



## Entwicklung von Vorschlägen zur Reduktion der Umweltauswirkungen des Dämmsystems Thermowhite®

eingereicht für eine Förderung durch den FFG-Innovationscheck

### Auftraggeber

Thermowhite GmbH  
Pyhrn 3  
4582 Spital am Pyhrn

[www.thermowhite.com](http://www.thermowhite.com)

### Auftragnehmer

Institut für Abfallwirtschaft  
Universität für Bodenkultur, Wien  
Muthgasse 107  
A-1190 Wien

### Projektbearbeitung

Dipl.-Ing. Andreas Pertl  
Dipl.-Ing. Gudrun Obersteiner

Februar 2011

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>2</b>
1.1	Fragestellungen .....	2
1.2	Produktbeschreibung Thermowhite®.....	2
<b>2</b>	<b>Ökobilanzieller Vergleich</b> .....	<b>3</b>
2.1	Rahmenbedingungen der Ökobilanzierung .....	3
2.2	Ziel und Untersuchungsrahmen.....	3
<b>3</b>	<b>Sachbilanz</b> .....	<b>4</b>
3.1	Stoffliche Zusammensetzung der Bodenaufbauten .....	4
3.2	Produktion der Materialien und Herstellung des Bodenaufbaus.....	5
3.3	Transport.....	5
<b>4</b>	<b>Ergebnisse des ökobilanziellen Vergleichs</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Analyse der Ergebnisse</b> .....	<b>9</b>
5.1	Vergleich der Bodenaufbauten .....	9
5.2	Identifikation von „Hot-Spots“ bei Thermowhite® .....	10
5.3	Transportrelevanz .....	12
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	<b>14</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>15</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Fragestellungen

Im Zuge der Förderung durch den FFG-Innovationscheck werden durch das Institut für Abfallwirtschaft (ABF-BOKU) Ansätze zur Verbesserung der Umweltauswirkungen der neu entwickelten Dämmschüttung Thermowhite® der Firma Thermowhite GmbH aufgezeigt. Ökologische „Hot-Spots“ sollen identifiziert werden, um potentielle Verbesserungen zu erkennen. Die Erhebung der Umweltauswirkungen erfolgt nach der Methode der Ökobilanzierung (DIN ISO 14040ff). Anhand der Ergebnisse werden Vorschläge erarbeitet und deren Einfluss auf die Gesamtergebnisse wird abgeschätzt. Zusätzlich werden die Auswirkungen unterschiedlicher Transportdistanzen auf die Umweltauswirkungen abgeschätzt, um zukünftig den Transportaufwand aus ökologischer Sicht besser einschätzen zu können.

Zur Validierung der derzeitigen Umweltauswirkungen vor Anwendung der Verbesserungsmöglichkeiten, soll Thermowhite® mit einem herkömmlichen Isoliersystem bei gleichen Dämmeigenschaften verglichen werden.

## 1.2 Produktbeschreibung Thermowhite®

Thermowhite® ist ein Dämmsystem bestehend aus recycliertem expandiertem Polystyrol (EPS) und einem mineralischen Binder, das als flexibler Dämmstoff für den Einsatz im Fußbodenaufbau, der Dachbodendämmung, Flachdachdämmung aber auch als dämmende Hinterfüllung verwendet werden kann. Der Binder besteht aus Portlandzement und Additiven. Die Anlieferung von Thermowhite® auf die Baustelle erfolgt entweder in Säcken oder in Silos. Vor Ort erfolgt eine Vermengung mit Wasser mittels herkömmlichen Mörtelmischern und die anschließende Einbringung.

Beispiel Fußbodenaufbau

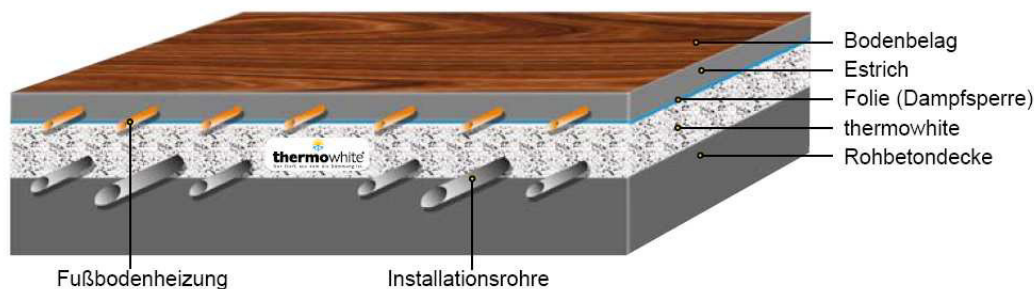


Abbildung 1: Fußbodenaufbau „Thermowhite®“ (Thermowhite, 2010)

## 2 Ökobilanzieller Vergleich

Im Zuge eines ökobilanziellen Vergleichs soll Thermowhite® mit einem herkömmlichen Bodenaufbau verglichen werden. Die Ergebnisse dienen als Basis für die Identifikation möglicher Schwachstellen sowie für die Berechnung möglicher Transportdistanzen.

### 2.1 Rahmenbedingungen der Ökobilanzierung

Die Ökobilanzierung wurde basierend auf den Vorgaben nach DIN ISO 14040ff in vereinfachter Form durchgeführt. Vereinfacht deshalb, da der Lebensabschnitt „Entsorgung der Dämmsysteme“ nicht in den Untersuchungsrahmen miteinbezogen wurde. Entstehende Umweltauswirkungen aus Vorketten wie Produktionsprozessen und Transporten wurden in der Berechnung berücksichtigt. Produktionsrelevante Daten wurden beim Auftraggeber erhoben. Für materialbezogene Daten wurde auf die ecoinvent® und GaBi-professional Datenbank zurückgegriffen. GaBi 4.2 wurde als Software für die Berechnung der Ökobilanzergebnisse verwendet. Die verwendeten Datensätze sind aus dem Jahr 2006 oder jünger.

