

QVF

APPARATEBAU/KOMPONENTEN

P 301 d.3



APPARATEBAU IN BOROSILICATGLAS 3.3

QVF-Rohrleitungen, -Apparate und -Anlagen aus Borosilicatglas 3.3 sind in der chemischen und pharmazeutischen Industrie sowie in einer Vielzahl artverwandter Bereiche, in Betrieben der Lebensmittel- und Getränke-Herstellung, in Färbereien und in der Galvanotechnik, weit verbreitet. Die besonderen Eigenschaften des Werkstoffes Borosilicatglas 3.3 und der aus den verschiedensten Gründen darüber hinaus verwendeten, ebenfalls nahezu universell korrosionsbeständigen Materialien wie PTFE, Keramik etc. tragen hierzu ebenso bei wie die Tatsache, dass es sich bei Borosilicatglas 3.3 um ein für den Bau von Druckbehältern zugelassenes und erprobtes Material handelt.

In diesem Zusammenhang zu erwähnen ist auch die hohe Zuverlässigkeit der kraftschlüssigen, hochbelastbaren Verbindung aller Komponenten. Sie wird durch Rohrenden, die im gesamten Nennweitenbereich werkstoffgerecht gestaltet und optimiert wurden (Planflansche), und ein zuverlässiges Flanschsystem erreicht.

Das gesamte Programm der standardmäßig lieferbaren Komponenten und Apparate ist in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Chemische Zusammensetzung von Borosilicatglas 3.3

Die besonderen Eigenschaften, insbesondere die hohe chemische Resistenz, die Temperaturbeständigkeit und der geringe Längenausdehnungskoeffizient des von uns für den Glasapparatebau ausschließlich verwendeten Werkstoffes Borosilicatglas 3.3 werden durch die exakte Einhaltung der chemischen Zusammensetzung erreicht. Sie hat folgendes Aussehen:

Tabelle 1

Bezeichnung	Anteil in wt %
SiO ₂	80,6
B ₂ O ₃	12,5
Na ₂ O	4,2
Al ₂ O ₃	2,2
Spurenelemente	0,5

Eigenschaften von Borosilicatglas 3.3

Der weltweit sehr vielfältige Einsatz dieses Werkstoffes in der chemischen und pharmazeutischen Industrie sowie in einer Vielzahl artverwandter Bereiche basiert insbesondere auf dessen chemischen und thermischen Eigenschaften (s. auch DIN ISO 3585) sowie auf einer Vielzahl weiterer Vorteile, die Borosilicatglas 3.3 gegenüber anderen Konstruktionsmaterialien auszeichnet. Hierzu zählen insbesondere Eigenschaften wie:

- glatte, porenfreie Oberfläche
- katalytische Indifferenz
- physiologische Unbedenklichkeit
- Geruchs- und Geschmacksneutralität
- Unbrennbarkeit
- Durchsichtigkeit

Chemische Beständigkeit

Borosilicatglas 3.3 weist eine gegen fast alle Produkte und damit im Vergleich zu anderen bekannten Werkstoffen umfassendere chemische Beständigkeit auf. So ist es sehr gut resistent gegen Wasser, Salzlösungen, organische Substanzen, Halogene wie z.B. Chlor und Brom und auch gegen viele Säuren. Zu einem merklichen Abtrag der Glasoberfläche führen dagegen z.B. Flusssäure sowie konzentrierte Phosphorsäure und starke Laugen bei höheren Temperaturen. Borosilicatglas 3.3 kann jedoch bei Raumtemperatur ohne Schwierigkeiten in Verbindung mit Laugen bis zu einer Konzentration von 30 % eingesetzt werden.

Eine Klassifizierung des Werkstoffes Borosilicatglas 3.3 nach den einschlägigen Untersuchungsmethoden führt zu folgendem Ergebnis (s. auch ISO 3585 und EN 1595):

Tabelle 2

Wasserbeständigkeit bei 98 °C	Gieß-Wasserbeständigkeit Klasse ISO 719-HGB 1
Wasserbeständigkeit bei 121 °C	Gieß-Wasserbeständigkeit Klasse ISO 720-HGA 1
Säurebeständigkeit	Abgabe $\text{Na}_2\text{O} < 100 \text{ mg/dm}^2$ nach ISO 1776
Laugenbeständigkeit	Laugenbeständigkeitsklasse ISO 695-A2

Weitere Informationen über den Säure- und Laugenangriff lassen sich den nachfolgenden Abbildungen entnehmen.

Die Abtragskurven in Abb. 1 zeigen für verschiedene Säuren ein Maximum in dem Konzentrationsbereich zwischen 4 und 7 n (HCl z.B. beim Azeotrop mit 20,2 wt %). Darüber nimmt die Reaktionsgeschwindigkeit merklich ab, so dass die abgetragene Schicht nach Jahren lediglich einige tausendstel Millimeter beträgt. Man spricht also bei Borosilicatglas 3.3 mit Recht von einem säurebeständigen Material.

