

Neue Konzepte für das Altglasrecycling – im Zeitalter der digitalisierten Kreislaufwirtschaft

Glasproduzenten setzen aufgrund der Preissteigerung für recyceltes Glas vermehrt Primärrohstoffe anstelle von Altglas ein [1], [2]. Dies führt zu einem zunehmenden Verbrauch an natürlichen Ressourcen und verursacht erhöhte Prozesskosten bei der Glasproduktion. Daraus folgend müssen die Recyclingunternehmen erhebliche Umsatzeinbußen erleiden. Zur Verringerung der Prozesskosten und Erhöhung der Ressourceneffizienz bezüglich des Recyclings von Altglas – im Rahmen des Projekts intercon – wurde ein Konzept für einen intelligenten Depotcontainer zur dezentralen Sortierung von Stoffströmen entwickelt.

Auf der ganzen Welt wird Glas aufgrund seiner Charakteristik – einer nahezu unendlichen Wiederverwendbarkeit – recycelt. Im EU-Raum werden durchschnittlich dreiviertel des Behälterglases recycelt, wobei die Recyclingquote in einzelnen Ländern wie z. B. in Schweden sogar bei 99 Prozent und in Deutschland bei 87 Prozent liegt [3].

Die Glasindustrie zählt trotz ihrer hohen Recyclingquote zu einer der energieintensivsten Branchen. Der Energiebedarf kann durch den Einsatz von Altglas bei der Glasproduktion gesenkt werden, da der Schmelzpunkt von Altglas verglichen mit der benötigten Temperatur für die Glasproduktion aus Primärrohstoffen deutlich niedriger ist. Der aktuelle Prozess des Glasrecyclings beginnt mit der Rückgabe von Einweg-Altglas im sogenannten Bringsystem mithilfe von Depotcontainern zur getrennten Erfassung von Weiß-, Braun- und Grünglas [4].

Der manuelle Einwurf des Altglases in diesem Sammelsystem führt häufig zu Fehleinwürfen. In der Folge entstehen hohe Prozesskosten, die als wesentliche Ursache für die ansteigenden Preise von recyceltem Glas gelten. Durch die extrem hohen Anforderungen an die Recyclingglasqualität ist eine aufwendige Aufbereitung des gesammelten Altglases mittels kostenintensiver Sortiertechnik notwendig. Deutlich werden die Anforderungen bei Betrachtung der Leitlinie T 120, die die Qualitätsanforderungen für Glasscherben zum Einsatz in der Behälterglasindustrie beschreibt. Dort wird beispielsweise der Grenzwert für die maximale Verunreinigung durch Keramik, Steine und Porzellan (KSP) mit 20 g pro Tonne Altglas angegeben [5]. Der Grenzwert für Nichteisenmetalle (Aluminium) liegt sogar bei 5 g pro Tonne [6]. Die geforderte Reinheit von Weißglas beträgt bezüglich aller Verunreinigungen 99,7 Prozent, wobei allein bezüglich der Fehlfarben mit einer Verunreinigung von etwa sieben Prozent vor der Aufbereitung zu rechnen ist [7].

Dies sind Gründe dafür, dass der sehr komplexe Aufbereitungsprozess innerhalb des Glasrecyclings im Vergleich zu den weiteren Prozessen, wie der Sammlung und dem Transport, den Hauptanteil an den Gesamtkosten ausmacht [8]. Der Prozessablauf des Altglases in einer Glasaufbereitungsanlage durchläuft die einzelnen dargestellten Sortierstufen auf einer entsprechenden Fördertechnik (siehe Abbildung 1). Zunächst findet eine manuelle Handauslese zur Aussortierung von groben Abfällen statt. Anschließend erfolgt eine Zerkleinerung des Altglases auf eine optimale Korngröße von 5 bis 60 mm [7].

