

## Quarzglas und Quarzglas

*Quartz Glass  
and Opaque Quartz Glass*

## Materialspezifikation *Material specification*



### **Ein Werkstoff zur Erfüllung von besonderen Ansprüchen in Industrie und Forschung**

Herstellbar als Stab, Zylinder, Rohr, Kapillare, Faser, Wolle, Block und Platte.

Bearbeitbar mittels modernster Schleif- und Schneidtechnologie wie CNC Schleif- sowie Laser- und Wasserstrahlschneidtechnik zur Fertigung von Präzisionsteilen für die

Halbleiterindustrie  
Optik  
Chemie  
Nachrichtentechnik  
Raumfahrt  
IR-Wärmetechnik  
Photovoltaik und  
Labor

### ***Material for the fulfilment of special demands of industry and research***

*Produced as Rod, Cylinder, Tube, Capillary Tube, Fibres, Wool, Block and Plate.*

*Using modern grinding- and cutting technology such as CNC grinding as well as laser- and water-jet – cutting for the manufacture of high precision parts for the*

Semiconductor-  
Optical-  
Chemical-  
Communication- and  
Aerospace Industry  
as well as for  
IR-Heating  
Photovoltaic and  
Laboratory

## Quarzglas und Quarzglas

Quarzglas und Quarzglas gehören zu den wertvollsten Werkstoffen, über die Industrie und Wissenschaft verfügen. Ausgangsstoffe für deren Herstellung auf schmelztechnischem Wege sind kristalliner Quarz (für Quarzglas) und weißer Quarzsand (für Quarzglas). Beide Rohstoffe finden sich in der Natur, sie bestehen aus reinem Siliciumdioxid. Aus ihnen werden durch spezielle Verfahren der Chemie auch die höchstreinen Siliciumchloride gewonnen, die als Ausgangsstoffe für unsere synthetischen Quarzgläser dienen.

Kristalliner Quarz und Quarzglas, obgleich von derselben chemischen Zusammensetzung, unterscheiden sich strukturell sehr stark voneinander; der eine liegt im kristallinen Zustand, das andere als glasig erstarrte Schmelze vor. Während z. B. der kristalline Quarz kein schockartiges Erwärmen auf hohe Temperaturen und kein plötzliches Abkühlen verträgt, weil er beim Übergang in andere Kristallmodifikationen zerspringt, hält die glasige Modifikation, eben das Quarzglas, infolge seines äußerst geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten sehr großen Temperaturschwankungen stand.

Quarzglas und Quarzglas besitzen eine Reihe von Eigenschaften, die in keinem anderen Werkstoff gleichzeitig so vollkommen vereinigt sind: Extrem niedrige thermische Ausdehnung, hervorragende Elastizität und Temperaturwechsel-Beständigkeit, hohe Transformations- und Erweichungstemperatur, geringe Wärmeleitfähigkeit, niedrige dielektrische Verluste, gute optische Durchlässigkeit vom ultravioletten bis zum infraroten Spektralbereich, Reinheit, Korrosionsbeständigkeit und Diffusions-Sperrwirkung gegen die meisten Stoffe.

Schweißtechnik und Warm-Umformung sind hoch entwickelt, ebenso die traditionelle Kaltbearbeitung und das Schneiden mit dem Laser.

## Herstellung / Qualitätssicherung / Applikation

### Rohstoffe

Quarzglas wird aus hochwertigen natürlichen Rohstoffen hergestellt. Trotz hoher Ursprungs-Reinheit sind aufwendige Aufbereitungsverfahren erforderlich, damit das spätere Glas die gestellten Anforderungen erfüllt, vor allem auch die notwendige Anwendungssicherheit bietet.

Bergkristall und pegmatitischer Quarz werden nach jeweils spezifischen physikalischen Methoden selektiert.

Chemische Reinigungsschritte, teils nass, teils bei sehr hohen Temperaturen, können zwischengeschaltet werden, um zu dem gewünschten Ziele zu kommen: einem Granulat von genau definierter Zusammensetzung, Kristallform und Größe, frei von vermeidbaren Spurenverunreinigungen.

## Quartz Glass and Opaque Quartz

*Vitreous silica, made from fusing or vitrifying naturally occurring materials, can appear clear or opaque depending on whether clear crystalline quartz or white quartzite sand is used. Both naturally occurring raw materials are highly pure forms of silica or silicon dioxide. These materials can also be used to manufacture, through distillation, the highly pure chlorosilanes such as silicon tetrachloride which in turn are the raw material for a form of vitreous silica commonly called "synthetic quartz glass".*

*Quartz and the quartz glass form of vitreous silica have the same basic chemical composition but are, of course, structurally very dissimilar, the one being crystalline and the other a glass. For this reason a piece of crystalline quartz cannot withstand a sudden quench cooling from a high temperature without cracking due to temperature dependent phase changes, whereas quartz glass can withstand such processes. Vitreous silica in all its various forms has a variety of properties rarely found in a single material; extremely low thermal expansion, excellent elastic and thermal shock characteristics, high transformation and softening points, low thermal conductivity, low dielectric losses, good optical transmission from ultra-violet to infra-red, chemical purity, corrosion resistance and a trace impurity diffusion barrier. The technology for welding and shaping the material is well advanced as is that for cold working and laser cutting.*

## Manufacture/ Quality Assurance/ Application

### Raw Materials

*Quartz glass for use in the semiconductor industry is made from the purest naturally occurring raw materials.*

*Despite high initial purity levels, major additional processing steps are included in raw material preparation in order to produce a glass product which is suitable for modern requirements.*

*The raw materials are usually rock crystal and pegmatitic quartz. Various chemical purification processes involving wet etching and high temperature treatments are used and the final raw material is a granulate of specific crystalline shape and size and virtually free from trace impurities.*

### Vitrification Process

*Tubes, rods and plates are the basic products from the vitrification process. The first and most important stage is the fusing of the crystalline grains to an amorphous glass structure which is, even in the initial process stages, largely bubble and inclusion free and physically isotropic and homogeneous.*

*There are 2 principal production methods for continuous grain fusing:*

## Analytik

Bei Spurenelementen im Quarzglas sollte unterschieden werden zwischen solchen, die bei Anwendungstemperatur eine nennenswerte Diffusionsrate besitzen und solchen, die praktisch unbeweglich sind. Zu den ersten gehören hauptsächlich die Alkali-Elemente und Kupfer. Durch Weiterentwicklung der Aufbereitungsverfahren ist es gelungen, deren Gehalte auf sehr wenige ppm, meist auf Bruchteile von ppm zurückzuführen.