Als funktionelle Einheit wurde 1 m<sup>2</sup> hergestellter Bodenaufbau mit gleicher Dämmeigenschaft (k-Wert = 0,818) angenommen. Die funktionelle Einheit dient dazu, beide Dämmsysteme auf eine Vergleichsebene zu bringen.

### 2.2 Ziel und Untersuchungsrahmen

Ziel dieser vereinfachten Ökobilanz ist der Vergleich des Dämmsystems Thermowhite® mit einem konventionellen Dämmsystem, um die Vor- und Nachteile hinsichtlich der Umweltauswirkungen quantifizieren zu können. Als vergleichbares konventionelles System wurden neu produzierte EPS Dämmplatten ausgewählt.

Der Untersuchungsrahmen dieser Studie beinhaltet alle notwendigen Prozesse von der Rohstoffherstellung bis zum Einbau des Dämmsystems inklusive Transporte. Die Entsorgungsphase wird auf Grund des geringen Einflusses auf das Ergebnis des Produktvergleichs nicht miteinbezogen, da die gleichen Entsorgungswege (Recycling, Verbrennung) zu fast identen Ergebnissen führen.

Eventuelle Unterschiede in der Nutzungsdauer wurden durch die Annahme von gleichen Dämmeigenschaften (k-Wert) vermieden. Nachdem davon auszugehen ist, dass beide Dämmsysteme die gleiche Lebensdauer haben, kann somit auch die Nutzungsphase auf Grund der gleichen anrechenbaren Emissionen für den Vergleich ausgeschlossen werden.

Der Einfluss des Transports bei der Sammlung der EPS Abfälle sowie beim Transport von Thermowhite® zur Baustelle ist im Gegensatz zu EPS Dämmplatten, die direkt ab Handel zur Baustelle gelangen, als höher einzustufen und wird deshalb einer genaueren Analyse unterzogen.

Aus Sicht der ökologischen Bewertung ergeben sich Vorteile beim Einsatz des EPS-Rezyklats. Bei Erfüllen der sogenannten „Abfalleigenschaft“, d.h. ein Produkt wird zum Abfall, werden die Emissionen und der Materialinput aus der Produktion ausschließlich dem Erstprodukt (z.B.: Verpackungsmaterial, EPS-Dämmplatten,...) angerechnet. Dem für Thermowhite® verwendeten EPS-Rezyklat werden keine Emissionen aus den Vorketten angerechnet sondern lediglich jene Emissionen die ab der Sammlung des Altstoffs „Extrudiertes Polystyrol“ entstehen.

## 3 Sachbilanz

### 3.1 Stoffliche Zusammensetzung der Bodenaufbauten

In den folgenden Tabellen wird die stoffliche Zusammensetzung für die Herstellung von 1 m<sup>2</sup> Bodenaufbau und die stoffliche Zusammensetzung von Thermowhite® dargestellt. Beim Vergleich der Dämmsysteme werden Folie, Kleber und Gipsfaserplatten nicht berücksichtigt, da auf Grund der gleichen Materialmenge auch gleiche Umweltauswirkungen entstehen. Für beide Dämmsysteme wurde die gleichen Dämmeigenschaften - k-Wert = 0,818 - angenommen.

Eine spezielle Eigenschaft von Thermowhite® gegenüber dem herkömmlichen Dämmsystem ist die Möglichkeit, eine sehr ebene und gleichmäßige Oberfläche herstellen zu können. Dies bringt Vorteile beim Verlegen des Estrichs, da durch die gleichmäßige Oberfläche weniger Estrich aufgebracht werden muss. In der Studie wird dies durch eine reduzierte durchschnittliche Stärke des Estrichs beim Thermowhite®-Bodenaufbau berücksichtigt. Die Dämmschüttung passt sich auch z.B. verlegten Fußbodenheizungsschläuchen besser an, wodurch geringere Wärmebrücken entstehen und die Stärke der Dämmschicht reduziert werden kann.

Tabelle 1: Zusammensetzung von 1 m<sup>2</sup> Bodenaufbau (relevante Materialien in fett)

Material	Dichte (kg/m <sup>3</sup> )	Thermowhite®		EPS-Platten	
		Stärke (mm)	Masse (kg)	Stärke (mm)	Masse (kg)
<b>Estrich</b>	<b>1981</b>	<b>40,00</b>	<b>79,24</b>	<b>45,10</b>	<b>89,34</b>
PAE Folie	1000	0,20	0,20		0,20
<b>EPS Dämmplatte</b>	<b>20</b>			<b>58,00</b>	<b>1,16</b>
<b>Thermowhite®</b>	<b>118</b>	<b>53,50</b>	<b>6,31</b>		
Kleber	1007	5,00	5,04		5,04
Gipskartonplatte	1007	10,00	10,07		10,07

Die Informationen zur Zusammensetzung der unterschiedlichen Bodenaufbauten wurden zur Verfügung gestellt. Die Angaben basieren auf den Ergebnissen einer standardisierten Prüfung, welche an einem zertifizierten österreichischen Labor durchgeführt wurde (MA 39, 2003).

