
Ökobilanzvergleich Wandaufbauten

Autoren

Martina Alig, Rolf Frischknecht

Kunde

ZZ Wancor AG

Uster, 03. Februar 2017

Impressum

Titel Ökobilanzvergleich Wandaufbauten

Autoren Martina Alig, Rolf Frischknecht
treeze Ltd., fair life cycle thinking
Kanzleistr. 4, CH-8610 Uster
www.treeze.ch
Phone +41 44 940 61 91, Fax +41 44 940 61 94
info@treeze.ch

Kunde ZZ Wancor AG

Version 577_Wandvergleich_v1.0.docx, 03.02.2017 08:47:00

Abkürzungsverzeichnis

a	annum (Jahr)
CH	Schweiz
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
EPD	Environmental Product Declaration (Umweltproduktdeklaration)
GWP	Global warming potential
KBOB	Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes
RER	Europa
tkm	Tonnenkilometer, Einheit für Transportservice
UBP	Umweltbelastungspunkte; engl. eco-points

Zusammenfassung

Treeze Ltd. hat für ZZ Wancor AG die Umweltauswirkungen verschiedener Wandaufbauten quantifiziert und verglichen. Folgende Wandsysteme wurden betrachtet: perlitgefüllte Porotherm Ziegelsteine; mineralfasergefüllte Porotherm Ziegelsteine; Backstein mit Steinwolle als Aussendämmung sowie Holz-Leichtbau Ständerwände.

Für die mineralfasergefüllten Poroton Ziegelsteine wurde der Vergleich auf Basis der verfügbaren Umweltproduktdeklarationen (EPD) durchgeführt. Für die übrigen drei Wandaufbauten wurden Ökobilanzen erstellt und verglichen. Systemgrenze für alle Vergleiche war die Herstellungsphase (A1-A3) resp. „cradle to gate“.

Der Vergleich der beiden EPDs von perlitgefüllten Poroton Ziegelsteinen und durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteinen ergab durchgehend geringere Umweltwirkungen für die perlitgefüllten Ziegelsteine. Im Wandvergleich wies die perlitgefüllte Porotonziegelwand eine höhere Gesamtumweltbelastung, jedoch einen geringeren Energieaufwand und niedrigere Treibhausgasemissionen auf als die Backsteinwand mit verputzter Aussenisolation. Am tiefsten lag bei allen untersuchten Umweltwirkungen die Holzriegelwand. Die höhere Umweltbelastung der Backsteinwand beim Energieaufwand und den Treibhausgasemissionen ist eine Folge der zusätzlich nötigen Dämmung sowie der höheren Belastung durch den als Aussenputz verwendeten Silikonharzputz. Die geringere Umweltbelastung der Holzriegelwand ist vor allem auf die leichtere Bauweise und den damit geringeren Materialaufwand sowie auf den hohen Anteil an erneuerbaren Baumaterialien (Holz) zurückzuführen.

Inhalt

1	EINLEITUNG	1
1.1	Ausgangslage und Zielsetzung	1
1.2	Struktur des Berichts	1
2	VERGLEICH VON PERLIT- UND MINERALFASERGEFÜLLTEN POROTHERM ZIEGELSTEINEN	2
2.1	Übersicht	2
2.1.1	Erneuerbarer und nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf	2
2.1.2	Treibhausgasemissionen	3
2.1.3	Weitere Umweltindikatoren	4
2.1.4	Vergleich mit den aktuellen Ökobilanz-Resultaten	5
2.1.5	Folgerungen	6
3	ÖKOBILANZVERGLEICH DER WANDAUFBAUTEN	6
3.1	Untersuchungsumfang	6
3.1.1	Bezugsgrösse	6
3.1.2	Systemumfang	6
3.1.3	Datengrundlage	7
3.1.4	Umweltindikatoren	7
3.2	Spezifikation der Wandaufbauten	7
3.2.1	Überblick	7
3.2.2	Wandaufbau mit perlitgefüllten Porotherm Ziegelsteinen	7
3.2.3	Wandaufbau mit Backsteinen und EPS als Aussendämmung	8
3.2.4	Holz-Leichtbau Ständerwand inkl. Windpapier und Folien	8
3.2.5	Übersicht der Materialien	9
3.3	Vergleich der Umweltauswirkungen	10
3.3.1	Überblick	10
3.3.2	Gesamtumweltbelastung	10
3.3.3	Kumulierter Energieaufwand	11
3.3.4	Treibhausgasemissionen	12

4 FOLGERUNGEN	13
LITERATUR	14

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Treeze Ltd. hat für ZZ Wancor AG die Ökobilanzkennwerte von perlitgefüllten Ziegelsteinen für den Schweizer Markt ermittelt. Um die Ergebnisse besser einschätzen zu können, möchte ZZ Wancor AG die Umweltauswirkungen verschiedener Wandaufbauten quantifizieren und vergleichen lassen.

Auf Wunsch der Firma ZZ Wancor wurden daher die Umweltwirkungen der folgenden vier Wandsysteme miteinander verglichen:

- perlitgefüllte Porotherm Ziegelsteine T7, 42.5 cm
- mineralfasergefüllte Porotherm Ziegelsteine FZ7, 42.5 cm
- Backstein 15 cm mit Steinwolle als Aussendämmung
- Holz-Leichtbau Ständerwände inkl. Windpapier und Folien

Die vier Wandsysteme werden in der Schweiz errichtet und weisen denselben Wärmedurchgangskoeffizienten auf.

Da für mineralfasergefüllte Porotherm Ziegelsteine nur eine Umweltproduktdeklaration vorliegt, kann dieses Wandsystem nicht bilanziert werden. Der Vergleich zu perlitgefüllten Porotherm Ziegelsteinen wird deshalb je auf der Basis der verfügbaren Umweltproduktdeklarationen (EPD) durchgeführt. Für die übrigen drei Wandaufbauten werden Ökobilanzen erstellt, deren Ergebnisse anschliessend verglichen und diskutiert werden.

