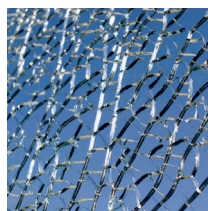
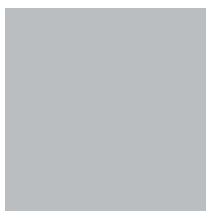
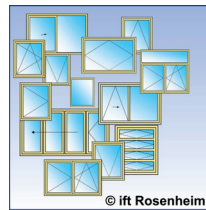
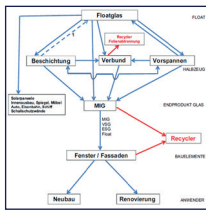


## Recycling von Flachglas im Bauwesen – Analyse des Ist-Zustandes und Ableitung von Handlungsempfehlungen







## Kurzbericht

<b>Thema</b>	<b>Recycling von Flachglas im Bauwesen - Analyse des Ist-Zustandes und Ableitung von Handlungs- empfehlungen</b>
<b>Kurztitel</b>	Flachglasrecycling
<b>Gefördert durch</b>	Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Aktenzeichen: SWD 10.08.18.7-16.07)
<b>Forschungsstelle</b>	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor-Gietl-Straße 7–9 83026 Rosenheim  Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Alzenau und Hanau Brentanostr. 2a 63755 Alzenau
<b>Bearbeiter</b>	Dr. Ansgar Rose, Norbert Sack (ift Rosenheim)  Klemens Nothacker, Andrea Gassman (Fraunhofer ISC)
<b>Gesamtprojektleitung</b>	Dr. Ansgar Rose
<b>Institutsleitung ift Rosenheim</b>	Prof. Ulrich Sieberath

Rosenheim, November 2019

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert (Kennzeichen SWD-10.08.18.7-16.07).

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.





## Inhalt

<b>1</b>	<b>Motivation und Projektziel</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vorgehensweise</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>5</b>
3.1	Technische und wirtschaftliche Aspekte des Flachglasrecyclings	5
3.2	Quantitatives Stoffstrommodell	6
<b>4</b>	<b>Danksagung</b>	<b>11</b>





## 1 Motivation und Projektziel

In Deutschland sind nach Angaben der „Kreislaufwirtschaft Bau“ im Jahr 2014 14,6 Mio. t Baustellenabfällen angefallen. In einem Positionspapier beziffert die Interessenvertretung europäischer Floatglashersteller „Glass for Europe (GfE)“ den Anteil des Floatglases an den Baustellenabfällen mit weniger als 1 %. Auch diese scheinbar kleine Menge ist nicht vernachlässigbar, da Glas prädestiniert ist für eine geschlossene Kreislaufwirtschaft (sog. closed-loop recycling). Der Einsatz von Glasscherben schont nicht nur die natürlichen Rohstoffressourcen, sondern reduziert auch die benötigte Schmelzenergie, und damit auch die auftretenden CO<sub>2</sub>-Emissionen.

GfE nimmt an, dass Bauglas so gut wie nie zu neuen Glasprodukten recycelt wird, sondern dass es deponiert oder zusammen mit anderen mineralischen Abfällen einer minderwertigen Nutzung, z. B. im Straßenbau, zugeführt wird.

Die europäische Studie zu Ecodesignanforderungen für Fenster die im Auftrag der europäischen Kommission von VHK aus den Niederlanden sowie dem ift Rosenheim durchgeführt wurde, zeigte, dass hinsichtlich des Recyclings von Flachglas aus dem Bauwesen kein belastbares Datenmaterial vorliegt, weder auf Ebene der Mitgliedsstaaten, noch auf europäischer Ebene.

Nach Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie e.V. (BV Glas) beschränkt sich der Einsatz von Altglasscherben in der Flachglasherstellung meist auf die eigenen Produktionsscherben (sogenannte Eigenscherben) und auf speziell recyceltes hochwertiges Altglasmaterial.

Ziel des Forschungsvorhabens war es daher, eine detaillierte Analyse des Ist-Zustandes hinsichtlich des Recyclings von Flachglas in Deutschland zu erstellen. Basierend auf den Ergebnissen sollten Handlungsvorschläge für ein closed-loop Recycling von Flachglas erarbeitet werden.