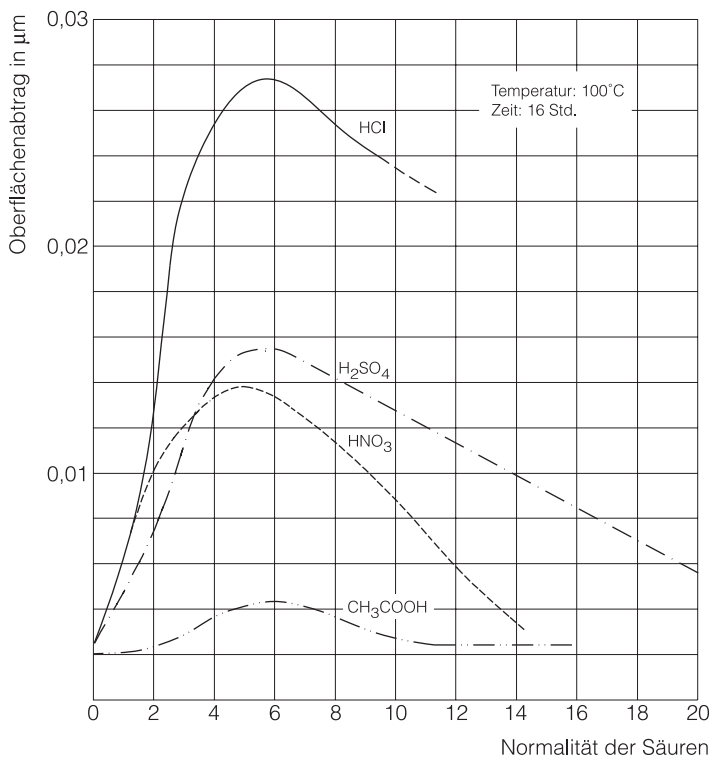


Abb. 1
Säureangriff an Borosilicatglas 3.3 in Abhängigkeit von der Konzentration

Die Abtragskurven in Abb. 2 lassen erkennen, dass der Angriff auf die Glasoberfläche mit zunehmender Konzentration der Laugen zunächst ansteigt und nach Überschreiten eines Maximums einen nahezu konstanten Wert annimmt. Steigende Temperaturen erhöhen den Abtrag, während bei niedrigen Temperaturen die Reaktionsgeschwindigkeit so gering ist, dass über Jahre hinweg kaum eine Wanddickenabnahme feststellbar ist.

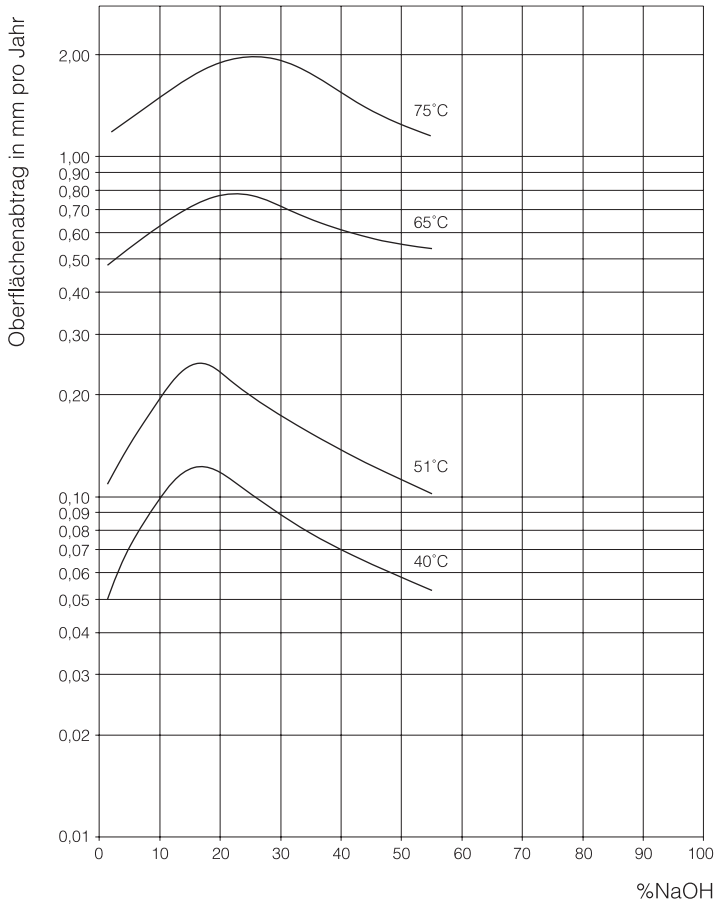


Abb. 2
Laugenangriff an Borosilicatglas 3.3 in Abhängigkeit von der Temperatur

Physikalische Eigenschaften

Borosilicatglas 3.3 zeichnet sich gegenüber anderen Apparatebauwerkstoffen nicht nur durch seine nahezu universelle Korrosionsbeständigkeit (s.o.) aus, sondern auch durch einen sehr geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Aufwendige Maßnahmen zur Kompensation von temperaturbedingten Wärmedehnungen sind daher nicht erforderlich. Bei der Verlegung von langen Glasrohrleitungen wird dies besonders deutlich.

Die für den Apparatebau wichtigsten physikalischen Eigenschaften sind nachstehend aufgeführt (s. auch DIN ISO 3585 und EN 1595).

Tabelle 3

Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	$\alpha_{20/300} = (3,3 \pm 0,1) \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Mittlere Wärmeleitfähigkeit zwischen 20 und 200 °C	$\lambda_{20/200} = 1,2 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Mittlere spezifische Wärmekapazität zwischen 20 und 100 °C	$C_{p\ 20/100} = 0,8 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Mittlere spezifische Wärmekapazität zwischen 20 und 200 °C	$C_{p\ 20/200} = 0,9 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Dichte bei 20 °C	$\rho = 2,23 \text{ kg dm}^{-3}$

Optische Eigenschaften

Borosilicatglas 3.3 zeigt im sichtbaren Spektralbereich keine wesentliche Absorption und wirkt somit klar und farblos.

Die UV-Lichtdurchlässigkeit, die für fotochemische Reaktionen von großer Bedeutung ist, liegt bei Borosilicatglas 3.3 im mittleren Spektrum etwas höher als bei normalem Fensterglas. Aus dem in Abb. 3 dargestellten Transmissionsgrad kann man erkennen, dass sich Chlorierungen und Sulfochlorierungen in Apparaten aus diesem Material daher gut durchführen lassen. Das Chlormolekül absorbiert im Bereich von 280 bis 400 nm und dient als Überträger der Strahlungsenergie.

Sollen lichtempfindliche Substanzen verarbeitet werden, so empfiehlt sich die Verwendung von braun eingefärbtem Borosilicatglas 3.3 (Braunglas). Durch diese dauerhaft aufgebraachte Spezialbeschichtung wird die UV-Lichtdurchlässigkeit auf ein Minimum reduziert, da sich die Absorptionskante, wie ebenfalls aus nachstehender Abbildung ersichtlich ist, auf ca. 500 nm verschiebt.

Mit Sectrans beschichtete Glasbauteile, deren Absorptionskante bei ca. 380 nm liegt, eignen sich ebenfalls für diese Anwendungen.

