

1. Haupteigenschaften des SIMAX-Glases

Alle Glasteile sind aus SIMAX Borosilikatglas 3.3. hergestellt.

Dieser Borosilikatglastyp zeichnet sich durch hohe chemische Beständigkeit, niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizient und damit auch durch hohe Beständigkeit gegen Temperaturänderungen aus. Die Eigenschaften des SIMAX-Glases stehen unter dauernder Aufsicht und wurden auf die Übereinstimmung mit der ISO 3585 zertifiziert.

Chemische Zusammensetzung

SiO ₂	B ₂ O ₃	Na ₂ O + K ₂ O	Al ₂ O ₃
80.6	13	4	2.4

1.1. Chemische Beständigkeit

Die Erzeugnisse aus SIMAX-Glas zeichnen sich durch hohe Beständigkeit gegen Einflüsse von Wasser, Wasserdampf, Säuren, Salzlösungen und eine relativ gute Beständigkeit gegen Alkalien aus. Aus diesen Gründen wird das SIMAX-Glas überall dort eingesetzt, wo von den Erzeugnissen eine hohe chemische Widerstandsfähigkeit und ein neutrales Verhalten gegenüber aufbewahrten oder bearbeiteten Stoffen verlangt wird, d.h. in der Chemie, in Laboratorien, in der Medizin, Pharmazie, Nahrungsmittelindustrie usw. Die chemische Beständigkeit wird anhand der durch ISO-Normen definierten internationalen Standardmethoden bewertet.

Methode nach der ISO-Norm	Zulässiger Wert		max. erzielter Wert bei SIMAX-Glas	
	Klasse	Wert	Klasse	Wert
Wasserbeständigkeit bei 98°C laut ISO 719 Alkalienverlust µg/g	HGB1	31	HGB1	25
Wasserbeständigkeit bei 121°C laut ISO 720 Alkalienverlust µg/g	HGA1	62	HGA1	28
Säurenbeständigkeit laut ISO 1776 Gewichtsverlust m/dm ²	1	100	1	11
Alkalienbeständigkeit laut ISO 695 Gewichtsverlust mg/dm ²	A2	175	A2	120

1.1.1. Wasserbeständigkeit bei 98°C

Die Prüfung erfolgt nach der CSN ISO 719. Für den praktischen Bedarf dient die Angabe über den Auszug aus 2g Glaskrümeln, Körnergröße zwischen 300-500 µm, Wasser der Reinheitsgrad 2, während 60 Min. bei 98°C.

1.1.2. Wasserbeständigkeit bei 121°C

Die Prüfung erfolgt nach der CSN ISO 720. Für den praktischen Bedarf dient die Angabe über den Auszug aus 10g Glaskrümeln, Körnergröße zwischen 300-425 µm, Wasser der Reinheitsgrad 2, während 30 Min. bei 121°C.

1.1.3. Säurebeständigkeit

Das SIMAX-Glas widersteht, wie alle international anerkannten Borosilikatgläser, praktisch allen aggressiven Mitteln, ausgenommen sind die Fluorwasserstoff-, Fluorkiesel- und Phosphorsäure sowie konzentrierte heiße Laugen, die sichtbar die Berührungsoberflächen des Glases angreifen. Die Fluorwasserstoffsäure beschädigt die Glasoberfläche schon bei niedrigen Konzentrationen. Die Phosphorsäure und Laugen beschädigen das Glas bei niedrigen Temperaturen und Konzentrationen nur wenig. Bei hohen Konzentrationen und Temperaturen sinkt jedoch sichtlich die Beständigkeit. Der dauernde Wechsel von saurem und alkalischen Milieu steigert die Korrosion. Die Prüfung erfolgt nach ISO 1776. Musterstücke der Größe 30-40 cm² werden den Auswirkungen der wässrigen Lösung aus Chlorwasserstoff bei 100°C für 3 Stunden ausgesetzt.

1.1.4. Alkalienbeständigkeit

Die Prüfung erfolgt nach CSN ISO 695. Musterstücke der Größe 10-15 cm² werden in kochende Lösung mit gleichem Volumen an Natriumkarbonat und Natriumhydroxyd 3 Stunden lang getaucht.

