

CustomLCA

Ökobilanz Verwertungen von Altglas - ökologischer Nutzen der Sammlung von Verpackungsglas

Grundlagenbericht für Empfehlungen zum Verteilschlüssel der vorgezogenen
Entsorgungsgebühr (VEG)

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Isabelle Baudin, BAFU, Sektion Abfallbewirtschaftung
vertreten durch die VetroSwiss, Max Zulliger, VetroSwiss, Bern

Verfasser

Cornelia Stettler, Projektleitung
Silvan Rüttimann
Thomas Kägi

Anzahl Seiten: 44

Referenz: 282.06

Basel, 28. September 2016

—

Dieser Bericht wurde von der Carbotech AG mit Sorgfalt erarbeitet unter Verwendung aller uns zur Verfügung stehenden, aktuellen und angemessenen Hilfsmittel und Grundlagen, dies im Rahmen der vertraglichen Abmachung mit dem Auftraggeber unter Berücksichtigung der Vereinbarung bezüglich eingesetzter Ressourcen. Die Grundlagen der Bewertungsmethode, auf welcher dieser Bericht basiert, können ändern. Danach sind die Schlussfolgerungen nicht mehr uneingeschränkt gültig und vom Auftraggeber nur noch auf eigene Verantwortung verwendbar. Der Bericht ist als Ganzes für die Veröffentlichung durch das BAFU vorgesehen. Aus dem Inhalt dieses Berichtes hervorgehende Veröffentlichungen, welche Resultate und Schlussfolgerungen daraus nur teilweise und nicht im Sinne des Gesamtberichtes darstellen, sind nicht erlaubt. Insbesondere dürfen solche Veröffentlichungen diesen Bericht nicht als Quelle angeben oder es darf nicht anderweitig eine Verbindung mit diesem Bericht oder der Carbotech AG hergestellt werden können. Für Forderungen ausserhalb des oben genannten Rahmens lehnen wir jegliche Verantwortung gegenüber dem Auftraggeber sowie Dritten ab. Dieser Bericht ist ausschliesslich für den Auftraggeber erstellt worden und wir übernehmen keine Verantwortung gegenüber Dritten, welche Kenntnis erlangen über diesen Bericht oder Teile davon.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1 Ausgangslage und Auftrag	8
1.1 Ausgangslage	8
1.2 Auftrag	9
2 Daten Verpackungsglas Schweiz 2012	9
2.1 Glassammlung 2012	9
2.2 Stoff und Güterflüsse	9
2.3 Verwertungsart des Sammelgutes 2012	10
3 Methodik	11
3.1 Festlegung der Zielsetzung und Systemgrenzen	12
3.1.1 Zielsetzung und Rahmenbedingungen	12
3.1.2 Funktionelle Einheit	12
3.1.3 Systemgrenzen, Inputdaten und Annahmen	12
3.1.3.1 Systemgrenzen	12
3.1.3.2 Beschreibung Inputdaten, Erhebung projektspezifischer Daten	15
3.1.3.3 Grundannahmen und Abschätzung, Szenarien Sensitivitätsanalysen	17
3.2 Sachbilanz	18
3.3 Wirkbilanz	18
3.4 Bewertung	18
3.5 Grenzen der vorliegenden Untersuchung	19
3.5.1 Inhaltlich	19
3.5.2 Methodisch	19
4 Resultate	20
4.1 Nutzen der Sammlung Scherben für die Glasproduktion (Basisszenario Glasproduktion ohne Sammlung Altglas)	20
4.1.1 Umweltwirkungen der Glasproduktion – aktueller Konsummix CH	20
4.1.2 Reduktion Umweltwirkungen der Glasproduktion mit Scherben – Hochrechnung Basisszenario Glasproduktion ohne Scherben	21
4.1.3 Systembetrachtung Einfluss der Sammlung – gemischt/getrennt	22
4.2 Nutzen Sammlung Ganzglas für Wiederverwendung (Ausschuss Scherben für Glasproduktion)	23
4.3 Nutzen Sammlung Scherben für Schaumglasschotter	24
4.3.1 Analyse Umweltwirkungen der Produktion Schaumglasschotter	25
4.3.2 Reduktion Umweltwirkungen mit Einsatz von Schaumglasschotter im Bereich der Perimeterdämmungen (70 %)	26
4.3.3 Reduktion Umweltwirkungen mit Schaumglasschotter in Leichtschüttungen (20 %) und Spezialanwendungen (10 %)	27
4.4 Nutzen Sammlung Scherben für Sandproduktion	27
5 Sensitivitätsanalysen	29

6	Schlussfolgerungen zum ökologischen Nutzen der verschiedenen Verwertungen	31
7	Literatur	33

Anhang

A1 Sachbilanzdaten

- A1.1 Glasproduktion
- A1.2 GanzglasWaschen
- A1.3 Produktion Schaumglasschotter
- A1.4 Sandproduktion

A2 DetailanalysenUmweltwirkungen

- A2.1 Detailanalysen zur Glasproduktion (Ausgangsbasis)
- A2.2 Gesamtbilanz Verwertungen ReCiPe und CO₂7-V

A3 Sensitivitätsanalysen

- A3.1 Glasproduktion
- A3.2 Ganzglassammlung
- A3.3 Schaumglasschotter

A4 Statistik Importe – Verwertungen Altglas

Zusammenfassung

Seit 2002 bezahlen Hersteller und Importeure von Getränkeverpackungen aus Glas vorgezogene Entsorgungsgebühren (VEG). Diese zielen darauf ab, die anfallenden Kosten der Altglasentsorgung respektive der Altglasverwertungen verursachergerecht zu verteilen. Aufgrund von Diskussionen um den verwendeten Verteilschlüssel bei der Entschädigung der Sammlung sowie den dazu aufgeführten ökologischen Argumenten wurde beschlossen, mit der Methode der Ökobilanzierung eine ökologische Bewertung der unterschiedlichen Verwertungsalternativen des Sammelgutes zu erstellen. Eine erste vertrauliche Studie wurde dazu 2008 durch die Firma Carbotech erstellt (Carbotech AG 2008). Mit der vorliegenden Studie wurde diese Grundlage im Hinblick auf eine Veröffentlichung aktualisiert.

Der ökologische Nutzen der verschiedenen Altglasverwertungen wird in dieser Studie beurteilt im Vergleich zum Glas-Lebenszyklus ohne eine Sammlung von Altglas. Dafür wurde als Basisszenario eine Glasproduktion aus 100 % Rohstoffen mit einer anschliessenden Entsorgung von Altglas über den Siedlungsabfall definiert. Entscheidend für den ökologischen Nutzen der verschiedenen Sammlungen und Altglasverwertungen sind die mit dem Sammelgut bewirkten Veränderungen. Beim Einsatz von Altglas als Scherben im Glaskreislauf werden Einsparungen an Energie und Rohstoffen in der Glasproduktion erzielt und beim Einsatz von Scherben für Produkte im Baubereich konventionelle Baustoffe ersetzt. Allen Sammlungen und Verwertungen gemeinsam ist die vermiedene Entsorgung von Altglas über den Siedlungsabfall.

Neben der Analyse einzelner Verwertungen wurde ein möglicher Einfluss der einzelnen analysierten Verwertungen auf andere Anwendungen sowie der Einfluss unterschiedlicher Varianten der Sammlung von Scherben – getrennte und gemischte Sammlungen – diskutiert.

Die nachfolgende Zusammenstellung in Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die analysierten, heute relevanten Verwertungen und die damit verbundene Veränderung im System:

Tabelle 1: Beschreibung Verwertungen und Veränderungen gegenüber Basisszenario ohne Sammlung Altglas
Veränderungen mit dem Einsatz von Scherben oder der Wiederverwendung von Ganzglas

<u>Sammlung</u>	<u>Verwertungsarten</u>	<u>Beschreibung der Veränderungen</u>
Ganzglas	Wiederverwendung geeigneter Getränkeflaschen & Glasrecycling des Ausschusses	Aufbereitung bzw. Waschen von geeigneten Behältern anstelle einer Neuproduktion von Glas. Verwendung Ausschuss für Glasrecycling (siehe Veränderungen unter Glasrecycling) <i>Hinweis: Verwendung des Ausschusses relevant für Nutzen der Sammlung (Bilanz Betriebe und Weinbauern B/W, Restaurant und Gemeinden R/G)</i>
Sammlung Scherben (farbgetrennt oder gemischt)	Glasrecycling	Neuproduktion Glas mit Scherben statt Rohstoffen, Reduktion Energiebedarf mit dem Einsatz von Scherben
	Schaumglasschotter	Produktion Isolationsmaterial/Baumaterial aus Scherben als Ersatz von anderen standardmässig eingesetzten Baumaterialien: - 70 % Perimeterdämmung - 20 % Leichtschüttung - 10 % Spezialanwendungen/Leichtbeton
	Sand	Herstellung Sand aus Scherben anstelle Bausand Abbau

Abbildung 1 zeigt die Umweltwirkungen des Basisszenarios sowie die mit der Sammlungen und Verwertung bewirkten Veränderungen im Lebenszyklus von Verpackungsglas. Bei allen analysierten Verwertungen wird im Vergleich zum Basisszenario eine Reduktion der Umweltbelastung und damit ein ökologischer Nutzen

erzielt. Der ökologische Nutzen ist immer eine Differenz und zwar zwischen der Umweltbelastung des Basisszenarios in UBP und der Umweltbelastung der betrachteten Alternative in UBP. Die Differenz in UBP ist der ökologische Vorteil/Nutzen des Alternativszenarios.

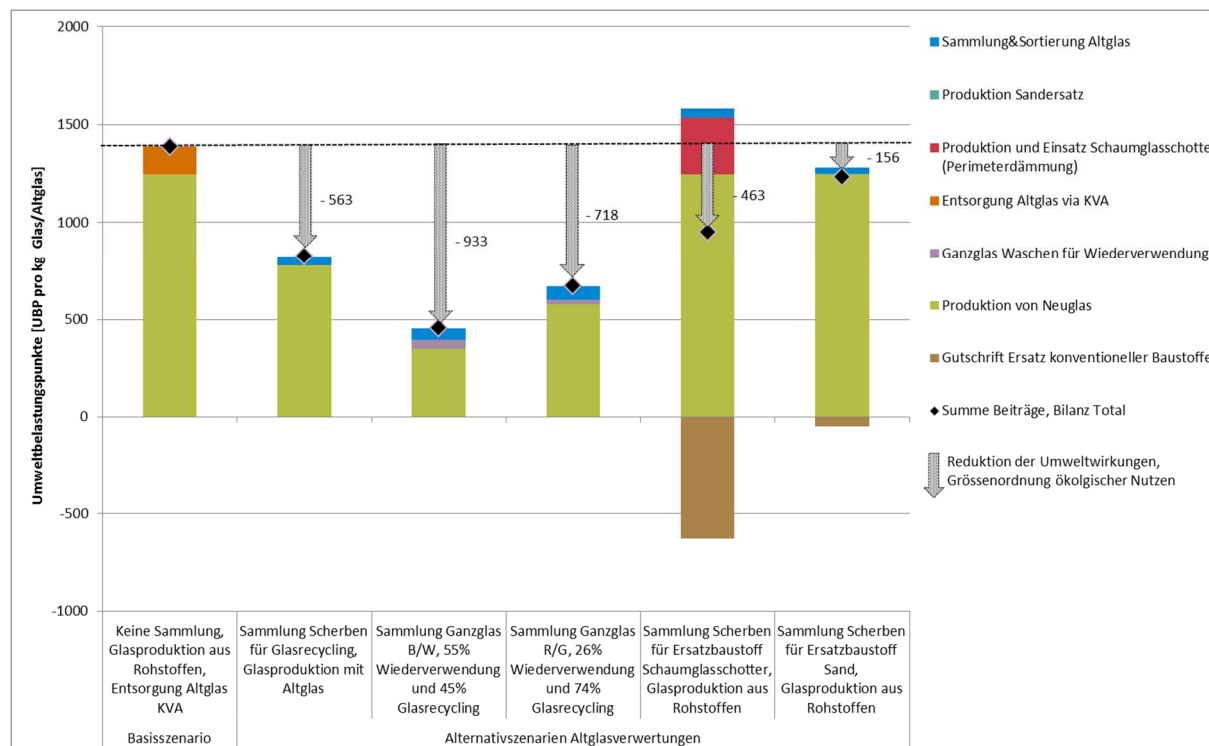


Abbildung 1: Ökobilanz unterschiedlicher Altglasverwertungen im Vergleich zum Basisszenario [1 kg Glas/Altglas], erzielte Reduktion der Umweltbelastung der verschiedenen Verwertungen im Vergleich zum Basisszenario

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Die Unsicherheit der Angaben liegt in der Grössenordnung von 20–50 %, einzelne Beiträge weisen grössere Unsicherheiten auf. Die Bandbreite des ökologischen Nutzens wurde im Rahmen von Sensitivitätsbetrachtungen analysiert und ist nachfolgend illustriert.

Die dargestellte Reduktion der Umweltwirkungen in Abbildung 1 entspricht dem durchschnittlich erwarteten ökologischen Nutzen der Verwertungsvarianten und basiert auf der Analyse von Schweizer Betrieben und ecoinvent Durchschnittsdaten der Produktion in Nachbarländern (ecoinvent 2014). Die Spannbreite des Nutzens einzelner Verwertungen wurden mit Sensitivitätsanalysen – worst und best case Szenarien für den ökologischen Nutzen - untersucht. In der Abbildung 2 ist das Fazit dieser Analysen mit der Darstellung der Bandbreiten des erwarteten ökologischen Nutzens dargestellt.

Eine grössere Bandbreite ergibt sich beim ökologischen Nutzen des Schaumglasschotters aufgrund der objektabhängigen variablen Einsparungen bei Leichtschüttungen und Spezialanwendungen als auch des verwendeten Strommixes zur Schaumglasproduktion. Als konservative Abschätzung für die durchschnittliche Einsparung im Bereich der Leichtschüttung und Spezialanwendungen wurde die Bilanz der Hauptanwendung Perimeterdämmung verwendet (Perimeterdämmung ca. 70 % der Anwendungen).

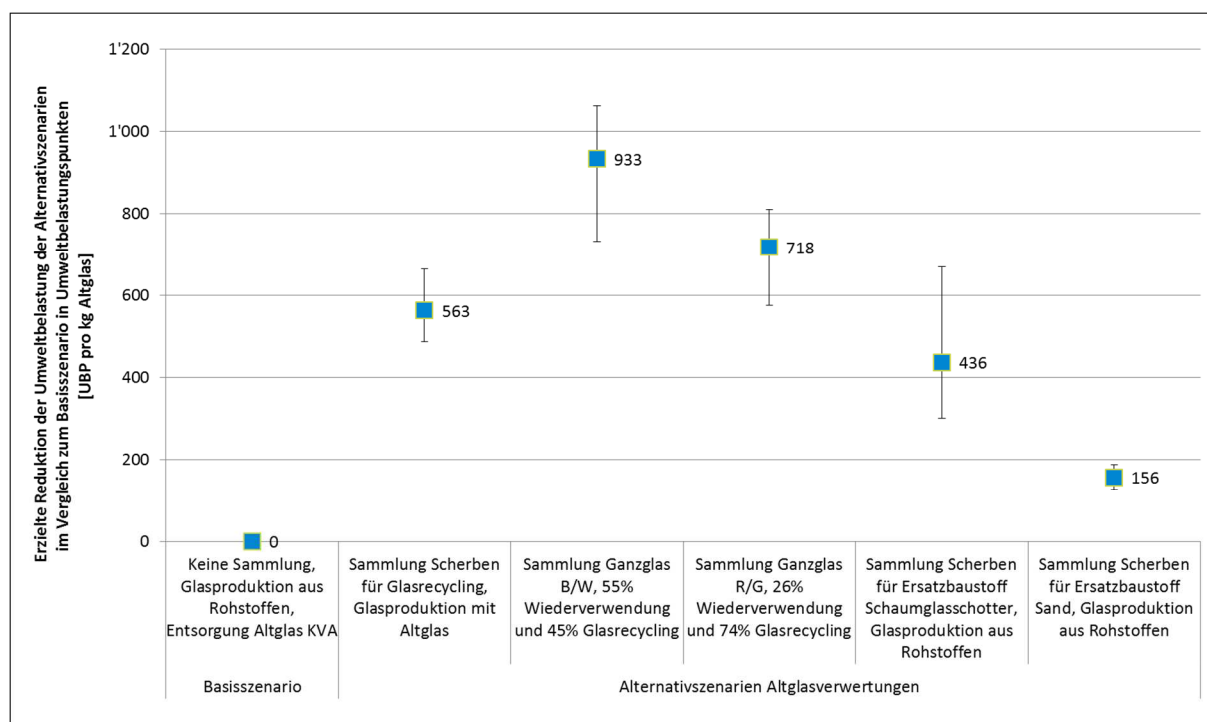


Abbildung 2: Bandbreite des ökologischen Nutzens der verschiedenen analysierten Verwertungen

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Es besteht eine Abhängigkeit des Resultates der Sammlung von Ganzglas von den Resultaten des Glasrecyclings. Maximalwerte Glasrecycling führen auch zu Maximalwerten Ganzglas (die Differenz zwischen den beiden Sammlungen ist damit signifikant).

Insgesamt zeigt die Bilanz der verschiedenen Sammlungen und Verwertungen in Abbildung 2 den höchsten ökologischen Nutzen pro kg Sammelgut beim Ganzglas und den geringsten Nutzen beim Sandersatz. Die Bilanz der Sammlung von Ganzglas variiert abhängig von der Ausbeute wiederverwendbarer Behälter und der Verwertung des Ausschusses. Die Verwendung von Scherben im Glasrecycling wurde als Standard für den Ausschuss betrachtet (Annahme sortenreine Scherben mit guter Qualität für Glasrecycling, kein Versanden des Ausschusses). Die Verwendung von Scherben in der Glasproduktion und in der Produktion von Schaumglasschotter ergibt einen etwas geringeren ökologischen Nutzen im Vergleich zur Ganzglas Wiederverwendung. Der Nutzen des Schaumglasschotters variiert abhängig vom Einsatzzweck und Szenario Ersatz anderer Baustoffe. Die Bandbreite erlaubt im Vergleich zum Glasrecycling keine klare Rangierung.

Aktuell wird nur ein geringer Anteil der gemischt gesammelten Scherben für den Einsatz im Glaswerk nachträglich farbgetrennt. Ohne farbgetrennte Sammlung muss davon ausgegangen werden, dass Scherben für Weiss- und Braunglas fehlen und gleichzeitig der Überschuss Scherben für Grünglas wächst. Die Verwendung für Schaumglasschotter anstatt des Glasrecyclings führt zu einer Verschiebung des Nutzens vom Glaskreislauf zum Schaumglasschotter. Einen Mehrnutzen ergibt sich im Fall, wo der Bedarf der Glasproduktion gedeckt ist und Scherben sonst versendet oder entsorgt werden müssten. Für einen optimalen Einsatz der Gesamtmenge Scherben machen eine farbgetrennte Sammlung zur optimalen Deckung des Bedarfes der Glasproduktion und ein Fokus der Schaumglasproduktion auf den Überschuss Scherben Sinn.

Die Resultate der vorliegenden Studie werden neben weiteren ökonomischen und sozialen Kriterien als Beurteilungsgrundlage beim Festlegen der Ansätze zur Verteilung der VEG verwendet. Die farbgetrennte Sammlung von Verpackungsglasscherben für das Glasrecycling wird dabei als Basisansatz definiert mit der Quote für die Entschädigung von 100 %.

1 Ausgangslage und Auftrag

1.1 Ausgangslage

Seit 2002 bezahlen Hersteller und Importeure von Getränkeverpackungen aus Glas vorgezogene Entsorgungsgebühren (VEG). Die VEG für Getränkeverpackungen aus Glas zielen darauf ab, die anfallenden Kosten der Altglasentsorgung respektive der Altglasverwertung verursachergerecht zu decken. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) betraute die VetroSwiss mit der Erhebung, Verwaltung und Verwendung der VEG.

Zur Entschädigung der Gemeinden für die Altglassammlung und für die Wahl der Verwertungswege wurde in den vergangenen Jahren der folgende, in Tabelle 2 aufgeführte Verteilschlüssel angewendet (Vergleich Quote 2007, neue Quote 2013). Bei den unterschiedlich betroffenen Akteuren gab der Verteilschlüssel Anlass zu Diskussionen, wobei häufig eine Entschädigung nach ökologischen Kriterien gefordert wurde. Daraufhin sind zwischen 2007 bis 2013 Anpassungen, unter anderem aufgrund von ökologischen Kriterien, erfolgt.

Die Basis für eine ökologische Bewertung wurde mit einer vertraulichen Studie zum ökologischen Nutzen der verschiedenen Verwertungsalternativen erstellt (Carbotech AG 2008). Die Erkenntnisse daraus wurden bei der Anpassung der Quote mitberücksichtigt. Mit der vorliegenden Studie soll die Grundlage der ökologischen Bewertung im Hinblick auf eine Veröffentlichung aktualisiert und die Ergebnisse für ein breiteres Publikum zusammengestellt werden.

Tabelle 2: Entwicklung Verteilschlüssel 2007 zu 2013

Der Ansatz der Verteilung wurde zwischen 2007 und 2013 unter anderem aufgrund von ökologischen Kriterien angepasst.