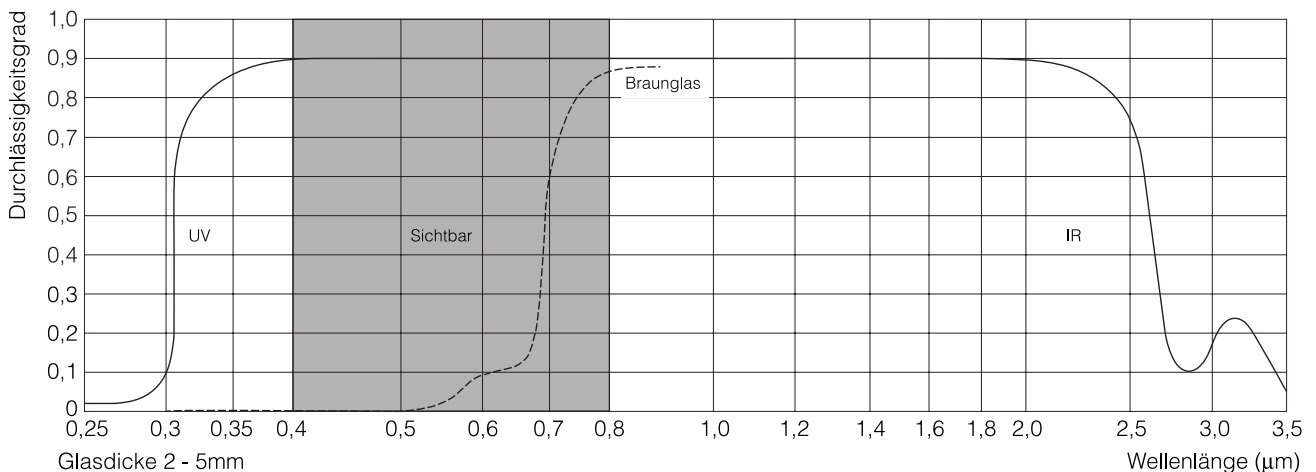


Abb. 3
Transmissionskurven für Borosilicatglas 3.3

Mechanische Eigenschaften

Die zulässigen Festigkeitskennwerte von Borosilicatglas 3.3 (s. Tabelle 4) beinhalten einen Sicherheitsfaktor, der den Erfahrungen über das Festigkeitsverhalten von Glas Rechnung trägt und zwar insbesondere der Tatsache, dass es sich hierbei um einen spröden Werkstoff handelt. Im Unterschied zu anderen gängigen Werkstoffen ist er nämlich nicht in der Lage, Spannungsspitzen an unregelmäßigen Übergängen und kleinsten Anrissen abzubauen, wie dies bei einem zähen Material (z.B. Metall) der Fall ist. Außerdem berücksichtigt der Sicherheitsfaktor die nachträgliche Bearbeitung der Bauteile (geschliffene Dichtflächen), deren Handling (feinste Beschädigungen der Oberfläche) und die über Druck und Temperatur hinausgehende, zugelassene Beanspruchung während des Einsatzes.

So gelten die in nachstehender Tabelle aufgeführten und in der EN 1595 festgelegten Berechnungskennwerte für die zulässige Beanspruchung von Glasbauteilen durch Zug-, Biege- und Druckspannungen bei der in der Praxis zu erwartenden Oberflächenbeschaffenheit.

Tabelle 4

Festigkeitskennwerte	Zug- und Biegefestigkeit	$K/S = 7 \text{ N mm}^{-2}$
	Druckfestigkeit	$K/S = 100 \text{ N mm}^{-2}$
Elastizitätsmodul		$E = 64 \text{ kN mm}^{-2}$
Poisson-Zahl (Querkontraktionszahl)		$\nu = 0,2$

Zulässige Betriebsbedingungen

Die zulässigen Werte für Betriebstemperatur und Betriebsüberdruck müssen immer im Zusammenhang gesehen werden. Der Grund dafür sind die thermischen Wandspannungen, die infolge von Temperaturdifferenzen zwischen Innen- und Außenwand des Glasbauteils entstehen. Sie überlagern sich nämlich mit den Spannungen, die aus dem Betriebsüberdruck resultieren, und setzen diesen herab. Wärmeisolierungen verringern die thermischen Spannungen und können daher zum vorgeschriebenen Bestandteil einer Anlage werden.



Glasbauteile mit Temperiermantel werden auf Seite 1.10 behandelt.

Zulässige Betriebstemperatur

Borosilicatglas 3.3 verformt sich erst bei Temperaturen, nahe der Transformationstemperatur (ca. 525 °C) und behält bis zu diesem Bereich seine mechanische Festigkeit bei. Die zulässige Betriebstemperatur liegt jedoch wesentlich niedriger und beträgt unter der Voraussetzung, dass kein plötzlicher Temperaturschock auftritt, bei Glasbauteilen 200 °C, sofern diese nicht besonders gekennzeichnet sind (s. Seite 1.8). In Ausnahmefällen, die besondere Maßnahmen erfordern, sind auch Temperaturen bis 300 °C möglich.

Diese Temperaturangaben müssen möglicherweise modifiziert werden, wenn die tatsächlich gegebenen Betriebsbedingungen dies verlangen.

Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ist ein Ansteigen der Zugfestigkeit festzustellen. Man kann Borosilicatglas 3.3 daher ohne Gefahr bis zu Temperaturen von -80 °C einsetzen.

Temperaturschock

Schnelle Temperaturänderungen an den Wandungen von Glasbauteilen sollten während des Betriebes sowohl innen als auch außen vermieden werden. Sie führen zu zusätzlichen thermischen Wandspannungen, die sich, wie vorstehend beschrieben, negativ auf den zulässigen Betriebsüberdruck der Anlagenkomponenten auswirken. Da es nicht möglich ist, einen für alle praktisch vorkommenden Betriebsverhältnisse verbindlichen Wert zu nennen, gilt ein maximal zulässiger Temperaturschock von 120 K als genereller Richtwert.

Zulässige Betriebsüberdrücke

Aus zylindrischen, schalen- und kugelförmigen sowie flachen Grundkörpern bestehende und zusammengesetzte Glasbauteile aller Nennweiten können bei vollem Vakuum (-1 bar) eingesetzt werden, sofern sie nicht besonders gekennzeichnet sind.