Tabelle 2: Zusammensetzung von Thermowhite® in Masse-%

Material	Masse-%
recykliertes EPS	16%
Mineralischer Binder - Portlandzement	48%
Wasser	36%

Die Angaben zur Zusammensetzung von Thermowhite® wurden durch die Firma Thermowhite GmbH zur Verfügung gestellt. Auf Grund des Firmengeheimnisses wurde der mineralische Binder als 100 % Portlandzement angenommen. Der Gesamtgehalt der Additive kann auf Grund des Firmengeheimnisses nicht angegeben werden, unterschreitet allerdings eine relevante Grenze. Zusätzlich kann von ähnlichen bzw. geringeren Emissionen bei der Produktion von Additiven gegenüber der Produktion von Portlandzement ausgegangen werden. Es werden somit die Bedingungen für die Bilanzierung erfüllt, dass für den Fall von Annahmen die „schlechteste mögliche“ Annahme getroffen werden soll.

### 3.2 Produktion der Materialien und Herstellung des Bodenaufbaus

Die Angaben zum Herstellungsprozess von Thermowhite® wurden von der Thermowhite GmbH zur Verfügung gestellt. Für die Herstellung von 1500 kg Thermowhite® pro Stunde werden 22 kW benötigt. Der Herstellungsprozess beinhaltet das Shreddern des gesammelten EPS Abfalls sowie das Abmischen mit dem mineralischen Binder. Das fertige Gemisch wird entweder in Silos abgefüllt oder in Säcken verpackt. Der Prozess der Verpackung wird nicht berücksichtigt.

Die Wasserzugabe erfolgt erst beim Einbau auf der Baustelle mittels einer normalen Mischanlage für Mörtel. Angaben zum Mischprozess auf der Baustelle sowie aller anderen notwendigen Herstellungsprozesse (z.B. Herstellung von Portlandzement, Herstellung und Einbau des Estrichs,...) wurden der ecoinvent®-Datenbank entnommen. Für den Einbau von EPS-Dämmplatten wurde angenommen, dass kein Nennenswerter Energieaufwand entsteht, da das Schneiden der Platten mit kleinen Maschinen (Handkreissäge) oder mittels normalen Messern durchgeführt werden kann. Das Verlegen erfolgt auch ohne weiteren Energieaufwand.

Der Produktionsprozess von neuen EPS-Dämmplatten wurde der ecoinvent®-Datenbank entnommen und beinhaltet alle notwendigen Vorketten von der Erdölgewinnung bis zum Vertrieb der Platten ab Regionallager.

Die anfallenden Verschnitte beim Verlegen der EPS-Platten bzw. EPS-Abfälle, die im Shredderrückstand enthalten sind, wurde als Entsorgungsprozess eine Abfallverbrennung nach Stand der Technik angenommen. Die produzierte Energie (elektrischer Strom und Wärme) wurde der Energie aus konventioneller Energieerzeugung gegenübergestellt.

Der Strommix (Mix aus elektrischer Energie aus Wasserkraft, Kohlekraft, Windkraft, usw.) für Österreich wurde als Datensatz der ecoinvent®-Datenbank entnommen.

### 3.3 Transport

Für den Vergleich der beiden Bodenaufbauvarianten wurden für alle berücksichtigten Materialien möglichst realistische Transportwege angenommen. Als Transportmittel werden durchwegs Diesel-LKWs verwendet. Der dadurch entstehende Treibstoffverbrauch wurde auf Basis von GaBi-professional Datensätzen berechnet. Die folgende Tabelle zeigt die angenommenen Transportdistanzen für die unterschiedlichen Materialien. Die Emissionsindikatoren für Dieserverbrauch wurden der ecoinvent®-Datenbank entnommen. Für den Transport des Estrichs und des Portlandzements wurden 28-34 t-LKWs ausgewählt. Alle anderen Materialien werden mit 7,5-12 t-LKWs transportiert. Die geringe Transportdistanz bei der Sammlung von EPS Abfall liegt laut Aussagen der Firma Thermowhite GmbH daran, dass die EPS Abfälle meist in nächster Nähe zur Produktionsstätte in ausreichender Menge vorhanden sind.

Tabelle 3: Annahme der Transportwege für die unterschiedlichen Materialien

Material	Transportweg (km)
Estrich - Materialien	50
Portlandzement	100
EPS Abfall	50
EPS Dämmplatten	200
Thermowhite®	100
Abfall zur Verbrennung	100

## 4 Ergebnisse des ökobilanziellen Vergleichs

Für den ökobilanziellen Vergleich muss angemerkt werden, dass die relativen Auswirkungen auf Basis des in Kapitel 2.2 angenommenen Untersuchungsrahmens sowie der getroffenen Vereinfachungen berechnet wurden. Die relativen Einsparungen gelten nur für die Lebenszyklusabschnitte der Produktion und des Einbaus. Bei einer Berücksichtigung Lebenswegabschnitte Nutzung und Entsorgung wären die Vorteile von Thermowhite® gegenüber den herkömmlichen EPS-Platten relativ gesehen geringer, da mit den größten anrechenbaren Emissionen während der Gebäudenutzungsdauer zu rechnen ist.

