



Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft



Klimafreundlich Bauen in regionalen Kreisläufen

Jochen Simon | Peter Stötzel
Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Sabine Helm | Christel Lubenau | Klaus Richter | Gabriele Weber-Blaschke
Lehrstuhl für Holzwissenschaft, Holzforschung München

Hannes Dietl | Sachverständiger für die Sägewerksindustrie

Landwirtschaft im Klimawandel

15. Kulturlandschaftstag am 14. November 2017 in Freising



EUROPÄISCHE UNION
Gefördert von dem Europäischen Fonds
für die regionale Entwicklung



INTERREG
Regionale Entwicklung
2014-2020

Einführung



Einführung



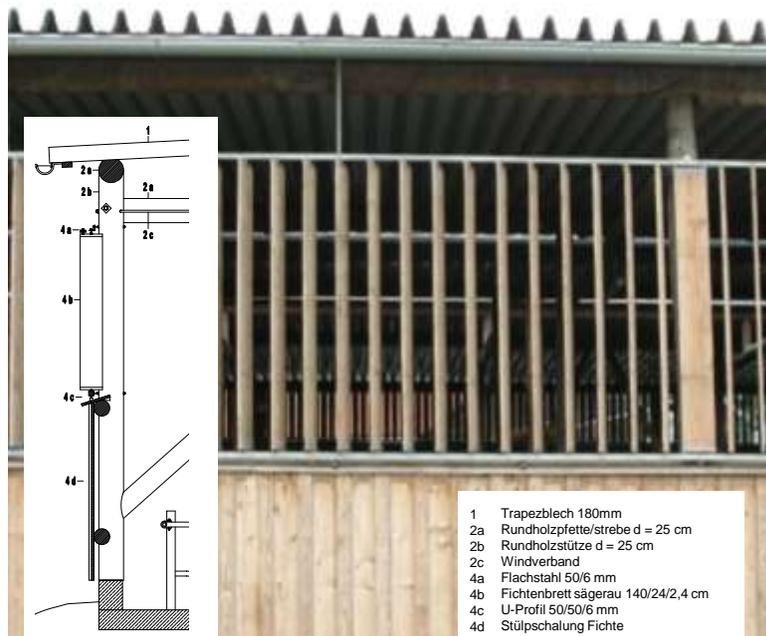
Einführung



Einführung



Einführung



- 1 Trapezblech 180mm
- 2a Rundholzpfette/strebe d = 25 cm
- 2b Rundholzstütze d = 25 cm
- 2c Windverband
- 4a Flachstahl 50/6 mm
- 4b Fichtenbrett sägerau 140/24/2,4 cm
- 4c U-Profil 50/50/6 mm
- 4d Stülpchalung Fichte



Klimafreundliches Bauen in regionalen Kreisläufen

Einführung

Material und Methode

Baustoffeigenschaften

- Umweltwirkung – Primärenergiebedarf Holz – Stahl
- Nachwachsender Rohstoff
- Bauphysik
- Vergleich Investitionsbedarf Holz – Stahl

Schlussbemerkung

Klimafreundliches Bauen in regionalen Kreisläufen

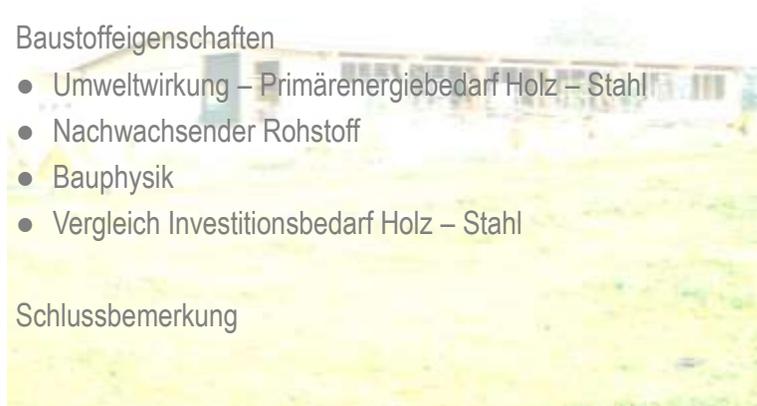
Einführung

Material und Methode

Baustoffeigenschaften

- Umweltwirkung – Primärenergiebedarf Holz – Stahl
- Nachwachsender Rohstoff
- Bauphysik
- Vergleich Investitionsbedarf Holz – Stahl

Schlussbemerkung



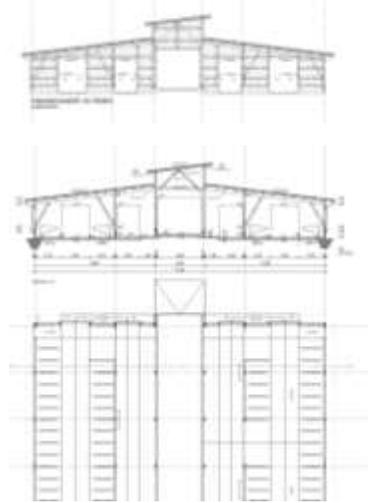
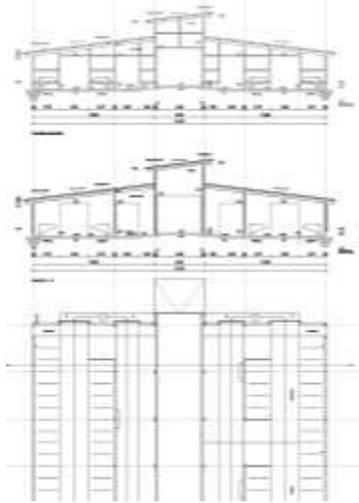
Material und Methode