Unser Material unterliegt ständigen Eingangs- und Produktionskontrollen auf Fremdverunreinigungen, die standardmäßig mit Hilfe von AAS/NAA untersucht werden.

## Verfahren

Rohre, Stäbe und Platten entstehen in einer Folge von Hochtemperaturschritten. Der erste und wichtigste ist das Einschmelzen der kristallinen Körnung zu amorphem Quarzglas, das schon auf dieser Stufe möglichst blasenfrei, isotrop, homogen und frei von Störstellen sein soll.

Großtechnisch gibt es zwei kontinuierliche Schmelzverfahren:

- Aufbau von Quarzglas-Rohkörpern in der Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme; elektrisch beheizte Tiegel-Schmelze, aus der ein Glas-Rohkörper abgezogen wird.

Beide Verfahren besitzen die Eignung für Rohre und Blockmaterial in sehr großen Abmessungen, sie sind gut kontrollierbar, auch bei hohem Durchsatz.

Kennzeichnend für die tiegelfreie Flammenschmelze ist die höchst intensive Läuterung des Glases im Zeitpunkt der Gefügeumwandlung: bei gezielter Optimierung entsteht ein blasenfreies und sehr homogenes Quarzglas.

Beim elektrischen Schmelzen kann der OH-Gehalt der Kristalle eliminiert werden: ein Aspekt, der für die Anwendung des Quarzglases bei höchsten Temperaturen und bei Anforderungen an die optische Transmission im Infrarotbereich bedeutsam ist.

Die Quarzglas-Rohkörper, aus beiden Schmelzverfahren gleichermaßen, werden durch Warmumformung und damit verbundene Veredelungsschritte in Halbzeuge umgewandelt, die jetzt schon auf sehr produktspezifische Eigenschaften ausgerichtet sind:

- Geringe Spurengehalte
- Niedriger Blasengehalt
- Homogenität
- OH-Gehalt
- Optische Transmission

- *oxy-hydrogen flame fusing;*
- *fusing in an electrically heated crucible from which the glass, in the form of a tube, can be drawn.*

*Both methods allow the controlled, high volume production of large size tubes.*

*By allowing the grains to dwell in the oxy-hydrogen flame the crucible-free flame fusing method enables the production of a bubble free and extremely homogeneous glass.*

*On the other hand electrical fusing can eliminate the hydroxyl (OH) content within the crystal raw material, a factor which is significant for the production of glasses with mechanical stability at high temperatures and for increased infra-red optical transmission.*

*The initial basic glass shapes produced by these production methods are transformed by subsequent forging processes into semi-manufactured shapes with:*

- *Low trace element contamination*
- *Low bubble content*
- *High homogeneity*
- *Low OH-content*
- *High optical transmission*

## Chemical Analysis

*Trace element contamination in quartz glass can be divided into elements which have a high and low diffusivity at operational temperatures. To the former belong the alkali metals and copper, and through specific raw material preparation steps it is possible to reduce their concentration to ppm or even to fractions of this.*

*It is difficult to determine the precise influence such trace impurities have in semiconductor processes. However, in view of the other sources of contamination present in high temperature processing, the quartz glass can be considered as extremely pure.*

*Aluminium concentrations in quartz glass can exceed 10 ppm but since it is bound strongly in the silicon-oxygen lattice it is very immobile.*

*No semiconductor process has been known to have been affected by aluminium contamination from quartz glass. An exception to this however is in the use of quartz glass crucibles in the CZ-process for producing single crystal silicon. Here molten silicon reacts with the crucible wall resulting in aluminium (+ oxygen) being introduced into the melt.*

*QCS materials are subjected to permanent incoming and production controls for contamination, using standard AAS/NAA methods.*

## Chemisches Verhalten von Quarzglas

Quarzglas ist außergewöhnlich beständig gegenüber Wasser, Salzlösungen und Säuren. In der Klasseneinteilung der Deutschen Normen für die chemische Haltbarkeit der Gläser steht es daher stets in der ersten, der besten Haltbarkeitsklasse; dies gilt selbst für die Laugenbeständigkeit.

Im Gegensatz zu gewöhnlichem Glas ist Quarzglas nicht hygroskopisch, verwittert also nicht. Es wird nur von Flusssäure angegriffen. Oxidfreie Metalle mit Ausnahme der Alkali- und Erdalkali-Metalle reagieren nicht mit Quarzglas, sie können deshalb in Quarzglasgefäßen destilliert und geschmolzen werden. Empfindlich ist Quarzglas gegen alle Alkali- und Erdalkaliverbindungen, weil schon Spuren davon das Entglasen bei hohen Temperaturen beschleunigen. Es ist stets ratsam, Fingerabdrücke (Alkalispuren) von Quarzglasgeräten mit Alkohol abzuwischen, bevor sie auf über 900°C erhitzt werden.

Das ungefähre Verhalten der verschiedenen Elemente und Verbindungen gegenüber Quarzglas und Quarzglas beschreibt die nachfolgende Tabelle, deren Angaben der einschlägigen Literatur entnommen wurden und deshalb nur als Richtwerte zu betrachten sind.

