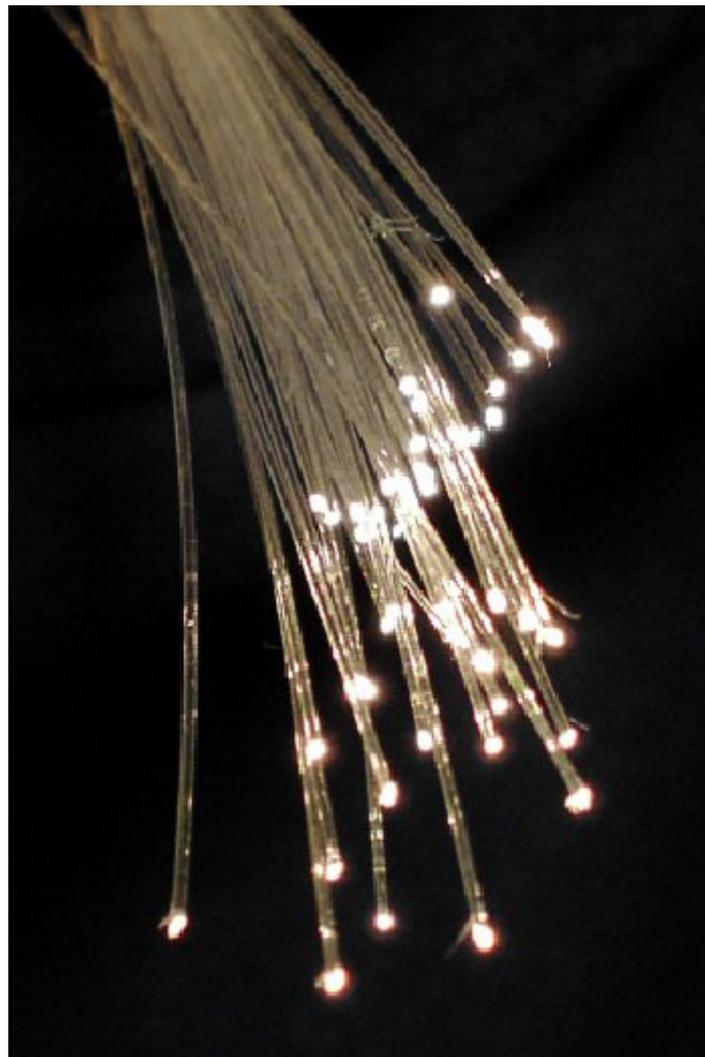


**Unterrichtsmaterial Sek II**  
**«Das Glas»**





Frage: Warum lässt sich Glas biegen?

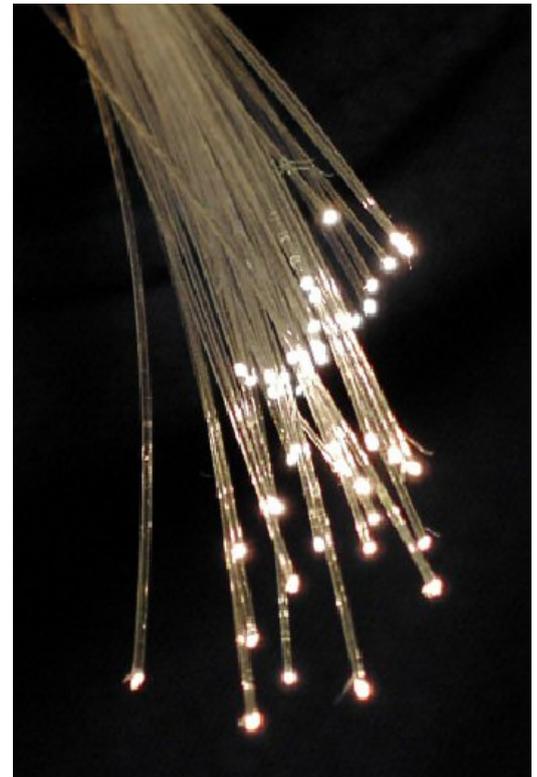




## Warum lässt sich Glas biegen?

Biegsames Glas wird immer mehr eingesetzt. Ein bekanntes Beispiel dafür sind Lichtwellenleiter, die auch als Glasfaserkabel bekannt sind. Gerade in solchen Leitungen muss Glas biegsam sein. In diesen Kabeln kommen nebst den Glasfasern auch Kunststoffe zum Einsatz, die die Elastizitätseigenschaften verbessern. Aber auch ohne diese Zusätze ist Glas im Grunde biegsam. Dies liegt daran, dass Glas grundsätzlich – physikalisch gesprochen – eine Flüssigkeit ist und somit den Aggregatzustand „fest“ nicht kennt, selbst wenn es nach dem Erkalten recht starr zu sein scheint. Es bildet kein Kristallgitter wie die meisten natürlichen Materialien und bleibt elastisch. Daher ist ganz dünnes Glas – hier also die Glasfasern – hochelastisch und biegsam.

Durch geschickte Mischungen der beigemengten Materialien lässt sich diese Biegsamkeit vermindern bzw. drastisch steigern. Allerdings sind dieser Biegsamkeit dennoch Grenzen gesetzt. So kann eine Glasfaser nicht geknickt werden.



### Zusatzdokumente:

- Ein Beispiel für biegsames Glas: Gorilla-Glas, welches in Smartphones zur Anwendung kommt (z. B. Samsung Galaxy)  
→ <http://www.youtube.com/watch?v=forSXEJIM3E>



Frage: Warum ist Glas durchsichtig?





## Warum ist Glas durchsichtig?

Durchsichtig ist jeder Stoff, durch den sich sichtbares Licht (elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen zwischen 400 und 800 Nanometer) ungehindert ausbreiten kann. Das gilt für die meisten Flüssigkeiten und Gase.

„Wenn eine Substanz dagegen fest ist, sind in der Regel seine Moleküle sehr ausgeprägt untereinander organisiert. Wie aufeinander gestapelte Ziegelsteine lassen derart geordnete Moleküle Lichtwellen meist nicht passieren.“

Anders beim Glas: Bei dessen Herstellung wird Quarzsand geschmolzen. Dieser verliert dabei seine kristalline Struktur und wird, wie Fachleute es nennen, amorph – die Atome sind also nicht in einem perfekt regelmässigen Gitter angeordnet. Beim anschliessenden Abkühlprozess werden die Moleküle in ihrer Bewegung „eingefroren“.

Glas ist eine feste Materie, die von der molekularen Anordnung und den optischen Eigenschaften her wie eine Flüssigkeit, von den mechanischen Eigenschaften aber hart und stabil wie ein Festkörper mit hoher Zähigkeit ist. In der unterkühlten Schmelze gibt es viel Platz zwischen den einzelnen Molekülen. Ein Lichtteilchen (Photon) kann die Hohlräume im Glas ungehindert durchdringen.

