

# Was ist Glas?

## Struktur, Eigenschaften und Herstellung von Glas

Armin Mankel

**G**las ist ein stofflich einheitliches Schmelzprodukt, das abgekühlt und erstarrt ist, ohne merklich zu kristallisieren. Gläser schmelzen nicht bei einer bestimmten Temperatur, sondern werden über einen weiten Temperaturbereich weich. Man nennt diese Substanzen auch *amorph* (von *ámorphos*, griechisch für *gestaltlos*). Treffend spricht man auch von einer unterkühlten Schmelze oder vom *plastischen Zustand*.

Glasartige Eigenschaften haben viele anorganische Stoffe wie z.B. Schmelzen von Boraten oder Phosphaten, die in der klassischen Analytik eine wichtige Rolle spielen. Natürlich ist das Glas selbst zu nennen. Hierzu gehört aber auch der aufgeschmolzene Quarz, der rasch abkühlt. Sogar unter den organischen Stoffen findet man Gläser. Das sind vor allem Kunststoffe wie das Plexiglas oder PVC ohne Weichmacherzusatz. Sogar tiefgekühltes Gummi hat glasartige Eigenschaften.

Typisch für Gläser ist der *plastische Zustand* in gewissen Temperaturbereichen. Dieser liegt energetisch zwischen den Aggregatzuständen fest und flüssig (Abb.

1). Die Eigenschaften kristalliner Festkörper (plastische Stoffe) und Gläser (nicht-plastische Stoffe) lassen sich wie in Tabelle 1 aufgeführt unterscheiden. Zum Verständnis der Eigenschaften von Glas wird im Folgenden der molekulare Aufbau von Natriumchlorid mit den makromolekularen Substanzen Quarz und Glas zweier Feststoffe verglichen.

Natriumchlorid ist einheitlich aus  $\text{Na}^+$ - und  $\text{Cl}^-$ -Ionen aufgebaut (Abb. 2). Jedes Ion hat räumlich und energetisch exakt die gleiche Umgebung. Alle Ionen werden deshalb beim Erreichen eines bestimmten Energiegehaltes (charakterisiert durch eine präzise Temperatur) schlagartig aus der Bindung gelöst. Folglich beobachtet man einen scharfen Schmelzpunkt von  $801^\circ\text{C}$ . Der Vorgang ist reversibel.

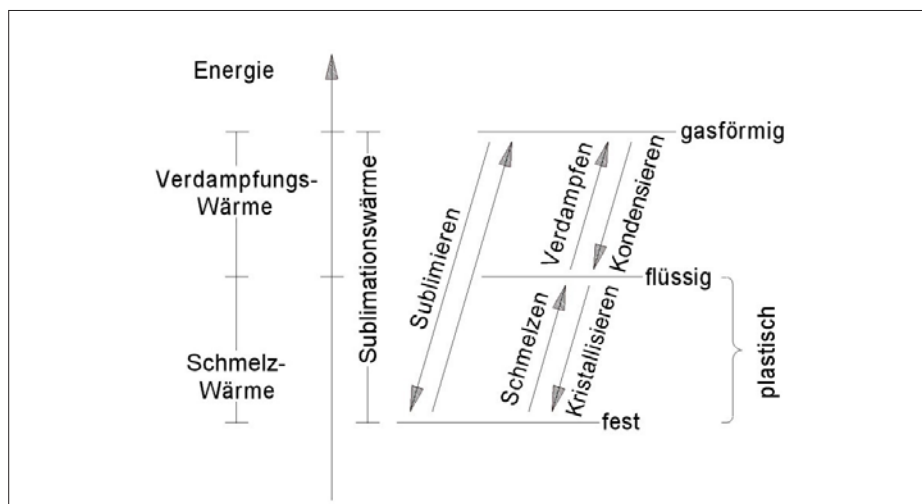


Abb. 1: Energiediagramm der Aggregatzustände.

