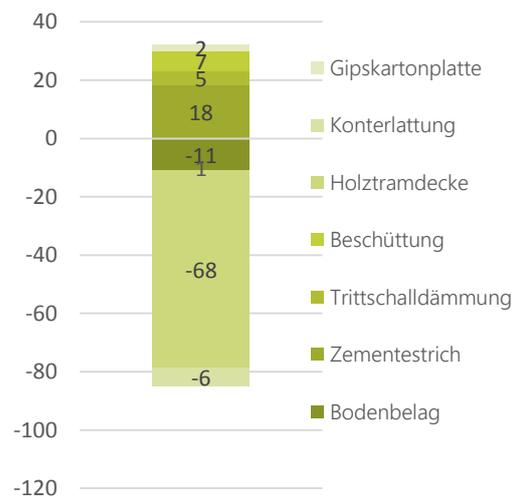
01 Deckenaufbau Musterhaus Ehrenreich:



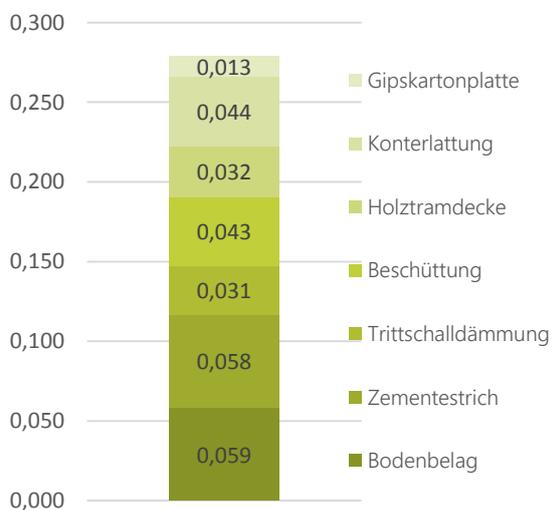
PEI nicht Erneuerbar MJ/m²



GWP 100 KG SO₂ EQ.



Versäuerungspotential KG SO₂ EQ.

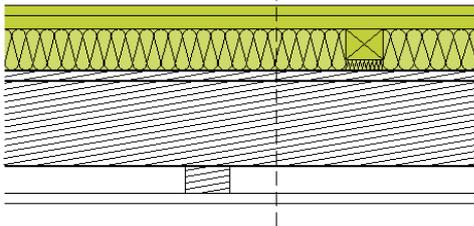


4.2.9 Geschoßdecke System Ehrenreich Ökologisch optimiert

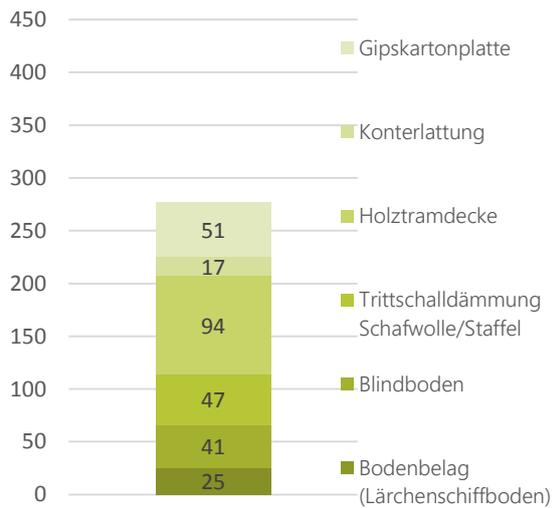
OI_{3KON}=11 Pkt/m²

01 Deckenaufbau Musterhaus Ehrenreich:

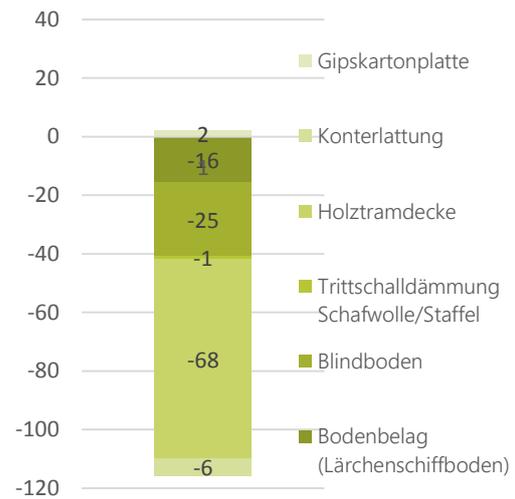
Schiffboden	1,5 CM
Blindboden	2,4 CM
Schafwolle/Staffel	6,0 CM
Holztramdecke	14,2 CM
Lattung	4,0 CM
Gipskartonplatte	1,5 CM



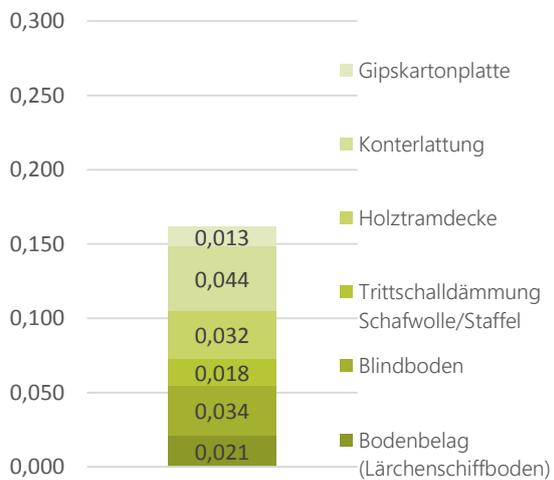
PEI nicht Erneuerbar MJ/m²



GWP 100 KG SO₂ EQ.



Versäuerungspotential KG SO₂ EQ.



1

4.2.10 Geschoßdecke System Ehrenreich Ökologisch optimiert

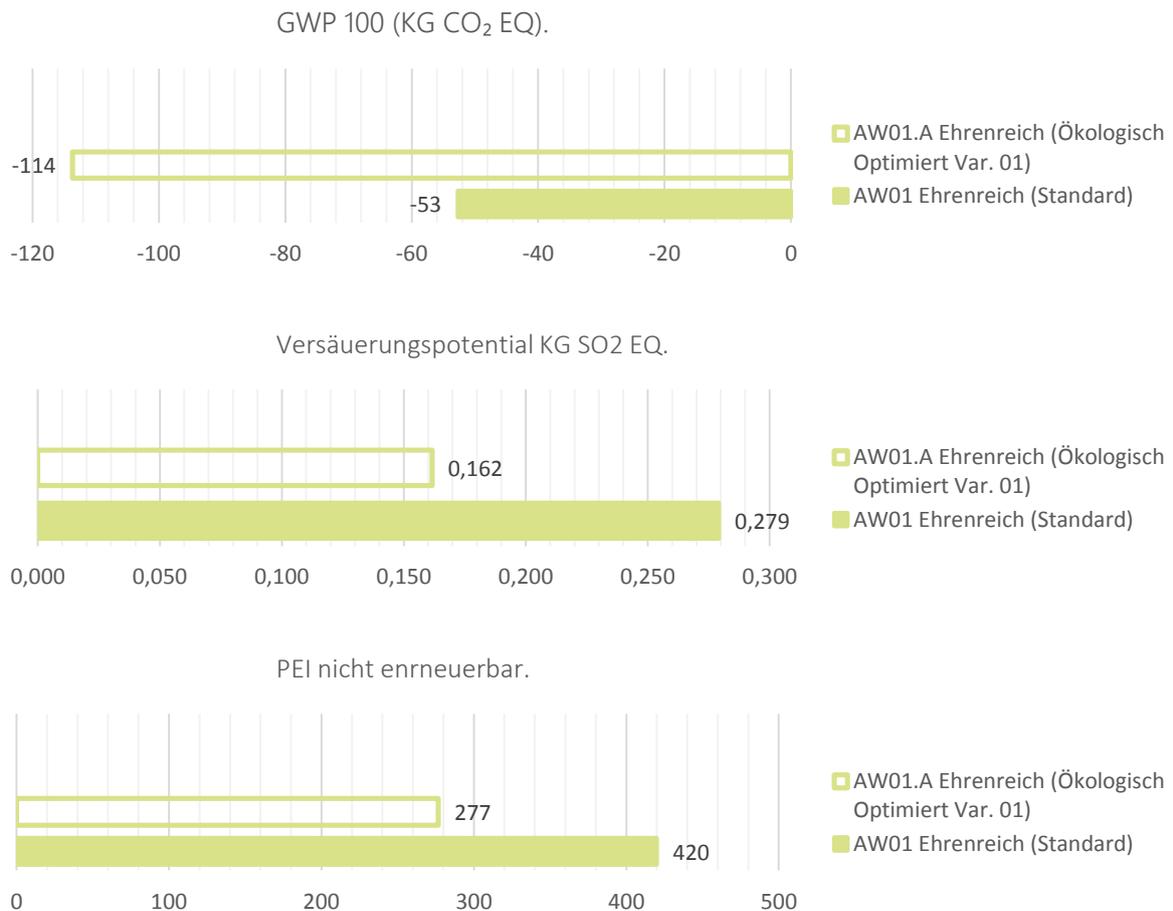
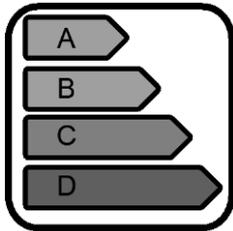


Abbildung 17: Ökologischer Vergleich der optimierten Deckenaufbauten anhand der drei Wirkungskriterien (PEI n.e., GWP, AP)

Anhand der drei Umweltindikatoren: nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEI_{n.e.}), dem Treibhauspotential (GWP) und dem Versauerungspotential (AP), wurde die ökologische Qualität des Standardfußbodenaufbaus und der ökologischen Optimierung (Var.01) untersucht. Durch die Änderung der Konstruktion der Geschoßdecke auf einen „Trockenfußbodenaufbau“ kann eine gesamtökologische Verbesserung von ca. 40% erreicht werden (als Summe der drei Wirkungskategorien). Weiters vermeidet der Lärchenschiffboden in Var01 Emissionen von Formaldehyd und VOC. Auch die eingesetzte Schafwollämmung vermeidet Emissionen von Formaldehyd.

5 Energieeffizienz

5.1 Optimierung Heizwärmebedarf



Bezugnehmend auf den Einreichplan des Hauses „Ehrenreich, Bayr 2012 – St. Michael im Lungau“ wurden unterschiedliche Optimierungen des Musterhauses bis zum Passivhausstandard untersucht. Sämtliche Berechnungen wurden laut OIB Richtlinie 06, Stand 2011 mit der Software GEQ, Version 2014040407 durchgeführt. Für alle Varianten ist der LEK-Wert, der für die Förderung in Salzburg maßgebend ist, mit berücksichtigt.

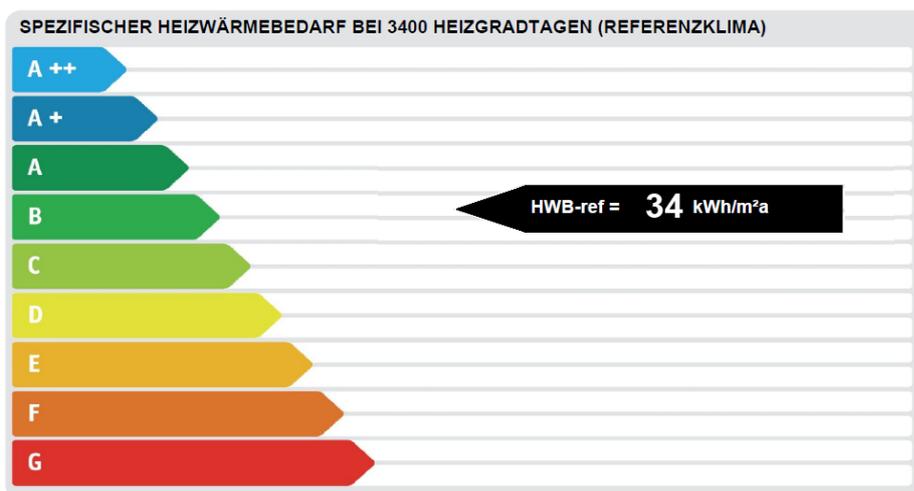
Stand Energieausweis Einreichplanung Musterhaus Ehrenreich, Bayr 01.03.2012:

Grunddaten:

Brutto Grundfläche	168	m ²
Beheiztes Brutto-Volumen	514	m ³
Charakteristische Länge (lc)	1,33	1/m
Heizlast	4,8	kW
Mittlerer U-Wert	0,22	W/m ² K
LEK-Gebäudekonstante C	551	
Kompaktheit (A/V)	0,75	m

Bauteile / U-Werte:

AW01	Holz- Riegelwand	0,13 W/m ² K
DS01	Dachschräge	0,16 W/m ² K
AD01	Kehlbalkendecke	0,15 W/m ² K
KD01	Kellerdecke	0,24 W/m ² K
FE	Fenster	0,88 W/m ² K

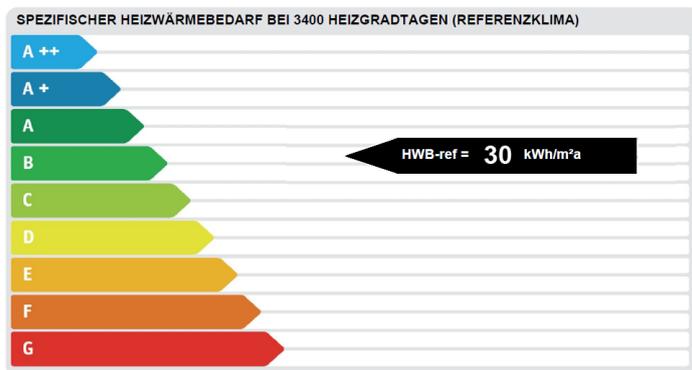


Optimierungsvarianten:

Var 01:

Optimierung der Wärmebrücken im Musterhaus auf nahe Passivhausstandard

- Einsparung ca. 4 kWh/m²a

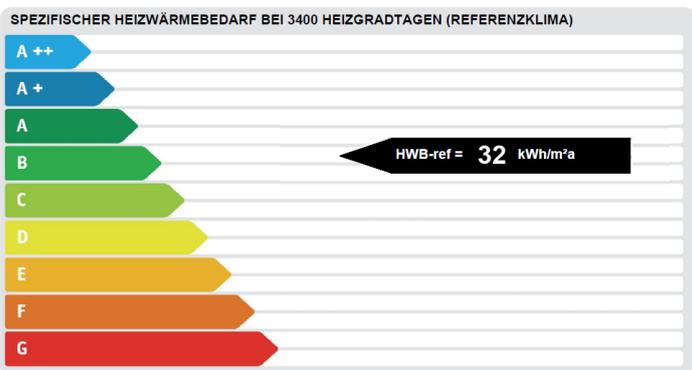


Var 02:

AW01 – Erhöhung der Dämmstärke $U=0,11\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

Holzfaserdämmplatte von 6cm auf 12cm

- Einsparung ca. 2 kWh/m²a

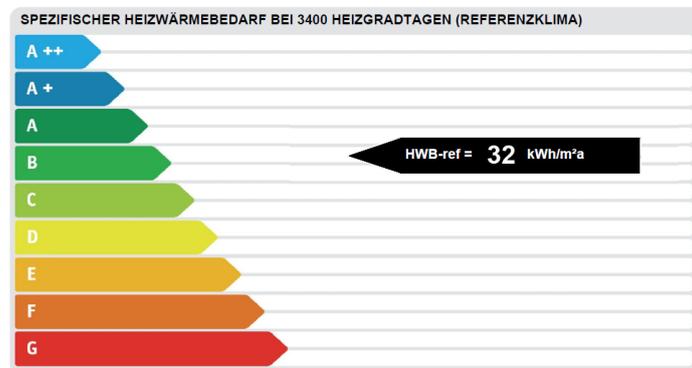


Var 03:

KD – Erhöhung der Kellerdecken-dämmung um 6cm

$U=0,18\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

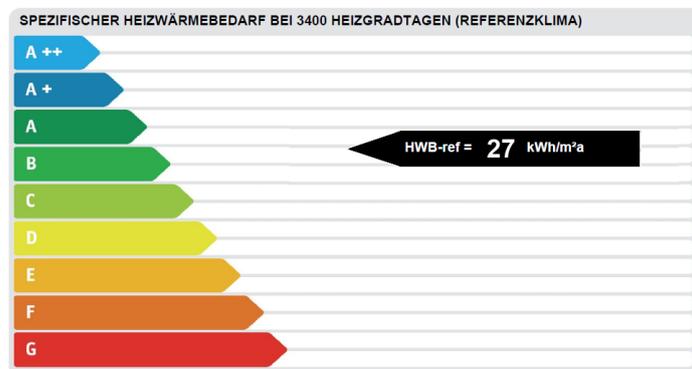
- Einsparung ca. 2 kWh/m²a



Var 04:

Erhöhung der Dämmstärke aller Wandaufbauten pauschal um ca. 8cm – U-WERTE für Außenbauteile min $0,10\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, Kellerdecke $0,14\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