Vorstellung des Modells



Material und Methode

Vordimensionierung | Konstruktionsplanung | Materiallisten



Modellstall in Stahl
Grundriss | Schnitte

Modellstall in Holz

Simon et al. 11

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Material und Methode

Vordimensionierung | Konstruktionsplanung | Materiallisten



Pos.	Beschreibung	Länge	Stärke	Fläche	Anzahl	Merkmal	anzahl (m ²)	anzahl	Weg (m ³)	
A) Dachstuhl										
1	Solzen Stahl-Fachwerk	4,39	0,34	0,09	105	56	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	0,07	1.633,93	116,48
2	Solzen Stahl-Fachwerk	2,97	0,34	0,08	105	56	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,13	1.136,10	81,2972
3	Solzen Fachboden-Furt	0,82	0,35	0,1	105	17	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,71	1.382,50	84,5968
4	Solzen Fachboden-Furt	0,13	0,35	0,1	105	17	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,86	1.738,48	76,7552
5	Diagonale Stahl-Fachwerke (einseitig)	3,77	0,25	0,22	105	28	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	0,72	1.565,01	81,1288
6	Diagonale Stahl-Fachwerke (zweiseitig)	3,27	0,25	0,17	105	28	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	3,23	1.885,54	87,8208
7	Binder-Stahl	11,8	0,35	0,11	105	81	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	11,31	11.213,11	401,513
8	Binder-Fachwerke	0,67	0,1	0,1	105	45	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	0,67	4.298,09	312,71
9	Fachwerke-Strahl	1,19	0,35	0,1	105	56	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	0,19	1.184,44	54,3472
10	Traufkante-Stahl	71,88	0,1	0,18	105	7	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,19	1.888,00	80,1552
11	Koppelfichte-Stahl-Winkel	0,97	0,1	0,18	105	52	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	0,22	3.401,15	294,8984
12	Koppelfichte-Stahl-Winkel	0,38	0,08	0,15	105	112	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	28,38	15.181,25	1044,0788
13	Traufkante-Fachwerke	71,88	0,1	0,35	105	7	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,38	4.884,48	186,1136
14	Koppelfichte-Stahl-Auslauf-ang. Winkel	0,18	0,14	0,18	105	98	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	0,39	9.191,52	548,3496
15	Fachwerke-Unterbau	-	0,28	0,19	105	15	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,52	1.123,58	48,788
								184,30	91.893,88	
B) Fachwerkschichtung										
1	Konstruktion-Stahl	71,94	13,85	0,838	481	3	Fertig-Isoliermatte	21,81	16.811,67	389,28
2	Konstruktion-Fachwerke	71,94	7,67	0,838	481	1	Fertig-Isoliermatte	14,44	7.073,00	511,38
3	Leistung-Stahl	11,8	0,848	0,834	105	110	C24 Fichte, Schichtholz	1,18	1.382,89	107,31
4	Konstruktion-Stahl	71,88	0,848	0,834	105	81	C24 Fichte, Schichtholz	1,48	1.313,78	105,48
5	Leistung-Fachwerke	71,94	0,848	0,834	105	8	C24 Fichte, Schichtholz	0,47	105,21	17,98
6	Konstruktion-Fachwerke	0,67	0,848	0,834	105	88	C24 Fichte, Schichtholz	0,64	101,17	16,57
								76,82	81.875,28	
C) Wand- u. Deckenkonstruktion										
1	Giebel-Fachwerke (Phosor-Tegel)				105	1	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	0,42		222,18
2	Giebel-Fachwerke (Dachboden-Decke)				105	1	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	0,42		222,18
3	Phosor-Abgänger-Stahl				105	1	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,88		1.587,66
4	Kunst-Abgänger-Stahl				105	1	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,19		1.465,04
5	Schwing-Stahl u. Fachwerke-Isoliermatte			0,22	105	1	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,43		1.030,27
6	Tiere-Isoliermatte			0,01	105	1	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,19		841,11
7	Phosor-Abgänger-Kunst-Tegel	171,94	0,1	0,05	105	1	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	0,07		485,19
8	Tiere-Isoliermatte an Übergängen	1,1	0,01	1,1	105	18	C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehölz.	1,25		882,75
								15,79		988,75



Modellstall in Holz
Materialliste

Simon et al. 12

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Material und Methode

Vergleich der Umweltwirkung



Primärquellen

- ▶ Materiallisten für den Modellstall (Liegehalle)



Sekundärquellen

- ▶ In- und Outputflüsse über den gesamten Lebenszyklus

Modul 1 **Bauprodukte**

- Gewinnung bzw. Erzeugung | Ernte
- Lieferung Verarbeiter (Stahl- | Sägewerk) | Herstellung
- **ohne Verbindungsmittel | ohne Transport zur Baustelle**

Modul 2 **Nutzung** (Errichtung – Bauunterhalt)

- **nicht eingerechnet**

Modul 3 **Nachnutzung**

- Thermische Verwertung (Holz, Kunststoffe)
- Recycling (z.B. Beton: 70% Bauschutt, 30% Deponie)
- **ohne Rückbaumaßnahmen | ohne Abtransport von Baustelle**

zzgl. Sekundärmaterialien | Nutzenergie | Koppelprodukte

- Allokationsverfahren | Gutschriften

Helm | Simon et al. 13



Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Material und Methode

Vergleich der Umweltwirkung



Berechnung der ökologischen Auswirkungen

- ▶ Ökobilanzdaten

A) Nicht-Holzbauprodukte → Ökobau.dat-Datenbank *

B) Holzbauprodukte → ÖkoHolzBauDat **

* Bundesministerium für Verkehr, Bau- & Stadtentwicklung (2011), seit 2013 gem. DIN EN 15804

** Heinrich von Thünen-Institut, gem. DIN EN 15804 (2012)

Berechnung **ohne** „Modul 2 Nutzung“ sowie „Transport“ etc.