Tabelle 4: Vergleich der Dämmsysteme

Indikator	Einheit	Dämmsystem		
		Absolute Auswirkung per m <sup>2</sup> Boden		Relative Auswirkung Thermowhite® verglichen mit EPS Platte
		Thermowhite®	EPS Platten	
		d = 53,5 mm	d = 58 mm	
Versauerung	kg SO <sub>2</sub> äqu.	4,85E-03	1,82E-02	-73%
Photochemische Ozonbildung	kg Ethen äqu.	5,24E-04	1,15E-02	-95%
Ozonabbau	kg R11 äqu.	1,03E-07	1,41E-07	-27%
Primärenergieverbrauch (nicht-erneuerbar)	MJ	16,63	125,14	-87%
Primärenergieverbrauch (erneuerbar)	MJ	1,73	0,51	70%
Primärenergieverbrauch (erneuerbar and nicht-erneuerbar)	MJ	18,36	125,65	-85%
Wasserverbrauch	Liter	20,06	30,49	-34%
Ressourcenverbrauch	kg	25,01	32,45	-23%
Humantoxizitätspotential	kg DCB äqu.	0,20	0,75	-73%
Treibhauseffekt	kg CO <sub>2</sub> äqu.	2,89	5,48	-47%
Eutrophierung	kg PO <sub>4</sub> äqu.	7,14E-04	1,91E-03	-63%
Wiederverwendung	kg	1,01	0	100%
Abfallvermeidung	kg	-	-	-

Das Trennen der bilanzierten Bodenaufbauten in Dämmsystem und Estrich wurde zur besseren Übersicht durchgeführt. Die Emissionseinsparungen durch die mögliche Reduzierung der Estrichstärke sind absolut höher als die des Dämmsystems an sich, somit wurde ein Trennen notwendig um die eigentlichen Effekte erkennen zu können.

Bei der Betrachtung aller Wirkungskategorien ergeben sich deutlich geringere Umweltauswirkungen beim Einsatz von Thermowhite® gegenüber den EPS-Platten. Die Entsorgungsphase wurde für die Berechnung der Wirkungskategorien der Ökobilanzierung nicht miteinbezogen. In den angeführten Ergebnissen wird allerdings auf die entsorgungsbezogenen Indikatoren „Wiederverwendung“ und „Abfallvermeidung“ eingegangen. Die Nutzung des EPS-Rezyklats stellt eine Form der Wiederverwendung dar.

**Tabelle 5: Vergleich des notwendigen Estrichs**

Indikator	Einheit	Estrich je Dämmsystem		
		Absolute Auswirkung per m <sup>2</sup> Boden		Relative Auswirkung Thermowhite® verglichen mit EPS Platte
		Thermowhite®	EPS Platten	
		d = 40 mm	d = 45,1 mm	
Versauerung	kg SO <sub>2</sub> äqu.	2,94E-02	3,31E-02	-11%
Photochemische Ozonbildung	kg Ethen äqu.	3,27E-03	3,69E-03	-11%
Ozonabbau	kg R11 äqu.	5,39E-07	6,08E-07	-11%
Primärenergieverbrauch (nicht-erneuerbar)	MJ	84,33	95,08	-11%
Primärenergieverbrauch (erneuerbar)	MJ	3,84	4,33	-11%
Primärenergieverbrauch (erneuerbar and nicht-erneuerbar)	MJ	88,18	99,42	-11%
Wasserverbrauch	Liter	173,88	196,05	-11%
Ressourcenverbrauch	kg	261,82	295,20	-11%
Humantoxizitätspotential	kg DCB äqu.	1,30	1,46	-11%
Treibhauseffekt	kg CO <sub>2</sub> äqu.	14,05	15,84	-11%
Eutrophierung	kg PO <sub>4</sub> äqu.	5,00E-03	5,64E-03	-11%
Wiederverwendung	kg	-	-	
Abfallvermeidung	kg	10,10	0	100%

Die Ergebnisse des Estrichs sind rein massebezogen, da die eingesetzten Materialien und Maschinen ident sind. Dadurch ergibt sich eine Einsparung beim Bodenaufbau „Thermowhite®“ von 11% bei allen Wirkungskategorien auf Grund der Reduktion der Einbaustärke. Durch die Einsparung von 10,10 kg Estrich erreicht man bei Betrachtung des Lebensendes des Bodenaufbaus auch die Vermeidung von Abfällen mit ebendieser Masse.



Tabelle 6: Vergleich der Kombination aus Estrich und Dämmsystem

Indikator	Einheit	Estrich und Dämmsystem		
		Absolute Auswirkung per m <sup>2</sup> Boden		Relative Auswirkung Thermowhite® verglichen mit EPS Platte
		Thermowhite®	EPS Platten	
Versauerung	kg SO <sub>2</sub> äqu.	3,42E-02	5,13E-02	-33%
Photochemische Ozonbildung	kg Ethen äqu.	3,79E-03	1,52E-02	-75%
Ozonabbau	kg R11 äqu.	6,42E-07	7,49E-07	-14%
Primärenergieverbrauch (nicht-erneuerbar)	MJ	100,96	220,22	-54%
Primärenergieverbrauch (erneuerbar)	MJ	5,58	4,85	13%
Primärenergieverbrauch (erneuerbar and nicht-erneuerbar)	MJ	106,54	225,07	-53%
Wasserverbrauch	Liter	193,94	226,53	-14%
Ressourcenverbrauch	kg	286,84	327,65	-12%
Humantoxizitätspotential	kg DCB äqu.	1,50	2,22	-32%
Treibhauseffekt	kg CO <sub>2</sub> äqu.	16,94	21,32	-21%
Eutrophierung	kg PO <sub>4</sub> äqu.	5,71E-03	7,55E-03	-24%
Wiederverwendung	kg	1,01	0	
Abfallvermeidung	kg	10,10	0	

Die Addition der absoluten Auswirkungen von Estrich und Dämmsystem ergibt relative geringere Vorteile als das Dämmsystem alleine. Es ergeben sich aber immer noch teilweise große Vorteile der Variante „Thermowhite®“ gegenüber der Variante „EPS-Dämmplatten“. Die größten Vorteile ergeben sich bei der Wirkungskategorie „Photochemische Ozonbildung“ (75 %), aber auch die klimarelevanten Emissionen sind um 21 % geringer.