1.2 Struktur des Berichts

Der Bericht ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 werden die Umweltwirkungen von perlit- und mineralfasergefüllten Porotherm-Ziegelsteinen verglichen. In Kapitel 3 erfolgt der Ökobilanzvergleich der bilanzierten Wandsysteme und Kapitel 4 enthält die Folgerungen aus den beiden Vergleichen.

2 Vergleich von perlit- und mineralfasergefüllten Porotherm Ziegelsteinen

2.1 Übersicht

Für mineralfasergefüllte Porotherm Ziegelsteine liegt eine EPD der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel aus dem Jahr 2015 (Mauerziegel 2015) vor. Dieser EPD liegt ein durchschnittlicher Dämmstoffmix für die Verfüllung zugrunde mit den Dämmstoffen Perlitkugeln, Mineralwollstecklinge, Mineralwollgranulat und Polystyrol. Für reine perlitgefüllte Porotherm Ziegelsteine liegt eine EPD für das Werk Zeilarn aus dem Jahr 2015 (Ottavio & Pohl 2015) vor. Die Resultate der beiden EPDs werden im Folgenden miteinander verglichen. Um die Vergleichbarkeit der Resultate beider EPDs zu gewährleisten, wird für den Vergleich die Systemgrenze „Herstellungsphase“ (A1-A3) resp. „cradle to gate“ gewählt. In den zu vergleichenden Resultaten sind die Rohstoffversorgung, der Transporte der Rohstoffe ins Werk und die Herstellung der Ziegelsteine enthalten.

In der Tab. 2.1 sind die Resultate der Herstellungsphase (A1-A3) der verschiedenen Indikatoren aus den beiden EPDs aufgelistet.

Tab. 2.1 Übersicht über die Resultate für perlitgefüllte und durchschnittliche dämmstoffgefüllte Ziegelsteine (Mauerziegel 2015, Ottavio & Pohl 2015)

Indikatoren	pro m ³	perlitgefüllter Ziegel	durchschnittlicher dämmstoffgefüllter Ziegel
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf	[MJ]	1.41E+03	1.78E+03
Erneuerbarer Primärenergiebedarf	[MJ]	3.69E+02	2.87E+02
Total		1.78E+03	2.07E+03
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe	[MJ]	6.50E-02	0.00E+00
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe	[MJ]	6.87E-01	0.00E+00
Treibhausgasemissionen	[kg CO ₂ -Äq.]	9.07E+01	1.77E+02
Abbaupotential der stratosphärischen Ozonschicht	[kg CFC11-Äq.]	8.05E-11	2.20E-09
Versauerungspotential von Boden und Wasser	[kg SO ₂]	7.90E-02	3.57E-01
Eutrophierungspotential	[kg PO ₄]	1.15E-02	4.06E-02
Bildungspotential für troposphärisches Ozon	[kg Ethen Äq.]	1.11E-02	2.71E-02
Potential für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen	[kg Sb Äq.]	1.82E-05	1.83E-05
Potential für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe	[MJ]	1.48E+03	1.67E+03

2.1.1 Erneuerbarer und nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf

In Abb. 2.1 ist der Vergleich des Primärenergiebedarfs, unterteilt in die Kategorien erneuerbar und nicht erneuerbar, für perlitgefüllte und durchschnittlich dämmstoffgefüllte Ziegelsteine gezeigt. Der gesamte Primärenergiebedarf (erneuerbar und nicht erneuerbar) ist für durchschnittlich dämmstoffgefüllte Ziegelsteine 16 % höher als für perlitgefüllte Ziegelsteine. Der nicht-erneuerbare Primärenergiebedarf alleine ist für den durchschnittlich dämmstoffgefüllte Ziegelstein 26 % höher als für den perlitgefüllten Ziegelstein. Er wird zu über 80 % durch die Herstellung des Ziegelsteins

2. Vergleich von perlit- und mineralfasergefüllten Porotherm Ziegelsteinen

und zu ca. 10 % durch das Füllmaterial verursacht. Der erneuerbare Primärenergiebedarf der perlitgefüllten Ziegelsteine hingegen ist 22 % höher als für durchschnittlich dämmstoffgefüllte Ziegelsteine. In der Produktion von perlitgefüllten Ziegelsteinen wird ausschliesslich erneuerbarer Strom aus österreichischer Wasserkraft verwendet. Gemäss der EPD von perlitgefüllten Ziegelsteinen (Ottavio & Pohl 2015) verursacht dieser 98 % des erneuerbaren Primärenergiebedarfs. Für durchschnittlich dämmstoffgefüllte Ziegelsteine ist keine detaillierte Aufteilung der Resultate in Rohstoffe, Transport und Herstellung möglich. Gemäss Informationen der EPD durchschnittlich dämmstoffgefüllter Ziegelsteine (Mauerziegel 2015) wird in der Produktion der Deutsche Strommix mit Bezugsjahr 2010 verwendet. Dieser besteht zu über 80 % aus Strom von nicht erneuerbaren Energieträgern (Kernkraft, Kohle, Erdgas)¹.

In beiden EPDs werden keine Angaben zum Strom- und Energiebedarf in der Herstellung gemacht, weshalb eine detaillierte Ergründung der Unterschiede nicht möglich ist. Einen Beitrag zum Unterschied leisten auch die Füllmaterialien Mineralwollstecklinge, Mineralwollgranulat und Polystyrol, welche alle je einen höheren spezifischen Primärenergiebedarf aufweisen als Perlit.