Der Hauptbestandteil des Glases, Siliziumdioxid (Quarzsand), ist eine recht stabile chemische Verbindung, die kein Elektron aus der Atomhülle abgeben mag. Daher befinden sich im Glas keine „vagabundierenden“ Elektronen, die mit dem Licht kollidieren und es schlucken könnten, wodurch dieses absorbiert oder reflektiert würde.

### Zusatzdokumente:

- Podcast „Wissen vor 8“  
→ <http://www.youtube.com/watch?v=WNGG9VvJUUYk&feature=relatedxxx>





Frage: Wie funktioniert die Glasblastechnik?





## Wie funktioniert die Glasblastechnik?

Es gibt verschiedene Techniken, um Glas zu formen. Am bekanntesten ist das Glasblasen. Mit einem langen Rohr, der „Glasmacherpfeife“, wird ein flüssiger Klumpen Glasschmelze aufgespiesst und dann mit viel Übung und Geschick durch das Rohr in eine bestimmte Form geblasen. So entsteht eine Flasche oder ein Weinglas mit langem, dünnem Stil. Heutzutage wird Glas auch maschinell geblasen: Daraus werden dann meist runde, hohle Gegenstände.



Im 16. Jahrhundert entstanden die ersten Glashütten und damit die Grundlage des Glasbläser- und Glasmacherhandwerks. Mit der Entwicklung der Glasbläserlampe (Gasbrenner) Mitte des 19. Jahrhunderts wurde die Bearbeitung des Glases wesentlich vereinfacht, denn man benötigte fortan keine grossen Öfen mehr, um Glas zu bearbeiten. Es entstanden in der Folge kleine Glasbläsereien, in denen in erster Linie Gebrauchsgegenstände wie z.B. Trinkgläser, aber auch Kunstvolles aus Glas gefertigt wurde. Mit dem Fortschreiten der Technisierung wurde die Art der Serien-

fertigung jedoch im Laufe der Jahre mehr und mehr von Maschinen übernommen.

Heute findet die Glasbläserei im Bereich der Kunstglasbearbeitung und im Glasapparatebau ihre grössten Anwendungsbereiche.

Eine andere Möglichkeit ist, die Schmelze in Formen zu ziehen oder zu giessen. Oder die Glasschmelze wird auf einem Walztisch bearbeitet. Dafür wird das Glas auf einer grossen Fläche dünn ausgegossen und dann gleichmässig flach gewalzt und poliert. Auf Walztischen wird beispielsweise Fensterglas gemacht. Oder auch ein Spiegel.

### Zusatzdokumente:

- Film Glasbläser aus Belgern, Thüringen – Schauglasblasen – TEC Erfurt 2010  
→<http://www.youtube.com/watch?v=gwTN5pofdMQxx>
- Film Glasblasen in Hergiswil  
→<http://www.youtube.com/watch?v=knjtOsS3WsM>



Frage: Warum sieht man durch eine Brille besser?





## Warum sieht man durch eine Brille besser?

Die Gläser einer Brille sind Linsen unterschiedlichen Materials, die eine optische (refraktive) Wirkung zur Korrektur von Brechungsfehlern besitzen.



Normalsichtige Augen können Gegenstände sowohl in der Nähe als auch in der Ferne problemlos scharf sehen. Bei normalsichtigen Augen bündelt die Linse die durch die Pupille einfallenden Lichtstrahlen genau so, dass sie auf der Netzhaut im Innern des Auges zusammentreffen. Die Linse selbst ist bis zu einem gewissen Bereich flexibel und kann so kleinere Sehschwächen ebenso ausgleichen wie unterschiedliche Entfernungen. Wenn die Linse diese Bündelung des Lichts auf der Netzhaut nicht leisten kann, können die Rezeptoren nur ein unscharfes Bild weiterleiten. Alle Kurzsichtigen können nahe Gegenstände tadellos scharf sehen – entfernte aber nur ungenau. Das liegt an der nicht ganz exakten „Bauweise“ des kurzsichtigen Auges: Dieses ist entweder ein wenig zu lang, und die Linse bündelt die auftreffenden Lichtstrahlen schon, bevor sie auf die Netzhaut im Augenhintergrund fallen. Oder die

Brechkraft der Linse ist nicht ideal. Im Ergebnis ist das auf der Netzhaut auftreffende Bild leicht unscharf. Genau umgekehrt ist es beim weitsichtigen Auge. Dieses sieht auf die Entfernung gut, hat aber Probleme in der Nähe, typischerweise beim Lesen. Die Gründe: Entweder ist die Brechkraft der Linse nicht ideal – oder das Auge ist ein wenig zu kurz gewachsen. Im Ergebnis bündelt die Linse das Licht nicht genau auf der Netzhaut, sondern etwas später. Die auf der Netzhaut auftreffenden Bildinformationen sind unscharf.

Die Einstärkenbrille vor dem Auge bewirkt eine zusätzliche Bündelung des Lichts (bei Weitsichtigkeit) oder Streuung (bei Kurzsichtigkeit) mit dem Ergebnis, dass die Lichtstrahlen genau im Mittelpunkt der Netzhaut zusammentreffen. Das Ergebnis: ein scharfer Blick.

### Zusatzdokumente:

- Simulation über die Funktionsweise einer Brille  
→ <http://www.planet-schule.de/sf/php/mmewin.php?id=66xxx>



Frage: Weshalb spart man durch Glasrecycling CO2 ein?





## Weshalb spart man durch Glasrecycling CO2 ein?

Als Glasrecycling wird das Sammeln und Wiederverwerten von gebrauchtem Glas bezeichnet, wobei die Wiederverwertung durch Reinigung (Waschen) verschmutzter Gläser (Mehrwegverpackung) oder durch Einschmelzung von Gläsern erfolgen kann.

Für die Glasproduktion sind hohe Temperaturen von rund 1600 °C und damit grosse Energiemengen erforderlich. Durch steigende Energiepreise und die Verpflichtung von energieintensiven Industrien, einen Beitrag zur Einhaltung der Klimaziele zu leisten, wird Glasrecycling immer wichtiger.



Die Wiederverwendung von Altglas hat die Umweltbilanz der Glasproduktion innerhalb weniger Jahrzehnte massiv verbessert: Dank Glasrecycling und damit verbundenen technologischen Innovationen konnte die Verpackungs-glas-Industrie die Abluftemissionen und die Abfallbelas-tung in den letzten 25 Jahren um eindruckliche 75 Pro-zent senken.

Die Produktion von neuem Glas bedingt, dass die Roh-stoffe länger und unter höheren Temperaturen ge-schmolzen werden. Wird aber ein Teil Altglas hinzugege-ben, erhält man viel schneller verarbeitbares Glas und spart dadurch Energie ein und CO2.

Dies kommt daher, dass bereits bestehendes Glas schneller schmilzt als dessen einzelne Bestandteile. Der Faktor Zeit spart dabei den grössten Teil des CO2 ein. Hinzu kommt, dass Glas zu 100 Prozent wiederverwertbar ist und dabei die Umwelt sehr effektiv geschont wird. Glas lässt sich ohne Quali-tätseinbusse beliebig oft einschmelzen und neu verwenden.