In den folgenden Kapiteln, die sich mit der Analyse der Ergebnisse beschäftigen, wird vor allem auf die Wirkungskategorie „Treibhauseffekt“ eingegangen. In der öffentlichen Diskussion stellen die klimarelevanten Emissionen die wichtigste Wirkungskategorie dar, wodurch für die Firma Thermowhite GmbH die größten Vorteile aus einer genauen Darlegung und Analyse dieser Emissionen ziehen kann.

## 5 Analyse der Ergebnisse

Die folgenden Abbildungen und Vergleiche werden anhand der Wirkungskategorie "Treibhauseffekt" durchgeführt. Wie oben erwähnt sind die derzeitigen Diskussionen über die Umweltverträglichkeit von Materialien auch in der Baubranche vor allem CO<sub>2</sub>-fokussiert. Für alle anderen Wirkungskategorien (z.B. Versauerung, Eutrophierung,...) kann außerdem nahezu die gleiche Signifikanz festgestellt werden.

### 5.1 Vergleich der Bodenaufbauten

Beim Vergleich der Bodenaufbauten wird in Abbildung 2 sichtbar, wie groß der Anteil des Estrichs an den Gesamtemissionen ist.

Durch die geringere Stärke des Estrichs bei der Verwendung des Thermowhite® Dämmsystems erhöhen sich die absoluten ökologischen Vorteile gegenüber dem konventionellen Dämmsystem inkl. Estrich. Ausgehend von diesen Ergebnissen und den absoluten Ergebnissen in Tabelle 6 ergibt sich für den Treibhauseffekt eine Emissionseinsparung des Thermowhite® gegenüber der konventionellen Dämmung von 21 %.

In einer Betrachtung der ökologischen Auswirkungen von Dämmsystemen ist, sollten sich Auswirkungen auf die Verlegung des Estrichs bzw. die Estrichstärke ergeben, der Estrich unbedingt zu berücksichtigen.

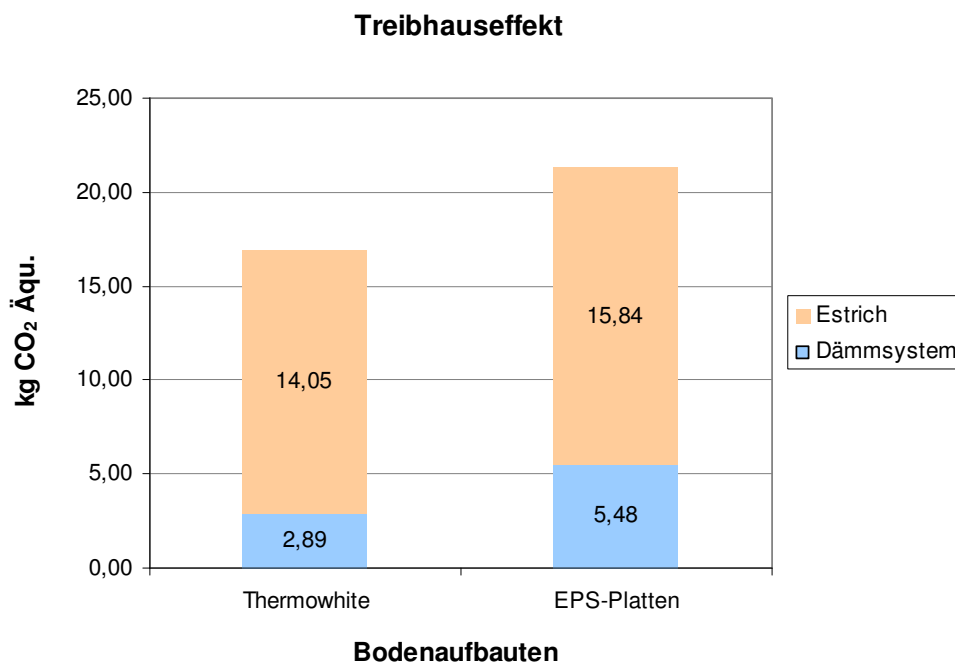


Abbildung 2: Treibhauseffekt der Kombination aus Dämmsystem und Estrich

In Abbildung 3 wird der Einfluss der Lebenszyklusphasen Produktion, Transport der fertigen Dämmmaterialien zur Baustelle und Verlegung auf der Baustelle dargestellt. Die Produktion der Dämmmaterialien, welche auch alle Vorketten der Produktion und die notwendigen Transportprozesse beinhaltet, hat einen signifikant höheren Einfluss als der Einbau auf der Baustelle. Bei Thermowhite® beträgt der Anteil der Emissionen aus der Produktion 90 % und beim herkömmlichen Dämmsystem mit EPS-Platten 96 %.