- ▶ **vereinfachte Umweltbilanz**

Anteil des Energiebedarfs eines landwirtschaftlichen Gebäudes

- ▶ 82 – 92% verwendete Baumaterialien (DUX ET. AL, 2009)



Helm | Simon et al. 14

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Klimafreundliches Bauen in regionalen Kreisläufen

Einführung

Material und Methode

Baustoffeigenschaften

- Umweltwirkung – Primärenergiebedarf Holz – Stahl
- Nachwachsender Rohstoff
- Bauphysik
- Vergleich Investitionsbedarf Holz – Stahl

Schlussbemerkung

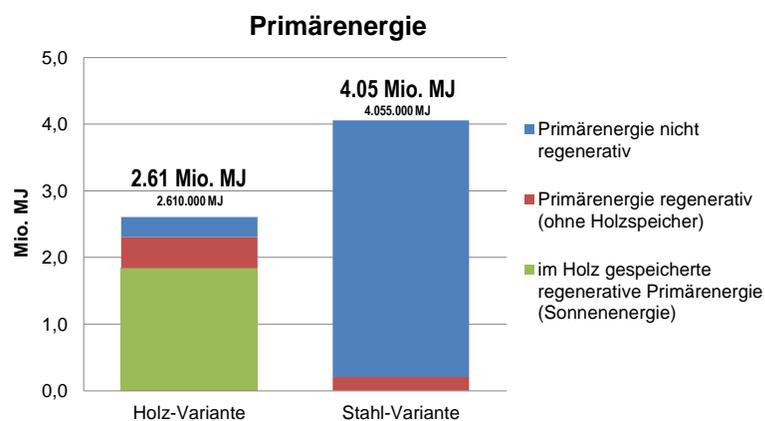


Simon et al. 15

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Baustoffeigenschaften

Umweltwirkung – Primärenergiebedarf | Holz - Stahl



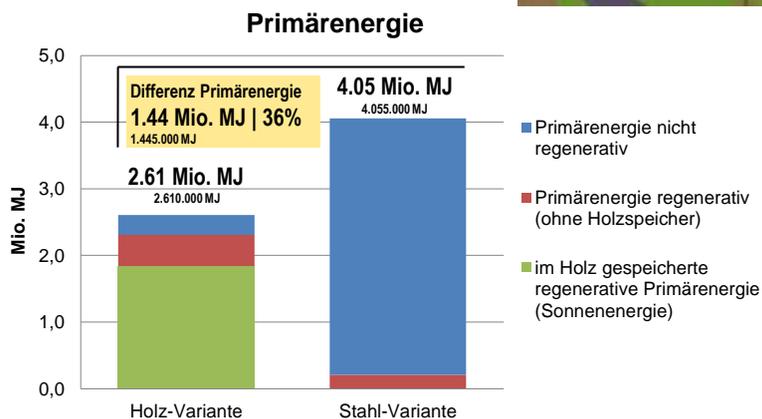
Helm | Simon et al. 16

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Ergebnisse

Vergleich der Umweltwirkung - Primärenergiebedarf

1.44 Mio. MJ = Heiz-Energie EFH für 20 Jahre

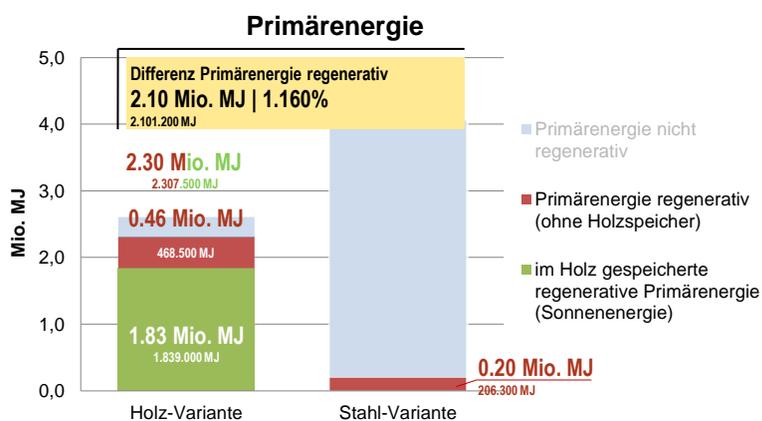


Helm | Simon et al. 17

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Ergebnisse

Vergleich der Umweltwirkung - Primärenergiebedarf

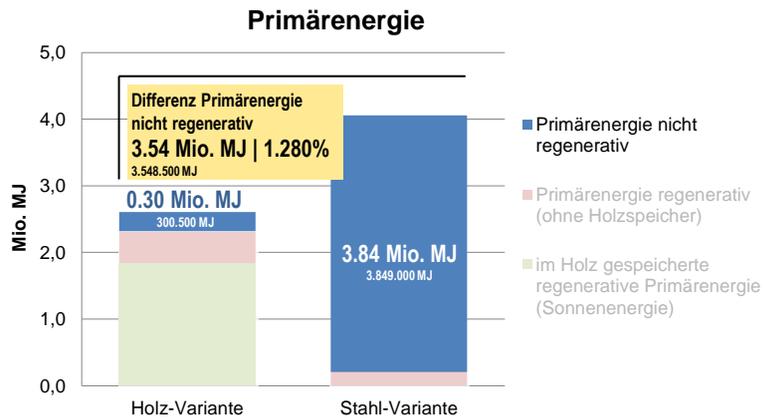


Helm | Simon et al. 18

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Ergebnisse

Vergleich der Umweltwirkung - Primärenergiebedarf

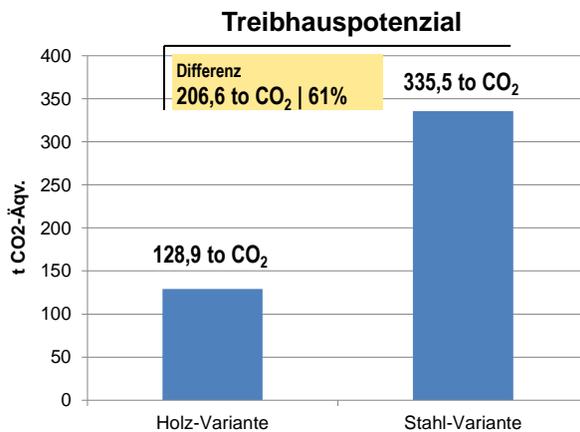


Helm | Simon et al. 19

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Baustoffeigenschaften

Umweltwirkung – Primärenergiebedarf | Holz - Stahl



ESP = Einsparpotenzial

Helm | Simon et al. 20

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Baustoffeigenschaften Nachwachsender Rohstoff