### Zusatzdokumente:

- Der Glaskreislauf „Glas bleibt Glas“  
→[http://www.vetropack.ch/html/vetropack\\_filme\\_ch\\_1.htm](http://www.vetropack.ch/html/vetropack_filme_ch_1.htm)
- Sput Nik, der ausserirdische Recycling-Student  
→[http://www.vetrorecycling.ch/subdom\\_vr/html/sputnik\\_1.htm](http://www.vetrorecycling.ch/subdom_vr/html/sputnik_1.htm)



Frage: Was macht Glas stark?





## Was macht Glas stark?

Sobald Glas kalt und fest geworden ist, wird es brüchig und leicht zerbrechlich.

Man kann Glas auf verschiedene Arten abkühlen – sehr langsam oder auch besonders schnell. Fachleute nennen dieses Verfahren „Tempern“. Durch das Tempern wird Glas bruchfester (Einscheiben-Sicherheitsglas ESG). Solches Glas verwendet man zum Beispiel für Glasmöbel, grosse Glastüren und auch Autoscheiben. Durch das Tempern ändern sich beim Glas aber auch andere Eigenschaften: Es



lässt sich nicht mehr schneiden oder schleifen. Und wenn es doch kaputtgeht, zerfällt es in aller kleinste Scherben.

Deswegen bestehen die Frontscheiben von Autos meist aus Verbundglas: Mindestens zwei Schichten Glas sind mit einer Kunststoffolie oder einem bestimmten Harz verbunden. Eine besondere Art des Verbundglases ist das Verbund-Sicherheitsglas, besser bekannt als Panzerglas.

Ein Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) besteht aus einer Glasscheibe und bietet eine erhöhte Beständigkeit gegen Temperaturwechsel sowie eine hohe Biege-, Schlag- und Stossfestigkeit. Im Bruchfall zerfällt ESG in kleine, relativ harmlose Bruchstücke und weist dadurch eine geringe Verletzungsgefahr auf. Es wird beispielsweise für Glasduschen, Innentüren und Glaswände eingesetzt. ESG ist optisch nicht von normalem Glas zu unterscheiden, trägt aber im Regelfall in einer Ecke einen Ätzstempel zur Kennzeichnung.

Die erhöhten Festigkeiten entstehen durch den Vorspannprozess. Dabei wird Flachglas im Vorspann-Ofen unter ständiger Bewegung auf knapp 620 °C erhitzt und anschliessend mit kalter Luft abgeschreckt. Beim Abkühlen erkalten die Oberflächen schneller als die Kernzone, wodurch sich im Glas Zonen unterschiedlicher Spannung ausbilden, die dem Glas seine charakteristischen Eigenschaften verleihen.

### Zusatzdokumente:

- Produktion von Verbund-Sicherheitsglas  
→ [http://www.interpane.com/produktion\\_von\\_verbund-sicherheitsglas\\_367.html](http://www.interpane.com/produktion_von_verbund-sicherheitsglas_367.html)

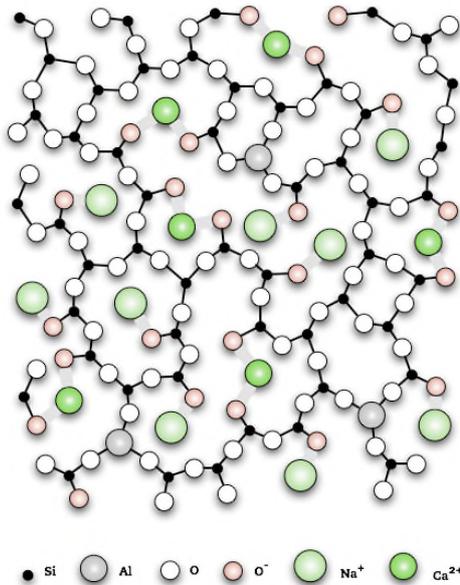


Frage: Aus welchen Bestandteilen setzt sich Glas zusammen?





## Aus welchen Bestandteilen setzt sich Glas zusammen?



Kalk-Natron-Glas ist mit 90 % das meist verwendete Glas und bietet die Grundlage für verschiedenste Anwendungsbereiche. Es setzt sich aus 71–75 % Quarzsand, 12–16 % Natrit und etwa 10–15 % Kalk zusammen. Der Quarzsand darf dabei nicht mehr als 0,05 % Eisen enthalten, ansonsten erhält das Glas eine grünliche Färbung. Neben diesen Stoffen können weitere hinzugegeben werden, um dem Glas bestimmte Eigenschaften zu verleihen. So zum Beispiel Stoffe, die dem Glas eine gewünschte Färbung geben oder dessen Widerstandsfähigkeit verbessern.

Alle Bestandteile des Kalk-Natron-Glases werden bei rund 1600 °C geschmolzen. Dieses Glas ist empfindlich gegen starke und ungleichmässige Temperaturschwankungen. Daher wird es bei entsprechenden Belastungen nicht eingesetzt (z. B. in Laboren). Dieses Glas, welches das meist verbreitete ist, wird für die Herstellung von Flaschen, Verpackungen, Trinkgläsern, Fenstern, Spiegeln und sogar für Verbund-Sicherheitsglas, welches in der Automobilindustrie eingesetzt wird, verwendet.

### Zusatzdokumente:

- Die Herstellung von Verpackungsglas  
→ [http://www.vetropack.ch/htm/vetropack\\_filme\\_ch\\_1.htm](http://www.vetropack.ch/htm/vetropack_filme_ch_1.htm)



Frage: Was ist speziell an einer Autoglasscheibe?





## Was ist speziell an einer Autoglasscheibe?

Eine Autoglasscheibe muss so konstruiert sein, dass sie im Falle eines Unfalles nicht die Ursache für Verletzungen ist. Um dieses Ziel zu erreichen, gibt es zwei gängige Methoden:

- **Einscheibensicherheitsglas (ESG)**  
Dieses Glas wird bei etwa 600 °C hergestellt und anschliessend sehr schnell abgekühlt. Dabei bleibt der Kern des Glases im Vergleich zur Aussenschicht heisser. Dadurch wird das Glas unter Spannung gesetzt: In der inneren Schicht herrscht ein Zug, während in der äusseren ein Druck wirkt. So wird die Scheibe widerstandsfähiger und hält zusätzlich hohen Temperaturschwankungen besser stand. Wenn dieses Glas zerstört wird, bricht es in viele kleine Teile ohne scharfe Kanten. Somit verringert sich das Verletzungsrisiko.
- **Verbundsicherheitsglas (VSG)**  
Hierbei handelt es sich um die heute meist verbreitete Methode für die Herstellung von Windschutzscheiben. Dabei werden zwei Glasscheiben mittels einer Klebeschicht oder einer Folie zusammengefügt. Dieses Verfahren sorgt dafür, dass sich im Falle einer Zerstörung der Scheibe keine Splitterteile lösen können und somit auch hier das Risiko von Verletzungen verringert wird.



