

HVG-Mitteilung Nr. 2050

Literatur-Überblick zum Recycling von Altglas

H. Müller-Simon, HVG, Offenbach/M.

1 Einleitung

Altglas-Recycling ist ein Schlagwort, das seit etwa 30 Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen hat. Seine Geschichte begann um 1974 mit dem Aufstellen der ersten Sammelcontainer für Behälterglas. Im Zusammenhang mit dem Recycling wurden inzwischen an verschiedenen Stellen eine Vielzahl von Aktivitäten entwickelt. Dazu gehören auch viele Vorträge in den Fachausschüssen der DGG, die als HVG-Mitteilung veröffentlicht wurden. In dieser Mitteilung soll eine Übersicht über die vorliegenden Veröffentlichungen zum Thema Altglas-Recycling gegeben werden.

Es ist außerordentlich schwer eine Systematik bezüglich des Recycling zu entwickeln. Im weitesten Sinne kann man bei jeder anderen Verwertung außer der Deponierung von Recycling sprechen. In diesem Beitrag sollen die Bereiche Filterstaubreycling und Feuerfestrecycling ausgespart werden und nur der Einsatz von Altglas zur Herstellung eines Produktes betrachtet werden. Es hat sich gezeigt, dass jede Glasart ihre Eigenheiten bezüglich des Recycling besitzt, so dass die Untergliederung nach den produzierten Glasarten am sinnvollsten erscheint.

2 Übersichtsbeiträge

Eine erste zusammenfassende Abhandlung wurde schon 1978 von Trier in einem Fachausschussbericht im Fachausschuss III der DGG vorgelegt [1]. Recycling von Altglas ist immer auch ein politisches Thema gewesen [2-9]. Mehr technisch orientierte Übersichtsbeiträge sind [10-24].

3 Behälterglas

3.1 Aufbereitung und Charakterisierung

Altglas ist naturgemäß ein sehr inhomogener Rohstoff. Um reproduzierbare Produktionsbedingungen zu gewährleisten, sind deshalb Maßnahmen zur Gewährleistung konstanter Eigenschaften zu ergreifen. Das kann zunächst über die Spezifikation der Scherbenqualität geschehen [25, 26]. Grundlage einer aussagekräftigen Beurteilung der Scherbenqualität ist immer eine zuverlässige Probenahme. Über statistische Überlegungen lassen sich die Mindestgrößen der Proben abschätzen [27, 28]. Besonders weitreichende Auswirkungen haben organische Verunreinigungen der Scherben, so dass Redoxkontrollen der angelieferten Scherben sinnvoll sind [29-35].

Im Fall von KSP-Verunreinigungen hängt die Beeinträchtigung der Qualität wesentlich von der Art und Größe ab [36, 37]. Durch das Zermahlen der Scherben zu einem Glassand erreicht man auch eine Zerkleinerung der KSP-Verunreinigungen auf eine Korngröße, die sich während des Glasschmelzprozesses auflöst, allerdings sind feingemahlene Scherben anfälliger gegenüber Redoxschwankungen [38-40]. Ein wesentliches Merkmal von Glas ist die Farbe. Hier sind die Spezifikation besonders eng, so dass für einen hochwertigen Rohstoff eine Farbseparierung unerlässlich ist [41-44]. Um den Anforderungen an die Aufbereitung gerecht zu werden, wird der erforderliche Aufwand zunehmend höher [45-51].

Im Flachglas- und Spezialglasbereich ist das Glas häufig Teil eines Gerätes. Das Glas muss also zunächst aus dem Gegenstand herausgelöst werden, wie im Fall der Automobilverglasung. Weiterhin liegt das Glas selbst in Form eines Verbundes vor wie im Fall des Mehrscheibensicherheitsglases oder einer Fernsehbirne. Um das Glas wiederverwerten zu können müssen die Verbunde zunächst getrennt werden [52, 53].

