

Glasherstellung - Einsatz von Dolomit, Vor- und Nachteile

Gliederung

1. [Theoretischer Hintergrund](#)
2. [Glasarten](#)
3. [Glasrohstoffe](#)
4. [Alkali-Erdalkali-Silikatglas](#)
5. [Glasherstellung](#)
 - 5.1 [Mischen der Rohstoffe](#)
 - 5.2 [Schmelzen](#)
 - 5.3 [Verarbeitung](#)
 - 5.4 [Abkühlen der Schmelze](#)
 - 5.5 [Abschließende Bearbeitung der fertigen Formstücke](#)
 - 5.6 [Weiter verarbeitende Operationen](#)
6. [Einsatz von Dolomit \(zusätzlich zu Kalk oder statt Kalk\)](#)
 - 6.1 [Vor- und Nachteile](#)
 - 6.2 [Kriterien](#)

Schöndorfer GmbH

1. Theoretischer Hintergrund

Physikalisch gesehen ist Glas ein nichtkristalliner Festkörper. Im Gegensatz zu Kristallen muß man sich die Struktur in Form von Modellen so vorstellen, daß die Glasbildner (in der Regel SiO_2) ein regelloses zusammenhängendes Netzwerk bilden, in dessen Lücken die anderen Inhaltstoffe eingebaut sind.

Die Herstellung von Glas erfolgt durch die Zerstörung der kristallinen Struktur des Glasbildners durch Eintrag von Energie. Die Glasbildung, ein kinetisch kontrollierter Prozeß, erfolgt durch die schnelle Abkühlung der Schmelze, so daß keine Kristallisation stattfinden kann. Die Viskosität der Schmelze nimmt bei der Abkühlung allmählich zu, ohne daß eine Kristallisation der Schmelze stattfindet. Der Zustand der Schmelze wird quasi eingefroren, man erhält eine unterkühlte Schmelze. Die Erstarrung des Glases erfolgt nicht schlagartig bei einer Temperatur, sondern in einem weiten Temperaturbereich, dem sogenannten Transformationsbereich. Während der Abkühlung werden als Funktion der Temperatur verschiedene Viskositäten durchlaufen, bei denen die Verarbeitung des Glases erfolgen muß. (Vgl. Tabelle 1)

Der Prozeß der Glasbildung wird unterstützt durch das Einführen verschiedener anderer Glas-komponenten, wie sogenannte Netzwerk wandler oder Netzwerkstabilisatoren.

Tabelle 1: Richtwerte für Viskositäten bei Gläsern

Viskosität [Pa * s]		
10^{19}	Glas bei Zimmertemperatur	
$10^{14,5}$	Unterer Kühlpunkt (strain point)	Einfrierbereich
$10^{13,6} - 10^{13}$	Transformationspunkt	
10^{13}	Oberer Kühlpunkt (annealing point)	
$10^{11,3}$	Dilatometrischer Erweichungspunkt	Verarbeitungsbereich
$10^{7,6}$	Littletonpunkt (softening point)	
10^5	Fließpunkt (flow point)	
$10^{4,22}$	Einsinkpunkt	Schmelz- und Läuterbereich
10^4	Verarbeitungspunkt (working point)	
$10^{2,5}$	Liquidustemperatur	
10^2	Gießtemperatur (melting point)	

2. Glasarten

Einteilung nach dem chemischen Grundcharakter

- oxidische Ein- und Mehrkomponentengläser (Kieselglas, Boratglas, Phosphatglas)
- Silikatgläser (Alkali-Erdalkali-Silikatglas, Borsilikatglas, Bleisilikatglas)
 - a) reines Silikatglas
 - b) Zweikomponenten-Glas: Silikatglas + Alkali- oder Erdalkalioxid
 - Alkali: Li_2O , Na_2O , K_2O , Rb_2O , Cs_2O
 - Erdalkali: MgO , CaO , SrO , BaO
 - c) Mehrkomponentenglas: Alkali-Erdalkali-Silikatglas
 - Alkali und Erdalkali wie bei Zweikomponenten-Glas
 - zusätzlich können weitere Komponenten enthalten sein z.B. Al_2O_3 , B_2O_3 , PbO , ZnO , As_2O_3 , TiO_2 , Sb_2O_3 , ZrO_2 , FeO , La_2O_3 , CeO_2 , CdO

Bei den anderen Mehrkomponentengläsern sind die Inhaltstoffe zu den jeweiligen Komponenten verschoben.