### Hydrolytische Beständigkeit nach DIN 12111

#### Hydrolytic resistance as per DIN 12111

##### 1. Hydrolyseklasse:

		mg Na <sub>2</sub> O
Basenabgabe	< 0,01	-----
		2g Gieß

##### 1. Hydrolysis class:

		mg Na <sub>2</sub> O
Base discharge	< 0.01	-----
		2g Grains

### Laugenbeständigkeit nach DIN 52322

#### Resistance to alkaline solutions as per DIN 52322

##### 1. Laugenklasse:

Gewichtsverlust	ca. 50 mg/dm <sup>2</sup>
Oberfläche	

##### 1. Alkaline solution class:

Weight loss	approx. 50 mg/dm <sup>2</sup>
surface area	

## Chemical Behaviour towards other Materials

Transparent fused silica is outstandingly resistant to water, salt solutions and acids. It is therefore always at the top of the DIN Standard list for the chemical stability of glasses, i. e. its stability is second to none; the same applies to its resistance to alkaline solutions. In contrast to ordinary glass, fused silica is not hygroscopic and therefore does not effloresce. It is only attacked by hydrofluoric acid. Metals which are free from oxide, with the exception of alkali and alkaline-earth metals, cannot react with fused silica, and can be distilled and melted in vessels made of fused silica.

Fused silica is sensitive to all alkali and alkaline-earth compounds, because even slight traces of them hasten devitrification at high temperatures. It is therefore always advisable to wipe off fingerprints (traces of alkali) from fused silica equipment, with alcohol, before heating it to over 900°C.

The following tables indicate, as far as possible, the behaviour of the various elements and compounds towards transparent and opaque fused silica. These tables were drawn up from information contained in technical literature, so that the conclusions are not always exactly comparable.

### Säurebeständigkeit nach DIN 12116

#### Resistance to acids as per DIN 12116

##### 1. Säureklasse:

Gewichtsverlust	< 0,1 mg/dm <sup>2</sup>
Oberfläche	

##### 1. Acid class:

Weight loss	< 0.1 mg/dm <sup>2</sup>
surface area	

## Besonderheiten des Werkstoffes Quarzglas

### Reinheit

Behälter und Anlagen im Reinstoffbereich unter Berücksichtigung der hydrolytischen Beständigkeit von < 0,01mg Na<sup>2</sup>O nach DIN 12111 für Medizin, Analytik und Chemie.

### Chemische Resistenz

gegenüber den meisten Medien ganz gleich ob fest, flüssig oder gasförmig. Zur Herstellung von Reagenzien und den hierfür erforderlichen Anlagen.

### Hohe Temperaturwechselbeständigkeit

wird durch den Ausdehnungskoeffizienten von a 0...900°C, K<sup>-1</sup> 0,48 x 10<sup>-6</sup> gewährleistet und ist bei sehr vielen chemisch-physikalischen Prozessen erforderlich.

### UV- und IR-Durchlässigkeit

im Bereich von 200 bis 3500 nm macht das Material sehr nützlich, wenn es um Erhitzen oder Bestrahlen von Stoffen aller Aggregatzustände geht.

### Elektrische Isolationseigenschaften

von 10<sup>18</sup>Ω cm bei 20°C bieten ein breites Einsatzfeld an Isolatoren in Elektrik und Elektronik.

## Peculiarities

### Purity

Basins and plants in the high-purity field under consideration of the hydrolytic resistance of < 0,01 mg Na<sup>2</sup>O according to DIN 12111 for medicine, analysis and chemistry.

### Chemical resistance

to the most mediums no matter if solid, liquide or gaseous. For production of reagents and the therefore needed plants.

**High resistance to sudden changes of temperature** is granted by the coefficient of expansion of a 0...900°C, K<sup>-1</sup> 0,48 x 10<sup>-6</sup> and is requested for many chemical-physical processes.

### UV- and IR-permeability

in the area of 200 to 3500 nm makes the material very useful for heating or radiation of materials of every physical condition.

### Electrical isolation property

of 10<sup>18</sup>Ω at 20°C offers a wide application for insulators in electric and electronics.

## Physikalische Eigenschaften Physical Properties

		Standardqualitäten · Name of Standard Grade			
Materialqualität Material quality		HSQ 100 HSQ 300	HSQ 351	OM 100	Rotosil
Materialart Kind of Material		Elektrisch- geschmolzen <i>Electric Fused</i>	Flammen- geschmolzen <i>Flame Fused</i>	Opak <i>Opaque</i>	Quarzgut
Physikalisch · Physical Eigenschaften · Properties	Einheit unit				
Dichte <i>Density</i>	kg/dm <sup>3</sup>	2.203	2.203	~ 2.18	~ 2,02
E-Modul (20°C) <i>Young's modulus (20°C)</i>	N/mm <sup>2</sup>	7.25E04	7.25E04		~ 6E04
E-Modul (1100°C) <i>Young's modulus (1100°C)</i>	N/mm <sup>2</sup>	8.2E04	8.2E04		
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	N/mm <sup>2</sup>	50	50		~ 40
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	N/mm <sup>2</sup>	1150	1150		~ 500
Biegefestigkeit <i>Bending strength</i>	N/mm <sup>2</sup>	67	67	115	~ 67
Torsionsfestigkeit <i>Torsional strength</i>	N/mm <sup>2</sup>	30	30		
Knoop-Härte 1N Belastung <i>Knoop hardness 1N load</i>	N/mm <sup>2</sup>	5800 – 6100	5800 – 6100		
Mohs-Härte <i>Mohs hardness</i>		5.5 – 6.5	5.5 – 6.5		