## 2 Vorgehensweise

Zunächst wurde ein qualitatives Stoffstrommodell für Floatglas erarbeitet. Es stellt die Stoffströme von der Erzeugung in der Floatglashütte über die Veredelung zu Halbzeugen, die Fertigung von Mehrscheiben-Isoliergläsern und die Anwendung in Fenstern und Fassaden bis zum Recycling zu neuem Floatglas oder anderen Verwendungen bzw. der Endlagerung auf einer Deponie dar. Dieses Modell zeigt die an dem Stoffstrom beteiligten Stakeholder, z. B. Floatglashütten, Fenster-/ Fassadenbauer und Recyclingbetriebe.

Über Umfragen bei den Stakeholdern (Fragebögen, Gespräche mit Experten aus der Industrie) wurden Daten zu den Stoffumsätzen in Deutschland im Jahr 2016 und Informationen zur jeweiligen Situation hinsichtlich des Recyclings von Flachglas gesammelt.

Während von der Gruppe der Flachglasrecycler umfangreiche quantitative und auch qualitative Informationen zur Verfügung gestellt wurden, waren nur wenige Unternehmen aus den weiteren Stakeholdergruppen Floatglashütten, Glasveredler, Isolierglashersteller und der Fenster-/Fassadenbranche bereit und in der Lage, Zahlen zur Verfügung zu stellen.

Parallel dazu wurde versucht, die in Deutschland im Jahr 2016 in pre- und post-consumer Bereichen anfallenden Flachglasabfallmengen rechnerisch abzuschätzen. Eingangsgrößen für die Berechnungen waren:

- Statistische Daten des Bundesverband Flachglas e.V. (BF) zu Produktion und Absatz von Flachglas sowie zu den Anwendungen von Mehrscheiben-Isoliergläsern in Fenstern, Fassaden, Außentüren etc.
- Angaben des Verbandes Fenster+Fassade (VFF) zur Anzahl der in Deutschland auf den Markt gebrachtenistereinheiten sowie deren Verteilung auf Neubau und Modernisierung
- Daten des Statistischen Bundesamtes (Destatis) zum Rückbau von Wohn- und Nichtwohngebäuden.

Die Informationen aus den Datenerhebungen bei den Stakeholdern und den auf statistischen Daten basierenden rechnerischen Abschätzungen der Flachglasabfallmengen wurden zusammengefasst und verglichen, mit dem Ziel ein quantitatives Stoffstrommodell zu erstellen,

Des Weiteren wurde der aktuelle Sachstand der Recyclingtechnologie über Literaturstudien und Gespräche mit Experten aus der Industrie ermittelt. Diese Aufgabe wurde vom Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC, Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS, im Unterauftrag durchgeführt.





## 3 Ergebnisse

### 3.1 Technische und wirtschaftliche Aspekte des Flachglasrecyclings

Bei der Herstellung von Flachglas im Floatglasverfahren ist der Einsatz von Scherben grundsätzlich erwünscht. Neben der Einsparung an Primärrohstoffen wird pro 10 Prozent Scherbeneinsatz mit einer Energieeinsparung von etwa 3 Prozent und einer Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um etwa 3,6 Prozent gerechnet. Üblicherweise liegt der Scherbeneinsatz bei 20-30 %.

Der größte Teil der eingesetzten Scherben sind sogenannte Eigenscherben. Das sind Scherben, die in einer Floathütte (z. B. als Bortenverluste) oder einem angeschlossenen Glasveredlungsbetrieb (z. B. als Verschnitt) anfallen. Es werden aber auch Scherben von Flachglasrecyclern zugekauft, sogenannte Fremdscherben.

Die Anforderungen der Floatglashütten an die Reinheit von Scherben sind sehr hoch, da bereits geringe Mengen an Verunreinigungen, z. B. durch Keramik, Steine, Porzellan oder Metalle wie Nickel und Eisen zu Einschlüssen im Glas, Verfärbungen oder einer Schädigung der Floatwanne führen können. Die Qualitätsanforderungen der Floatglashütten liegen wesentlich über denen der Behälterglashütten und der Dämmstoffindustrie.

Aufgrund dieser hohen Qualitätsanforderungen kommen neben den Eigenscherben überwiegend Fremdscherben aus dem pre-consumer Bereich zum Einsatz. Das sind Scherben, die bei der Glasverarbeitung (Beschichtung, Vorspannung, Verbund, Isolierglasherstellung, Fenster-/ Fassadenbau) anfallen. Bei ihnen ist das Risiko von Verunreinigungen wesentlich niedriger als bei post-consumer Scherben, z. B. aus der Gebäudehülle.