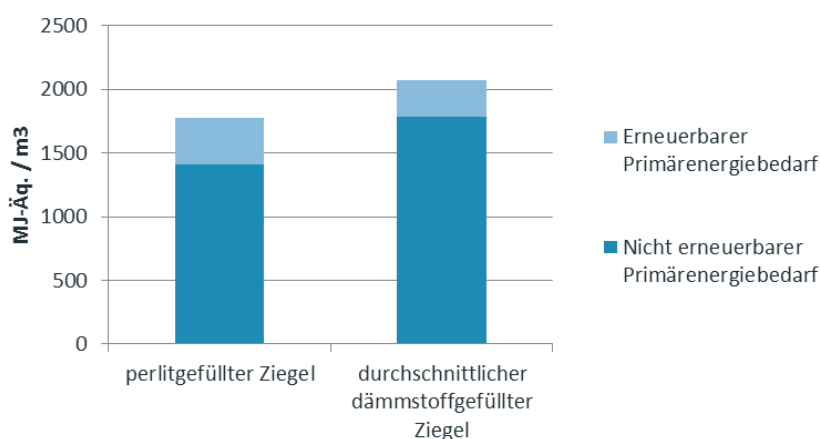


Abb. 2.1 Vergleich des erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs perlitgefüllter und durchschnittlich dämmstoffgefüllter Ziegelsteine (Mauerziegel 2015, Ottavio & Pohl 2015)

2.1.2 Treibhausgasemissionen

Der Vergleich der Treibhausgasemissionen perlitgefüllter und durchschnittlich dämmstoffgefüllter Ziegelsteine ist in Abb. 2.2. gezeigt. Die Treibhausgasemissionen der durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteine sind knapp doppelt so hoch wie diejenigen der perlitgefüllten Ziegelsteine. Über 85 % der Treibhausgasemissionen der perlitgefüllten Ziegelsteine werden durch die Herstellung des Ziegelsteins verursacht,

¹ www.strom-report.de

2. Vergleich von perlit- und mineralfasergefüllten Porotherm Ziegelsteinen

10 % durch das Füllmaterial Perlit. Von allen Füllmaterialien (Perlit, Mineralwollstecklinge, Mineralwollgranulat und Polystyrol) weist Perlit mit Abstand die tiefsten spezifischen Treibhausgasemissionen pro m^3 auf. Mögliche Ursachen für die höheren Treibhausgasemissionen der durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteine sind daher neben der Stromqualität auch die deutlich höheren Treibhausgasemissionen der Füllmaterialien.

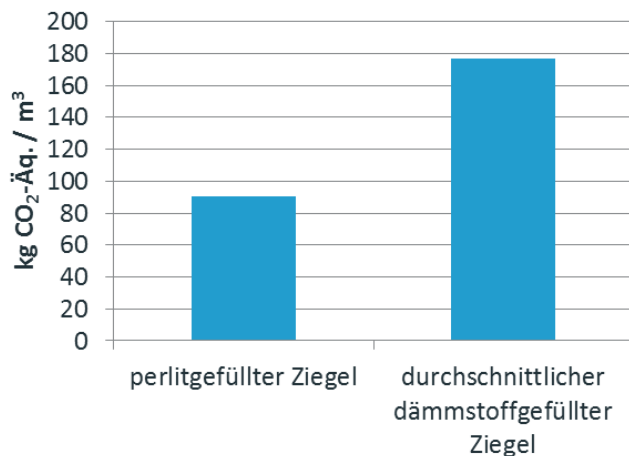


Abb. 2.2 Vergleich der Treibhausgasemissionen perlitgefüllter und durchschnittlich dämmstoffgefüllter Ziegelsteine (Mauerziegel 2015, Ottavio & Pohl 2015)

2.1.3 Weitere Umweltindikatoren

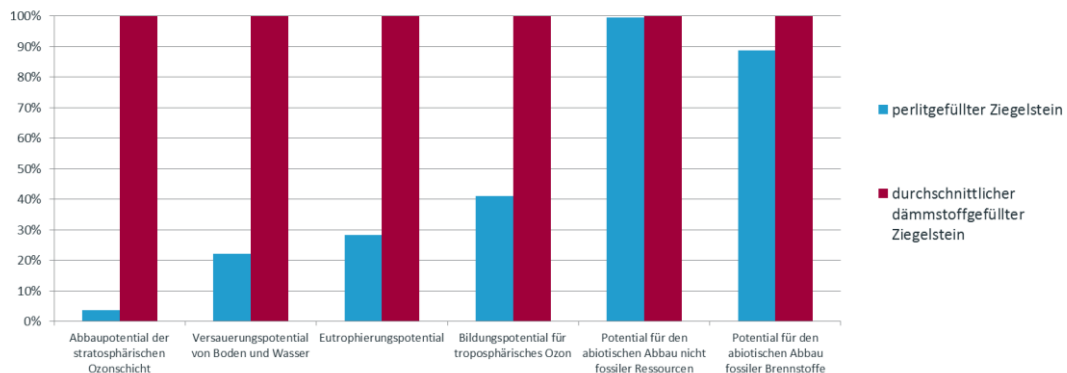


Abb. 2.3: Vergleich weiterer Umweltindikatoren perlitgefüllter und durchschnittlich dämmstoffgefüllter Ziegelsteine (Mauerziegel 2015, Ottavio & Pohl 2015)

Große Unterschiede in der Umweltbelastung zwischen perlitgefüllten und durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteinen bestehen für das Abbaupotential der stratosphärischen Ozonschicht, das Versauerungspotential von Boden und Wasser, das Eutrophierungspotential und das Bildungspotential für troposphärisches Ozon. Verglichen mit dem perlitgefüllten Ziegelstein weist der durchschnittliche dämmstoffgefüllte Ziegelstein deutlich höhere spezifische Umweltbelastungen pro m^3 auf.

2.1.4 Vergleich mit den aktuellen Ökobilanz-Resultaten

Für die perlitgefüllten Poroton-Ziegelsteine wurde eine aktuelle Ökobilanz gemäss den Anforderungen der Plattform Ökobilanzdaten im Baubereich erstellt (Messmer *et al.* 2017). Die dabei berechneten Werte unterscheiden sich z.T. von den Werten in der EPD von Ottavio und Pohl (2015), weshalb in diesem Unterkapitel ein zusätzlicher Vergleich der Ökobilanzkennwerte der durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteine mit den neu berechneten Kennwerten für die perlitgefüllten Poroton-Ziegelsteine vorgenommen wird. Zu beachten ist jedoch, dass die beiden Studien unterschiedliche Datenbanken für die Hintergrunddaten herangezogen haben: Der Vergleich von Ottavio und Pohl basiert auf GaBi (thinkstep 2015), währenddessen die Ökobilanz von Messmer *et al.* auf dem KBOB-Datenbestand v2.2:2016 (KBOB *et al.* 2016b) basiert.