Typ Altglas Sammlung	Verwertungsart	Entschädigung	Entschädigung
		Quote 2007	Quote 2013
Ganzglas	Wiederverwendung als Getränkeflaschen	100 %	100 %
Scherben, farbgetrennt	Produktion Neuglas aller drei Farbkategorien	100 %	100 %
Scherben, farbgetrennt	Weiss und braun für Produktion Neuglas	100 %	100 %
	Grün für Produktion ökologischer Produkte		
Scherben, farbgetrennt	Weiss und braun für Produktion Neuglas,	60 %	Keine Angabe
	Grün verwertet zu Sandersatz		
Scherben, farbgemischt	Produktion von Neuglas (nur grüne Flaschen) oder von ökologisch wertvollen Produkten	60 %	60 %
Scherben, farbgemischt	Andere Verwendung (z.B. Sandersatz)	40 %	20 %

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Carbotech AG als Verfasser dieser Studie in keiner Weise an den hier erwähnten Unternehmen beteiligt oder von ihnen abhängig ist und umgekehrt. Damit ist die Voraussetzung für die Durchführung einer neutralen Ökobilanz gegeben. Aus Vertraulichkeitsgründen ist der Detaillierungsgrad der verwendeten Betriebsdaten im Anhang A1 eingeschränkt.

1.2 Auftrag

Als Folge der erwähnten Diskussionen zum Verteilschlüssel der VEG soll der ökologische Nutzen der unterschiedlichen Verwertungsarten von Altglas (Verpackungsglas) bestimmt werden. Mit der vorliegenden Studie soll der bestehende (vertrauliche) Bericht zur ökologischen Bewertung aus dem Jahr 2008 aktualisiert und so abgefasst werden, dass er publiziert werden kann. Der alte Bericht enthielt vertrauliche Daten von Ganzglasverwertungsbetrieben und konnte daher nicht veröffentlicht werden.

Die VetroSwiss erteilt der Carbotech AG im Einverständnis mit dem Bundesamt für Umwelt den Auftrag, den ökologischen Nutzen der Verwertungsalternativen von Altglas zu bestimmen als Basis für eine ergänzende Empfehlung zu einem ökologisch basierten Verteilschlüssel der VEG-Gelder.

Der ökologische Nutzen soll für die aktuell praktizierten Sammlungen und Verwertungsarten von Altglas aufgezeigt werden. Ergänzende Analysen sollen für die Angabe der Spannbreite des Nutzens und zur Bewertung variabler Faktoren wie z.B. Transportwege innerhalb der einzelnen Systeme ausgeführt werden.

Um den gesamten „Lebensweg“ der Sammlung und Verwertung sowie die Vielzahl von Umwelteinflüssen und deren Auswirkungen zu berücksichtigen, soll die Methode der Ökobilanzierung angewandt werden. Der Untersuchungsrahmen beschränkt sich auf die lokalen Verhältnisse der Sammlung und Verwertungen von Altglas in der Schweiz.

2 Daten Verpackungsglas Schweiz 2012

2.1 Glassammlung 2012

Gemäss Jahresbericht der VetroSwiss lag die Rücklaufquote von Glasprodukten im Jahr 2012 bei gut 95 %.

Im Jahr 2012 wurden über 355'000 t Altglas gesammelt. Gemäss Angaben eines Glashändlers aus dem Jahr 2008 sind üblicherweise 60 % grün, 28 % weiss und 12 % braun. Rund 70 % des Altglases wird gemäss VetroSwiss farbgetrennt gesammelt, der Rest gemischt.

Die Gemeinden stellen flächendeckend Container für den Glasabfall zur Verfügung.

2.2 Stoff und Güterflüsse

In Abbildung 3 sind für das Schweizer Verpackungsglas die mit der Produktion und dem Konsum verbundenen Stoffströme, anhand von Angaben der VetroSwiss zum Jahr 2012, dargestellt. Aktuell wird in der Schweiz am Standort St. Prex grünes Glas produziert. Ein Teil des produzierten grünen Glases wird ins Ausland exportiert und umgekehrt werden andere grüne Glasbehälter importiert. Weisses und braunes Glas stammen ausschliesslich aus dem Ausland. Vom anfallenden Sammelgut Glasscherben wird ein grosser Teil zur Produktion von Neuglas in Nachbarländer exportiert.

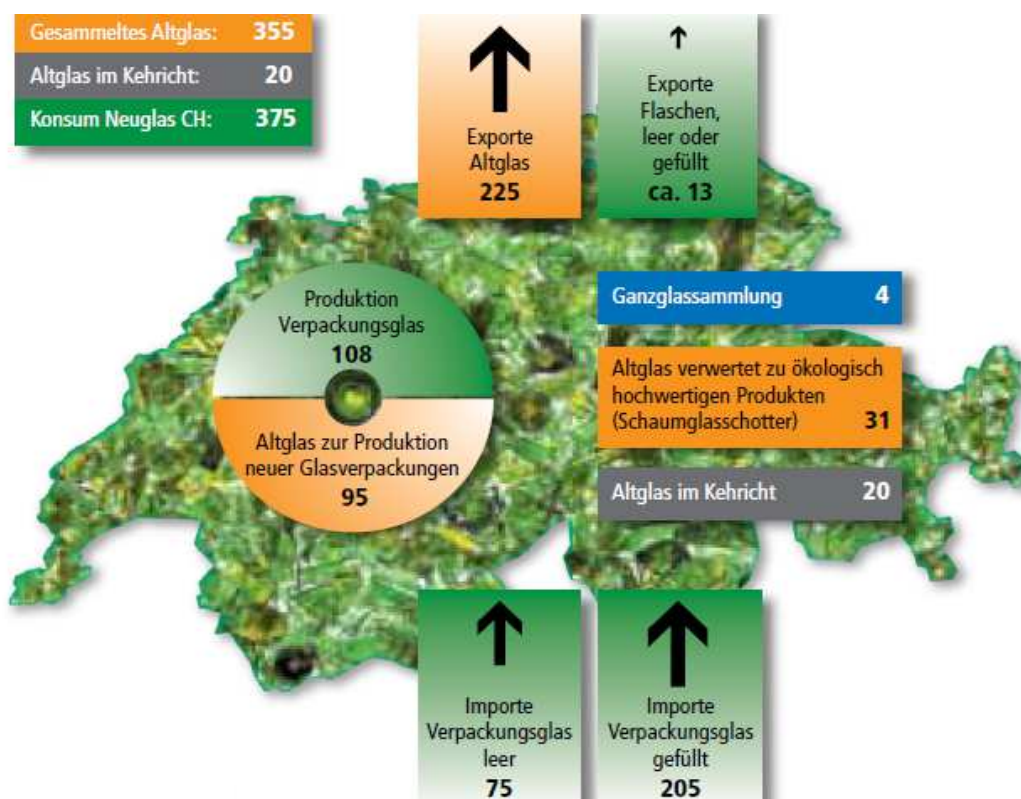


Abbildung 3: Stoffströme Glasproduktion und Verwertung Altglas in 1000 Tonnen (VetroSwiss 2012)

Bilanz VetroSwiss für das Jahr 2012

2.3 Verwertungsart des Sammelgutes 2012

In Tabelle 3 sind die unterschiedlichen Verwertungsarten, mit einer Angabe zu prozentualen Anteilen am Gewicht des verarbeiteten Sammelgutes, dargestellt. Der Hauptanteil Sammelgut wird als Rohstoff für die Glasproduktion verwendet. Über die Hälfte des Sammelgutes wird dabei ins Ausland exportiert. Das in der Schweiz verarbeitete Sammelgut wird in der Produktion von Grünglas sowie alternativ für die Produktion von Schaumglasschotter oder das Versanden verwendet. Ein geringer Anteil wird als ganze Flaschen gesammelt, sortiert, gewaschen und wieder befüllt.

Tabelle 3: Anteile Verwendungsarten Sammelgut gemäss Jahresbericht VetroSwiss 2012¹

	Gewichtsprozent
Export Scherben (vor allem DE/I)	66 %
Glasproduktion CH	25 %
Schaumglasschotter CH	9 %
Ganzglas CH	< 1 %
Sandersatz	< 0.1 %

¹ Die Angabe zur Verwendung weicht etwas vom Anteil Sammelgut ab, da z.B. bei der Sammlung von Ganzglas nur der Anteil geeigneter Flaschen wiederverwendet werden kann und ein Ausschuss zu den übrigen Sammlungen und Verwertungen geht.

3 Methodik

Mit der Ökobilanz werden die Auswirkungen der relevanten Stoff- und Energieströme auf die Umwelt über den gesamten Lebensweg oder Teilen davon erfasst.

Eine ökologische Bewertung umfasst nach der ISO Norm 14'040 die folgenden Schritte:

- Festlegung der Zielsetzung und Systemgrenzen
- Sachbilanz (Erfassen der relevanten Stoff-/Energieströme sowie des Ressourcenbedarfes)
- Wirkungsbilanz, Bestimmen der Auswirkungen auf die Umwelt
- Interpretation und Bewertung der Ergebnisse aufgrund der Zielsetzung
- Erarbeiten von Massnahmen (Optimierung)

Wie Abbildung 4 zeigt, ist dies kein linearer Prozess, sondern ein interaktiver Erkenntnis- und Optimierungsprozess.

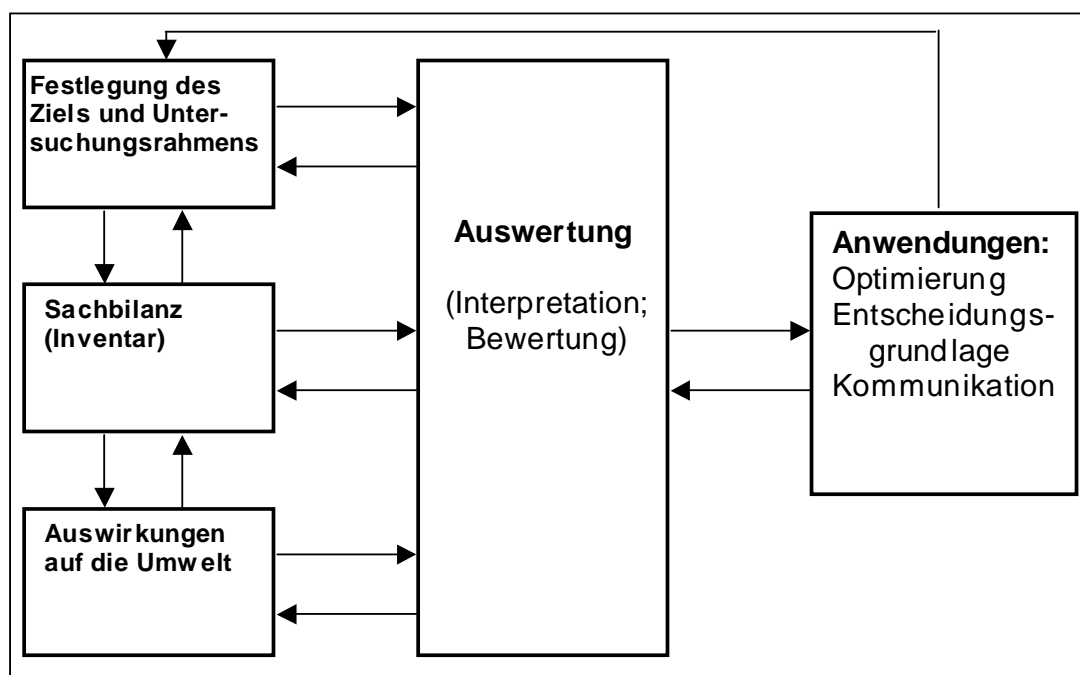


Abbildung 4: Schritte einer Ökobilanz, nach ISO 14'040 ff

Die vorliegende Studie richtet sich nach der Norm ISO 14'040; das Vorgehen entspricht in den wesentlichen Aspekten deren Anforderungen. In gewissen Punkten, wie der Verwendung von gesamt aggregierenden Methoden, geht die Studie über die Norm hinaus. Für die Beschreibung der aktuellen Situation der Glasproduktion und -verwertung wird ein attributionaler Ansatz für die Ökobilanz verwendet. Auswirkungen auf das System werden mit ergänzenden Szenarien analysiert. Für das Recycling wird ein Cut-off Ansatz verwendet und damit Primärrohstoffe und deren Entsorgung dem Erstprodukt belastet.

Die hier verwendete CustomLCA ist eine Ökobilanz, welche alle vor- und nachgelagerten Prozesse über den gesamten Lebensweg bzw. einen bestimmt Teil davon betrachtet und auf Inventardaten des Herstellers und die Erfahrung der Carbotech zurückgreift. Die damit verbundene Unsicherheit wird in den Resultaten entsprechend dargestellt.

Bei der CustomLCA werden alle Inputdaten von der Carbotech entweder selber erhoben oder eingehend auf Plausibilität überprüft. Damit kann die Carbotech gewährleisten, dass die Erstellung dieser Ökobilanz nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt worden ist.

3.1 Festlegung der Zielsetzung und Systemgrenzen

3.1.1 Zielsetzung und Rahmenbedingungen

Die Definition der zu untersuchenden und vergleichenden Systeme hängt von der Zielsetzung bzw. Fragestellung ab. Wie in Kapitel 1 erwähnt, ist das Ziel dieser Ökobilanz, den ökologischen Nutzen von verschiedenen Verwertungsoptionen von Altglas zu bestimmen und diese miteinander in Hinblick auf eine Empfehlung zum VEG Verteilschlüssel zu vergleichen.

Folgende Fragestellungen stehen somit im Zentrum dieser Arbeit und sollen beantwortet werden:

- Welcher ökologische Nutzen wird mit den gängigen Verwertungen von Altglas erzielt?
- Vergleich der verschiedenen Verwertungen im Hinblick auf die Frage: Welcher Verteilschlüssel für die Sammlungen ist aufgrund des ökologischen Nutzens der unterschiedlichen Verwertungswege des Altglases aus ökologischer Sicht sinnvoll?

Die hier dargestellten Resultate sind die Ausgangsbasis für die ergänzende Empfehlung zum Verteilschlüssel nach ökologischen Kriterien (separates Dokument). Vorgesehen ist eine Veröffentlichung des vorliegenden Berichtes als Basis für die Kommunikation nach aussen.

3.1.2 Funktionelle Einheit

Die Bewertung eines Produktes oder Prozesses muss immer relativ zu Alternativen erfolgen, welche denselben Nutzen erbringen bzw. dieselbe Funktion erfüllen. Die Grösse, auf welche sich der Vergleich bezieht, wird als funktionelle Einheit bezeichnet.

Folgende funktionelle Einheit wurde bei der Bewertung der Verwertungen gewählt:

1 Kilogramm Glasverpackung, mit entsprechender Entsorgung/Verwertung

Als Vergleichsbasis für die Bewertung des ökologischen Nutzens der verschiedenen Verwertungen wurde als Basisszenario eine Glasproduktion ohne eine Sammlung, mit der Entsorgung Altglas über den Haushaltskehrriech definiert (siehe im folgenden Kapitel Systemgrenzen Abbildung 5 und Tabelle 4).

3.1.3 Systemgrenzen, Inputdaten und Annahmen

3.1.3.1 Systemgrenzen

Inhaltliche Systemgrenze

Die Berechnung des Nutzens der Sammlung und Verwertungen ergibt sich aus dem Vergleich gegenüber einem Basisszenario ohne Altglassammlung. Im Basisszenario wird Altglas ohne eine entsprechende Sammlung nach dem Gebrauch über den Kehrichtsack entsorgt und Glas zu 100 % aus Rohstoffen hergestellt. Das folgende Schema zeigt vereinfacht das analysierte System der Verwertungsvarianten. Es wird für die Beurteilung des ökologischen Nutzens der Sammlung und Verwertungen nur ein Zyklus bzw. der entschädigte Zyklus

betrachtet und bei den produzierten Gütern (wie z.B. Wärmedämmungen) ein gleichwertiger Gebrauch vorausgesetzt.

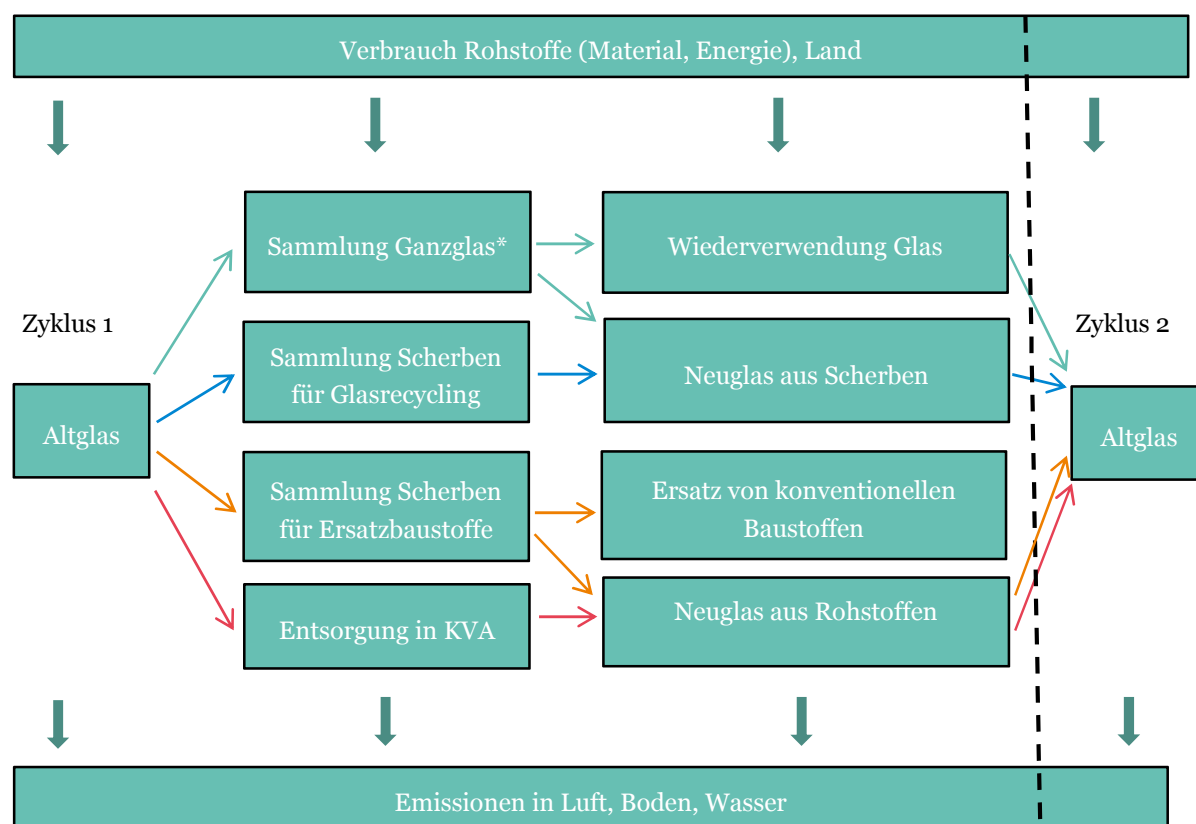


Abbildung 5: Schema der analysierten Verwertungsvarianten

* Annahme keine Verwendung Ausschuss ausserhalb Glaskreislauf

Die Einsatzmöglichkeiten von Altglas sind unterschiedlich. Der ökologische Nutzen der einzelnen Verwertungen wird jeweils im Vergleich zum Basisszenario Glasbereitstellung Altglas-Sammlung beurteilt. Bei der Verwendung im Glaskreislauf wird der Nutzen durch einen geringeren Produktionsaufwand bei der Glasherstellung und bei den Alternativen im Baubereich durch Gutschriften für den Ersatz von standardmässig eingesetzten Baumaterialien definiert. Bei allen Verwertungssystemen identisch ist die erzielte vermiedene Entsorgung in einer Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) durch die Sammlung und Verwertung von Altglas. In Tabelle 4 sind die für den Vergleich berücksichtigten Verwertungen und damit verbundenen Aufwände und Einsparungen beschrieben.

In das System der Ökobilanz eingeschlossen sind für die Auswertung alle als relevant betrachteten Stoff- und Energieflüsse der verschiedenen Verwertungsvarianten als auch der Vergleichsvariante im Basisszenario. Dies sind vor allem die Stoff- und Energieflüsse verbunden mit den folgenden Parametern der Glas- und Baustoffproduktion sowie der Aufbereitung von Altglas für dessen Einsatz:

- Abbau von Rohstoffen
- Eingesetzte Hilfsstoffe
- Energieverbrauch
- Transporte
- Entsorgung Abfälle, Behandlung Abwasser
- Emissionen Luft, Wasser, Boden

Nicht berücksichtigt wurden das Abfüllen und der Gebrauch der Flasche (kein Einfluss auf die Bilanz), die anfallenden Fremdstoffe in der Glassammlung, Schwermetallfrachten im eingesetzten Glas als Baustoff sowie Partikelemissionen der Sammlung und Verarbeitung von Altglas (Grobstaub Scherben).

Tabelle 4: Beschreibung Basisszenario und Alternativszenarien der Verwertungen

Der Nutzen der Verwertungen ergibt sich aus dem Vergleich mit dem Basisszenario

	Basisszenario ohne Sammlung	Sammlung Scherben für Glasrecycling	Sammlung Ganzglas für Wiederverwendung	Sammlung Scherben für Schaumglas-schotter	Sammlung Scherben für Versanden
Altglas Entsorgung	Siedlungsabfall Entsorgung in KVA				
Altglas Sammlung			Separate Sammlung Ganzglas		
		Sammlung Scherben (farbgetrennt und gemischt)	Sammlung Ausschuss Scherben Ganzglas (farbgetrennt)	Sammlung Scherben (grün, Scherben gemischt)	Sammlung Scherben (grün, Scherben gemischt)
Wiederverwendung Ganzglas			Sortieren, Waschen, Verkauf wiederverwendbarer Behälter		
Produktion Baustoffe aus Glas				Herstellung Schaumglasschotter aus Scherben	Herstellung Sand aus Scherben
Ersatz konventionelle Baustoffe				Ersatz konventioneller Produkte Perimeterdämmung, Schütungen, etc	Ersatz Bausand
Produktion Glas	Neuglas aus 100 % Rohstoffen	Neuglas Produktion mit Scherben (Reduktion Rohstoff- und Energiebedarf mit Scherben)	Abhängig von der Ausbeute Ganzglas: Neuglas Produktion mit Ausschuss Scherben der Ganzglas-sammlung	Neuglas aus 100 % Rohstoffen	Neuglas aus 100 % Rohstoffen

Alle Prozesse wurden von der Wiege bis zur Bahre („cradle to grave“) analysiert, ausgehend von den definierten Verwertungssystemen sowie dem Basisszenario in Tabelle 4.