3.2 Schmelzverhalten

Scherben unterscheiden sich in ihrem Einschmelzverhalten grundsätzlich von Gemenge [54, 55], was auch Auswirkungen auf die Gemengeeinlage hat [56]. Durch die erhöhte Fracht an organischen Verunreinigungen beeinflussen Altglasscherben massiv den Schmelzbetrieb [57-60]. Das geänderte Einschmelzverhalten beeinflusst auch die Glasströmungen, so dass Auswirkungen auf die Homogenität denkbar sind. Dieser Punkt wird in der Literatur allerdings uneinheitlich beurteilt [61-65]. Ein wichtiger Gesichtspunkt sind Anreicherungsverfahren von färbenden und anderweitig unerwünschten Elementen [66-69].

3.3 Glasfehler

Die Benutzung von Altglas als Rohstoff hat zu einer Reihe neuer Glasfehler geführt. Ursache ist die Verunreinigung der Scherben mit Eisenmetallen und Aluminium sowie Keramik, Steine und Porzellan, die unter dem Oberbegriff KSP zusammengefasst werden [70]. Auf der Grundlage der Auflösungs-Kinetik können kritische Korngrößen in Abhängigkeit von der zu erwartenden Verweilzeit angegeben werden [36, 37]. Ein typischer Fehler, der erst durch das Altglas-Recycling hervorgerufen wurde, sind die Silicium-Kügelchen, die zu empfindlichen Einbußen bei der Festigkeit führen [71-74]. Bisweilen kommt es auch zu Verunreinigungen durch die vorherige Fracht der LKW, deren Ursprung häufig nicht leicht zu identifizieren ist [75].

4 Flachglas

Verglichen mit Behälterglas sind die Anforderungen an die Qualität von Flachglas deutlich höher, insbesondere wenn das Glas als Grundlage für Funktionseinheiten beispielsweise in der Automobilverglasung oder der Architektur dienen soll. Dadurch ergeben sich entsprechend hohe Anforderungen an die Qualität der Rohstoffe, die ein Recycling im Flachglasbereich nur in Sonderfällen erlauben [76-80].

5 Faserglas

Die Zerfaserungsverfahren von Isolierglasfasern und das Ziehverfahren von Textilfasern stellen besondere Anforderungen an die Viskosität. Recycling hat insbesondere wegen der nachträglichen Verklebung mit Harzen bzw. dem Aufbringen einer Schlichte merkliche Auswirkungen auf den Redoxzustand und dadurch auf das Ziehverhalten. Besonders kritisch sind die Bohrungen der Ziehmaschinen, die sich schon bei kleinsten Verunreinigungen zusetzen, so dass Fremdscherben nur in bester Qualität zulässig sind [81-86].

6 Spezialglas

Das Recycling von Fernsehglas unterliegt zusätzlichen Einschränkungen. Zum einen schwankt die Zusammensetzung des Altglases stark, da Bildröhren mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften hergestellt werden. Das hat zur Folge, dass auf der anderen Seite mit dem verfügbaren Altglas in der Regel nicht die benötigte Zusammensetzung des aktuellen

Produktes getroffen wird. Für eine Steuerung muss ein entsprechend großer Anteil an Restgemenge eingesetzt werden [87-93].

7 Schaumglas

Eine Möglichkeit des Recycling besteht darin, andere hochwertige Produkte herzustellen. Ein typisches Beispiel hierfür sind Isoliermaterialien aus Schaumglas [94, 95].