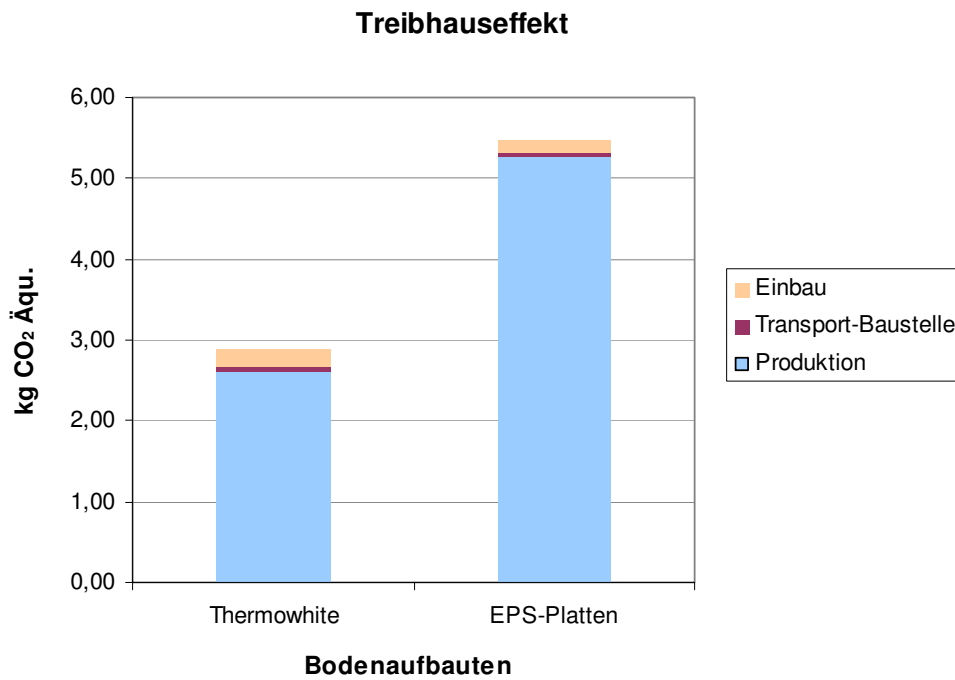


Abbildung 3: Treibhauseffekt der Kombination aus Dämmsystem und Estrich

## 5.2 Identifikation von „Hot-Spots“ bei Thermowhite®

Die klimarelevanten Emissionen der einzelnen Prozesse des Produktes Thermowhite® von der Sammlung des EPS-Abfalls bis zum Einbau auf der Baustelle sind in Abbildung 4 dargestellt. Dabei wird deutlich, dass 87 % der klimarelevanten Emissionen den Vorketten aus der Zementproduktion zuzuordnen sind. Diese wären theoretisch dem Prozessschritt „Produktion“ zuzuordnen, wurden aber zur besseren Visualisierung für diese Abbildung herausgegriffen.

### Treibhauseffekt (kg CO<sub>2</sub> Äqu.)

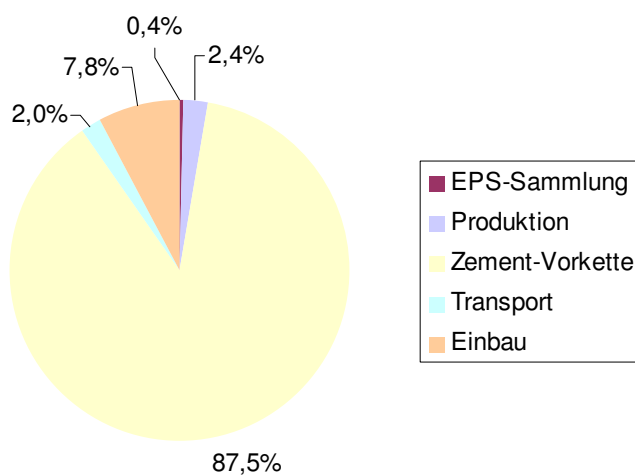


Abbildung 4: Klimarelevante Emissionen der Prozessschritte bei der Produktion von Thermowhite®

Diese Emissionen aus den Vorketten des Portlandzements bzw. der Additive können durch einen selektiven Einkauf von entsprechend ökologisch optimierten Produkten verringert werden. Nachdem diese Produkte zugekauft sind, wäre zukünftig ein entsprechend ökologisch ausgerichteter Einkauf von Vorteil. Nachdem für die vorliegende Studie die genaue Art des Zements nicht verfügbar war, wurde ein durchschnittlicher Portlandzement-Datensatz (95 % Klinker) aus der ecoinvent®-Datenbank entnommen. Eine Studie von Schulter (2010) geht auf den durchschnittlichen Klinkeranteil und seinen Einfluss auf die klimarelevanten Emissionen aus Zement ein. Bei einem Klinkeranteil von durchschnittlich (80 %) wie er in Österreich hauptsächlich produziert wird, reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Vorkette um ca. 15 %.

Ausgehend von den neuesten Entwicklungen am Zementmarkt wie z.B. Celitement® bei dem durch entsprechende Prozesssteuerung die Herstellung nicht mehr bei 1450 °C, sondern bei bis zu 300 °C von statten geht, können große Mengen an Energie und damit einhergehend CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden. Durch den Einsatz dieser noch im Laborstadium befindlichen Zementart könnten ca. 50 % (Stemmermann et al., 2010) der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Vorketten der Zementproduktion eingespart werden.

Zusammenfassend wäre der Versuche mit Zementen mit geringerem Klinkeranteil, sowie Versuche mit neuartigen Zementen z.B. Celitement® nach deren Marktreife, der beste Weg klimarelevante Emissionen einzusparen.