Desgleichen gelten für diese Glasbauteile in Abhängigkeit von deren Hauptnennweite DN bzw. Durchmesser D (für Kugeln) und der zwischen Innenraum (Produktseite) und Außenraum (Umgebung) vorhandenen Temperaturdifferenzen $\Delta\theta$ die in den Tabellen 5 bis 8 angegebenen zulässigen Betriebsüberdrücke p_s . Weitere Einzelheiten zur Dimensionierung der Komponenten aus Borosilicatglas 3.3 finden Sie im nächsten Abschnitt.



Die Innenräume von Wärmeübertragern werden im Kapitel 5 bei den jeweiligen Produktbeschreibungen gesondert behandelt.

Bei einem Gasüberdruck in Glasapparaturen sind geeignete Schutzvorrichtungen erforderlich, über die Sie unsere Verkaufsingenieure gern beraten.

In Abhängigkeit von der Formgebung des Glasbauteils und den jeweiligen Betriebsbedingungen können u.U. auch höhere Innendrucke zugelassen werden. In diesen Fällen ist das Glasbauteil bei Auslieferung gemäß EN 1595 gekennzeichnet.

Allgemeine Betriebsdaten

Betriebstemperatur $T_B = 200 \text{ °C}$

Temperaturdifferenz $\Delta\theta \leq 180 \text{ K}$

Wärmeübertragungskoeffizient innen $\alpha_i = 1200 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, außen $\alpha_a = 11,6 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Alle Bauteile sind für volles Vakuum $p_s = -1 \text{ bar}$ geeignet.

Tabelle 5: Glasbauteile ohne Kugelgefäße

		Hauptnennweite DN												
		15	25	40	50	80	100	150	200	300	450	600	800	1 000
Glasbauteil	p_s (bar)	4	4	4	4	3	2	2	1	1	0,6	0,6	0,6	0,6

Tabelle 6: Kugelgefäße

		Nennvolumen (l) / Durchmesser D (mm)					
		10/280	20/350	50/490	100/610	200/750	500/1005
Kugelgefäß	p_s (bar)	1	1	0,6	0,6	0,6	0,3

Tabelle 7: Armaturen mit Faltenbalg

		Anschlussnennweite DN					
		15	25	40	50	80	100
Armatur							
PVD, PED, PVA, DPVD, DPED, PVF, PVS, PVM, PES, PEM	p_s (bar)	3	3	3	2	1,5	-
PRV, PRS, PRM, OF, BAS, BAL, BASP, PVW, PEV, PEVV	p_s (bar)	3	3	3	2	1,5	-
SVF	p_s (bar)	-	2	-	2	-	2

Tabelle 8: Rückschlagklappen, Kugelhähne, Schmutzfänger

		Anschlussnennweite DN						
		15	25	40	50	80	100	150
Armatur								
PFC	p_s (bar)	-	3	3	2	-	1	-
NRV, RK, RKP, MV, KH, KHP, KHK, KHPP	p_s (bar)	4	4	4	4	3	2	2

Dimensionierung von Glasbauteilen

Ausgangsbasis für die Festigkeitsberechnung aller in diesem Katalog aufgeführten Komponenten aus Borosilicatglas 3.3 sind die folgenden Parameter:

- Der zulässige Druckbereich, der auch für eine Beanspruchung der Bauteile ausschließlich durch Innendruck gilt. Er beginnt bei -1 bar (Vakuum) und endet nennweiten- bzw. durchmesserabhängig bei einem zulässigen Betriebsüberdruck zwischen 4 bar (DN 15 bis DN 50) und 0,6 bar (DN 1000) bzw. 1 bar (10 l- und 20 l-Kugeln) und 0,3 bar (500 l-Kugeln).
- Die zulässige Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ zwischen Außenraum (Umgebung) und Innenraum (Produkt Raum), bis zu deren Erreichen der zulässige Druckbereich definitionsgemäß nicht eingeschränkt werden muss. Sie wurde mit 180 K festgelegt und entspricht der Differenz zwischen der zulässigen Betriebstemperatur von 200 °C und der Raumtemperatur von 20 °C.
- Die je nach Aufstellungsort an der Außenwand zu erwartende Wärmeübergangszahl α_a . Sie hat einen relativ großen Einfluss auf die Temperaturdifferenz $\Delta T = k \cdot \Delta\theta \cdot s / \lambda$ zwischen Außen- und Innenwand des Glasbauteiles, und zunehmende Werte verursachen eine Abnahme des zulässigen Betriebsüberdruckes bzw. Vakuums infolge ansteigender thermischer Wandspannungen. Die aufgrund praktischer Erfahrungen für die Ermittlung der Funktionen $p = f(\Delta\theta)$ gewählten Wärmeübergangszahlen sind nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 9

Aufstellungsort	Wärmeübergangszahl ($W m^{-2} K^{-1}$)	Verwendet für Tabellen
Im Gebäude, der Zugluft ausgesetzt	11,6	5 und 6
Im Freien, windgeschützt	11,6	5 und 6

- Die an der Innenwand zu erwartende Wärmeübergangszahl α_i . Sie beeinflusst ebenfalls die Temperaturdifferenz ΔT zwischen Außen- und Innenwand des Glasbauteiles und wurde mit dem allgemein üblichen Wert von $1200 W m^{-2} K^{-1}$ angenommen, der die in der Praxis vorkommenden Fälle weitestgehend abdeckt.



Die Festigkeitsberechnung selbst erfolgt auf Basis des AD-Regelwerkes und der EN 1595.

Kennzeichnung der Glasbauteile

Grundlage für die Kennzeichnung der Bauteile aus Borosilicatglas 3.3, die ohne Ausnahme für Druckbehälter Verwendung finden können, sind die Druckgeräte-Richtlinie 97/23/EG sowie die Norm EN 1595 ("Druckbehälter aus Glas"). Darüber hinaus gehende Angaben auf dem Bauteil dienen der Qualitätssicherung (Rückverfolgbarkeit, richtiger Einsatz beim Kunden, etc.) und wurden mit der benannten Stelle abgestimmt, die für die Überwachung unseres QM-Systems und unserer Fertigung zuständig ist.