8 Literatur

8.1 Übersichtsbeiträge

8.1.1 Allgemeine Übersichten

- [1] Trier, W.; Lauer, J.: Einsatz von Altglasscherben zur Glasschmelze. Fachausschussbericht Nr. 71. Frankfurt/M.: Deutsche Glastechn. Ges. 1978
- [2] Roberts, T. J.: Recycling is a key weapon in the bottle bill battle. Glass Ind. 65 (1984) 14 - 17
- [3] Hartmann, G.F.: Mehr Abfall oder öfter Wiederverwertung? Glaswelt 40 (1987) 100-101
- [4] Lubisch, G.: Verwertbarkeit von Altglas: Rohstoffsammlung und keine Müllabfuhr. Glaswelt 40 (1987) 12-14, 16, 18
- [5] Lubisch, G.: Altglasverwertung: Schwung mit Scherben. Glaswelt 40 (1987) 101
- [6] Hoffmann, W.: Stand des Altglasrecyclings – Verpackungsordnung und Duales System. Glastechn. Ber. Glass Sci. Technol. 67 (1994) N59 – N63
- [7] Hoffmann, W.: Stand des Altglasrecycling, Verpackungsverordnung und Duales System Deutschland (DSD). Vortr. i. FA VI der DGG am 16.3.1994. HVG-Mitteilung Nr. 1817. Glastechn. Ber. Glass Sci. Technol. 67 (1994) N152
- [8] Koch, G.: Erfassung und Aufbereitung des Sekundär-Rohstoffes Altglas. Glastechn. Ber. Glass Sci. Technol. 68 (1995) N47 – N50
- [9] Decker, J.: Ergebnis einer Umfrage zu den Themen Marktentwicklung und Recyclingpraktiken im Bereich der deutschen Glasindustrie. HVG-Mitteilung 1898, Frankfurt 1996

8.1.2 Technische Übersichten

- [10] Lubisch, G.; Trier, W.: Energiebedarf bei der Herstellung von Behälterglas in Abhängigkeit vom Scherbenanteil. Glastechn. Ber. 52 (1979) 141 - 142
- [11] Stewart, G. M.: How foreign cullet usage affects container production. Glass Ind. 66 (1985) 14-23
- [12] Hilson, M.J.: Observations on the use of foreign cullet. Ceramic Engineering and Science Proceedings 6 (1985) 179-189
- [13] Cook, R. F.: Cullet: Processing plant and quality. Glass 62 (1985) 451-453
- [14] Becker, K.: Moderne Behälterglasfertigung in der Bundesrepublik Deutschland. Glastechn. Ber. 59 (1986) 307 - 312
- [15] Eisenblätter, G.: Abfallbilanz bei Mehrwegquotierung. Glaswelt 8 (1988) 12-14

- [16] Guterson H.: Glass recycling. *Glass Technology* 32 (1991) 6-10
- [17] Arnold, F.: Cullet – a modern raw material – handling and production problems. *Glastechnik Tidskrift* 47 (1992) 92 - 97
- [18] Enneking, C.Q.M.; Beerkens, R.; Faber, A.J.: Glass melting from cullet-rich batches. *Glass Ind.* 73 (1992) 18 - 21
- [19] Hess, M.: How increased cullet levels affect energy usage. *Glass Ind.* 74 (1993) 20, 24
- [20] Enneking, C.Q.M.: Bewertung von Altglasscherben und Konsequenzen für den Glasschmelzprozeß. *Glastech. Ber. Glass Sci. Technol.* 67 (1994) N55 – N58
- [21] Beerkens, R.G.C.; Faber, A.J.; Peelen, J.G.J.: Recycled cullet – important raw material for europe. *Glass Researcher* 4 (1994) 8-11
- [22] Schaeffer, H.A.: Recycling of cullet and filter dust in the German glass industry. *Glastech. Ber. Glass Sci. Technol.* 69 (1996), 101-106
- [23] Hessenkemper, H.: The cullet situation in glass industry – chances and problems. *International Glass Journal* (1996) 25 - 27
- [24] Uhe, H.: Ein kurzer Überblick zum Thema Ökobilanzen aus der Sicht des Technikers. Votr. i. FA IV der DGG am 26.3.1996. HVG-Mitteilung Nr. 1873. *Glastech. Ber. Glass Sci. Technol.* 69 (1996) N105