Geografische Systemgrenze

Die Auswertung umfasst die Aufwände der Sammlung Altglas in der Schweiz mit den entsprechenden Verwertungen sowie entsprechende Alternativen ohne Sammlung gemäss Tabelle 4. Das Sammelgut wird teilweise exportiert und im nahen Ausland eingesetzt.

Zeitliche Systemgrenze

Die Auswertung der Verwertungen befasst sich mit dem Zustand der Betriebe 2012–2014 und enthält teilweise ältere Daten zur Sammlung Altglas aus dem Jahr 2008–2009. Verwendete Hintergrunddaten aus ecoinvent 3.1 haben teilweise ein älteres Datum (2000–2010).

3.1.3.2 Beschreibung Inputdaten, Erhebung projektspezifischer Daten

Projektspezifische Daten wurden in Rücksprache mit der VetroSwiss bei den nachfolgend aufgeführten Firmen, stellvertretend für die jeweilige Branche eingeholt (Details siehe Anhang A1). Ergänzend wurden bestehende Datengrundlagen aus ecoinvent 3.1 (ecoinvent 2014) zur Sammlung und Sortierung Altglas sowie zur Glasproduktion und Produktion von Baustoffen in der Schweiz und in Nachbarländern verwendet.

Sammlung und Wiederverwendung von Ganzglas (Weinflaschen)

Bei der Vetrum AG in Wettswil wurden Daten für das Jahr 2012 zu den folgenden Aspekten erhoben:

- Transporte Glassammeltouren in den Gemeinden der Kantone Zürich, Zug und Schaffhausen
- Energieverbrauch für das Aussortieren und Waschen von geeigneten Flaschen
- Einsatz Reinigungsmittel und Wasser für das Waschen der Getränkeflaschen
- Angaben zum Anteil Ausschuss der verschiedenen Sammlungen (G/R Gemeinden und Restaurants sowie B/W Betriebe und Weinbauern)
- Angabe zum Verwertungsweg des Ausschusses ungeeigneter Flaschen

Gegenüber der Vorgängerstudie sind Einsparungen in verschiedenen Bereichen erfolgt (Optimierungen der Sammeltouren, Betriebsaufwände, Verwertung Ausschuss). Neu eingeschlossen wurde eine ergänzende Betrachtung der Auslieferungslogistik für einen Vergleich mit Neuglas (mangels Datengrundlagen basierend auf Schätzungen). Die Auslieferung wurde in der Vorgängerstudie nicht berücksichtigt unter der Annahme, dass Lieferdistanzen und Auslastung vergleichbar sind mit Lieferungen von Neuglas. Der Einfluss von längeren Transportstrecken bei der Produktion von Neuglas und von weniger effizienten Sammeltouren bei der Ganzglassammlung wurde im Rahmen der Sensitivitätsanalysen untersucht.

Sammlung und Sortierung von Scherben in der Schweiz

Angaben zur Sammellogistik wurden im Rahmen der ersten Studie erhoben. Dabei wurden von unten stehenden Akteure Daten aufgenommen. Von diesen Betrieben sind abgesehen von der Vetropack AG keine neueren Daten erhältlich und es wurde mit Durchschnittswerten der älteren Studie gerechnet:

- Vetropack AG, Bülach: Vetorecycling Lieferung Scherben zur Produktion St. Prex
- Glasverbund Zentralschweiz GVZ, Dagmersellen: Transporte Glassammeltouren von den Gemeinden zum zentralen Zwischenlager, mechanisches Aussortieren von Abfällen
- KWB Planreal AG, Widnau (SG): Glassammeltouren, regionale Zwischenlager
- Johan Schirmbeck GmbH, D-Schierling bei Regensburg: Transporte von regionalen Zwischenlagern der KWB Planreal AG zur Aufbereitung von Glas in Singen oder Regensburg, mechanisches Aussortieren von Abfällen (Metalle, Papier, Kunststoffe), Farbtrennung von gemischtem Sammelgut mit optischem Verfahren

Die erhobenen Daten liegen in der Grössenordnung von Grundlagen aus ecoinvent.

Produktion Glas

Von der Vetropack AG wurden Daten zur Grünglasproduktion in St. Prex (VD) für das Jahr 2014 zur Verfügung gestellt. Im Jahr 2013 ist eine Umstellung von Schweröl auf Erdgas erfolgt. Die erhaltenen Informationen zum Betrieb 2014 umfassen die folgenden Aspekte der Produktion von Grünglas:

- Einsatz Energie, Hilfsmittel und Rohstoffe (Anteile für verschiedene Prozesse)
- Emissionen Luft (Messwerte Kamin für Plausibilitätsprüfung verwendet, für Emissionen Erdgasbrenner Datengrundlagen aus ecoinvent und für CO₂ aus Carbonaten IPCC Schätzwerte eingesetzt)
- Transportdistanz Lieferungen Rohstoffe und Scherben
- Entsorgungsmengen Abfälle, Abwasser

Gegenüber der älteren Studie ergeben sich Abweichungen aufgrund von betrieblichen Veränderungen sowie neu berechneten Werten für CO₂ Emissionen aus dem Einsatz von Carbonaten basierend auf IPCC (IPCC 2006). Aufgeführt ist eine Zusammenstellung der verwendeten Werte in Anhang A1.1.

Die für Nachbarländer verwendeten Grundlagendaten aus ecoinvent für die Glasproduktion Deutschland (DE) und Europa (RER) beruhen auf Angaben deutscher Glaswerke sowie Abschätzungen für Europa. Für Importe aus Frankreich, Italien und Österreich wurde der Datensatz Europa als Abschätzung verwendet. Im Vergleich zu europäischen Analysen der Glasproduktion (Scalet u. a. 2013) liegt der Energiebedarf des ecoinvent Datensatzes DE nahe beim Minimalwert und der ecoinvent Datensatz EU im Bereich des Mittelwertes der europäischen Glasproduktion (siehe dazu auch Anhang A2.1).

Produktion und Verwendung Schaumglasschotter CH

Daten zur Schaumglasschotterproduktion wurden von der Misapor AG, Dagmersellen, für das Jahr 2013 zur Verfügung gestellt. Die erhaltenen Daten umfassen folgende Angaben zur Herstellung von Schaumglasschotter:

- Einsatz Energieträger und Hilfsmittel in der Produktion (Hinweise auf zertifizierte Stromprodukte)
- Emissionen aus dem Einsatz der Energieträger wurden abgeschätzt ausgehend von der Angabe zum Energieverbrauch mit bestehenden ecoinvent Dateninventaren zum Einsatz der entsprechenden Brennstoffe und Stromprodukte (Partikelemissionen aus dem Mahlprozess von Glas sind nicht eingeschlossen, Staubablagerung im Umfeld der Anlage)
- Angaben zum Isolationswert von Schaumglasschotter und Einsatz im Bau, Anteile der unterschiedlichen Einsatzgebiete Perimeterdämmung, Leichtschüttung und Spezialanwendungen
- Aufbau Perimeterdämmung mit Schaumglasschotter, Zusammensetzung Leichtbeton
- Aufbau Perimeterdämmung konventioneller Bauprodukte
- Entsorgung von Abfällen/Abwasser

Die vorgehend aufgeführte Sammellogistik und die Sortierung von Scherben wurden als Ergänzung verwendet. Ein Teil der Scherben wird direkt ohne Transporte vom Händler auf dem gleichen Areal bezogen.

Für den Vergleich mit alternativen Systemen wurden Flächen/Volumen bestimmt, für die 1 kg Altglas eingesetzt wird. Diesen wurden gleichwertige Systeme und Einheiten der Perimeterdämmung, Leichtschüttung und Wandfläche gegenübergestellt. Der Aufbau der Vergleichssysteme, wie zum Beispiel konventionelle Perimeterdämmung, war im Rahmen der Vorgängerstudie definiert worden². Zu diesen Aspekten sind keine neuen Grundlagen vorhanden. Die Plausibilität des Aufbaus und der Daten zur Wärmedämmung wurden über das Web-basierte Tool „Bauteilkatalog“ geprüft³. Details zu einzelnen Anwendungen, Dämmleistung und Umrechnungen in Flächen sind in Anhang A1 aufgeführt.

Für Leichtschüttungen und Spezialanwendungen lässt sich kein spezifisches Standardsystem für einen Vergleich definieren. Der ökologische Nutzen ist stark vom Objekt abhängig. Für eine Analyse der möglichen Bandbreite wurde eine Auswahl typischer Einsatzmöglichkeiten ausgewertet.

Sandersatz

² Dabei wurden zusammen mit der Toggenburger AG, Betonwerk, Glattfelden ebenfalls die Zusammensetzung der Betonprodukte, die Abschätzung zu vorgelagerten Transporten und zum Zerkleinern des Schaumglasschotters, die Betonverarbeitung sowie physikalische Daten der Wärmedämmung definiert.

³ „Bauteilkatalog.ch“. Zugriffen 11. November 2014. <http://www.bauteilkatalog.ch/ch/de/Bauteilkatalog.asp>.

Zum Versenden sind keine spezifischen Betriebsdaten erhältlich. Daher wurde als Abschätzung für die Ver- sandung der Mahlprozess von Kalk verwendet. Die vorgängig aufgeführte Sammellogistik und die Sortierung von Scherben wurden als Ergänzung verwendet. Die Ergebnisse zum Nutzen der Sandproduktion sind ver- gleichbar mit den bisher verwendeten Abschätzungen aus älteren Studien zum Sandersatz (Doka Ökobilanz Zürich, 2006).

3.1.3.3 Grundannahmen und Abschätzung, Szenarien Sensitivitätsanalysen

Folgende in Tabelle 5 beschriebenen allgemeinen Annahmen und Abschätzungen wurden als Ergänzung zu den vorgängig aufgeführten betriebsspezifischen Datengrundlagen verwendet.

Tabelle 5: Ergänzende Annahmen und Abschätzungen, Szenarien für Sensitivitätsanalysen

Veränderungen mit dem Einsatz von Scherben oder der Wiederverwendung von Ganzglas

Parameter	Annahmen Ökobilanzierung	Sensitivitätsanalysen, Szenarien für Analyse Spannbreiten
Glasproduktion: Standard der Produktion	Importglas Annäherung: 1/3 ecoinvent Datensatz Deutschland (DE) 2/3 ecoinvent Datensatz Europa (RER)	Szenarien zum Standard Importe: 100 % ecoinvent DE (Min.) 100 % Datensatz ecoinvent RER (Max.)
Glasproduktion: Energieeinsparung mit Scherben	Einsparungen 2.5 % pro 10 % Scherben	Analyse Spannbreite: Minimalwert 2 % (Min.) Maximalwert 3 % (Max.)
Glasproduktion/Ganzglas: Transportwege Auslieferung Glas	Mittlere Lieferdistanz Ganzglas 150 km Mittlere Lieferdistanz Neuglas 300 km	Differenz der Auslieferung Neuglas gegenüber Ganzglas 0–450 km (Min.-Max.)
Ganzglassammlung: Logistik, Verpackung	Beschränkung auf optimale Sammelgebiete und Wege, minimale Verpackung	Identische Verpackung wie Neuglas und volle Ab- deckung Sammelgebiete CH (Schätzung plus 50 % Aufwände Logistik)
Ganzglassammlung: Ausbeute	Ausbeute 26 % bei Gemeinden/Restaurants Ausbeute 55 % bei Weinbauern/Betrieben	Ausbeute min. 25 und max. 30 % Ausbeute min. 50 und max. 60 %
Ganzglassammlung: Vergleichsbasis Glasproduktion	Siehe Annahmen Glasproduktion zum Stan- dard Importe	Siehe Szenarien zum Standard Importglas
Ganzglassammlung: Verwendung Ausschuss	100 % farbgetrennt für Glasproduktion	-
Schaumglasproduktion: Stromprodukt	Produktions-/Länderspezifischer Strom Versor- gungsmix für Bauprodukte	Bilanz Produktion Baustoffe: Europäischem Strommix (Max.) Zertifizierter Strommix (Min.)
Schaumglasproduktion: Szenario Ersatz	Annäherung Nutzen Leichtschüttung/ Spezial- anwendungen mit Ergebnissen der Perimeter- dämmung	Szenarien Spannbreite Nutzen: Annäherung 30 % Leichtschüttungen sowie Spezi- alanwendungen ohne Nutzen (Min.) Annäherung Leichtschüttungen mit Maximalwert Perimeterdämmung und übrige mit Frostschutz- riegel (Max.)

Um die Belastbarkeit der Resultate zu prüfen und für eine Aussage zur Bandbreite des ökologischen Nutzens, wurden im Rahmen von Sensitivitätsanalysen ergänzende Auswertungen für die verschiedenen Verwertun- gen erstellt. Dabei wurde der Einfluss von Annahmen zur Glasproduktion, Stromprodukte der Herstellung Schaumglas, Transportdistanzen sowie Szenarien für den Ersatz konventioneller Baustoffe ausgewertet. Die

getroffenen Annahmen sind mit den Varianten der Sensitivitätsanalysen in Tabelle 5 aufgeführt. Die Analysen wurden als Ausgangsbasis für die Spannbreite des ökologischen Nutzens verwendet.

3.2 Sachbilanz

In der Sachbilanz werden ein Modell für die zu bilanzierende Verwertung entworfen und die Energie- und Stoffflüsse der damit verbundenen Prozesse erfasst. Diese umfassen:

- die Beziehungen eines Prozesses mit andern Prozessen der Technosphäre, wie z.B. Menge an benötigten Rohstoffen, Hilfsstoffen, Energiebedarf oder Transporte
- die Beziehungen eines Prozesses mit seiner natürlichen Umwelt der Ökosphäre, wie z.B. Bedarf an Ressourcen (fossile Energieträger, Landressourcen etc.) und Emissionen, wie z.B. CO₂, CO, Methan u.a.

Für die Erstellung der Sachbilanz sowie für die Modellierung aller Grundlagenprozesse wurden projektspezifische Daten aus eigenen Erhebungen mit bestehenden Grundlagedaten aus ecoinvent 3.1 verknüpft und ausgewertet. Die Sachbilanz wurde mit der Ökobilanz-Software SimaPro 8.0.5 (PRé Consultants 2011) berechnet und für die weitere Berechnung der Wirkbilanz verwendet. Bei den Daten aus ecoinvent handelt es sich um Daten, welche einen sehr hohen Qualitätsstandard haben und auch international anerkannt sind. Die erhobenen Firmendaten sind teilweise geheim, im Kapitel 3.1.3.2 und Anhang A1 sind die wichtigsten Inputdaten der Auswertung und die verwendeten Datengrundlagen aus ecoinvent zusammengestellt.

3.3 Wirkbilanz

In diesem Schritt wird die Sachbilanz bezüglich den Auswirkungen auf die Umwelt bewertet. Im Rahmen dieses Projektes wurden u. a. die folgenden Wirkungen berechnet: Treibhauspotential, nicht erneuerbare energetische Ressourcen, Ozonbildungspotential, Säurebildungspotential, Eutrophierung, Ökosystembelastung. Die einzelnen Wirkungen werden nicht explizit dargestellt, weil sie jeweils nur einen Teil der Umweltwirkungen abbilden und damit keine direkte Unterstützung für eine Gesamtbetrachtung bei der Entscheidungsfindung bieten. Sie bilden jedoch zusammen mit der Bewertungsmethode (siehe Kapitel 3.4) die Basis für die Beurteilung der Resultate und Erarbeitung der Empfehlungen.

3.4 Bewertung

Es wird die vom BAFU mitentwickelte und in der Schweiz etablierte Methode der ökologischen Knappheit mit der Einheit Umweltbelastungspunkte [UBP 2013 (Frischknecht R. und Büsser Knöpfel S. 2013)] als Bewertungsmethode für die verschiedenen Umweltwirkungen verwendet (Update der bisher verwendeten Methode UBP 2006). Ergänzende Auswertungen wurden zur Prüfung der Aussagekraft mit weiteren Bewertungsmethoden ausgeführt. Die gewählte Bewertungsmethode der Umweltbelastungspunkte widerspiegelt die Umweltpolitik der Schweiz und bewertet die verschiedenen Umweltwirkungen nach einem ‚distance-to-target‘-Ansatz. Für die Bewertung von Prozessen, deren Umweltbelastung ausserhalb der Schweiz verursacht wird, gilt die Annahme, dass die Werthaltung (relative politische Wichtigkeit der Belastungsfaktoren) gleich gelagert ist wie hierzulande.

Die Resultate werden mit einer Unsicherheitsangabe dargestellt, denn es bestehen einerseits Unsicherheiten bezüglich der Daten und der daraus berechneten Grössen und andererseits sind die Methoden mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Ein Unterschied zwischen zwei Werten wird in dieser Studie als signifikant gewertet, wenn sich die angegebenen Unsicherheitsbereiche nicht überschneiden.

3.5 Grenzen der vorliegenden Untersuchung

3.5.1 Inhaltlich

Die Studienresultate gelten nur für die in dieser Studie getroffenen Rahmenbedingungen. Die Studie orientiert sich am aktuellen Zustand der Produktionssysteme und Verwertungsalternativen (2012–2014). Veränderungen zum Beispiel aufgrund einer Optimierung der Produktionsprozesse oder einer höheren Ausbeute der Sammlung von Ganzglas haben einen direkten Einfluss auf die Bilanz des ökologischen Nutzens der Verwertungsalternativen.

Mit der Wahl des eingesetzten Energieträgers oder Stromproduktes (z.B. zertifizierter Ökostrom oder länder-spezifischer Versorgungsmix) kann zudem die Bilanz der einzelnen Verwertungsalternativen beeinflusst werden. Entsprechende Annahmen und Datengrundlagen wurden im Rahmen von Sensitivitätsanalysen überprüft und für die Abschätzung der Spannweite der Resultate verwendet (siehe Kapitel 5). Veränderungen bei den Abnehmern von Altglas und Herstellern von Glas/Baustoffen haben einen Einfluss auf das Resultat und erfordern eine Prüfung der verwendeten Daten. Die Wiederverwendung von Ganzglas wurde für das Beispiel Weinflaschen analysiert und ist nur beschränkt übertragbar auf eine allfällige Sammlung anderer Glasbehälter (Effizienz der Sammlung und Aufwände für die Wiederverwendung gelten nur für diese Anwendung).

Da die verwendeten Daten sich auf die Schweiz beziehen, müssen die verwendeten Datengrundlagen und Szenarien z.B. bei einer Übertragung auf das Ausland überprüft werden.

3.5.2 Methodisch

In dieser Studie verwendete Methoden zur gesamtaggregierenden Bewertung haben international eine hohe Akzeptanz. Wir möchten aber darauf hinweisen, dass die Bewertungen der verschiedenen Auswirkungen nicht nur auf wissenschaftlicher Basis beruhen, sondern auch auf gesellschaftlichen Relevanzen und Erkenntnissen. Aus diesem Grund empfiehlt ISO 14'040 diese nicht für vergleichende Ökobilanzen zu verwenden, die für die Öffentlichkeit bestimmt sind. Trotz der Empfehlung der ISO-Norm entschieden wir uns, aus den folgenden Gründen gesamtaggregierende Methoden zu verwenden:

- Die Ergebnisse von gesamtaggregierenden Methoden erlauben eine Gewichtung der verschiedenen Auswirkungen und geben dadurch eine gute Entscheidungsbasis.
- Auch wenn die Gewichtungen nicht "absolut" sind, so sind deren Ergebnisse mit Sicherheit aussagekräftiger als die Beschränkung auf einige wenige Auswirkungen.
- Die separate Darstellung der verschiedenen Umweltauswirkungen (Treibhauspotential, Versauerungspotential, Toxizität etc.) ist geeignet für die Schwachstellenanalyse und das Finden von Optimierungen. Jedoch lassen sich oft keine Entscheide daraus ableiten, da die verschiedenen Auswirkungen oft unterschiedliche Resultate zeigen.
- Die Resultate lassen sich gut kommunizieren.

Durch die Verwendung von mehr als einer Methode kann die Aussagekraft überprüft werden, da sich daraus eine Sensitivität bezüglich der unterschiedlichen Gewichtungen ergibt. Zudem wurden die Ergebnisse dieser gesamtaggregierenden Methoden mit den Ergebnissen der Wirkungen hinterfragt.

4 Resultate

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und den methodischen Argumenten unter Kapitel 3.5.2 werden die Resultate nur mit der gesamt aggregierenden Methode der Umweltbelastungspunkte UBP 2013 dargestellt. Ergebnisse der Gesamtbilanz sind zudem mit Angaben zu einzelnen Wirkungskategorien (z.B. Treibhauspotential) sowie für weitere Bewertungsmethoden im Anhang A2 dargestellt.

4.1 Nutzen der Sammlung Scherben für die Glasproduktion (Basisszenario Glasproduktion ohne Sammlung Altglas)

Die folgenden Unterkapitel zeigen die Umweltwirkungen der Glasproduktion und den dort erzielten ökologischen Nutzen durch die mit dem Einsatz von Scherben erreichte Reduktion von Rohstoffen und des Energiebedarfs. Die Hochrechnung der Glasproduktion ohne Scherben entspricht dem Basisszenario und wird im Weiteren als Massstab für die Bewertung der übrigen Verwertungsalternativen verwendet. Ergänzende Analysen wurden für unterschiedliche Varianten der Altglassammlung sowie zum Einfluss von Transportwegen erstellt.