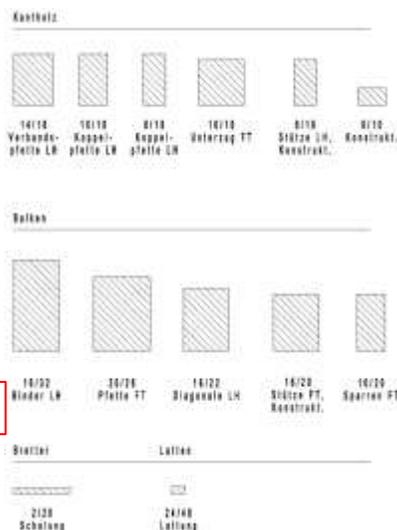


Materialliste Holz für Pilotbetrieb A
Milchviehstall für 170 Tierplätze:

Kantholz	Pos. A	104,30 m ³
Kantholz	Pos. C	13,80 m ³
Schalung 28 mm	Pos. B	92,55 m ³
Lattung 24/48 mm	Pos. B	6,35 m ³

Gesamt	217,00 m³
Schnittholz / Tierplatz	1,28 m³/TP

entspricht:	
Kantholz	118,10 m ³
Schalung und Latten (Seitenware)	98,90 m ³



Simon et al. 21

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Baustoffeigenschaften Nachwachsender Rohstoff



Fichtenreinbestand (Privatwald), mittlere Bonität, Alter 80-100 Jahren
Holzvorrat pro Hektar ca. 400 fm/ha

217 m³ Kantholz, Schalung und Lattung entsprechen:

Rundholz	ca. 360 fm*
Rundholz	ca. 445 fm**

Ø Holzzuwachs in Bayern pro Minute
60 Festmeter Rundholz = 36 m³ Schnittholz / Minute
► Holzmenge für 170 Tierplätze in ca. 6 Minuten



Bedarf Waldfläche (bei 20%iger Durchforstung)	4,5 ha*
Bedarf Waldfläche (bei 20%iger Durchforstung)	5,5 ha**

* bei Gesamtausbeute 60% ** bei Gesamtausbeute 50%

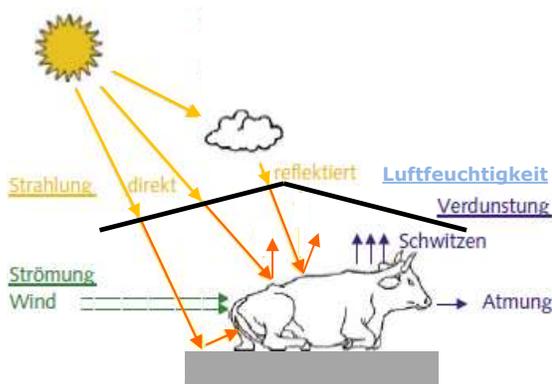


Dietl | Simon et al. 22

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Baustoffeigenschaften

Bauphysik - Strahlung



Wärmeaustausch bei Rindern
(nach FAT-Bericht 620, 2004)

↓ **Globalstrahlung (Solarkonstante)**

- ▶ > 1.370 W / m²
- ▶ direkte / diffuse Strahlung
elektromagnetische Wellen
(0,8 – 800 μm)

↓ **Bauteile (Absorber / Strahler)**

- ▶ **Wärmewelle im Bauteil**

↓ **Wärmeenergie / Strahlung**

- ▶ **??? W / m²**

↓ **Tier (Absorber / Strahler)**

Mangelnde Wärmeabgabe

↓ **Hitzestress**

Simon | Stötzel et al. 23

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Baustoffeigenschaften

Bauphysik - Strahlung

Wärmespeicherung von Baustoffen

Material	Rohdichte ρ [kg / m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W / m·K]	Spez. Wärmekapazität c [kJ / kg·K]	Wärme-eindringkoeffizient b [kJ / m ² h ^{1/2} K]	Wärme-speicherzahl $S = c \cdot \rho$ [kJ / m ³ ·K]
Stahlbeton	2.400	2,10	1,00	142	2.400
Sand/ Kies	1.800	0,70	1,00	70	1.800
Holz (Fichte, Kiefer, Tanne)	600	0,14	1,60	26	960
Holzwohle-Leichtbauplatten	420	0,093	1,70	18	714
Polystyrol	15-30	0,040	1,45	2,2	21-44
PU-Schaum	≥30	0,035	1,40	2,5	45
Mineralfaser-Dämmplatten	10-200	0,040	1,00	3,6	10-200
Aluminium	2.700	0,024	0,80	1310	2.160
Wasser	1.000	0,60	0,40	860	3.120
z.B. Holzfaserdämmstoffe	100-200	0,040	4,20	98	4.200

(Quelle: W. Pistol, 2007)

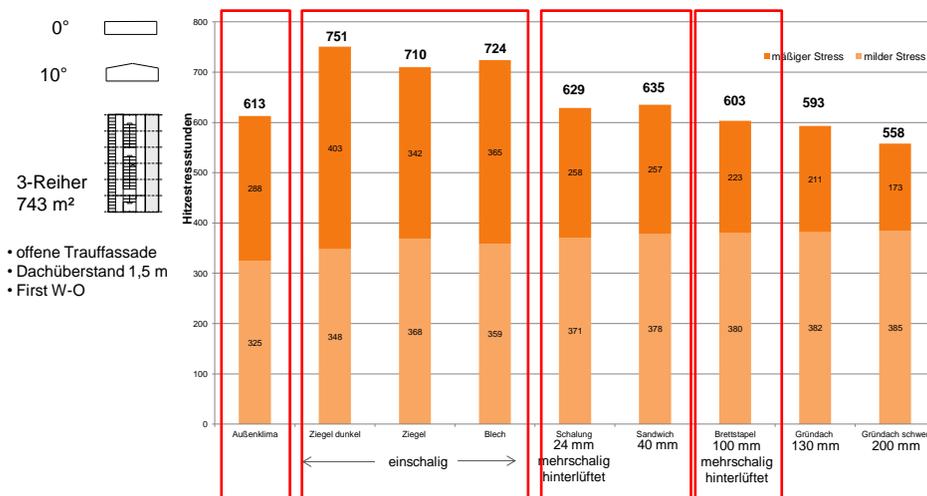


Simon | Stötzel et al. 24

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Tierwohl

Bauliche Maßnahmen gegen sommerlichen Hitzestress



Baustoffeigenschaften

Kostenvergleich Holz – Stahl

Kostenvergleich Tragwerk in Holz bzw. Stahl

Pilotbetrieb A

Liegehalle für 170 Milchkühe

Netto, Stand 2012

	Holzbau	Stahlbau
Konstruktion incl. Koppelpfetten	113.100	158.600
Dacheindeckung	134.800	120.100
Wand incl. Pfosten und Riegel, Tore	27.700	36.200
Summe	275.600	314.900
EUR / TP bei 170 TP	1.620	1.850
EUR / m² bei 2.256m² BGF	122	140