Das Recycling von Flachglasabfällen bedarf zunächst einer Sammelinfrastruktur, durch die die Scherben zu einem Flachglasrecycler gelangen ohne dass zusätzliche Verunreinigungen eingetragen werden. Der Recycler entfernt in technisch aufwendigen Verfahren Fremdstoffe und bricht die Scherben auf eine Größe, die für die jeweilige Weiterverwendung geeignet ist. Dabei werden Recyclate unterschiedlicher Qualität erzeugt. Je nach Marktsituation eines Recyclingbetriebes sind das Recyclate für die Floatglas-, Behälter- und/oder Dämmstoffherstellung. Die Marktsituation hängt davon ab, welche Eingangsqualitäten von Flachglasabfällen an dem jeweiligen Standort verfügbar sind, welche potentiellen Abnehmer es für das Recyclat gibt (Floathütten, Behälterglashütten, Dämmstoffindustrie), und wie das Preisgefüge für die verschiedenen Recyclingprodukte ist. Der Transport des Altglases zum Recycler sowie des Recyclats zum Abnehmer spielt eine wesentliche Rolle. So können die Transportkosten bei einem Recyclat für die erneute Floatglasherstellung bis zu einem Drittel der Gesamtkosten ausmachen.

### 3.2 Quantitatives Stoffstrommodell

Abbildung 1 zeigt das im Rahmen dieses Forschungsvorhabens erarbeitete quantitative Stoffstrommodell. Das Modell enthält sowohl die Mengenströme der Produktion bzw. des Absatzes in Deutschland als auch die Abfallmengen des pre- und post-consumer Bereichs.

Die wesentlichen Punkte sowie Schlussfolgerungen dieses Projektes werden insbesondere in Bezug auf die im post-consumer und pre-consumer Bereich entstehenden Glasabfälle wie folgt zusammengefasst.

- Im Jahr 2016 wurden insgesamt ca. 900.000 Tonnen an Flachglas in der Gebäudehülle installiert. Es ist davon auszugehen, dass die Menge in den kommenden Jahren noch steigen könnte. Dies begründet sich aus dem generell ungebrochenen Trend zum transparenten Bauen sowie durch den weiteren Anstieg in der Verwendung von 3-fach-Glas. Entgegenwirken könnte diesem Anstieg eine generelle Reduzierung der Bauaktivitäten, sowohl im Neubau als auch im Bereich der Gebäudemodernisierung. Aufgrund der aktuellen Lage (Mangel an Wohnraum, notwendige energetische Gebäudemodernisierung zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Ziele) ist dies jedoch nicht sehr wahrscheinlich.
- Insgesamt fielen in 2016 ca. 500.000 Tonnen Abfälle von Flachglas an. Dem pre-consumer Bereich sind hierbei etwas mehr als 1/3, dem post-consumer nahezu 2/3 zuzuordnen.
- Von den von den Flachglasrecyclern erzeugten Rezyklaten wurden nur ca. 11 % wieder der Flachglasherstellung zugeführt. Fast die Hälfte der Scherben wurde in der Behälterglasherstellung eingesetzt. Der Rest von ca. 30 % ging in andere Bereiche, wie die Herstellung von Mineralwolle, Glasperlen und Glasmehl.
- Ursachen für den geringen Anteil an Fremdscherben in der Floatherstellung sind im Wesentlichen wirtschaftlicher Natur sowie die im Vergleich zu anderen Verwendungszwecken höheren qualitativen Anforderungen der Floatanlagen an die Fremdscherben.
- Die Transportkosten der Scherben zum Recycler und vom Recycler zur Floathütte betragen bis zu einem Drittel der Gesamtkosten des Rezyklates.
- Die im pre-consumer Bereich anfallenden Scherben bei der Flachglasveredlung sowie der Isolierglasherstellung werden aktuell zum größten Teil an Flachglasrecycler geliefert. Prinzipiell würde hier die Möglichkeit bestehen, den Großteil dieser pre-consumer Scherben wieder direkt in der Floatherstellung einzusetzen, da hier eine sortenreine Sammlung am einfachsten umzusetzen wäre. Ebenso könnte der Transport der Scherben mit den Transportmöglichkeiten erfolgen, mit denen das Floatglas bzw. die Halbzeuge zu den Verarbeitern geliefert werden. Einige Flachglasveredler und Isolierglashersteller haben bestätigt, dass dieser Weg beschritten wird. In der Mehrzahl der Fälle gehen die Scherben jedoch zunächst an einen Flachglasrecycler, um dort eine den hohen Qualitätsanforderungen der Floathütten entsprechende Aufbereitung vorzunehmen.
- Die Trennung von Glas und Rahmen stellt bei den befragten Fensterbauern bzw. Austauschbetrieben einen großen Aufwand dar und erfolgt i. d. R. manuell durch