### Zusatzdokumente:

- Beispiel Einscheibensicherheitsglas:  
→<http://www.youtube.com/watch?v=oC-X4quLEnw>
- Beispiel Verbundsicherheitsglas:  
→<http://www.youtube.com/watch?v=DzO-dR6CoSo>



Frage: Wieso ist Venedig eine Hochburg der Glasbläserei?





## Wieso ist Venedig eine Hochburg der Glasbläserei?

Der Tod des römischen Kaisers Theodosius I. im Jahr 395 führte dazu, dass das grosse Römische Reich in zwei Teile gespalten wurde. Auf der einen Seite war das Weströmische Reich und auf der anderen das Oströmische Reich. Durch den Überfall der Hunnen und verschiedener germanischer Stämme in den Jahren 375 bis 568 schrumpfte das Weströmische Reich und dessen Glasherstellung war unterbrochen. Im Byzantinischen Reich (Oströmisches Reich) war das Know-how noch nicht verlorengegangen. Durch den Handel mit Byzanz kam die Technik über Venedig zurück nach Mitteleuropa. Venedig als wichtiger Handelshafen produzierte fortan selber Glas. 1295 wurden sämtliche Glasöfen auf die Insel Murano verlagert. Dadurch wurde in Venedig die Brandgefahr reduziert und das gut gehütete Geheimnis der Glasherstellung konnte effektiver gewahrt werden. Den gut bezahlten Glasbläsern war es unter Androhung der Todesstrafe verboten, die Techniken weiterzugeben.



Glas aus Venedig erlangte seinen Weltruhm im 15. Jahrhundert durch die Lüftung des Geheimnisses klares, ungefärbtes Glas herzustellen. Im 16. und 17. Jahrhundert wurde das Geheimnis der Glasherstellung trotz Verbots der Republik Venedig von Venedig aus verbreitet. Einigen Glasbläsern gelang es, sich nördlich der Alpen abzusetzen und dort eigene Glashütten zu gründen. Im 18. Jahrhundert wurde in Deutschland das barocke Schnittglas entwickelt. So konnten Muster, Figuren, Landschaften und sogar Jagdszenen in das Glas gelegt werden. Diese Technik hatte einen riesen Erfolg, da die Venezianer diese Technik nicht beherrschten.

Dank des beginnenden Tourismus im 19. Jahrhundert, der Einrichtung einer Glasfachschule 1860 und der Gründung des

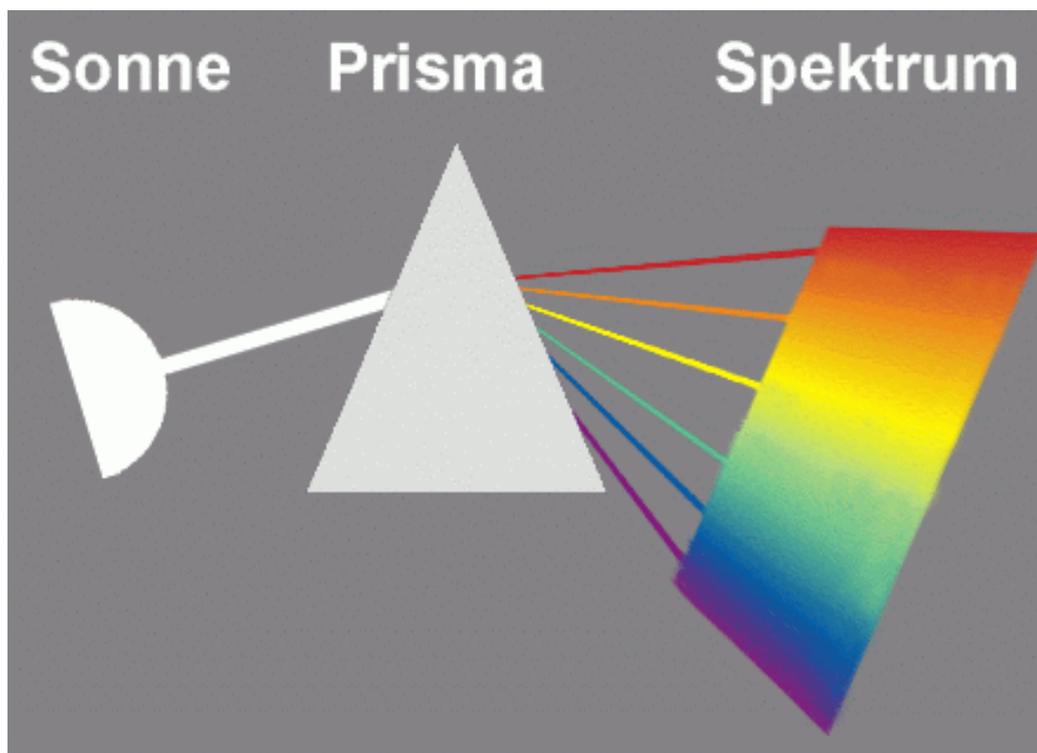
Unternehmens Società Salviati & Co. erlebte Murano ein neues Aufblühen der Glasherstellung. Bis heute werden in Murano kunstvolle Glasprodukte und Kunstwerke geschaffen. Neben der Massenproduktion von Glassouvenirs für die Touristen wird in Murano weiterhin in traditionellen Verfahren Glas produziert.

### Zusatzdokumente:

- Glasmanufaktur auf Murano  
→ <http://www.youtube.com/watch?v=ZS-blR9GGsg>
- Verschiedene Produktionsvideos sind auf youtube.com verfügbar.



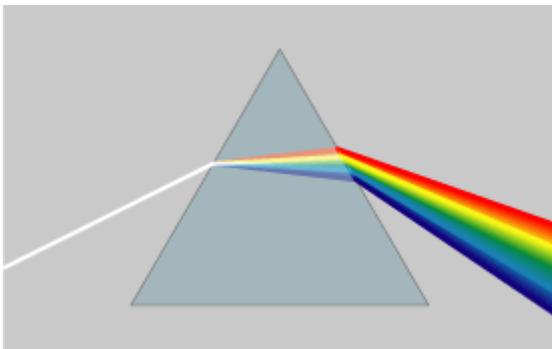
Frage: Warum bricht Glas das Licht in die Spektralfarben auf?





## Warum bricht Glas das Licht in die Spektralfarben auf?

Unter dem „Spektralbereich“ (Spektrum) verstehen wir verschiedene elektromagnetische Wellen. Sehr kurze Wellen entstehen bei Radioaktivität und Röntgenstrahlen. Diese können wir mit dem blossen Auge nicht wahrnehmen. Zu den längeren Wellen zählen beispielsweise Funksignale, welche wir oft zur Datenübertragung nutzen. Wireless oder auch Radio-Signale verursachen solche Wellen. Auch diese sind nicht zu sehen. Das Licht befindet sich längenmässig in der Mitte, und jede erkennbare Farbe hat eine andere Wellenlänge. So sind violette Wellen kürzer als rote, und dazwischen finden sich die restlichen Farben.



