

Gebäudevergleich – Lernen für LCC und LCA

Massivbau – Holzbau

30.04.2015 Gröbenzell

Autor: Dipl. Ing. Holger König Architekt

Ascona GbR Forschungsprojekte

Ziegelstudie Schlagmann 5-2014

www.schlagmann.de/wasstecktinderwand?

Betreff: Ziegel oder Holz - was ist nachhaltig?

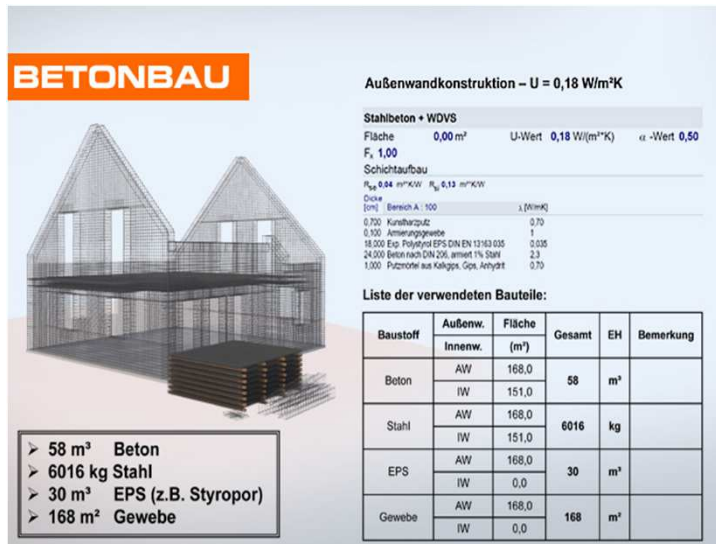
Professor Schäffer von der Hochschule Höhr-Grenzhausen

Ziegel sind nachhaltiger als Holz

- Die Energie, die beim Verbrennen von einem Holzhaus frei wird, reicht für das Brennen von Ziegeln für zwei bis drei Einfamilienhäuser.
- Holzhäuser müssen mit Holzschutzmitteln behandelt werden.
- Holzfassaden müssen alle Jahre neu gestrichen werden.

Ascona GbR Forschungsprojekte

1. Ziegelstudie – Was steckt in der Wand?



**Herstellungskosten
(unverputzte Wände):
170 €/m² (Wand)**

**Instandhaltungskosten in 60
Jahren: 355 €/m²
(Wand)**

Wanddicke: 42 cm

Ascona GbR Forschungsprojekte

Ziegelstudie – Was steckt in der Wand?



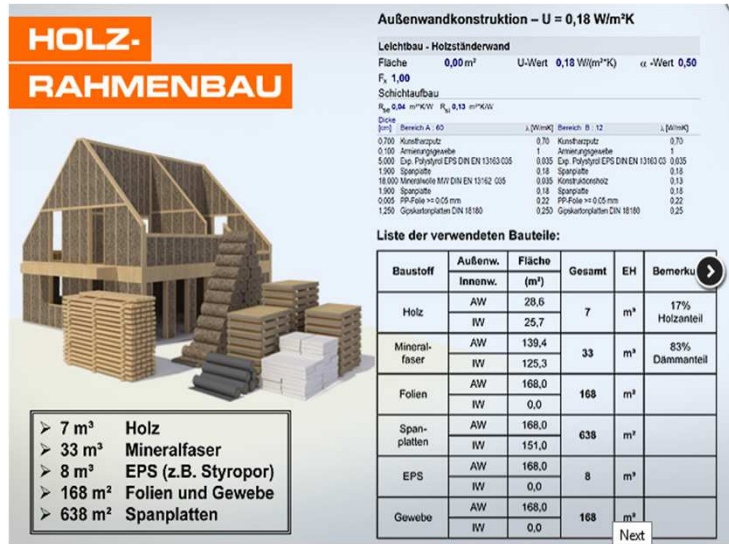
**Herstellungskosten
(unverputzte Wände):
170 €/m² (Wand)**

**Instandhaltungskosten in 60
Jahren: 355 €/m²
(Wand)**

Wanddicke: 35 cm

Ascona GbR Forschungsprojekte

Ziegelstudie – Was steckt in der Wand?



**Herstellungskosten
(unverputzte Wände):
170 €/m² (Wand)**

**Instandhaltungskosten in 60
Jahren: 355 €/m²
(Wand)**

Wanddicke: 32 cm

Ascona GbR Forschungsprojekte

Ziegelstudie – Was steckt in der Wand?



**Herstellungskosten
(unverputzte Wände):
150 €/m² (Wand)**

**Instandhaltungskosten in 60
Jahren: 200 €/m²**

Wanddicke: 38,5 cm

Ascona GbR Forschungsprojekte

Ziegelstudie – Was steckt in der Wand?