Ausglasen oder Ausschlagen des Flachglases aus dem Rahmen. Dies ist auch dadurch bedingt, dass Recyclingbetriebe für Fensterrahmen aus PVC oder Aluminium mehrheitlich nur Fenster ohne nennenswerten Glasanteil annehmen. Die Annahme von kompletten Fenstern inkl. Glas wäre hier erstrebenswert. Hierbei ist aber zu beachten, dass das Glas einen hohen Anteil des Gesamtgewichts eines Fensters annehmen kann. Bei einer angenommenen längenbezogenen Masse des Rahmenprofils von 3 kg liegt der Anteil des Glases für ein 2-fach-Glas mit insgesamt 10 mm Glasdicke (z. B. 2 x 5 mm) bei ca. 2/3 der Gesamtmasse des Fensters (Abmessung 1,23 m x 1,48 m). Lange Transportwege wären deswegen nicht förderlich.

- Von den in Deutschland anfallenden Flachglasscherben werden nach den im Rahmen des Vorhabens ermittelten Daten bereits fast 90 % einem Recycling zugeführt. Dies gilt insbesondere für Scherben aus dem pre-consumer Bereich. Der größte Teil der aufbereiteten Scherben geht in die Behälterglasindustrie und die Dämmstoffindustrie. Nur etwas mehr als ein Zehntel der aufbereiteten Scherben wird wieder für die Herstellung von Flachglas verwendet, bildet also einen „closed-loop“. Die Verteilung der aufbereiteten Scherben auf die drei Hauptabnehmer, und damit auch die closed-loop Recyclingquote, scheint das Resultat eines komplexen Zusammenwirkens von hohen Qualitätsanforderungen seitens der Floatglashütten, den Marktpreisen, die die Hauptabnehmer der aufbereiteten Scherben zu zahlen bereit sind, sowie den anfallenden Transportkosten zu sein.
- Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens war es nicht möglich aus den ermittelten Daten sowie Gesprächen mit verschiedenen Stakeholdern Stellgrößen bzw. Mechanismen zu identifizieren, durch welche die closed-loop Recyclingquote auf einfache Weise erhöht werden könnte. Floatglashütten werden ihre Qualitätsanforderungen an Fremdscherben aller Wahrscheinlichkeit nach nicht reduzieren können, da die Auswirkungen von Verunreinigungen in der Schmelze für sie sehr kostspielig sind. Solange Behälterglashütten einen hohen Bedarf an Scherbenmaterial haben, werden sie auch Flachglasscherben einkaufen wollen. Und solange die Behälterglashütten einen Scherbenpreis zahlen, der nur unwesentlich unter dem Preis liegt, den die Floatglashütten bereit sind zu zahlen, werden Flachglasrecycler Scherben an die Behälterglasindustrie liefern, zumal die Qualitätsanforderungen der Behälterglasindustrie an Scherben niedriger sind als die der Flachglasindustrie, die Aufbereitung der Scherben also vereinfacht ist.