- nichtoxidische und nichtsilikatische Gläser (Fluoridglas, Chalkogenglas)

Die Bestandteile neben SiO_2 brechen die Si-O-Si - Bindungen auf.

- ⇒ Verringerung der Viskosität
 des Schmelzpunktes
 der UV-Transmission
 der Beständigkeit (chemisch, mechanisch und thermisch)
- Erhöhung der thermischen Ausdehnung

Begriffe:

- Hartes Glas: Schmelzpunkt liegt bei hohen Temperaturen
 haben geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten
- Weiches Glas: Schmelzpunkt liegt bei geringen Temperaturen
 haben hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten
- Langes Glas: Temperaturbereich in dem das Glas schmilzt bzw. erstarrt ist weit
 ⇒ beim Abkühlen wird eine längere Zeit benötigt, bis das Glas formstabil ist
- Kurzes Glas: Temperaturbereich in dem das Glas schmilzt bzw. erstarrt ist eng
 ⇒ beim Abkühlen wird das Glas schnell formstabil

3. Glasrohstoffe

Tabelle 2: Glasrohstoffe

Glasrohstoffe	Formel	Glasoxid	Anteil im Rohstoff [MA.-%]
Sand	SiO ₂	SiO ₂	99,8
Soda	Na ₂ CO ₃ * 12 H ₂ O	Na ₂ O	58,5
Trona	Na ₂ CO ₃ * NaHCO ₃ * 2 H ₂ O	Na ₂ O	41,9
Kalkstein	CaCO ₃	CaO	56,0
Dolomit	CaMg(CO ₃) ₂	CaO * MgO	30,5 + 21,5 = 52,0
Feldspat	(K, Na) ₂ O * Al ₂ O ₃ * 6 SiO ₂	SiO ₂ * Al ₂ O ₃ * (K, Na) ₂ O	68,0 + 18,5 + 12,8 = 99,3
Nepheline / Syenite	NaAlSi ₃ O ₈	SiO ₂ * Al ₂ O ₃ * Na ₂ O	60,6 + 23,3 + 14,8 = 98,7
Petalite	LiAlSi ₄ O ₁₀	SiO ₂ * Al ₂ O ₃ * Li ₂ O	78,4 + 16,7 + 4,9 = 100
Borax	Na ₂ B ₄ O ₇ * 5 H ₂ O	Na ₂ O * B ₂ O ₃	21,8 + 48,8 = 70,6
Tonerde	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	100
Borsäure	BH ₃ O ₃	2 BH ₃ O ₃ → B ₂ O ₃ + 3 H ₂ O	56,3
Colemanite	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ * 5 H ₂ O	CaO * B ₂ O ₃	27,2 + 51,0 = 78,2
Ulexite	NaCaB ₅ O ₉ * 8 H ₂ O	Na ₂ O * CaO * B ₂ O ₃	9,5 + 17,2 + 53,7 = 80,4
Bleimennige	Pb ₃ O ₄	PbO	99,9
Kaliumcarbonat	K ₂ CO ₃	K ₂ O	68,0
Flußspat	CaF ₂	CaO	69,9
Zinkoxid	ZnO	ZnO	100
Bariumcarbonat	BaCO ₃	BaO	76,9
weitere spezielle Oxide			

Kriterien für Glasrohstoffe sind:

- Reinheit
- Konsistenz
- Partikelgröße
- Wassergehalt
- die jeweiligen Parameter müssen über längere Zeiträume weitgehend konstant sein
- Stabilität bei der Lagerung
- Potential der Luftverunreinigung
- technische Möglichkeiten des Mischens und Schmelzens
- Verfügbarkeit
- Kosten

Die einzelnen Rohstoffe dienen als Glas- oder Netzbildner, Netzwandler, Fließmittel, Stabilisatoren oder Klärmittel.

Sie beeinflussen Verarbeitbarkeit und Eigenschaften der Schmelze und des fertigen Glases. Fließmittel haben einen tieferen Schmelzpunkt als die Glasbildner und lösen diese bei Temperaturen unterhalb ihres Schmelzpunktes.

Enthalten einzelne Rohstoffe zu viel Eisen (billige Rohstoffe), kann eine Entfärbung des Glas chemisch oder physikalisch erfolgen.