		Standardqualitäten · Name of Standard Grade			
Materialqualität <i>Materialquality</i>		HSQ 100 HSQ 300	HSQ 351	OM 100	Rotosil
Materialart <i>Kind of Material</i>		Elektrisch- geschmolzen <i>Electric Fused</i>	Flammen- geschmolzen <i>Flame Fused</i>	Opak <i>Opaque</i>	Quarzglas <i>Quartz glass</i>
<b>Physikalisch · Physical</b> Eigenschaften · <i>Properties</i>	Einheit <i>unit</i>				
Mikrohärte <i>Micro-hardness</i>	N/mm <sup>2</sup>	8600 – 9800	8600 – 9800		
Innere Dämpfung <i>Internal damping</i>		1E – 05	1E – 05		
Poissonsche Zahl <i>Poisson's ratio</i>		0.17	0.17		
Schallgeschwindigkeit für Transversalwellen (50°C) <i>Velocity of sound</i> <i>Shear wave (50°C)</i>	m/s	3774	3774		
Longitudinalwellen (20°C) <sup>4</sup> <i>Compression wave (20°C)<sup>4</sup></i>	m/s	5720	5720		
Gasdurchlässigkeit von QG. für Helium und Wasserstoff bei verschiedenen Temperaturen: <i>Permanently constants:</i> Normal-cm <sup>3</sup> * mm s * cm <sup>2</sup> * mbar					
Helium (He) 150°C		0.55	0.55		
Helium (He) 700°C		16.4	16.4		
Hydrogen (H) 150°C		< 0.01	< 0.01		
Hydrogen (H) 700°C		1.89	1.89		

		Standardqualitäten · Name of Standard Grade			
Materialqualität <i>Materialquality</i>		HSQ 100 HSQ 300	HSQ 351	OM 100	Rotosil
Materialart <i>Kind of Material</i>		Elektrisch- geschmolzen <i>Electric Fused</i>	Flammen- geschmolzen <i>Flame Fused</i>	Opak <i>Opaque</i>	Quarzglas <i>Quartz glass</i>
<b>Physikalisch · Physical</b> Eigenschaften · <i>Properties</i>	Einheit <i>unit</i>				
Diffusionskoeffizient 1100°C, element <i>Diffusion Coefficient at</i> <i>1100°C, element</i>	cm <sup>2</sup> /S				
Natrium (Na) <i>Sodium (Na)</i>		1E – 05	1E – 05		
Kalium (K) <i>Potassium (K)</i>		1E – 08	1E – 08		
Aluminium (Al)		1E – 13	1E – 13		
Sauerstoff (O <sub>2</sub> ) <i>Oxygen (O<sub>2</sub>)</i>		1E – 13	1E – 13		

Materialqualität <i>Material Quality</i>		Standardqualitäten · <i>Name of Standard Grade</i>			
		HSQ 100 HSQ 300	HSQ 351	OM 100	Rotosil
Materialart <i>Kind of Material</i>		Elektrisch- geschmolzen <i>Electric Fused</i>	Flammen- geschmolzen <i>Flame Fused</i>	Opak <i>Opaque</i>	Quarzgut
<b>Physikalisch · <i>Physical</i></b> Eigenschaften · <i>Properties</i>		Einheit <i>unit</i>			
Mittlerer linearer Ausdehnungskoeffizient <i>Mean linear expansion coefficient Temp. Interval</i>		°C			
0-100°C			0.51E – 06	0.51E – 06	0.53E – 06 (20-200°C)
0-200°C			0.58E – 06	0.58E – 06	0.56E – 06 (20-400°C)
0-300°C			0.59E – 06	0.59E – 06	0.54E – 06 (20-600°C)
0-600°C			0.54E – 06	0.54E – 06	0.54E – 06 (20-800°C)
0-900°C			0.48E – 06	0.48E – 06	0,4 E06
-50-0°C			0.27E – 06	0.27E – 06	
Mittlere spezifische Wärme <i>Mean Specific Heat at Temp.</i>		J/(kg K)			
0-100°C			772	772	995 (200°C) 1082 (400°C)
0-500°C			964	964	1166 (200°C) 1226 (800°C)
0-900°C			1052	1052	1270 (1000°C)
Wärmeleitfähigkeit <i>Heat Conductivity at Temp.</i>		W/(km)			
-263°C			0.10	0.10	
-223°C			0.50	0.50	
20°C			1.38	1.38	1,1
100°C			1.47	1.47	
200°C			1.55	1.55	1,5
300°C			1.67	1.67	
400°C			1.84	1.84	1,8
950°C			2.68	2.68	2,3
Untere Entspannungsgrenze <i>Strain Point (logη=13,0)</i>		°C	1080...1125 <sup>3</sup>	1075	1070
Obere Entspannungsgrenze <i>Annealing Point (logη=7,5)</i>			1180...1220 <sup>3</sup>	1180	1180
Erweichungstemperatur <i>Softening Point (logη=7,5)</i>				1730	1230 (logη=12,5)

### Optische Eigenschaften · *Optical Properties*

Berechnungsindices u. Dispersion				
n <sub>d</sub> (He, 587.56 nm)		1,45857	1,45857	
n <sub>F</sub> (He, 486.13 nm)		1,46324	1,46324	
n <sub>c</sub> (H, 656.27 nm)		1,45646	1,45646	
v <sub>d</sub> =n <sub>d</sub> -1/(n <sub>F</sub> -n <sub>c</sub> ) Abbé - Zahl		67,6 +- 0,5	67,6 +- 0,5	
n <sub>F</sub> -n <sub>c</sub>		0,00678	0,00678	

## Elektrische Eigenschaften · *Electrical Properties*

		Standardqualitäten · <i>Name of Standard Grade</i>			
Materialqualität <i>Material quality</i>		HSQ 100 HSQ 300	HSQ 351	OM 100	Rotosil
Materialart <i>Kind of Material</i>		Elektrisch- geschmolzen <i>Electric Fused</i>	Flammen- geschmolzen <i>Flame Fused</i>	Opak <i>Opaque</i>	Quarzgut
<b>Elektrisch · <i>Electrical</i></b> Eigenschaften · <i>Properties</i>	Einheit <i>unit</i>				
Spez. Elektr. Widerstand <i>electrival resistivity (20°C)<sup>2</sup></i>	Ω cm	E20	E20		~ 3,2 E15
Spez. Elektr. Widerstand <i>electrival resistivity (1200°C)<sup>2</sup></i>	Ω cm	1.3 E07	1.3 E07		E4
Elektrische Durchschlagsfeld- stärke (>5mm wall)					
bei · <i>at</i> 20°C	kV / m	2.5 - 4 E04	2.5 - 4 E04		1,5 E04
bei · <i>at</i> 500°C	kV / m	4 – 5 E03	4 – 5 E03		2-3 E03
Dielektrizitätskonstante ε <i>Dielectric constant ε</i>					
bei · <i>at</i> 20°C	0-10 <sup>6</sup> Hz	3.70	3.70		3,5
	9E08Hz	3.77	3.77		3,58
	3E10Hz	3.81	3.81		3,62