VERGLEICH

Die unverputzten Wände im direkten Vergleich

	Betonhaus	Holzrahmenhaus	Ziegelhaus
Baustoffmenge	Beton 58 m³ Stahl 6 t	Holz 7 m³ Spanplatten 638 m²	Ziegel/Lehm 36 m³
Dämmstoffmenge	EPS 30 m³	Mineralfaser 33 m³ EPS 8 m³	Perlit 38 m³
Sonstiges	Gewebe 168 m²	Folien + Gewebe 168 m²	Mörtel 815 kg

Ascona GbR Forschungsprojekte

BBSR-Nutzungsdauern



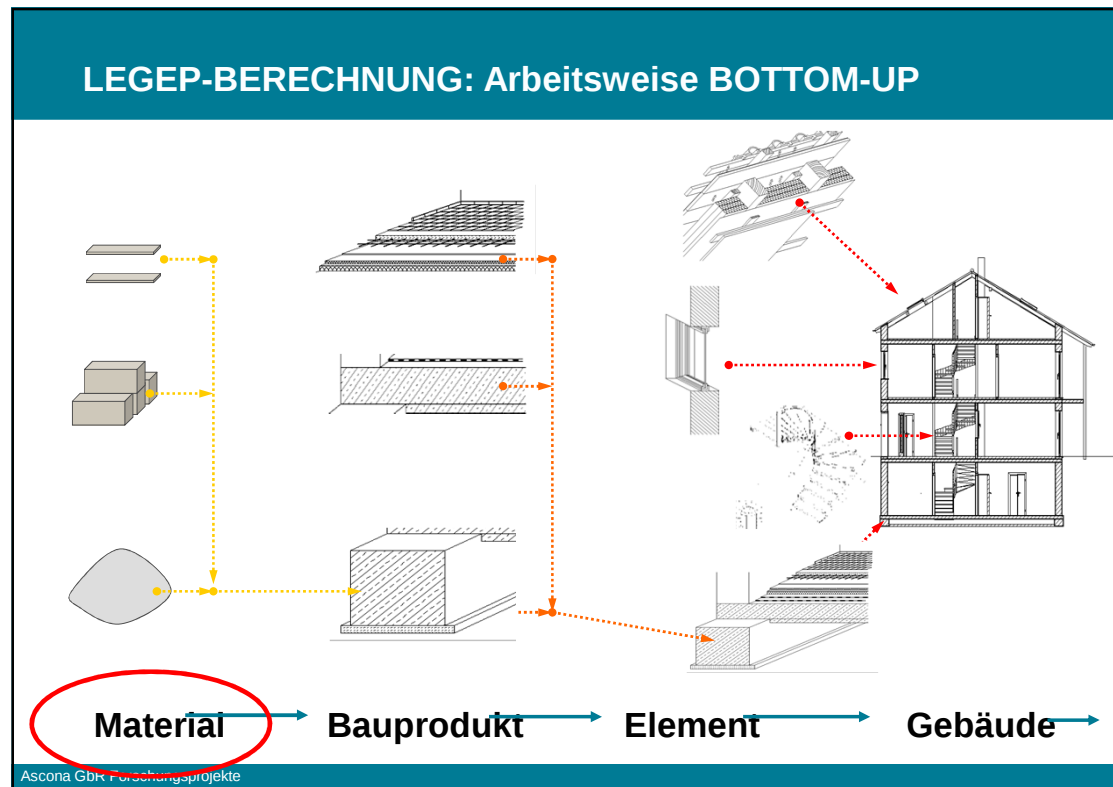
BBSR

Nutzungsdauern von Bauteilen
für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)

Stand: 03.11.201

Code Nr.	KG - 2. Ebene	KG - 3. Ebene	Bauteil / Material	a	Ersatz in 50a
	330 Außenwände	335 Außenwandbekleidungen, außen	Platten, Stein		
335.511			Bekleidungen: Naturstein, Kunststein, Betonsteinplatten, Faserzementplatten, Kunstharzstein, Ziegelplatten, keramische Fliesen und Platten, Feinsteinzeug, Steinzeug und Spaltplatten	≥ 50	0
335.521			Verfürgungsmassen	30	1
335.522			Bekleidungen: harte Belagsmaterialien auf Wärmedämmung	30	1
	330 Außenwände	335 Außenwandbekleidungen, außen	Dämmung		
335.611			Dämmschicht als Kerndämmung: Mineralwoll-dämmplatten, Polyurethandämmplatten, Polystyrol, Blähschiefergranulat, Blähglasgranulat, Blähtongranulat	≥ 50	0
335.621			Dämmschicht hinter Vorsatzschale hinterlüftet: Mineralschaumplatten, Schaumglasplatten	≥ 50	0
335.631			Dämmschicht hinter Vorsatzschale: Vakuumdämmpaneele	30	1
335.641			Wärmedämmverbundsystem: Mineralwoll-dämmplatten, Polystyrol-dämmplatten, Polyurethandämmplatten, Holzfaserdämmplatten, Holzwoleleichtbauplatten, Korkplatten	40	1
335.642			Wärmedämmverbundsystem transparent	20	2
	330 Außenwände	335 Außenwandbekleidungen, außen	Holz		
335.711			Holzbekleidung: Nadelholz behandelt, Laubholz, Holzwerkstoff-Systeme	40	1
335.712			Holzbekleidung: Nadelholz unbehandelt	30	1
335.713			Holzbekleidung: Holzschindeln	≥ 50	0
	330 Außenwände	335 Außenwandbekleidungen, außen	Metall		
335.811			Metallbekleidungen: Zink, Kupfer, Aluminium eloxiert, Aluminium lackiert, Stahl nicht rostend	≥ 50	0
335.812			Metallbekleidungen: Stahl galvanisch verzinkt	40	1
335.813			Vorsatzschale hinterlüftet: Kupferblech	≥ 50	0
335.814			Vorsatzschale hinterlüftet: Zink, Stahl nicht rostend	45	1