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Stahl



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Holz



Zusammenfassung

Bewertung Holz zu Stahl			
	Holz	Stahl	ESP
Reduzierung Primärenergiebedarf	64%	100%	▼ 36%
Reduzierung CO ₂ -Emissionen	39%	100%	▼ 61%
Reduzierung Primärlieferanten	88%	100%	▼ 12%
Brandschutz	F30*	F0	
Hygieneanforderungen	++**	++***	
(vgl. FIHV, GFIMindV****, Fleischerzeugnis-Richtlinie)	++	0	
► Forschungsbedarf	++	0	
Einrugen in die Landschaft Verbraucherakzeptanz	++	0	

ESP Einsparpotenzial
 * Ausnahme: Nicht abgedeckte Holzverbindungen in Stahl
 ** Bei fachgerechtem Einbau u.a. gem. DIN 68800 Vorbeugender chem. Holzschutz
 *** Korrosion bei Verzicht | Beschädigung schützender Maßnahmen (Anstriche | Verzinkung)
 **** Fleischhygieneverordnung, Gefügelmindestanforderungen-Verordnung

Simon | Diell | Helm | Oberhardt | Stözel 27
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung



Klimafreundliches Bauen in regionalen Kreisläufen

Vielen Dank

Quelle: Verkehrsrundschau 2015

207 t CO₂-Äqv. = 195.280 km (Verbrauch ca. 40 l Diesel | 100km)

Erläuterungen

Primärenergiebedarf

- ▶ Energie aus der Hydrosphäre (Gesamtheit des Wassers der Erde), Geosphäre (Gesamtheit der festen Erde) und Atmosphäre (die gasförmige Hülle der Erdoberfläche)
- ▶ zur Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines Produktes

Regenerative Energie

- Wind- und Wasserkraft
- Solarenergie
- Geothermie
- Biomasse

Nicht regenerative Energie

- Erdgas
 - Erdöl
 - Stein-/ Braunkohle
 - Uran
- } fossile Brennstoffe



Erläuterungen

Treibhauspotenzial

Treibhauseffekt

Wirkmechanismus von Absorption (Treibhausgase) und Reflektion (in Richtung Erde) von Sonneneinstrahlung über Gase in der Atmosphäre

- ▶ natürlicher Treibhauseffekt
Im Laufe der Erdentwicklung ist es durch natürliche Treibhausgase (CO₂, H₂O-Dampf) zu einem Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur von -18°C auf +15°C gekommen
- ▶ anthropogener Treibhauseffekt
zusätzlicher anthropogener Treibhauseffekt, der in den letzten 100 Jahren zu einem weiteren mittleren Temperaturanstieg von 0,5 – 1,0° C beigetragen hat

Ursachen:

Anstieg der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre

- Kohlendioxid
 - Methan
 - Lachgas
- $\left. \begin{array}{l} \text{CO}_2 \\ \text{CH}_4 \\ \text{N}_2\text{O} \end{array} \right\} \text{Darstellung des Treibhaus-Potenzials in CO}_2\text{-Äquivalenten}$



Erläuterungen

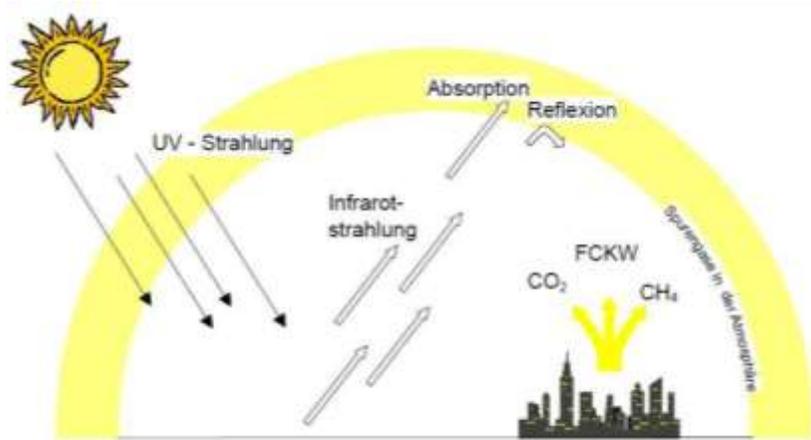
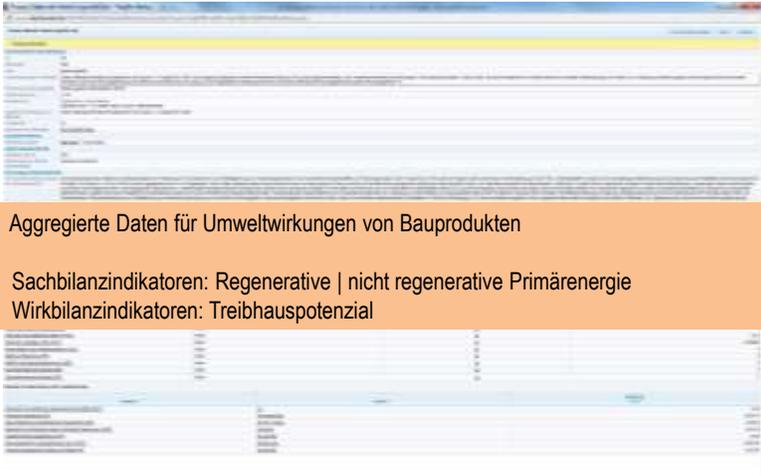