### Dielektrische Verlustwinkel · *Dielectric Loss Angles*

Frequenz	Quarzglas	Quarzgut
1 kHz	< 5 x 10 <sup>-4</sup> (ca. 1,5 x 10 <sup>-4</sup> )	6 . . . 20 x 10 <sup>-4</sup>
1 MHz	< 5 x 10 <sup>-4</sup>	5 . . . 15 x 10 <sup>-4</sup>
10 <sup>7</sup>	< 5 x 10 <sup>-4</sup>	4 . . . 12 x 10 <sup>-4</sup>
10 <sup>8</sup>	< 5 x 10 <sup>-4</sup>	4 . . . 12 x 10 <sup>-4</sup>
10 <sup>9</sup>	< 5 x 10 <sup>-4</sup>	4 . . . 12 x 10 <sup>-4</sup>
3 x 10 <sup>10</sup> Hz	4 x 10 <sup>-4</sup>	

Die dielektrische Verlustwirkung ist bei einer Frequenz von 1 MHz bis 200° C nahezu konstant, wird aber dann mit steigender Temperatur größer; bei 10<sup>10</sup> Hz fällt die dielektrische Verlustwirkung mit steigender Temperatur bis 350° C langsam ab, um bei noch höheren Temperaturen wieder leicht anzusteigen.

*Dielectric loss angles is practically constant at a frequency of 1 MHz bis 200° C, but then increases as the temperature rises, at 10<sup>10</sup> Hz the dielectric loss angles falls off slowly with rising temperature up to 350° C, but then, as the temperature rises still further, it begins to climb again slightly.*

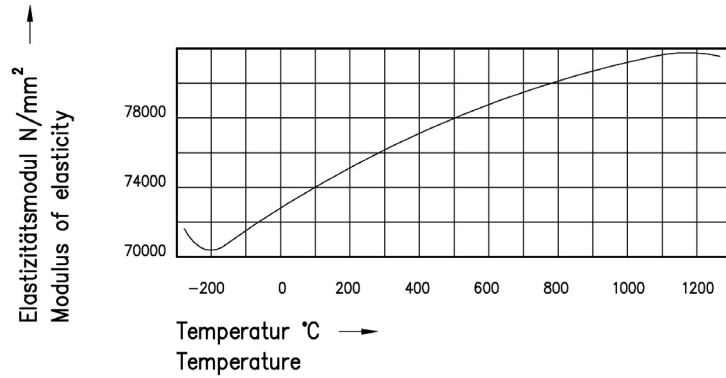


## Elatizitätsmodul

von Quarzglas in Abhängigkeit von der Temperatur.

### **Modulus of elasticity**

*of transparent fused silica dependent on temperature.*

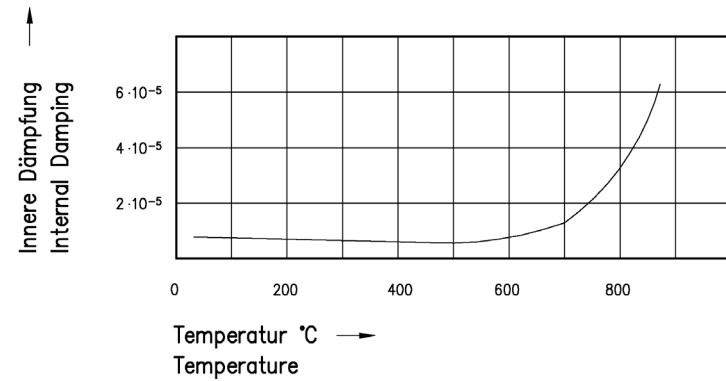


## Innere Dämpfung

von Quarzglas in Abhängigkeit von der Temperatur.

### **Internal damping**

*of transparent fused silica dependent on temperature.*

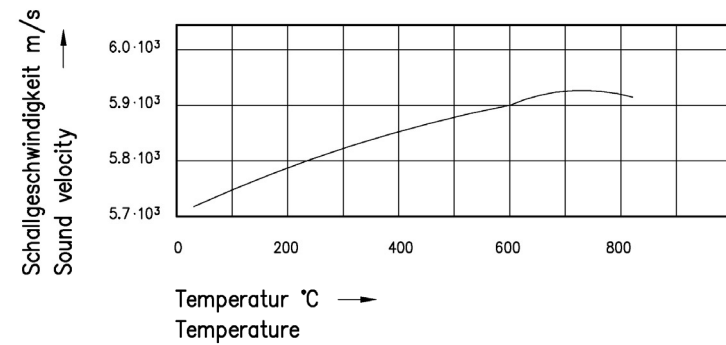


## Schallgeschwindigkeit

in Quarzglas für Longitudinalwellen in Abhängigkeit von der Temperatur.