Die in den Abb. 4 bis 6 dargestellten unterschiedlichen Kennzeichnungsmöglichkeiten finden wie folgt Anwendung:

Tabelle 10

Abb. 4	Standardteile nach Katalog
Abb. 5	Sonderteile mit Katalog-Betriebsbedingungen
Abb. 6	Sonderteile, deren zulässige Betriebsüberdrücke und/oder Temperaturen von den Angaben in diesem Katalog abweichen



Abweichend von Tabelle 10 dürfen Bauteile mit den Hauptnennweiten DN 15 und DN 25 kein CE-Zeichen erhalten (s. hierzu Artikel 3, Absatz 3 der Richtlinie 97/23/EG).

Aus der Kennzeichnung können Sie im Einzelnen folgende Informationen entnehmen:

Tabelle 11

Teil der Kennzeichnung	Bedeutung	Bemerkung
QVF-Logo	Hersteller des Bauteiles	
CE 0035	CE-Zeichen mit Kennnummer der benannten Stelle	
Boro 3.3	Werkstoff Borosilicatglas 3.3	
M	Herstellungsort	M=Mainz
7	Festigkeitskennwert nach EN 1595	
02	Katalogreferenz	02=2002
123456	Fertigungsnummer	laufende Nummer
PS150/1500	Artikelnummer	bei Standardbauteil
SK4712	Zeichnungsnummer	bei Sonderteil mit zul. Betriebsüberdruck nach gültigem Katalog
p=-1/+5 bar	zulässiger Betriebsüberdruck	weicht vom gültigen Katalog ab
$\Delta\theta \leq 180$ K	zulässige Temperaturdifferenz	Angabe gehört zum zul. Betriebsüberdruck, kann u.U. ebenfalls vom gültigen Katalog abweichen



Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6

Sicherheitsplanflansch-Rohrenden

In der Praxis haben die Bauteile aus Borosilicatglas 3.3 im Bereich des Rohrendes neben den Zug- und Druckspannungen, die aus deren Betrieb unter Überdruck oder Vakuum resultieren, und den durch die Betriebstemperatur bedingten thermischen Spannungen auch jene Spannungen aufzunehmen, die durch die Schraubenkräfte der Verbindung hervorgerufen werden. Die Forderungen an ein sicheres Rohrende müssen daher darin bestehen, dass es durch die Summe dieser Einflüsse minimal beansprucht wird, wozu natürlich auch die Gestaltung der Flanschverbindung einen wesentlichen Beitrag leistet und gleichzeitig mit den vorhandenen technischen Mitteln herstellbar ist. Die feuerblanke Dichtfläche im Nennweitenbereich DN 15 bis DN 300 leistet hierzu einen wesentlichen Beitrag.

Die wichtigsten Abmessungen der Sicherheitsplanflansch-Rohrenden können Sie der nachfolgenden Tabelle in Verbindung mit den nebenstehenden Abbildungen entnehmen.

Tabelle 12

DN	D1	D2	D3	D4	Ausf.
15	16,8	28,6	23	15,5 – 17,5	A
25	26,5	42,2	34	25 – 27	A
40	38,5	57,4	48	36,5 – 39,75	A
50	50,5	70	60,5	48 – 52	A
80	76	99,2	88	72 – 78	A
100	104,5	132,6	120,5	97,6 – 110	A
150	154	185	172	150 – 156	A
200	203	235	220	197 – 205	B
300	300	340	321	299 – 303	B
450	457	528	-	444 – 456	C
600	614	686,5	-	592 – 599	C
800	838 – 816	920	-	799 – 805	C
1000	1052 – 988	1093	-	976 – 983	C



Eine direkte Verbindung von Glasbauteilen mit Sicherheitsplanflansch und solchen mit Kugelschliff ist unter Verwendung von Glas- bzw. PTFE-Anschlussstücken, die in Kap. 2 »Rohrleitungen« beschrieben sind, möglich.

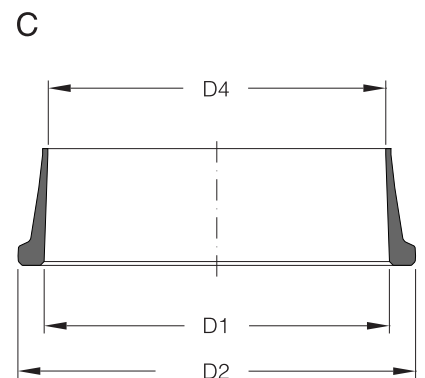
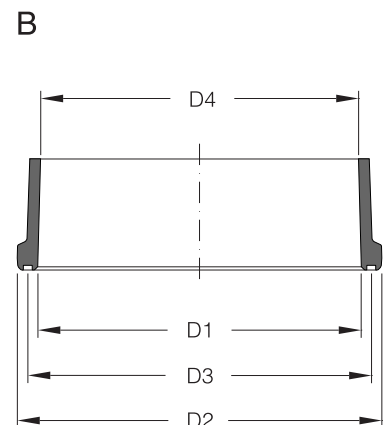
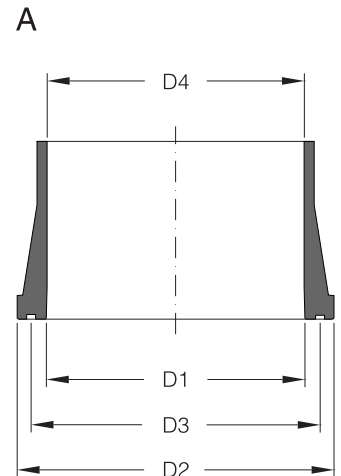
Alle Bauteile mit Sicherheitsplanflansch-Rohrenden führen bei Verwendung der in Kap. 9 »Verbindungen« beschriebenen Flanschverbindungen zu kraftschlüssigen, hochbelastbaren und betriebsicheren Verbindungen. Besonders erwähnenswert sind in diesem Zusammenhang folgende wesentlichen Details:

- Nuten in der feuerblanken Dichtfläche im Nennweitenbereich DN 15 bis DN 300 kammern die O-Ring-Dichtung und verhindern, dass diese durch Innendruck herausgedrückt wird.
- Gelenkdichtungen (s. Kap. 9 »Verbindungen«) ermöglichen Winkelabweichungen bis zu 3°, d.h. auch komplizierte Systeme können einfach und sicher verlegt werden.