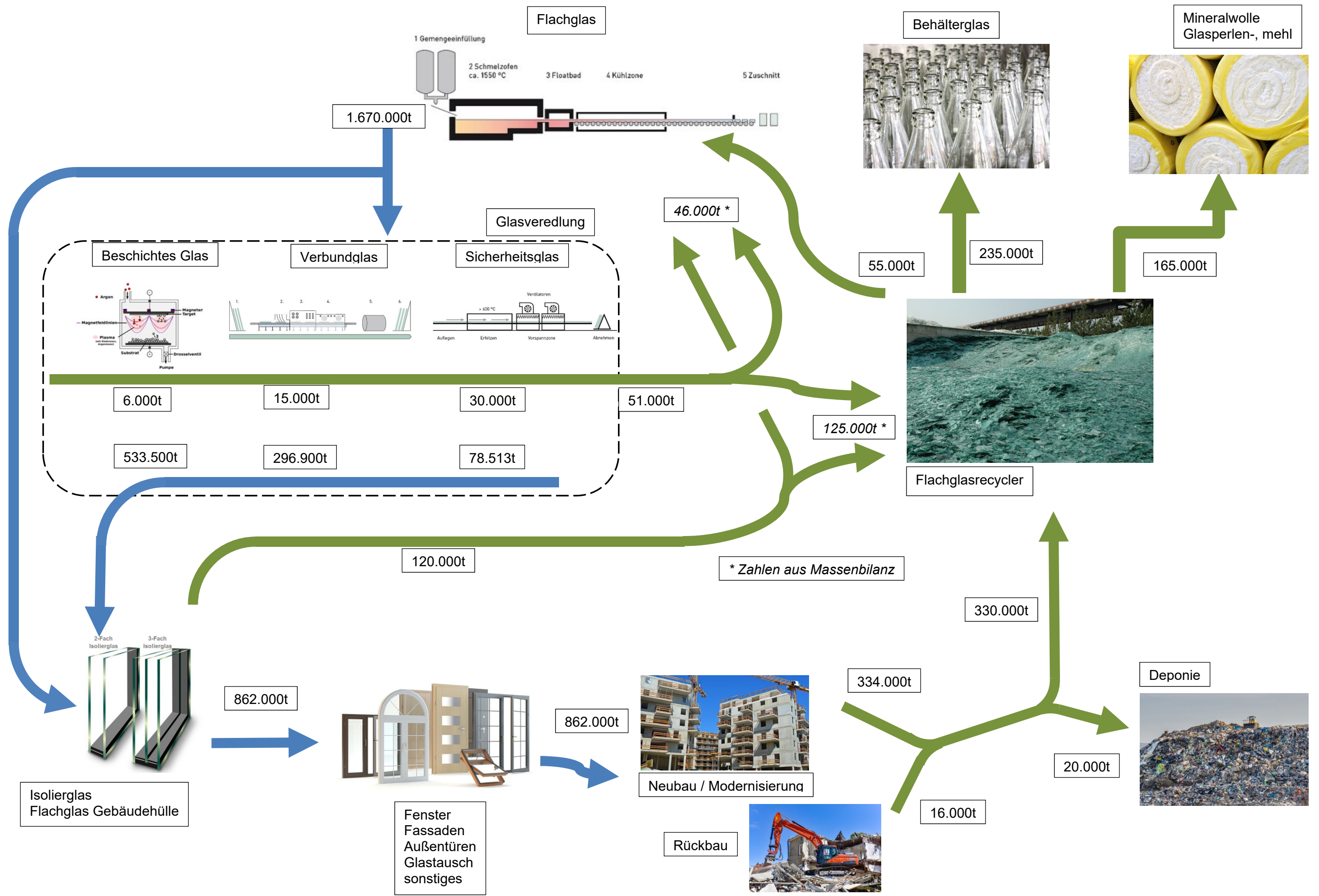


Abbildung 1 Quantitatives Stoffstrommodell







## 4 Danksagung

Das diesem Zwischenbericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert. (Aktenzeichen: SWD 10.08.18.7-16.07). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

Besonderer Dank gebührt dem Bundesverband Flachglas e.V. sowie seinen Mitgliedern, die das gesamte Projekt sowohl ideell als auch finanziell unterstützten.



Bundesverband Flachglas e.V.

Außerdem möchten wir uns bei dem Bundesverband für Sekundärrohstoffe und Entsorgung (bvse) und der Fa. Reiling GmbH & Co. KG für deren ideelle Unterstützung dieses Forschungsvorhabens und die Bereitstellung vieler Informationen zu dem Thema bedanken. Besonders erwähnt werden sollen hierbei die Herren Heitmann und Hohage der Fa. Reiling.

Unser Dank gilt auch allen Teilnehmern an den Umfragen, die uns durch Ausfüllen der Fragebögen sowie nachfolgende Telefongespräche weiter geholfen haben.



ift Rosenheim  
Theodor-Gietl-Straße 7-9  
83026 Rosenheim

Tel.: +49 (0) 80 31 / 261-0  
Fax: +49 (0) 80 31 / 261-290  
E-Mail: [info@ift-rosenheim.de](mailto:info@ift-rosenheim.de)  
[www.ift-rosenheim.de](http://www.ift-rosenheim.de)

© ift Rosenheim 2019