4.1.1 Umweltwirkungen der Glasproduktion – aktueller Konsummix CH

In Abbildung 6 sind die Umweltwirkungen der Glasherstellung mit Details zur Herkunft der Umweltwirkungen pro kg Glas dargestellt. Zur Bestimmung des Schweizer Konsummixes wurden einerseits Daten der Schweizer Grünglasproduktion in St. Prex ausgewertet und andererseits die für die Produktion in Nachbarländern bestehenden Dateninventare zur Glasproduktion in Deutschland und Europa aus ecoinvent 3.1 verwendet. Aufgrund der geringen Anteile in der Zollstatistik wurden Importe von Glas aus weiter entfernten Ländern vernachlässigt (siehe Graphik Anhang A4). Angenommen wurde zudem, dass die Glasproduzenten der Importprodukte gleichzeitig Abnehmer der Scherben sind.

Die Auswertung Konsummix CH wurde mit den folgenden Anteilen erstellt:

- 29 % Grünglas aus der Schweiz (Analyse Schweizer Produktion 2014)
- 31 % Grünglas aus benachbarten Ländern (Annäherung mit Daten ecoinvent 1/3 DE und 2/3 EU)
- 28 % Weissglas aus benachbarten Ländern (Annäherung mit Daten ecoinvent 1/3 DE und 2/3 EU)
- 12 % Braunglas aus benachbarten Ländern (Annäherung mit Daten ecoinvent 1/3 DE und 2/3 EU)

Die Umweltwirkungen der Glasproduktion hängen zu einem wesentlichen Teil vom Energieverbrauch des Schmelzprozesses und vom Einsatz der Rohstoffe ab. Der Rohstoffbeitrag umfasst in der Darstellung den Abbau der Mineralien sowie Transportaufwände und CO₂-Emissionen eingesetzter Carbonate. Der Aufwand für das Sammeln und Sortieren von Scherben sowie die übrigen Aufwände der Produktion und der Verpackung sind mit vergleichsweise geringen Umweltwirkungen verbunden⁴.

Mit der Sammlung und Verwertung von Scherben sinkt der Bedarf an Rohstoffen und es werden gleichzeitig CO₂ Emissionen eingesetzter Carbonate vermindert. Pro 10 % Scherben werden zudem 2–3 % Energie im Schmelzprozess eingespart („Glass Recycling Facts | Glass Packaging Institute“ 2015). Die Variation des Energieverbrauches aufgrund des Scherbenanteils einzelner Glasfarben ist bei den Glasimporten in Abbildung 6 zu wenig ausgeprägt⁵. Der Grund liegt in der Verwendung eines Durchschnittwertes bei den ecoinvent Daten-

⁴ Allgemeine Betriebsaufwände sowie Verpackung Holz-Palette/PE Folie/Karton wurden mit Daten aus ecoinvent abgeschätzt.

⁵ Korrektur Energieverbrauch in der Grössenordnung – 2 % für Grünglas und +4–5 % Weiss-/Braunglas

grundlagen der europäischen Glasproduktion unabhängig von der Farbe und dem eingesetzten Scherbenanteil. Auf eine Anpassung wurde in der Darstellung verzichtet, weil sich daraus keine Veränderungen für die weiteren Resultate der Studie ergeben.

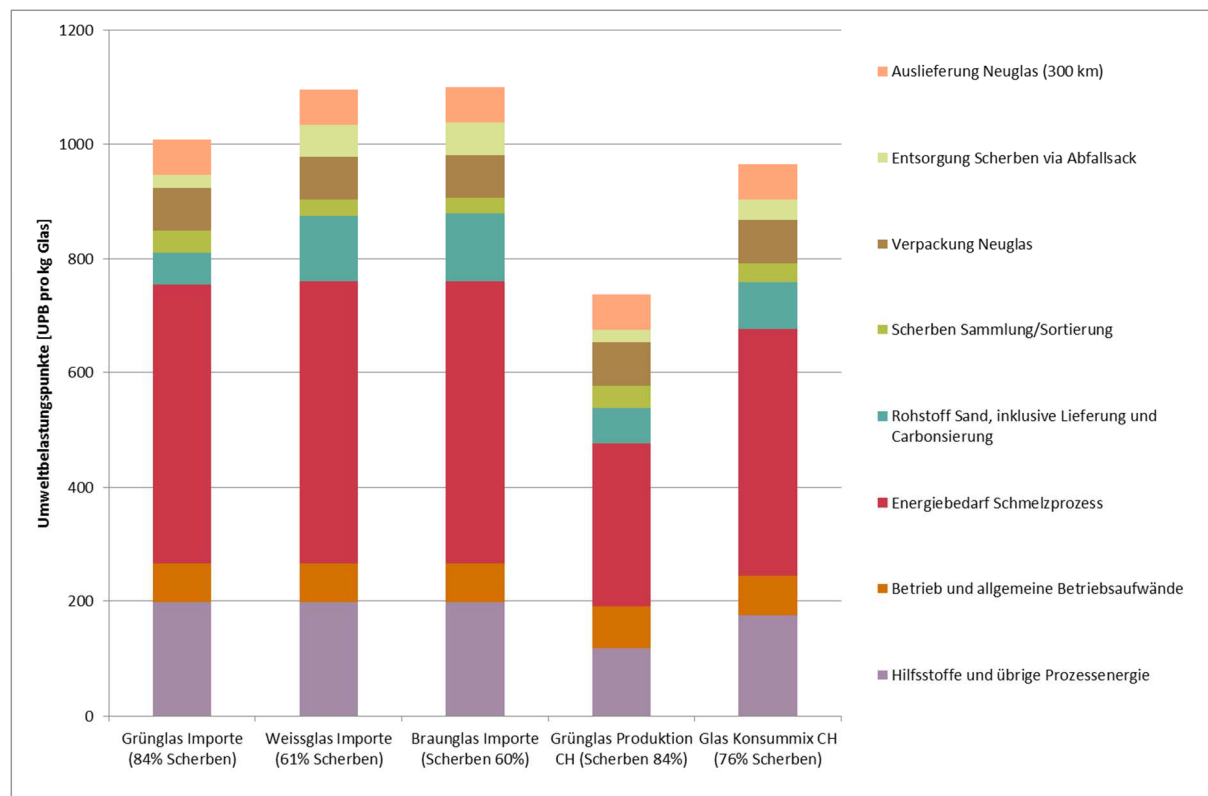


Abbildung 6: Umweltwirkungen der Glasproduktion pro kg Glas, Analyse der Beiträge Umweltwirkungen für Importglas und die Grünglasproduktion CH (siehe auch Bilanzen Anhang A4).

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Die mit der Sensitivitätsanalyse abgeschätzte Unsicherheit der Gesamtumweltwirkungen Glas Konsummix CH liegt im Bereich von 20–30 % (siehe Kapitel 5).

4.1.2 Reduktion Umweltwirkungen der Glasproduktion mit Scherben – Hochrechnung Basisszenario Glasproduktion ohne Scherben

Abbildung 7 zeigt die erzielte Reduktion der Umweltwirkungen in der Glasproduktion für die Schweiz mit dem Einsatz von Scherben. Für die Beurteilung des Nutzens der Sammlung und Verwertung von 1 kg Scherben im Glasrecycling wird der Vergleich zur Hochrechnung der Glasproduktion mit 0 % gegenüber 100 % Scherben verwendet⁶. Die Hochrechnung ohne Scherbensammlung und mit 100 % Rohstoffen in der Glasproduktion entspricht dem definierten Basisszenario in Tabelle 4.

Aktuell wird mit der mittleren eingesetzten Menge von 76 % Scherben im Vergleich zur Produktion ohne Scherben eine Reduktion der Umweltwirkung in der Grössenordnung von 424 UBP oder etwa 30 % der Umweltwirkungen erzielt. Die Hochrechnung auf die Glasproduktion mit 100 % Scherben ergibt pro Kilogramm

⁶ Ein Einsatz von 100 % wäre möglich, er wird aber wegen den Ansprüchen an die Farbe und Qualität sowie teilweise aufgrund mangelnder Scherben nicht praktiziert. In der Realität werden aus Qualitätsgründen maximal 97 % eingesetzt. Die Hochrechnung auf 100 % erfolgt aus rechnerischen Gründen für die Abbildung des Nutzens von 1 kg Scherben.

Altglas eine Einsparung von etwa 563 UBP bzw. eine Reduktion der Umweltwirkungen der Glasproduktion um bis zu 40 %.

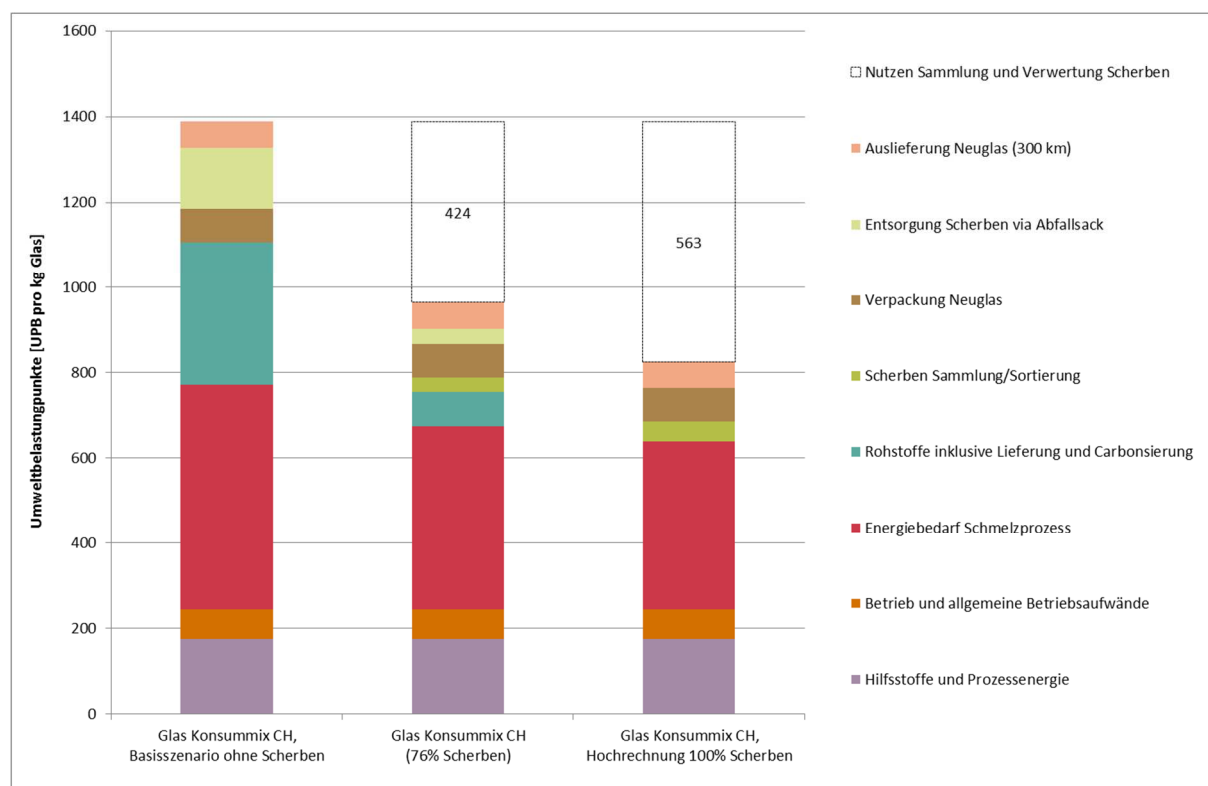


Abbildung 7: Umweltauswirkungen Glasproduktion mit der Sammlung und Verwertung von Scherben im Vergleich zum Basisszenario ohne eine Sammlung von Altglas

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Die mit der Sensitivitätsanalyse abgeschätzte Unsicherheit der Einsparung liegt im Bereich von 20–30 % (siehe Kapitel 5).

Die Produktion von Verpackungsglas aus nahezu 100 % Altglas ist möglich, wird jedoch wegen den Ansprüchen an die Farbe und Qualität sowie teilweise aufgrund mangelnder Scherben nicht praktiziert. Die Hochrechnung auf 100 % Scherben steht als Extrapolation für den Nutzen von 1 kg Altglas in der Glasproduktion.

4.1.3 Systembetrachtung Einfluss der Sammlung – gemischt/getrennt

Gemischte Scherben können, soweit es die gewünschte Farbqualität erlaubt, direkt für die Produktion von Grünglas eingesetzt werden. Die maximale Quote liegt aus Qualitätsgründen tiefer als bei sortenreinen grünen Scherben. Auf das gesamte System bezogen führt deshalb die Sammlung gemischter Scherben zu tieferen Einsatzquoten bei der Glasproduktion, einerseits durch einen Mangel an weissen und braunen Scherben für die Produktion von Weiss- und Braunglas und andererseits durch die qualitätsbedingten geringeren Einsatzquoten für gemischte Scherben in der Grünglasproduktion.

Die folgenden Überlegungen zeigen die getroffenen Annahmen zu Folgen auf das Gesamtsystem und damit einem geringeren Nutzen mit der gemischten Sammlung Scherben:

- a) Gemischte Sammlung -> Einsatz direkt für Grünglas:
Scherbenüberschuss für Grünglas bzw. fehlende Scherben für Weiss- und Braunglas. Bis zu 40 % geringeres Einsatzpotential entsprechend den Anteilen Scherben (28 % weiss und 12 % braun). Dieser Fall entspricht aktuell dem Standard.
- b) Gemischte Sammlung -> Farbtrennung und Einsatz für alle Farbtypen⁷:
Bis zu 5 % Einbusse Scherben für Weiss-/Braunglas mit dem Anteil nicht trennbarer Scherben (Einsatz für Grünglas). Nachträgliche Farbtrennung verbunden mit entsprechenden Aufwänden und Transporten.

In den letzten Jahren zeichnet sich gemäss Sammlern eine Marktsättigung für gemischte und grüne Scherben ab (Diskussionen zum Umgang mit Überschuss am Vetroswiss Forum September 2014). Dies zeigt auch das unterschiedliche Preisniveau für unterschiedliche Farbkategorien. Aus diesem Grund werden vor allem grüne und gemischte Scherben ausserhalb des Glasrecycling-Systems eingesetzt.

Es wird entsprechend der Anteile weisser und brauner Scherben im Sammelgut bzw. in nachträglich farbgetrennten Material mit einem 5–40 % geringeren Einsatzpotential bei der Sammlung von gemischten Scherben gerechnet (im Vergleich zum Nutzen der farbgetrennten Scherben in Kapitel 4.1.2). Der energetische Aufwand zur optischen Farbtrennung bzw. die damit verbundenen Umweltwirkungen sind gering und wenig relevant im Vergleich zur Glasproduktion und den Einsparung mit Scherben (siehe Anhang A2.1).

4.2 Nutzen Sammlung Ganzglas für Wiederverwendung (Aus- schuss Scherben für Glasproduktion)

In Abbildung 9 sind die mit der Wiederverwendung verbundenen Aufwände der Sammlung und Aufbereitung Ganzglas gegenüber den Umweltwirkungen der Neuproduktion von Glasverpackungen aus Rohstoffen dargestellt. Die Sammlung und Aufbereitung von Ganzglas ist gegenüber einer Neuproduktion von Glasverpackungen mit geringen Umweltwirkungen verbunden. Der Nutzen pro kg Sammelgut ist abhängig von der erzielten Ausbeute und setzt sich zusammen aus dem Anteil der wiederverwendbaren Flaschen und dem Nutzen des Ausschusses in der entsprechenden Verwertung (hier bilanziert Verwendung für Glasproduktion). Der Einfluss der Ausbeute ist in Abbildung 8 mit dem durchschnittlichen Resultat der Sammlung Gemeinden/Restaurants (G/R 26 % Ausbeute) und der Sammlung Betriebe/Weinbauern (B/W 56 % Ausbeute) dargestellt.

⁷ Eine Farbtrennung der gemischt gesammelten Scherben wird aktuell nicht standardmässig durchgeführt. Gemäss Angaben der Deutschen Firma Schirmbeck können bei einer Farbtrennung 15–20 % der Scherben nicht nach Farben sortiert werden. Diese Fraktion wird als Grünglas weiterverwendet bzw. ergibt einen Verlust an Weiss-/Braunglas von bis zu 5 %.

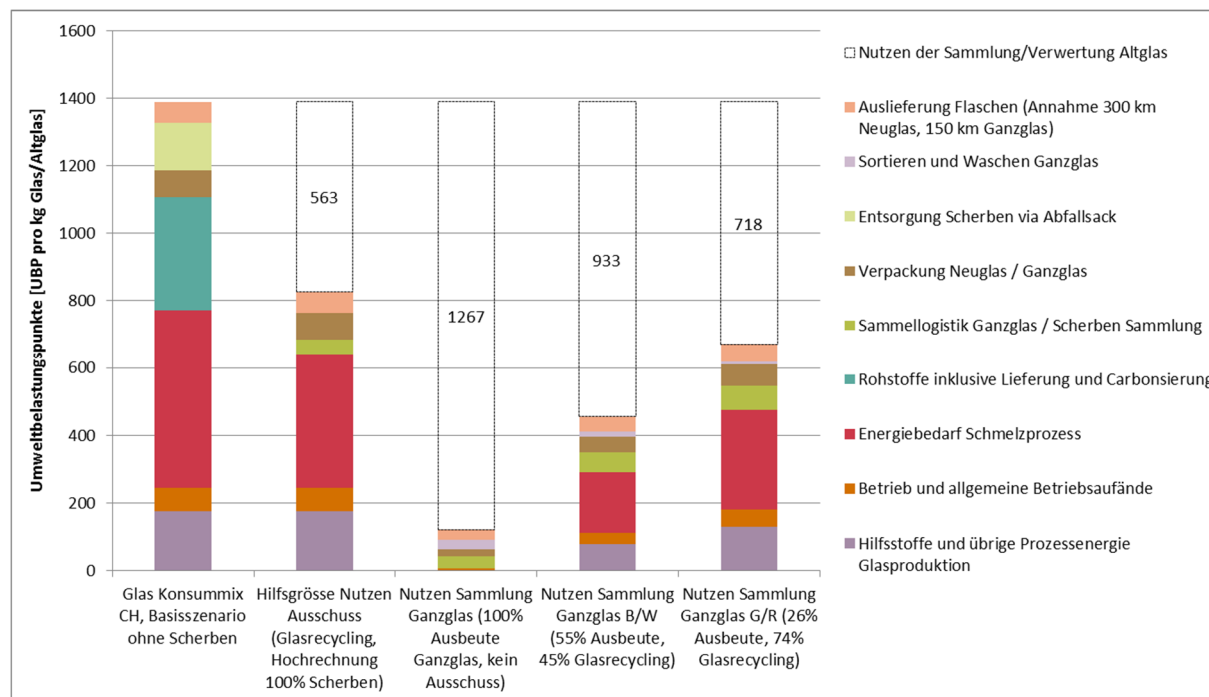


Abbildung 8: Umweltwirkungen der Sammlung Ganzglas im Vergleich zum Basisszenario ohne eine Altglassammlung (Bewertung Ausschuss Ganzglas mit einer Verwertung von Scherben im Glasrecycling).

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Die mit der Sensitivitätsanalyse in Kapitel 5 abgeschätzte Unsicherheit zum Nutzen liegt zwischen 20–30 % (Verwendung des Ausschuss im Glasrecycling vorausgesetzt).

Die Sammlung Ganzglas des analysierten Betriebes wurde in den letzten Jahren konzentriert auf relativ dicht besiedelte Gebiete mit einer effizienten Logistik für die Sammlung und ebenfalls die betrieblichen Aufwände für das Sortieren und Waschen optimiert. Der Ausschuss wird gemäss Angaben des analysierten Betriebes aktuell farbgetrennt gesammelt und zu 100 % im Glasrecycling verwendet. Für eine Analyse der Bandbreite des ökologischen Nutzens wurden im Rahmen der Sensitivitätsanalysen etwas weniger effiziente Sammeltouren sowie andere Varianten der Verwertungen des Ausschusses analysiert.

4.3 Nutzen Sammlung Scherben für Schaumglasschotter

Gemäss Angaben der Misapor AG wird der hergestellte Schaumglasschotter aktuell für die folgenden Produktgruppen verwendet:

- 70 % Perimeterdämmung (z.B. anstelle Perimeterdämmung XPS oder Schaumglasplatten)
- 20 % Leichtschüttungen (z.B. Garagendächer, Ersatz Kies auf bestehenden Bauten)
- 10 % Spezialanwendungen (z.B. Drainage, Terrain Stabilisierung, Strassenbau, Leichtbeton)

Der ausgewiesene ökologische Nutzen des Schaumglasschotters basiert auf dem Wert der Hauptanwendung Schaumglasschotter in der Perimeterdämmung. Der Nutzen der stark objektabhängigen Leichtschüttungen und Spezialanwendungen wurde im Sinne einer konservativen Schätzung mit dem Wert der Perimeterdämmung abgeschätzt und ergänzend Analysen zur Spannbreite des Nutzens im Rahmen der Sensitivitätsbetrachtung in Kapitel 5 erstellt.

4.3.1 Analyse Umweltwirkungen der Produktion Schaumglasschotter

In Abbildung 9 sind die Umweltwirkungen der Herstellung von Schaumglasschotter dargestellt. Von Bedeutung ist in erster Linie der Strombedarf für den Schmelzprozess im Ofen und die Aufbereitung der Scherben. Für die Produktion von Baumaterialien wird in der vorliegenden Studie der spezifische Stromversorgungsmix verwendet, d.h. für den produzierten Schaumglasschotter der Stromversorgungsmix Schweiz und für Schaumglasplatten zertifizierter Strom. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurde der Einfluss des Stromproduktes in der Produktion von Schaumglasprodukten analysiert (siehe Kapitel 5).

Neben Elektrizität werden im analysierten Beispiel kaum weitere Energieträger benötigt. Gas wird zum Trocknen von nassem Material verwendet. Als Aktivator wird ein Abfallprodukt der Silicon Industrie SIC eingesetzt. Für die Bewertung des Nebenproduktes der SIC Herstellung wird eine ökonomische Allokation verwendet. Aufgrund des geringeren Preisniveaus werden für das Nebenprodukt 25 % der Umweltwirkungen verrechnet.