### **Sound velocity**

*in transparent fused silica for longitudinal waves dependent on temperature.*

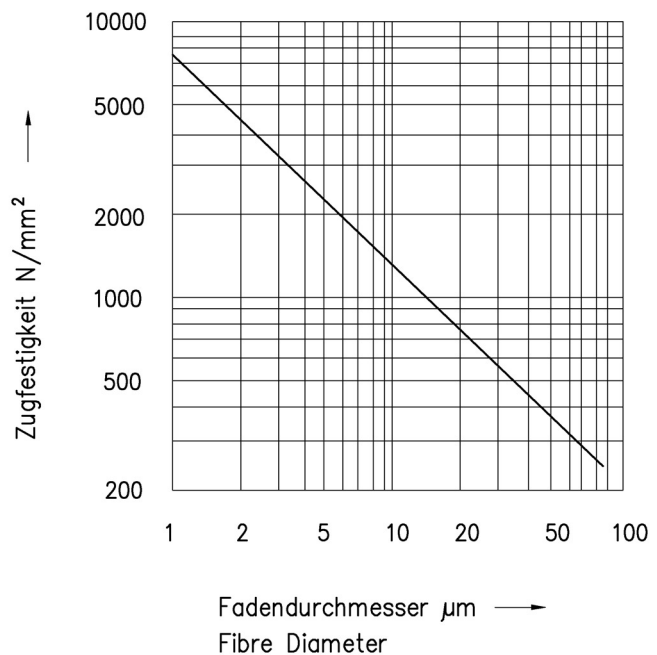


## Zugfestigkeit

von Quarzglasfäden in Abhängigkeit vom Fadendurchmesser

### **Tensile strength**

*of fused silica fibres as a function of fibre diameter*



## Viskosität

von Quarzglas aus kristallinem Quarz und von synthetischem Quarzglas in Abhängigkeit von der Temperatur.

Kristallines Quarz: \_\_\_\_\_

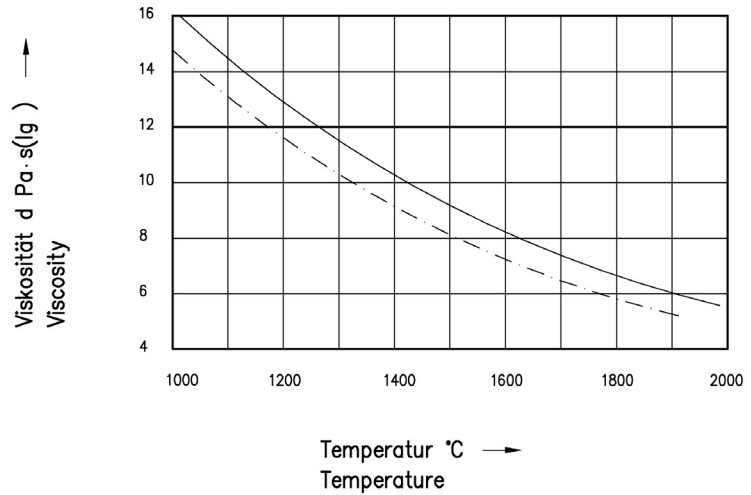
Transparent fused silica

Synthetisches Quarz: - - - - -

Synthetic fused silica

## Viscosity

of transparent fused silica and of synthetic fused silica as a function of temperature.



## Ausdehnungskoeffizient

von Quarzglas in Abhängigkeit von der Temperatur.

$$\alpha_{0,t} = \frac{1}{L_0} \times \frac{L_t - L_0}{t}$$

$L_0$  = Länge bei 0°C

$L_t$  = Länge bei t °C

t = Temperatur in °C

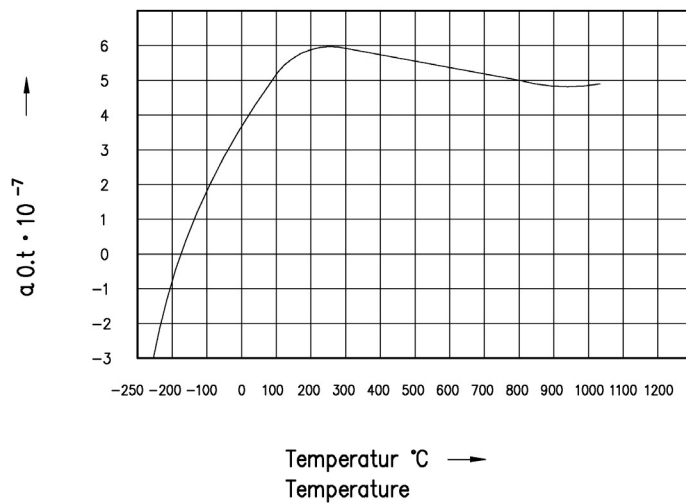
## Coefficient of expansion

of transparent fused silica as a function of temperature.

$L_0$  = Length at 0°C

$L_t$  = Length at t °C

t = Temperature in °C

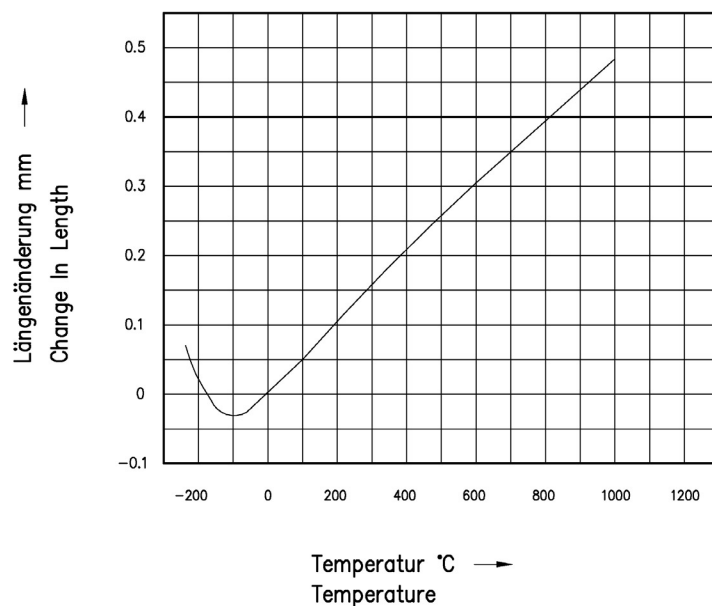


## Längenänderung

eines 1 m langen Stabes aus Quarzglas in Abhängigkeit von der Temperatur.

## Change in length

of a 1 m long rod of transparent fused silica as a function of temperature.