KF-Rohrenden

Alternativ zum Sicherheitsplanflansch liefert QVF auf Wunsch auch andere Rohrsysteme, wie z.B. das Kugel/Pfanne-(KF)System von Schott. Dieses Rohrende ermöglicht die Auslenkung der Verbindung ohne zusätzliches Gelenkelement und ist als zusammenhängendes Baukastensystem in der Sonderbeilage "KF-Rohrleitungssysteme" mit den zugehörigen Verbindungen und Armaturen beschrieben. Es bietet vollständige Kompatibilität zum ehemaligen Schott-System des Kataloges 6076.

Die Abmessungen sind in der Sonderbeilage niedergelegt.



Glasbauteile mit Temperiermantel

Diese Komponenten aus Borosilicatglas 3.3 stellen eine praxisgerechte Lösung dar und haben sich in der chemischen und pharmazeutischen Industrie sowie in einer Vielzahl artverwandter Bereiche, in Betrieben der Lebensmittel- und Getränke-Herstellung, in Färbereien und in der Galvanotechnik bestens bewährt. Sie dienen dazu, Wärmeverluste aus energie-wirtschaftlichen Gründen zu vermeiden, werden aber auch eingesetzt, um Produkteigen-schaften einzuhalten, ein Auskristallisieren zu verhindern oder unerwünschte Reaktionen zu unterbinden. Der Vorteil einer visuellen Verfahrenskontrolle bleibt dabei erhalten.



Sie finden die Komponenten mit Temperiermantel in den jeweiligen Kapiteln dieses Kataloges.

Bei kürzeren Rohren, Formstücken und Kugelgefäßen bis 50 l Nenninhalt ist der Temperier-mantel einteilig und beidseitig verschmolzen ausgeführt. In allen anderen Fällen muss die unterschiedliche Längenausdehnung von Innenteil und Mantel durch andere Maßnahmen kompensiert werden. So wird der Temperiermantel bei längeren Rohren zwar auch beid-seitig verschmolzen, aber mit einer flexibel abgedichteten Trennfuge ausgestattet, während er bei Gefäßen nur am oberen Rand verschmolzen und der Bodenstutzen mit einer flexiblen Abdichtung versehen ist.

Die Anschlüsse an den Temperiermänteln sind bei den Bauteilen als Sicherheitsplan-flansch ausgeführt. Weitere Einzelheiten zu den Anschlussmöglichkeiten finden Sie bei der jeweiligen Produktbeschreibung.

Zulässige Betriebsbedingungen

Für die Innenteile von Doppelmantelbauteilen gelten grundsätzlich die gleichen zulässigen Betriebsüberdrücke wie für die nicht temperierbare Ausführung (s. Seite 1.7). Abweichungen ergeben sich jedoch bezüglich der zulässigen Betriebsbedingungen im Mantelraum. Sie sind bedingt durch die flexible dauerelastische Abdichtung, die zwar temperaturbedingte unter-schiedliche Ausdehnungen von Innen- und Außenteil aufnimmt, nicht aber die hohe Temperaturbeständigkeit und Festigkeit des Borosilicatglases aufweist.

Zulässige Betriebstemperatur:

Unter Berücksichtigung eines ausreichend hohen Sicherheitsfaktors beträgt die zulässige Betriebstemperatur im Innenraum -80 °C bis +200 °C und im Außenraum -50 °C bis +180 °C. Die maximal zulässige Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ zwischen Innen- und Außenraum darf 180 °C nicht überschreiten.

Zulässiger Betriebsüberdruck:

Im Mantelraum beträgt der maximale Betriebsüberdruck +0,5 bar, bis zu einer Wärmeübergangszahl von $k=70 \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-1}$, welche bei Temperierprozessen wie z.B. Thermoöl im Mantelraum und gerührte Flüssigkeit im Innenraum, üblich ist.

GMP-gerechte Installationen

Bei der Auswahl von Komponenten und Apparaten für den Bau von Anlagen nach GMP-Richtlinien bedarf es einer besonderen Sorgfalt im Hinblick auf deren Gestaltung und der für sie verwendeten Materialien. So garantiert Borosilicatglas 3.3 aufgrund seiner besonderen, in der Pharmazie geschätzten Eigenschaften in Verbindung mit gemäß FDA-Katalog zugelassenen Werkstoffen wie Stahl/Email (Behälter, Armaturen) und PTFE (Faltenbälge, Auskleidungen, Ummantelungen) die Vermeidung von Anbackungen in produktberührten Bereichen. Eine totraumarme Bauweise zur Sicherstellung einer vollständigen Entleerung und einer einfachen und effektiven Reinigungsmöglichkeit wird durch die Formgebung der Komponenten, deren Anordnung und durch die Auswahl geeigneter Armaturen erreicht. Für die reinraumgerechte äußere Gestaltung kompletter Baugruppen steht geeignetes Verbindungs- und Halterungsmaterial aus Edelstahl zur Verfügung (s. Kap. 9 »Verbindungen« und Kap. 10 »Gestelle/Halterungen«).

Anhand der jeweils gültigen Bestimmungen und der von uns auf deren Basis erarbeiteten Richt-linien für die Gestaltung GMP-gerechter Apparaturen beraten wir Sie gern.

Schutz gegen mechanische Einwirkungen von außen

Komponenten aus Borosilicatglas 3.3 können mit Überzügen, d.h. wahlweise mit einer Sectrans-Beschichtung oder einer CORWRAP-Ummantelung, versehen werden, um die Glasoberfläche vor Verletzungen von außen, wie z.B. Kratzer oder Schläge, zu schützen. Beide Überzüge lassen sich bei fast allen Glasbauteilen unabhängig von deren Formgebung aufbringen. Sie sind weitgehend chemikalien- und witterungsbeständig, gesundheitlich unbedenklich, und ihre Erwärmung führt zu keinerlei Geruchs- oder Gasbelastigung.



Die zulässigen Betriebsüberdrücke der Glasbauteile erhöhen sich durch diese Überzüge nicht.

Empfehlenswert und teilweise regional vorgeschrieben (z.B. gemäß Punkt 9 der Technischen Regel Druckbehälter TRB 801 in Deutschland) ist der Schutz von Druckbehältern aus Borosilicatglas 3.3 gegen mechanische Einwirkung von außen in Arbeits- und Verkehrsbereichen durch Schutzwände.