### Treibhauseffekt (kg CO<sub>2</sub> Äqu.) ohne Zement-Vorketten

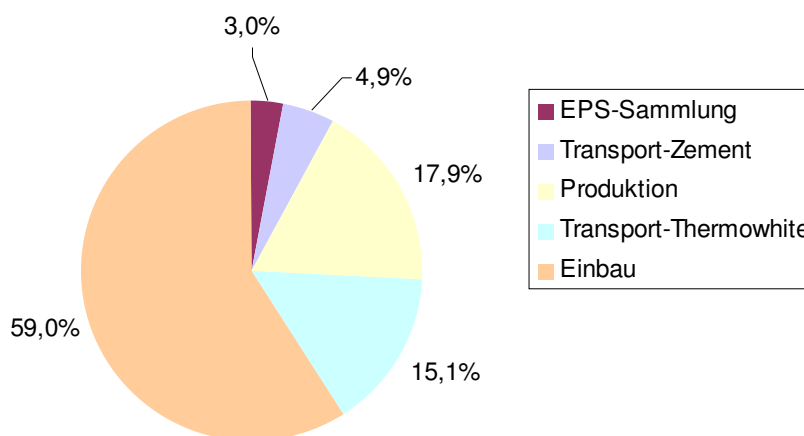


Abbildung 5: Klimarelevante Emissionen der Prozessschritte bei der Produktion von Thermowhite® ohne Berücksichtigung der Vorketten aus der Zementproduktion

Um einen besseren Blick auf die weiteren Emissionen aus der Herstellung zu bekommen, wurden in Abbildung 5 die Emissionen ohne jene aus den Vorketten der Herstellung von Zement dargestellt. Die zweithöchsten Emissionen der Thermowhite® Herstellung stammen aus dem Einbau auf der Baustelle. Die Annahmen für den Einbau basieren auf Datensätzen für einen gewöhnlichen Mörtelmischer nach ecoinvent®. Im Zuge dieses Projekts war eine detaillierte Analyse des Einbaus nicht vorgesehen. Das Gleiche gilt für die Produktion, die in Kapitel 3.2 genauer beschrieben wird. Die Angaben hierzu stammen direkt von der Firma Thermowhite GmbH. Eventuelle Verbesserungen können bei der Produktion vor allem durch den Einsatz von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern erreicht werden. Dies gilt auch für den Einbau vor Ort, da sämtliche Emissionen vom Energieverbrauch der Maschinen abhängig sind und aus den Vorketten der Energieerzeugung stammen.

Die restlichen Emissionen können den Transportprozessen zugeordnet werden. Eine genauere Analyse der Transporte findet in Kapitel 5.3 statt.

### 5.3 Transportrelevanz

Im Zuge des Projekts sollte auch die Transportrelevanz der notwendigen Transporte für die Herstellung von Thermowhite® untersucht werden. Ausgehend von Abbildung 4 und Abbildung 5 kann eine äußerst geringe Relevanz der transportabhängigen Emissionen auf den Gesamtprozess identifiziert werden. Eine Verdopplung der Emissionen aus den Transporten entspricht in etwa der Verdopplung der Transportdistanz. Für Abbildung 6 und Abbildung 7 gelten somit die in Tabelle 7 dargestellten Transportdistanzen.

Tabelle 7: Annahme der Transportwege für die Darstellung der Transportrelevanz bei der Herstellung von Thermowhite®

Material	Transportweg (km)
Portlandzement	200
EPS Abfall	100
Thermowhite®	200
Abfall zur Verbrennung	200

#### Treibhauseffekt (kg CO<sub>2</sub> Äqu.) mit verdoppelten Transportemissionen

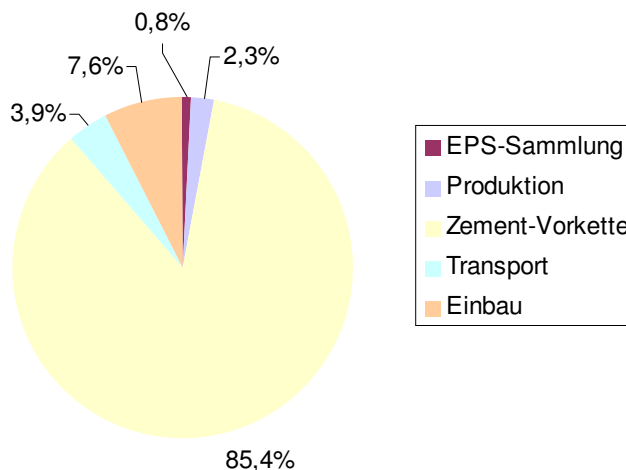


Abbildung 6: Klimarelevante Emissionen der Prozessschritte bei der Produktion von Thermowhite® mit verdoppelten Transportdistanzen

Selbst durch eine Verdopplung der Transportdistanz lässt sich kein relevanter Einfluss der transportabhängigen CO<sub>2</sub>-Emissionen erkennen, da die Emissionen aus der Vorkette der Zementproduktion noch immer bei weitem überwiegen.

In Abbildung 7 wurden wieder die Emissionen aus der Zementherstellung entfernt. Bei dieser reduzierten Ansicht ergibt sich bei verdoppelten Transportdistanzen ein Anteil von 37,5% der transportbezogenen Emissionen. Die Transporte bei der Herstellung von Thermowhite® können somit als vernachlässigbar bezeichnet werden. Dies bedeutet, dass vom ökologischen Standpunkt selbst größere Distanzen (z.B. 100 km) für die Sammlung des EPS-Rezyklats in Frage kommen können.