Durch die Unterschiede in diesen Wellen kann mittels speziell geformten Linsen (Prisma) das Licht in die einzelnen Farben gebrochen werden. Das Licht wird beim Eintreten in die Linse und beim Austreten jeweils einmal gebrochen. Durch die Form der Linse wird jede Farbwellen in einem anderen Winkel gebrochen und dadurch jede Farbe einzeln sichtbar. Das Phänomen kann man auch bei einem Regenbogen beobachten. Auch da wird das Licht gebrochen, und die Spektralfarben werden sichtbar. Da die Wellenlängen der Farben nicht ändern, ist die Farbkombination eines Regenbogens immer die gleiche.

Fällt „weisses“ Licht, z.B. Sonnenlicht, durch ein Prisma, entsteht ein kontinuierliches Spektrum, das ungefähr 300 vom Auge unterscheidbare Farbnuancen umfasst. Diese Spektralfarben lassen sich optisch nicht weiter aufspalten, weshalb man sie auch spektralrein nennt.

### Zusatzdokumente:

- Warum ist der Himmel blau? – Die Lichtstreuung der Atmosphäre  
→ <http://www.youtube.com/watch?v=0vDBQO5svg0>





Frage: Wer hat das Glas erfunden?





## Wer hat das Glas erfunden?



Natürliches Glas wurde bereits sehr früh eingesetzt. Beispielsweise das natürliche Glas Obsidian wurde aufgrund seiner Härte und scharfen Kanten für Werkzeuge, Klingen, Schaber oder Bohrer eingesetzt. Im Gegensatz zu künstlichem Glas konnte man mit den antiken Möglichkeiten das natürliche Glas weder färben noch formen (giessen).

Der genaue Ursprung des Glases lässt sich nicht eindeutig zurückverfolgen. Die ersten regelmässigen Glasfunde stammen aus Mesopotamien. Erste ägyptische Glasnutzungen deuten auf einen Import aus dem Osten hin. Aus Nordsyrien stammen die ersten textlichen Erwähnungen. Es wird geschätzt, dass diese Aufzeichnungen aus den Jahren 1600 v. Chr. stammen. Die Nuzi-Perlen gelten als die ältesten Glasfunde. Das erste sicher datierte Glasgefäss stammt aus Ägypten. Dieses Gefäss, ein Kelch, trägt den Namen des Pharaos Thutmosis III. und entstand etwa um 1450 v. Chr. Dieser Kelch lässt sich im Staatlichen Museum Ägyptischer Kunst in München bestaunen (links abgebildet).

Ende des 20. Jahrhunderts wurde eine Glashütte in der Nähe des Nil-Deltas freigelegt. In dieser wurden vermutlich Glasbarren hergestellt. Der Fund eines Transportschiffes nahe der türkischen Stadt Bodrum aus dem 14. Jahrhundert v. Chr. bestätigt die Theorie, dass diese Barren für die Weiterverarbeitung in Handwerksbetrieben gedacht waren.

### Zusatzdokumente:

- „Die Geschichte des Glases“  
→ <http://www.friendsofglass.com/de/five-good-reasons/experience>
- „Glas immer beliebter“  
→ <http://www.videoportal.sf.tv/video?id=7e852ab4-bde1-45a8-8634-cdc1e6f20d3exxx>





Frage: Warum sieht eine Glasflasche so aus, wie sie aussieht?



Urheber: Frank Papenbroock

# Alles glasklar?

Lösungen



## Die Form der Glasflasche

Natürliches Glas wurde bereits sehr früh eingesetzt. Beispielsweise das natürliche Glas Obsidian. Die Formen von Glasflaschen haben selten einen praktischen Grund. Lediglich die Idee des schmalen Flaschenhalses und des verhältnismässig dickeren Bodens haben funktionelle Absichten:

- Der Flaschenhals ermöglicht das Herausnehmen oder Herausgiessen des Inhalts, und zugleich bietet er oft die Grundlage des Verschlusses der Flasche. Ob dabei ein Korkzapfen oder ein Kronkorken eingesetzt wird, ist abhängig vom Inhalt und der Lagerdauer.
- Der dicke Boden verleiht der Flasche Stabilität, denn die Flaschenböden sind in der Regel den grössten Belastungen ausgesetzt.

Die Mehrwegflaschen sind generell stabiler gebaut, da diese für eine erneute Verwendung nicht eingeschmolzen, sondern gereinigt werden. Somit müssen sie stabil genug sein, um den Belastungen mehrerer Verwendungen standhalten zu können.



Alte Weinflaschen waren oft bauchig und hatten einen schmalen Flaschenhals. Die heutigen Weinflaschen sind in verschiedensten Farben und Formen erhältlich. Alleine bei den Weinflaschen gibt es hunderte verschiedene Formen. Es gibt trotz dieser Vielfalt an Flaschenformen einige Grundformen:

- Bordeauxflasche
- Burgunderflasche
- Champagnerflasche

### Zusatzdokumente:

- Glasflaschenherstellung  
→ <http://www.youtube.com/watch?v=UmNjy-NdYxY>



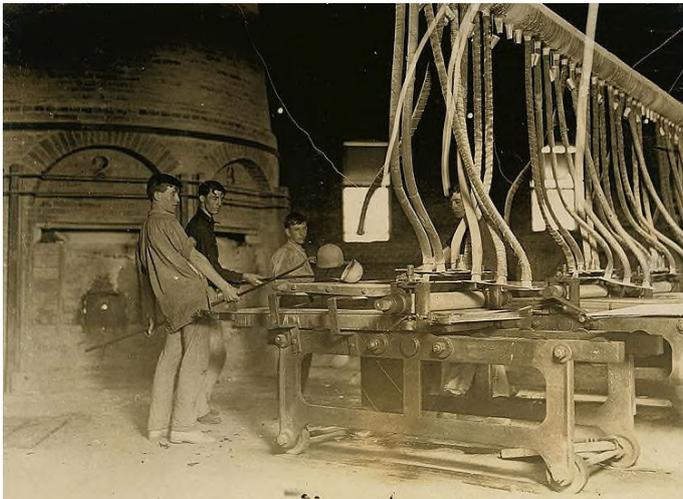
Frage: Wann wurden die ersten Glasfenster eingesetzt und wie entwickelte sich deren Einsatz?





## Die Entwicklung der Glasfenster

Bereits bei den Römern ab dem 1. Jahrhundert wurde Fensterglas eingesetzt. Diese meist rechteckigen Scheiben wurden mit einer Guss-Bügel-Technik hergestellt und hatten eine Grösse von 20 x 30 Zentimetern. Da die Glasherstellung aufwendig war, fanden die Scheiben nur bei den wohlhabenden Besitzern von Villen Einsatz. Es findet sich immer wieder vereinzelt Fensterglas im weiteren Verlauf der Geschichte. Besonders in Kirchen wurde es häufig verwendet.



Mit dem Aufkommen der Gotik im 12. Jahrhundert, einer Epoche der europäischen Architektur und Kunst, wurde der Einsatz von Fensterglas immer verbreiteter. Auch in dieser Zeit wurden besonders Kirchen mit prachtvollen Mosaikglasfenstern verziert.