Leistungsstarke Computersysteme, die für die Überwachung der Glasscherben sowie die Steuerung der Ausschleusung zuständig sind, müssen gewährleisten, dass die Luftdruckdüsen die entsprechenden Glasscherben bereits 30 Millisekunden nach der Bildaufnahme aussortieren. [9]

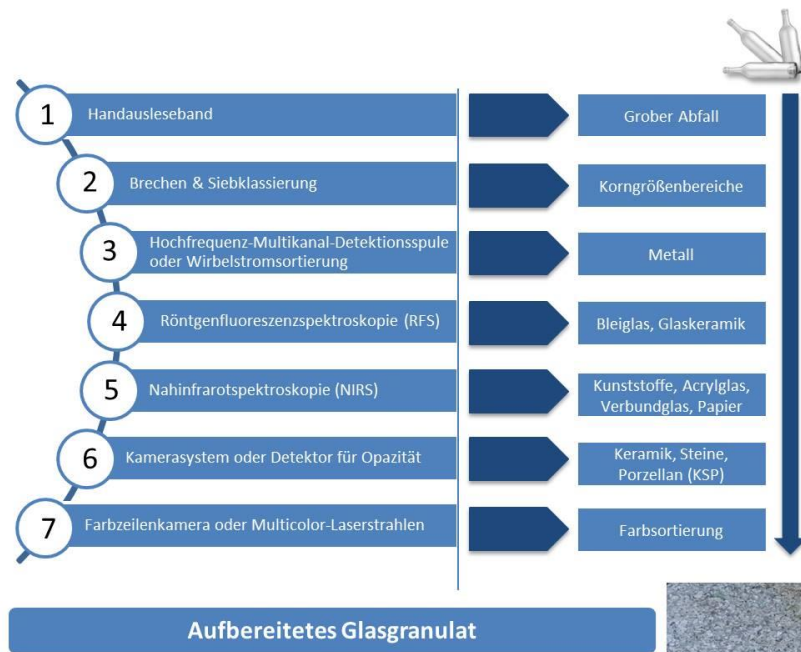
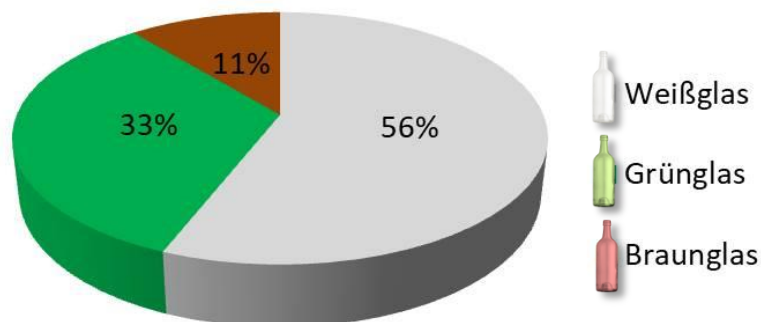


Abbildung 1: Prozessstufen der Altglasaufbereitung [6, 7]

Entwicklung des intelligenten Depotcontainers für Altglas

Das Institut für Kreislaufwirtschaft und Umwelttechnik (IfKU) des VVL e. V. hat ein Konzept für einen intelligenten Depotcontainer zur dezentralen Sortierung von Altglas im Rahmen des Projekts „intercon“ entwickelt. Dieses Konzept wurde in Zusammenarbeit mit einem projektbegleitenden Ausschuss (PA) erarbeitet, welcher aus Vertretern von vorrangig kleinen- und mittelständischen Entsorgungs- und Recyclingunternehmen sowie Unternehmen aus dem Bereich der Sensortechnik und Mechatronik besteht. Bei der Konzeptentwicklung des intelligenten Depotcontainers wurde darauf geachtet, dass Altglas sich bereits während des manuellen Einwurfs farblich sortieren lässt. Da die Farbanteile von Altglas sich mengenmäßig unterscheiden (siehe Abbildung 3), sind die Behältervolumina des Containers diesem Verhältnis angepasst.



* Regionale Unterschiede vorbehalten

Abbildung 2: Farbanteile im Altglas

Um die notwendige Technik (Sensorik, Sortiertechnik, etc.) in einen Depotcontainer zu integrieren, wurden zwei grundlegende Behälterkonzepte konstruiert. Der Unterschied zwischen den beiden Systemen lag in der Sortiertechnik. Bei einem System wurde die Sortiertechnik außerhalb (extern) und bei dem anderen innerhalb (intern) des Depotcontainers installiert.