Tab. 2.2 zeigt eine Übersicht über die Resultate der Herstellungsphase (A1-A3) der verschiedenen Indikatoren aus der Ökobilanzberechnung bzw. der EPD der perlitgefüllten und durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteine.

Tab. 2.2: Übersicht über die Resultate für perlitgefüllte Ziegelsteine gemäss Messmer *et al.* (2017) und durchschnittliche dämmstoffgefüllte Ziegelsteine (Mauerziegel 2015, Ottavio & Pohl 2015)

Umweltindikatoren	pro m ³	perlitgefüllter Ziegelstein gemäss Messmer <i>et al.</i> (2017)	durchschnittlicher dämmstoffgefüllter Ziegelstein
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf	[MJ]	1.16E+03	1.78E+03
Erneuerbarer Primärenergiebedarf	[MJ]	1.82E+02	2.87E+02
Total		1.34E+03	2.07E+03
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0.00E+00	0.00E+00
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0.00E+00	0.00E+00
Treibhausgasemissionen	[kg CO ₂ -Äq.]	1.12E+02	1.77E+02
Abbaupotential der stratosphärischen Ozonschicht	[kg CFC11-Äq.]	6.52E-06	2.20E-09
Versauerungspotential von Boden und Wasser	[kg SO ₂]	1.66E-01	3.57E-01
Eutrophierungspotential	[kg PO ₄]	3.40E-02	4.06E-02
Bildungspotential für troposphärisches Ozon	[kg Ethen Äq.]	1.84E-02	2.71E-02
Potential für den Abbau abiotischer Ressourcen, nicht fossile Ressourcen	[kg Sb Äq.]	7.52E-05	1.83E-05
Potential für den Abbau abiotischer Ressourcen, fossile Ressourcen	[MJ]	1.06E+03	1.67E+03

Der perlitgefüllte Ziegelstein weist einen tieferen Primärenergiebedarf (- 35 %) sowie geringere Treibhausgasemissionen (- 37 %) auf als die durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteine. Auch für die übrigen berücksichtigten Umweltindikatoren weisen die perlitgefüllten Ziegel geringere Werte auf als die durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteine. Ausnahmen bilden das Abbaupotenzial für die stratosphärische Ozonschicht sowie das Potenzial für den Abbau abiotischer, nicht fossiler Ressourcen, wo die perlitgefüllten Ziegelsteine gemäss Messmer *et al.* (2017) deutlich höhere Werte aufweisen als die durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteine. Beide Indikatoren weisen aber absolut gesehen sehr kleine Werte auf. Die verursachenden Stoffflüsse treten in den Vorketten der Ziegelproduktion auf: das Abbaupotenzial für die stratosphärische Ozonschicht stammt aus der Erdgas-Bereitstellung (Halon als Brandschutzmittel) und das Potenzial für den Abbau abiotischer, nicht fossiler Ressourcen aus dem Transport der Rohstoffe (Bleibatterie und Elektronik des Lastwagens).

3. Ökobilanzvergleich der Wandaufbauten

Die Resultate des Vergleichs des durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteins zu den aktuellen Ökobilanzresultaten des perlitgefüllten Ziegelsteins sind somit sehr ähnlich zum Vergleich der beiden EPDs. Beim Primärenergiebedarf ist der Abstand zum durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegel grösser als im Vergleich der beiden EPDs. Den Unterschieden zwischen den Resultaten der EPD und denjenigen der Ökobilanzberechnung liegt sehr wahrscheinlich die unterschiedliche Datengrundlage (Hintergrunddaten) der beiden Studien zu Grunde.

Die Treibhausgasemissionen hingegen liegen in der Studie von Messmer et al. (2017) höher als in der EPD. Dies liegt an den Emissionen der als Zuschlagstoff verwendeten Braunkohle, welche von Messmer et al. (2017) zusätzlich berücksichtigt worden sind.

2.1.5 Folgerungen

Durch die Verwendung von Perlit als Dämmstoff und erneuerbarem Strom in der Herstellung der Ziegelsteine weisen perlitgefüllte Ziegelsteine für alle Indikatoren tiefere Belastungen auf als durchschnittlich dämmstoffgefüllte Ziegelsteine. Dies gilt sowohl für den Vergleich der beiden EPDs als auch grösstenteils für den Vergleich der aktuellen Ökobilanz-Resultate mit denjenigen der EPD. Die Vergleiche beziehen sich auf die Herstellungsphase A1 bis A3. Für die Anwendung der perlitgefüllten Ziegelsteine in der Schweiz sind die Transporte in die Schweiz (Modul A4) zu berücksichtigen. Das Berücksichtigen dieser Transporte erhöht die Umweltbilanz perlitgefüllter Ziegelsteine massgeblich.

3 Ökobilanzvergleich der Wandaufbauten

3.1 Untersuchungsumfang

3.1.1 Bezugsgrösse

Als Bezugsgrösse wird für den Ökobilanzvergleich der Wandaufbauten 1 m^2 einer Aussenwand in der Schweiz mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von $0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$ verwendet.

3.1.2 Systemumfang

Die Ökobilanzdaten der verschiedenen Materialien umfassen folgende Prozessschritte:

- Bereitstellung aller eingesetzten Stoffe
- Interne Transporte sowie Transporte zum Baustofflager/Baustoffhändler
- Entsorgung/Verwertung der eingesetzten Stoffe am Ende der Lebensdauer

3.1.3 Datengrundlage

Die Informationen zur Spezifikation der drei verschiedenen Wandaufbauten (verwendete Materialien, Dicke der Schichten, etc.) wurden von ZZ Wancor zur Verfügung gestellt. Teilweise wurden zusätzliche Informationen (Dichte, Grössenangaben, etc.) aus den technischen Datenblättern der Produkte verwendet.