Im Jahr 1688 wurde das erste Mal das Walzglasverfahren dokumentiert. Dabei wird geschmolzenes Glas auf einen Walztisch gegeben und anschliessend gewalzt. Mit diesem Verfahren konnten gleichmässige und grössere Glasscheiben produziert werden. Auch im Jahr 1908 (siehe Bild) wurde das Glas noch mit derselben Methode hergestellt.

### Zusatzdokumente:

- Herstellung moderner Fenstergläser  
→ <http://www.youtube.com/watch?v=osupFgDVbS4>



Frage: Was sind Waldglashütten?





## Waldglashütten

Im Mittelalter gab es neben den sesshaften Klosterhütten auch „weltliche“ Wanderhütten. Wegen des hohen Holzbedarfs wurden die Glashütten in den Wäldern angesiedelt.

Obwohl es schon vorher Glasherstellung gab, kommt Kaiser Karl IV., der mit anderen Handwerkern auch Glasmacher aus Italien und Frankreich nach Prag holte, eine wichtige Rolle bei der Entwicklung des Waldglases zu. Von Böhmen aus wanderten die Glasmachersippen immer weiter nach Westen.



Für die Lehnsherren waren die Glashütten nicht nur Glasproduzenten, die erhebliche Steuern einbrachten. Wegen ihres hohen Holzverbrauchs kamen ihnen auch wesentliche Aufgaben beim Landesausbau und der Waldwirtschaft zu. Die Waldglashütten wanderten, wenn der Wald geschlagen war, in immer entfernere, unbesiedelte Gebiete bis hinauf in die Hochtäler, und mit ihnen zog das ganze Gefolge, das durch sie Beschäftigung erhielt.

Für die Herstellung von 1 kg Glas wurde damals ca. 1 Raummeter Holz benötigt. Der Holzbedarf einer einzigen Glashütte zur Herstellung von Pottasche und zum Heizen der Glasöfen betrug jährlich 2000

bis 3000 Festmeter Holz, was etwa einer Menge von 2800 bis 5200 Raummeter entspricht. Für eine Glashütte wurde somit jährlich der Holzvorrat von etwa 20 bis 30 ha Wald benötigt. 80 % bis 85 % des Holzes wurde dabei für die Pottaschegewinnung veräschert. Es wurden schon im 14. Jahrhundert Klagen über die Waldverwüstung durch die Glashütten laut; im Spessart z. B. waren nie mehr als 10 Waldglashütten gleichzeitig in Betrieb. Für die Landherren jedoch war eine Glashütte die lukrativste Art und Weise, ihren Wald auszunutzen.

In den verlassenen Wohnstätten konnten Ackerbauern und Viehzüchter angesiedelt werden, die auf den abgeholzten Flächen wiederum Nahrung produzierten und das Wachstum so weiter förderten. So konnte eine Wanderglashütte ganze Wälder für die Besiedlung vorbereiten, es entstanden Hof um Hof, Siedlung um Siedlung. In einigen Gegenden wurde das Befeuern der Glasöfen mit Holz schon im 17. Jahrhundert verboten (England 1615, Böhmen 1650), womit das Ende der Waldglashütten eingeleitet wurde.

### Zusatzdokumente:

- Einblick in die Geschichte des Glasherstellens  
→ <http://www.youtube.com/watch?v=nVOetMzvlw4>

# Alles glasklar?

Arbeitsunterlagen



Frage: Welche Produktionsschritte durchläuft eine klassische Glasflasche und wie sieht die Produktion bei einem Fensterglas aus?





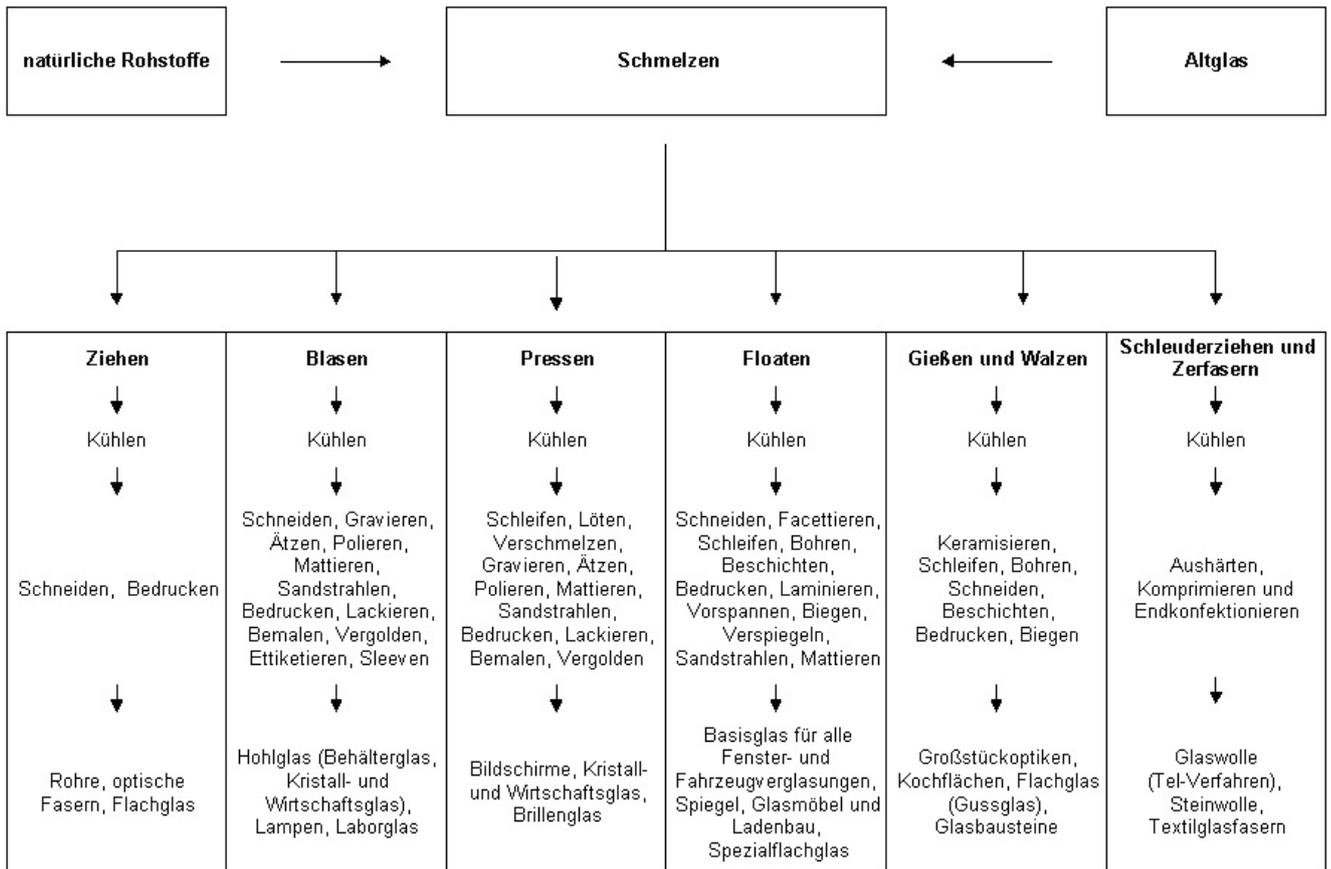
## Produktionsschritte einer Glasflasche