Konzeption des intelligenten Depotcontainers mit externer Sortierung

Bei der Konstruktion der Sortiertechnik außerhalb des Depotcontainers wurde in Betracht gezogen, dass die bestehenden Container mit geringem Aufwand ebenfalls zu intelligenten Depotcontainern umfunktioniert werden können. Für diese Sortiertechnik wurde als Lösung die Gestalt einer Rutsche gewählt, die gleichzeitig Robust und Energiesparsam ist, da sie die Schwerkraft ausnutzt, um die Altglasbehälter gezielt zu befördern. Da der Depotcontainer für die Sammlung von drei verschiedenen Farbfraktionen ausgelegt wurde, werden drei Rutschen benötigt, um die zu sortierenden Objekte auf die drei Zielstellen zu verteilen (Abbildung 3). Um eine Weiß-, Braun- oder Grünglasflasche auf die entsprechende Rutschbahn zu befördern, wurde eine drehbare Kippschale entworfen. Nach Identifikation der Glasfarbe durch das Sensorsystem wird die Kippschale durch Drehung des Drehtellers, auf dem sie befestigt ist, zur entsprechenden Rutschbahn hin ausgerichtet (Abbildung 4).

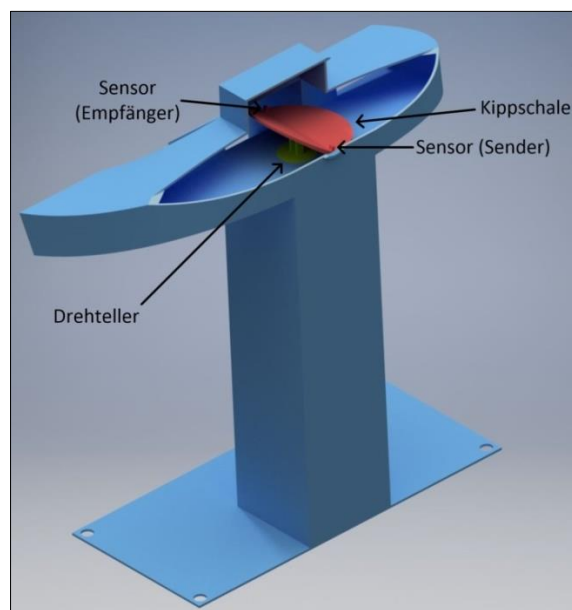


Abbildung 3: Einblick in die Sortiertechnik des Einwurfautomaten (gelb: Drehteller, rot: Kippschale)

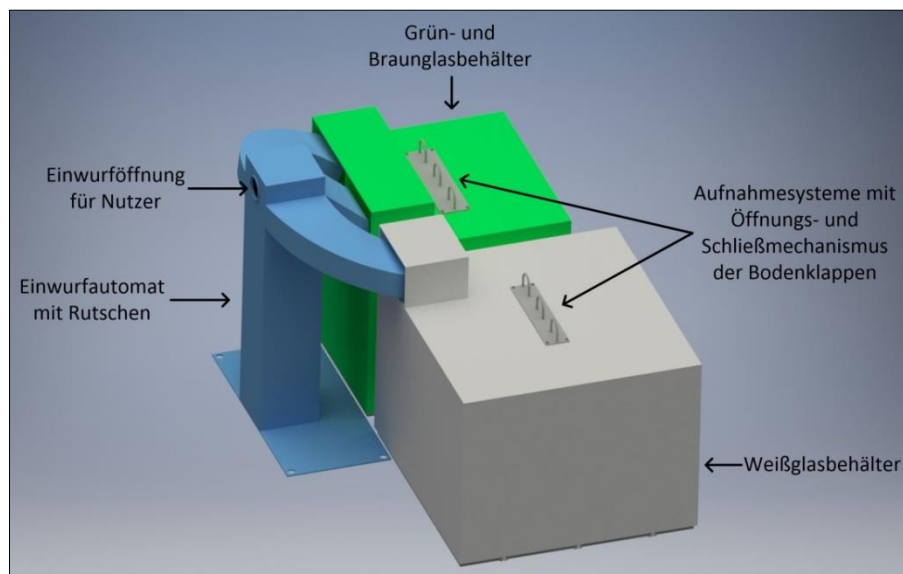


Abbildung 4: Gesamtansicht des intelligenten Behältersystems mit Sortiermechanismus außen

Konzeption des intelligenten Depotcontainers mit interner Sortierung

Bei der zweiten Alternative des intelligenten Depotcontainers wurde eine kompakte Bauweise gewählt, indem die Sortierung innerhalb des Depotcontainers installiert wurde. Auch bei dieser Konstruktion wurden die Altglasbehälter aufgrund der ermittelten Altglasanteile (siehe Abbildung 2) auf zwei Depotcontainer (Weiß-, und Buntglas) aufgeteilt.