- chemische Entfärbung. Oxidation des Eisens in eine farblose Stufe
- physikalische Entfärbung: Zugabe eines anderen färbenden Ions derart, daß die Farben sich aufheben

Mit der chemischen oder physikalischen Entfärbung geht stets ein Verlust der Lichtdurchlässigkeit des fertigen Glases einher. Besser ist daher in jedem Fall der Einsatz eisenarmer Rohstoffe.

Altglas und Glasbruch als Glasrohstoff (Werte für die USA)

- ist der teuerste aller Rohstoffe
- ist ein wichtiger Rohstoff da:
 - a) das Schmelzen der anderen Rohstoffe beschleunigt wird
 - b) zum Schmelzen 25 % weniger Energie benötigt werden als für eine chemisch gleich zusammengesetztes Gemisch neuer Rohstoffe
 - c) die Staubbildung reduziert wird
- optimal werden 30 - 40 % Altglas eingesetzt
 - z.B. Behälterglas 10 - 15 %
 - Flachglas 20 - 30 %
 - Glühbirnenglas 50 - 70 %
 - kommerzielles Glas 50 - 70 %
- ca. 40 % des Altglas besteht aus Glasbruch direkt aus dem produzierenden Betrieb
ca. 15 % sind Altglas aus dem Verbrauch

4. Alkali-Erdalkali-Silikatglas

Ein Alkali-Erdalkali-Silikatglas hat ungefähr die Zusammensetzung

Na ₂ O	:	CaO	:	SiO ₂
1	:	1	:	6
13 %		12 %		75 %

Eine Modifizierung der Eigenschaften erfolgt durch K₂O, MgO, Al₂O₃ und seltener BaO und B₂O₃.

Die Haupteinsatzgebiete für Alkali-Erdalkali-Silikatgläser sind Massegläser wie: Bauglas, Behälterglas, Apparateglas, Glühlampenglas, Glas für Fernsehkolben

Borsilikatgläser haben einen erhöhten Anteil an B₂O₃, dieses bewirkt:

- höhere chemische Beständigkeit
- höhere thermische Belastbarkeit
- bessere Temperaturwechselbeständigkeit

Haupteinsatzgebiet sind technische und optische Gläser.

Tabelle 3: Zusammensetzung verschiedener Gläser

		SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	sonstige
Behälterglas	%	72	15,5	0,4	1,4	8,5	2	
Flaschenglas	%	73	14	0,6	1,5	10	0,1	
Wirtschaftsglas	%	75	14,5	0,5	1,5	8	-	
Flachglas (1)	%	72	15	0,5	1	7	4	
Flachglas (2)	%	72	14	-	0,3	9	4	
Glühlampe	%	72	16,5	-	1,3	6,5	3	
Schaumglas	%	71	15	-	2	9,5	2,5	
Apparateglas	%	70	13	2	5,5	9	-	
Ziehglas	%	73	15,5	-	1,2	6	4	
Fernseherglas (1)	%	68	9	7	4	0,5	-	BaO: 11
Fernseherglas (2)	%	67	8	8	4	-	-	BaO: 13
Glasfaserglas	%	54	-	-	14	17,5	4,5	B ₂ O ₃ : 10
Supremax	%	56	-	0,5	22	4,5	7	B ₂ O ₃ : 10
Geräteglas (Schott)	%	80	5	-	3	1	1	B ₂ O ₃ : 10
Bleikristallglas	%	60	1	13	-	-	-	B ₂ O ₃ : 1 PbO: 24
Grünglas		enthält 1, 5 - 2 % MgO						

5. Herstellung von Glas

5.1 Mischen der Rohstoffe

Entscheidend für die Qualität der Schmelze und des fertigen Glas ist die vorangehende Vermischung der Rohstoffe. Es muß eine homogene Rohstoffmischung entstehen. Üblich ist auch eine Naßvermischung und anschließende Pelletierung der vorgemischten Rohstoffe (keine Entmischung, höhere Schmelzeffektivität, weniger Staub)

5.2 Schmelzen

Die Schmelzeinheiten arbeiten meist kontinuierlich. Nur bei speziellen Mischungen oder sehr kleinen Ansätzen wird diskontinuierlich gearbeitet.