**Quarz, Glas, Quarzglas**

Einen scharfen Schmelzpunkt beobachtet man auch beim natürlichen Quarz SiO<sub>2</sub>, der völlig symmetrisch aus Si- und O-Atomen aufgebaut ist (Abb. 3). Man kennt die kristalline Form als Bergkristall. Hier handelt es sich nicht um ein Ionengitter, sondern um ein Makromolekülgitter. Auch hier hat jeder Bausteintyp räumlich und energetisch exakt eine gleiche Umgebung. Quarz schmilzt deshalb scharf bei 1705 °C. Lässt man die Quarzschmelze abkühlen, können sich die kovalent gebundenen Bausteine nicht mehr regelmäßig zusammenfügen. Es existieren keine gleichen Umgebungen bzw. Bindungslängen und -winkel mehr. Deshalb brechen beim erneuten Schmelzen einzelne Bindungen nacheinander auf. Man beobachtet folglich keinen scharfen Schmelzpunkt mehr, sondern das für Gläser typische Erweichen. Ein chemisch einfacher Glastype, Quarzglas, ist entstanden.

Grundsätzlich ähnelt der Aufbau von Glas dem unregelmelten Bau von Quarzglas. Das Normalglas stellt man aus Quarz, Kalk und Soda bzw. Pottasche her. Mischungen dieser drei Stoffe werden gesintert und dann zusammengesmolzen. Quarz stellt auch hier das Netzwerk als Grundmatrix (Quarz ist Netzwerkbildner). Die Alkali- und Erdalkaliverbindungen brechen das Gitter vollkommen unregelmäßig auf. Wie aus Abbildung 4 ersichtlich wird, sind sie Netzwerkstörer und führen zur Bildung nichtkristalliner Silikate. Jeder Baustein hat nun Umgebungen mit unterschiedlichen Bindungsbedingungen aufzuweisen. Die Folge ist, dass die Bindungen bei Energiezufuhr nicht mehr simultan, sondern nacheinander aufbrechen. Dies ist der Grund für den weiten Erweichungsbereich von Glas.

Die chemischen Unterschiede zwischen Quarz und Glas wirken sich auch in der mechanischen Stabilität aus. Glas ist „weicher“ als Quarz. So kann man Glas mit einem Bergkristall, also reinem Quarz, anritzen. Gleiches gelingt auch mit Feuerstein, der ebenfalls aus reinem, allerdings fein verteiltem Quarz besteht.

Kunststoffgläser bestehen aus polymeren Makromolekülen. Hier wird die glasartige Eigenschaft durch verschieden starke van der Waals-Wechselwirkungen erreicht. Allerdings hat die Bearbeitbarkeit organischer Gläser ihre Grenzen. Beim Aufschmel-

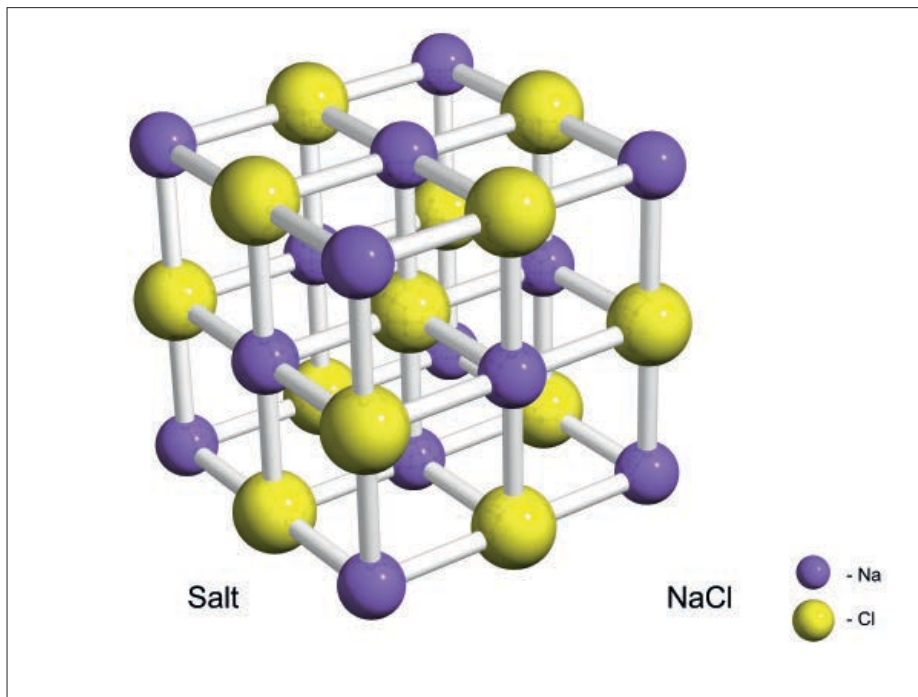


Abb. 2: Struktur von Natriumchlorid.

zen von Kunststoffgläsern besteht Zersetzungsgefahr. PMMA zersetzt sich sogar völlig, was wiederum Vorteile beim Recyceln mit sich bringt.