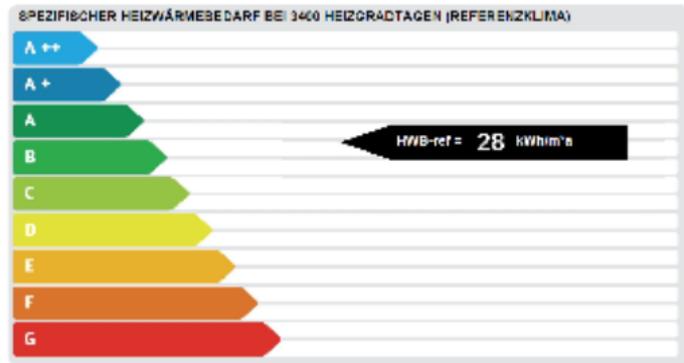
- Einsparung ca. 7 kWh/m²a



Var 05:

Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung (Wärmebereitstellungsgrad 77%) n50-Wert = 1,5h-1

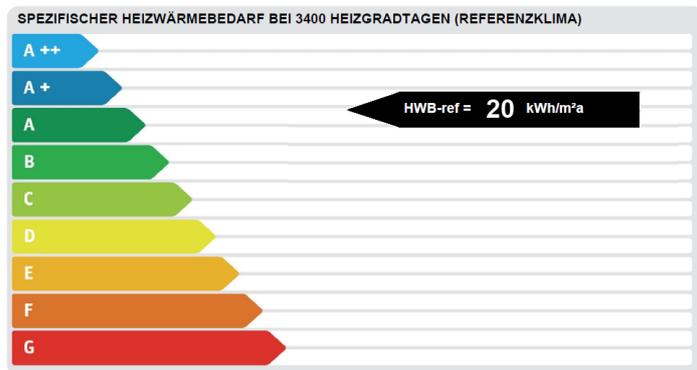
□ Einsparung ca. 6 kWh/m²a



Var 06:

Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung (Wärmebereitstellungsgrad 55%) Luftdichtigkeit n50-Wert = 0,4 h-1

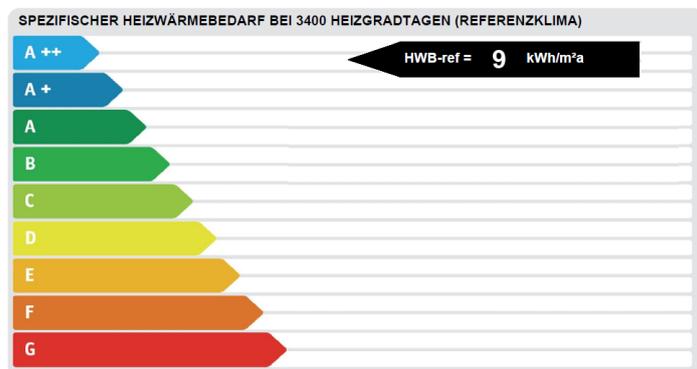
□ Einsparung ca. 14 kWh/m²a



Var Passivhaus:

Var 01 + Var 04 + Var 06

- Wärmebrückenfrei
- Passivhaus U-Werte
- WRL mit WRG



Es wird seitens der FH-Salzburg auf jeden Fall als Minimalanforderung der Niedrigstenergiestandard mit einem Heizwärmebedarf (Referenzklima) unter 25kWh/m²a für das Biosphärenhaus angestrebt. Durch die Berechnung des Heizwärmebedarfs in unterschiedlichen Varianten stehen der Firma Ehrenreich unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten zur Reduktion des Heizwärmebedarfs bis hin zum Passivhausstandard zur Verfügung.

Ergebnisdarstellung – Varianten Heizwärmebedarf Referenzklima lt. OIB RI06 Stand 2011

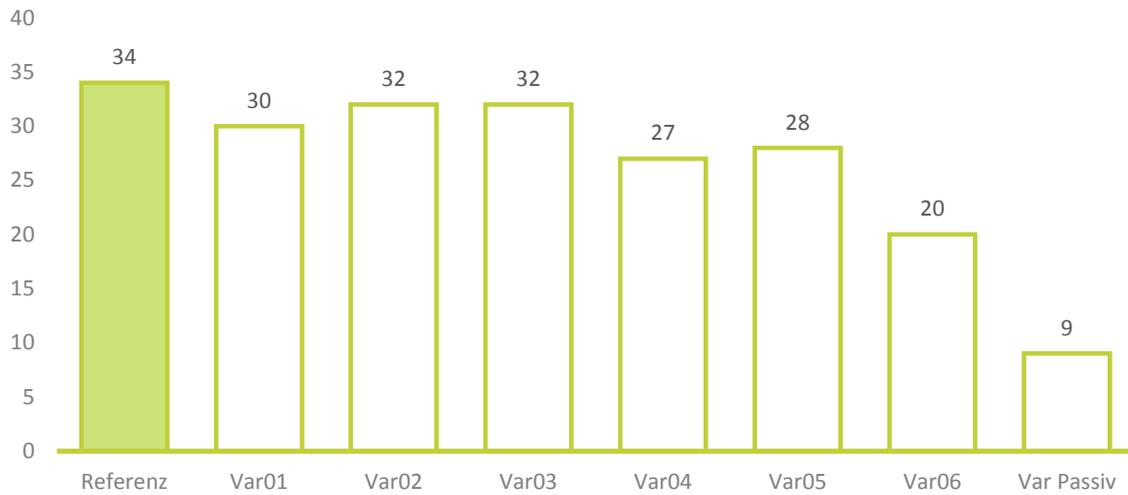


Abbildung 18: Variantendarstellung Ergebnisse: Heizwärmebedarf Musterhaus Ehrenreich - Referenzklima, OIB 2011 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)



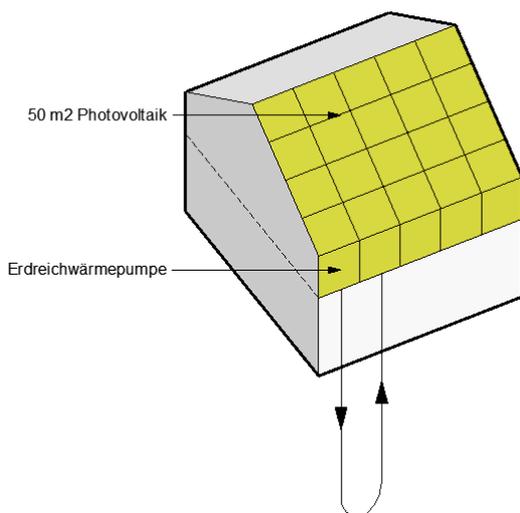
Abbildung 19: Ergebnisse für Einzelmaßnahmen in Kombination: Heizwärmebedarf Musterhaus Ehrenreich - Referenzklima, OIB 2011 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

5.2 Nullenergieabschätzung

Ab Ende 2020 müssen alle Neubauten innerhalb der EU als „Nahe-Nullenergiestandard“ gebaut werden. Das bedeutet einen Netto-Energiebedarf für Heizen, Lüften, Kühlen und Warmwasser von nahe Null. So sieht es die Novelle der EU-Gebäuderichtlinie aus dem Jahr 2010 vor. Nullenergie- und Plusenergiegebäude verbinden Energieeffizienz und erneuerbaren Energien, um eine ausgeglichene Jahresenergiebilanz zu erreichen. (Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments, 2010).

Der Idealtyp des Biosphärenhauses ist unabhängig von fossilen Energieressourcen und steigenden Energiepreisen. Die Nettonullenergiebilanz wurde daher für das Biosphärenhaus nicht als Primärenergiebilanz sondern auf eine „Netto-Nullenergie-CO₂-Bilanz“ gerechnet.

5.2.1 Var 01: Das „nur Strom Haus“



Deckung des Gebäudestrombedarfs mit einer 7KWp Photovoltaik Anlage in Kombination mit einer Erdreichwärmepumpe – Nullenergiehausstandard - CO₂ Bilanz

Eckdaten (Endenergiebilanz):

Heizenergiebedarf: 2000kWh/a =12kWh/m²a

Trinkwarmwasserbedarf: 1344kWh/a
8,5kWh/m²a

Strombedarf: 2990kWh/m²a =17,8 kWh/m²a

Lüftungsanlage: 772kWh/m²a=4,6kWh/m²a

Abbildung 20: Nullenergieabschätzung für das Biosphärenhaus im Nahe-Passivhausstandard als „Nur Strom“ Nullenergiegebäude mit einer neutralen CO₂ Bilanz im Betrieb (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

Endenergiebilanz

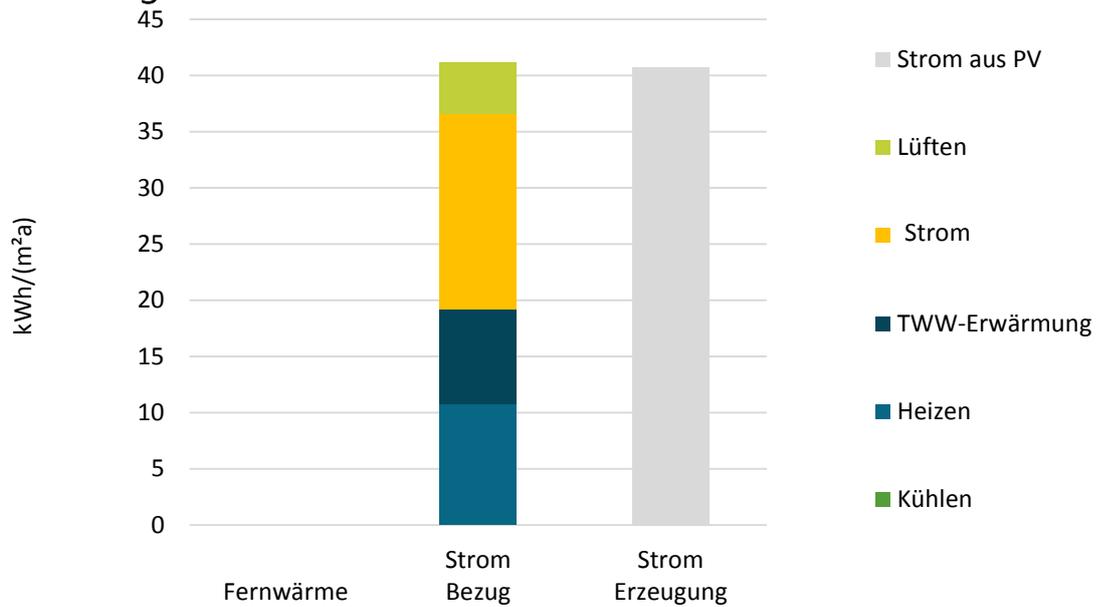


Abbildung 21: Endenergiebilanz Biosphärenhaus „Nur Strom“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

CO₂-Bilanz, nZEB 0

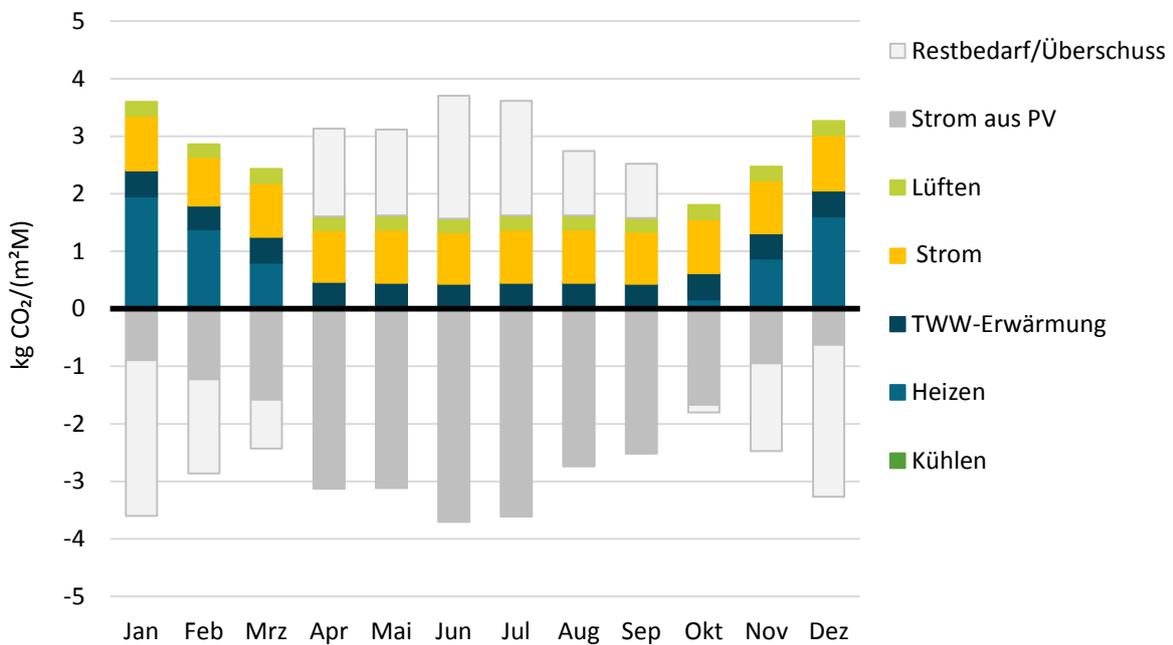


Abbildung 22: CO₂ Bilanz Biosphärenhaus „Nur Strom“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

Deckungsanteil CO₂-Emissionen

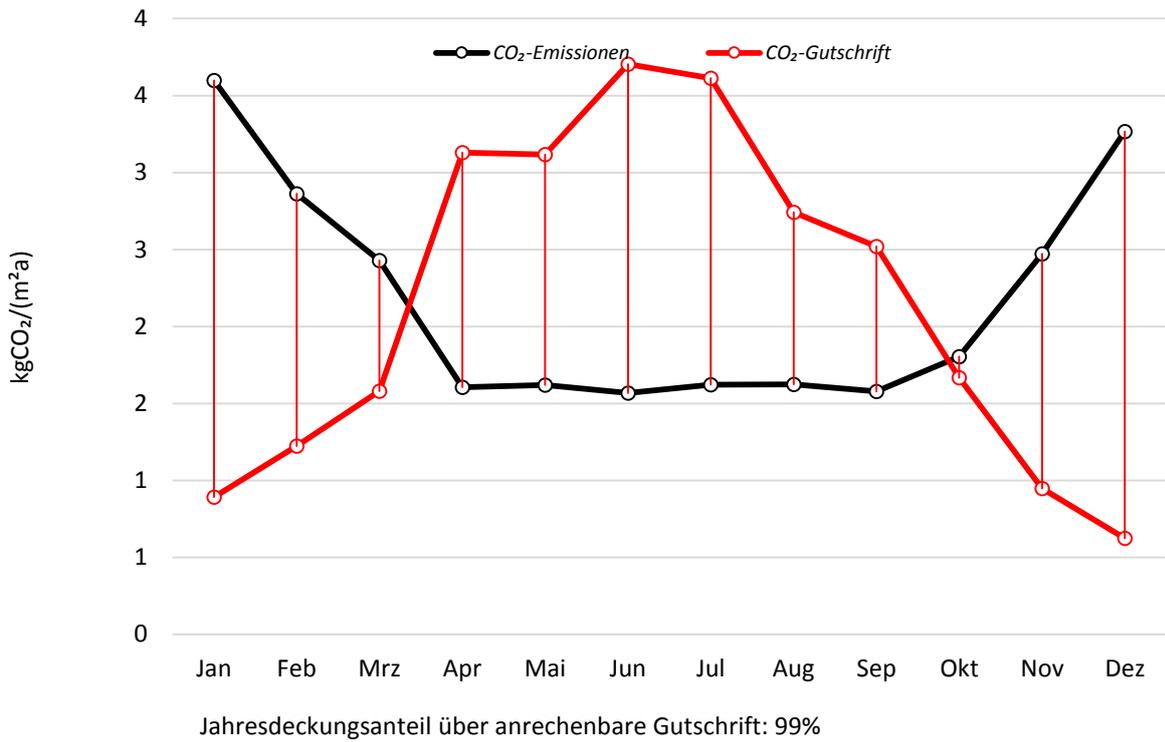


Abbildung 23: CO₂ Bilanz Biosphärenhaus – Jahresdeckungsanteil „Nur Strom“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