1. Bei 1580 °C werden Altglas und die neuen Rohstoffe geschmolzen.
2. Von der kontinuierlich nachfließenden Glasschmelze werden glühende Glastropfen abgeschnitten und über eine Rinne der Vorform zugeführt. In der Fertigform erhält der Vorformling mittels Druckluft seine definitive Behälterform.
3. Die fertig geformte und noch rot glühende Flasche wird im Kühllofen langsam abgekühlt, um die Materialspannungen auszugleichen. Durch eine anschließende Oberflächenbehandlung werden die Glasbehälter zusätzlich vor Kratzern geschützt und deren Bruchfestigkeit verbessert.
4. Nach Verlassen des Kühllofens werden alle Behälter optisch, mechanisch und elektronisch auf Fehler geprüft. Was nicht Mass hält, wird schonungslos ausgeschieden und in den Schmelzofen zurückgeführt.
5. Nach der Qualitätsprüfung werden die Glasbehälter vollautomatisch auf Paletten geladen und mit einer Folie überschrumpft. Die hygienisch verpackten Einheiten gelangen anschließend an das Fertigwarenlager oder kommen direkt zur Auslieferung.





## Unterschiede der Glasherstellung



### Zusatzdokumente

- Herstellung von Flaschen in der Glashütte Saint-Prex  
→ <http://www.youtube.com/watch?v=IKUJaclxZmE>
- Wie Fensterglas hergestellt wird  
→ <http://www.youtube.com/watch?v=osupFgDVbS4>



Frage: Warum ist Glas ein wichtiger Baustoff?





## Baustoff Glas

Jahrhundertlang hauptsächlich für Fenster verwendet, hat der Baustoff Glas in den vergangenen Jahrzehnten sprunghaft an Bedeutung gewonnen und der modernen Architektur entscheidende Impulse geliefert. Durch Fortschritte in Entwicklung, Herstellung und Veredelung ist heute eine vielseitige und den Sicherheitskriterien entsprechende Anwendung von Glas im Bauwesen möglich.



Transparente Glasfassaden ohne störende Halteelemente und statisch wirkende Unterkonstruktionen aus Stahl oder Aluminium sind für viele Architekten der Inbegriff des reinen Glasbaus. Galten vor ein paar Jahren 8 Meter noch als das Mass aller Dinge, liegt die Größenordnung bei der längsten laminierten Glasscheibe ohne zusätzliche Punkthalter heute bereits bei 12 Metern und mehr.

Die Fassade eines Hauses bildet neben ihrer Schutzfunktion die Visitenkarte des Eigentümers. Moderne Glasfassaden sind

heute ein Teil der Architektur. Die Umwelt spiegelt sich in den Glaspaneelen, trotzdem ist kein Sichtschutz für den Innenraum erforderlich. Die fehlende Transparenz sorgt für angenehme Temperaturen – auch während der Sommerhitze und ohne zusätzliche kostspielige Kühlanlagen.

Glas besteht aus natürlichen, anorganischen Rohstoffen, die in der Natur ausreichend vorhanden sind und bei der Entsorgung kaum Probleme bieten. Glas hat eine homogene, glatte Oberfläche, ist leicht zu reinigen und daher sehr hygienisch. Seine positiven Eigenschaften erfüllen die Bedürfnisse des Menschen nach Witterungsschutz, natürlichem Licht oder behaglicher Wärme. Mit seiner Lichtdurchlässigkeit, der klaren Durchsicht und der hohen mechanischen und thermischen Belastbarkeit kann Glas als Abschluss der Innen- und Aussenbereiche dank seiner Vielseitigkeit fast ohne Einschränkung verwendet werden.

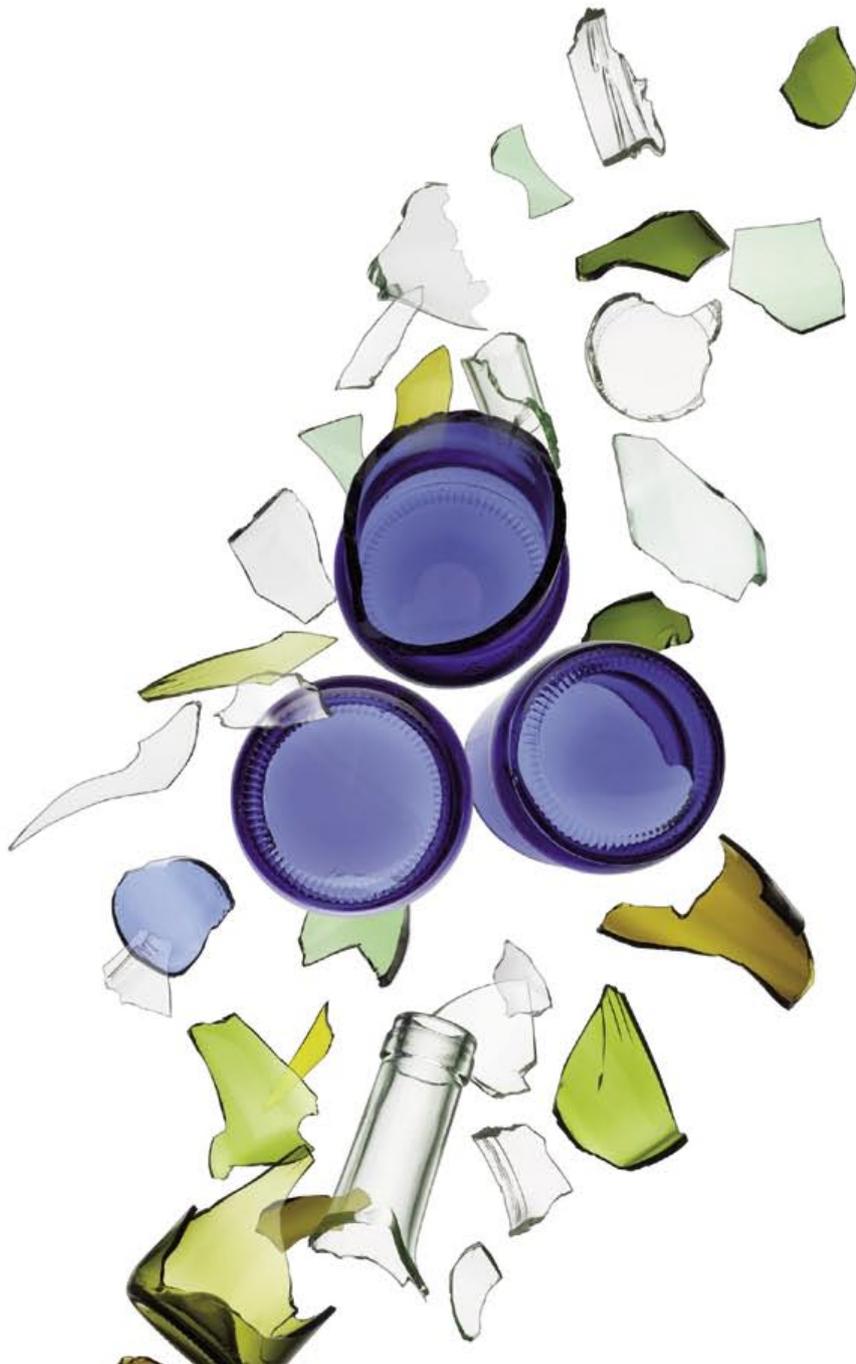
### Zusatzdokumente

- <http://www.youtube.com/watch?v=-yd6MsFoX84>





Frage: Ist Glasrecycling wirtschaftlich?