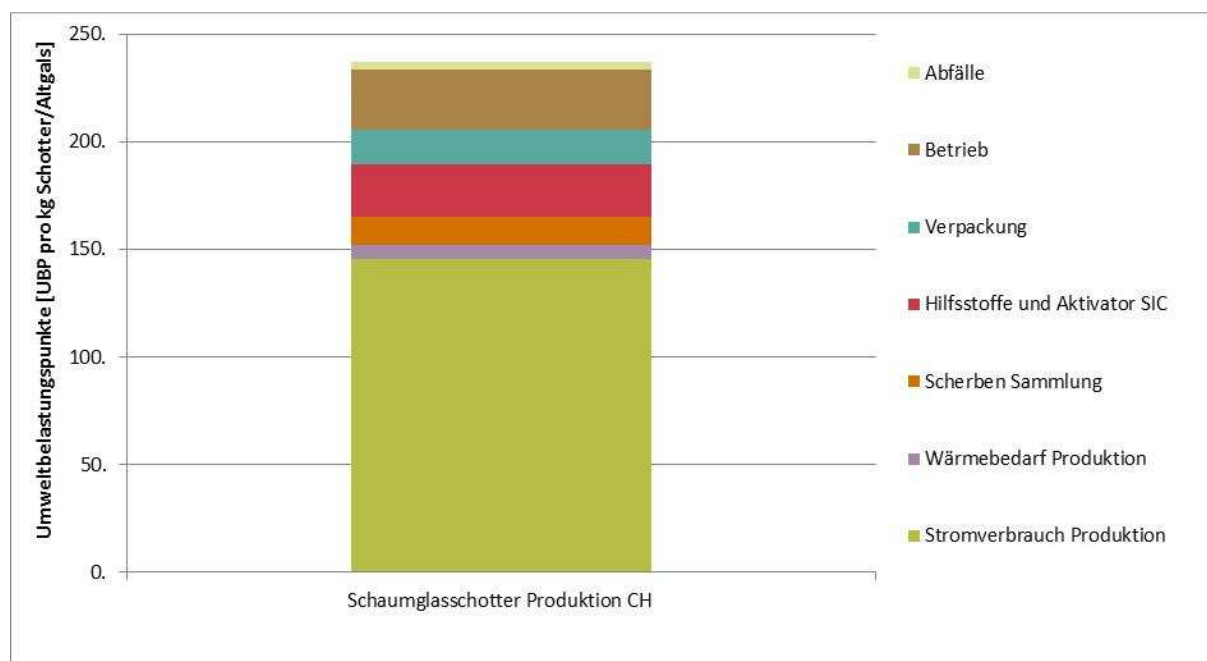


Abbildung 9: Umweltwirkungen der Herstellung 1 kg Schaumglasschotter (Verwertung von 1 kg Altglas)

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Die Unsicherheit der Angabe liegt bei etwa 20–30 % für das analysierte Produkt und die Herstellung mit dem Strommix CH (der Einfluss des Stromproduktes wird bewertet im Rahmen der Sensitivitätsanalysen in Kapitel 5)

4.3.2 Reduktion Umweltwirkungen mit Einsatz von Schaumglasschotter im Bereich der Perimeterdämmungen (70 %)

In Abbildung 10 sind die Umweltwirkungen der Perimeterdämmung mit Schaumglasschotter dem standardmässig eingesetzten Systemen der Aussendämmung, mit gleicher Funktion und Isolationswert, gegenübergestellt (bezogen auf den Einsatz von 1 kg Altglas in diesem Bereich). Die gewählten Systeme mit einer Isolation aus extrudiertem Polystyrol XPS oder Schaumglasplatten sind mit einer Sauberkeitsschicht aus Kies/Magerbeton aufgebaut. Beim Schaumglasschotter wird keine Sauberkeitsschicht benötigt, es werden zwei Vliese verlegt.

Im Vergleich zu einer Aussendämmung mit Polystyrol und Schaumglas ergibt die Perimeterdämmung mit Schaumglasschotter bei den dargestellten Umweltbelastungspunkten in Abbildung 10 eine Reduktion der Umweltwirkungen um etwa 50 %. Die Bilanz in diesem Bereich wird durch die Wahl der Energieträger und Stromprodukte beeinflusst (siehe dazu auch Sensitivitätsanalysen in Kapitel 5).

Abbildung 11 zeigt die erzielten Veränderungen im Vergleich zum Basisszenario einschliesslich der vermiedenen Entsorgung von Altglas über die KVA. Insgesamt ergibt sich mit der Verwertung von Scherben zu Schaumglasschotter als Ersatz konventioneller Perimeterdämmung ein ökologischer Nutzen von etwa 436 UPB (bei einem Anteil von 25 % Schaumglasplatten und 75 % Polystyrol). Die Glasproduktion bleibt bei einer Verwendung von Scherben als Ersatzbaustoffe unverändert in der Grössenordnung des Basisszenarios.

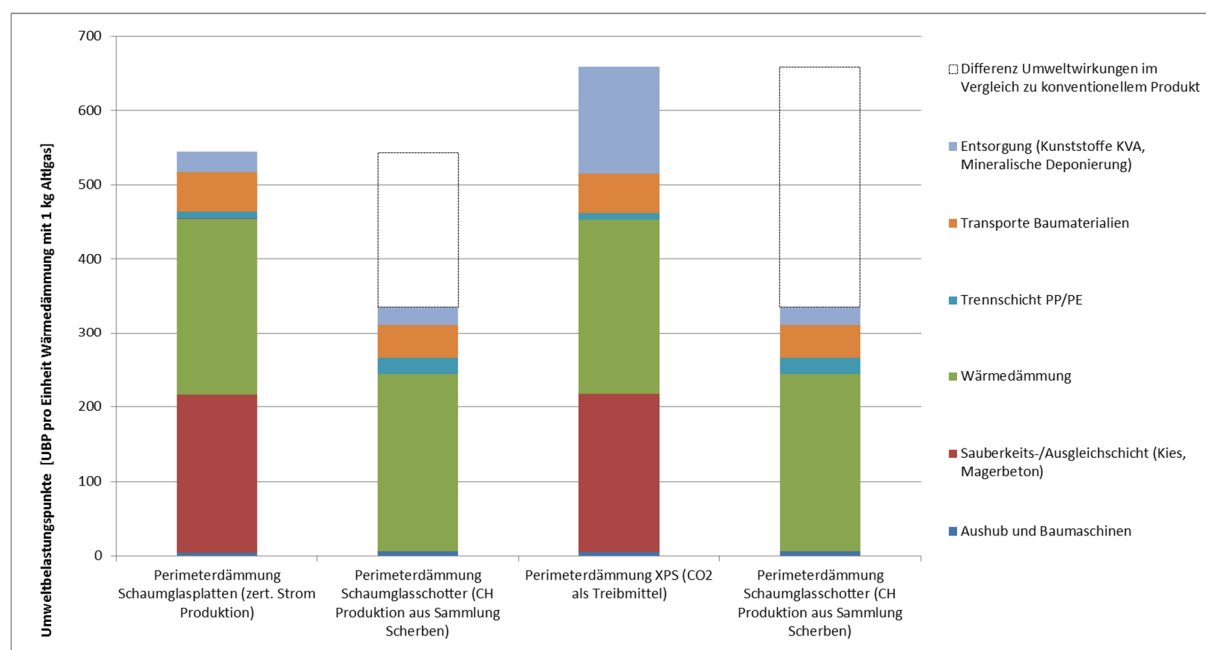


Abbildung 10: Analyse der Umweltwirkungen Perimeterdämmung mit Schaumglasschotter im Vergleich zu gleichwertigen konventionellen Dämmsystemen (Bezugseinheit Dämmsystem mit Verwertung von 1 kg Altglas/Schotter)

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UPB 2013) berechnet. Die Abschätzung ergibt eine Unsicherheit von 30-35 % (siehe Sensitivitätsanalysen in Kapitel 5).

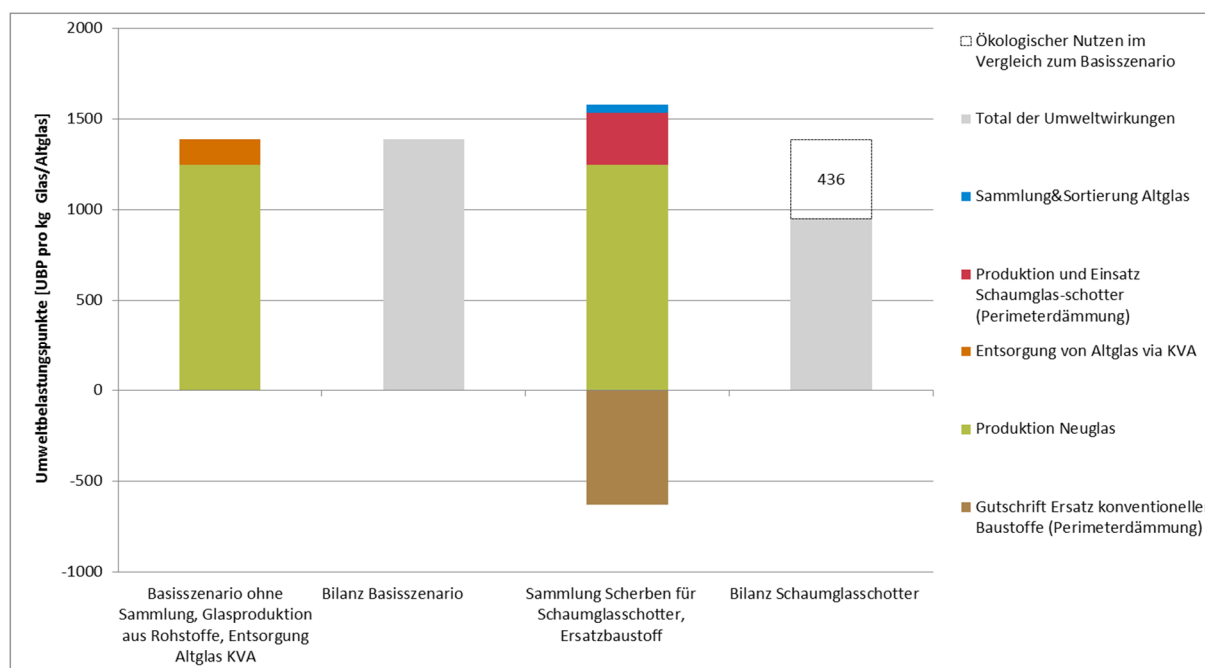


Abbildung 11: Vergleich Ökobilanz der Verwertung von Altglas für Schaumglasschotter Perimeterdämmungen (Ersatz 75% System mit XPS/25% Schaumglasplatten) im Vergleich zum Basisszenario Glaskreislauf ohne Sammlung Altglas

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Die Sensitivitätsbetrachtung ergibt für den ökologischen Nutzen eine Spannbreite von 30-40 % beim Ersatz der aufgeführten konventionellen Perimeterdämmungen.

4.3.3 Reduktion Umweltwirkungen mit Schaumglasschotter in Leichtschüttungen (20 %) und Spezialanwendungen (10 %)

Von den Leichtschüttungen werden etwa 30 % als Ersatz Kies bei der Renovation von Bauten und etwa 70 % bei Neubauten eingesetzt. Spezialanwendungen umfassen sehr unterschiedliche Anwendungen wie z.B. Drainagen, Frostschutzriegel, Einsatzgebiete im Strassenbau oder die Verwendung für Leichtbeton. Anlass für einen Einsatz Schaumglasschotter im Bereich der Leichtschüttungen und Spezialanwendungen sind häufig Einsparungen stabilisierender Elemente aus Stahl und Beton oder Verbesserungen der Wärmedämmung mit einem entsprechend hohen Nutzenpotential. Ein Erwartungswert für den Nutzen ist nicht quantifizierbar, da der Nutzen sehr stark variiert, abhängig vom Objekt. Als konservative Schätzung für die Grössenordnung des ökologischen Nutzens von Leichtschüttungen bei Neubauten wird daher das Ergebnis der Perimeterdämmung verwendet (siehe Kapitel 4.2.2, Abbildung 9).

Für eine Abschätzung der möglichen Spannbreite wurden einerseits bei den Leichtschüttungen auf Neubauten die möglichen Variationen der Perimeterdämmung und bei den übrigen Leichtschüttungen und Spezialanwendungen als Maximalwerte der Ersatz Stahlbeton Frostschutzriegel und als Minimalwert ein Ersatz ohne Nutzen bilanziert (siehe Kapitel 5).

4.4 Nutzen Sammlung Scherben für Sandproduktion

Daten für den Aufwand der Sandproduktion aus Scherben liegen nicht vor. Als Abschätzung wurde für Maschinen und Energieeinsatz der Mahlprozess Kalkstein aus ecoinvent verwendet (crushing Limestone). In Abbildung 12 ist der Aufwand für das Sammeln und Versenden von Scherben gegenüber dem Aufwand Abbau Rohstoff Sand dargestellt. Die ausgewiesene Differenz liegt im Bereich der Unsicherheit.

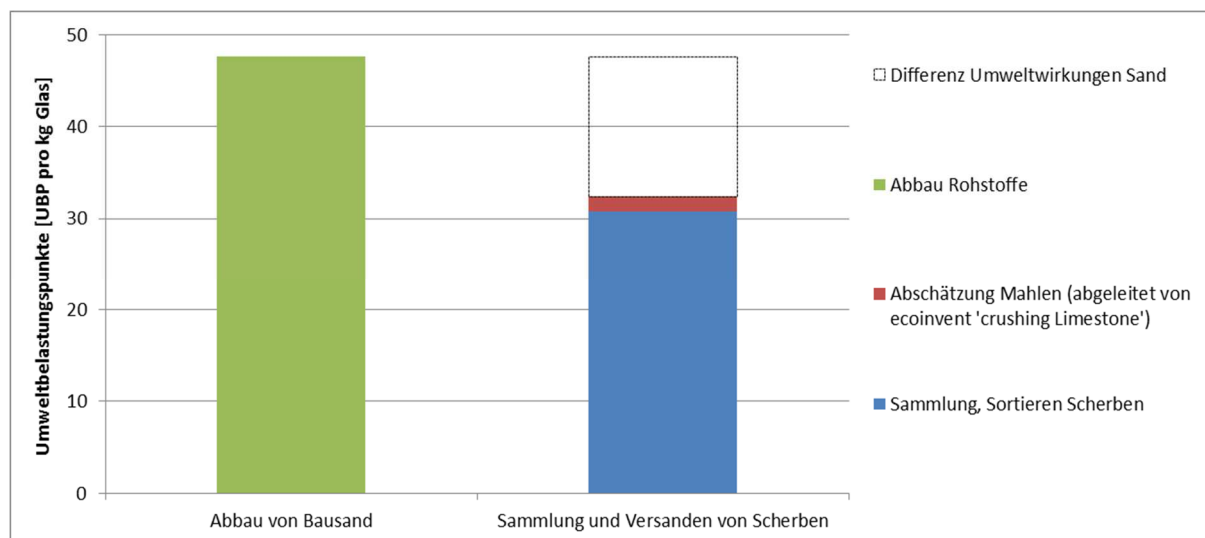


Abbildung 12: Herstellung von Sand aus Scherben im Vergleich zum Abbau von Sand

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Schätzung Unsicherheit 20-30 %

Abbildung 11 zeigt die erzielten Veränderungen im Vergleich zum Basisszenario, Aufwand/Ertrag Versenden von Scherben, mit eingeschlossen die vermiedene Entsorgung von Altglas über den Haushaltskehrriech. Insgesamt ergibt sich mit dem Versenden ein ökologischer Nutzen von etwa 156 UPB, hauptsächlich aufgrund der vermiedenen Entsorgung von Scherben über den Haushaltskehrriech in einer KVA. Die Glasproduktion bleibt gegenüber dem Basisszenario unverändert.

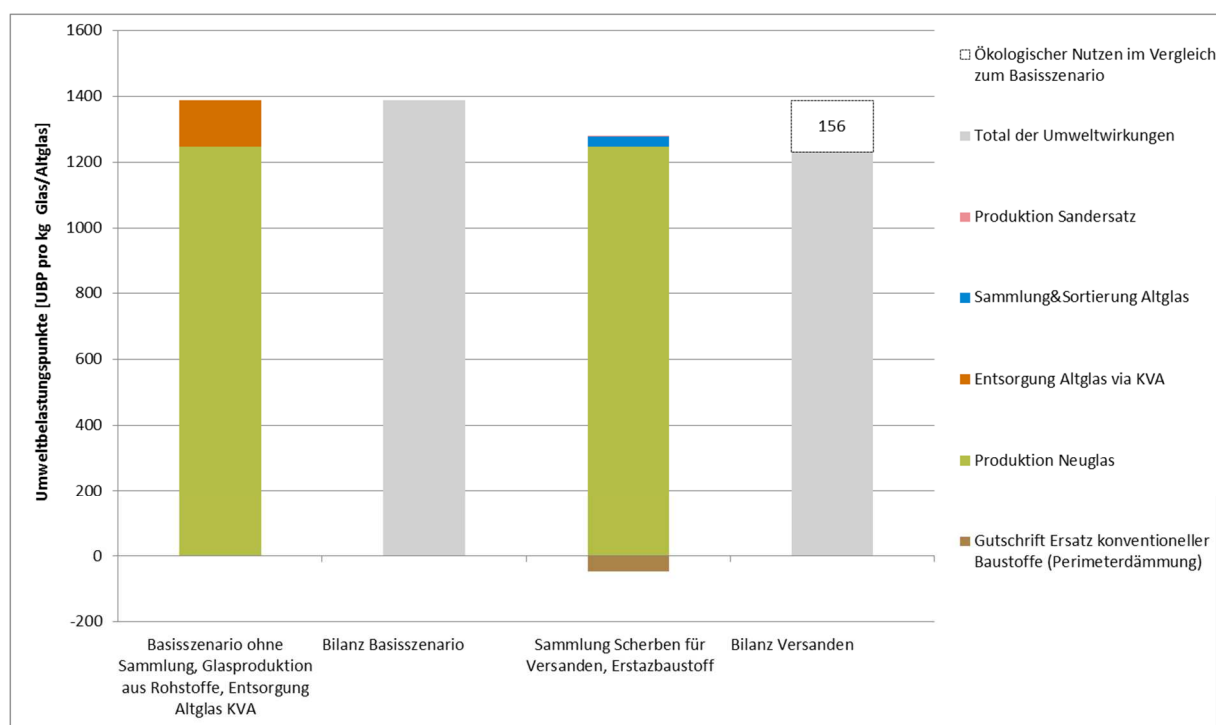


Abbildung 13: Vergleich Ökobilanz des Versandens von Altglas gegenüber Basisszenario Glaskreislauf ohne Sammlung

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet.

5 Sensitivitätsanalysen

Um die Belastbarkeit der Resultate zu prüfen wurden die Ergebnisse im Hinblick auf verschiedene getroffene Annahmen analysiert und mit den nachfolgenden Szenarien in Tabelle 6 die Bandbreite des ökologischen Nutzens bestimmt (siehe Detailergebnisse in Anhang A3). Auf der Basis der nachfolgend definierten Szenarien Extremwerte wurde die mögliche Spannbreite des ökologischen Nutzens analysiert und daraus die Bandbreite 95%-Konfidenzintervall abgeschätzt. Dabei wurde angenommen, dass für die positive und negative Abweichung die Grundsätze einer Normalverteilung anwendbar sind und Minimal- und Maximalwerte (Extremwerte) in etwa den Eckpunkten des Konfidenzintervalls von 99.75% entsprechen (3*sigma: 3 Mal Standardabweichung). Somit kann das 95 %-Konfidenzintervall, welches 2*sigma (2 Mal Standardabweichung) entspricht, hergeleitet werden für die Abschätzung der Bandbreite des ökologischen Nutzens.

Tabelle 6: Szenarien für Sensitivitätsanalysen und Abschätzungen der Bandbreite des ökologischen Nutzens

Veränderungen mit dem Einsatz von Scherben oder der Wiederverwendung von Ganzglas

Parameter	Grundannahmen/Ausgangswert	Minimalwert	Maximalwert
Glasproduktion/ Glasrecycling	Standard Produktion Nachbarländer abgeschätzt mit ecoinvent Datensätzen 1/3 DE und 2/3 RER	Annäherung Standard Produktion aller Nachbarländer mit Datensatz ecoinvent DE	Annäherung Standard Produktion aller Nachbarländer mit Datensatz ecoinvent RER
	Einsparung Energie Schmelzprozess 2.5 % pro 10 % Scherben	Einsparung 2 %	Einsparung 3 %
Ganzglas	Variation der Vergleichsbasis Standard Glasproduktion (siehe oben)	Minimalwert Vergleichsbasis Glasproduktion (siehe oben)	Maximalwert Vergleichsbasis Glasproduktion (siehe oben)
	Differenz Auslieferung Neuglas und Altglas (Abschätzung 150 km Ganzglas und 300 km Neuglas)	Identische Transportdistanz bei Auslieferung. Differenz Auslieferung 0 km (kein Vorteil Ganzglas)	Auslieferung Neuglas 600 km und Ganzglas 150 km (450 km geringere Lieferdistanz)
	Beschränkung auf optimale Sammelgebiete	=Ausgangswert	Volle Abdeckung Sammelgebiete CH (Schätzwert 50 % längere Transportwege)
	Geringe Verpackungsaufwände (System mit Wiederverwendung?)	=Ausgangswert	Identische Verpackung wie Neuglasproduktion
	Ausschuss Scherben bewertet mit Standard Glasrecycling	Ausschuss Scherben bewertet mit Minimalwert Glasrecycling	Ausschuss Scherben bewertet mit Maximalwert Glasrecycling
	Ganzglas Ausbeute	25 % Gemeinden/Restaurant 50 % Betriebe/Weinbauern	30 % Gemeinden/Restaurant 60 % Betriebe/Weinbauern
Schaumglasproduktion	Produktion mit spezifischem Strom- Versorgungsmix für Bauprodukte (CH-Strom für Schotter und zert. für Platten Schaumglas)	Bilanz Produktion Baustoffe mit europäischem Strommix	Bilanz Produktion Baustoffe zertifizierter Strommix
	Annäherung Nutzen Leichtschüttung/ Spezialanwendungen mit Ergebnissen der Perimeterdämmung	Nur Neubauten mit Nutzen wie Perimeterdämmung	Annäherung Renovation / Spezialanwendungen mit Einsparung Stahlbeton wie Frostschutzriegel
Versenden	Abschätzung mit ecoinvent Datensatz für Mahlen Kalkstein	50 % weniger Aufwand Mahlen	50 % mehr Aufwand Mahlen

In Abbildung 14 ist das Fazit dieser Analysen mit den Bandbreiten des ökologischen Nutzens illustriert (Vertrauensintervall 95 % Perzentile). Siehe auch Details zum ermittelten mittleren ökologischen Nutzen mit den hier aufgeführten Grundannahmen in Kapitel 4.1 bis 4.4.