Ascona GbR Forschungsprojekte



2. Bauteilvergleich - Österreich

Ökobilanzergebnisse ausgewählter Bauteil Aufbauten eines Einfamilienhauses

Im Zuge des Projektes REAct – Renewable Energy & Efficiency ACTions (finanziert durch die European Union - European Regional Development Fund: creating the future - Programm zur grenzüberschreitenden Zusammenarbeit Slowakei-Österreich 2007-2013) wird eine ökologische Bewertung der betrachteten Beispielgebäude durchgeführt. Für das Haus werden unterschiedliche Varianten in Bezug auf Bauteilaufbauten und Energieversorgung definiert. -

2.3 SYSTEMGRENZEN

Keine Berücksichtigung findet biogenes CO₂, der biogene Kohlenstoff wird aus der Berechnung ausgenommen. Die Berechnung erfolgt über die gewählte Betrachtungszeit von **20 Jahren**.

Nutzungsdauern (Österreich)

Tabelle 1: Nutzungsdauer der verschiedenen Bauteile

Bauteil	Jahre
Tragende Außenwand und Geschossdecken (aus Ziegel, Stahlbeton oder Leichtbeton)	100
Tragende Außenwand, Geschossdecke in Riegelbauweise und Massivholzbauweise	100
Fassadenbekleidung Weichholz	40
Holzunterkonstruktion Fassade	50
Dämmstoffe Fassade	50
Putz auf WDVS	50
Putz auf Mauer	70
Holz-Alu Fenster	50
Estrich (Beton, Trocken)	60
Holz Schwingboden	50
Parkett, Holzboden	25

Quelle: Zelger et al., 2009 (S. 81)

Ascona GbR Forschungsprojekte

Bauteilaufbauten

Außenwand ($U=0,098 \text{ W/m}^2\text{K}$)		d	Lambda R		
1	KalkzementPutz KZP 65	1,5	0,83	0,018	
2	POROTHERM 25-38 M.i Plan (natureplus)	25	0,14	1,786	
3	weber.therm 022 plus ultra Dämmplatte	18	0,022	8,182	
4	RÖFIX Silikatputz	0,19	0,7	0,003 -	
Außenwand ($U=0,100 \text{ W/m}^2\text{K}$)					
1	Lehmputz		3	0,81	0,037
2	Schilfdämmplatte (145 kg/m ³) vgl. Schilfmatte		0,5	0,061	0,082
4	Flachshaus Wärmedämmplatte DP, Dämmplatte DP		6	0,04	1,5
5	Nutzholz (475 kg/m ³ -zB Fichte/Tanne) - rauh, luftge-trocknet		6	0,12	0,5
6	Binderholz Brettsperrholz BBS		12	0,12	1
8	50,5 cm 81% ISOCELL Zellulosefaserdämmstoff		36	0,039	9,2
9	12 cm 19% Binderholz Brettsperrholz BBS		36	0,12	3
11	ISOCELL OMEGA Winddichtung		0,059	0,22	0,003
12	Schalung: Nutzholz (525kg/m ³ -Lärche) -rauh, techn. getro.		2	0,13	0,154

Ascona GbR Forschungsprojekte

3 Einfamilienhausvarianten - Gesamtbetrachtung

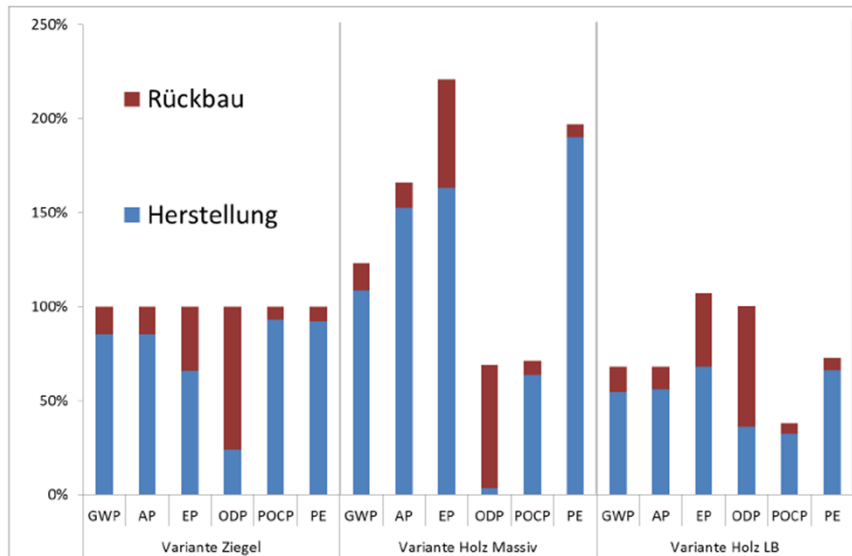


Abbildung 1: LCA-Ergebnis in Prozent (Variante Ziegel auf 100% gesetzt)