Abbildung 9: Anthropogener Treibhauseffekt (PE INTERNATIONAL GMBH 2011)

Erläuterungen

Auszug Ökobau.dat



Aggregierte Daten für Umweltwirkungen von Bauprodukten

- ▶ Sachbilanzindikatoren: Regenerative | nicht regenerative Primärenergie
- ▶ Wirkbilanzindikatoren: Treibhauspotenzial

Umweltindikatoren

Umweltindikatoren					
Indikatoren der Sachbilanz					
	Indikator	Richtung	Wert	Einheit	Anteil
Inputs					
→	Primärenergie nicht regenerativ	Input	122 MJ		
	- Braunkohle				22 %
	- Steinkohle				18 %
	- Erdgas				6 %
	- Erdöl				27 %
→	Uran				16 %
→	Primärenergie regenerativ	Input	27,1 MJ		
	- Wasserkraft				26 %
	- Windkraft				47 %
	- Sonnenutzung (Solarenergie)				2 %
	- Biomasseutzung (Biomasse)				25 %
	Sonderleistungstoffe	Input	421 MJ		
	Wassernutzung	Input	109 kg		
Outputs					
	Abfall und Erzeugerisierungsabfälle	Output	79 kg		
	Hausmüll und Gewerbeabfälle	Output	1.901 kg		
	Sonderabfälle	Output	9,18 kg		
Indikatoren der Wirkbilanz					
	Indikator		Wert	Einheit	
	Abstrakter Ressourcenverbrauch (ADP)	Input	3,49	kg 16-Aq.	
	Eutrophierungspotential (EP)	Output	0,959	kg Phosphat-Aq.	
	Ozonschichtpotenzial (OSP)	Output	4,15E-4	kg R15-Aq.	
	Physisches Ozonabbaukapazität (POCP)	Output	8,825	kg Ozon-Aq.	
→	Freilebendpotenzial (FOP) 100	Output	241	kg CO2-Aq.	
	Wassernutzungspotenzial (WP)	Output	0,425	kg 102-Aq.	

Abbildung 10: XML-Datenblatt Bereich Umweltindikatoren am Beispiel Transportbeton C25/30 (OKOBAU.DAT 2011)
Mit Pfeilen markiert sind die in dieser Studie verwendeten Indikatoren



Lebenszyklus

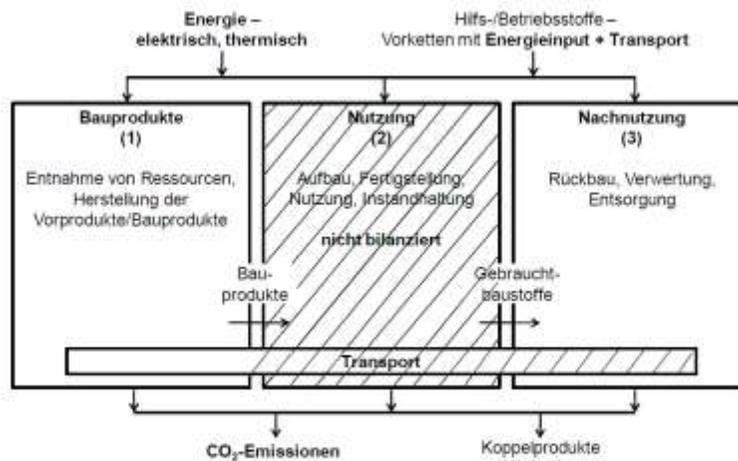


Abbildung 5: Systemdefinition des Milchviehstalls „Pilotbetrieb A“
Schraffierte Bereiche werden in der Berechnung nicht berücksichtigt



Lebenszyklus

Allokation und Gutschriften

- ▶ Sekundärmaterialien
 - ▶ Nutzenergie
 - ▶ Koppelprodukte
- } Allokationsverfahren | Gutschriften

Koppelprodukte

- ▶ z.B. Hackschnitzel
 - Zuordnung von Aufwand und Umweltauswirkung bei der Herstellung gem. ökonomischem Wert | anderem Wert (z.B. Brennwert) zum Koppelprodukt und eigentlichem Produkt

Lebenszyklus: Modul 1 Bauprodukte

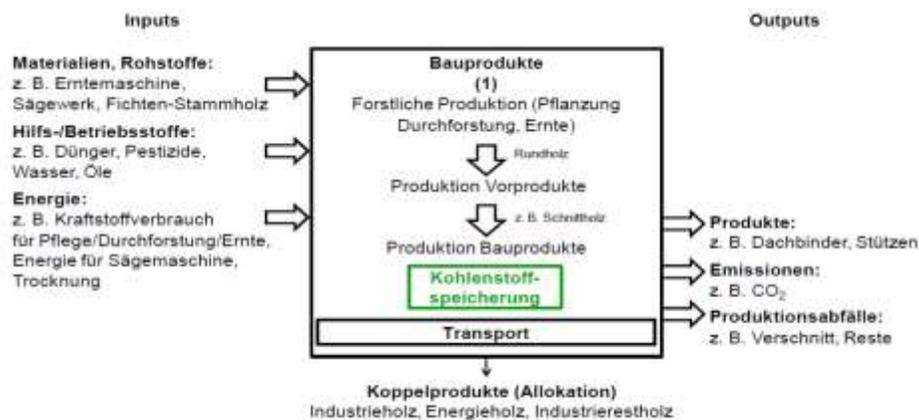
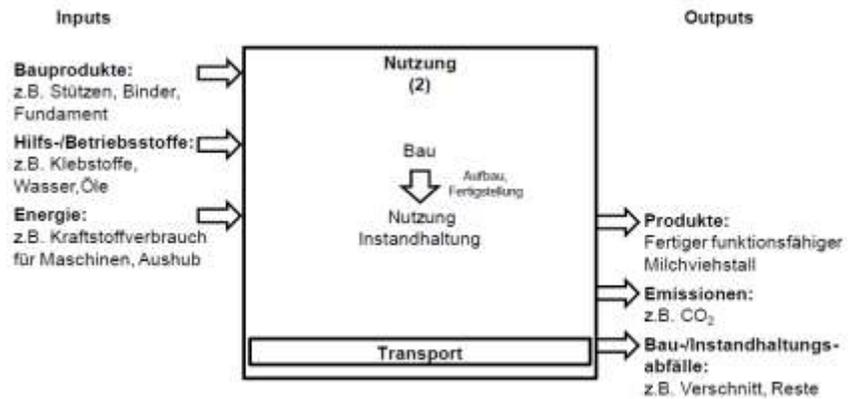
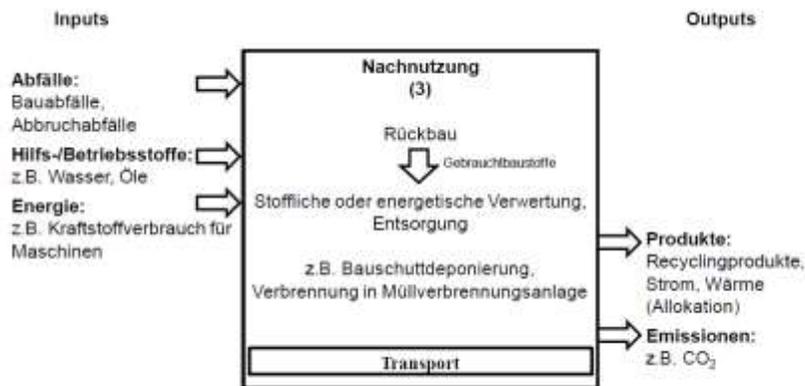