Kumulierte CO₂-Emissionsbilanz

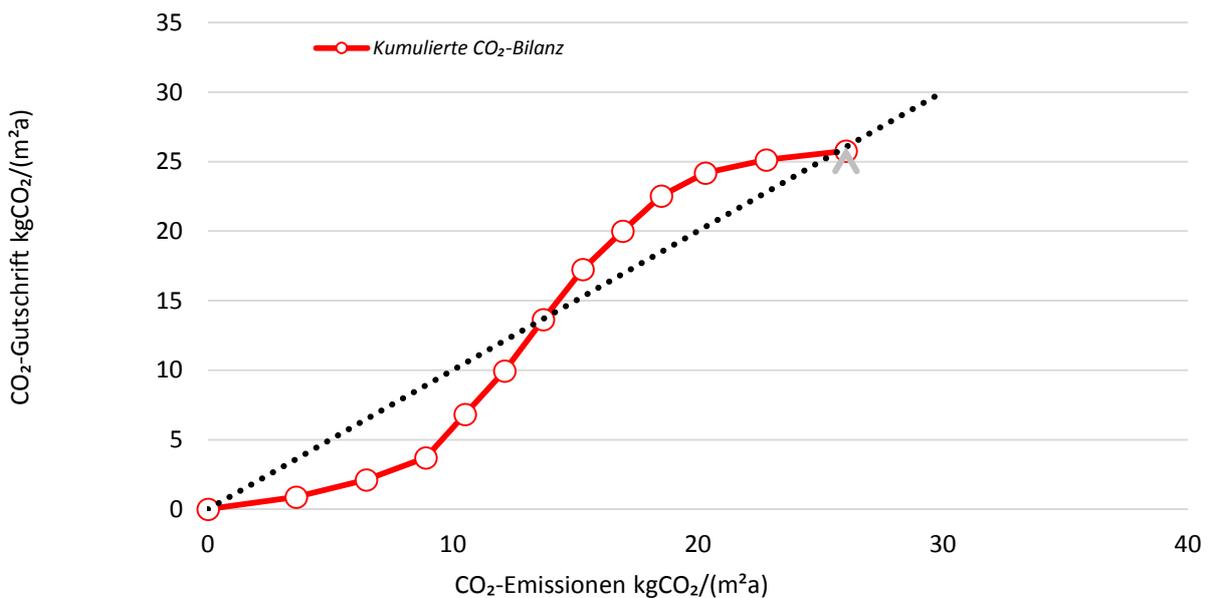
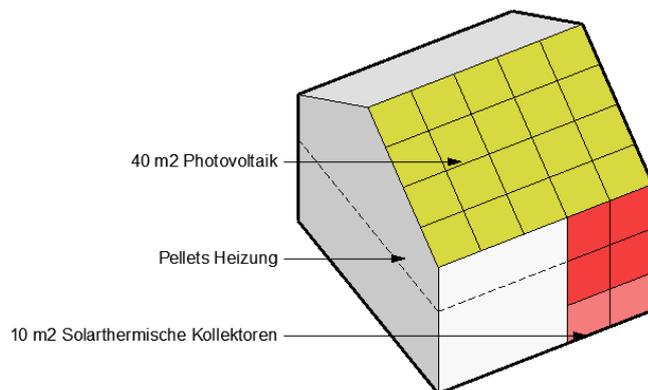


Abbildung 24: CO₂ Bilanz Biosphärenhaus – Kumulierte CO₂ Bilanz – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

Nullenergiekonzepte werden zumindest bei Einfamilienhäusern zunehmend auf einen gemeinsamen Nenner hin konvergieren: Basis ist stets eine gut gedämmte, kompakte Gebäudehülle. Im „Nur-Strom-Biosphärenhaus“ ist das Energiesystem auf Solaranlagen und Wärmepumpen beschränkt, sodass Strom der einzige Energieträger ist. Trotz der Nullenergiejahresbilanz benötigt das Biosphären-Nullenergiegebäude als „Nur Strom Haus“ das Stromnetz als Lastausgleich. Das bedeutet im Sommer wird viel mehr Strom ins Netz eingespeist als im Haus benötigt. Im Winter verhält es sich genau umgekehrt. In Var 02 wird das gleiche Gebäude (Haushaltsstrom über Photovoltaik, Heizung und Warmwasser mit Solarthermie (der Lungau hat die meiste Sonnenscheindauer in Salzburg) und Pelletheizung (als regional verfügbarer Rohstoff) untersucht.

5.2.2 Var 02: Photovoltaik, Solarthermische Kollektoren zur Brauchwassererwärmung Heizungsunterstützung und Pelletheizung



Deckung des Gebäudestrombedarfs mit einer 5KWp Photovoltaik, Reduktion des Warmwasser und Heizwärmebedarfs durch 8m² Flachkollektoren

Eckdaten (Endenergiebilanz):

Heizenergiebedarf: 2000kWh/a
=12kWh/m²a

Trinkwarmwasserbedarf: 1344kWh/a
8,5kWh/m²a

Strombedarf: 2990kWh/m²a =17,8
kWh/m²a

Lüftungsanlage:

772kWh/m²a=4,6kWh/m²a

Abbildung 25: Nullenergieabschätzung für das Biosphärenhaus im Nahe-Passivhausstandard als „Nur Strom“ Nullenergiegebäude mit einer neutralen CO₂ Bilanz im Betrieb (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

Endenergiebilanz

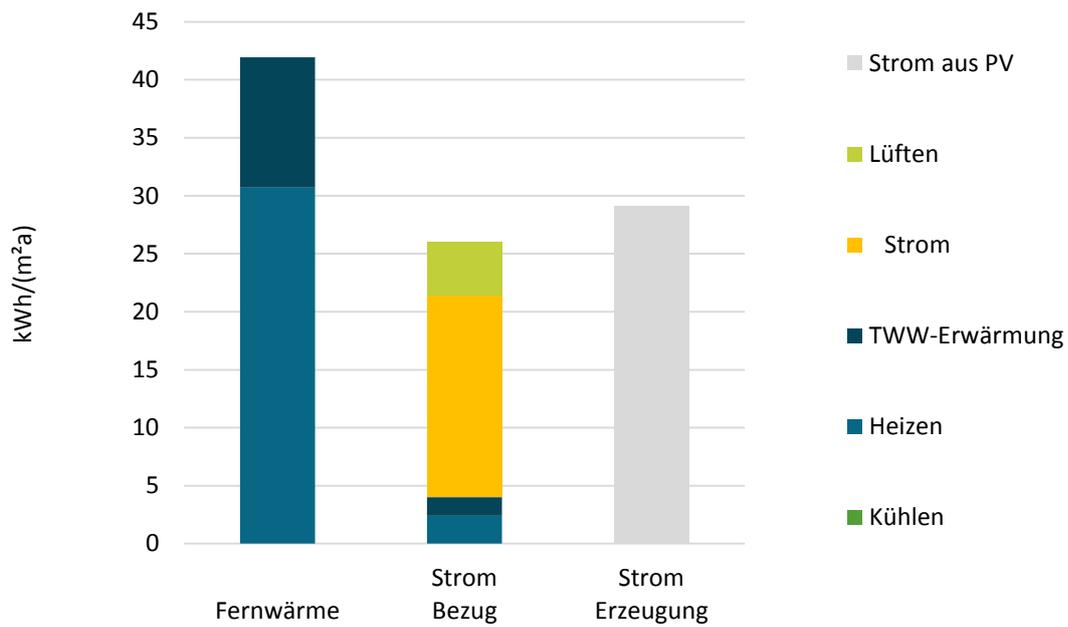


Abbildung 26: Endenergiebilanz Biosphärenhaus „Var02“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

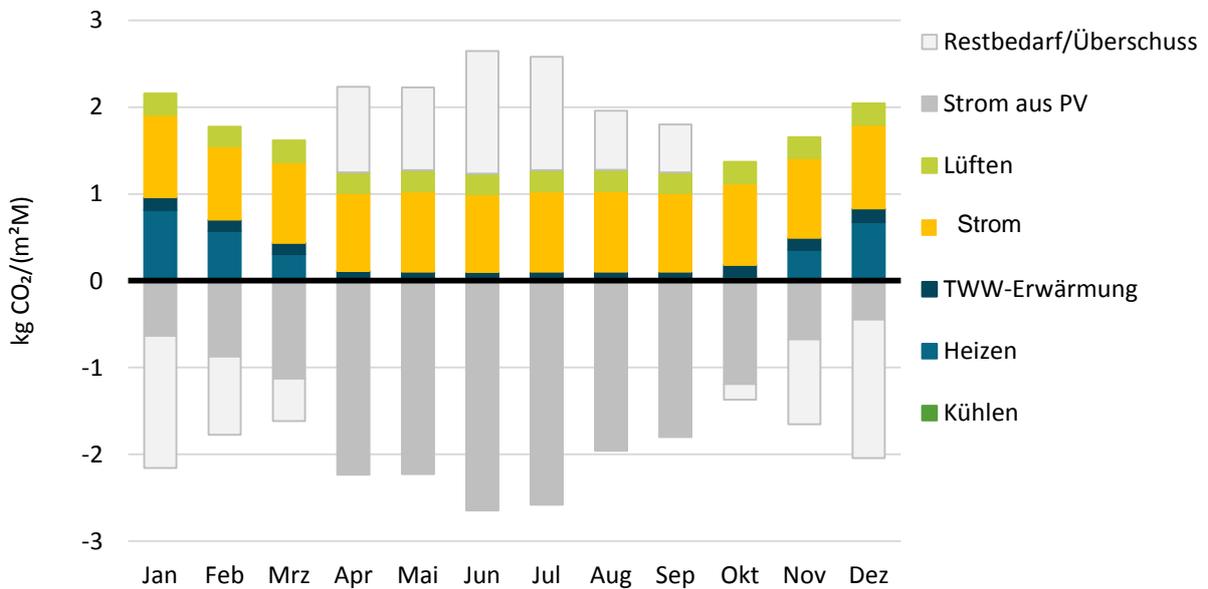


Abbildung 27: CO₂ Bilanz Biosphärenhaus „Var02“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

Deckungsanteil CO₂-Emissionen

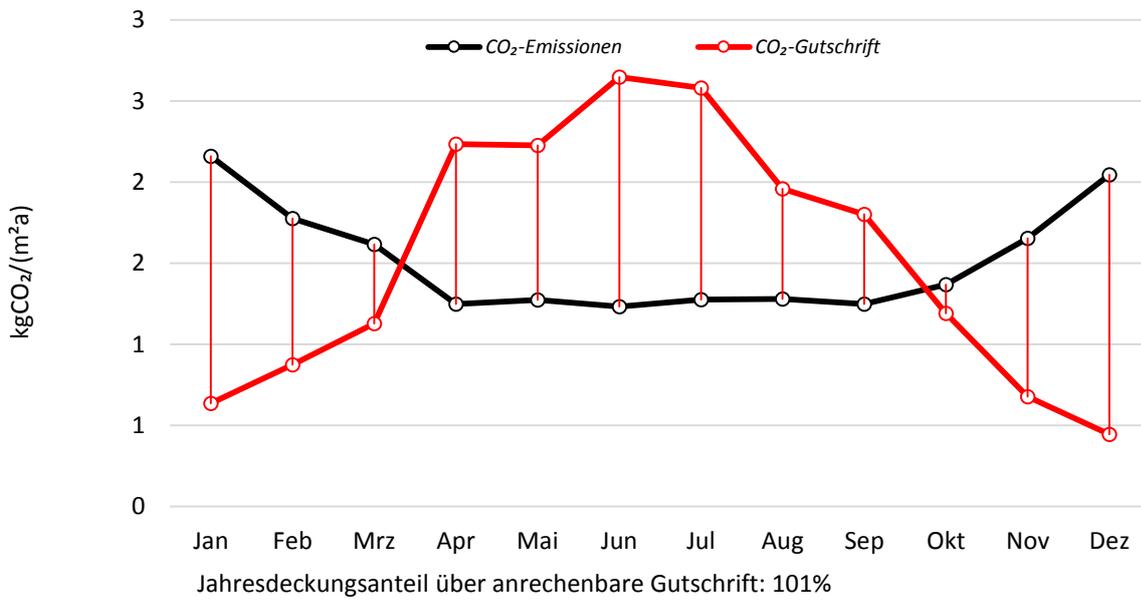


Abbildung 28: CO₂ Bilanz Biosphärenhaus – Jahresdeckungsanteil „Var02“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

Kumulierte CO₂-Emissionsbilanz

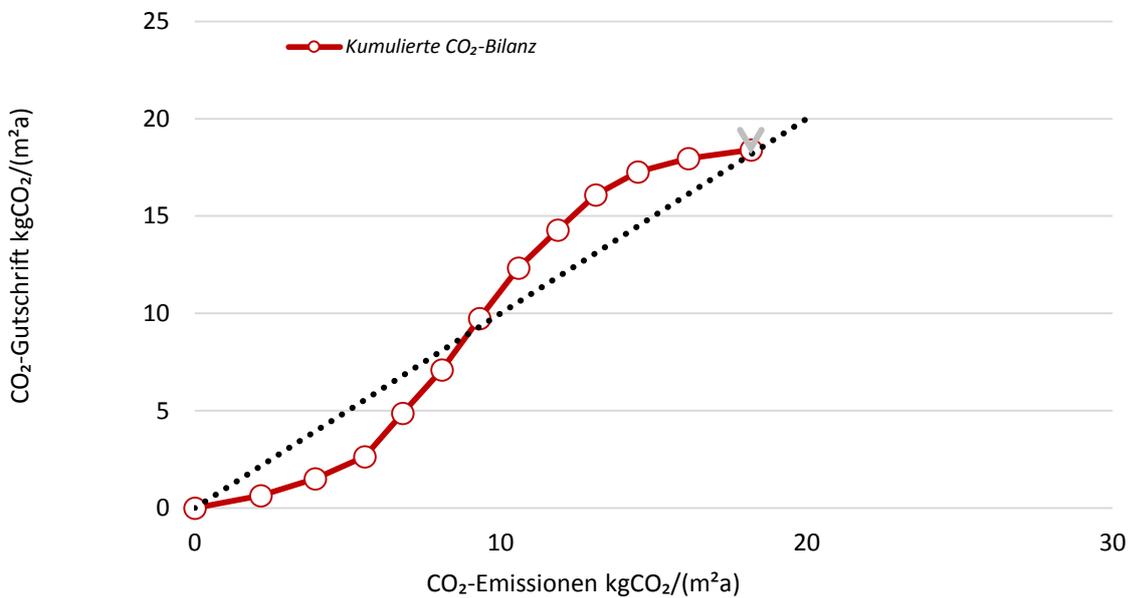


Abbildung 29: CO₂ Bilanz Biosphärenhaus – Kumulierte CO₂ Bilanz – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)

5.3 Vergleich kontrollierter Wohnraumlüftungen (Studentenarbeit Reinhard Rieseneder BSc, Betreuer DI Markus Leeb)

Die Umsetzung von Passiv- bzw. Niedrigstenergiehäusern, welche in der momentanen energiebewussten Gesellschaft mehr und mehr an Marktanteilen gewinnen, ist nur durch den Einsatz von Wohnraumlüftungen möglich. Dies führt dazu, dass viele Hersteller, welche sich mit Lüftungstechnik bisher nur in Form von Großanlagen beschäftigt haben, nun auch den Markt für kleinere Gebäudeeinheiten, wie eben auch das Einfamilienhaus, für sich entdeckt haben. Das dadurch stetig steigende Angebot macht es notwendig die Produkte bezüglich ihrer Effizienz zu beurteilen.

Das Kernthema ist es aus einer getroffenen Auswahl an kontrollierten Wohnraumlüftungen jene zu definieren, welche für den Einsatz im Einfamilienhaus die bestmöglichen Vergleichsergebnisse im Punkte Energie erzielt. Dies geschieht durch Darlegung der Einsparungen an Heizenergie aufgrund der Wärmerückgewinnung, was für gewöhnlich ein Hauptargument bei der Wahl einer Lüftungsanlage ist. Es werden jedoch auch jene, oft ignorierten, Parameter betrachtet, welche allein die aufzuwendende Energie für die Luftförderung betreffen.

5.3.1 Produktevergleich nach Herstellerdaten

Es werden sämtliche im Vergleich vorkommende Einheiten und deren Hersteller vorgestellt. Bei den Geräten handelt es sich ausschließlich um zentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung welche sich für den Einsatz im Einfamilienhaus, welches bei den Vergleichen herangezogen wird, eignen. Die Wahl wurde aufgrund der Luftmengen, der spezifischen Ventilatorleistung und des Wärmebereitstellungsgrads, aus einer Geräteaufstellung, welche vom Verein "komfortlüftung.at" im Dezember 2013 erstellt wurde, getroffen.

Da nicht sämtliche Geräte nach demselben Prüfverfahren zertifiziert wurden um den Wert des Wärmebereitstellungsgrads zu ermitteln und eine direkte Umrechnung zwischen den einzelnen Verfahren aufgrund unterschiedlicher Prüfverfahren nicht möglich ist, wurde ein allgemein anerkanntes Verfahren zu Umrechnung herangezogen.

Als Basis wird die Prüfung nach EN 13141-7 herangezogen, für Geräte welche mit dem Passivhaus-Prüfreglement bewertet wurden wird ein Abschlag beim Wärmebereitstellungsgrad von -5% veranschlagt und für Bewertungen nach dem DIBt-Prüfreglement ein Abschlag von -14% (Greml, 2010).

	Wärmebereitstellungsgrad
PHI (vor Abzug von 5%)	81%
EN 13141-7	77%
DIBt (vor Abzug von 14%)	89%

Tabelle 8: Umrechnungsbeispiel von PHI und DIBt auf EN 13141-7

Spezifische Ventilatorleistung

Wie in "Abbildung 30" ersichtlich ist, ist bei niedrigeren Luftmengenleistungen, zwischen 75 und 125 m³/h, die Abweichung der spezifischen Ventilatorleistungen der einzelnen Anlagen untereinander eher gering. In diesem Bereich wird der beste Wert von der "WRGZ-ECO 3" Anlage vom Hersteller "Benzing" mit 0,12Wh/m³, bei 101m³/h, und als höchster die 0,25Wh/m³, bei 125m³/h, der Anlage "Renovent Excellent 300" von "Brink" geliefert, diese Werte beruhen rein auf Herstellerangaben, wenn man jedoch die wahrscheinliche Leistungsentwicklung betrachtet würde das Produkt "Pingvin DCE" von "Enervent" bei 125m³/h mit einer spezifischen Ventilatorleistung von ca. 0,28Wh/m³ zu Buche schlagen und somit das Modell von Brink um noch 0,03Wh/m³ übersteigen, zu beachten ist hierbei dass, das Modell von "Enervent" das einzige in dieser Auswahl ist bei dem ein Rotationswärmetauscher zum Einsatz kommt, wohingegen alle anderen Produkte auf Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher setzen.