1.2. Physikalische Eigenschaften

Mittlerer Koeffizient der Wärmelängeausdehnung $\alpha\delta$ (20°C; 300°C)	3,3 · 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Transformationstemperatur T _g	525 °C
Glastemperatur bei Viskosität η in dPa.s: 10 ¹³ (obere Kühltemperatur)	560 °C
Glastemperatur bei Viskosität η in dPa.s: 10 ^{7,6} (Erweichungstemperatur)	825 °C
Glastemperatur bei Viskosität η in dPa.s: 10 ⁴ (Bearbeitungstemperatur)	1260 °C
Kurzfristige zulässige höchste Arbeitstemperatur	500 °C
Dichte ρ bei 20°C	2,23 g · cm ⁻³
Elastizitätsmodul E (Young's modulus)	64 · 10 ³
Poissonsche Konstante μ	0,20
Wärmeleitfähigkeit λ (20°C bis 100°C)	1,2 W · m ⁻¹ · K ⁻¹

1.2.1. Thermische Eigenschaften

Eine hohe Beständigkeit von Produkten aus SIMAX-Glas gegenüber plötzlichen thermischen Temperaturschwankungen - thermische Stabilität - hängt von einem geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten, einer relativ geringen modularen Zugfestigkeit und einer relativ hohen Wärmeleitfähigkeit ab, die zu einem geringeren thermischen Gradienten in der Produktwand führt. Beim Abkühlen und Erwärmen des Glasproduktes entsteht keine unerwünschte inneren Spannung. Wenn ein Glasprodukt durch Temperaturänderung kaputt geht, wird dies durch Zugspannung der Produktoberfläche bei linearer Expansionsfähigkeit des Glases zum Zeitpunkt des schnellen Abkühlens von der Produktoberfläche verursacht.

Die zugelassene Wärmebeanspruchung hängt vom Wärmeniederschlag in der Wand des Glasteils ab. Unter der Voraussetzung, dass kein plötzlicher Temperaturschock entsteht, kann dieses Glas bis zu Temperaturen von ca. 300°C benutzt werden. Gewöhnlich, vor allem unter Berücksichtigung des Dichtungs- und Verbindungsmaterials, wird die Anwendung von Glasrohren und -apparaturen bis zu Temperaturen von ca. 200°C empfohlen.

Die mögliche Grenze eines raschen Temperaturwechsels hängt von der Wärmebelastung ab, die wiederum von Betriebsbedingungen, Verbindungen und Befestigung von Teilen beeinflusst wird. Aus diesen Gründen kann kein limitierender Wert für alle entstehenden technologischen und Betriebsbedingungen angegeben werden.

Eine wesentliche Bedingung für gute Beständigkeit gegen Temperaturstöße ist, das Glas nicht mechanisch zu bearbeiten und die gesamte Glasoberfläche vor Kratzern, Mattierungen u.ä. zu schützen.

Der Temperaturschock ist eine schnelle Temperaturänderung zwischen dem Glasteil und der Umgebung, der von der Wanddicke der Glasteile und der Art der Erhitzung abhängt. Beständigkeit der Glasteile gegen Temperaturerwärmung laut PN 13 8900.

Größe des Teils	Wanddicke in mm	Temperaturunterschied in °C
DN 15-25	4	120
DN 40-100	5	100
DN 150-400	7	90
DN 600	10	80

1.2.2. Wärmeübertragung

Die Orientierungswerte des gesamten Wärmeübergangskoeffizienten durch die SIMAX-Glaseände:

Bei Benutzung als Kondensator (um die Rohre kondensiert Wasserdampf, in den Rohren Kühlwasser)

$k = 290-580 \text{ W/m}^2\text{K}$ (250-500 kcal/m²h °C)

Bei Benutzung als Verdampfer (um die Rohre Wasserverdampfung, in den Rohren Wasserdampfkondensation)

$k = 465-814 \text{ W/m}^2\text{K}$ (400-700 kcal/m²h °C)

Bei Benutzung als Wärmeaustauscher (um die Rohre erhitzte Flüssigkeit)

$k = 250-400 \text{ W/m}^2\text{K}$ (200-350 kcal/m²h °C)

1.2.3. Längenänderung in der Abhängigkeit von der Temperatur

Das SIMAX-Glas verfügt über einen sehr niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Die Änderung der Rohrleitungslänge von 100 m in Abhängigkeit von der Temperatur wird in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Temperatur (°C)	50	100	150
Längenveränderung ∇ (mm)	17	33	50

Die Längenänderung der Rohre infolge Temperaturveränderung müssen bei längeren Anlagen beachtet werden und die befestigten Rohre sind so zu sichern, dass eine Längenveränderung möglich ist. Das wird gewöhnlich unter Verwendung geeigneter Kompensatoren erzielt.