Wichtig bei der Beheizung der Schmelzwanne ist, daß die Heizleistung konstant gehalten wird, um bei kontinuierlichen Prozessen eine homogene Schmelze zu erhalten. Hierfür muß bei gas- oder ölbefeuerten Schmelzwannen die Zusammensetzung des Brennstoffs sowie die der Luft ständig kontrolliert werden. Eine Kontrolle der Abgaszusammensetzung ergibt zusätzliche Informationen.

Der Schmelzprozess setzt sich aus mehreren Stufen zusammen:

- dem eigentlichen Schmelzen
- der Läuterung / dem Homogenisieren

Das Aufschmelzen erfolgt bei 1200 - 1700 °C. Es ergibt ein inhomogenes Schmelzgut, die Rauhschmelze.

Die Reaktionen laufen wie folgt ab:

- Ab 600 °C findet eine Decarbonisierung, Desulfonierung und Dehydratisierung der Rohstoffe statt.

Das Schmelzen und Sintern der Flußmittel setzt ein, ein Schmelzen im Bereich der Eutektika verschiedener Gemischkomponenten setzt ein. Gasförmige Komponenten werden ausgetrieben. Höher schmelzende Bestandteile lösen sich in den geschmolzenen Flußmitteln.

- Der Schmelzprozess der höher schmelzenden Rohstoffe setzt bei 1200 °C ein. Die Schmelze wird klarer, ist aber noch inhomogen und hat Schlieren.

Homogenisieren in der heißesten Zone der Wanne bewirkt ein Läutern der Schmelze, die Schlieren verschwinden.

Eine Homogenisierung wird erreicht durch:

- chemische Zusätze
werden in einer Menge von 0,3 - 1,5 % bezogen auf die Rohstoffe eingesetzt
- Einblasen von Luft oder Wasserdampf
- mechanisches Rühren oder Ultraschall-Mischung
- Erhöhung der Temperatur (⇒ geringere Viskosität, d.h. besseres Mischen, besseres Austreten der Gase)

Wichtig ist, daß keine Gasblasen in der Schmelze eingeschlossen bleiben.

Gasblasen können von verschiedenen Quellen herrühren:

- Rohmaterialien
- Lufteintrag mit dem Rohmaterial
- Einblasen von Gasen zum Homogenisieren
- Gasatmosphäre über der Schmelze
- Art und Geschwindigkeit der Reaktionen
- Reaktionen mit der Auskleidung
- elektrochemische Reaktionen
- mechanische Operationen (z.B. Rühren, ...)

- a) Große Schmelzwannen bis 1200 t Inhalt
z.B. für Behälterglas oder Flachglas

Sind meist rechteckige Behälter, die am Boden und an den Seiten beheizt werden. Der Deckel ist isoliert.

Die Ausmauerung / Isolierung ist aus Silikatsteinen, Al-Silikat.

Der Behälter ist zweigeteilt: - ein größerer Bereich "Melting end" als Aufgabebereich und zum Aufschmelzen der Rohstoffe

- ein kleinerer Bereich "Working or refining end" zum Läutern und Abkühlen auf Verarbeitungstemperatur / -viskosität

Die Temperaturen können bis zu 1675 °C betragen. Üblich sind Temperaturen von 1400 - 1500 °C. In der Schmelzwanne baut sich ein Temperaturprofil auf.

Bei tiefen Schmelzwannen (normal sind 50 - 150 cm) werden zusätzlich Hilfselektroden zur Heizung eingesetzt.

Durchströmende Luft, Dampf, Argon oder Wasserstoff verbessern die Wärmeaufnahme und die Homogenität der Schmelze.

Bei der Flachglasherstellung erfolgt die Aufgabe über die gesamte Breite der Schmelzwanne. Ein Vorschmelzen geschieht im "Doghouse" vor der eigentlichen Schmelzwanne.

b) Kleine Schmelzeinheiten für 4 - 100 t

Maße sind ca. 2 - 3 m * 10 - 12 m

Werden eingesetzt für die kontinuierliche Herstellung von optischen Gläsern, Trinkgefäßen, -flaschen, Glasfasern

Schmelztemperatur 1525 °C

Läuterungstemperatur 1375 °C

Ausflußtemperatur 1075 - 1225 °C abhängig von der Art der Schmelze und der anschließenden Verarbeitung

Vorteile sind die geringen Investitionskosten
die große Flexibilität

c) Elektrische Schmelzwannen

Arbeiten auf Basis der Widerstandsheizung

Werden eingesetzt für Mengen bis 4 t/d maximal bis 120 t/d

Die Aufgabe erfolgt von oben.