Im höheren Luftmengenleistungsbereich, ab 250m³/h, fällt die Streuung jener Anlagen welche dieses Niveau überhaupt erreichen deutlich breiter aus, wo die Anlagen von "Clivent" und "Wernig" bei ca.300m³/h eine spezifische Ventilatorleistung von 0,60Wh/m³ und mehr aufweisen erreicht die "novus 300" von "Paul" gerade einmal einen Wert von 0,30Wh/m³, was in dieser Kategorie eindeutig der Spitzenwert ist.

Bezogen allein auf die spezifische Ventilatorleistung lässt sich sagen, dass drei Anlagen sich von den übrigen positiv abheben, das wäre zum einen das Modell von "Benzing", welches auf der niedrigsten Luftmengenleistungsstufe am sparsamsten arbeitet, jedoch einen steilen Anstieg bei Erhöhung der Stufe aufzeigt und dessen höchste Stufe bei ca.250m³/h liegt. Als zweites ist das Produkt von "Wolf" zu erwähnen, welches zwar nur in einem Bereich von 75 bis 200m³/h operiert, in diesem aber nur einen geringen Anstieg der spezifischen Ventilatorleistung von 0,16 auf 0,23 Wh/m³ aufweist und sich daher für den Einsatz in Gebäuden mit geringen Volumina eignen würde, die besten Werte bei der gleichzeitig größten Volumenabdeckung weißt allerdings eindeutig das Produkt von "Paul" auf welches einen Bereich von 75 bis 320m³/h abdeckt und dabei gerade einmal einen Anstieg von 0,12Wh/m³ zwischen niedrigstem und höchstem Wert erreicht.

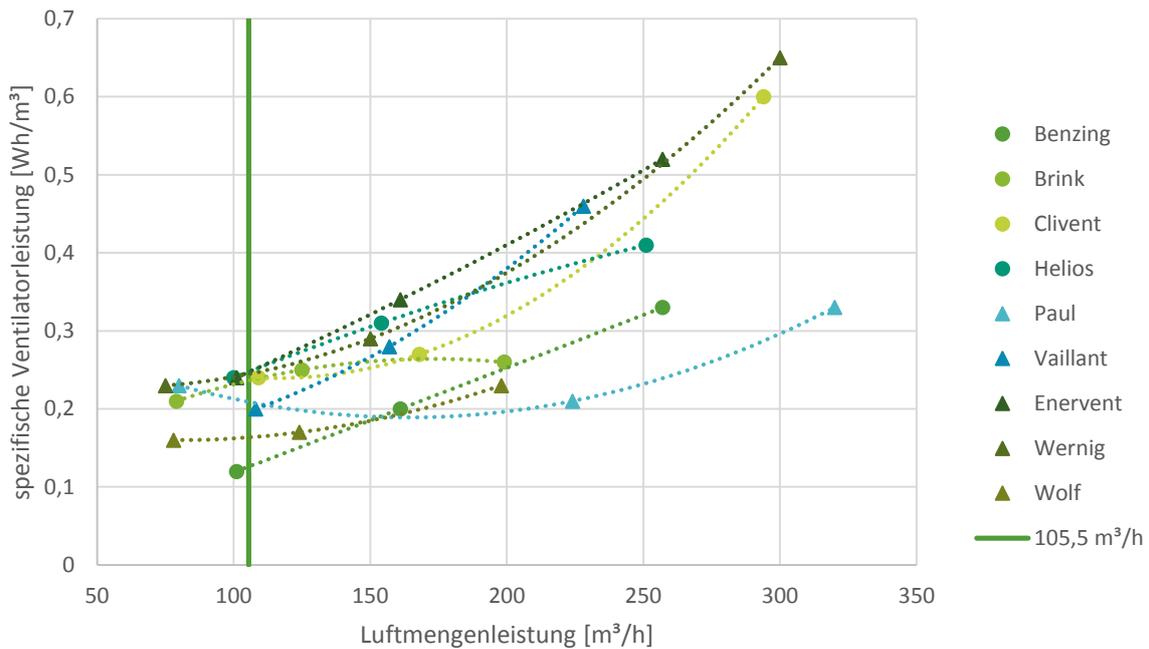


Abbildung 30: Diagramm der spezifischen Ventilatorleistungen bezogen auf die Luftmengenleistungen

Wärmebereitstellungsgrad

Der Wärmebereitstellungsgrad als Kennzeichen für die Energierückgewinnung zeigt in "Abbildung 31" eine klare Verteilung in drei Klassen, die unteren und somit die Schlusslichter in dieser Kategorie sind die Anlagen "KWL EC 300" von "Helios" und die "Pingvin DCE" von "Enervent" über ihren gesamten Lüftungsleistungsbereich, welcher bei beiden von 100 bis ca. 250m³/h verläuft, nicht einmal einen Wärmebereitstellungsgrad von 75% erreichen.

Im Mittelfeld, zwischen 75 und 80%, liegen ca. 2/3 der verglichenen Produkte, wobei ab einer Lüftungsleistung von >150m³ der Bereitstellungsgrad rapide fällt, zum Teil auch unter 75%. Lediglich das Modell von "Vaillant" erfährt, nach einem Tiefstand bei 160m³/h mit nahe 75%, einen erneuten Aufschwung auf 77% bei 230m³/h, wodurch es relativ konstant über seinen gesamten Leistungsbereich operiert.

Als klarer Spitzenreiter erweist sich beim Wärmebereitstellungsgrad die Anlage "novus 300" von "Paul", welche bei niedrigen Lüftungsleistungen einen Bereitstellungsgrad von über 90% aufweist und trotz eines starken Abfalls hin zu den höheren Lüftungsstufen nie die Marke von 85% unterschreitet.

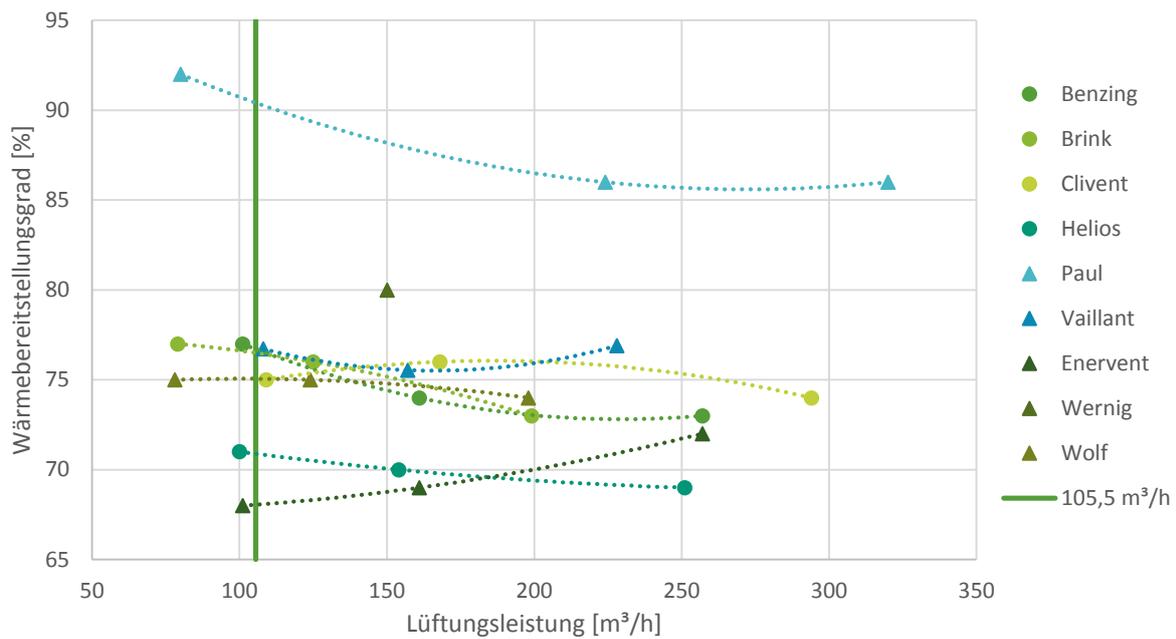


Abbildung 31: Diagramm der Wärmebereitstellungsgrade bezogen auf die Luftmengenleistungen

Jahresenergieaufwand

Der Jahresenergieaufwand, welcher sich aus der spezifischen Ventilatorleistung bei konstanter Lüftungsleistung und einer 24-stündigen einjährigen Laufzeit ergeben würde, verdeutlicht noch einmal die Sparsamkeit der "novus 300" von "Paul". Diese Lüftungsanlage weist bei höchster Stufe einen Lüftungsenergiebedarf von ca. 930kWh/a auf. Anlagen die ebenfalls einen ähnlichen Volumenbereich abdecken, wie etwa das Modell von "Clivent" oder jenes von "Wernig", weisen bei höchster Stufe einen Jahresverbrauch von 1550 bis 1700kWh/a auf, was gegenüber dem "Paul" Modell einen 60 bis 80%igen Mehraufwand an Energie bedeutet.

Bei den unteren Lüftungsleistungsstufen, von 75 bis 150m³/h, zeichnen sich kaum Unterschiede zwischen den einzelnen Produkten ab, lediglich beim Modell von "Paul" ergibt sich ein etwas geringerer Anstieg der Kurve. Den geringsten Wert in der gesamten Kategorie zeigt die Anlage von "Benzing" mit nur etwas über 100kWh/a bei 101m³/h, allerdings sorgt ein rascher Anstieg des Verbrauchs bei höheren Stufen dazu das sie schnell im Mittelfeld, bei Produkten wie der "CWL-300 Excellent" von "Wolf" der "Renovent Excellent 300" von "Brink", landet.

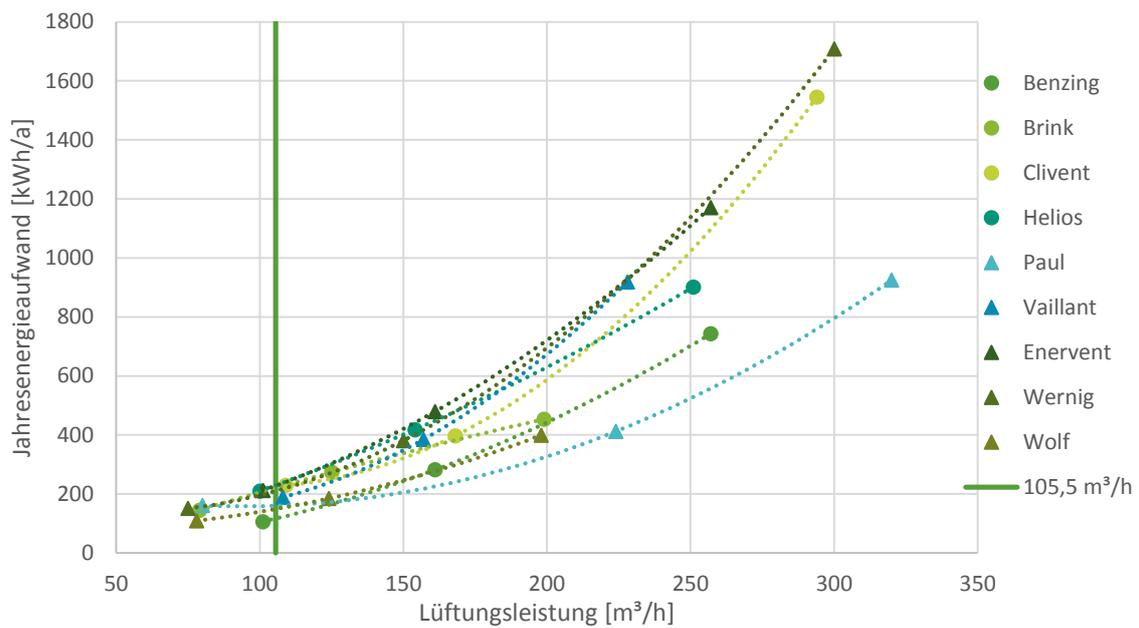


Abbildung 32: Diagramm der Jahresenergieaufwände bezogen auf die Luftmengenleistungen

Schallemission

Die Schallemissionswerte sind beim Geräuschpegeln welcher direkt vom Geräte aus auf die Umgebung einwirkt durchschnittlich in einer Gegend von 46 bis knapp über 50dB angesiedelt. Etwas ruhiger verhält sich die "novus 300" von "Paul" von welcher nur 40dB ausgehen.

Leckagen

Leckagen zwischen Umgebungsluft oder zwischen Zu- und Abluft sollten immer so gering wie möglich ausfallen. Wenn man unter diesem Gesichtspunkt die Werte in den Datenblättern betrachtet so wird man feststellen, dass das Modell von "Clivent" hier, mit über 3% in beiden Kategorien, einige Schwächen aufweist. Interessant ist weiters, dass die Anlage von "Enervent" trotz Rotationswärmetauscher einen besseren Wert zwischen Zu- und Abluft hat als die "Clivent" welche wie alle andern Geräte Plattenwärmetauscher verwendet.

Am besten schneidet die "Renovent Excellent 300" von "Brink" mit Leckagenwerten von 1% zur Umgebungsluft und nur 0,4% zwischen Zu- und Abluft ab.

5.3.2 Anwendung im Musterhaus

Zur Veranschaulichung der einzelnen Lüftungsgeräte wurde ein Einfamilienhaus herangezogen um auf Basis dessen die Vergleiche anzustellen. Das Haus als solches ist kein als solches zurzeit real existierendes Gebäude, sondern lediglich ein Musterentwurf welcher von der Firma "Ehrenreich" zur Verfügung gestellt wurde.

Neben dem Gerätevergleich wird auch ein Luftleitungsschema für das entsprechende Gebäude aufgezeigt. Dieses soll als Möglichkeit gesehen werden und nicht als alleiniger Lösungsweg, welcher stark von den eingesetzten Materialien abhängt.

Eckdaten des Musterhauses

Das Musterhaus, welches von der Firma "Ehrenreich" zur Verfügung gestellt wurde, ist ein zweigeschossiges Einfamilienhaus mit zusätzlichem Keller. Das Erdgeschoss besteht aus einem Eingangsbereich mit daran angeschlossener Toilette und einem kleinen Technikraum, über eine Verbindungstür erfolgt der Zugang in den offenen Wohn-, Koch- und Essbereich. Über eine offene Treppe wird das Obergeschoss erreicht, hier befinden sich drei Schlafräume und ein Badezimmer. Der Keller ist vom Erdgeschoss mittels einer Tür am Austritt abgetrennt, es befinden sich ein Heiz- und ein Lagerraum sowie eine Waschküche im Kellergeschoss. Zum Beheizen des Wohnraumes kommt eine Pelletsheizung zum Einsatz.

Für die Lage des Gebäudes wurde die Marktgemeinde Tamsweg in Salzburg ausgewählt, welche sich auf einer Seehöhe von 1020m befindet. Die Ausrichtung wurde mit dem primären Wohnraum nach Süden angenommen um den Strahlungseintrag über die Fensterflächen zu maximieren.

Als Außenwand wurde ein Standardaufbau der Firma "Ehrenreich" gewählt, eine 33,65cm dicke, verputzte Holzrahmenwand mit Steinwollendämmung, welche einen U-Wert von $0,178 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ hat. Alle erdberührenden Teile, somit alle Kellerwände und der erdanliegende Fußboden des Kellergeschosses, sind aus Stahlbeton gefertigt mit entsprechender XPS bzw. EPS Dämmung mit U-Werten für die Wände von $0,647 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ und den Boden von $0,356 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Das Dach ist ein 32,31cm dickes hinterlüftetes Sparrendach mit einem U-Wert von $0,181 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ und Eternit Dachstein Deckung.

Der notwendige Luftvolumenstrom beträgt $V_V = 105,5 \text{ m}^3/\text{h}$, welcher bereits in "Abbildung 30", "Abbildung 31" und "Abbildung 32" gekennzeichnet ist.

Für die Luftwechselrate n_{50} wurde ein Wert von $n_{50} = 1,50 \text{ 1/h}$ angenommen was dem Maximalwert entspricht wenn bei einem Gebäude eine Lüftungsanlage eingebaut werden soll, daraus ergibt sich eine Falschluftrate n_x von $0,105 \text{ 1/h}$.