Ascona GbR Forschungsprojekte

3 Einfamilienhausvarianten

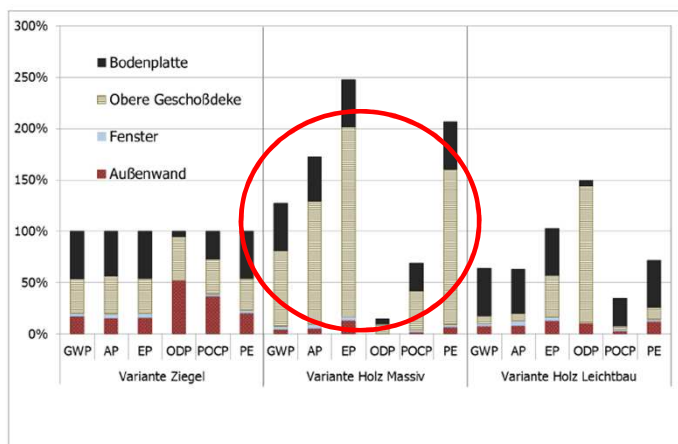


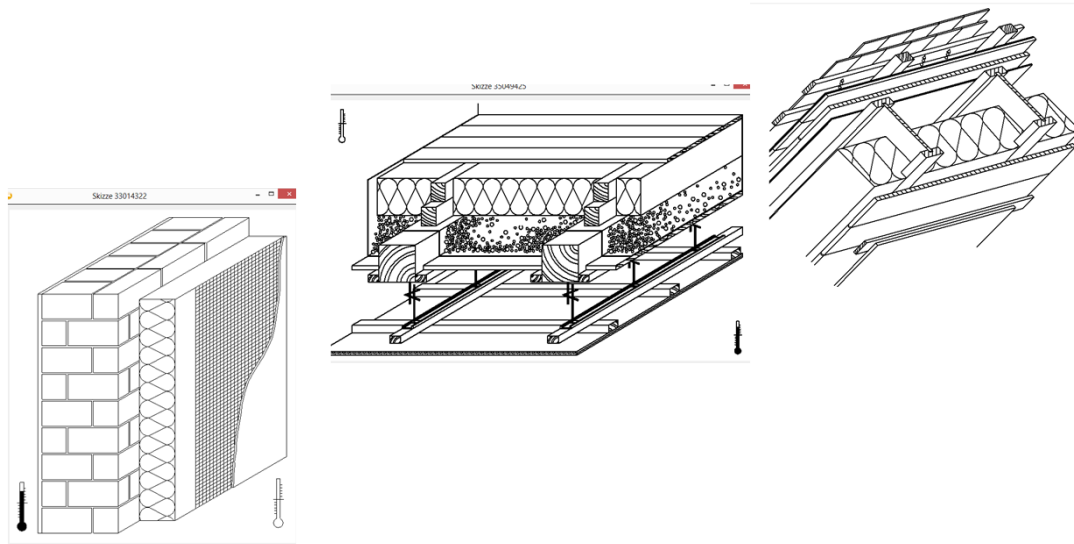
Abbildung 2: LCA-Ergebnis Herstellung in Prozent (Variante Ziegel auf 100% gesetzt)

Geschoßdecke bei Holz gleich bis auf die **Schafwollledämmung**, die zu 700- 1000 fachhöheren Belastungswerten führt.

wenn man aus dieser Grafik die Bodenplatte herausnimmt (weil bei allen 3 Varianten gleich), und - bei beiden Holzbauvarianten die oberste Geschosßdecke in der Variante Leichtbau wählt, und die Schafwolle durch Hanf ersetzt, schneiden beide Holzbauvarianten bei der Herstellung von Außenwand, Fenster und oberste Geschosßdecke deutlich besser ab als die Massivbauvariante.

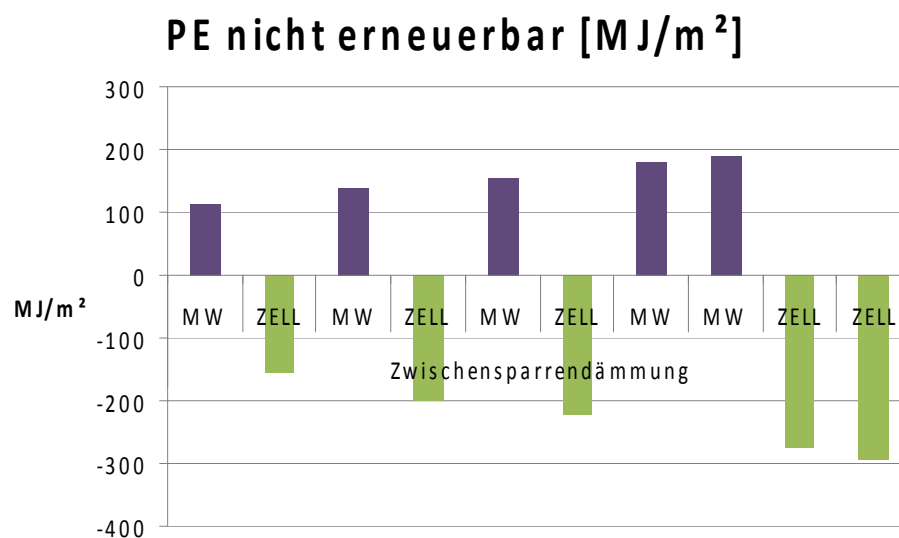
Ascona GbR Forschungsprojekte

Kurzstudie Dämmvarianten: Konstruktionen- Auswahl



Ascona GbR Forschungsprojekte

Konstruktion Dämmung zwischen den Sparren – Primärenergie nicht ern. , für ident. U-Werte