Vorteile: - alle gasförmigen Komponenten kondensieren oben an den kälteren Rohstoffen

- eine örtliche Überhitzung an der Decke wird vermieden
- der Verlust an flüchtigen Komponenten liegt bei 2 statt bei 40 % (z.B. Fluor)
- die Zusammensetzung der Schmelze ist besser kontrollierbar
- die Investitionskosten sind gering.
- die Flexibilität ist hoch.

Nachteile: - hohe Energiekosten

- die Schmelzwanne hält nur halb so lange wie bei anderen Prozessen

d) Batch-Prozess

Die Wannengröße liegt bei 150 - 1000 kg

Eingesetzt für spezielle farbige, optische Gläser oder Kristallglas, bei speziellen Gemischen oder Techniken.

Die Schmelzwannen werden zu Gruppen in einem Ofen zusammengefaßt.

Die Aufheizung erfolgt in mehreren Stufen:

auf 900 °C langsam mit elektrischer Heizung

auf 1200 °C mit einer Flamme von außen

ab 1400 °C findet die Verglasung statt

Zeitablauf:

6 h für die erste Schmelze des Rohmaterials

2,5 h für die Schmelze nach der zweiten Aufgabe

7 h für die Schmelze nach der dritten Aufgabe

1,5 h für die Läuterung der Schmelze

5.3 Verarbeitung

Bei 900 - 1200 °C wird die Schmelze ausgearbeitet

Im Transformationsbereich bei 500 - 600 °C wird das Fertigstück gekühlt und entspannt

Schöndorfer GmbH

Eine Verarbeitung kann erfolgen durch

- Ziehen (Flachglas, Rohre, Fasern)
- Gießen
- Walzen, Pressen, Blasen (Hohlglas)
- Mundblasen (komplizierte Formen, einzelne Teile)
- Quenchen

Für Fensterglas wird die Schmelze auf geschmolzenes Zinn überschichtet und über diesem gekühlt. Man erhält die extrem glatte Oberfläche des geschmolzenen Zinn bei dem Glas. Eine weitere Bearbeitung wird eingespart.

5.4 Abkühlen der Schmelze

Beim Abkühlen der Schmelze findet der Übergang von einer Flüssigkeit zu einem viskoelastischen Körper und anschließend zu einem Feststoff statt. Bei diesem Übergang finden starke Eigenschaftsänderungen statt.

Es kann abhängig von den Bedingungen beim Abkühlen zu starken Belastungen des Glases (Spannungen) kommen. Dieser Effekt wird z.T. auch gezielt genutzt, um Eigenschaften des fertigen Glases zu beeinflussen.

Einflußgrößen sind: die Art des Glases

die Dicke des Glases

die Abkühlrate

die Homogenität des Glases

5.5 Abschließende Bearbeitung der fertigen Formstücke

Glühen oder Härten des fertigen Formkörpers reduziert die Spannungen.

Das fertige Formstück wird soweit aufgeheizt, daß es seine Form nicht verliert. Es erfolgt ein langsames Abkühlen des Körpers, bei dem weniger Spannungen im Glas auftreten.

Normale verbleibende Spannungen liegen in folgender Größenordnung:

Tischware: 50 nm/cm

optisches Glas: 10 nm/cm

5.6 Weiter verarbeitende Operationen

- Schneiden
- Schleifen (ein Teil der Glasoberfläche wird abgewetzt)
- Polieren (es werden nur Verunreinigungen entfernt, keine Glasbestandteile)
 - mechanisch
 - chemisch
- Verschweißen
- Schrumpfen
- Tempern mit anschließendem einseitigen Abschrecken (man erreicht gezielte Spannungen in dem Glas)
- Sintern (z.B. Fritten, es werden gerundete Glasteilchen bis zum Erweichen aufgeheizt, zusammengepreßt und abgekühlt)

6. Einsatz von Dolomit (zusätzlich zu Kalk oder statt Kalk)

6.1 Vor- und Nachteile

Vorteile:

- MgO reduziert die benötigte Menge an kalzinierter Soda
- MgO ist Netzwerkwandler und verfestigt somit das Glasnetzwerk
- MgO ist Flußmittel und verbessert somit das Einschmelzverhalten des Gemenges, die zum Schmelzen benötigte Temperatur wird gesenkt
- MgO bis 8 % verkürzt die Läuterungszeit, es kann eventuell in geringen Mengen Läuterungsmittel eingespart werden
- MgO senkt die Oberflächenspannung der Schmelze (stärker als CaO)
⇒ Gasblasen können die Schmelze besser verlassen
- MgO senkt bis 1000 °C die Viskosität der Schmelze (Verarbeitungstemperatur kann gesenkt werden)
- MgO erhöht bei 1050 - 1250 °C die Viskosität (besser als CaO)
- MgO verkürzt das Glas bei 1050 - 1250 °C (verringert beim Abkühlen die Zeit bis zur Formstabilität) ⇒ für maschinelle Verarbeitung zwingend nötig
- MgO in Mengen bis 3,5 % verlängert bei 800 °C das Glas
⇒ bei tiefen Temperaturen wird die Erstarrungsgeschwindigkeit der Schmelze herabgesetzt (besser verarbeitbar, wenn lange Verarbeitungszeiten erwünscht)
- MgO bewirkt in kolorierten Gläsern geringere Viskositätsunterschiede bei verschiedenen Temperaturen
- MgO hemmt bei der Flachglasherstellung die Reaktion mit geschmolzenem Zinn
- MgO verringert bis 8 % die Tendenz der Glasversteinerung / Kristallisationsneigung, das Glas ist entglasungsfester (besser als CaO)
- MgO verringert die chemische Reaktion mit atmosphärischen Gasen und Wasser
- MgO erhöht die chemische Widerstandsfähigkeit des Glas insgesamt (die Säurebeständigkeit ist besser als mit CaO)
- MgO erhöht die Ritzhärte (besser als CaO)
- MgO erhöht das Elastizitätsmodul von Glas (MgO schlechter als CaO)
- MgO erhöht die Zug- und Biegefestigkeit des Glases
- MgO > 3 % bewirkt eine geringere Wärmedehnung des Glases (besser als CaO)
- mit MgO sind Gläser bei tieferen Temperaturen und leichter zu entspannen
- MgO verbessert die Temperaturwechselbeständigkeit und den Bruchwiderstand bei thermischem Schock (besser als CaO), die Gläser können schneller abgekühlt werden
- Mg wiegt weniger als Ca, bei gleichem stöchiometrischen Einsatz muß weniger Dolomit eingesetzt werden, als Kalk
⇒ die Dichte des Glases ist geringer (besser als CaO)

Nachteile:

- MgO in Mengen > 8 % erhöht die Schmelztemperatur
- MgO in Mengen bis 3,5 % verlängert bei 800 °C das Glas
⇒ bei tiefen Temperaturen wird mit MgO die Erstarrungsgeschwindigkeit der Schmelze

herabgesetzt (die Zeit bis zur Stabilität wird länger, für maschinelle Verarbeitung unerwünscht!)

- höhere Ritzhärte mit MgO heißt auch höherer Schleifwiderstand bei weiterer Bearbeitung
- MgO und CaO erhöhen die Brechzahl (MgO weniger als CaO)

6.2 Kriterien:

Körnung - nicht zu fein, sonst Erhöhung der Entmischungsgefahr

- Staub macht Schwierigkeiten in den Filtern
- Staub kann im Gemenge zu Klumpenbildung führen
- Staub lagert zwischen den Körnern Luft ein, der Wärmeübergang während des Schmelzprozess wird deutlich verschlechtert, die Läuterung der Schmelze wird aufwendiger
- größtes Korn < 3 mm, da sonst kein vollständiges Aufschmelzen

Fe₂O₃ < 0,25 % für kommerzielles Glas
< 0,04 % für farbloses Glas
0,002 - 0,005 % bei sehr reinen Gläsern

Al₂O₃ < 0,25 %

Mn unerwünscht

Cu unerwünscht

Cr unerwünscht

C unerwünscht

generell sind alle färbenden Ionen unerwünscht

CaCO₃ 53,5 ± 2 % (CaO 30,0 ± 1,1 %)

MgCO₃ 44,0 ± 2 % (MgO 21,0 ± 1,0 %)

CaO-, MgO-Gehalte sollten nicht mehr als 0,5 % variieren

Säureunlösliches < 0,7 %

für Glasfasern dürfen keine Alkalimetalle enthalten sein