## Typische Fremdelemente · *Typical Trace Elements*

Materialqualität <i>Material quality</i>		Standardqualitäten · <i>Name of Standard Grade</i>			
		HSQ 100 HSQ 300	HSQ 351	OM 100	Rotosil
Materialart <i>Kind of Material</i>		Elektrisch- geschmolzen <i>Electric Fused</i>	Flammen- geschmolzen <i>Flame Fused</i>	Opak <i>Opaque</i>	Quarzgut
Typische Fremdelemente <i>Type Trace Elements</i>	Einheit <i>unit</i>				
Aluminium (Al)	ppm	10...22	10-45 (10-22)	15	ca. 180
Arsen · <i>Arsenic</i> (As)	ppm	< 0.002	< 0.1 (< 0.01)		
Gold (Au)	ppm	< 0.0001	< 0.0003		
Kalzium · <i>Calcium</i> (Ca)	ppm	0.2...1	0.2...1.0	2.0	ca. 28
Chrom · <i>Chromium</i> (Cr)	ppm	< 0.06	< 0.06	< 0.05	ca. 0,4
Kupfer · <i>Copper</i> (Cu)	ppm	< 0.02	< 0.5 (< 0.07)	< 0.06	0,4
Eisen · <i>Iron</i> (Fe)	ppm	0.1...0.3	0.5...2.0	0.2	ca. 40
Kalium · <i>Potassium</i> (K)	ppm	0.1...0.5	0.1...0.5	0,4	31
Lithium (Li)	ppm	0,5...1	1.2...6 (1.5)	0.6	4
Magnesium (Mg)	ppm	0.1...0.2	0.1...0.3	0.05	8
Natrium · <i>Sodium</i> (Na)	ppm	0.1...0.2	0.5...2.0 (1.0)	0.2	24
Antimon · <i>Antimony</i> (Sb)	ppm	< 0.0002	< 0.2 (0.002)		
Mangan · <i>Manganese</i> (Mn)	ppm			< 0.03	1
Titan · <i>Titanium</i> (Ti)	ppm		0.8	1.2	123
OH-Gehalt · <i>OH-content</i>	ppm	5...30	130-180		

### Hydrolytische Beständigkeit nach DIN 12111 *Hydrolytic resistance as per DIN 12111*

#### 1. Hydrolyseklasse:

Basenabgabe < 0,01  $\text{mg Na}_2\text{O}$   
-----  
2g Grieß

#### 1. Hydrolysis class:

Base discharge < 0.01  $\text{mg Na}_2\text{O}$   
-----  
2g Grains

### Laugenbeständigkeit nach DIN 52322 *Resistance to alkaline solutions as per DIN 52322*

#### 1. Laugenklasse:

Gewichtsverlust ca. 50  $\text{mg/dm}^2$   
Oberfläche

#### 1. Alkaline solution class:

Weight loss approx. 50  $\text{mg/dm}^2$   
surface area

### Säurebeständigkeit nach DIN 12116 *Resistance to acids as per DIN 12116*

#### 1. Säureklasse:

Gewichtsverlust < 0,1  $\text{mg/dm}^2$   
Oberfläche

#### 1. Acid class:

Weight loss < 0.1  $\text{mg/dm}^2$   
surface area

## Verhalten verschiedener Elemente und Verbindungen gegenüber Quarzglas

### Reactions of diverse Elements and Connections to Quartz glass

Die Symbole der Tabelle haben die folgende Bedeutung:

The symbols used in the tables have the following significance:

- das Element oder die Verbindung reagiert nicht mit Quarzglas · *the element or the connection does not react to quartz glass*
- ◐ es reagiert nur oberhalb der angegebenen Temperatur · *it reacts above the shown temperature only*
- ◑ nur der Schmelzfluss der Verbindung reagiert mit Quarzglas · *the fusion flow of the connection reacts to quartz glass only*
- das Element oder die Verbindung reagiert mit Quarzglas · *the element or the connection reacts to quartz glass*

#### Metalle und Nichtmetalle · *Metals and non-metals*

Element · <i>Compound</i>	Symbol	Bemerkungen · <i>Remarks</i>
Ag	○	
Al	◑	bei 700 bis 800°C schnelle Reaktion · <i>from 700 to 800°C rapid reaction</i>
Au	○	
Br	○	
C	◐	oberhalb 1500°C · <i>only above 1500°C</i>
Ca	◐	oberhalb 600°C · <i>only above 600°C</i>
Cd	○	
Ce	◐	oberhalb 800°C · <i>only above 800°C</i>
Cl	○	auch bei Hitze und Feuchtigkeit keine Reaktion · <i>also with heat and humidity no reaction</i>
F	●	nur in feuchtem Zustand · <i>only in humid state</i>
Hg	○	
J	○	
Li	●	oberhalb 250°C · <i>only above 250°C</i>
Mg	◑	bei 700 bis 800°C schnelle Reaktion · <i>from 700 to 800°C rapid reaction</i>
Mn	○	
Mo	○	
Na	○	reagiert nur in Dampfform · <i>reacts only in vapour state</i>
P	●	
Pb	○	
Pt	○	
S	◐	oberhalb 1000°C sehr schwache Reaktion · <i>above 1000°C very weak reaction</i>
Si	◑	
Sn	○	
Ti	○	
W	○	
Zn	○	

### Oxide · Oxide

Element · Compound	Symbol	Bemerkungen · Remarks
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	☉	oberhalb 1200°C · <i>only above 1200°C</i>
BaO	☉	oberhalb 900°C · <i>only above 900°C</i>
CaO	☉	oberhalb 1000°C · <i>only above 1000°C</i>
CuO	☉	oberhalb 950°C · <i>only above 950°C</i>
Fe-Oxide	☉	oberhalb 950°C · <i>only above 950°C</i>
MgO	☉	oberhalb 950°C · <i>only above 950°C</i>
PbO	☾	
ZnO	☉	oberhalb 800°C · <i>only above 800°C</i>
Basische Oxide <i>Basic oxides</i>	☉	oberhalb 800°C Beschleunigung der Entglasung <i>only above 800°C acceleration of devitrification</i>