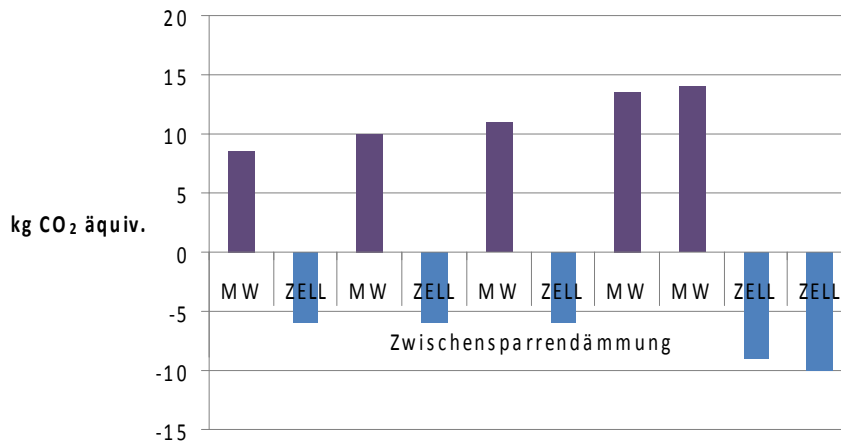


Quelle: Ascona GbR Kurzstudie Dämmvarianten

Ascona GbR Forschungsprojekte

Konstruktion Dämmung zwischen den Sparren -- Klimagaspotenzial, für ident. U-Werte

Treibhauspotential [kg CO₂ äquiv.]



Quelle: Ascona GbR Kurzstudie Dämmvarianten

Ascona GbR Forschungsprojekte

3. Österreich-Forschung 51/2014

Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus (Mötzl, Passer et. al)

Kurzfassung:

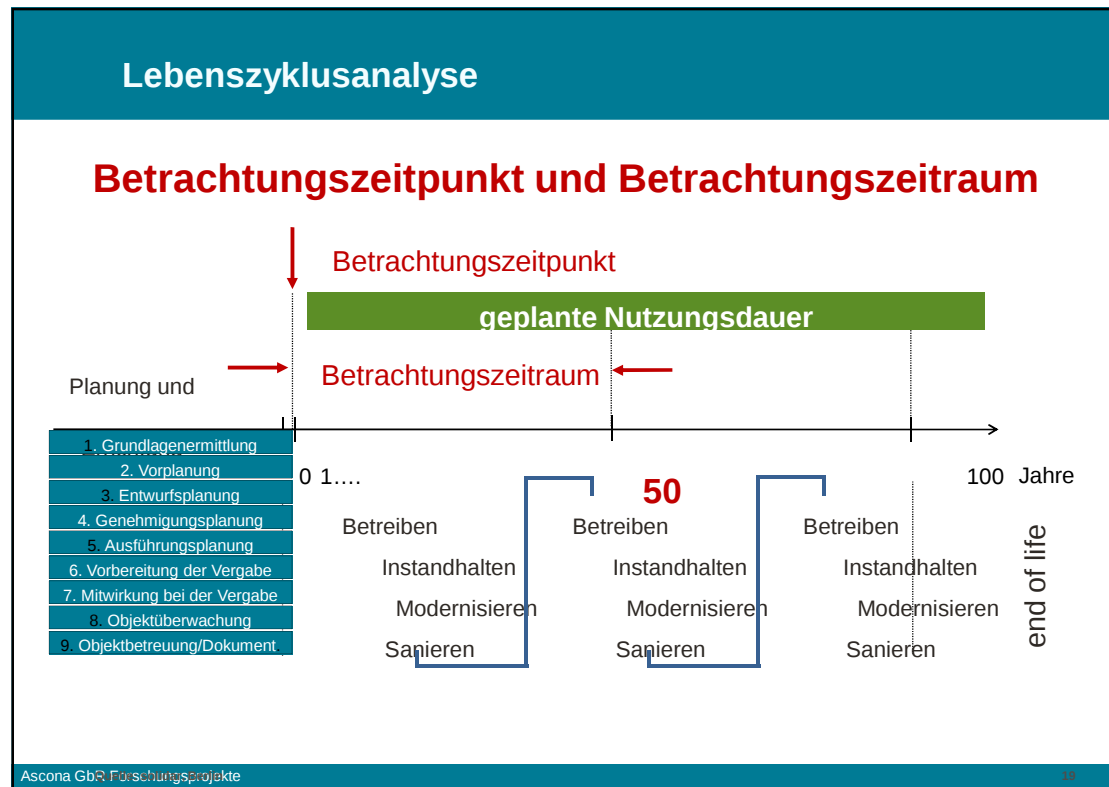
Ausgehend von der kontrovers diskutierten Frage, welche Bauweise mit welchem Energiestandard und mit welcher haustechnischen Ausstattung eigentlich die umweltschonendste sei, entstand die Idee zu einem umfassenden Variantenvergleich.

Die vier hauptsächlich zur Anwendung kommenden Bauweisen (Ziegel-, Beton-, Holzspanbeton- und Holzrahmen- bzw. Holzmassivbauweise) wurden mit den inzwischen gängigen Energiestandards für Neubauten in Kombination gesetzt.