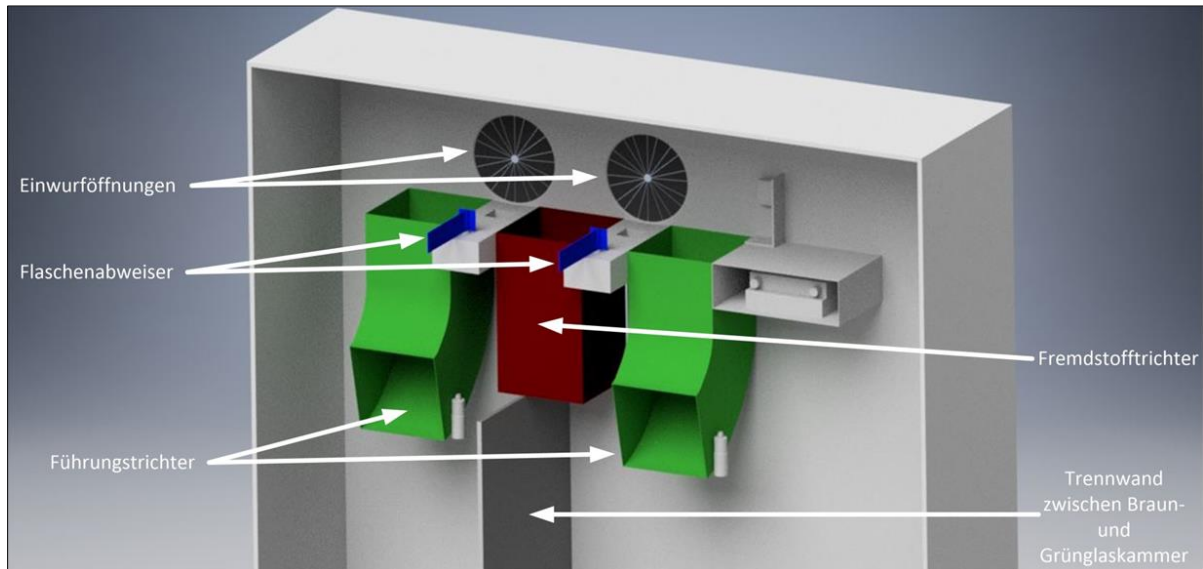


Abbildung 5: Innenansicht des Depotcontainers für Buntglas (grün und braun) mit interner Sortierung

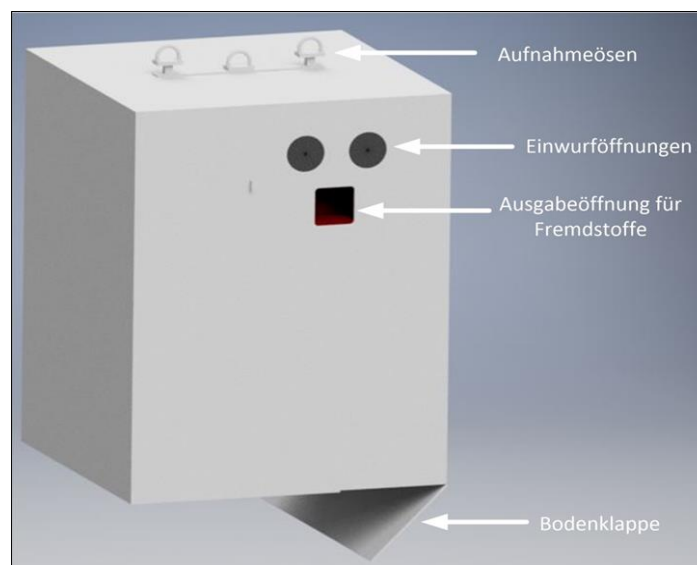


Abbildung 6: Außenansicht des Depotcontainers für Buntglas (grün und braun) mit interner Sortierung

Der Sortierstab bzw. Flaschenabweiser wird von einem Schrittmotor angetrieben. Werden die Farbe und das Material richtig erkannt, leitet der Sortierstab das Objekt in den Führungstrichter. Von dort aus gelangt das Altglas in den Container. Die Behälter des Depotcontainers wurden ab dem Flaschenabweiser geteilt, um dadurch die Vermischung von Grün- und Braunglas zu vermeiden. Der kleinere Behälter (links) wurde für Braun- und der rechte (größere Behälter) für Grünglas konstruiert. Durch den Flaschenabweiser wird falsches Material (kein Glas) zum Nutzer zurückgeleitet.