Es besteht eine Abhängigkeit beim Resultat der Sammlung von Ganzglas von den Resultaten der Glasproduktion und des Glasrecyclings. Dies ist bei der Darstellung der Bandbreite nicht berücksichtigt (Maximalwerte Glasrecycling führen auch zu Maximalwerten Ganzglas). Trotz der Überschneidung der Bereiche ist die Differenz beim ausgewiesenen ökologischen Nutzen signifikant.

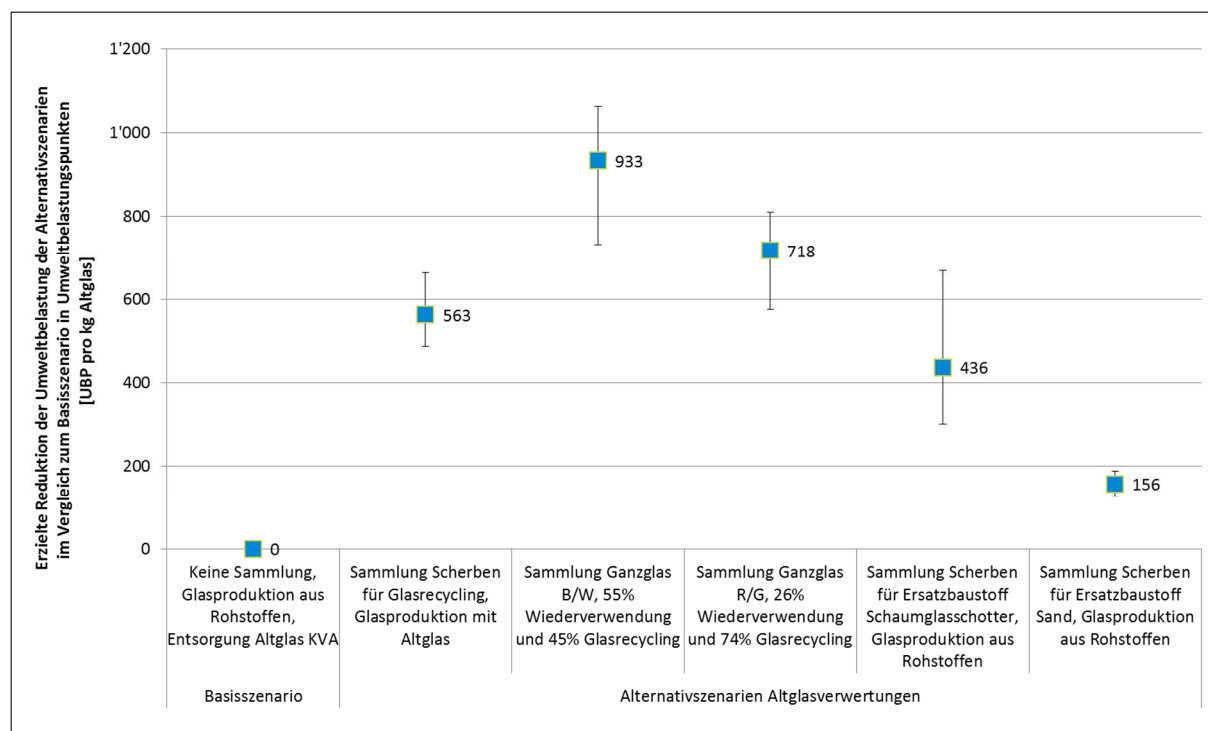


Abbildung 14: Bandbreite des ökologischen Nutzens der verschiedenen analysierten Verwertungsalternativen

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltpunkten (UBP 2013) berechnet. Die Bandbreite wurde ausgehend von den aufgeführten Szenarien in Tabelle 5 bestimmt (Abschätzung 95 %-Konfidenzintervall). Nicht berücksichtigt ist in der Darstellung der Bandbreite die Abhängigkeit der Resultate Ganzglas Sammlung und Glasrecycling.

Dargestellt ist jeweils der erwartete Mittelwert mit der Bandbreite aus den Sensitivitätsanalysen. Für eine Empfehlung zum Verteilschlüssel ist die Bandbreite des ökologischen Nutzens zu berücksichtigen. Die erzielten Einsparungen bzw. der Nutzen der Verwertung von Altglas hängt von verschiedenen betrieblichen Faktoren der Abnehmer ab und kann in der angegebenen Bandbreite variieren.

6 Schlussfolgerungen zum ökologischen Nutzen der verschiedenen Verwertungen

Die nachfolgenden Abbildungen und Tabellen zeigen in einer Übersicht das Ergebnis und das Fazit zum ökologischen Nutzen der in Kapitel 4 analysierten Sammlungen und Verwertungen. Abbildung 15 fokussiert die Veränderungen im Vergleich zum Basisszenario und Abbildung 16 den damit resultierenden ökologischen Nutzen der verschiedenen Sammlungen und Verwertungsalternativen.

Empfehlungen für einen Verteilschlüssel nach ökologisch basierten Kriterien werden in einem separaten Dokument ausgehend von den vorliegenden Resultaten, Analysen der Bandbreite des Nutzens sowie ergänzenden Systembetrachtungen erstellt. Die Empfehlung ist auf die heutige Situation und die derzeit gängigen Verwertungswege und die Marktsituation ausgerichtet. Bei Veränderungen der Marktsituation oder von Produktionsverfahren sind Anpassungen der Studie notwendig (z.B. Standort Abnehmer Scherben, Herkunft Glasprodukte, Überschuss von Scherben).

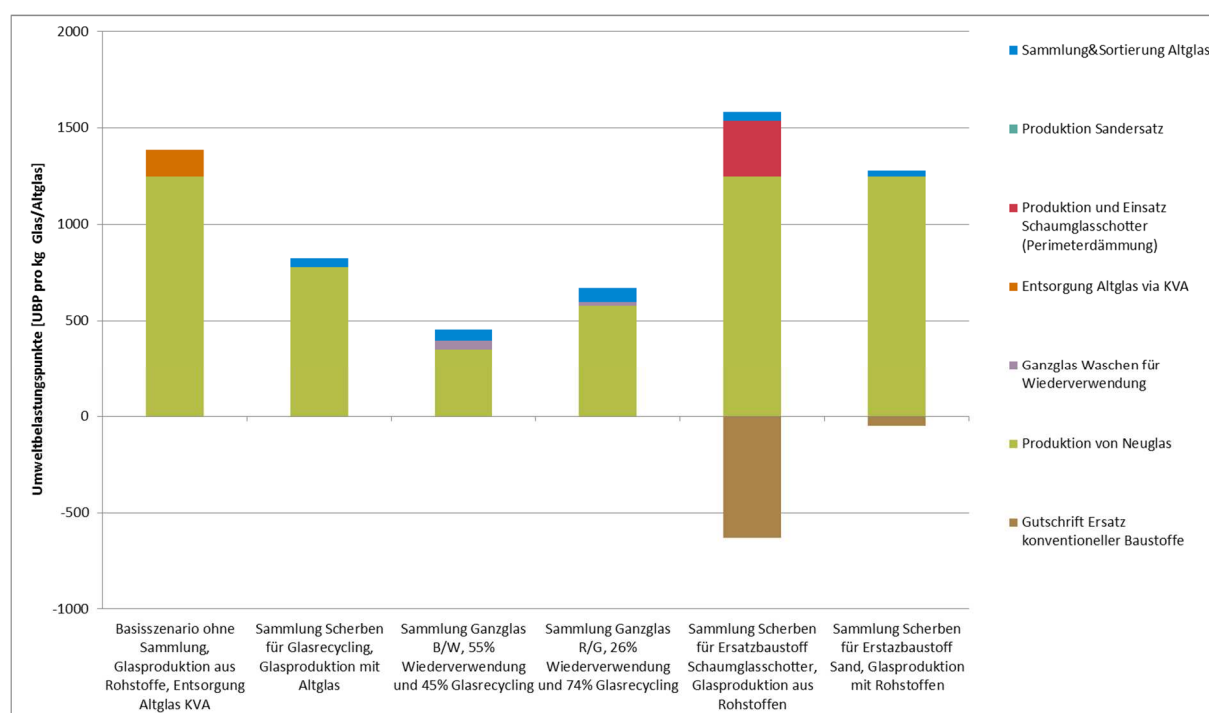


Abbildung 15: Ökobilanz Sammlung und Verwertung von Altglas im Vergleich zum Basisszenario [1 kg Glas/Altglas]

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Die Unsicherheit der Bilanz im Total der Verwertungsoptionen liegt in der Grössenordnung von 30–40 %, einzelne Beiträge weisen grössere Unsicherheiten auf.

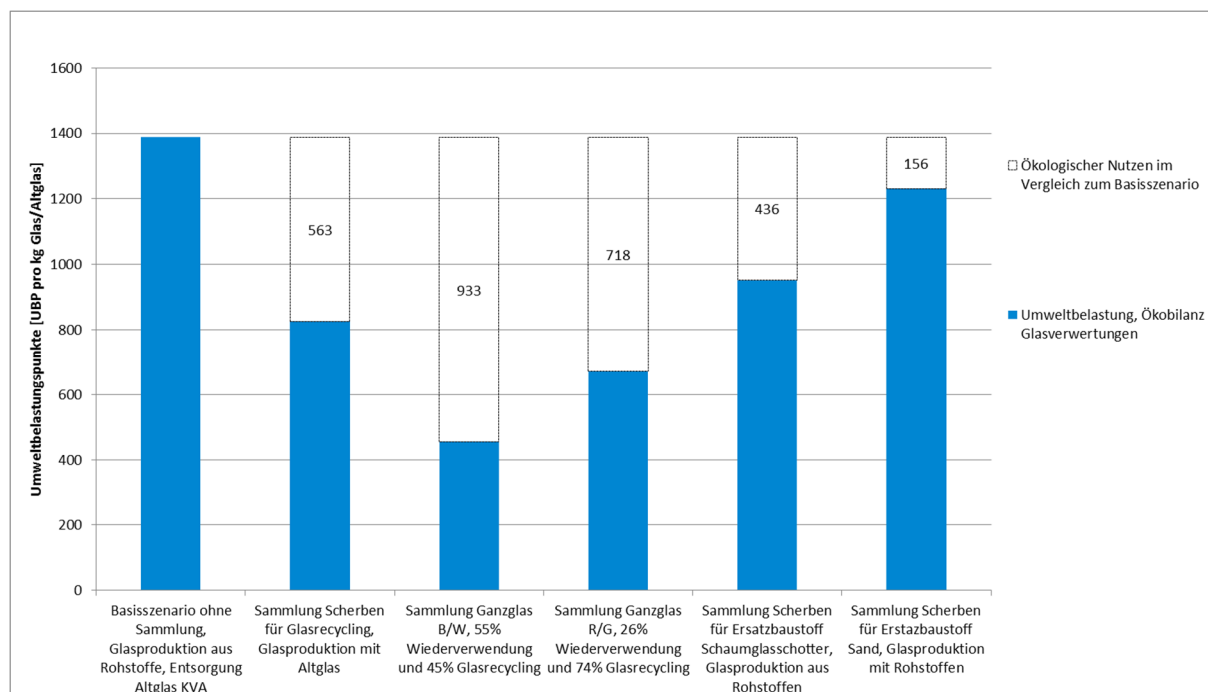


Abbildung 16: Nutzen der Sammlung und Verwertung im Vergleich zum Basisszenario [1 kg Glas/Altglas]

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Die Unsicherheit des berechneten Nutzens variiert abhängig von der Verwertungsoption; die Abschätzungen der Spannweite ergeben eine Unsicherheit von 30–50 %.

Die Spannweite zum angegebenen ökologischen Nutzen wurde auf Basis von Sensitivitätsanalysen abgeschätzt, siehe Details der Auswertung in Kapitel 5 sowie Angaben zu den Szenarien in Tabelle 5. Zu berücksichtigen ist bei der Angabe der Spannweite die Abhängigkeit der Sammlung Ganzglas vom Resultat des Glasrecyclings. Höhere Werte Glasrecycling führen auch zu höheren Werten Ganzglassammlung.

Tabelle 7: Nutzen der unterschiedlichen Verwertungswege von Altglas

Reduktion Umweltwirkungen im Vergleich zum Basisszenario ohne Sammlung Altglas. Analyse Spannweite Kapitel 5.

Sammlung /Verwertung	Ökologischer Nutzen	Spannbreite Nutzen
	[UBP pro kg Sammelgut]	[UBP pro kg Sammelgut]
Scherben für Glasrecycling *	563	485 – 665
Ganzglas für Wiederverwendung (Annahme Ausschuss Glasrecycling)	BW: 933	730 – 1060
	G/R 718	575 – 810
Scherben für Schaumglasschotter	436	300 – 670
Scherben für Sandersatz	154	125 – 185

* Für die gemischte Sammlung von Scherben wird aufgrund des geringeren Einsatzpotentials ein Abzug von 5–40 % beim Nutzen gemacht (geringere Quote Einsatz gemischter Scherben, Mangel weisser/brauner Scherben). Aktuell werden gemischte Scherben für die Grünglasproduktion eingesetzt und nur ein geringer Teil nachträglich im Ausland optisch sortiert. Aus ökologischer Sicht ist der Aufwand der Sortierung wenig relevant, ins Gewicht fallen können Verluste der Sortierung sowie zusätzliche Transportwege.

Lenkende Massnahmen bezüglich der Art der Sammlung sowie zur Steuerung der Schaumglasschotterproduktion machen auf Grund der folgenden Überlegungen Sinn. Aktuell wird nur ein geringer Anteil der gemischt gesammelten Scherben für den Einsatz im Glaswerk nachträglich farbgetrennt. Ohne farbgetrennte Sammlung muss davon ausgegangen werden, dass Scherben für Weiss- und Braunglas fehlen und gleichzeitig

der Überschuss Scherben für Grünglas wächst. Die Verwendung für Schaumglasschotter anstatt des Glasrecyclings führt zu einer Verschiebung des Nutzens vom Glaskreislauf zum Schaumglasschotter. Einen Mehrnutzen ergibt sich im Fall dass der Bedarf der Glasproduktion gedeckt ist und Scherben sonst versandet oder entsorgt werden müssten.

Neben ökologischen Kriterien sind für die Bestimmung der VEG ebenfalls ökonomische, politische und soziale Aspekte zu berücksichtigen, welche mit der vorliegenden Studie nicht beurteilt werden können. Die vorliegende Studie sowie die ergänzenden Empfehlung zum Verteilschlüssel wurden unabhängig von der Art der Finanzierung der VEG erstellt.

7 Literatur

- Carbotech AG. 2008. „Ökobilanz Nutzen der Glasverwertungen.“
- ecoinvent. 2014. „ecoinvent 3.1 – ecoinvent.“ Juli 8. <http://www.ecoinvent.org/database/ecoinvent-version-3/ecoinvent-31/ecoinvent-31.html>.
- Frischknecht R., und Büsser Knöpfel S. 2013. „Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der Ökologischen Knappheit - Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz.“ 1330. Umwelt-Wissen. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- „Glass Recycling Facts | Glass Packaging Institute.“ 2015. Zugriffen August 21. <http://www.gpi.org/recycling/glass-recycling-facts>.
- Goedkoop, Mark, Reinout Heijungs, Mark Huijbregts, An De Schryver, Jaap Struijs, und Rosalie Van Zelm. 2009. „ReCiPe 2008 A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level.“ *VROM–Ruimte en Milieu, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, www.lcia-recipe.net*, Nr. First Edition (Januar). http://www.pre-sustainability.com/download/misc/ReCiPe_main_report_final_27-02-2009_web.pdf.
- IPCC. 2006. „2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.“ Volume 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Kamiyamaguchi Hayama, Kanagawa, Japan: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.
- PRé Consultants. 2011. *SimaPro* (Version 7.3.3). Pré Consultants.
- Scalet, Bianca Maria, Serge Roudier, Marcos Garcia Muñoz, Luis Delgado Sancho, Aivi Querol Sissa, und Institute for Prospective Technological Studies. 2013. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass Industrial Emissions Directive 2010/75/EU: Integrated Pollution Prevention and Control*. Luxembourg: Publications Office.

Anhang

A1 Sachbilanzdaten

A1.1 Glasproduktion

Die Glasproduktion in der Schweiz wurde anhand von Betriebsdaten der Produktion in St-Prex 2014 zusammengestellt (vertrauliche Angaben). Ergänzend wurden Glasimporte mit bestehenden Datengrundlagen aus ecoinvent mit 1/3 Deutschland und 2/3 Europa angenähert (keine Datengrundlagen für Nachbarländer Italien, Frankreich und Österreich in ecoinvent vorhanden).

Energiebedarf der Glasproduktion (Plausibilitätsprüfung Daten/Annahmen)

Für eine Plausibilitätsprüfung und Einordnung der verwendeten Daten zum Energieverbrauch der Glasproduktion wurden die nachfolgenden Angaben BREF Zusammenstellung/FEVE survey verwendet.

http://eippeb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/GLS_Adopted_03_2012.pdf

Table 3.21: Total direct energy consumption (plant) per net tonne of product from the FEVE survey for bottle/jars and flaconnage production

Product type	Reported data	N° values	Specific total energy usage (GJ NCV ⁽¹⁾ /net tonne products)		
			Mean	Min.	Max.
All product types	100 %	65	8.7	3.7	31.5
	5 – 95 %	57	7.7	5.3	16.8
Bottle and jar production	100 %	52	6.9	3.7	13.4
	5 – 95 %	46	6.9	4.7	8.5
Flaconnage production	100 %	13	16.1	7.2	31.5
	5 – 95 %	11	15.5	8.3	30.9

⁽¹⁾ NCV = net calorific value for fossil fuels and electricity as consumed (without taking into account the equivalent primary energy usage).
Source: [126, FEVE 2009]

IPCC Angaben zur Berechnung der CO₂ Emissionen aus Carbonaten

Default values IPCC 2006 for CO₂ emissions from the use of minerals in glass production (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3 Industrial Process).

Carbonate	Mineral Name(s)	Formula Weight	Emission Factor (tonnes CO ₂ /tonne carbonate)**
CaCO ₃	Calcite*** or aragonite	100.0869	0.43971
MgCO ₃	Magnesite	84.3139	0.52197
CaMg(CO ₃) ₂	Dolomite***	184.4008	0.47732
FeCO ₃	Siderite	115.8539	0.37987
Ca(Fe,Mg,Mn)(CO ₃) ₂	Ankerite****	185.0225–215.6160	0.40822–0.47572
MnCO ₃	Rhodochrosite	114.9470	0.38286
Na ₂ CO ₃	Sodium carbonate or soda ash	106.0685	0.41492

Source: CRC Handbook of Chemistry and Physics (2004)
* Final results (i.e., emission estimates) using these data should be rounded to no more than two significant figures.
** The fraction of emitted CO₂ assuming 100 percent calcination; e.g., 1 tonne calcite, if fully calcined, would yield 0.43971 tonnes of CO₂.
*** Calcite is the principal mineral in limestone. Terms like high-magnesium or dolomitic limestones refer to a relatively small substitution of Mg for Ca in the general CaCO₃ formula commonly shown for limestone.
**** Formulae weight range shown for ankerite assumes that Fe, Mg, and Mn are present in amounts of at least 1.0 percent.

A1.2 Ganzglas Waschen

Für die Bilanzierung des Ganzglas Waschens wurde die Jahresbilanz Vetrum 2013 und ergänzenden Angaben zu Sammellogistik/Auslastung verwendet (vertrauliche Daten). Die Angaben zur Ausbeute entsprechen dem Mittelwert der Firma Vetrum.

A1.3 Produktion Schaumglasschotter

Die Umweltwirkungen von Schaumglasschotter wurden mit der Jahresbilanz Misapor AG 2013 analysiert (vertrauliche Daten). Angaben der Misapor AG zum Aufbau der verschiedenen Perimeterdämmungen aus Schaumglasschotter, Schaumglasplatten und XPS Platten wurden zudem für eine Prüfung des Dämmwertes mit einem Excel-Tool analysiert (vergleichbare Dämmwirkungen vorausgesetzt für die ökologischen Vergleiche in der vorliegenden Studie).