8.2 Behälterglas

8.2.1 Aufbereitung

- [25] Roberts, T.J.: Glass container recycling update with a commitment to the future. *Ceramic Engineering and Science Proceedings* 6 (1985) 190-195
- [26] Streubel, H.: Standardisierung der Qualitätssicherung für aufbereitete Hohlglascherben. Votr. i. FA III/IV der DGG am 15.10.2002. HVG-Mitteilung Nr. 2025. *dgg jourm.* 2 (2003) 19
- [27] Buchmayer, P.: Quality control and quality assurance related to raw materials and melting in a modern container glass plant. Part I. *Glass* 63 (1986) 291-298; Part II. *Glass* 63 (1986) 387-390
- [28] Höhne, D.; Herbst, M; Rasemann, W.: Bewertung von Recyclingglas durch Probennahme. Votr. i. FA III der DGG am 11.10.2000. HVG-Mitteilung Nr. 1979. *Glastech. Ber. Glass Sci. Technol.* 74 (2001) N36
- [29] Nix, M.; Williams, H. P.: Calculation of the redox number of glass batches containing recycled cullet. *Glastech. Ber.* 68K (1990) 271-279.
- [30] Williams, H.P.: Berechnung der Redoxzahl von Glasgemenge mit Altglasscherben. Votr. v. d. Fachausschuss III d. DGG. *Glastech. Ber.* 64 (1991) N49
- [31] Faber, A.J.; Beerkens, M.; van Kersbergen, M.: Methode zur Charakterisierung des Redoxzustandes von Altglasscherben und für Korrekturen im Glasschmelzprozeß. Votr. i. FA III der DGG am 20.10.1994. HVG-Mitteilung 1840. *Glastech. Ber. Glass Sci. Technol.* 68 (1995) N34-N35
- [32] Roger, U.; Dreier, R.: Erfassung der organischen Bestandteile und der Feuchtigkeit von Recycling-Scherben. Votr. i. FA III der DGG am 29.3.1995. HVG-Mitteilung Nr. 1841. *Glastech. Ber. Glass Sci. Technol.* 68 (1995) N156

- [33] Köhler, C.; Cieleback, W.: Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfes – ein Weg zur Redox-Steuerung? Vortr. i. FA III der DGG am 20.3.1997. HVG-Mitteilung 1890. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 70 (1997) N134-N135
- [34] Faber, A.J.; van Kersbergen, M.; Beerkens, R.; Plessers, J.: Rapidox – eine schnelle Methode zur Messung des Redoxzustandes von Recyclingscherben. Vortr. i. FA III der DGG am 10.10.1996. HVG-Mitteilung 1886. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 70 (1997) N41-N42
- [35] Beerkens, R.G.C.; Faber, A.; Plessers, J.; Tonthat, T.: Measuring the redox state of cullet. Glass 74 (1997) 371 - 375
- [36] Glüsing, A.-K.; Conradt, R.: Keramische und metallische Verunreinigungen im Altglas bei Weißglasschmelzen. Vortr. i. FA III/VI der DGG am 20.10.1999. HVG-Mitteilung Nr. 1960. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 73 (2000) N16-N17
- [37] Glüsing, A.-K.; Conradt, R.: Identifikations- und Beurteilungskriterien für keramische und metallische Verunreinigungen im Altglas. Vortr. auf der DGG Jahrest. am 28.5.2002 in Bad Soden. HVG-Mitteilung Nr. 2018, Frankfurt 2002
- [38] Führ, B.; Frieg, H.: Erste Erfahrungen mit der Heye-Scherbenpulverisier-Anlage. Vortr. i. FA III der DGG am 8.11.1995. HVG-Mitteilung Nr. 1860. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 69 (1996) N37
- [39] Führ, B.; Zippe, B.-H.; Drescher, H.: Neue Technologie beim Altglasrecycling: die Glasvermahlung. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 68 (1995) N63-N69
- [40] Winteler, H.R.: Aufbereiten und Schmelzen von Glassand in einer Rekuperativ-Wanne. Vortr. i. FA III der DGG am 8.11.1995. HVG-Mitteilung Nr. 1859. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 69 (1996) N36
- [41] Gitzhofer, K.-H.: Untersuchungen mit einer Pilotanlage zur Farbseparierung von Altglasscherben. Vortr. i. FA VI/IV der DGG am 13.10./3.11.1988. HVG-Mitteilung Nr. 1684. Glastech. Ber. 62 (1989) N12,N15
- [42] Gitzhofer, K.H.: Construction of an experimental unit for the mechanical colour sorting of non-crushed recycled container glass. Glastech. Ber. 64 (1991) 9-15
- [43] Bayer, W.: Altglasaufbereitung: Farbsortierung und vollautomatische Qualitätskontrolle in Theorie und Praxis. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 69 (1996) N1-N7
- [44] Giesen, W.: Altglasaufbereitung unter besonderer Berücksichtigung von Positiv- und Negativsortierung. Vortr. i. FA III/IV der DGG am 15.10.2002. HVG-Mitteilung Nr. 2027. dgg journal 2 (2003) 19
- [45] Moser, H.: Moderne Gemenge- und Scherbenaufbereitung in der Glasindustrie. Sprechsaal 118 (1985) 455 - 458
- [46] Clasen, G.A.: Recycling development and technology update. Glass 66 (1989) 217-220
- [47] Schneider, H.: Möglichkeiten der Prozeßautomatisierung in der Glasindustrie. HVG-Kolloquium: Prozeßsteuerung von Glasschmelzöfen. HVG-Mitteilung 1732, Frankfurt 1990
- [48] Killinger, H.: Altglasbehandlung (Used glass processing). Glastek. Tidskr. 46 (1991) 50 - 51