Luftleitungsschema

Um die von den Lüftungsanlagen geförderte Luft im Gebäude zu verteilen, muss diese mit einem mehr oder weniger komplexen Netz aus Leitungsrohren durchzogen werden. Hierbei ist besonders auf den Punkt der Schallübertragung zu achten, da dieser sich leicht im Lüftungsnetz ausbreiten kann. Der Einsatz von Schalldämpfern ist daher im Wohnbereich unumgänglich. Dies wurde hier anhand des Musterhauses aufgezeigt, jedoch nur in einer einfachen schematischen Darstellung da die Luftverteilung im Gebäude an sich nicht Teil dieser Arbeit ist und nur zum besseren Gesamtüberblick beitragen soll.

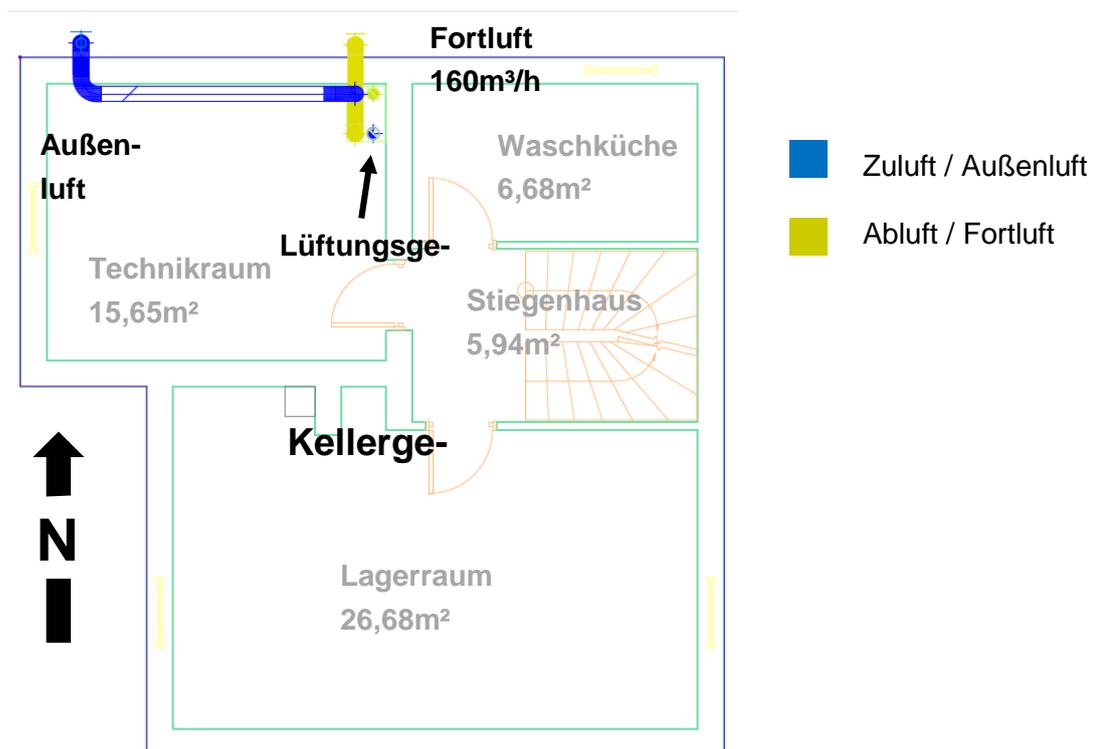


Abbildung 33: Leitungsschema Musterhaus Keller

In "Abbildung 33" sind die Außenluft- und die Fortluftöffnungen zur Umwelt eingezeichnet, diese befinden sich auf der Nordseite des Gebäudes um eine direkte Sonnenbeaufschlagung zu mindern. Weiters sind die Öffnungen 3,5m voneinander entfernt angeordnet, um zu vermeiden, dass die aus dem Gebäude ausgebrachte Fortluft über die Außenluftöffnung angesaugt wird. Eine andere gängige Methode wäre es auch die Fortluft über eine Öffnung in Dachhöhe auszubringen. Dies würde allerdings in diesem Beispiel eine Leitung erfordern welche sich vom Keller, in welchem sich die Lüftungseinheit befindet, bis zur gewünschten Auslasshöhe zieht.

Die Dimensionierung der Außen- und der Fortluftleitung ergibt sich aus der Summe aller Zu- bzw. Abluftmengen im Gebäude. Diese wurden nach der Raumeinteilung, unter Zuhilfenahme der "Tabelle 9" und "Tabelle 10" ermittelt.

Raum	Mindestzuluft für Dimensionierung
Schlafzimmer	50 m ³ /h
Kinderzimmer für zwei Kinder	50 m ³ /h
Kinderzimmer für ein Kind	25 m ³ /h
Büro	25 m ³ /h
Wohnzimmer	60 m ³ /h

Tabelle 9: Mindestbetriebsvolumenstrom für Dimensionierung (Greml, 2010)

Raum	Mindestabluft für Dimensionierung
Wohnküche	60 m ³ /h
Reine Arbeitsküche/Kochnische	40 m ³ /h
Bad	40 m ³ /h
WC	20 m ³ /h
Abstellraum (falls belüftet)	10 m ³ /h

Tabelle 10: Mindestbetriebsvolumenstrom für Dimensionierung (Greml, 2010)

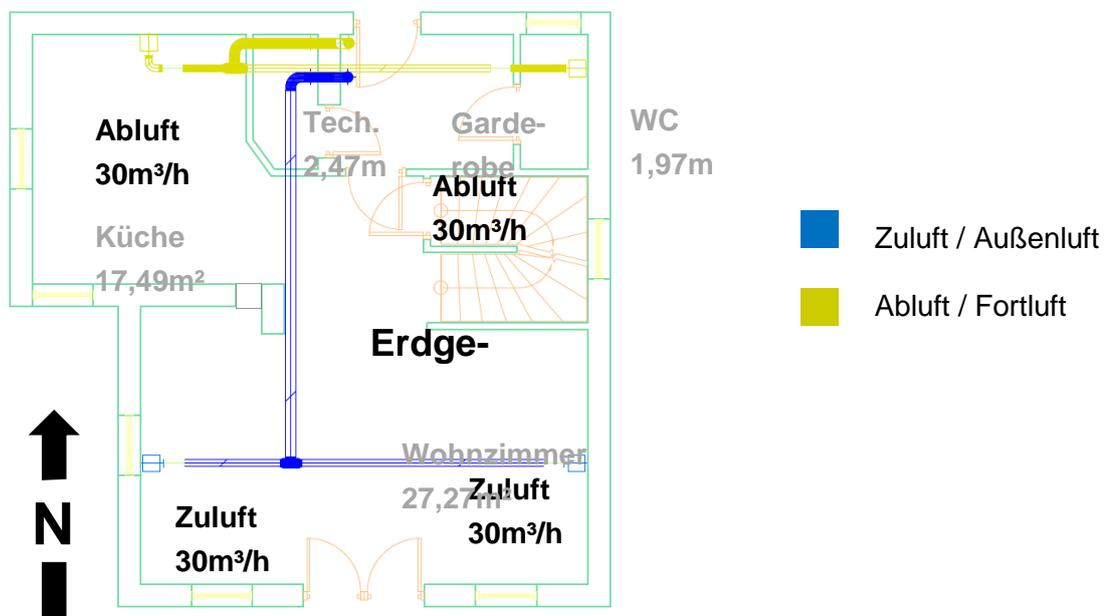


Abbildung 34: Leitungsschema Musterhaus Erdgeschoss

Im Erdgeschoss beginnt die Luftverteilung in die einzelnen Wohnbereiche, die Leitungen liegen dabei in der Erdgeschoss Decke. Die Zuluft zweigt mit einer Leitung mit 150mm Durchmesser von der vertikalen Hauptleitung mit 150mm Durchmesser ab, welche aus dem Keller in den Technikraum emporsteigt. Im Wohnzimmer teilt sich die Zuluftleitung in zwei Ausgänge von je 100mm Durchmesser, über welche je $30\text{m}^3/\text{h}$ an frischer Luft geleitet werden.

Dieselbe Menge wird auch an Abluft im Küchenbereich und im WC dem Raum entzogen, dabei fällt die Rohrdimensionierung gleich der der Zuluft aus. Der Garderobenbereich wird hier mittels Schleiftüren als Überströmbereich genutzt.

Schalldämpfer an den Enden der Leitungen sollen eine Schallübertragung über das Leitungssystem verhindern.

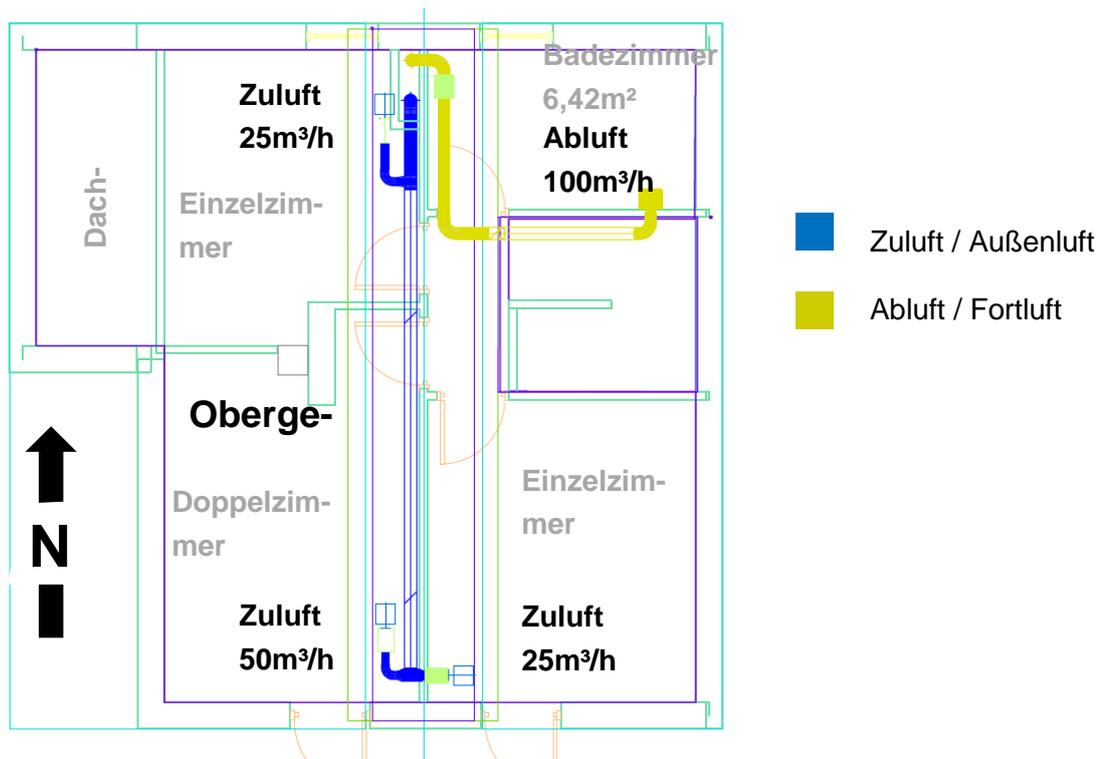


Abbildung 35: Leitungsschema Musterhaus Obergeschoss

Das Obergeschoss wird vom selben vertikalen Hauptstrang gespeist wie das Erdgeschoss, auch sind sämtliche Leitungen an den markanten Stellen mit Schalldämpfern bestückt. Die $100\text{m}^3/\text{h}$ an Zuluft, welche für dieses Geschoss bestimmt sind, werden an die belüfteten Räume anteilmäßig, nach wahrscheinlicher Luftbelastung durch Personen, aufgeteilt. $25\text{m}^3/\text{h}$ verfallen je auf die beiden Einzelzimmer und $50\text{m}^3/\text{h}$ an das Doppelzimmer "Tabelle 9".

Die Absaugung findet nach einer Überströmung der Diele im Badezimmer statt. Dies geschieht über eine Rohrleitung mit 150mm Durchmesser, welche von der Steigleitung über die abgehängte Decke, welche dem Giebelverlauf folgt, in den Treppenbereich läuft, auch dieser Bereich verfügt über eine Deckenabhängung. Der Dachneigung folgend durchstößt die Abluftleitung im hinteren Teil des Badezimmers die Wand zwischen Treppe und Bad.

Die Zuluft folgt ebenfalls der Deckenabhängung und kann über diese leicht jedes Zimmer erreichen "Abbildung 35".

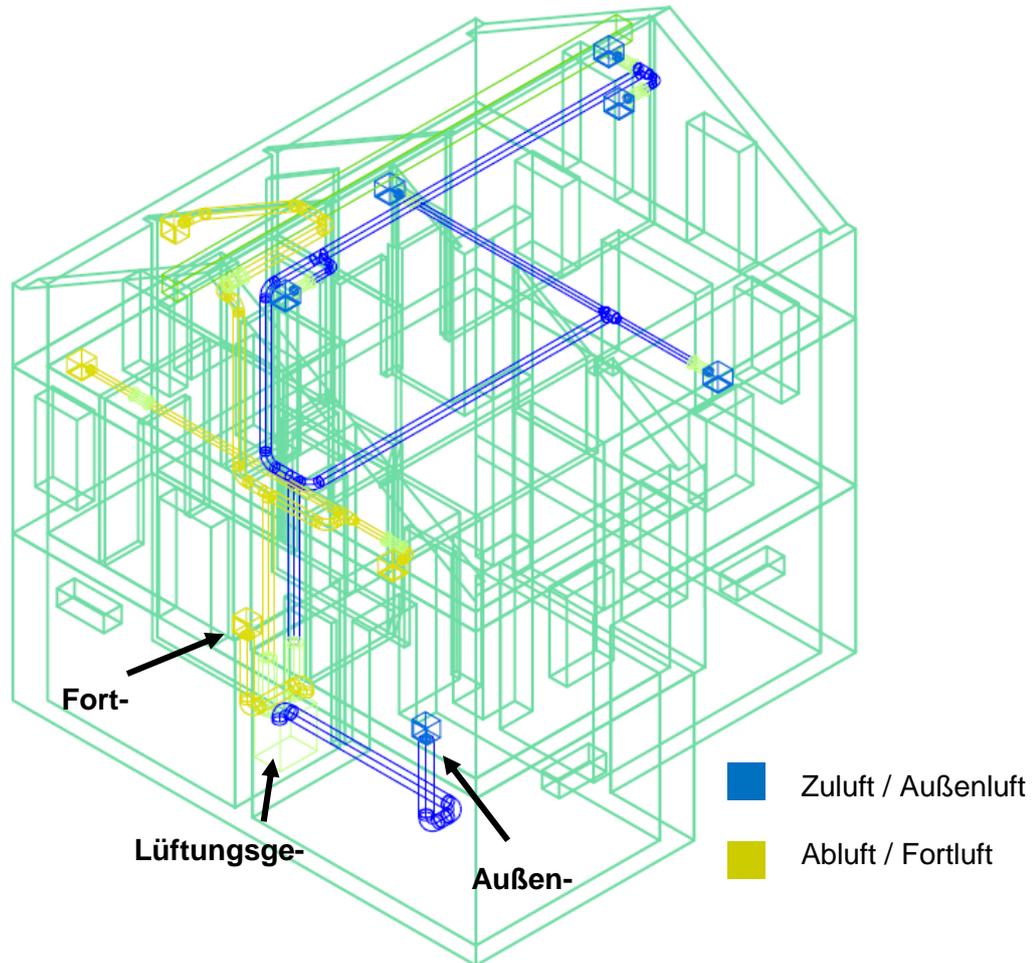


Abbildung 36: Leitungsschema Musterhaus 3D-Modell Nordwest Ansicht

In der "Abbildung 36", welche die Nordwest Ansicht des Gebäudes darstellt, soll noch einmal ein Überblick über das gesamte System gegeben werden. Im Vordergrund ist die Ansaugstelle der Außenluft gut zu erkennen, welche danach über das eigentliche Lüftungsgerät im Keller, im gesamten Haus verteilt wird. Gleich sieht es bei der Abluft aus, welche lediglich dem umgekehrten Weg folgt.

5.3.3 Energiekennzahlen

Um alle Produkte hinsichtlich ihrer Energetischen Werte im Musterhaus vergleichen zu können wurden sämtliche Werte bei einer Lüftungsleistung von 105,5m³/h bestimmt. Da sowohl die spezifische Ventilatorleistung als auch der Wärmebereitstellungsgrad für die Berechnungen der restlichen Energiekennzahlen notwendig sind und diese bei 105,5m³/h nicht genau bekannt sind wurde diese mithilfe einer polynomischen Funktion zweiter Ordnung, welche den Steigungsverlauf zwischen den bekannten Punkten angibt näherungsweise bestimmt.

Allgemeine Kennzahlen

In "Tabelle 11" findet sich eine Auflistung der allgemeinen Kennzahlen die mit dem Einsatz einer Lüftungsanlage einhergehen oder durch diese beeinflusst werden. Sämtliche weiteren Ergebnisse wie etwa der Primärenergiefaktor werden nachfolgend einzeln, unter den Gesichtspunkten Luftförderung, Raumheizung und Gesamt Energiewerte, was einer Kombination der beiden vorangegangenen entspricht, betrachtet.