Außerdem werden Störstoffe wie die KSP-Fraktion und Restmüll vom Container erkannt und direkt abgelehnt. Dadurch ergeben sich beträchtliche Kosteneinsparungspotenziale. Hinsichtlich der Konzeption des intelligenten Depotcontainers wird die automatische Farbsortierung sowie die Ausschleusung der genannten Störstoffe durch ein intelligentes Sensorsystem sichergestellt. Diesbezüglich wurde eine empirische Analyse von mehreren Sensorsystemen durchgeführt. Bei der Validierung von einzelnen Sensoren wurde die dazu geeignete Fördertechnik ebenfalls mitberücksichtigt. Hinsichtlich der eingesetzten Industriesensoren wurden auch die Embedded-Sensoren in Betracht gezogen, um eine kostengünstige Sensorlösung zu entwickeln. Diesbezüglich wurde zusätzlich zu der Programmierung der Embedded-Sensoren auch ein Kamerasystem entwickelt bzw. programmiert.

Durch die Projektergebnisse wurde für potentielle Hersteller, wie zum Beispiel Automatenhersteller, ein innovativer Beitrag zur Entwicklung eines neuen Produktes bereitgestellt. Hierzu zählt insbesondere die Erarbeitung und Dimensionierung der einzelnen Funktionskomponenten Sensorik, Fördertechnik, autarke Energieversorgung, und Kommunikationstechnik. Darüber hinaus können Hersteller die Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Kalkulation der Herstellkosten nutzen. Um den Nutzen des intelligenten Depotcontainers in vollem Umfang auszuschöpfen, wurde aufbauend auf bisherige Prozesse eine neue passfähige Referenzprozesskette des logistischen Nutzungskonzeptes erarbeitet. Die Erarbeitung des logistischen Nutzungskonzeptes hilft Herstellern bei der Identifizierung von Absatzmärkten insbesondere der Entsorgungsbranche. Das Nutzungskonzept hilft der Entsorgungsbranche bei der Implementierung des intelligenten Depotcontainers in ihre Recyclingprozesse. Hierbei werden vor allem KMU profitieren, da mehr als 90 Prozent der Unternehmen aus der Entsorgungsbranche KMU sind [10].

Durch die Sortierung von Altglas bei der Sammlung mithilfe der konzipierten intelligenten Depotcontainer werden insbesondere für KMU die Prozesskosten der Aufbereitung reduziert. Da durch eine Vorsortierung die Glasaufbereitung vereinfacht wird, indem durch den verbesserten Recyclingprozess die Wirtschaftlichkeit von Altglas im Vergleich zu Primärrohstoffen für die Glasproduktion wiederhergestellt wird. So können Glasproduzenten wieder vermehrt Recyclingglas einsetzen. Die Folge sind geringere Rohstoff- und Energiekosten, wodurch Rohstoff- und Energiekosten eingespart werden.

Durch die steigende Nachfrage profitieren wiederum Unternehmen des Glasrecyclings. Unternehmen, die für die Sammlung zuständig sind, erzielen höhere Margen für die höherwertige Sammelfraktion. Unternehmen der Aufbereitung können durch die verbesserte Qualität des Altglases eine erhebliche Reduzierung der Prozesskosten realisieren. Zudem wird KMU des Glasrecyclings geholfen, die Qualitätsanforderungen der Behälterglasindustrie zu erfüllen (KSP-Grenzwerte [20g/t]) und so den stetigen Zustrom von qualitativ hochwertigem Altglas zu erfüllen. Des Weiteren wird dadurch für die Aufbereiter eine effiziente und kostengünstige Alternative ermöglicht, um für weitere Verschärfungen der KSP-Anteilgrenzen vorbereitet zu sein. Anderenfalls müssen die Glasaufbereiter ihre Recyclingprozesse von Grund auf ändern, was u. U. mit erheblichen Investitionskosten verbunden ist. Die Umrüstung auf intelligente Depotcontainer kann schrittweise erfolgen, wodurch das finanzielle Risiko minimiert wird. Das ist insbesondere für KMU, die nur ein kleines Investitionsvolumen haben, ein erheblicher Vorteil. Durch das Aufstellen von weiteren intelligenten Depotcontainern kann die Sammel- und Sortierleistung fortlaufend erhöht werden, was im Vergleich zu einer gesamten Prozessänderung mit wesentlich geringeren Investitionskosten

verbunden ist. Aus diesem Grund haben auch KMU, die über geringe finanzielle Mittel verfügen, die Möglichkeit, eine kontinuierliche Steigerung der Sammelleistung zu erreichen. [11]

Unternehmen, die für die Glassammlung verantwortlich sind, können durch die verbesserte Qualität des gesammelten Glases höhere Margen erzielen. Des Weiteren profitieren sie von einer füllstandabhängigen Routenoptimierung durch die sofortige Reduzierung der Fahrtkosten und einer digitalen bzw. transparenten generierter Dokumentation. Durch die automatische Dokumentation wird eine Verbesserung des gesamten Recyclingprozesses ermöglicht, der alle beteiligten Akteure (wie Entleerungsdienstleister und Altglasaufbereiter) von denen überwiegend KMU sind, betrifft.