- [49] Rosenthal, J.: Development and Technology update. Glass machinery, plants & accessories 4 (1991) 47 - 51
- [50] Rosegger, J.; Gleisdorf, A.: Altglasaufbereitung mit höchstem Qualitätsstandard. Glas-Ingenieur 6 (1994), 70-72
- [51] Killinger, H.: Qualitätssteigerung von Fremdscherben und deren Analyse. Votr. i. FA III der DGG am 20.3.1997. HVG-Mitteilung 1892. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 70 (1997) N134
- [52] Zippe, B.-H.: Aufbereitung von Verbundglasabfällen. Votr. i. FA III der DGG am 13.10.1987. HVG-Mitteilung 1655. Glastech. Ber. 61 (1988) N14
- [53] Müller, C.J.: Kfz-Verbundglas - Windschutzscheiben-Recycling gelöst. Sprechsaal 126 (1993) 109-117

8.2.2 Schmelzverhalten

- [54] Höhne, D.; Ortmann, L.; Paul, A.: Vorgänge beim Einsatz von Recyclingglas. Votr. i. FA III der DGG am 12.3.1998. HVG-Mitteilung 1916. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 71 (1998) N96-N97
- [55] Conradt, R.: Steigerung von Leistung und Prozesssicherheit bei der Schmelze von Gemengen mit und ohne Scherben. Votr. i. FA III der DGG am 12.3.2001. HVG-Mitteilung 1988. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 74 (2001) N87
- [56] Argent, R. D.: Batch charging systems adapt to increased cullet levels. Glass Ind. 73 (1992) 14-17
- [57] Rohacek, I.: Erfahrungen beim Einsatz hoher Anteile von Altglasscherben zur Glasschmelze. Votr. i. FA III der DGG am 3.10.1979. HVG-Mitteilung 1432. Glastech. Ber. 53 (1980) R48-R49
- [58] Beutinger, M.: Einsatz von Recyclingglas in der Hohlglasschmelze. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 68 (1995) N51-N58
- [59] Ortmann, L.; Nowak, T.; Höhne, D.: Schmelzen mit Altglasscherben – Wege zur Einstellung des Redoxzustandes und stabiler Glaseigenschaften. Votr. i. FA III der DGG am 20.3.1997. HVG-Mitteilung 1891. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 70 (1997) N135
- [60] Beerkens, Ruud G.C.; Zaman, L.: Impact of furnace atmosphere and organic contamination of recycled cullet on redox state and fining of glass melts. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 72 (1999) 127-144
- [61] Schumacher, L.: Übergang von Gemengesmelze auf 100 % Scherbensmelze – Beobachtungen anlässlich eines Großversuches. Votr. i. FA III der DGG am 7.10.1975. HVG-Mitteilung 1302. Glastech. Ber. 49 (1976) R26-R27
- [62] Goerk, H.; Waldecker, G.G.; Scholze, H.: Einfluß von Scherbenzusätzen auf die Homogenität und Läuterung von Glasschmelzen. Glastech. Ber. 54 (1981) 109 - 119