Für diese Gebäudevarianten wurden die Umweltwirkungen in einer **Ökobilanz (LCA) über eine angenommene Gebäudelebensdauer von 100 Jahren** abgeschätzt und ihre **Kosten über einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren** nach der Barwertmethode berechnet. Mit den Ergebnissen sollte die erwähnte Fragestellung beantwortet werden.

Die Bilanzergebnisse zeigen, dass **keine der Bauweisen eine klare Antwort auf die gestellten Fragen hat**. Insgesamt zeigt sich, dass **die verwendeten Baustoffe kaum einen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben**. Wesentlich scheint sich hingegen der Energiestandard auf das Ergebnis auszuwirken.

Ascona GbR Forschungsprojekte



Rechenregeln für Materialien in der EoL-Phase

Carbonatisierung von Beton:

Diese grobe Abschätzung ergibt eine CO₂-Aufnahme (negatives Treibhauspotenzial) durch die Carbonatisierung von **ca. -50 kg CO₂/m Beton**. Dies entspricht ca. 25 % der mit der Herstellung (A1-A3) verbundenen Treibhausgasemission.

Recycling von Bewehrungsstahl:

Diese weist im Modul D eine Gutschrift des Recyclings bzw. den Ersatz von Primärbaustahl von **-0,959 kg CO₂/kg Baustahl** aus. Dies entspricht ca. 55 % der mit der Herstellung (A1-A3) verbundenen Treibhausgasemissionen.

Thermische Verwertung von EPS/XPS:

Für die Beispielrechnung nehmen wir an, dass 70 % der im Dämmstoffabfall enthaltenen Energie (bez. auf den unteren Heizwert) für die Substitution des Primärenergieträgers Erdgas zur Verfügung steht. Somit ergibt sich im Modul D eine Gutschrift von ca. **-59 kg CO₂/m**. Dies entspricht ca. 58 % der mit der Herstellung (A1-A3) verbundenen Treibhausgasemissionen..

Thermische Verwertung von Holz:

Gleich wie für die Dämmstoffe wird auch für das aufbereitete Abfallholz als „end of life“-Szenario eine thermische Verwertung in einer modernen Abfallverbrennungsanlage angenommen. Bei einem angenommenen Gesamtanlagenwirkungsgrad von 70 % ergibt sich im Modul D eine CO₂-Gutschrift von ca. **-0,65 CO₂/m Holz**. Für Modul D wurde angenommen, dass Holzbaustoffe und Zellulose-dämmung in einer Müllverbrennungsanlage für Industrieabfälle mit einem Wirkungsgrad (für Wärme) von 90 % verbrannt werden. Dies entspricht neben der Wiederverwendung und stofflichen Verwertung einem gängigen Entsorgungsszenario für Holz in Österreich. Es wird angenommen, dass durch die Altholzverbrennung **Gas substituiert** wird, welches in einem Brennwertkessel mit 95 % Wirkungsgrad verbrannt würde.

10

Rechenregeln für Materialien

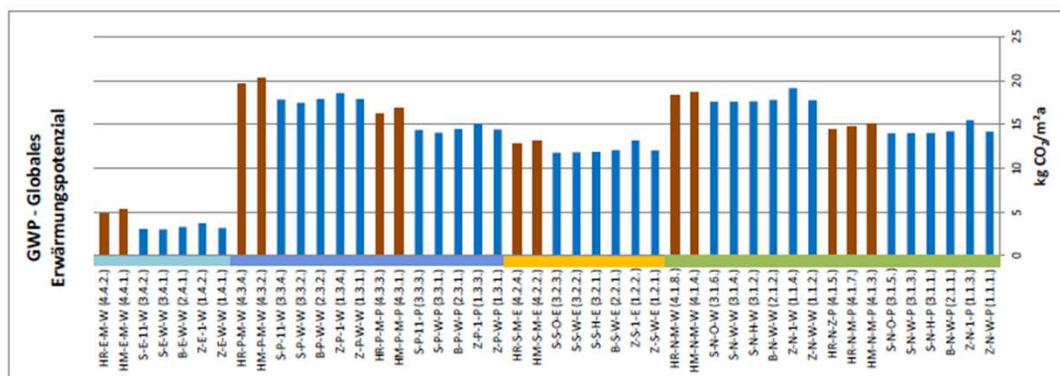
Tabelle 6: Abschätzung von Gutschriften außerhalb des Lebenszyklus (Modul D) für ein Niedrigenergiehaus aus Beton. Verwendete Hauptbaustoffe

Verwendete Hauptbaustoffe	NEH Beton	Gutschrift	Gutschrift NEH
Betonrecycling	164,4 m	-23,08 kg CO ₂ /m	-3.786 kg CO ₂
Carbonatisierung	164,4 m	-50 kg CO ₂ /m	-8.141 kg CO ₂
Baustahlrecycling	12.294 kg	-0,959 kg CO ₂ /kg	-11.790 kg CO ₂
Thermische Verwertung EPS/XPS	89 m	-59 kg CO ₂ /m	-5.291 kg CO ₂
Thermische Verwertung Holz	12,16 m	-0,65 kg CO ₂ /m	-3.979 kg CO ₂
Summe Gutschrift Modul D (ohne Cu, Al etc.)			-32.988 kg CO₂

Bei 135.000 kg CO₂ für das Gebäude über 100 Jahre Nutzungsdauer erreicht das Gutschriftspotenzial $\frac{1}{4}$ für das Gebäude aus Beton.