Für die Bewertung der drei verschiedenen Wandaufbauten wurden die Ökobilanzdaten aus der aktuellsten, von den Bundesämtern verwendeten KBOB-Liste 2016 (KBOB *et al.* 2016a) verwendet. Für die Bewertung der perlitgefüllten Ziegelsteine wurden die in der Studie Ökobilanz perlitgefüllter Ziegelsteine (Messmer *et al.* 2017) ermittelten Ökobilanzdaten verwendet. Diese beinhalten den Transport der Ziegelsteine vom Werk Zeilarn (Deutschland) in die Schweiz.

3.1.4 Umweltindikatoren

Die Ökobilanzdaten der KBOB-Liste wurden gemäss den Erfassungsrichtlinien der Plattform „Ökobilanzdaten im Baubereich“ erstellt (Frischknecht 2015).

Die Umweltauswirkungen werden mit den folgenden Indikatoren quantifiziert und ausgewiesen:

- Umweltbelastungspunkte (Methode der ökologischen Knappheit 2013, Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013)
- Primärenergie gesamt, erneuerbar und nicht erneuerbar (Frischknecht et al. 2007)
- Treibhausgasemissionen (IPCC 2013)

3.2 Spezifikation der Wandaufbauten

3.2.1 Überblick

Die folgenden drei Wandaufbauten werden miteinander verglichen: Wandaufbau mit perlitgefüllten Porotherm Ziegelsteinen, Wandaufbau mit Backsteinen und EPS als Aussendämmung sowie eine Holz-Leichtbau-Ständerwand. Die Spezifikation der drei verschiedenen Wandaufbauten werden im Detail in den Abschnitten 3.2.2, 3.2.3 und 3.2.4 beschrieben.

3.2.2 Wandaufbau mit perlitgefüllten Porotherm Ziegelsteinen

Der Wandaufbau mit perlitgefüllten Porotherm Ziegelsteinen besteht aus drei verschiedenen Schichten. Der perlitgefüllte Porotherm Ziegelstein ist die Hauptkomponente, zusätzliche Isolationsschichten werden nicht benötigt. Der perlitgefüllte Porotherm Ziegelstein T7 hat eine Dicke von 425 mm und weist eine durchschnittliche Rohdichte von 575 kg auf. Auf der Innenseite der Wand befindet sich eine 10 mm dicke Kalkputzschicht und die Aussenseite der Wand wird mit einer Leichtputzschicht von 20 mm

3. Ökobilanzvergleich der Wandaufbauten

bedeckt (Berechnung der Schichtdicken gemäss www.u-wert.net). In Abb. 3.1 ist der Wandaufbau mit perlitgefüllten Porotherm Ziegelsteinen schematisch dargestellt.

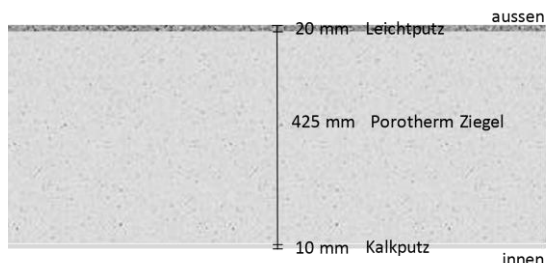


Abb. 3.1 Wandaufbau mit perlitgefüllten Porotherm Ziegelsteinen

3.2.3 Wandaufbau mit Backsteinen und EPS als Aussendämmung

Der Wandaufbau mit Backsteinen und EPS als Aussendämmung besteht aus vier verschiedenen Schichten. Die Backsteine und die Dämmschicht spielen dabei die zentrale Rolle. Die Backsteinschicht hat eine Dicke von 150 mm, die Aussendämmung mit EPS weist eine Dicke von 180 mm auf (Berechnung der Schichtdicken gemäss www.u-wert.net). Die Innen- und Aussenseite der Wand wird mit einem Kalkputz resp. Silikonharzputz verputzt. In Abb. 3.2 ist der Aufbau der Wand schematisch dargestellt.

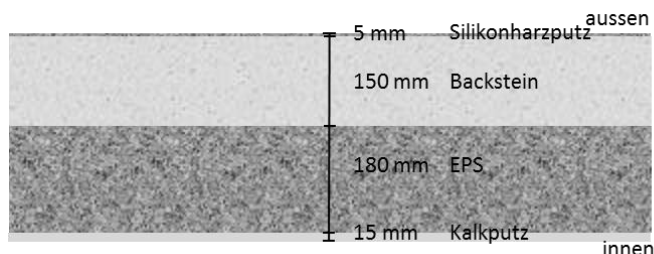


Abb. 3.2 Wandaufbau mit Backsteinen und EPS als Aussendämmung

3.2.4 Holz-Leichtbau Ständerwand inkl. Windpapier und Folien

Die Holz-Leichtbau Ständerwand besteht aus sieben verschiedenen Schichten. Die Holzriegel geben der Wand die Stabilität. Diese weisen Dimensionen von 180mm x 100 mm (senkrecht) resp. 80 x 60 mm (waagrecht) auf und werden im Abstand von 600 mm (Lichtmass) verbaut. Die Leerräume zwischen den Holzriegeln werden mit Dämmplatten gefüllt. Diese weisen eine Dicke von 180 mm (aussein) resp. 80 mm (innen) auf. Zwischen den beiden Dämmplatten wird eine Dampfbremse (0.5 mm) eingefügt.