- [63] Tenzler, T.: Einsatz des Christiansenfilters zur Homogenitäts- und Brechzahlbestimmung an Gläsern. Votr. i. FA IV der DGG am 18.10.1994. HVG-Mitteilung 1839. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 68 (1995) N36
- [64] Heidrich, R.P.: Anwendung der Christiansen-Shelyubskii-Methode zur Kontrolle der Glashomogenität beim Fremdscherbenrecycling. Votr. i. FA III der DGG am

16.10.1997. HVG-Mitteilung 1909. Glastechn. Ber. Glass Sci. Technol. 71 (1998) N28

- [65] Heidrich, P.; Frischat G.H.: Optimizing the Christiansen-Shelyubskii method and its comparison with industrial control methods for homogeneity determination of glasses. Glastechn. Ber. Glass Sci. Technol. 72 (1999) 197 - 203
- [66] Schmidt, H.: Das Fluorproblem in der Glasindustrie beim Scherben-Recycling. Vortr. i. FA VI der DGG am 17.4.1980. HVG-Mitteilung 1444. Glastechn. Ber. 53 (1980) R172
- [67] Tünker, G.: Zusammenfassender Bericht über das Forschungsvorhaben "Fluoremission beim Altglasrecycling". Vortr. i. FA VI der DGG am 14.10.1982. HVG-Mitteilung 1519. Glastechn. Ber. 56 (1998) R68
- [68] Barklage-Hilgefort, H.; Müller-Simon, H.: Der Einsatz von Selen für die Behälterglasproduktion. HVG-Mitteilung 1837, Frankfurt 1994
- [69] Roger, U.: Begrenzung des Bleigehaltes nach der EU-Verpackungsrichtlinie. Vortr. i. FA III der DGG am 16.10.1997. Glastechn. Ber. Glass Sci. Technol. 71 (1998) N29

8.2.3 Glasfehler

- [70] Lauter, J.: Erfahrungen über den Einsatz von Altglasscherben zur Glasschmelze. Vortr. i. FA III der DGG am 26.10.1977. HVG-Mitteilung 1368. Glastechn. Ber. 51 (1978) N48
- [71] Wischnat, V.; Roger, U.; Lenhart, A.: Formation and oxidation of silicon in container glass melts. Glastechn. Ber. 66 (1993) 285 -289
- [72] Reisch, R.: Neues zu Silicium-Steinchen im Behälterglas. Vortr. i. FA III der DGG am 17.3.1994. HVG-Mitteilung 1818. Glastechn. Ber. Glass Sci. Technol. 67 (1994) N132
- [73] Stachel, D.: Siliciumeinschlüsse – Aussehen und technologisches Alter. HVG-Mitteilung 1986, Frankfurt 2001
- [74] Stachel, D.: Gibt es ein NiS-Risiko in Borosilicatgläsern? Vortr. i. FA III der DGG am 24.10.2001. HVG-Mitteilung 2004. dgg journal 1 (2002) 28
- [75] Schumacher, L.: Eine besondere Verunreinigung im Recyclingglas. Vortr. i. FA III der DGG am 20.4.1988. HVG-Mitteilung 1667. Glastechn. Ber. 61 (1988) N48-N49