Gebäudevergleiche

5 Materialvarianten und 4 Energieniveaus



Detailbetrachtung Gebäude 100 a

Ökobilanz	
Variante 1.1.3	Niedrigenergiehaus - Ziegel - einschlig - Pelletsheizung



Umweltindikatoren	Einheit	Herstellung	Nutzung		Entsorgung	Ergänzende Informationen ausserhalb des Gebäudezyklus
		A1-A3 Herstellung	B4 Ersatz/Austausch	B6 Energiebedarf	C3-C4 Entsorgung	
AP	kgSO ₂ /m ² a	1,83E-02	1,59E-02	1,59E-02	1,68E-03	nicht bewertet
EP	kgPO ₄ /m ² a	6,72E-03	6,89E-03	1,84E-02	4,01E-04	nicht bewertet
GWP	kgCO ₂ /m ² a	6,13E+00	3,78E+00	4,87E+00	5,02E-01	nicht bewertet
ODP	kgCFC-11/m ² a	3,64E-07	2,35E-07	2,35E-07	2,35E-07	nicht bewertet
POCP	kgC ₂ H ₄ /m ² a	1,34E-03	1,18E-03	4,72E-03	4,72E-03	nicht bewertet
CEDeonB	MJ/m ² a	7,07E+01	5,94E+01	8,81E+01	8,81E+01	nicht bewertet
CEDeB	MJ/m ² a	2,07E+01	1,27E+01	6,13E+01	6,13E+01	nicht bewertet
CEDeComplete	MJ/m ² a	9,14E+01				nicht bewertet

50% höherer GWP-Wert bei gleichem Gebäudetyp und Energiebedarf

40% höherer GWP-Wert in der Herstellungsphase bei der Ziegelvariante

+40%

+50%

Datenblatt Ökobilanz						
Variante: 4.1.3 Holzmassiv - Mineralwolle - Niedrigenergie - Pelletsheizung						
Indikator	Einheit	Gebäudelebenszyklus gem. EN 15978				D: ergänzende Informationen außerhalb des Lebenszyklus gem. EN 15978
		Herstellung	B4: Ersatz/ Austausch	B6: Energieeinsatz	C2-C4: Entsorgung	
AP	kg SO ₂ /m ² a	0,0192	0,0185	0,0434	0,0024	-0,0030
EP	kg PO ₄ /m ² a	0,0081	0,0089	0,0258	0,0014	-0,0005
ODP	kgCFC-11/m ² a	2,86E-07	2,56E-07	5,69E-07	4,79E-08	-4,88E-07
POCP	kg C ₂ H ₄ /m ² a	0,0045	0,0033	0,0058	0,0003	-0,0007
GWP	kg CO ₂ /m ² a	4,8627	4,6659	7,8608	1,9356	-3,9917
C-Gehalt	kg CO ₂ /m ² a	-3,7743	-2,6249			
CO ₂ biogen	kg CO ₂ /m ² a		2,6249		3,7743	
PE n.e.	MJ/m ² a	64,69	73,77	131,60	5,82	-66,45
PE e.	MJ/m ² a	12,51	35,46	466,72	37,68	-0,16
PE e. Rohst.	MJ/m ² a	-37,48	-24,60			

Ascona GbR Forschungsprojekte

Bauen für die Zukunft – Bauen mit Holz

Nachwachsende Rohstoffe und ihre Rolle in der Zertifizierung

Ergebnis eines Forschungsprojektes gefördert durch die Deutsche
Bundesstiftung Umwelt Az: 30866-25



Ascona GbR Forschungsprojekte

8 Neubauprojekte

Lebenshilfe Lindenberg, Gewerbebau

Architekten: Lichtblau, München

Finanzamt Garmisch- Partenkirchen, Bürobau

Architekt: Bauer, München

Gemeindezentrum Ludesch, Multifunktionsbau

Architekt Kaufmann, Vorarlberg

Wohnungsbau Samer Mösl, Mehrfamilienhaus

Architekt: sps-architekten zt, Thalgau

Fachhochschule Kuchl, Vorlesungsgebäude

Architekten: Dietrich/ Untertrifaller, Bregenz

Jugendzentrum Pfifteen, Kommunalbau

Architekten: Lichtblau, München

Wohnungsbau München, Mehrfamilienhaus

Architekten Kaufmann, Vorarlberg/Lichtblau, München

Wohnungsbau Erlangen, Mehrfamilienhaus

Architekten GewoBAU;B&O, Erlangen

Ascona GbR Forschungsprojekte

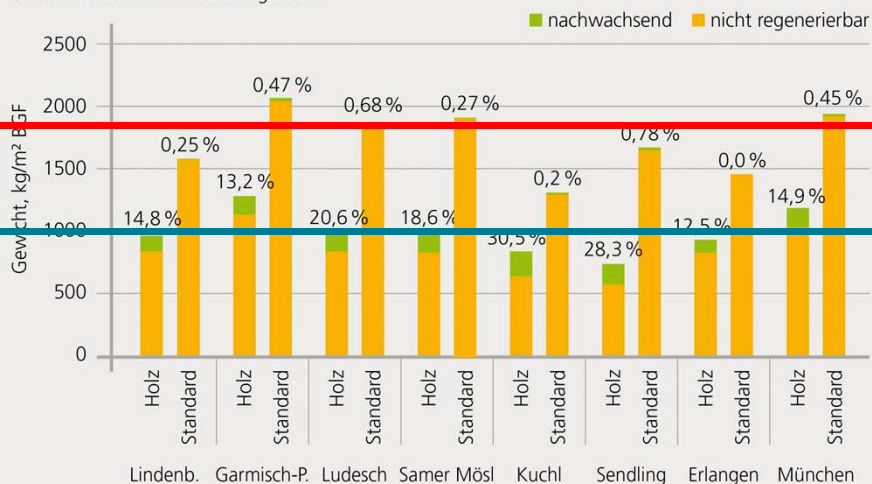
Materialbedarf – Primärkonstruktion Holz-Standard