**Der chemische Vorgang bei der Glasbildung**

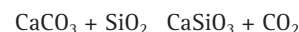
Das übliche Glas ist ein Salz der Kieselsäure. Vereinfacht kann man die Bildung von Glas als Bildung eines Salzes aus Nichtmetalloxid und Metalloxyd auffassen:



Denn Quarz ist ein Säureanhydrid, das in einer ganz normalen Säure/Base-Reaktion mit basischen Oxiden wie CaO oder Na<sub>2</sub>O Salze (Silikate) bildet.

Der Vergleich mit den Salzen der Kohlen-säure liegt aufgrund der selben Gruppenzugehörigkeit im Periodensystem der Elemente nahe. Allerdings bildet Siliciumdioxid bei Zimmertemperatur makromolekulare Gitter und ist daher fest, während Kohlenstoffdioxid aus einzelnen Molekülen besteht und gasförmig ist.

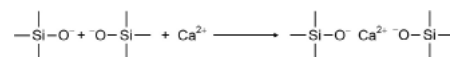
Geht man von den Carbonaten aus, so kann man auch sagen, dass es sich bei dieser Säure/Base-Reaktion um den Austausch von Säureanhydriden handelt:



Im Einzelnen geschieht bei der Glasherstellung folgendes: bei den hohen Temperaturen werden die Alkali- und Erdalkalicarbonate zersetzt und die entsprechenden Metalloxyde gebildet. In der Schmelze werden die Sauerstoff-Ionen der Oxide freigesetzt; sie brechen das Quarzgitter auf.



Die entstandenen negativen Ladungen werden durch die Metall-Ionen ausgeglichen:



Es bilden sich regellose Strukturen mit vielen Trennstellen. Die Folge ist der niedrige und weite Erweichungsbereich dieses Glastyps (Kalk-Natron-Glas) um 600 °C.

**Glasherstellung**

Benötigt werden Temperaturen um 1600-1800 °C, da die reinen Ausgangssubstanzen

Nicht-plastische Stoffe	Plastische Stoffe
Scharfer Schmelzpunkt	Unscharfer Erweichungsbereich
Viskosität nimmt beim Schmelzen ab	Viskosität nimmt beim Schmelzen zu
Regelmäßige Molekülstruktur	Keine regelmäßige Molekülstruktur

Tab. 1: Vergleich der Eigenschaften plastischer und nichtplastischer Stoffe.