Aufbau Misapor Perimeterdämmung

Nr.	Material	Anteil in %	Breite Holz in mm	Breite Dämmung in mm	Dicke in mm	Lambda in W/(m K)	R-Wert	Temp.
	Wärmeübergang innen				---	7.7	0.130	20.00
18	Schaumglasschotter				270	0.089	3.034	-8.37
130	Filz 5mm				5	0.120	0.042	-8.74
32	Polythylen (PE)				5	0.050	0.100	-9.64
	<input type="checkbox"/> Beküftung Ja / Nein (aktiv = Ja)				Nein			
	Wärmeübergang aussen				---	25	0.040	-10.00
							3.345	-10.00
	Bauteildicke in mm				280	U-Wert	0.299	W/(m² K)

Excel-Berechnungsprogramm von Gemperte AG, Hünenberg

Aufbau Vergleichsbasis Schaumglasplatten

Nr.	Material	Anteil in %	Breite Holz in mm	Breite Dämmung in mm	Dicke in mm	Lambda in W/(m K)	R-Wert	Temp.
	Wärmeübergang innen				---	7.7	0.130	20.00
16	Schaumglas				125	0.044	2.841	-7.36
88	Sand Kies				50	0.700	0.071	-8.02
32	Polythylen (PE)				5	0.050	0.100	-8.94
130	Filz 5mm				5	0.120	0.042	-9.32
132	Betonwerksteinplatten 40mm				50	1.500	0.033	-9.63
	<input type="checkbox"/> Beküftung Ja / Nein (aktiv = Ja)				Nein			
	Wärmeübergang aussen				---	25	0.040	-10.00
							3.257	-10.00
	Bauteildicke in mm				235	U-Wert	0.307	W/(m² K)

Excel-Berechnungsprogramm von Gemperle AG, Hünenberg

Aufbau Vergleichsbasis XPS

Nr.	Material	Anteil in %	Breite Holz in mm	Breite Dämmung in mm	Dicke in mm	Lambda in W/(m K)	R-Wert	Temp.
	Wärmeübergang innen				---	7.7	0.130	18.84
26	Polystyrol PS extrudiert, Jackodur				110	0.037	2.973	-7.70
136	Zementunterlagsboden				50	1.500	0.033	-8.00
32	Polythylen (PE)				5	0.050	0.100	-8.89
88	Sand Kies				30	0.700	0.043	-9.27
130	Filz 5mm				5	0.120	0.042	-9.64
	<input type="checkbox"/> Beküftung Ja / Nein (aktiv = Ja)				Nein			
	Wärmeübergang aussen				---	25	0.040	-10.00
							3.361	-10.00
	Bauteildicke in mm				200	U-Wert	0.298	W/(m² K)

Excel-Berechnungsprogramm von Gemperle AG, Hünenberg

A1.4 Sandproduktion

Abschätzungen mit Datensatz ecoinvent zum Mahlprozess Kalkstein. Keine Angaben von Betrieben.

A2 Detailanalysen Umweltwirkungen

A2.1 Detailanalysen zur Glasproduktion (Ausgangsbasis)

Verwendete Datengrundlagen für Importe bzw. ecoinvent Datensätze für die Glasproduktion Deutschland und Europa sowie Auswertungen St-Prex im Vergleich. Die Annahmen zum Standard der Produktion haben einen relevanten Einfluss auf das Resultat. Die Mittelwerte Glasimporte wurden in der vorliegenden Studie berechnet mit 1/3 Glasproduktion DE und 2/3 Glasproduktion RER für die übrigen Länder. Sensitivitätsanalysen für den Standard der Glasproduktion in Nachbarländern wurden mit den ecoinvent Datengrundlagen zur Produktion DE als Minimalwert und zur Produktion Europa als Maximalwert erstellt. Die Umweltwirkungen der Produktion Schweiz liegen im unteren Bereich und sind im Rahmen der Unsicherheit vergleichbar mit den ecoinvent Daten für die Produktion in Deutschland⁸.

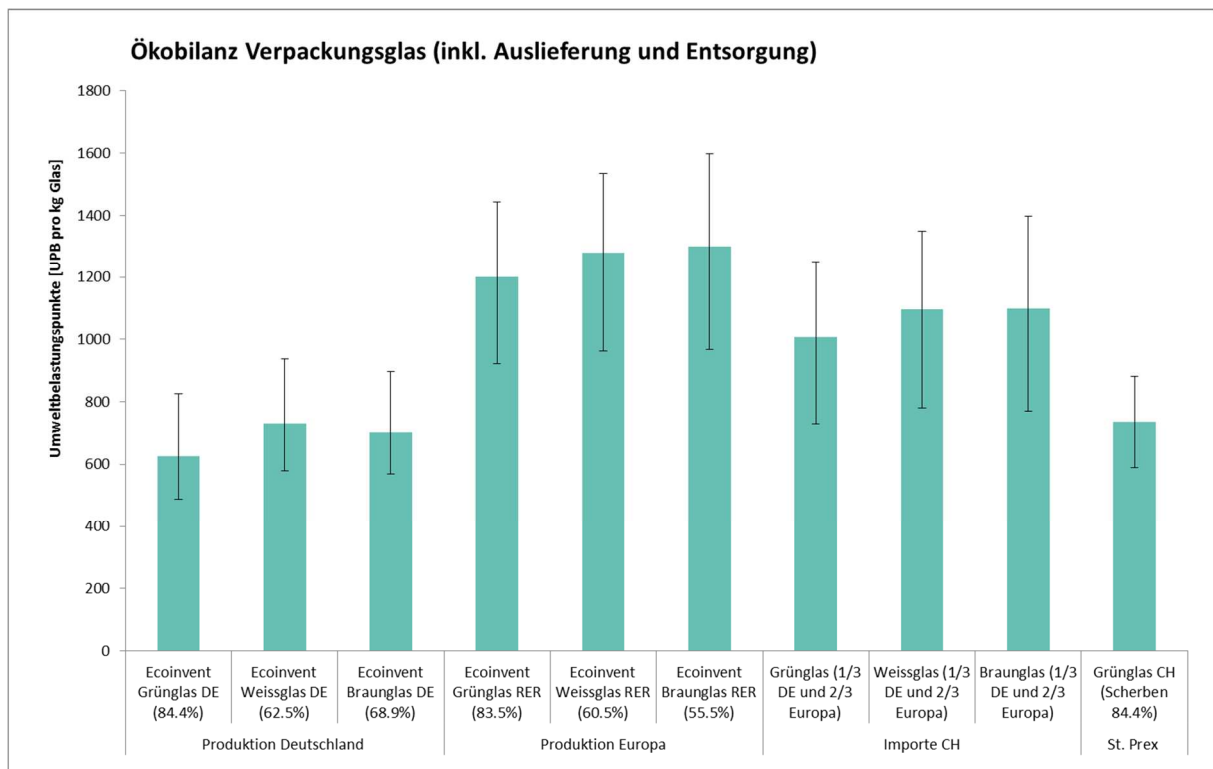


Abbildung 17: Umweltwirkungen Glasproduktion pro kg Glas (ecoinvent Datengrundlagen Deutschland und Europa), Basis für Hochrechnung Rohstoffe, Energie und Transporte beim Einsatz von 0 % und 100 % Scherben).

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet.

⁸ Ecoinvent Daten für Deutschland sind teilweise hergeleitet auf Basis von Literaturangaben

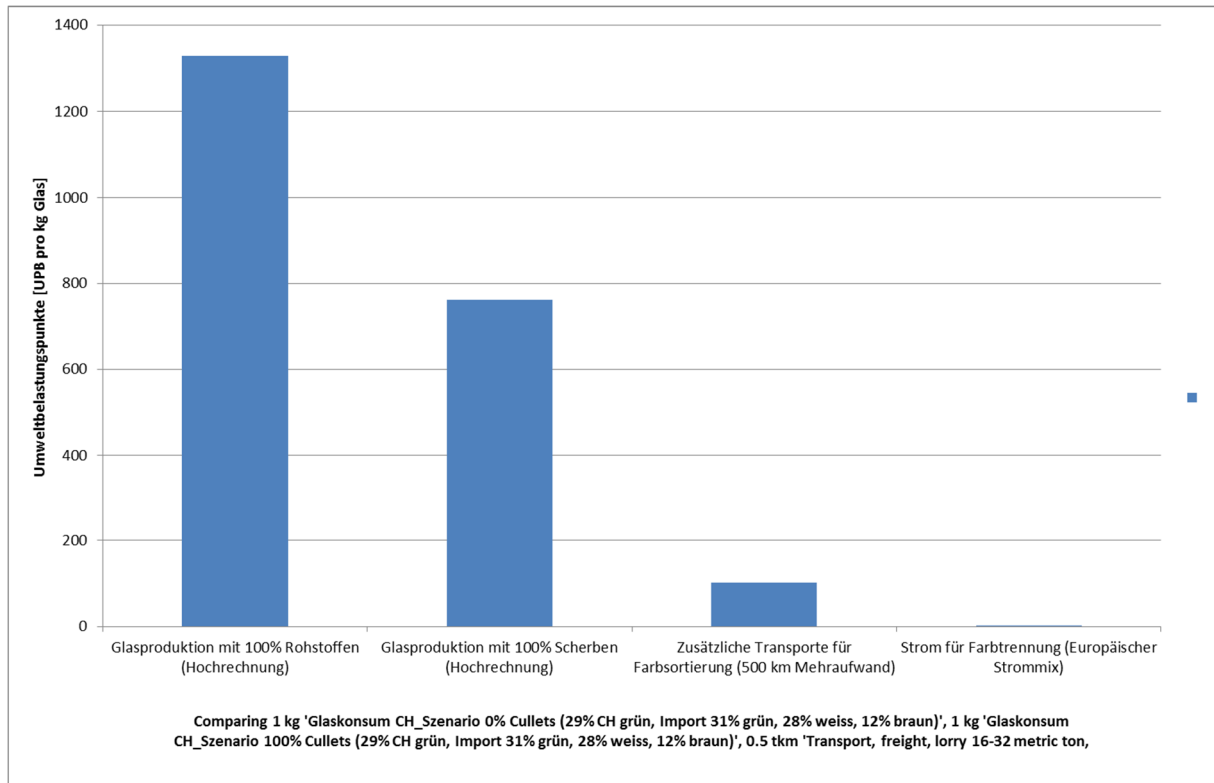


Abbildung 18: Farbtrennung Aufwände im Vergleich zur Glasproduktion (Transporte und Strom für Farbtrennung)

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Grobe Abschätzung Transportaufwände sowie Abschätzung Strom für Farbtrennung mit Angaben Kosten (2.6 kWh pro Tonne)

A2.2 Gesamtbilanz Verwertungen ReCiPe und CO₂

Darstellung der erzielten Einsparungen der unterschiedlichen Verwertungsalternativen von Altglas am Beispiel der Bewertungsmethode ReCiPe H/A und den Indikator Treibhauspotential „CO₂“. Die Bewertung ReCiPe hat gegenüber den verwendeten UPB ein stärkeres Gewicht auf dem Thema fossile Ressourcen und Treibhauspotential. Entsprechend fällt das Profil der Einsparungen ähnlich aus. Die unterschiedliche Gewichtung einzelner Themen hat einen Einfluss auf die Bewertung der Schaumglasschotter Produktion. Ausschlaggebend ist dabei die Gewichtung von Schäden der Strombereitstellung, wie nukleare Abfälle.

Insgesamt ergibt sich bei der Bewertung des ökologischen Nutzens eine relative gute Übereinstimmung mit der verwendeten Methode der Umweltbelastungspunkte. Am besten schneidet die Ganzglassammlung ab und am schlechtesten das Versanden. Der Wert des Schaumglasschotters liegt etwas näher beim Glasrecycling.

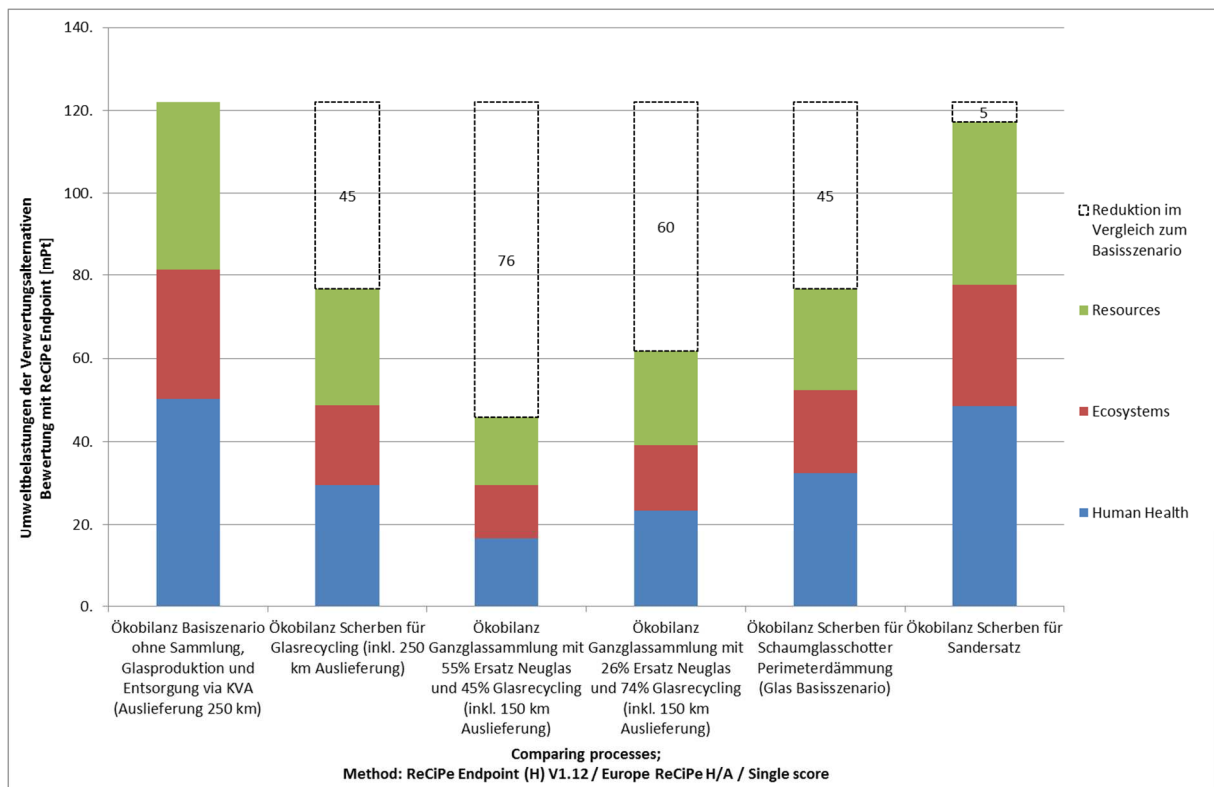


Abbildung 19: Nutzen der Sammlung und Verwertung im Vergleich zum Basisszenario [1 kg Glas/Altglas]

Angabe der Umweltbelastung mit der Bewertungsmethode ReCiPe H/A ((Goedkoop u. a. 2009). Die ausgewiesene Reduktion der Umweltbelastung im Vergleich zum Basisszenario entspricht dem ökologischen Nutzen.

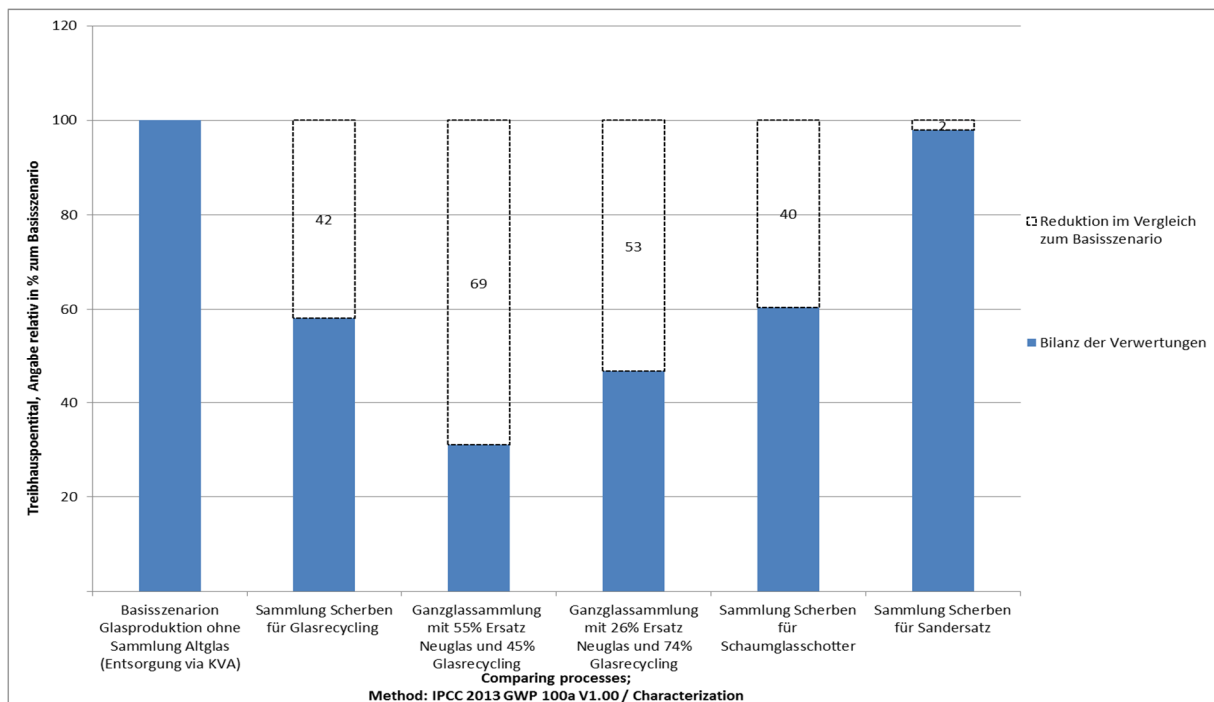


Abbildung 20: Nutzen der Sammlung und Verwertung im Vergleich zum Basisszenario [1 kg Glas/Altglas]

Angabe der Umweltbelastung für den Indikator Treibhauspotential (IPCC 2013)

A3 Sensitivitätsanalysen

A3.1 Glasproduktion

Bei der Bilanz der erzielten Einsparungen mit Scherben in der Glasproduktion ergibt sich mit den Szenarien der Sensitivitätsanalyse ein Minimalwert von 448 UBP und ein Maximalwert von 714 UBP für den Nutzen von 1 kg Sammelgut Scherben in der Glasproduktion (Mittelwert der Studie 563 UBP).

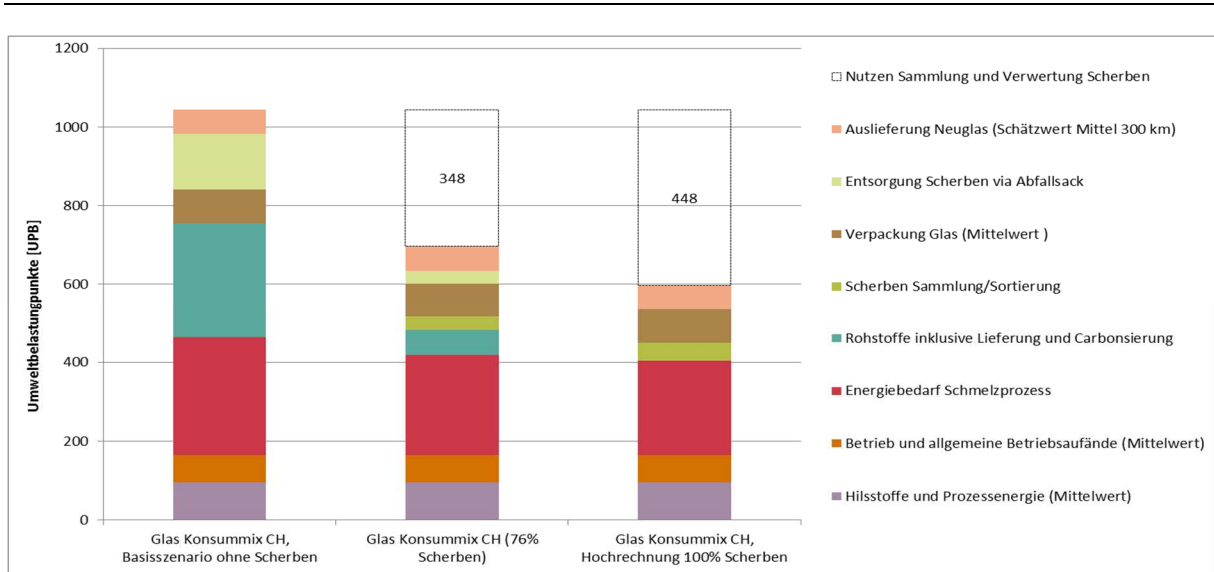


Abbildung 21: Minimalwert Nutzen Scherben in der Glasproduktion, Sensitivitätsanalyse Spannweite ökologischer Nutzen mit Ausgangsbasis Glasproduktion ecoinvent Datensatz „DE“ und Einsparung 2 % pro 10 % Scherben
Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet.

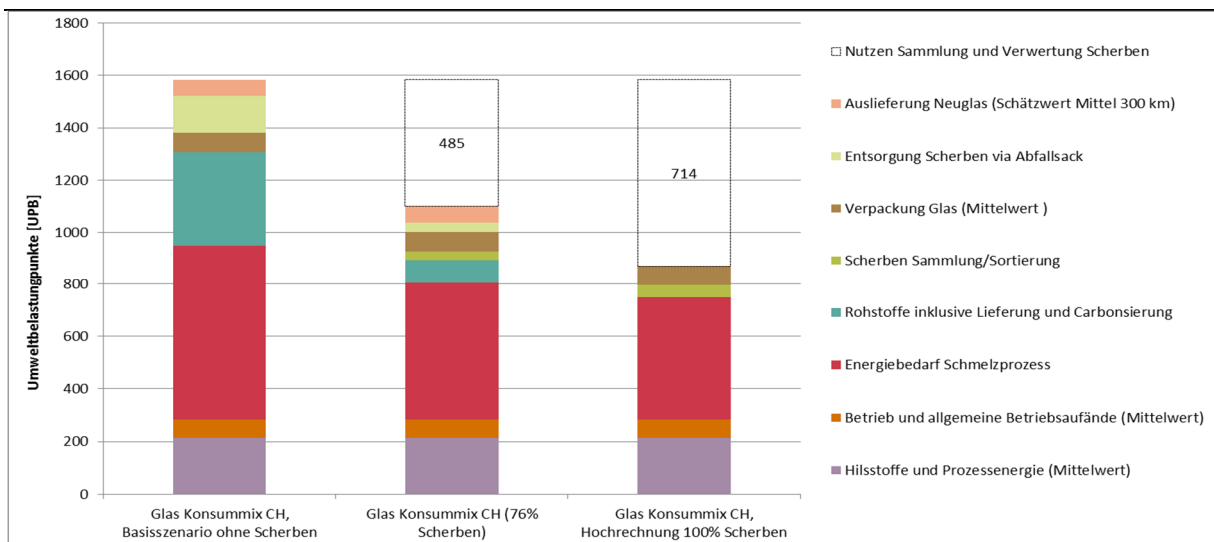


Abbildung 22: Maximalwert Nutzen Scherben in der Glasproduktion, Sensitivitätsanalyse Spannweite ökologischer Nutzen mit Ausgangsbasis Glasproduktion ecoinvent Datensatz „RER“ und Einsparung 3 % pro 10 % Scherben
Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet.