Abbildung 6: Modul (1) Bauprodukte am Beispiel eines Holzproduktes

Lebenszyklus: Modul 2 Nutzung



Lebenszyklus: Modul 3 Nachnutzung



Lebenszyklus

Tabelle 7: Verwendete Ökobilanzdatensätze in der Holz-Variante

Baumaterial	Modul 1 Bauprodukte	Modul 3 Nachnutzung
ÖkoHolzBauDat		
C24 Fichte, Konstruktionsholz, gehob.	Konstruktionsvollholz	Konstruktionsvollholz
C24 Fichte, Schnittholz, Fichte besäumt	Kammergetrocknetes Nadel-schnittholz	Kammergetrocknetes Nadel-schnittholz
OSB 4	Oriented Strand Board (OSB)	Oriented Strand Board (OSB)
Ökobau.dat		
Beton C20/25	1.4.01 Transportbeton C20/25	9.5.01 Bauschuttaufbereitung (70 %) 9.5.02 Bauschutt-Deponierung (30%)
Beton C25/30	1.4.01 Transportbeton C25/30	9.5.01 Bauschuttaufbereitung (70 %) 9.5.02 Bauschutt-Deponierung (30%)
Beton C35/45	1.4.01 Transportbeton C30/37	9.5.01 Bauschuttaufbereitung (70 %) 9.5.02 Bauschutt-Deponierung (30%)
Stahl, Rundstäbe (Bewehrung)	4.1.02 Bewehrungsstahl	Recyclingpotenzial = 0
Baustahlmatten (Bewehrung)	4.1.02 Bewehrungsstahl	Recyclingpotenzial = 0
Faserzement-Wellplatte Eternit Profil 6 3/4	1.3.12 Faserzement Dach- und Fassadenplatten - Eternit	9.5.01 Bauschuttaufbereitung (70 %) 9.5.02 Bauschutt-Deponierung (30%)
Diffusionsdichte Unterspannbahn	6.6.01 Unterspannbahn PUR auf PET-Vlies	6.8.01 Verbrennung Kunststoff in MVA incl. Gutschiff
Dichtband	6.7.01 Kautschukdichtmasse	6.8.01 Verbrennung Kunststoff in MVA incl. Gutschiff

Lebenszyklus

Tabelle 8: Verwendete Ökobilanzdatensätze in der Stahl-Variante

Baumaterial	Modul 1 Bauprodukte	Modul 3 Nachnutzung
Ökobau.dat		
Stahl HEA/IPE, Winkelstahl	4.1.03 Stahlprofil	2009: 4.8 Recyclingpotenzial Stahlprofil
Beton C20/25	1.4.01 Transportbeton C20/25	9.5.01 Bauschuttaufbereitung (70 %) 9.5.02 Bauschutt-Deponierung (30%)
Beton C25/30	1.4.01 Transportbeton C25/30	9.5.01 Bauschuttaufbereitung (70 %) 9.5.02 Bauschutt-Deponierung (30%)
Beton C35/45	1.4.01 Transportbeton C30/37	9.5.01 Bauschuttaufbereitung (70 %) 9.5.02 Bauschutt-Deponierung (30%)
Stahl, Rundstäbe (Bewehrung)	4.1.02 Bewehrungsstahl	Recyclingpotenzial = 0
Baustahlmatten (Bewehrung)	4.1.02 Bewehrungsstahl	Recyclingpotenzial = 0
Sandwichplatte FischerTherm DL 70	4.1.04 Sandwichelement PUR - Durchschriff - Thyssen Krupp	4.8.07 Recyclingpotenzial - Sandwichelement PUR - Durchschriff - Thyssen Krupp
Fischer Paneel	4.1.04 Stahl Feinblech (0,3-3,0mm)	4.8.08 Recyclingpotenzial - Stahl Feinblech