### Treibhauseffekt (kg CO<sub>2</sub> Äqu.) ohne Zement-Vorketten und verdoppelte Transportemissionen

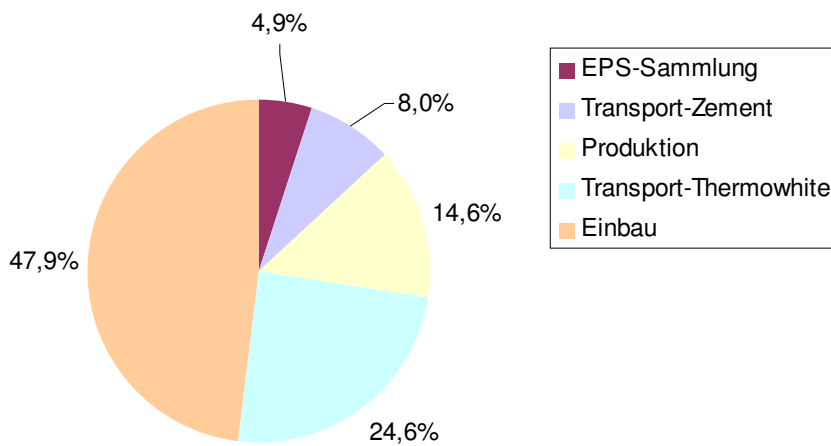


Abbildung 7: Klimarelevante Emissionen der Prozessschritte bei der Produktion von Thermowhite® ohne Berücksichtigung der Vorketten aus der Zementproduktion mit verdoppelten Transportdistanzen

Im Vergleich mit einem herkömmlichen Bodenaufbau (Dämmsystem inklusive Estrich) würde eine Verdopplung des Transports unter den angenommenen Bedingungen eine Verringerung der ökologischen Vorteile hinsichtlich des Treibhauseffekts von 1 % mit sich bringen, was die geringe Relevanz noch einmal untermauert.

## 6 Schlussfolgerungen

Auf Grund der Abfalleigenschaft des EPS-Rezyklat-Anteils bei Thermowhite®, ergeben sich signifikant geringere Umweltauswirkungen gegenüber dem Einsatz von neuen EPS-Dämmplatten. Die Emissionen aus der Herstellung der Materialien sind höher als jene des Einbaus auf der Baustelle. Die transportbezogenen Emissionen haben einen äußerst geringen Anteil an den Gesamtumweltauswirkungen.

Aus den obigen Analysen der Ergebnisse lassen sich folgende Schlussfolgerungen und dazugehörige Vorschläge für eine Prozessoptimierung anführen:

- Die klimarelevanten Emissionen aus den Vorketten der Zementherstellung sind für 87 % der Herstellung der Dämmschüttung Thermowhite® verantwortlich. Eine Optimierung kann einerseits durch den Einsatz von Portlandzement mit geringerem Klinkeranteil sowie durch den Einsatz neuartiger Zemente z.B. Celitement® erfolgen. Die Produktqualität müsste allerdings erst mit zukünftigen Testserien überprüft werden. Durch diese Umstellung wären die größten CO<sub>2</sub>-Einsparungen von bis zu geschätzten 40 % möglich.
- Der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern in der Produktion von Thermowhite® sowie beim Einbau auf der Baustelle hätte die zweitgrößten Einsparungen zur Folge. Eine Umstellung mit entsprechender Überprüfung könnte auch bei einer Umwelt-Produktdeklaration angerechnet werden.
- Die transportbezogenen Emissionen bei Thermowhite® sind äußerst gering. Selbst eine Verdopplung der Transportdistanzen führt nur zu einer Erhöhung von 13,5 % der Gesamtemissionen bei der Herstellung und dem Einbau von Thermowhite®. Vergleicht man jedoch die Verdopplung der Transportemissionen beim Dämmsystem Thermowhite® mit dem herkömmlichen Dämmsystem ergibt sich eine Verringerung der ökologischen Vorteile beim Treibhauseffekt von 1,3 %. Somit können die Emissionen aus dem Transport als vernachlässigbar angenommen werden und auch der Transport von EPS Rezyklat über weitere Strecken (z.B. 100 – 200 km) würde an dieser Tatsache nichts ändern.

Derzeit wird EPS konventionell durch Verbrennung entsorgt. Dies ist für EPS-Dämmplatten wie auch für Thermowhite® uneingeschränkt möglich. Um zukünftige Entwicklungen hinsichtlich einer Forcierung von EPS-Wiederverwendung oder –Recycling abschätzen zu können, sollte für Thermowhite® eine weiterführende Studie durchgeführt werden, welche sich speziell dieser Entsorgungsthematik annimmt, da derzeit schwer abgeschätzt werden kann, ob Thermowhite® die gleichen Recyclingeigenschaften wie EPS-Dämmplatten besitzt.

## Literaturverzeichnis

- DIN EN ISO 14040, 2006. Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006), DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- Frischknecht, R., Jungbluth, J., Althaus, H.-H., Bauer, C., Doka, G., Dones, R., Hischer, R., Nemecek, Th., Primas, A., Wernet, G., 2007a. Ecoinvent Data v 2.0, The Life Cycle Inventory Data Version, Dübendorf.
- MA 39 (2003): Laborbericht über die Wärmeleitfähigkeit von zwei unterschiedlichen Bodenaufbauten. Magistrat der Stadt Wien.
- Schulter, D. (2010): Ökobilanz zementgebundener Bauprodukte -Chancen und Risiken. [http://www.zement.at/service/literatur/fileupl/koll07\\_schulter.pdf](http://www.zement.at/service/literatur/fileupl/koll07_schulter.pdf) (Zugriff am 04.02.2011)
- Stemmermann, P., Schweike, U., Garbev, K., Beuchle, G. (2010): Celitement – eine nachhaltige Perspektive für die Zementindustrie. Cement International, 5/2010, VOL.8, S. 52-65
- Thermowhite (2010): Thermowhite Produktprospekt. Thermowhite GmbH