	SFP [Wh/m ³]	Wärmebereitstellungsgrad [%]	HWB [kWh/a]	NE [kWh/a]
<i>Benzing</i>	0,13	77	32,41	129
<i>Brink</i>	0,24	77	32,71	222
<i>Clivent</i>	0,24	75	33,00	203
<i>Helios</i>	0,25	71	34,20	240
<i>Paul</i>	0,21	90	28,32	203
<i>Vaillant</i>	0,20	77	32,41	185
<i>Enervent</i>	0,25	68	35,10	222
<i>Wernig</i>	0,24	80	31,53	222
<i>Wolf</i>	0,16	75	33,00	148

SFP	spezifische Ventilatorleistung [Wh/m ³]
Wärmebereitstellungsgrad	Menge an aus der Abluft zurückgewonnener Wärme [%]
HWB	Heizwärmebedarf [kWh/a]
NE	jährlicher Nutzenergiebedarf für Luftförderung [kWh/a]

Tabelle 11: SFP, Wärmebereitstellungsgrad, HWB und NE bei 105,5m³/h

Gemeinsame Betrachtung von Luftförderung und Raumheizung

Unter diesem Punkt werden nicht wie in den vorangegangenen die Lüftung und die Raumheizung getrennt voneinander betrachtet, sondern in kombinierter Form beim Einsatz im Musterhaus.

In den Ergebnissen zeigt sich, dass trotz des eigentlich niedrigeren Energieverbrauchs der Lüftungsanlage selbst beim Produkt von "Benzing", der höhere Wärmebereitstellungsgrad der Anlage von "Paul" überwiegt und sich über Einsparungen bei der für die Raumheizung nötigen Energie im Gesamtverbund als die betriebskostengünstigste als auch die CO₂-sparende Anlage herausstellt.

Ebenfalls zu erwähnen ist, dass das Modell von "Enervent", welches als einziges mittels Rotationswärmetauscher für die Wärmerückgewinnung sorgt, in sämtlichen Kategorien nicht die Werte der Mitbewerber erreicht.

	Endenergiebedarf [kWh/a]	PEB [kWh/a]	CO ₂ [kg/a]	Kosten [€/a]
<i>Benzing</i>	8475	10155	452	457
<i>Brink</i>	8588	10398	484	471
<i>Clivent</i>	8631	10426	481	471
<i>Helios</i>	8871	10754	503	488
<i>Paul</i>	7774	9415	439	426
<i>Vaillant</i>	8511	10263	469	463
<i>Enervent</i>	9020	10908	505	494
<i>Wernig</i>	8373	10144	473	459
<i>Wolf</i>	8595	10318	464	464

Energiebedarf ohne Umwandlungsverluste [kWh/a]	
PEB	Primärenergiebedarf [kWh/a]
CO ₂	Kohlendioxidemissionen [kg/a]
Kosten	Betriebskosten [€/a]

Tabelle 12: Energiebedarf, PEB, CO₂ und Kosten bei 105,5m³/h

Primärenergiebedarf

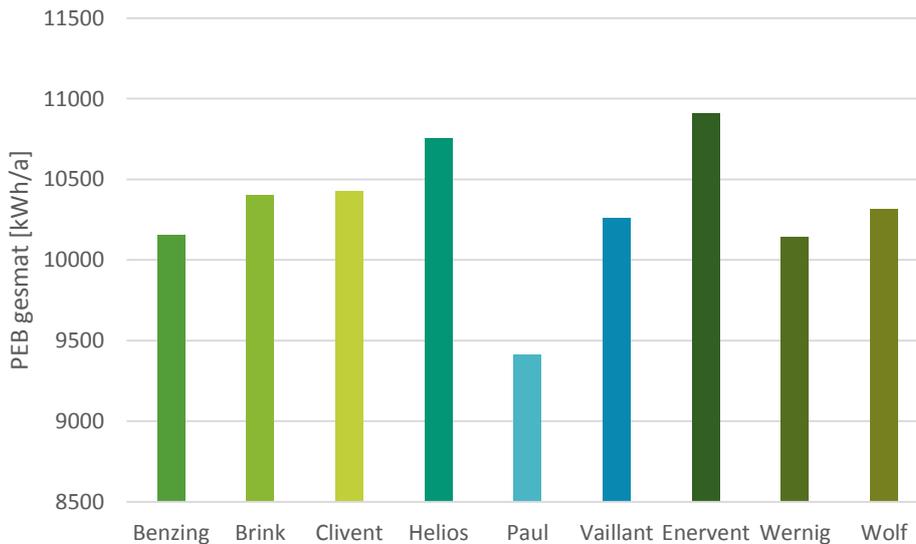


Abbildung 37: Vergleich PEB bei 105,5m³/h

Der Primärenergiebedarf, welcher auf den Primärenergiefaktoren der Bautechnikverordnung-Energie des Landes Salzburg basiert, zeigt, dass eine Einsparung der elektrischen Energie zwar aufgrund des höheren Faktors von Strom ($f_p=3,00$) einen größeren Effekt erzielen könnte, jedoch quantitativ nicht mit der Menge an Pellets ($f_p=1,14$) mithalten kann, welche durch eine bessere Wärmerückgewinnung eingespart werden können.

So zeigt sich auch in der "Abbildung 37" das Modell "novus 300" von "Paul" als Vorreiter, welches der Raumheizung, aufgrund eines Wärmebereitstellungsgrad von 90% bei 105,5m³/h Lüftungsleistung, bei einer Energiedichte von 4,8kWh/kg, die Verfeuerung von über 100kg an Pellets gegenüber des nächsten Konkurrenten spart.

CO₂-Emission

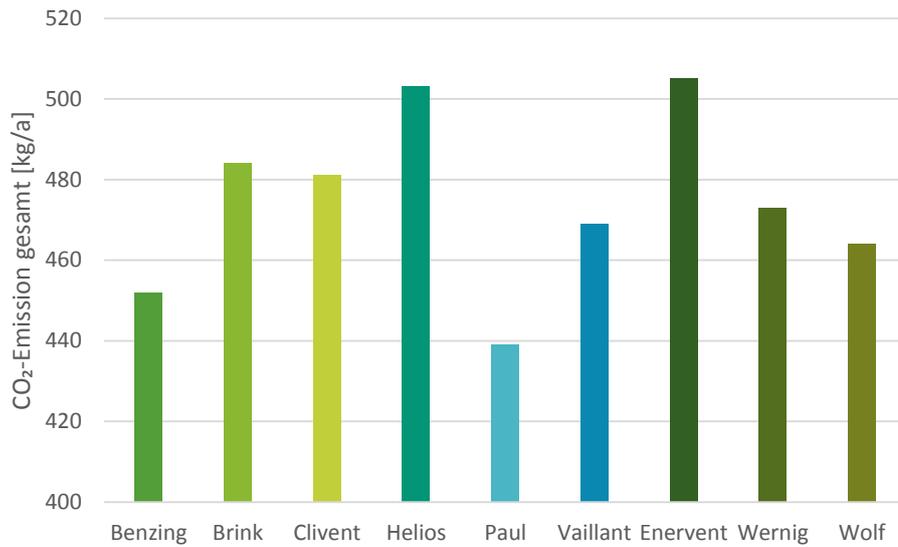


Abbildung 38: Vergleich CO₂-Emission bei 105,5m³/h

Ähnlich den Primärenergiefaktoren sind auch für die CO₂-Emissionen in der Bautechnikverordnung-Energie des Landes Salzburg Werte für die einzelnen Energieträger hinterlegt. So entstehen für eine Kilowattstunde, welche aus Pellets gewonnen wurde, 40g CO₂. Für Strom hingegen ein Faktor herangezogen, welcher mehr als das zehnfache beträgt, 470g/kWh. Dies ist klar den Lüftungsanlagen zum Vorteil gereicht, welche mit einem geringen Eigenverbrauch aufwarten können, so ist 1kWh eingesparter elektrischer Energie mit 11,75kWh jener Energie gleichzusetzen, welche aus Pellets gewonnen wird.

Im Vergleich in "Abbildung 38" bedeutet dies eine weitere Annäherung der Anlage von "Benzing", welche bei den Vergleichswerten den niedrigsten Eigenverbrauch aufwies, an die von "Paul", da diese in erster Linie durch die Einsparungen an aufzuwendender Heizenergie in Form von Pellets punktet. Und doch wird durch den Betrieb Modells von "Paul" am Ende immer noch um 13kg weniger CO₂ emittiert als bei dem von "Benzing".

Kosten

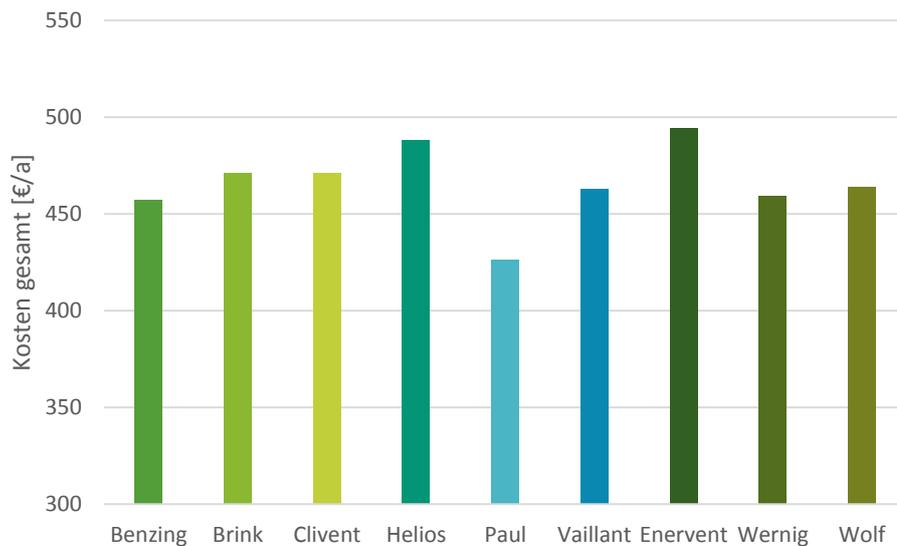


Abbildung 39: Vergleich der jährlichen Betriebskosten bei 105,5m³/h

Ein weiteres Argument ist natürlich auch der Kostenfaktor, darum wurden in der "Abbildung 39" die Kosten, welche durch den nötigen Energieaufwand der Lüftung und der Raumheizung entstehen, gegeneinander abgewogen. Um aussagekräftige Werte zu erhalten wurde aktuelle Preise für die einzelnen Energieträger gewählt, 24,3Cent/kg Pellets (Listenpreis "proPellets Austria" Stand: April 2014) und 18,6Cent/kWh Strom (Listenpreis "Energie AG Oberösterreich" Stand: Jänner 2014). Wenn man hierbei den Energieträger mit einer üblichen Energiedichte von 4,8kWh/kg veranschlagt, ergibt sich für eine Kilowattstunde gewonnen aus Pellets ein Preis von 5,1Cent/kWh.

Mit einem Blick auf die "Abbildung 39" ist zu sehen, dass sich zwischen den meisten Anlagen bei den Kosten ein gewisses Gleichgewicht eingestellt hat, welches in einem Bereich von 450 und 500€/a liegt. Lediglich die "novus 300" von "Paul" zeigt wie schon zuvor ihre Potential, welches abermals von den Einsparungen an nötiger Heizenergie herrührt. Der Energiekostenaufwand ist beim Einsatz der "Paul" um etwa 50€/a günstiger als der Durchschnitt der restlichen Modelle.

5.3.4 Conclusio

Im Allgemeinen ist der Einsatz kontrollierter Wohnraumlüftungen im Einfamilienhaus heutzutage keine Seltenheit mehr, welche sich nur in Passivhäusern und ähnlichem finden lässt. Gleichwohl stellt sie gerade in diesen Formen energieeffizient betriebener Gebäude eine Notwendigkeit, da die es überhaupt erst ermöglichen die angestrebten Energiekennzahlen zu erreichen und dabei den Wohnkomfort nicht einschränken.

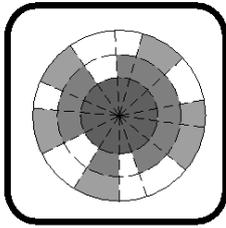
Der Lufthygiene im Wohnraum kommt eine mechanische Lüftungsanlage auf jeden Fall zugute da durch den Einsatz von Filtern an der Zuluft die meisten Verunreinigungen entfernt werden. Worauf jedoch zu achten ist, ist das Niveau der Luftfeuchte im Raum, da diese durch den Einsatz einer kontrollierten Wohnraumlüftung im Allgemeinen reduziert wird. Eine gewisse Abhilfe kann mit Feuchterückgewinnungseinheiten, welche parallel zur Wärmerückgewinnung funktionieren können, sowohl bei Platten- als auch bei Rotationsrückgewinnern, geschaffen werden.

Um nun aus der breiten Palette an Modellen, welche auf dem Markt verfügbar sind das optimale Produkt zu eruieren wurde die Auswahl, entsprechend dem im Musterhaus zu be- und entlüftenden Wohnraumes, auf neun Modelle eingegrenzt.

Wie sich zeigt, liegen bei der eingezeichneten Lüftungsleistung von $105,5\text{m}^3/\text{h}$, welche den Vergleichswert darstellt, beinahe alle Produkte in den Werten sehr nahe beieinander. Erst bei höheren Lüftungsleistungen ab etwa $200\text{m}^3/\text{h}$ kommt es, vor allem bei der spezifischen Ventilatorleistung und dem Jahresenergieaufwand, zu einer breiteren Auffächerung. Wobei manche Anlagen diese Marke nicht einmal mehr erreichen, da sie nur auf einen kleinen Bereich spezialisiert sind.

6 Zertifizierung des Biosphärenhauses

Der 2006 eingeführte Kriterienkatalog klima:aktiv bewertet und dokumentiert die energetische und ökologische Qualität neu errichteter Wohngebäude. Das Bewertungskonzept wurde vom Energieinstitut Vorarlberg und dem IBO auf Basis von Erfahrungen mit den Gebäudebewertungssystemen IBO, ÖKOPASS, TQ, ÖKOPASS EFH des Ökobauclusters NÖ und der Wohnbauförderung Vorarlberg, erarbeitet.



Klima:aktiv – 1.000 Punkte für energetisch und ökologisch optimiertes Bauen

Die klimaaktiv Kriterien sind in 4 Bewertungskategorien Planung und Ausführung, Energie und Versorgung, Baustoffe und Konstruktion sowie Raumluftqualität und Komfort gegliedert. Sowohl für die einzelnen Kriterien als auch für die Bewertungskategorien sind jeweils maximal erreichbare Punkte definiert. Dem Energiebereich wird dabei besondere Bedeutung beigemessen. Aus den Kriterien kann der Planer oder die Planerin eine für das Gebäude sinnvolle, individuelle Kombination auswählen. Neben frei wählbaren Kriterien gibt es einige Muss-Kriterien, die in jedem Fall einzuhalten sind. Diese Muss-Kriterien sind gleichzeitig die klimaaktiv Basiskriterien. Die Kriterien im Detail:



A PLANUNG UND AUSFÜHRUNG

Bereits bei der Planung und Ausführung werden die Grundlagen für einen nachhaltigen Gebäudebetrieb geschaffen. Hier sind der Standort und die Betrachtung der Lebenszykluskosten ebenso wichtig wie die Luftdichtheit und die Reduktion von Wärmebrücken sowie die Berücksichtigung von Messeinrichtungen für die Erfassung des Energieverbrauchs. (Vgl. Klima:aktiv Kriterienkatalog Stand 2014)

B ENERGIE UND VERSORGUNG

Ein deutlich geringerer Energieverbrauch und weniger CO₂-Emissionen als in Standardbauten ist für das Erreichen von hochwertiger klimaaktiv Qualität maßgeblich. Der rechnerische Nachweis kann alternativ nach OIB oder nach PHPP erfolgen. (Vgl. Klima:aktiv Kriterienkatalog Stand 2014)

C BAUSTOFFE UND KONSTRUKTION

Besondere klimaschädliche Baustoffe werden ausgeschlossen, die Verwendung umweltschonender Materialien wird belohnt. (Vgl. Klima:aktiv Kriterienkatalog Stand 2014)

D KOMFORT UND RAUMLUFTQUALITÄT

Sommertauglichkeit, und die Verwendung emissionsarmer Baustoffe im Innenausbau sorgen für ein angenehmes Raumklima und gute Raumluftqualität. Das Vorhandensein einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wird belohnt. (Vgl. Klima:aktiv Kriterienkatalog Stand 2014)

Die Bewertung nach einem 1000-Punktesystem

Die Bewertung von Gebäuden von klimaaktiv Qualität erfolgt nach einem einfachen 1.000 – Punktesystem. Je nach erreichter Punktezahl erfolgt die Bewertung der Gebäude in drei Qualitätsstufen:

- Gebäude, die alle Muss-Kriterien erfüllen, erreichen ohne weitere Punktebewertung die Qualitätsstufe klimaaktiv Bronze.
- Gebäude, die alle Muss-Kriterien erfüllen und mindestens 750 Punkte erreichen, werden mit der Stufe klimaaktiv Silber ausgezeichnet.
- Gebäude, die alle Muss-Kriterien erfüllen und mindestens 900 Punkte erreichen, werden mit der Stufe klimaaktiv Gold ausgezeichnet.