# Alles glasklar?

Lösungen



## Ist Glasrecycling wirtschaftlich?

Konsumentinnen und Konsumenten bevorzugen heute umweltverträgliche Produkte. Dabei ist Glas anderen Verpackungsmaterialien eindeutig überlegen, denn es eignet sich hervorragend für die Wiederverwendung und Wiederverwertung.

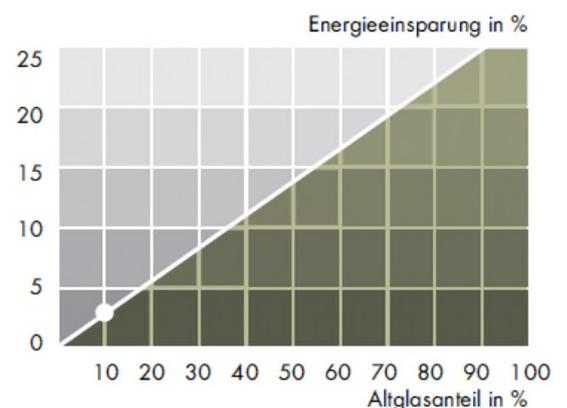
Für die Glasproduktion sind hohe Temperaturen von rund 1600 °C und damit grosse Energiemengen erforderlich. Durch steigende Energiepreise und die Verpflichtung von energieintensiven Industrien, einen Beitrag zur Einhaltung der Klimaziele zu leisten, wird Glasrecycling immer wichtiger.

Die Wiederverwendung von Altglas hat die Umweltbilanz der Glasproduktion innerhalb weniger Jahrzehnte massiv verbessert: Dank Glasrecycling und den damit verbundenen technologischen Innovationen konnte die Verpackungsglasindustrie die Abluftemissionen und die Abfallbelastung in den letzten 25 Jahren um eindruckliche 75 % senken.

Diese Zahl hängt mit der einfachen Tatsache zusammen, dass sich Altglas mit weniger Energie einschmelzen lässt als die Primär-rohstoffe – Recycling reduziert also den Energiebedarf deutlich.

Der Zusammenhang von Altglasanteil und Energieeinsparung ist linear: Pro 10 % Altglas werden 3 % Energie und 7 % CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

Ausserdem fördert Glasrecycling wirtschaftliches Wachstum und sichert regionale Arbeitsplätze – schliesslich wird Glas regional gesammelt, recycelt und hergestellt. Damit ist Glas nicht nur in ökologischer, sondern auch in ökonomischer und sozialer Hinsicht ein besonders nachhaltiger Werkstoff.



### Zusatzdokumente

- <http://www.videportal.sf.tv/video?id=e79c7a78-1287-4dfc-b2e7-d1905c309f47>





Frage: Welche Glaskünstler sind auf der ganzen Welt berühmt?





## Berühmte Glaskünstler

Dino Martens (Italien, 1894–1970) ist einer der berühmtesten Glasdesigner aus Murano seiner Zeit. Er wird durch seine verspielten Glasdesigns weltbekannt. Wie kein zweiter versteht es Martens, die Natur in den schillerndsten Farben und Formen fantasievoll einzufangen.

Napoleone Martinuzzi steuerte der Villa des italienischen Schriftstellers Gabriele D'Annunzio (1863–1938) eine Sehenswürdigkeit bei. D'Annunzio sammelte Zeit seines Lebens unterschiedliche Kunstwerke und erweiterte seine Sammlung um eine dornengekrönte Siegesgöttin von Napoleone Martinuzzi.

Flavio Poli (1900–1984) arbeitete mit Opalglas, woraus die Stellwand zodiaco, der Leuchter vetro traliccio und seine futuristischen Dekorationen vetro astrale gefertigt sind. Ab 1950 entwarf er eine Reihe mundgeblasener Gefässe aus Überfangglas und wurde 1954 hierfür mit dem „Compasso d'Oro“ ausgezeichnet. Des Weiteren gewann er mit seinen zeitgenössisch geformten Glasartikeln vier Grand-Prix-Auszeichnungen bei den Mailänder Triennale-Ausstellungen.



Louis Comfort Tiffany (1848–1933) prägt die Kunst des Jugendstils durch seine ausserordentlichen Glaslampen, Mosaiken, Fenster und Schmuck aus Glas. Auch sein weltbekanntes Schmuckunternehmen Tiffany & Co. profitiert von seinem edlen Design.

Die Fratelli Toso (seit 1854) sind die Gründer einer Glasmanufaktur auf der Insel Murano bei Venedig, wo sie auch heute noch Glaskunstwerke produzieren.

Antonio Salviati (1816–1890) war ursprünglich Rechtsanwalt. Seine Beteiligung an der Restaurierung von Mosaiken des Markusdoms in Venedig weckte seine Leidenschaft für Glasmosaiken. Bei diesen Prachtbildern wurden Gold- und Silberfolien in farbloses Glas eingeschmolzen. Das grösste seiner Werke sind die Kuppelmosaiken des Aachener Doms. Salviati hat für fast alle grossen Städte Europas Glasmosaiken angefertigt, darunter auch die Mosaiken der Siegesäule in Berlin. In Frankreich sind von ihm grosse Glasmosaik-Dekorationen in der Pariser Oper sowie in der Apsis des Pariser Panthéons und in der Kirche Notre-Dame in Marseille angebracht.

Der expressionistische Maler-Poet Marc Chagall (1887–1985) entwirft für den Chor der Mainzer Pfarrkirche St. Stephan und den Chor der Fraumünster-Kirche in Zürich einige wunderbare Glasfenster. Auch in Metz, Tromsø, Reims, Chichester, Kent und Sarrebourg verewigt Chagall seine brillanten Glasbilder. Seine sakralen Werke haben vordergründig biblischen Inhalt und sind von unvergleichbarer Farbenpracht.

### Zusatzdokumente

- <http://www.videoportal.sf.tv/video?id=0b251b5f-4be2-4d8b-9bf9-1b3f38991fc1>  
Bericht aus dem Jahr 1970 über die Kreation der Chagall-Fenster im Fraumünster Zürich