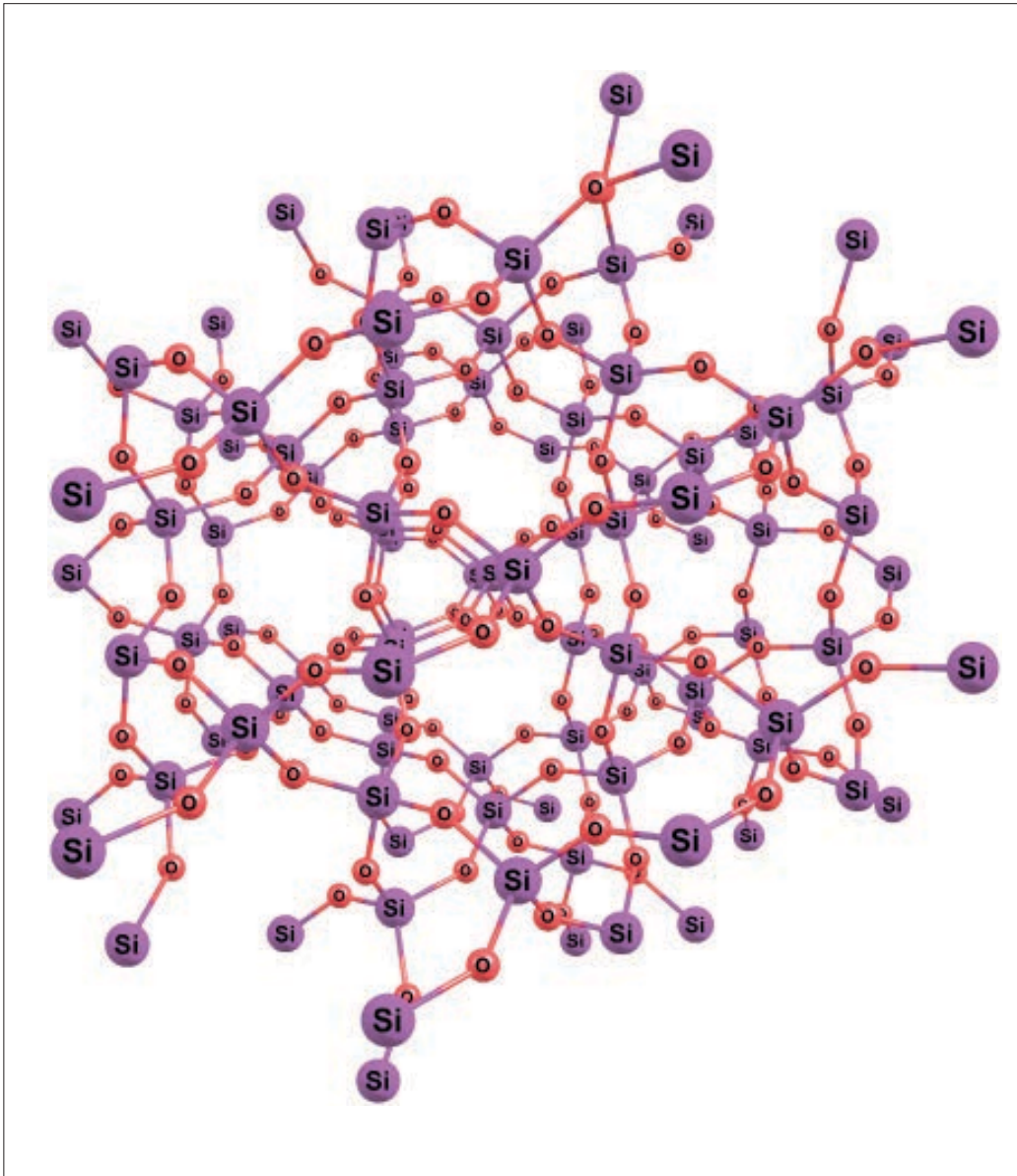
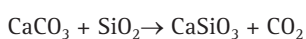


Abb. 3: Festkörperstruktur von Quarz (©ollaweila/Adobe Stock).

erst bei sehr hohen Temperaturen schmelzen. Ihr Schmelzpunkt sinkt allerdings mit zunehmender Sinterung, die bereits bei 600–800 °C einsetzt (Schmelzpunktniedrigung bei zunehmender Durchmischung der Schmelze an den Phasengrenzen). Hierbei setzen sich Kalk, Soda etc. unter beträchtlicher CO<sub>2</sub>-Freisetzung mit Quarz zu Silikaten um:



Wegen des großen Erweichungsbereichs lässt sich Glas hervorragend bearbeiten. Damit kann man auch die Tätigkeit des Gasbläfers

verstehen. Übrigens wurde auch Flachglas früher aus geblasenen flaschenartigen Hohlkörpern hergestellt. Man trennte diese nach der Formung die flachen Böden ab, schnitt die Zylinder auf und entrollte sie zu flachen Scheiben. Die abgetrennten Böden nannte man „Butzen“ - daher die Bezeichnung „Butzenscheiben“ in altheutschen Möbeln. Später wurde Glasschmelze zu Flachscheiben gepresst oder gewalzt.

Heute wird flüssiges Glas auf ein Bad mit einer heißen Zinkschmelze gegossen und dann abgekühlt.

#### KONTAKT |

Armin Mankel  
Consortium für elektrochemische Industrie  
Wacker Chemie AG  
München, Deutschland  
Armin.Mankel@wacker.com



Das Projekt Glas:  
<http://bit.ly/Glas>



Weitere Beiträge zum  
Thema Glas: <http://bit.ly/GIT-Glas>

Elektrochemische Parameter



Photometrie



Gelöster Sauerstoff, optisch



Säuregehalt / Alkalität

**Vielseitige Messtechnik  
von Hanna Instruments**

Erfahren Sie mehr:



<https://hubs.ly/H0HbBkK0>

**HANNA**  
instruments  
[www.hannainst.de](http://www.hannainst.de)