(Vgl. Klima:aktiv Kriterienkatalog Stand 2014)

6.1 Klima:Aktiv Bronze „Muss-Kriterien“ – Erfüllungsgrad Fertighaus Ehrenreich

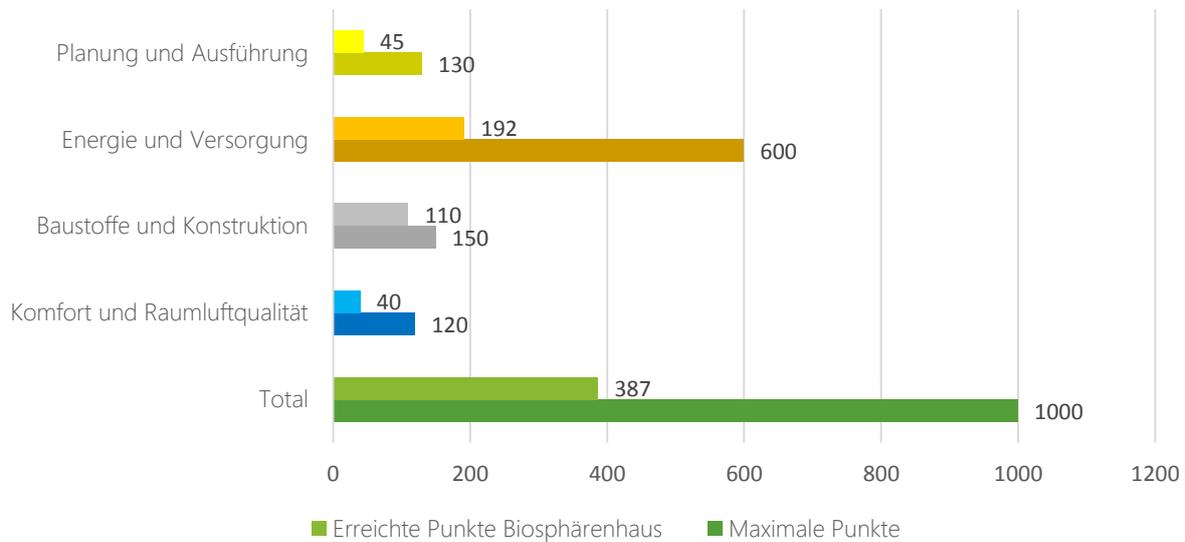
Die Differenzierung erfolgt in drei Bewertungsstufen Gold, Silber und Bronze. In der Stufe Bronze müssen nur die Mindestanforderung der Muss-Kriterien erfüllt werden, eine Bepunktung erfolgt nicht. In diesem Kapitel wird überprüft welche Muss-Kriterien das Biosphärenhaus derzeit bereits erfüllt und in welchen Kriterien noch nachgeschärft werden muss um die Mindestanforderungen für das Klima:Aktiv Zertifikat zu erlangen.

Klima:aktiv Basiskriterien für das Biosphärenhaus (Einfamilienwohnhaus unter 1000m²)

- Kriterium erfüllt
- Kriterium erfordert zusätzliche Leistung
- Kriterium nicht erfüllt

	Muss-Kriterium	Biosphärenhaus	
Qualität der Infra- Infrastruktureinrich- tungen	2 in 1000m	Nachweis Abhängig von Bauplatz	
Energieeffizienz			
Heizwärmebedarf	HWBBGF, WG, Ref: 25 (bei A/V 0,8 und höher) HWBBGF WG, Ref: 15 (bei AN 0,2 und niedriger)	34kWh/m ² a BGF A/V = 1,33	
Primärenergiebedarf	≤135 kWh/m ² a BGF	79 kWh/m ² a BGF (Referenzprojekt Seif- ter)	
Erneuerbare Energie- CO ₂ -Emissionen	≤22 kg/m ² a BGF	12 kg/m ² a BGF (Referenzprojekt Seif- ter)	
Ökologische Bau- Ausschluss von Klima- schädlichen Substan- zen (HFKW)	erfüllt	In Ausschreibung berücksichtigen	
OI3-Index der thermi- schen Gebäudehülle / Vereinfachte Lebens- zyclusanalyse	OI3TGH, BGF ≤ 295	OI3TGH, BGF = 178,189	
Sommerverhalten			
Sommertauglichkeit	erfüllt	Ist zusätzlich Nachzuweisen	
Qualität der Bauaus- Luftdichtheitsmessung	n ₅₀ ≤ 1 h ⁻¹	Messung durchführen, bei Ausführung berücksichtigen	

Biosphärenhaus: Erfüllung der Klima:Aktiv Muss-Kriterien



Unter der Beibehaltung vom derzeitigen Standard des Fertigteilhauses kann eine klima:aktiv Bronze Zertifizierung angestrebt werden. Das Fertigteilhaus erfüllt die Muss-Kriterien unter Vorbehalt von vier wichtigen Punkten, auf die noch besonderes Augenmerk gelegt werden muss:

- Optimierung des Heizwärmebedarfs
- Nachweis der Entfernung zu zwei Infrastruktureinrichtungen innerhalb 1km
- Dokumentation durch Herstellerbestätigung über HFKW freie Baumaterialien
- Durchführung einer Luftdichtheitsmessung ($n_{50} \leq 1 \text{ h}^{-1}$)

Grundlage für die Auszeichnung in der Stufe klima:aktiv Bronze sind nur die Muss-Kriterien. Die Kann-Kriterien sind nicht Gegenstand der Bewertung. Gebäude, die alle Muss-Kriterien erfüllen, werden mit der Stufe klima:aktiv Bronze ausgezeichnet. Eine Bepunktung erfolgt nicht!

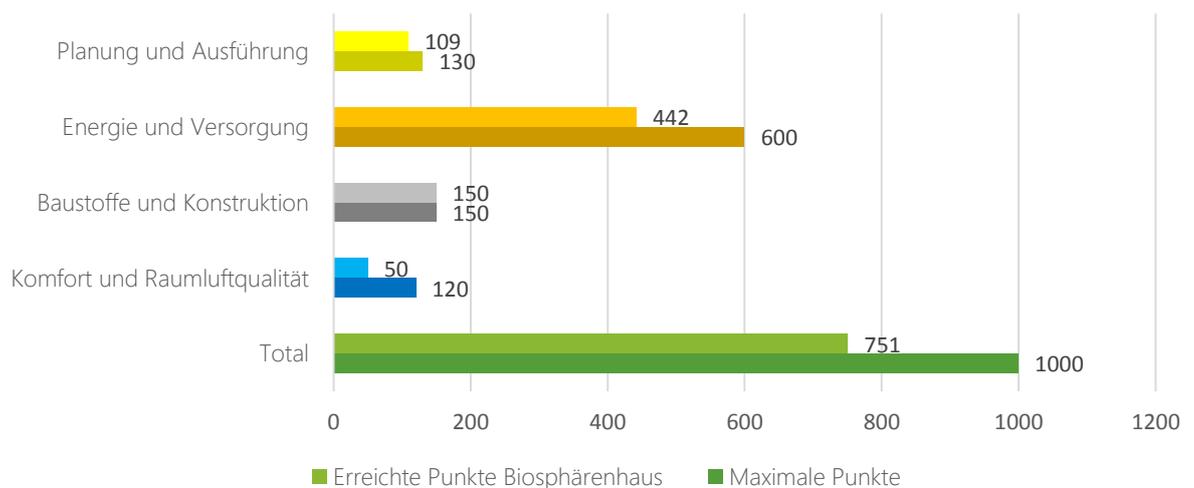
6.2 Klima:Aktiv Silber Zertifikat (Erfüllungsgrad Fertighaus Ehrenreich)

Gebäude, die alle Muss-Kriterien erfüllen und mindestens 750 Punkte erreichen, werden mit der Stufe klima:aktiv Silber ausgezeichnet.

1. Optimierung Heizwärmebedarf: Reduktion des Grenzwertes des Heizwärmebedarfs (siehe Kapitel 4.1 Optimierung Heizwärmebedarf) auf den Grenzwert von 25kWh/m²a bei dem derzeitigen A/V Verhältnis von 1,33. Weiters müssen die CO₂ und PE Grenzwerte eingehalten werden. (Gebäudetechnik und Energieversorgung ähnlich wie System EA Seiften)
2. Optimierung bzw. Nachweis der Wärmebrücken: Die Reduktion von Wärmebrücken kann oft ohne großen finanziellen Aufwand durchgeführt werden, Voraussetzung ist eine detaillierte Planung.

3. Nachweis der Entfernung des Bauplatzes zu Infrastruktureinrichtungen: Zur Erfüllung dieses Muss-Kriteriums sind mindestens 2 Infrastruktureinrichtungen innerhalb von 1.000 m nachzuweisen. Dieses Kriterium muss für jedes Projekt situationsbedingt untersucht werden und kann zur unüberbrückbaren Hürde auf dem Weg zur Gebäudezertifizierung werden.
4. Fahrradabstellplätze: Schaffung von 4 Fahrradabstellplätzen im Außenbereich.
5. Dokumentation durch Herstellerbestätigung über HFKW freie Baumaterialien: Produkte, die zur Gänze oder teilweise aus mit HFKW geschäumten Kunststoffen bzw. aus recycelten (H)FKW- oder (H)FCKW-haltigen Materialien bestehen, sind nicht zulässig.
6. Es ist eine Luftdichtheitsmessung durchzuführen: Die angegebenen Werte sind durch Luftdichtheitsmessungen nach EN 13829 im Verfahren A (Prüfung des Gebäudes im Nutzungszustand) nachzuweisen. Der Test ist durch je eine Messreihe mit Unter- und mit Überdruck von 50 Pa durchzuführen, maßgeblich ist der Mittelwert aus Unter- und Überdrucktest.
7. Rechnerischer Nachweis der Sommertauglichkeit nach ÖNORM B 8110-3
8. Einsatz Emissionsarmer Baustoffe und Vermeidung von PVC

Biosphärenhaus - Erfüllung der Klima:aktiv Silber Kriterien



Auch für die Stufen klima:aktiv Silber und klima:aktiv Gold müssen alle Muss-Kriterien erfüllt werden. Bewertungsgrundlage für die Einstufung in die Stufen Silber ist die Gesamtpunktzahl für Muss- und Kann-Kriterien in den vier Bewertungsrubriken.

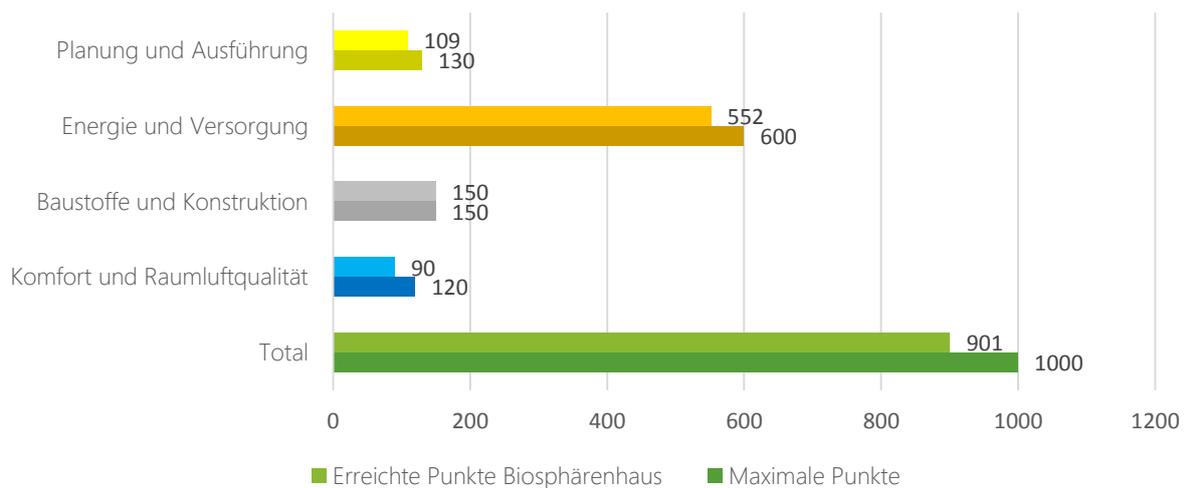
6.3 Klima:Aktiv Gold Zertifikat (Erfüllungsgrad Fertighaus Ehrenreich)

Gebäude, die alle Muss-Kriterien erfüllen und mindestens 900 Punkte erreichen, werden mit der Stufe klima:aktiv Gold ausgezeichnet.

Zusätzlich zu den unter Punkt 3.3.1 und 3.3.2 angesprochenen Optimierungen sind bei dem Klima:aktiv Gold Standard folgende Optimierungen für das Fertigteilhaus erforderlich:

1. Energieeffiziente Komfortlüftungsanlage
2. Reduktion des Grenzwertes des Heizwärmebedarfs (siehe Kapitel 4.1 Optimierung Heizwärmebedarf) auf mindestens 16kWh/m²a durch den Einsatz einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung.

Biosphärenhaus - Erfüllung der Klima:Aktiv Gold Kriterien



7 Schlussfolgerung zu den Projektergebnissen

Das vorrangige Ziel des Projekts, der erste Schritt für die Entwicklung des Biosphärenkonzepts in Form eines innovativen, nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Fertighauses als neues Produkt für die Firma Ehrenreich wurde gesetzt. Im Zuge des Projektablaufs bzw. Projektbesprechungen mit der Firma Ehrenreich von August 2013 - Juni 2014 sowie Erkenntnissen der Stammtischprotokolle der Bewohner im Lungau aus den Jahren 2012 - 2013 wurde festgelegt, dass das Biosphärenhauskonzept anhand von drei Hauptkriterien definiert wird:

- Regionale Wertschöpfung
- CO₂ Neutrale Herstellung
- Nullenergie im Betrieb

Anhand dieser drei Basiskriterien wurden für die Firma Ehrenreich unterschiedliche Wege zur Erreichung des Ziels „Biosphärenhaus“ aufgezeigt. Als erster Schritt wurde eine prototypische Fertigteilaußenwand mit Schafwollämmung aus dem Lungau realisiert.

Die wichtigsten gewonnen Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

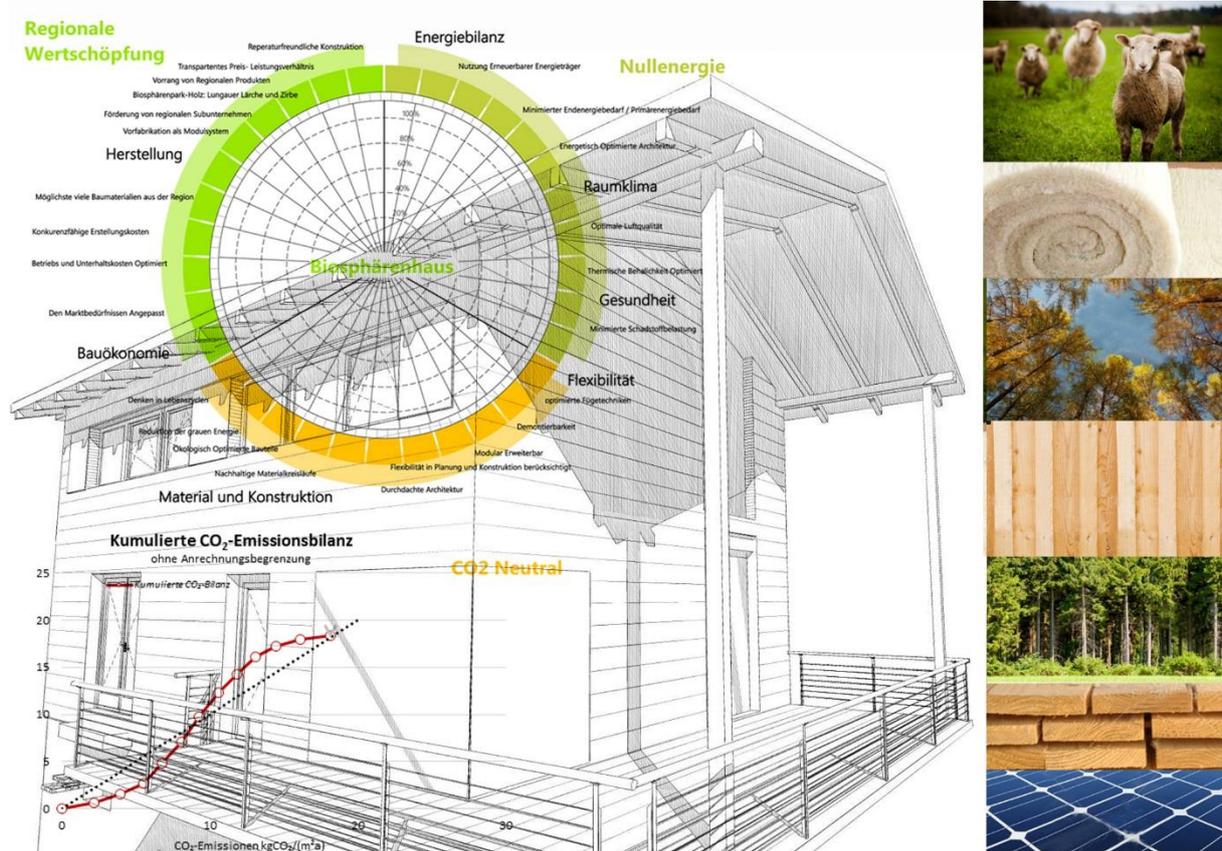
- Der Heizwärmebedarf von derzeit 34kWh/m²a lässt sich mit relativ wenig Aufwand bei gleicher Gebäudegeometrie auf unter 25kWh/m²a reduzieren. Sogar der Weg zum Passivhausstandard mit unter 10 kWh/m²a ist möglich und wurde nachgewiesen.
- Die Erfüllung der klima:aktiv Gold Kriterien ist für das Biosphärenhaus möglich, die Schritte zum Zertifikat wurden in unterschiedlichen Varianten dargestellt.
- Die ökologische Optimierung der Außenwände wurde in mehreren Varianten aufgezeigt. Die ökologische Belastung lässt sich ohne deutliche Mehrkosten auf ein Drittel realisieren.
- Der Weg zum Nullenergiegebäude (Neutrale CO₂ Bilanz im Betrieb) wurde in zwei Varianten für das Gebäude untersucht. Die Kombination aus großflächiger Photovoltaik mit Wärmepumpe oder Alternativ Heizung und Warmwasserversorgung mit Solarthermie mit Pelletsheizung stellen sich als zielführend heraus.
- Durch die Reduktion der Transportwege der Bauprodukte für die Primärkonstruktion des Biosphärenhauses wurde aufgezeigt, dass es in der Region Lungau ausreichend Alternativen gibt, die einerseits die regionale Wertschöpfung fördern und andererseits die Ökobilanz des Hauses deutlich verbessern.