8.3 Flachglas

- [76] Witte, F.: Recycling von Flachglas. Glastechn. Ber. Glass Sci. Technol. 68 (1995) N107 – N110
- [77] Stötzel, E.: Cullet for flat glass. Glass Technology 38 (1997) 185 - 188
- [78] Witte, F.: Recycling von Bau- und Fahrzeugglas. Vortr. i. FA III/IV der DGG am 15.10.2002. HVG-Mitteilung 2026. dgg journal 2 (2003) 20
- [79] Kasper, A.: Recycling in der Flachglasindustrie. HVG-Mitteilung 2034, Offenbach 2003
- [80] Dahlmann, U.; Reschke, D.: Auflösungsverhalten von Silber in Flachglasschmelzen bei der Wiederverwertung von Spiegelscherben. Vortr. i. FA III der

DGG am 8.10.1998. HVG-Mitteilung 1930. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 72 (1999) N22-N23

8.4 Faserglas

- [81] Moser, H.: Recycling and processing of glassfibre waste. Glass 63 (1986) 61
- [82] Wermter, F.: Sauerstoffpartialdruck und Redoxzustand in einer industriellen Glasschmelze. Vortr. i. FA III der DGG am 20.4.1988. HVG-Mitteilung 1673. Glastech. Ber. 61 (1988) N49
- [83] Guter, E. P.: Quality cullet is required for fiberglass, too. Glass Ind. 72 (1993) 13-25
- [84] Drescher, H.: Neue Wege bei der Aufbereitung von Glasfaserabfällen. Glas-Ingenieur 2 (1997) 52 - 55
- [85] Jüptner, H.: Recycling von Glasfaserabfällen. Vortr. i. FA III der DGG am 20.10.1999. HVG-Mitteilung 1959. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 72 (1999) N16
- [86] Katzschmann, A.; Schleicher, P.: Einsatz von Recyclingglas bei der Herstellung von Mineralwolleämmstoffen. Vortr. i. FA III/VI der DGG am 15.10.2002. HVG-Mitteilung 2029. dgg journal 2 (2003) 20

8.5 Spezialglas

- [87] Lindig, M.: Recycling im Fernsehglasbereich. Vortr. i. FA III/VI der DGG am 29.10.1992. HVG-Mitteilung 1793. Glastech. Ber. 66 (1993) N17
- [88] Lindig, M.: Recycling von Fernsehglas. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 67 (1994) N95 – N97
- [89] Tietze, H.: Recycling special glass. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 68 (1995) 165-170
- [90] Tietze, H.: Recycling von Spezialglas. HVG-Mitteilung 1853, Frankfurt 1995
- [91] Döring, E.: Spezialglas-Recycling am Beispiel Fernsehglas. Vortr. i. FA III der DGG am 11.10.2000. HVG-Mitteilung 1978. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 73 (2000) N36
- [92] Hermans, J.M.; Peelen, J.G.J.; Bei, R.: Recycling of TV Glass: Profit or doom?. American Ceramic Society Bulletin 80 (2001) 51 - 56
- [93] Hünlich, T.: Recycling von End-of-Life-Fernsehglas, alternative Verbringungs-methoden und ihre Auswirkungen auf die Umwelt. Vortr. i. FA VI der DGG am 10.10.2000. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 74 (2001) N38-N39

8.6 Sonstiges

- [94] Rolland, A.; Verdier, P.; Guyader, J.: Nouveaux materiaux isolants expanses prepares a partir de verre de recuperation et dadjuvants azotes. Verres Refract. 39 (1985) 733-736
- [95] Weinberger, K.: Die Herstellung von Schaumglasgranulat. Vortr. i. FA III der DGG am 29.3.1995. HVG-Mitteilung 1843. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 68 (1995) N156