Beschichtete und ummantelte Glasbauteile

Sectrans ist eine hochtransparente Beschichtung auf Polyurethan-Basis, die mit einem speziellen Spritzverfahren in definierten Schichtdicken auf die Glasbauteile aufgebracht wird. Die Dauereinsatztemperatur dieses Materials beträgt 140 °C, jedoch können kurzfristig auch 180 °C zugelassen werden. Oberhalb von 140 °C kann die Beschichtung vergilben, wobei die Schutzfunktion und die Durchsichtigkeit aber erhalten bleiben.

Alle Sectrans beschichteten Glasbauteile sind ableitfähig ausgeführt und können im Ex-Bereich eingesetzt werden.

Im Falle eines Glasbruches bietet die Sectrans-Beschichtung einen Splitterschutz. Bei drucklosem Betrieb ist außerdem ein bedingter Schutz gegen austretendes Produkt gegeben. Wird das Glasbauteil mit dem zulässigen Betriebsüberdruck betrieben, so liegen im Störfall keine Notabfahreigenschaften vor.

Ein in die Beschichtung integrierter UV-Schutz ermöglicht das Arbeiten mit lichtempfindlichen Substanzen.

Die CORWRAP-Ummantelung besteht aus einer imprägnierten Glasfasermatte, die entsprechend der äußeren Form des Bauteiles zugeschnitten und überlappend auf dieses aufgebracht wird. Auch diese glasfaserverstärkte Polyester-Ummantelung ist bedingt transparent, erreicht aber nicht die gute Durchsichtigkeit einer Sectrans-Beschichtung. Die maximal zulässige Betriebstemperatur für GFP-ummantelte Glasbauteile beträgt ca. 150 °C.

Im Falle eines Glasbruches bietet die CORWRAP-Ummantelung auch einen Splitterschutz und verhindert bei drucklosem Betrieb den Austritt von Flüssigkeit. Bei geringen Überdrücken ist ein bedingter Schutz gegen das Austreten von Produkt vorhanden, wodurch im Störfall eine Notabfahreigenschaft gegeben ist.



Für beschichtete Glasbauteile ist die in diesem Katalog angegebene Bestell-Nr. der Komponente um ein »L«, z.B. »PS100/500L« zu ergänzen. Ummantelten Bauteilen ist ein »C«, z.B. »PS100/500C« hinzuzufügen.

Sollen mit CORWRAP ummantelte Komponenten aus Borosilicatglas 3.3 in explosionsgefährdeten Bereichen der Kategorie 1 oder 2 (früher Zone 0 oder 1) eingesetzt werden, so sind diese mit einem ableitfähigen Überzug zu versehen.

Schutzwände

Einfache Ausführungen, wie Drahtgeflechte oder in Vierkantröhr-Rahmen gefasste Streckmetall-Gitter sind zwar preiswert in der Anschaffung, aber ausgesprochen bedienungsunfreundlich. Letzteres gilt insbesondere dann, wenn die Anlage rundherum auf diese Weise abgesichert wird. Besser ist zweifellos der Einsatz von Schutzwänden aus Plexiglas mit Rahmen, die getrennt aufgestellt oder im Rohrgestell befestigt und mit abgedeckten Bedienungsöffnungen versehen werden können.

Am günstigsten ist die Verwendung von Schutzwänden aus weich eingestellten, transparenten PVC-Bahnen mittlerer Flexibilität und hoher Abriebsfestigkeit. Diese werden oben und unten mit Hilfe von Flacheisen stabilisiert und mit am oberen Ende befestigten Haken an Querrohren im Rohrrahmengestell aufgehängt. Schwenkbare Ausführungen und abgedeckte Bedienungsöffnungen gewährleisten eine optimale Bedienungsfreundlichkeit. Eine individuelle Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten durch Unterteilungen in überlappeter Ausführung sind sichergestellt.

Für Anlagen, bei denen mit einer elektrostatischen Aufladung der Schutzwände zu rechnen ist, werden diese mit Antistatik-Beschichtung geliefert. Der Ableitwiderstand wird dadurch auf Werte kleiner $10^9 \Omega$ reduziert. Die Anwendungstemperatur dieses Materials liegt zwischen -40 und $+40$ °C. Es ist gegen organische Medien bedingt und gegen anorganische ausreichend beständig.

Glasanlagen im Ex-Bereich

Wenn es beim Betrieb von Glasapparaturen innerhalb explosionsgefährdeter Bereiche zu zündfähigen Entladungen infolge elektrostatischer Aufladung kommen kann, sind entsprechende Schutzmaßnahmen erforderlich, deren Umfang sich nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer explosionsfähigen Atmosphäre richtet. Einzelheiten zur Entstehung, Beurteilung und Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen sind der Richtlinie BGR 132 der BG-Chemie zu entnehmen.

Die Anforderungen der BGR 132 und der EG Richtlinie 94/9/EG sind von QVF in abgestufte Sicherheitskonzepte umgesetzt worden, so dass abhängig von der Zoneneinteilung, der Explosionsgruppe und des Verfahrens die entsprechenden Bauteile und Schutzmaßnahmen ausgewählt werden können. So stehen ableitfähige und mit Erdungsglaschen versehene PTFE und Metallbauteile zur Verfügung, die durch das angehängte "D" für "dissipative" gekennzeichnet sind.

Da besonders die Ladungsansammlung auf metallischen Schellenringen vermieden werden muß, ist die standardmäßige Verwendung von Kunststoffschellenringen bis zur Nennweite DN 300 von besonderem Vorteil, da sich auf diesen keine explosionsfähige Ladungsmenge ansammeln kann.

Die Glasbeschichtung Sectrans ist standardmäßig ableitfähig ausgeführt und kann im Ex-Bereich eingesetzt werden. Ist aufgrund der Risikoabschätzung mit gefährlicher Ladungsansammlung auf der Glasoberfläche zu rechnen, bietet QVF eine patentierte Lösung zur ableitfähigen Verbindung der beschichteten Glasoberflächen.