3. Ökobilanzvergleich der Wandaufbauten

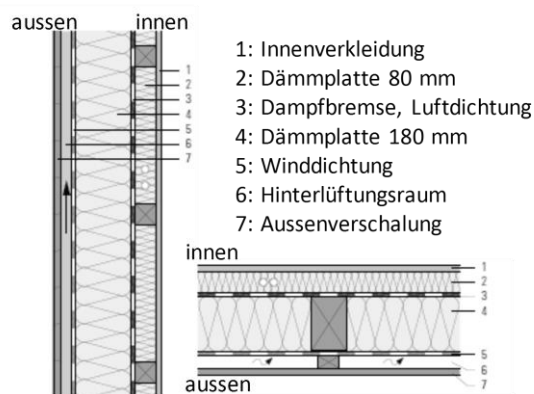


Abb. 3.3: Wandaufbau Holz-Leichtbau Ständerwand

Zur Aussenseite der Dämmplatten wird zudem eine Winddichtung (0.2 mm) angebracht. Die Dampfbremse besteht aus Polyethylen (PE), die Winddichtung ist ein Polyethylenvlies. Zwischen der Winddichtung und der Aussenverschalung gibt es einen Hinterlüftungsraum. Holzlatten (30 x 60 mm) im Abstand von 700 mm (Achsmass) verbinden die Aussenverschalung mit der Winddichtung und den senkrechten Holzriegeln. Die Aussenverschalung ist eine Chaletschalung von 25 mm Dicke. Zur Innenseite der Wand folgt auf die Dämmplatten eine Gipsbauplatte (12.5 mm) als Innenverkleidung.

3.2.5 Übersicht der Materialien

In Tab. 3.1 sind die in den verschiedenen Wandaufbauten verwendeten Materialien, die verwendeten Datensätze der KBOB-Liste, die Schichtdicken sowie die Dichte der Materialien aufgelistet.

Tab. 3.1 Liste der verwendeten Materialien und der entsprechenden Datensätze der KBOB-Liste (KBOB *et al.* 2016a)

Materialien	Datensätze der KBOB-Liste basierend auf ecoinvent v2.2	Schichtdicke	Dichte
		[mm]	[kg/m ³]
Wandaufbau 1			
Kalkputz	Gips-Kalk-Putz	15	935
Poroton T7	Perlitgefüllter Ziegelstein ¹⁾	425	575
Leichtputz	Leichtputz mineralisch	20	1000
Wandaufbau 2			
Kalkputz	Gips-Kalk-Putz	15	925
Backstein	Backstein	150	900
Hartschaumplatte	Polystyrol expandiert (EPS)	180	30 ²⁾
Silikonharzputz	Silikonharzputz	5	1670
Wandaufbau 3			
Innenverkleidung	Gipskartonplatte	12.5	850
Dämmplatte	Steinwolle	80	60 ²⁾
Dampfbremse, Luftdichtung	Dampfbremse Polyethylen (PE)	0.5	920
Dämmplatte	Steinwolle	180	40 ²⁾
Winddichtung	Polyethylenvlies (PE)	0.5	920
Holzriegel (senkrecht)	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetr., gehobelt	180	450
Holzriegel (waagrecht)	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetr., gehobelt	80	450
Holzlaten	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetr., gehobelt	30	450
Chaletschalung	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetr., gehobelt	25	450

3. Ökobilanzvergleich der Wandaufbauten

¹⁾ Perlitgefüllte Ziegel sind in der KBOB-Liste nicht enthalten. Es wurden die Umweltkennwerte aus Messmer *et al.* 2017) verwendet. Dichte gemäss Messmer *et al.* 2017).

²⁾ Dichte gemäss Produktdatenblatt Dämmhersteller

3.3 Vergleich der Umweltauswirkungen

3.3.1 Überblick

Im Folgenden werden die Umweltauswirkungen der drei Wandaufbauten gemäss den Indikatoren Gesamtumweltbelastung nach der Methode der ökologischen Knappheit 2013, kumulierter Primärenergiebedarf erneuerbar und nicht erneuerbar sowie Treibhausgasemissionen mit einander verglichen. Der Vergleich bezieht sich auf 1 m² Wand mit einem U-Wert von 0.16 W/m²K.

3.3.2 Gesamtumweltbelastung

Mit der Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013) werden alle politisch regulierten Schadstoffemissionen und Ressourcenverbräuche berücksichtigt und die Ergebnisse in Umweltbelastungspunkten (UBP) ausgedrückt. Abb. 3.4 zeigt die Gesamtumweltbelastung der drei analysierten Wandsysteme.

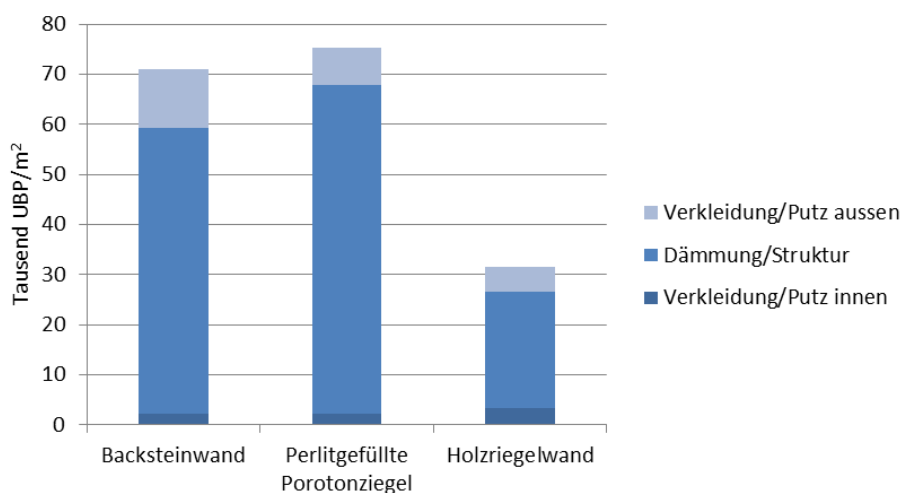


Abb. 3.4: Gesamtumweltbelastung der drei analysierten Wandaufbauten (Herstellung und Entsorgung), unterteilt in Verkleidung/Putz innen, Dämmung/Struktur und Verkleidung/Putz aussen