1.2.4. Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften und die Lebensdauer der Produkte aus SIMAX-Glas sind teilweise von ihrer Vollendungsstufe abhängig, insbesondere im Komplex, da.h. tiefe Schäden an der Oberfläche durch manuelle Manipulation und sekundärer Wärmebehandlung verschlechtern die Lebensdauer.

Abriebhärte der Glasmasse 6° auf der Mohs-Skala

erlaubte Zugspannung 3.5 MPa

Cooling SIMAX glass

Das Kühlen stellt einen thermischen Prozess dar, durch den das Entstehen unerwünschter und unzulässig hoher thermischer Spannung im Glas, welche die Beständigkeit des Produktes reduzieren würde, verhindert oder die bereits entstandene Spannung beseitigt wird.

Der Kühlungszyklus verläuft in drei Stufen:

Temperaturerhöhung (Erhitzen) durch Erwärmungsgeschwindigkeit von der Eingangstemperatur bis zur oberen Kühltemperatur.

Haltedauer für eine bestimmte Periode (Verwilen, Temperieren, Stabilisieren) des Produktes an der oberen Kühltemperatur, wodurch der Ausgleich der Temperaturunterschiede im Produkt und die Reduzierung der Spannung auf ein akzeptables Niveau erzielt werden muss.

Temperaturabnahme (Kühlen und Nachkühlen) des Produktes durch Abkühlungsgeschwindigkeit von der oberen auf die untere Kühltemperatur (diese Phase ist wichtig, da es zur Entwicklung von Dauerspannungen kommen kann) und von der unteren Kühltemperatur auf die Endtemperatur oder auf die Umgebungstemperatur (wichtig für die nachfolgende Manipulation mit den Produkten).

1.2.5. Beanspruchung durch Innenüberdruck

Der zulässige Innenüberdruck im Glasrohr und in der Einrichtung hängt von dem Innendurchmesser, dem Material der Verbindungssteile, vom benutzten Dichtungstyp, der Betriebstemperatur und der Form ab. Bei Glasapparaturen, die aus Einzelteilen verschiedener Lichtweite und Formen zusammengebaut sind, richtet sich die zugelassene Beanspruchung durch Innenüberdruck stets nach dem Teil der niedrigsten zugelassenen Beanspruchung.

Betriebswerte des Flüssigkeitsdrucks bei einem Temperaturunterschied zwischen der Innen- und Aussenwand $t = 5^{\circ}\text{C}$ (und Temperaturen bis 120°C) sind:

DN	15	25	40	50	80	100	150	200	300	400	600
MPa	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.07	0.07

Wert in MPa = Überdruck

Tabelle des zulässigen Überdrucks für „T“-Stücke und Kreuze

DN	80	100	150	200	300	400	600
25	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.07	0.07
40	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.07	0.07
50	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.07	0.07
80	0.2*	0.2	0.2	0.1	0.1	0.07	0.07
100		0.15*	0.15*	0.1	0.1	0.07	0.07
150			0.1*	0.07*	0.05*	0.05*	0.05*
200				0.07*	0.05*	0.05*	0.03*
300					0.03*		

*verminderter Wert des zulässigen Überdrucks

Die Druchstöße, verursacht durch den Betrieb von Pumpen oder Armaturen, dürfen die maximalen Betriebsdrücke der Rohrleitungen nicht übersteigen. Die Rohrleitung muss geschützt werden (durch Sicherungsventile, Luftspeicher usw.).