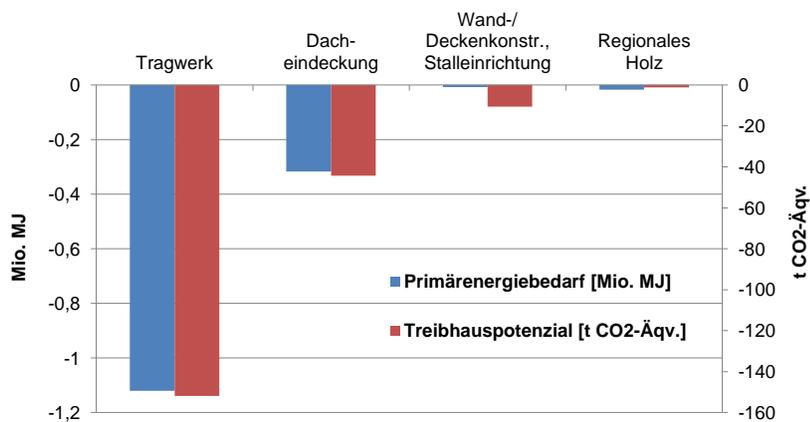
Bewertung der Umweltwirkung

	Holz-Variante				Stahl-Variante			
	Berechnung gesamter Lebenszyklus (Modul 1+3)				Berechnung gesamter Lebenszyklus (Modul 1+3)			
	Primärenergie	Primärenergie	GWP 100 [t CO ₂ e]	Primärenergie	Primärenergie	GWP 100 [kg rPrimärenergie]	Primärenergie	Primärenergie
Tragwerk	-0,68	1,26	-33,47	0,58	1,62	0,07	118,39	1,70
Dacheindeckung	-0,16	0,80	8,36	0,65	0,93	0,04	52,59	0,96
Wand- u. Deckenkonstruktion	-0,07	0,14	-3,40	0,07	0,07	0,00	5,21	0,08
Aufgehende Wände	0,05	0,00	8,13	0,06	0,05	0,00	8,13	0,06
Bodenplatte	1,10	0,08	140,68	1,38	1,10	0,08	140,68	1,38
Unterbau	0,06	0,01	8,97	0,07	0,06	0,01	8,97	0,07
Stalleinrichtung	-0,01	0,01	-0,33	0,01	0,01	0,00	1,60	0,01
Summe	0,30	2,31	128,94	2,61	3,85	0,21	335,57	4,06
			im Holz gespeicherte regenerativer Primärenergie (Sonnenenergie)				1,8	
			Primärenergie regenerativ (ohne Holzspeicher)				0,5	



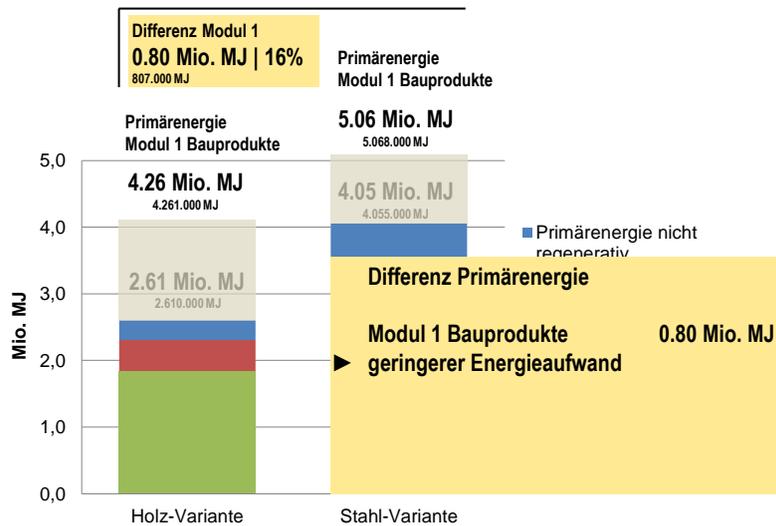
Bewertung der Umweltwirkung

Wo ist hier die Bodenplatte?



Ergebnisse

Vergleich der Umweltwirkung - Primärenergiebedarf



Helm | Simon et al. 43

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

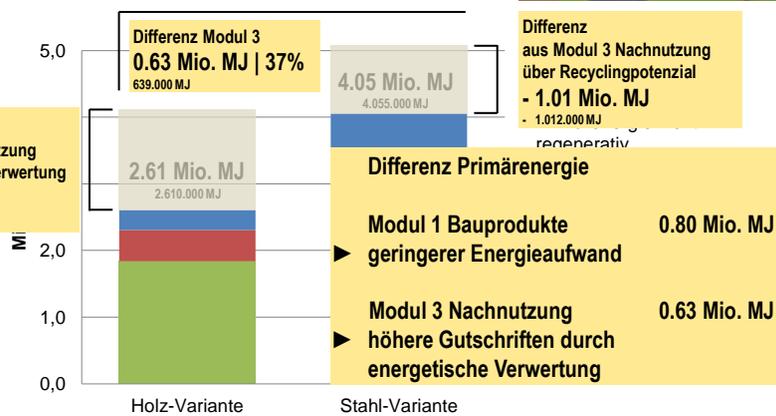
Ergebnisse

Vergleich der Umweltwirkung - Primärenergiebedarf

1.44 Mio. MJ = Heiz-Energie EFH für 20 Jahre



Differenz aus Modul 3 Nachnutzung über energetische Verwertung
- 1.65 Mio. MJ
- 1.651.000 MJ



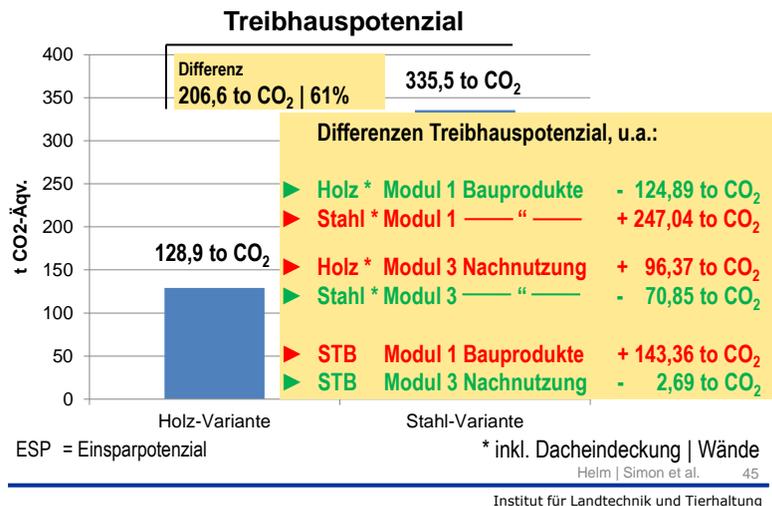
Helm | Simon et al. 44

Institut für Landtechnik und Tierhaltung



Baustoffeigenschaften

Umweltwirkung – Primärenergiebedarf | Holz - Stahl



Einführung