Die Gesamtumweltbelastung der perlitgefüllten Porotonziegelwand liegt um 6 % höher als die Gesamtumweltbelastung der Backsteinwand. Zwar ist die Belastung durch den Aussenputz der Porotonziegelwand (Leichtputz) rund 40 % kleiner als diejenige durch den Aussenputz der Backsteinwand (Silikonhartputz). Den Hauptbeitrag zur Gesamtumweltbelastung leisten aber die Dämmung und die Struktur der Wände. Hier liegt die Gesamtumweltbelastung der Porotonziegelwand 15 % höher als diejenige der Backsteinwand. Dies liegt an der deutlich höheren Gesamtumweltbelastung des Porotonziegels im Vergleich zum Backstein (+ 24 %), wodurch die Belastung durch die

zusätzlich nötige Dämmung bei der Backsteinwand überkompensiert wird. Etwas mehr als 40 % der Umweltbelastung des in der Schweiz verbauten, perlitgefüllten Porotonziegels wird durch dessen Transport von Zeilarn, Deutschland in die Schweiz verursacht (550 km per Lkw).

Die geringste Gesamtumweltbelastung weist die Holzriegelwand auf. Sie liegt rund 60 % tiefer als diejenige der Porotonziegelwand. Dies ist im wesentlichen auf die leichtere Bauweise und den damit geringeren Materialaufwand für die Struktur der Wand zurückzuführen.

3.3.3 Kumulierter Energieaufwand

Der Primärenergiebedarf (kumulierter Energieaufwand) wird nach der Methode von Frischknecht et al. (2007) bestimmt. Abb. 3.5 zeigt den kumulierten Energieaufwand der drei untersuchten Wandsysteme.

Bezüglich des Primärenergieaufwandes gesamt liegt die Backsteinmauer am höchsten, gefolgt von der Porotonziegelwand (- 14 %) und der Holzriegelwand mit dem geringsten Primärenergieaufwand (- 21 %). Backsteinziegel weisen zwar einen geringeren Primärenergieaufwand auf als perlitgefüllte Porotonziegel, durch die zusätzlich nötige Dämmung liegt der Primärenergieaufwand insgesamt aber höher. Zudem ist der Primärenergieaufwand des Aussenputzes der Backsteinziegelwand um fast 90 % höher als derjenige des Aussenputzes der Porotonziegelwand.

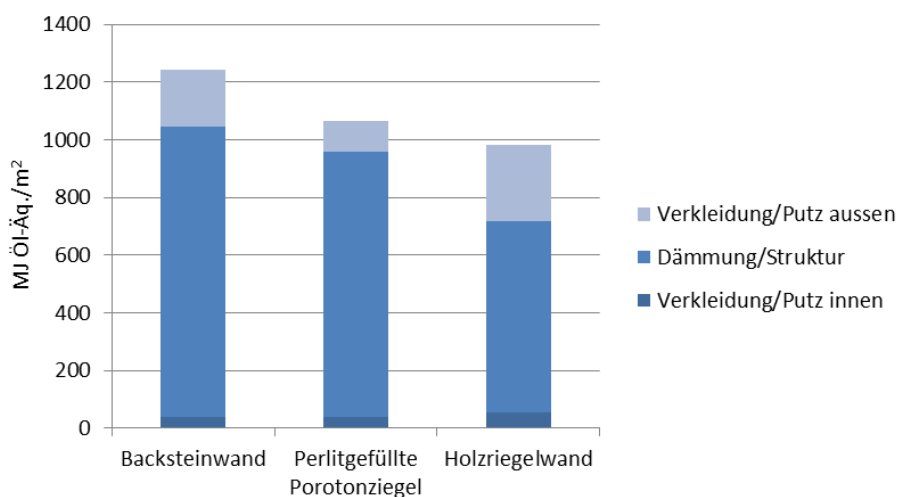


Abb. 3.5: Kumulierter Primärenergieaufwand gesamt der drei analysierten Wandaufbauten (Herstellung und Entsorgung), unterteilt in Verkleidung/Putz innen, Dämmung/Struktur und Verkleidung/Putz aussen

Die Holzriegelwand weist bezüglich des Primärenergieaufwands einen kleineren Abstand auf zu den anderen Wandsystemen als bei den übrigen analysierten Umweltwirkungen. Vor allem die massive Aussenverkleidung (Chaletschalung aus Massivholz) fällt hier mit 27 % des Primärenergieaufwands gesamt ins Gewicht. Über 60 % des Primärenergieaufwands der Holzriegelwand stammt aus erneuerbaren

Quellen, während bei den anderen beiden Wandsystemen über 90 % des Primärenergieaufwands nicht-erneuerbare Energieressourcen sind.

3.3.4 Treibhausgasemissionen

Zur Bestimmung der Treibhausgasemissionen von perlitgefüllten Ziegelsteinen werden die aktuellsten Treibhauspotenziale gemäss IPCC (2013) verwendet. Die Emissionen der unter dem Kyoto-Protokoll regulierten Treibhausgase werden mit dem Treibhauspotenzial (global warming potential, GWP) über einen Zeitraum von 100 Jahren gewichtet und summiert. Abb. 3.6 zeigt die Treibhausgasemissionen der drei analysierten Wandsysteme.