Ist eine Erdung von Metallteilen erforderlich, so erfolgt sie entweder durch einen Anschluss an den elektrischen Schutzleiter (Antriebe etc.) oder durch den Anbau leitfähiger geerdeter Konstruktionsteile an die zu erdenden Komponenten. Im Glasapparatebau ist es dabei zweckmäßig, nicht alle Anlagenteile einzeln zu erden, sondern untereinander leitfähig zu verbinden. Dies kann durch einen parallel zur Kolonne, Rohrleitung etc. verlegten Hauptleiter erfolgen, an den die zu erdenden Bauteile angebunden werden. Unter »geerdet« ist in diesem Zusammenhang zu verstehen, dass der Ableitwiderstand, d.h. der elektrische Widerstand der Erdung zwischen einer einseitig angelegten Elektrode und Erde, nicht größer als $10^9 \Omega$ ist.

Die in der EG Richtlinie 94/9/EG geforderte Betrachtung der mechanischen Zündquellen wurde für die QVF Produktlinien durchgeführt. Neben den Rührwerksantrieben mit allein Ex-geschütztem Motor sind Antriebe mit doppeltwirkender und einfachwirkender Gleitringdichtung mit ATEX-Konformitätsbescheinigung aufgeführt.

Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel

Durch Einführung der EG-Richtlinie 94/9/EG (ATEX 100a) ergibt sich eine zusätzliche Kennzeichnung von explosionsgeschützten Betriebsmitteln. Aus ihr geht hervor, in welchem Bereich die Geräte eingesetzt werden dürfen, d.h. neue EG-Baumusterprüfbescheinigungen (ersetzen die Konformitätsbescheinigungen nach der Richtlinie 76/117/EWG) enthalten keinen besonderen Hinweis mehr bezüglich der zulässigen Verwendung in einer bestimmten Ex-Zone.

In verfahrenstechnischen Anlagen kommen für Mess- und Regelgeräte die Bezeichnungen "II 1G" und "II 2G" und für Motoren die Bezeichnung "II 2G" infrage. Darin bedeuten: "II" die Gerätegruppe (erlaubt eine Verwendung der Geräte in allen Bereichen außer im Bergbau), "1" bzw. "2" die Kategorie (früher Zone) und "G" (steht für Gase und Dämpfe) die Art der explosionsgefährdeten Umgebung.

Da die nach CENELEC vorgeschriebenen Kennzeichnungen, z.B. "EEx e II T4" oder "EEx ia IIC T6" erhalten bleiben und um die nach ATEX 100a erforderlichen Angaben ergänzt werden müssen, lauten die entsprechenden und vollständigen neuen Kennzeichnungen "II 2G EEx e II T4" oder "II 2G EEx ia IIC T6".

Gefahrenanalyse / Restgefahren

Für alle Komponenten und Apparate dieses Kataloges wurde die Gefahrenanalyse gem. DGRL 97/23/EG durchgeführt und die entsprechenden Gegenmaßnahmen sind von QVF dokumentiert. Um darüber hinaus gehende Gefahren durch unsachgemäße Verwendung auszuschließen (Richtlinie 97/23/EG, Anhang I, Abschnitt 1-3) sind folgende Punkte zu beachten:

- Obwohl Borosilicatglass 3.3 ein nahezu universell beständiger Werkstoff ist, können Laugen, Flusssäure und konzentrierte Phosphorsäure einen Abtrag verursachen. Ist ein Wanddickenabtrag zu befürchten, so muss die erforderliche Mindestwandstärke in regelmäßigen Abständen geprüft werden.
- Instabile Fluide, Stoffe die sich zersetzen können, erfordern beim Einsatz von Glasanlagen besondere Sicherheitsmaßnahmen.
- Die zulässigen Betriebsbedingungen gemäß Kapitel 1, Seite 1.6, sind zu beachten und die Einhaltung gegebenenfalls durch zusätzliche Maßnahmen wie z.B. Sicherheitsventile, Berstscheiben, Überfüllsicherungen oder Temperaturbegrenzer zu gewährleisten.
 - Zulässige Betriebsüberdrucke:
Der zulässige Betriebsüberdruck ist in jedem Falle zu beachten, auch bei Inbetriebnahmen, Dichtheitsprüfungen und dem Befüllen der Anlage.
 - Zulässige Betriebstemperatur:
Die maximale Betriebstemperatur von Glaskomponenten von 200°C ist zu beachten und gegebenenfalls, wie z.B. bei elektrischer Beheizung oder exothermer Reaktion, durch geeignete Messeinrichtungen zu gewährleisten.
 - Zulässiger Temperaturschock:
Um den maximal zulässigen Temperaturschock von 120K für Glasanlagen nicht zu überschreiten, darf die Glasanlage nicht im Bereich einer Sprinkleranlage betrieben werden. Im Brandfall kann das Ansprechen der Sprinkleranlage zum Glasbruch führen.
- Zusatzlasten, wie z.B. Reaktionskräfte an Stützen, sind nicht zulässig. Anschlussleitungen müssen mittels Kompensatoren mit der Glasanlage spannungsfrei verbunden werden.

- **Mechanische Beschädigung / Schutzmaßnahmen:**

Das Rohrgestell, in welchem die Apparatur oder die Anlage gehalten ist, gilt gleich zeitig als Schutzeinrichtung vor Beschädigung durch äußere Einflüsse und als Berührungsschutz.

Anlagenteile, die außerhalb des Gestelles liegen, müssen gegen mechanische Beschädigung geschützt werden.

Anlagenteile, die im Betrieb eine Oberflächentemperatur größer 60° erreichen können und außerhalb des Anlagengestelles liegen, müssen mit einem Berührungsschutz versehen werden.

Als zusätzliche Schutzmaßnahmen sind Schutzwände, Spritzschutz beschichtete und ummantelte Glasbauteile erhältlich (s. Kapitel 1, Seiten 1.11 und 1.12).

- **Schäden an Wärmeübertragern:**

Bei Beschädigungen an den Austauschpaketen von Schlangenwärmeübertragern oder den Austauschrohren bei Rohrbündel-Wärmeübertragern kommt es zur Vermischung von Servicemedium und Produkt.

Medien, die unter Entstehung von Druck und Temperatur reagieren können (exotherme Prozesse), sind daher gesondert abzusichern.