1800 kg
/m²BGF

1000 kg
/m²BGF

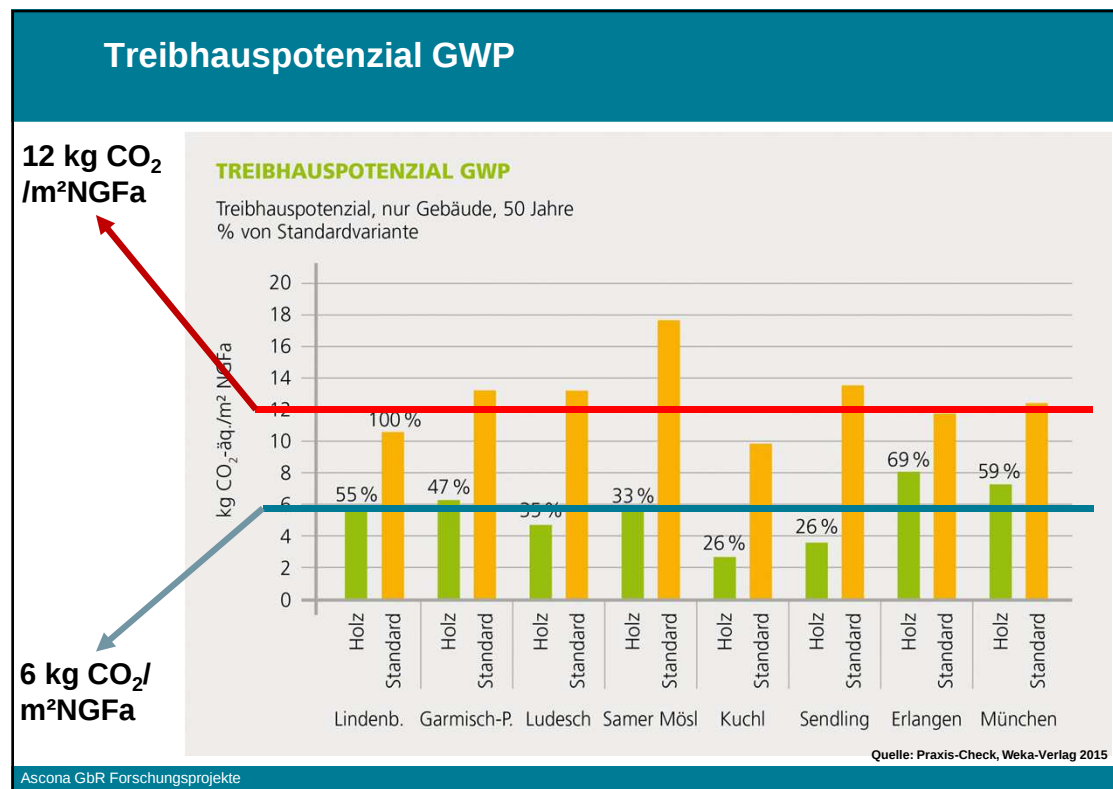
MATERIALBEDARF – PRIMÄRKONSTRUKTION HOLZ-STANDARD

Materialbedarf für Herstellung und Instandsetzung, 50 Jahre
% nachwachsend an Gesamtgewicht



Quelle: Praxis-Check, Weka-Verlag 2015

Ascona GbR Forschungsprojekte



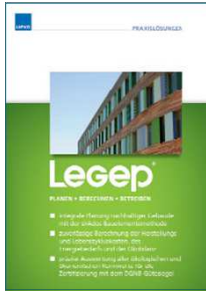
Die Qual der Baustoffwahl

„Wer viel fragt, geht viel irr“

Integrale Planungssoftware



The diagram is a circular flow chart with four segments: 'WÄRME & ENERGIE' (top), 'KOSTENPLANUNG' (right), 'WIRTSCHAFTLICHKEIT' (bottom), and 'ÖKOLOGIE' (left). In the center is the 'Legep' logo with the tagline 'PLANEN • BERECHNEN • BETREIBEN'. Below the logo, the text 'LEBENSZYKLUSKOSTEN' is visible.



The software box features a building image and the text 'Legep' and 'PLANEN • BERECHNEN • BETREIBEN'. It lists features such as 'Integrierte Planung verschiedener Lebenszyklen', 'Zentrale Datenbank aller Bauteile und Bauteileigenschaften', and 'Automatische Berechnung der Lebenszykluskosten'.

Legep®
ENERGIE • KOSTEN • WIRTSCHAFTLICHKEIT

Programm + Datenbank
für LCC und LCA

www.legep.de

www.legep-software.de

Ascona GbR Forschungsprojekte