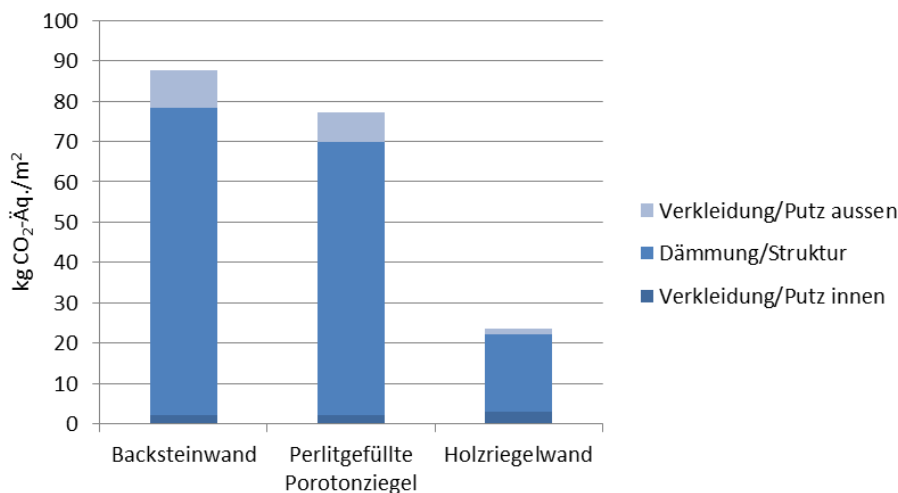


Abb. 3.6: Treibhausgasemissionen der drei analysierten Wandaufbauten (Herstellung und Entsorgung), unterteilt in Verkleidung/Putz innen, Dämmung/Struktur und Verkleidung/Putz aussen

Wie beim kumulierten Energiebedarf weist auch bei den Treibhausgasemissionen die Backsteinwand die höchsten, die Porotonziegelwand die zweithöchsten (- 12 %) und die Holzriegelwand die deutlich niedrigsten Werte (- 73 %) auf.

Rund 85 % der Treibhausgasemissionen der Porotonziegelwand stammt aus der Herstellung und dem Import der Ziegel selbst. Bei der Backsteinwand beträgt der Anteil von Ziegelherstellung und -transport nur 38 %. Bei diesem Wandaufbau trägt die Herstellung und Entsorgung der EPS-Dämmung mit 47 % am meisten zu den Treibhausgasemissionen bei und ist der Grund für die insgesamt höheren Treibhausgasemissionen der Backsteinwand. Zusätzlich verursacht auch der Aussenputz der Backsteinwand um 28 % höhere Treibhausgasemissionen als der Aussenputz der Porotonziegelwand.

Bei der Holzriegelwand sind die Treibhausgasemissionen durch den geringen Materialaufwand und den hohen Anteil an nachwachsenden Rohstoffen deutlich geringer.

4 Folgerungen

Der Vergleich der beiden EPDs von perlitgefüllten Porothermziegelsteinen und durchschnittlich dämmstoffgefüllten Ziegelsteinen ergab durchgehend geringere Umweltwirkungen für die perlitgefüllten Ziegelsteine. Dies wurde – mit den zwei Ausnahmen Abbaupotenzial für die stratosphärische Ozonschicht und Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen – auch durch den Vergleich mit den aktuellen Ökobilanzresultaten bestätigt.

Im Wandvergleich wies die perlitgefüllte Porothermziegelwand eine höhere Gesamtumweltbelastung, jedoch einen geringeren Primärenergieaufwand und niedrigere Treibhausgasemissionen auf als die Backsteinwand. Am tiefsten lag bei allen untersuchten Umweltwirkungen die Holzriegelwand. Die höhere Umweltbelastung der Backsteinwand beim Primärenergieaufwand und dem Klimawandel ist eine Folge der zusätzlich nötigen Dämmung sowie der höheren Belastung durch den als Aussenputz verwendeten Silikonharzputz. Die geringere Umweltbelastung der Holzriegelwand ist vor allem auf die leichtere Bauweise und den damit geringeren Materialaufwand sowie auf den hohen Anteil an nachwachsenden Rohstoffen zurückzuführen.

Wandsysteme mit perlitgefüllten Porothermziegelsteinen weisen also im Vergleich zu anderen Backsteinwänden (durchschnittlich dämmstoffgefüllte Porothermziegelsteine sowie konventionelle Backsteinwände mit Kunststoffisolation) meist geringere Umweltbelastungen auf. Eine Ausnahme bildet die Gesamtumweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit, wo die perlitgefüllte Porothermziegelwand leicht höhere Werte aufweist als die konventionelle Backsteinwand. Die in Herstellung und Entsorgung deutlich tiefste Umweltbelastung verursacht die Holzriegelwand.

Literatur

- Frischknecht, R. 2015: Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz. Plattform "Ökobilanzdaten im Baubereich", KBOB, eco-bau, IPB, http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/Oekobilanzdaten/Plattform_OeDB_Memo_Produktspezifische%20Regeln_v3%200.pdf, Bern.
- Frischknecht, R. & Büsser Knöpfel, S. 2013: Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. No. Umwelt-Wissen Nr. 1330, Bundesamt für Umwelt, <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01750/index.html?lang=de>, Bern.
- Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H.-J., Bauer, C., Doka, G., Dones, R., Hellweg, S., Hischier, R., Humbert, S., Margni, M., Nemecek, T. 2007: Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. CD-ROM No. ecoinvent report No. 3, v2.0, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, www.ecoinvent.org, Dübendorf, CH.
- IPCC 2013: The IPCC fifth Assessment Report - Climate Change 2013: the Physical Science Basis. Working Group I, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland.
- KBOB, eco-bau, IPB 2016a: KBOB-Empfehlung 2009/1:2016: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand Juli 2016. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=de>.
- KBOB, eco-bau, IPB 2016b: KBOB Ökobilanzdatenbestand v2.2:2016; Grundlage für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2016: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand 2016. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, www.lc-inventories.ch.
- Mauerziegel, A. 2015: Mauerziegel (Dämmstoff gefüllt). Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin.
- Messmer, A., Rolf, F., Alig, M. 2017: Ökobilanz perlitgefüllter Poroton-Ziegel. treeze, Uster.
- Ottavio, G. & Pohl, S. 2015: Perlitgefüllte Poroton-Ziegel am Standort Zeilarn. LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH, Darmstadt.
- thinkstep 2015: Gabi databases. retrieved 7 July 2015.2015 from <http://www.gabi-software.com/international/databases/gabi-data-search/>.