A3.2 Ganzglassammlung

Bei der Bilanz der erzielten Einsparungen ergeben sich für die Ganzglassammlung mit den nachfolgenden Szenarien der Sensitivitätsanalyse ein Minimalwert von 492 UBP und ein Maximalwert von 885 UBP für den Nutzen von 1 kg Sammelgut der Sammlung G/R. Bei der Sammlung W/B ergibt sich ein Minimalwert von 592 UBP sowie eine Maximalwert von 1156 UB. Der Anteil der Sammlungen Gemeinden/Restaurant liegt aktuell bei 68% und der Anteil Weinbauern/Betriebe bei 32%.

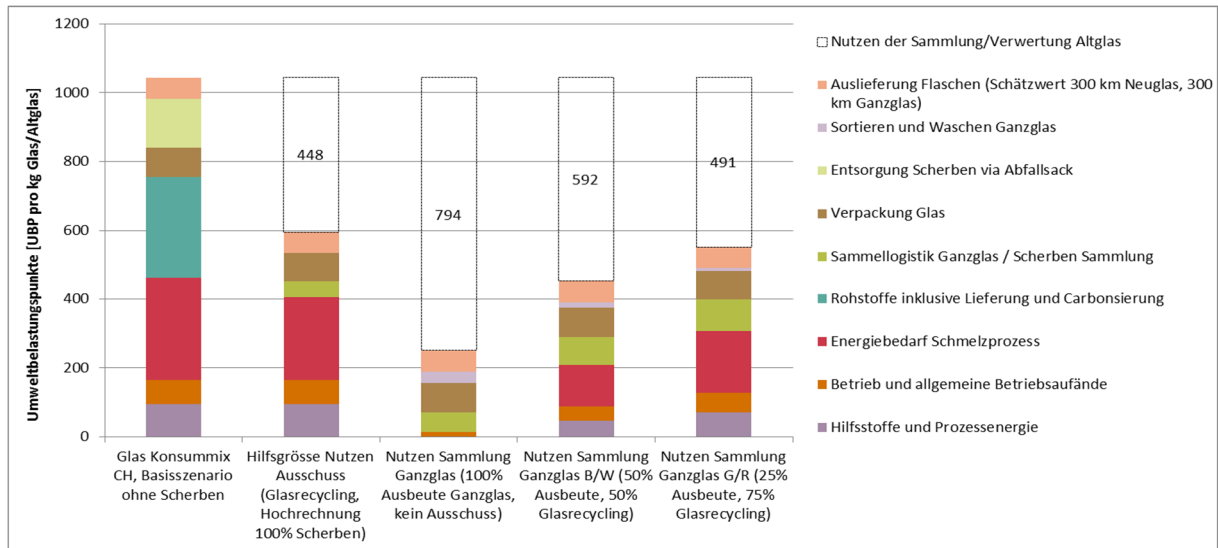


Abbildung 23: Minimalwert Nutzen Ganzglassammlung, Sensitivitätsanalyse zur Spannweite des ökologischen Nutzen (Minimalwert mit Vergleichsbasis Glasproduktion „DE“, längere Wegen der Sammellogistik Ganzglas, keinen Vorteilen bei der Auslieferung und Verpackung und mit einer Ausbeute Ganzglas von 25 % G/R und 50 % B/W)

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet.

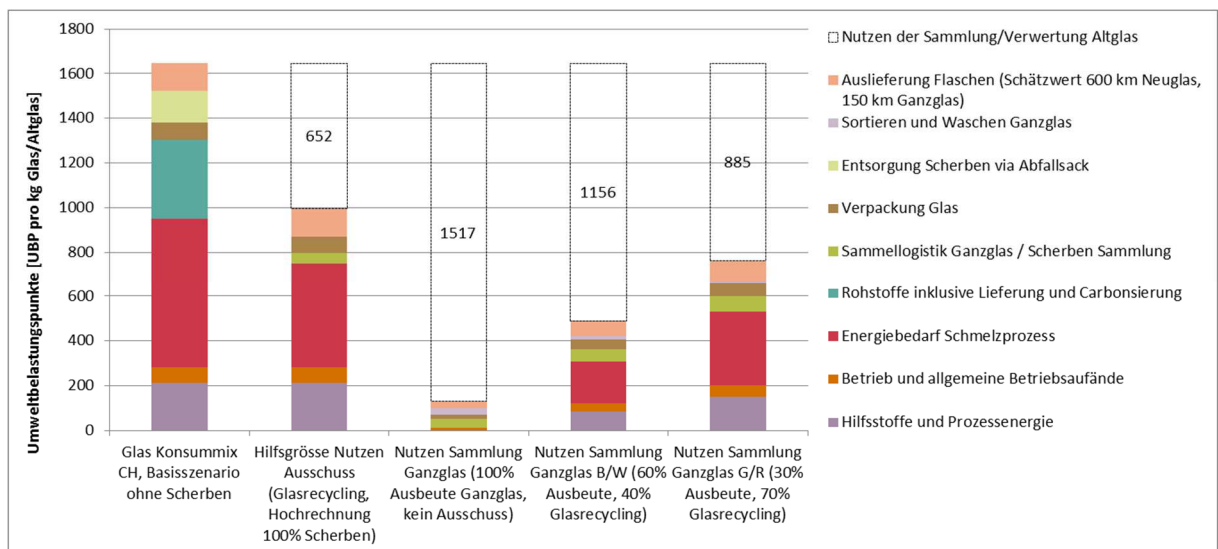


Abbildung 24: Maximalwert Nutzen Ganzglassammlung, Sensitivitätsanalyse zur Spannweite des ökologischen Nutzen (Maximalwert mit Vergleichsbasis Glasproduktion „RER“, optimaler Sammellogistik Ganzglas, Vorteilen bei der Auslieferung und Verpackung und mit einer Ausbeute Ganzglas von 30 % G/R und 60 % B/W)

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet

A3.3 Schaumglasschotter

Die nachfolgenden Illustrationen zeigen die Sensitivitätsanalyse der Hauptanwendung Perimeterdämmung sowie ergänzende Sensitivitätsanalyse für Abschätzung Leichtschüttung und Spezialanwendungen.

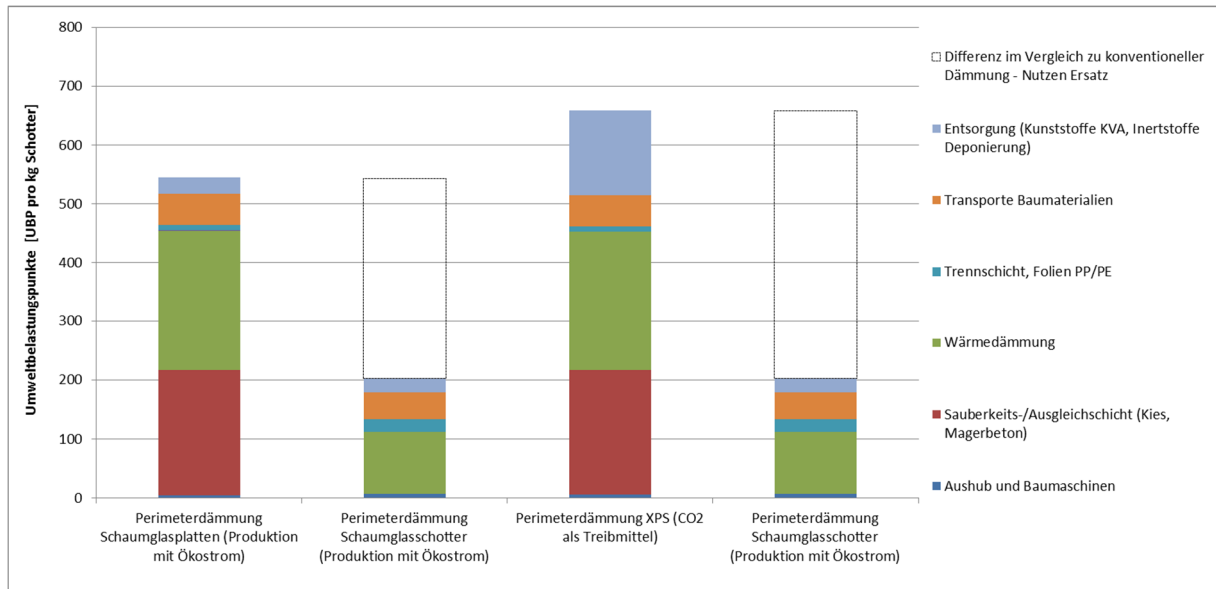


Abbildung 25: Maximalwert Nutzen Ersatz konventioneller Perimeterdämmung, Analyse Spannweite des ökologischen Nutzens ausgehend von einer Produktion von Schaumglasprodukte mit zertifiziertem Ökostrom

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet.

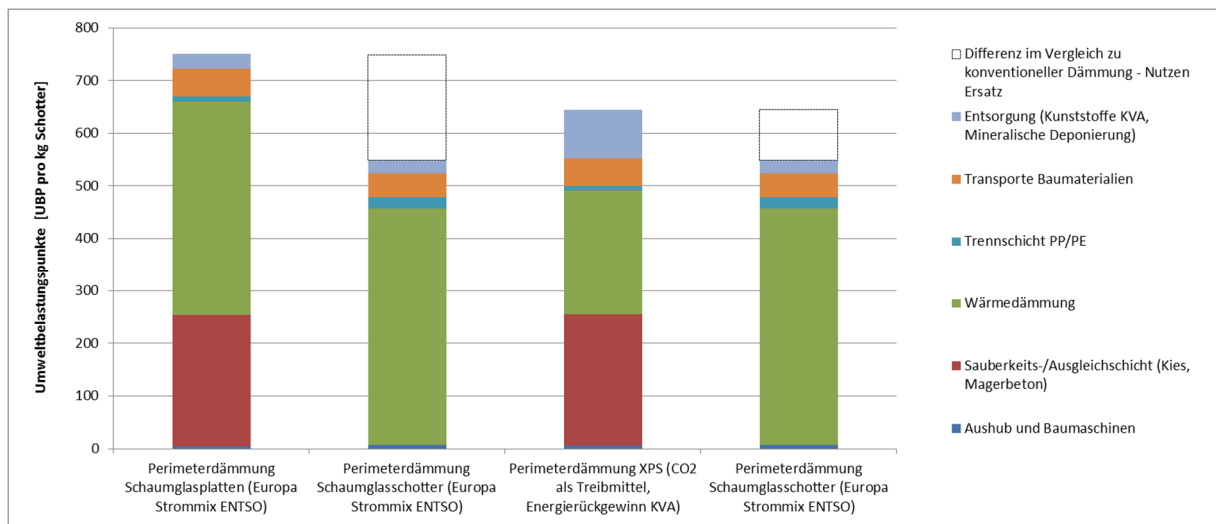


Abbildung 26: Minimalwert Nutzen Ersatz konventioneller Perimeterdämmung, Analyse Spannweite des ökologischen Nutzens ausgehend von einer Produktion von Schaumglasprodukten mit europäischem Strommix (ENTSO).

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet.

Neben dem Ersatz der konventionellen Bauprodukte wird mit der Sammlung für Schaumglasschotter eine Reduktion der Umweltwirkungen mit der vermiedenen Entsorgung von Glas über die KVA erzielt.

Neben der Hauptanwendung der Perimeterdämmung wird Schaumglasschotter für Leichtschüttungen und für unterschiedliche Spezialanwendungen (z.B. Drainagen, Frostschutzriegel, Stabilisierung Terrain und Strassenbau) eingesetzt. Bei den Leichtschüttungen auf Neubauten wurde für eine Abschätzung des ökologischen Nutzens die Bandbreite der Perimeterdämmung aus Abbildung 25 und Abbildung 26 eingesetzt. Bei den übrigen Leichtschüttungen und Spezialwendungen wurde als Maximalwert das Beispiel Ersatz Stahlbeton Frostschutzriegel aus Abbildung 28 verwendet und als Minimalwert ein Ersatz von Schüttmaterial ohne ökologischen Vorteil angenommen (siehe Umweltwirkungen Schüttmaterial in Abbildung 27).

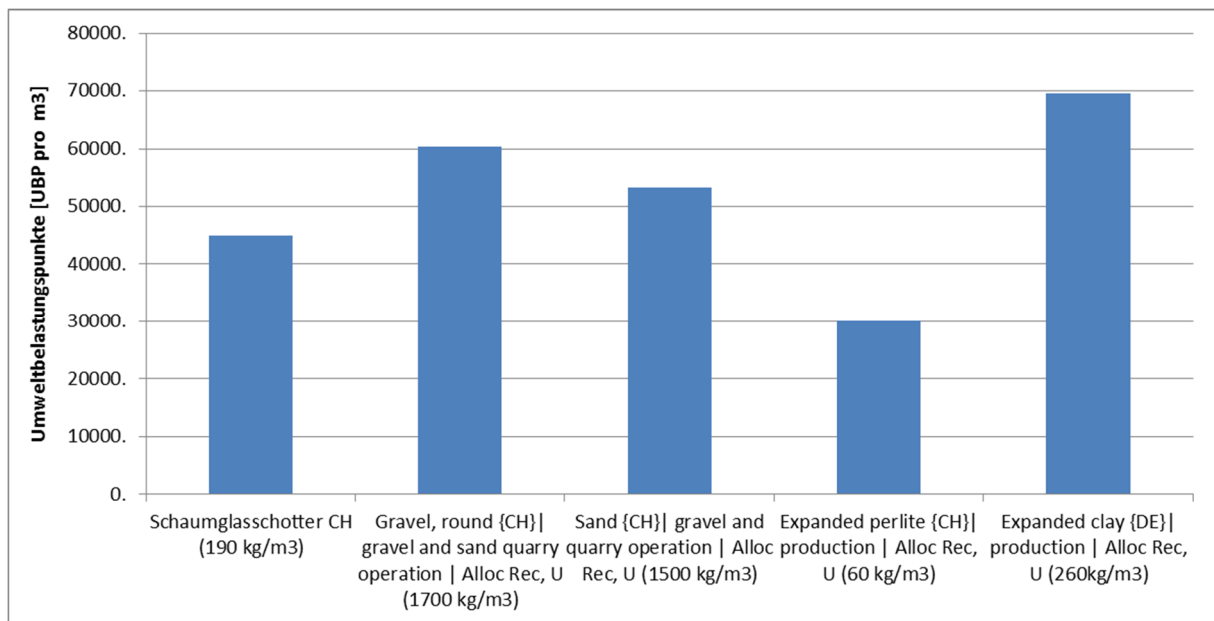


Abbildung 27: Umweltwirkungen von Baumaterialien pro Volumen

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet.

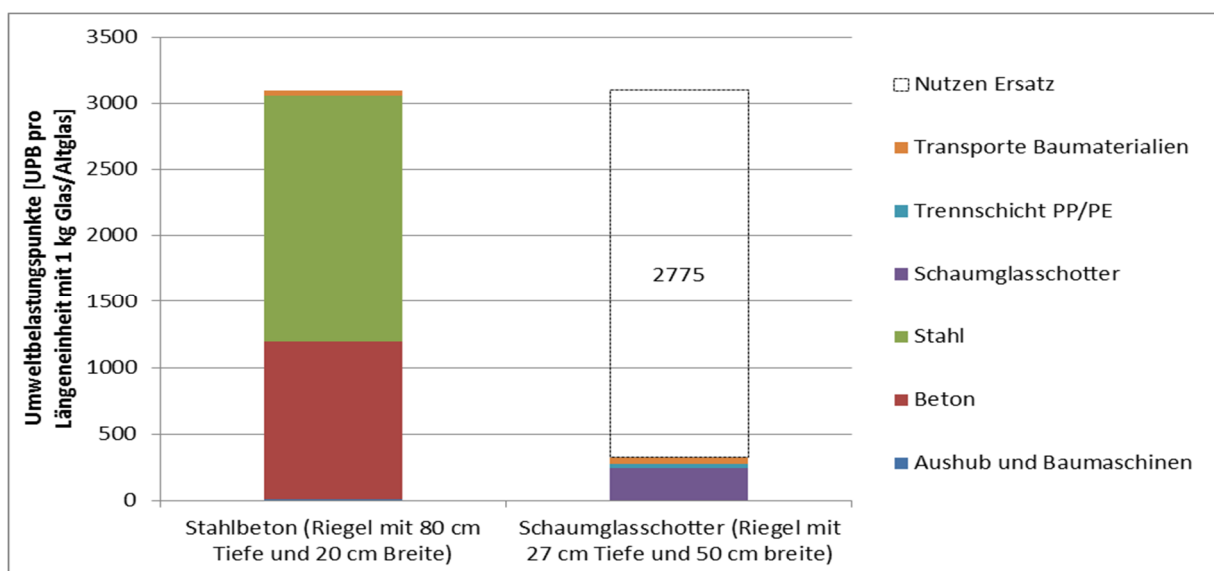


Abbildung 28: Umweltwirkungen Frostschutzriegel Varianten, Bezug Längeneinheit Riegel mit 1 kg Altglas

Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Frostschutzriegel Stahlbeton 80 x 30 cm gegenüber bei Perimeterdämmungen verwendeten Varianten Schaumglasschotter 30 x 50 cm

A4 Statistik Importe – Verwertungen Altglas

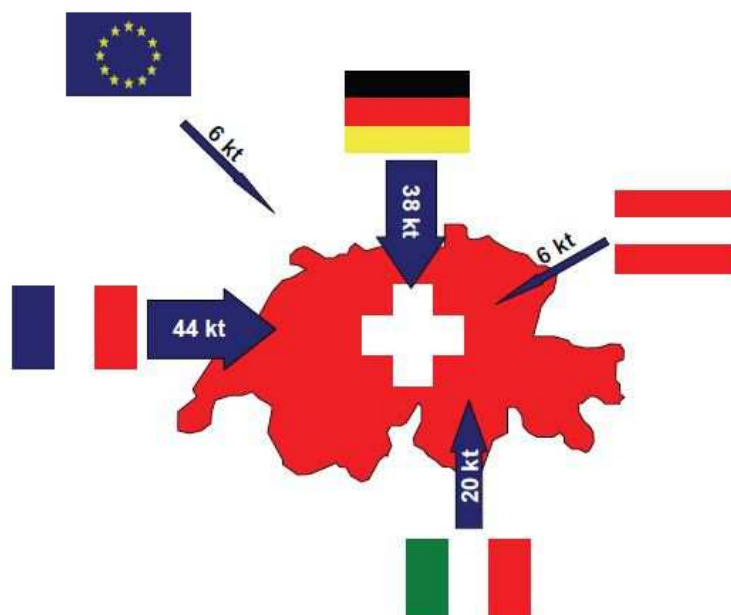
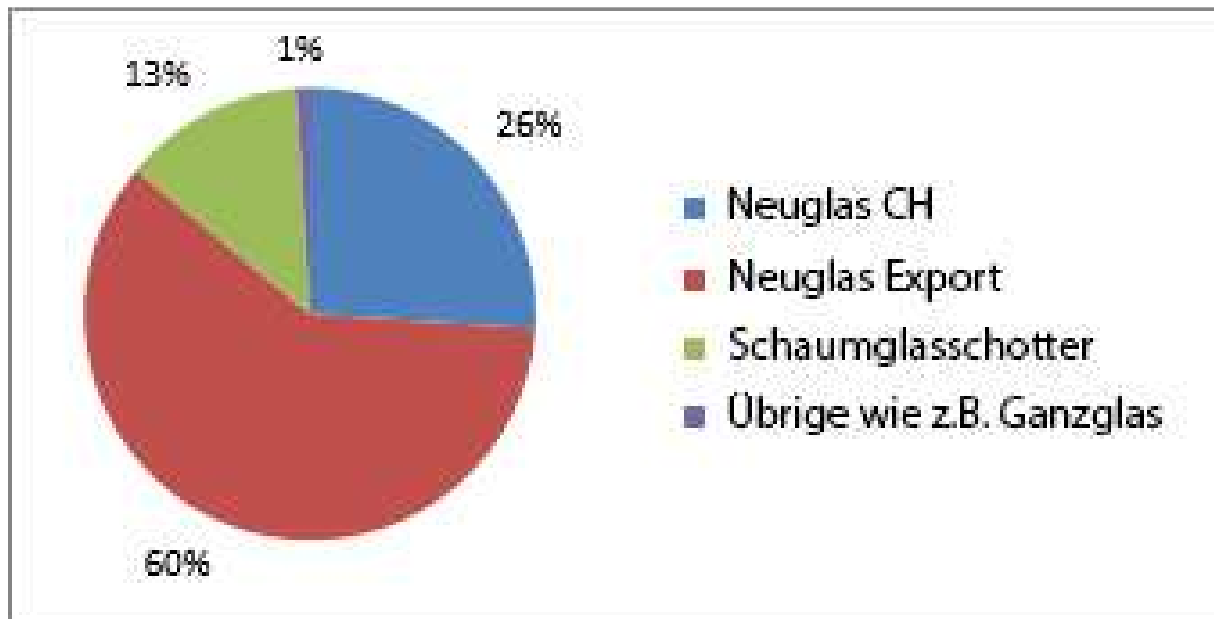


Fig. 4.2 The most important import flows of filled and empty container glass to Switzerland (all numbers in % of total import – data from Eidgenössische Oberzolldirektion (2001))