8 Ausblick und weitere Umsetzungsplanung

Aus dem Projekt ergeben sich folgende Empfehlungen und Punkte für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeit:

- Entwicklung eines Demonstrationsprojektes in der Biosphäre Lungau auf Basis der Definitionen des gegenständlichen Forschungsprojekts.
- Weitere ökologische Optimierungen von Bauteilen hin zum ganzen Gebäude, um eine CO₂ neutrale Herstellung des Gebäudes nachweisen zu können.
- LCA und LCC Analyse für das Biosphärenhaus.
- Berechnung der Nullenergiebilanz am konkreten Umsetzungsprojekt.

Ein Zukünftiges Demonstrationsprojekt des Biosphärenhauses könnte wie folgt aussehen:



Quelle © FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß

9 Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: <i>Biosphärenparks in Österreich</i> (Datenquelle: Umweltbundesamt Österreich 2014)	11
Abbildung 2: Das Biosphärenkonzept (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	8
Abbildung 3: Das Biosphärenkonzept – Bewertungsmatrix (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß).....	12
Abbildung 4: <i>Wertschöpfungskette Holz, Lungau</i> (MACHOLD und DAX, 2008) <i>Die Holzproduktion der Region liegt durchschnittlich bei 161.000 Vorratsfestmeter pro Jahr</i> (ÖWI 2002).	14
Abbildung 5: Regionale Erneuerbare Ressourcen aus dem Lungau (Bildquelle: Istock Fotos, eigene Aufnahmen)	15
Abbildung 6: Baumaterialien und Entfernungen für ein Standardfertighaus – Grafische Darstellung auf Landkarte (Quelle: Fa. Ehrenreich, eigene Erhebung) (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	17
Abbildung 7: Baumaterialien und Entfernungen für ein Standardfertighaus – Angaben in Kilometer (Quelle: Fa. Ehrenreich, eigene Erhebung)	18
Abbildung 8: Baumaterialien und Entfernungen für ein Standardfertighaus – Regional und nicht regional verfügbare Bauprodukte (Quelle: Fa. Ehrenreich, eigene Erhebung) (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	19
Abbildung 9: Baumaterialien und Entfernungen für ein Standardfertighaus – Regional verfügbare Bauprodukte (Quelle: Fa. Ehrenreich, eigene Erhebung) (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	20
Abbildung 10: Die regionale Materialpalette für das Musterhaus © FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	21
Abbildung 11: Ökologischer Vergleich verschiedener Fertighaushersteller mit den drei Wirkungskriterien (PEI n.e., GWP, AP).....	32
Abbildung 12: Ökologischer Vergleich der optimierten Außenwandaufbauten anhand der drei Wirkungskriterien (PEI n.e., GWP, AP).....	35
Abbildung 13: Fertigteil – Prototyp mit Schafwolldämmung der Firma Ehrenreich in Tamsweg (Foto: Tobias Weiß)	36
Abbildung 14: Fertigteil – Prototyp mit Schafwolldämmung der Firma Ehrenreich in Tamsweg (Foto: Tobias Weiß).....	37
Abbildung 15: Fertigteil – CNC Steckverbindung Pfosten-Riegel System ohne Schrauben (Foto: Tobias Weiß)	37

Abbildung 16: Interview ORF 15.07.2014 – Albert Planitzer, Thomas Reiter (Foto: Tobias Weiß)	38
Abbildung 17: Ökologischer Vergleich der optimierten Deckenaufbauten anhand der drei Wirkungskriterien (PEI n.e., GWP, AP)	41
Abbildung 18: Variantendarstellung Ergebnisse: Heizwärmebedarf Musterhaus Ehrenreich - Referenzklima, OIB 2011 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	45
Abbildung 19: Ergebnisse für Einzelmaßnahmen in Kombination: Heizwärmebedarf Musterhaus Ehrenreich - Referenzklima, OIB 2011 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	45
Abbildung 20: Nullenergieabschätzung für das Biosphärenhaus im Nahe-Passivhausstandard als „Nur Strom“ Nullenergiegebäude mit einer neutralen CO ₂ Bilanz im Betrieb (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	46
Abbildung 21: Endenergiebilanz Biosphärenhaus „Nur Strom“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	47
Abbildung 22: CO ₂ Bilanz Biosphärenhaus „Nur Strom“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	47
Abbildung 23: CO ₂ Bilanz Biosphärenhaus – Jahresdeckungsanteil „Nur Strom“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	48
Abbildung 24: CO ₂ Bilanz Biosphärenhaus – Kumulierte CO ₂ Bilanz – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	48
Abbildung 25: Nullenergieabschätzung für das Biosphärenhaus im Nahe-Passivhausstandard als „Nur Strom“ Nullenergiegebäude mit einer neutralen CO ₂ Bilanz im Betrieb (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	49
Abbildung 26: Endenergiebilanz Biosphärenhaus „Var02“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	50
Abbildung 27: CO ₂ Bilanz Biosphärenhaus „Var02“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	50
Abbildung 28: CO ₂ Bilanz Biosphärenhaus – Jahresdeckungsanteil „Var02“ – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	51
Abbildung 29: CO ₂ Bilanz Biosphärenhaus – Kumulierte CO ₂ Bilanz – EnerCalc 2013 (© FH Salzburg – Smart Building – Tobias Weiß)	51
Abbildung 30: Diagramm der spezifischen Ventilatorleistungen bezogen auf die Luftmengenleistungen	54
Abbildung 31: Diagramm der Wärmebereitstellungsgrade bezogen auf die Luftmengenleistungen	55
Abbildung 32: Diagramm der Jahresenergieaufwände bezogen auf die Luftmengenleistungen	56
Abbildung 33: Leitungsschema Musterhaus Keller	58

Abbildung 34: Leitungsschema Musterhaus Erdgeschoss.....	59
Abbildung 35: Leitungsschema Musterhaus Obergeschoss	60
Abbildung 36: Leitungsschema Musterhaus 3D-Modell Nordwest Ansicht.....	61
Abbildung 37: Vergleich PEB bei 105,5m ³ /h	64
Abbildung 38: Vergleich CO ₂ -Emission bei 105,5m ³ /h	65
Abbildung 39: Vergleich der jährlichen Betriebskosten bei 105,5m ³ /h	66

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Biosphärenparks in Österreich (Umweltbundesamt Österreich 2014).....	10
Tabelle 2: Baumaterialeien und Entfernungen für ein Standardfertighaus (Quelle: Fa. Ehrenreich, eigene Erhebung)	16
Tabelle 3: Kennwerte der Dämmstoffe (Benedetti 2011, S. 034 - 141) vgl. (baubook).....	23
Tabelle 4: Einsatzbereich der Dämmstoffe (Benedetti 2011, S. 034 - 141)	24
Tabelle 5: Kosten der Dämmstoffe pro m ² ; Materialkosten: (Daemwool Produkte; Dämmstoffe-Flachs-Holzwohle; Waldland; Steico; zellulose direkt) Lohnkosten: vgl. Firma Ehrenreich	25
Tabelle 6: Ergebnisse OI3 Punkte Außenwand	26
Tabelle 7: Ergebnisse Ökobilanz Musterhaus	27
Tabelle 8: Umrechnungsbeispiel von PHI und DIBt auf EN 13141-7	53
Tabelle 9: Mindestbetriebsvolumenstrom für Dimensionierung (Greml, 2010).....	59
Tabelle 10: Mindestbetriebsvolumenstrom für Dimensionierung (Greml, 2010).....	59
Tabelle 12: SFP, Wärmebereitstellungsgrad, HWB und NE bei 105,5m ³ /h.....	63
Tabelle 13: Energiebedarf, PEB, CO ₂ und Kosten bei 105,5m ³ /h.....	64

9.3 Literaturverzeichnis

Benedetti, Cristina (2011): Bauen mit Holz. Planungsdetails für Niedrigenergiegebäude. 2., überarb.

Aufl. Bozen: Bolzano Univ. Press.

Biosphärenparks (o.J.)

Online verfügbar unter

http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/naturschutz/sg/bios_parks/, zuletzt geprüft am 05.03.2014.

Biosphärenpark MANAGEMENT (o.J.): Unesco Biosphärenpark. Salzburger Lungau & Kärntner Nockberge.

Hg. v. BiosphärenparkMANAGEMENT.

DI (FH) Joachim Mathä, D. (o.J.) (2012). *Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung*.

www.e-genius.at. Technische Universität Wien: GrAT - Gruppe Angepasste Technologie.

DI Andreas Greml, D. E. (2004). *Technischer Status von Wohnraumlüftungen*. Kufstein:

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

DI Andreas Greml, D. R. (02 2014). *komfortlüftung.at*. Abgerufen am 03 2014 von

<http://www.komfortlüftung.at/>

DIN, N. (2006). *DIN-Fachbericht CEN/TR 14788, Ausführung und Bemessung der Lüftungssysteme von Wohnungen*. Lüftung von Gebäuden. Deutschland: Deutsches Institut für Normung.

- DIN, N. H.-u. (1997). *DIN EN 308*. Wärmeaustauscher. Deutschland: EUROPAISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG.
- DIN, N. H.-u. (2004). *DIN EN 12792*. Lüftung von Gebäuden. Deutschland: EUROPAEISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG.
- DIN, N. H.-u. (2007). *DIN EN 13779, Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme*. Lüftung von Nichtwohngebäuden. Deutschland: EUROPAISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG.
- DIN, N. H.-u. (2011). *DIN EN 13141-7*. Lüftung von Gebäuden, Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen. Deutschland: EUROPAISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG.
- DIN, N. H.-u. (2013). *DIN EN 13142*. Lüftung von Gebäuden, Bauteile/Produkte für die Lüftung von Wohnungen. Deutschland: EUROPAISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG.
- DIN, N. M. (2012). *DIN EN 13053*. Lüftung von Gebäuden, Zentrale raumluftechnische Geräte. Deutschland: EUROPAEISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG.
- Dipl.-Ing. Dr. Rolf BOOS, D.-I. B.-I.-P.-P.-I.-I. (2011). *BEWERTUNG DER INNENRAUMLUFT, PHYSIKALISCHE FAKTOREN KOHLENSTOFFDIOXID ALS LÜFTUNGSPARAMETER*.
- DURRER, M. N. (2011). *RAUMKLIMA PLUS®*. Abgerufen am 13. 03 2014 von <http://www.raumklimaplus.ch/public/thermo.html>
- Der Mensch und die Biosphäre (MAB). Online verfügbar unter <http://www.unesco.at/wissenschaft/mab.htm>, zuletzt geprüft am 05.03.2014.
- Feist, P. D. (2003). *Passivhaus Institut*. Abgerufen am 03 2014 von <http://www.phi-ibk.at/index.html>
- Greml, T. D. (07 2010). *komfortlüftung.at*. Abgerufen am 03 2014 von <http://www.komfortlüftung.at/index.php?id=1614>
- Harald Rohracher, B. K. (2001). *Akzeptanzverbesserung bei Niedrigenergiehaus-Komponenten*. Nachhaltigkeit. Österreich: Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Helios Ventilatoren GmbH + Co. KG. (02 2011). *logistik-journal*. Abgerufen am 03 2014 von <http://www.logistik-journal.de/index.cfm?pid=1444&pk=102949&img=105012&p=1>
- Hermann Recknagel, E. S.-R. (2009). *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*. Technische Universität Dortmund: Oldenbourg Industrieverlag GmbH.
- Hermann Recknagel, E. S.-R. (2013). *Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 13/14 Zusatzband (76. Auflage Ausg., Bd. Zusatzband)*. (P. D.-I.-R. Schramek, Hrsg.) München, Bayern, Deutschland: Oldenbourg Industrieverlag GmbH.
- Ingrid MACHOLD und Thomas DAX1 (2011) Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie ,BD 20

Innenraumlufthygiene-Kommission, U. O. (2008). *Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft*. Gesundheitsforsch, Gesundheitsschutz. Österreich: Springer Medizin Verlag.

Jörg Brandhorst et al.: Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Hrsg.), 2009, S. 30 ff.)

Jürgen Schnieders, D. R. (2008). *Energetische Bewertung von Wohnungslüftungsgeräten mit Feuchterückgewinnung*. Passivhaus Institut, Raumluftechnik. Darmstadt: Passivhaus Institut.

Katrina Bounin, W. G. (2010). *Schallschutz, Wärmeschutz, Feuchteschutz, Brandschutz : Handbuch Bauphysik* (Bd. 9. Auflage). München: Deutsche Verlags-Anstalt.

Land Salzburg. (2011). 37. *Verordnung der Salzburger Landesregierung vom 21. März 2011 über die energetischen Anforderungen an Bauten sowie über Inhalt und Form des Energieausweises (Bautechnikverordnung-Energie – BTV-E)*. Land Salzburg: Land Salzburg.

Leitzinger, I. W. (01 2011). *komfortlüftung.at*. Abgerufen am 03 2014 von http://www.komfortlüftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at_-_Info_Nr._5_Gebaeude-_Luftdichtheit_V_2.0.pdf

Normungsinstitut, Ö. (2006). *ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD- Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit*. Österreich: Österreichisches Normungsinstitut.

Normungsinstitut, Ö. (2006). *ÖNORM H 6038, Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung*. Klimatechnik. Österreich: EUROPAISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG.

Normungsinstitut, Ö. (2007). *ÖNORM EN 15241, Lüftung von Gebäuden - Berechnungsverfahren für den Energieverlust aufgrund der Lüftung und Infiltration in Nichtwohngebäuden*. Klimatechnik. Österreich: EUROPAISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG.

Normungsinstitut, Ö. (2008). *ÖNORM EN 15603, Energieeffizienz von Gebäuden - Gesamtenergieverbrauch und Festlegung der Energiekennwerte*. Österreich: Normungsinstitut, Österreichisches.

Normungsinstitut, Ö. (2010). *ÖNORM B 8110-6, Wärmeschutz im Hochbau:Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbe*

Ökoindex 3. Einführende Information. Online verfügbar unter

http://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/k2_OI3_Einfuehrung.pdf, zuletzt geprüft am 25.04.2014.

Ökoindex 3 (OI3). Online verfügbar unter

http://www.baubook.at/m/PHP/Kat.php?SW=2&ST=1&SKK=171.7515.7570.7571&win=y&coming_from=oebox12, zuletzt geprüft am 06.03.2014.

OI3 - Punkte einer Baustoffschicht. Online verfügbar unter https://www.baubook.at/Download/BTR/Delta_OI3_mit_Beispiel.pdf, zuletzt geprüft am 16.03.2014.

OSSB - oriented structural straw boards. Online verfügbar unter http://www.istraw.de/OSSB_-_Platte.html, zuletzt geprüft am 20.04.2014.

OIB-330.6-094/11, Oktober 2011: OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz.

darf. Bauphysik. Österreich: Normungsinstitut, Österreichisches.

Österreichisches Institut für Bautechnik. (2011). *OIB-Richtlinie-6, Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Österreich: Österreichisches Institut für Bautechnik.

Robert Sweredjuk, Gabriele Wortmann, Gerd Zwiener, Fritz Doppelmayer: Schafwolle als reaktives Sorbens für Luftschadstoffe im Innenraum – Teil 1 Aldehyde, Studie des Deutschen

Wollforschungsinstituts an der Universität Aachen

Paul, D.-I. E. (05 2010). Effizienzkriterien bei Wärmetauschern und der Materialeinfluss. *Moderne Gebäudetechnik*, S. 52-58.

Prof.Dr.R.Cousin. (2003). *Berechnung von Strömungsdruckverlusten*. Strömungstechnik. FH-Köln: FH-Köln.

Wilming, W. (03 2013). Kontrollierte Wohnungslüftung zum Nutzen von Mensch und Gebäude. *Moderne Gebäudetechnik*, S. 98-101.