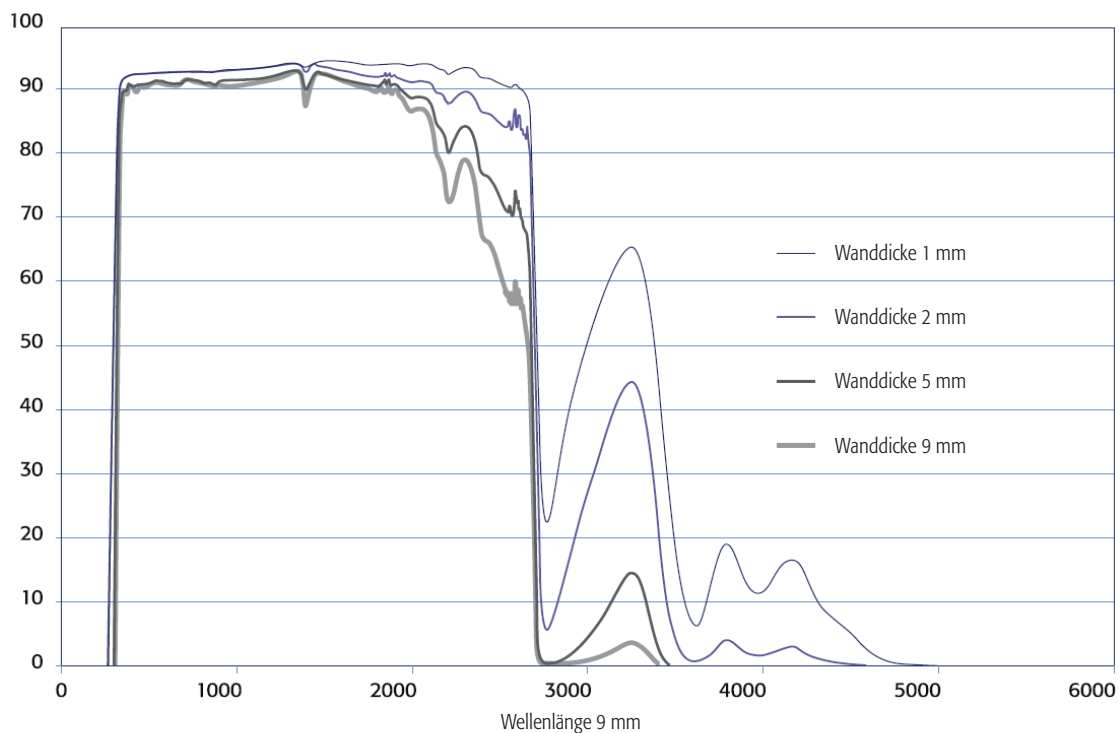
1.2.6. Beanspruchung durch Innenunterdruck

Die zulässige Beanspruchung der Einrichtung durch Vakuum hängt von der Formenstabilität der großen Glasteile, der Bearbeitungstemperatur, dem Material der Verbindungsteile und vom benutzten Dichtungstyp ab.

Langfristige Erfahrungen beweisen, dass die Apparaturen bei einem Unterdruck, der dem absoluten Druck von 0,0015-0,002 MPa entspricht, sicher betrieben werden können.

1.2.7. Optische Eigenschaften

Das SIMAX-Glas weist im sichtbaren Spektrum keine wesentliche Absorption auf, ist klar und farblos. Die Durchlässigkeit der UV-Strahlung bewegt sich im mittleren Spektrum und ist höher als bei üblichem Fensterglas, was die Anwendung von Glasapparaturen für fotochemische Reaktionen ermöglicht z.B. Sulfonierungs- und Halogenierungsprozesse.



1.2.7. Elektrische Eigenschaften

Das SIMAX-Glas ist bei üblichen Temperaturen nicht leitendes Material - es ist ein Isolierstoff. Spezifischer Widerstand in feuchtigkeitsbeständiger Umgebung (20°C) höher als 10^{13} - 10^{15} Ω .cm. Dielektrizitätskonstante ϵ (20°C, 1 MHz) 4,6. Verlustwinkel $\text{tg } \epsilon$ (20°C, 1 MHz) $4,9 \cdot 10^{-3}$. Dielektrische Verluste steigen steil mit zunehmender Temperatur und ändern sich mit der Frequenz.

2. Entwurf und Projektierung der Glasapparaturen

Die Dokumentation für alle Projektvorbereitungsstufen muss folgende Unterlagen enthalten:

- technologisches Schema
- Montageschema
- Baudisposition
- Anforderungen an Bauherrichtungen
- Materialverzeichnisse
- technischer Bericht
- Sicherheitsvorschriften

3. Montage der Glaseinrichtungen

Eine Garantie für richtigen und sicheren Betrieb wird nur gegeben, wenn die Montage und Inbetriebsetzung fachgerecht im Einklang mit der technischen Begleitdokumentation und von Mitarbeitern durchgeführt wurde, die für Arbeiten mit Glaseinrichtungen beauftragt sind (Monteure von Kavalierglass oder Personen, die von Kavalierglass geprüft und beauftragt wurden).

Die Montage erfolgt ausschließlich nach der vom Benutzer genehmigten Projektdokumentation. Falls die Montage anders vorgenommen werden muss als die Dokumentation festlegt, muss der Projektant jede Änderung vorher genehmigen oder der Besteller muss die Montage in das Montagebuch eintragen und die Änderung der entsprechenden Dokumentation vornehmen.