Für Unternehmen der Glasaufbereitung ergeben sich demnach die Möglichkeiten, die Personalkosten sowie die Kapital-, Wartungs- und Energiekosten zu vermindern. Dieses trägt indessen zur Reduzierung der Gesamtkosten von recyceltem Glas und damit zur Wirtschaftlichkeit von Altglas im Vergleich zu der Verwendung von Primärrohstoffen im Rahmen der Glasproduktion bei. Das IGF-Vorhaben 19596 N wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Vorhaben wurde betreut von:

Forschungsnetzwerk
Mittelstand 

Deutscher Forschungsverbund Verpackungs- Entsorgungs-
und Umwelttechnik e. V. Hamburg



Literatur

- [1] EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH: *Glasrecycling droht ein Desaster*. 2016. URL: <https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/glasindustrie-in-deutschland-fuerchtet-um-das-recycling-von-behaeltermgla-1.html>, Abruf: 04.01.2019
- [2] Dispan, Jürgen: *Glasindustrie in Deutschland – Branchenreport 2013*. In: Informationsdienst des IMU Instituts, Heft 3/2013. – ISBN 3-934859-45-6
- [3] FEVE The European Container Glas Federation (Hrsg.): *EU GLASS PACKAGING CLOSED LOOP RECYCLING STEADY AT 74%*. 2018. URL: <https://feve.org/wp-content/uploads/2018/04/Rec-Stats-2015-Press-Release-FINAL.pdf>, Abruf: 08.01.2019
- [4] Umweltbundesamt: *Glas und Altglas*. 2018. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/abfall-kreislaufwirtschaft/entsorgung-verwertung-ausgewaehlter-abfallarten/glas-altglas#textpart-1>, Abruf: 04.01.2019

- [5] BDE.de: „Leitlinie – Qualitätsanforderungen an Glasscherben zum Einsatz in der Behälterglasindustrie“; Online PDF URL: bde.de/assets/public/Dokumente/2015/Standardblatt-T-120-2014-08-14.pdf; [04.11.19]
- [6] Bundesverband Glasindustrie e. V. (Hrsg.): *Leitlinie „Qualitätsanforderungen an Glasscherben zum Einsatz in der Behälterglasindustrie“*. 2015. URL: <https://bde.de/assets/public/Dokumente/2015/Standardblatt-T-120-2014-08-14.pdf>, Abruf: 04.01.2019
- [7] Martens, Hans: *Recyclingtechnik – Fachbuch für Lehre und Praxis*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2011. – ISBN 3-8274-2640-6
- [8] Scheffold, Karlheinz; Oetjen-Dehne, Rüdiger: *Recycling von Hohlglas – Technik, Qualität und Wirtschaftlichkeit*. In: Thomé-Kozmiensky, Karl Joachim (Hrsg.): *Entsorgung von Verpackungsabfällen*. Neuruppin: TK Verlag, 2014. – ISBN 3-944310-01-5
- [9] Melchert, Wolfgang: *Altglas-Recycling – was passiert mit meinen eingeworfenen Flaschen?* In: *umwelt & verkehr Karlsruhe*, Heft 3/2011, S. 4-5
- [10] STATISTISCHES BUNDESAMT (2014): Unternehmen, Tätige Personen, Umsatz, Investitionen, Bruttowertschöpfung: Deutschland, Jahre, Unternehmensgröße, Wirtschaftsbereiche. URL: genesis.destatis.de/genesis/online/link/tabelleErgebnis/48121-0002. [26.01.2017]
- [11] SCHEFFOLD, K. & OETJEN-DEHNE, R. (2014): *Recycling von Hohlglas - Technik, Qualität und Wirtschaftlichkeit*. In: K. Thome´-Kozmiensky (Hrsg.): *Entsorgung von Verpackungsabfällen*. Neuruppin: TK Verlag.