### Säuren · Acids

Element · Compound	Symbol	Bemerkungen · Remarks
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	○	
HNO <sub>3</sub>	○	
HCl	○	
HF	●	schwächer als bei gewöhnlichem Glas · <i>but weaker than with ordinary glass</i>
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	●	schwächer als bei gewöhnlichem Glas · <i>but weaker than with ordinary glass</i>
Organische Säuren <i>Organic acids</i>	○	

### Gase und Dämpfe · Gases and vapours

Element · Compound	Symbol	Bemerkungen · Remarks
HCl	○	
H <sub>2</sub> ; N <sub>2</sub> ; O <sub>2</sub>	○	
NO <sub>2</sub> ; SO <sub>2</sub>	○	
CO	○	

### Salze · Salts

Element · Compound	Symbol	Bemerkungen · Remarks
BaCl <sub>2</sub>	☾	
BaSO <sub>4</sub>	☉	oberhalb 700°C · <i>only above 700°C</i>
Borate	☾	
BCl <sub>3</sub>	☉	oberhalb 900°C · <i>only above 900°C</i>
KCl	☾	beschleunigt die Entglasung · <i>promotes devitrification</i>
KF	☾	
NaCl	☾	
Na-Metaphosphat	●	
Na-Polyphosphat	●	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	○	
Na-Wolframat <i>Na-tungstate</i>	●	beschleunigt die Entglasung · <i>promotes devitrification</i>
Nitrate	☾	
Platinammoniumchlorid <i>Platinum-ammoniumchloride</i>	☉	oberhalb 900°C · <i>only above 900°C</i>
ZnCl <sub>2</sub>	☾	
Zn-Phosphat	☉	gering bei 200°C, stark bei 1000°C · <i>slight at 200°C, considerable at 1000°C</i>
Zn-Silikat · <i>Zn-silicate</i>	☉	oberhalb 1000°C · <i>only above 1000°C</i>

## Verhalten alkalischer Lösungen gegenüber Quarzglas und Quarzgut

### *Behaviour of alkaline solutions towards transparent and opaque fused silica*

Lösung von <i>Solution</i>	Konzentration <i>Concentration</i>	Reaktionstemperatur <i>Temp. of reaction</i>	Auflösung von Quarzglas oder Quarzgut <i>Dissolution of transparent or opaque fused silica</i>	Zeitraum in Stunden <i>Period of time in hours</i>
NH <sub>4</sub> (OH)	10%	20°C	0,019 mg/ cm <sup>2</sup>	100
NaOH	1%	20°C	0,031 mg/ cm <sup>2</sup>	100
NaOH	10%	18°C	0,0095 mg/ cm <sup>2</sup>	100
KOH	1%	20°C	0,019 mg/ cm <sup>2</sup>	100
KOH	30%	18°C	0,027 mg/ cm <sup>2</sup>	100
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5%	18°C	0,0015 mg/ cm <sup>2</sup>	100
NaOH	5%	100°C	1,50 mg/ cm <sup>2</sup>	10
NaOH	8%	100°C	1,21 mg/ cm <sup>2</sup>	10
KOH	10,2%	100°C	1,13 mg/ cm <sup>2</sup>	10
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10%	100°C	0,37 mg/ cm <sup>2</sup>	10

Die erste Zeile dieser Tabelle sagt also aus, dass eine 10%ige NH<sub>4</sub>(OH)-Lösung bei 20°C in 100 Stunden 0,019 mg Quarzglas oder Quarzgut von einer Oberfläche von 1 cm<sup>2</sup> ablöst.

Außerdem besteht chemische Resistenz gegenüber den meisten Galvanobädern. Auf Anfrage erteilen wir Ihnen hierüber gerne Auskunft.

*The first line of this table thus predicates that a 10% solution of NH<sub>4</sub>(OH) at 20°C will in 100 hours resolve 0.019 mg transparent or opaque fused silica from a surface of 1 cm<sup>2</sup>.*

*In addition there is chemical resistance to most of electroplating baths. More information on request.*

### Partner für Labor und Industrie

- Aufschlussapparaturen nach Wickbold
- Destilliergeräte für Bi-destilliertes Wasser
- Destilliergerät zur Herstellung hochreinen Säuren (ACIDEST)
- Destilliergerät zur Herstellung absolut pyrogenfreiem Wasser (PYRODEST)
- Oberflächenverdampfer aus Quarzgut
- Tauchheizer zum schnellen Erwärmen von flüssigen Medien, wie z.B. Säuren
- Tiegel, Becher, Reagenzgläser, Schalen und Kolben sowie
- Normschliffe, Hähne und Gewinde aus Quarzglas
- Quarzglaswolle und Filterplatten aus Quarzglas
- Stäbe, Rohre, Kapillaren aus Quarzglas
- Kundenspezifische Sonderprodukte
- Quarzguterzeugnisse für die Chemische Industrie
- Erzeugnisse aus Quarzglas für Labor und Industrie
- Quarzglaserzeugnisse für Optik
- Quarzglas für die Nachrichtentechnik
- Quarzglas für Photovoltaik
- Quarzglas für IR-Wärmetechnik
- Spiralen aus Quarzglas und Quarzgut

### Partner for Laboratory and Industry

- *Hydrogen-Oxygen Combustion Apparatus V5*
- *Distillation Apparatus for pure water production*
- *Surface Evaporators for evaporation of liquids*
- *Immersion Heaters for the heating of aggressive media*
- *Crucibles, Beaker, Test Tubes, Basins and Flasks as well as*
- *Ground joints, Stopcocks, Screw Threads made out of quartz glass*
- *Quartz Glass Wool, Filtering disks*
- *Rods, Tubes, Capillary Tubes made out of quartz glass*
- *Special products acc. to customer specifications*
- *Quartz glass products for the chemical Industry*
- *Products made for Laboratory and Industry*
- *Quartz products for Optics*
- *Quartz glass for the communication Industry*
- *Quartz glass for photo voltaic*
- *Quartz glass for Infrared Applications*
- *Spirals made of Quartz Glass and opaque fused silica*