Die Kontrolle der Baustelle vor der Montage umfasst die Kontrolle der Baubereitschaft der für die Installation der Einrichtung bestimmten Räume und der für die Bauvorbereitung vorgesehenen Räume. Gleichzeitig wird die Baudurchführung im Hinblick auf die Sicherheit während der Montage kontrolliert. Die Übernahme der Anschlussstellen bezieht sich hauptsächlich auf die technologischen Rohrleitungen, an die die Einrichtung angeschlossen werden soll und von der die Montage abhängt.

Die Glas- und Nichtglasteile sind in Einmalverpackungen verpackt. Es dürfen nur unbeschädigte Einrichtungsteile montiert werden. Bei den Armaturen sind die Sitze, Kegel etc. zu kontrollieren und alle Teile zu säubern.

Die Montage der Tragkonstruktion, Befestigungsbügel, Tragbetten und Rahmen erfolgt nach den Zeichnungen und der genehmigten Dokumentation der Zeichnungen.

Die Montage der Teile wird mit Hilfe geeigneter mechanischer Mittel im Einklang mit den Sicherheitsvorschriften durchgeführt. Bei der Befestigung senkrechter Sektionen der Glaseinrichtung muss die Bedingung einer einzigen festen Stütze eingehalten werden, um Spannung in den Glasteilen zu vermeiden. Falls nicht das gesamte Gewicht der Einrichtung an einer Stütze festgehalten werden kann, muss man eine feste Stütze und weitere Schiebstützen benutzen. Die (feste) Hauptstütze ist auf ein festigkeitsentsprechendes Glasteil so anzuordnen, dass der größtmögliche Teil des Einrichtungsgewindes festgehalten wird. Keiner der beweglichen Teile der Lagerung darf reiben oder klemmen. Es ist zu beachten, dass die Montageeinstellung der beweglichen Lagerungsteile den Umfang der Dilatationsbewegung während des Betriebes ermöglicht.

Die Einrichtung muss stabilitätsmäßig ausreichend mit Montageelementen so gesichert werden, dass eine gewaltsame Montage in den Glasteilen keine Spannung verursacht. Die Teflonkompensatoren werden so montiert, dass sie nicht nur die Dilatation in Richtung Achse der Rohrleitung ausgleichen, sondern auch Vibrationsübertragung verhindern.

4. Prüfung der Glaseinrichtungen

Die montierte Einrichtung ist nach ihrem Aufbau, ihrer Rekonstruktion oder Reparatur vor der Inbetriebsetzung zu überprüfen. Die einzelnen Prüfungsarten werden in der Projektdokumentation wie folgt vorgeschrieben:

- Die Kontrolle der montierten Einrichtung (Bauprüfung) stellt fest, ob die gesamte Durchführung und das verwendete Material der vorliegenden Projektdokumentation und den vereinbarten Anforderungen des Auftraggebers entsprechen und kontrolliert die Bereitschaft zur Druckprobe.
- Druckproben dienen zur Überprüfung der Druckbeständigkeit der Rohre.
- Temperaturänderungsprobe - Kontrolle des Verhaltens der Rohre bei Temperaturschwankungen.
- Dichtheitsprobe - Kontrolle der Dichtheit der Glasrohre.

Über die durchgeführten Proben muss ein Protokoll verfasst werden.

5. Betrieb und Instandsetzung der Glasapparaturen

5.1. Technische Anforderungen

Die Betriebsbedingungen jeder Glaseinrichtung müssen im Projekt spezifiziert sein. Falls der Benutzer den Betrieb unter Anwendung von Glasteilen projektierte, die in Projekten, Prospekten und Dokumentation des Liefersers spezifiziert sind, darf die Grenze der Arbeitsbedingungen nicht die vom Hersteller für die einzelnen Teile festgesetzten Bedingungen überschreiten.

Es müssen schriftliche Betriebsvorschriften zur Verfügung stehen, die detailliert, die Betriebsabschnitte beschreiben, inkl. Inbetriebsetzung, Produktion und Außerbetriebsetzung der Einrichtung. Ferner müssen die kritischen Faktoren spezifiziert werden, die eine Unterbrechung der Produktion zur Folge haben. Wenn es sich um Arbeitsvorgänge handelt, während derer die Grenzen der Arbeitsdrücke überstiegen werden können, muss die Glaseinrichtung an den einschlägigen Stellen mit Alarmanlagen, Sicherungen, Drucksicherungsventilen usw. geschützt werden.

In chemischen Betriebsstätten, wo infolge statischer Elektrizität Brand- oder Explosionsgefahr droht, insbesondere bei der Verarbeitung und Transport von Flüssigkeiten in Gasrohrleitungen, muss in die Sicherheitsmaßnahme die Punkterdung an der Außenfläche jedes Glasteils einbezogen sein.

Eine Glaseinrichtung, die für die Verarbeitung chemischer Stoffe bestimmt ist und deren Entweichen dem Bedienungspersonal Gesundheitsschäden verursachen kann, muss mit einer geeigneten Abdeckung oder Platzierung der ganzen Apparatur separat, in einem während des Betriebs geschlossenen Raum, geschützt werden.

5.2. Inbetriebnahme

Vor der Inbetriebnahme muss eine eingehende Untersuchung aller Glasteile hinsichtlich des möglichen Auftretens mechanischer Beschädigungen (Anschläge und Sprünge), die während der Montage entstehen konnten, vorgenommen werden. Anschlagstellen und Sprünge könnten die Durchführung der Glasapparatur-Operationen unmöglich machen und eventuell materielle Schäden verursachen. Bei der Inbetriebnahme, Füllung und Erhitzung der Einrichtung darf es zu keiner höheren Glasbeanspruchung kommen, als sie vom Projektanten gemäß den gültigen Vorschriften und Normen festgelegt wurde.

5.3. Instandhaltung der Glaseinrichtungen

5.3.1. Glassäuberung

Für die Pflege der Glasoberflächen und für die Bewahrung aller seiner geforderten Eigenschaften muss die Säuberung der Teile sofort nach der Betriebsstilllegung erfolgen. Es müssen alle Reinigungsmittel mit Schleifcharakter vermieden und die chemische Auflösung von Unreinheiten bevorzugt werden. Wegen der Gefahr des allmählichen Reduzierens des Glasglanzes und der Transparenz muss vor stark alkalischen Reinigungsmitteln (besser Mitteln mit neutraler Reaktion) gewarnt werden.

5.3.2. Arbeitssicherheit

Während der Instandhaltungsarbeiten an der Einrichtung ist unzulässig:

- an der Einrichtung und den Armaturen zu arbeiten, wenn sie in Betrieb und unter Druck sind
- gläserne Einrichtungsteile als Trageteile auszunutzen
- an Glaseinrichtungen Montagehilfseinrichtungen aufzuhängen
- eine Druckprobe mit fehlerhaften Manometer oder höheren Druck vorzunehmen, als zulässig ist
- demontierte Teile müssen gesäubert und kontrolliert werden, ob sie beschädigt sind
- nach einer Reparatur müssen die Flanschverbindungen und die ganze Einrichtung unter Betrieb während 24 Stunden kontrolliert werden
- über jede Reparatur der Einrichtung und durchgeführte Probe muss eine Eintragung im Revisionsbuch erfolgen

6. Garantie

Der Hersteller der Glasapparaturen Kavalierglass a.s. bestätigt, dass das Produkt aus SIMAX Borosilikatglas 3.3 hergestellt ist und die Anforderungen der SN ISO 3585 erfüllt. Die Abmessungen und die Ausführungsqualität der Glaserzeugnisse entsprechen den Normen SN EN 1595, SN EN 12 585 und den Betriebsnormen. Der Produzent garantiert für die Dauer eines Jahres, dass es zu keiner willkürlichen Beschädigung der Glasteile kommt. Für den richtigen und sicheren Betrieb haftet der Produzent nur in dem Fall, wo die Montage und Inbetriebsetzung fachgerecht im Einklang mit der technischen Dokumentation und von geschulten Mitarbeitern für die Arbeiten mit Glaseinrichtungen erfolgt, die von Kavalierglass, a.s. Sázava geliefert werden (Monteure von Kavalierglass, a.s. oder geprüfte und beauftragte Mitarbeiter von Kavalierglass, a.s.).

Der Produzent gewährt keine Garantie im Fall mechanischer Beschädigung und weiterer Mängel infolge ungeeigneter Lagerung, Transports, unsachgemäßer Montage und Säuberung oder der Veränderung außerhalb der Toleranzen der technischen Begleitdokumentation.

Die in der Dokumentation angeführten Punkte repräsentieren kein verbindliches Produktionsprogramm, der Hersteller behält sich die Möglichkeit der Einführung technischer Änderungen vor.