

Sicherheitsglas im Auto

Im modernen Kraftfahrzeugbau gibt es einen deutlichen Trend zum vermehrten Einsatz von Glasflächen am Auto: Weit hochgezogene Windschutzscheiben oder sogar komplette Panorama-Glasdächer ermöglichen den Insassen Aussichten fast wie in einem Cabrio.

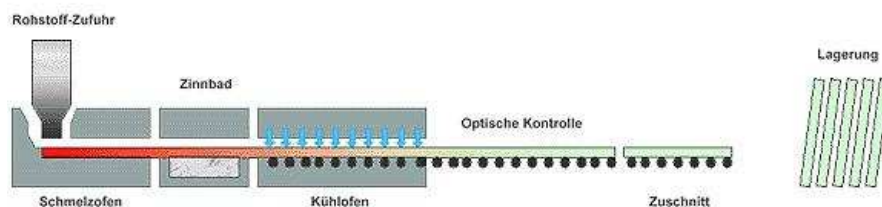
Entwicklung der Glasflächen im Vergleich:

1962	VW Käfer	1,5 m ²
1999	VW New Beetle	4,0 m ²
2004	Renault Espace	11,3 m ²

Die technisch hoch ausgereifte Entwicklung von Sicherheitsglas spielt bei diesem Trend eine bedeutende Rolle:

Glasherstellung

Das Schema zeigt die Floatglasherstellung von normalem Glas.



Unter dem folgenden Link findet sich eine Animation der Floatglas-Herstellung mit Erklärungen

<http://www.euroglas.com/unternehmen/produktion/float/cc.html>

Im Auto werden aus Sicherheitsgründen Einscheibensicherheitsglas und heutzutage verstärkt Verbundsicherheitsglas eingesetzt.

Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)

Einscheiben-Sicherheitsglas zerspringt nicht nur in feine bröselige Splitter, so dass die Verletzungsgefahr gering ist, es ist auch elastischer und deutlich widerstandsfähiger gegen Biegebelastungen, als normales Glas. Auf dem Bild sieht man, dass eine 4mm dicke ESG-Scheibe auch dem Gewicht eines Mannes standhält.



Glasherstellung

Die Animation zeigt die Herstellung von ESG.

Herstellung von ESG



Das **Einscheiben-Sicherheitsglas** wird zuerst nach dem Floatglasverfahren über flüssiges Zinn gegossen. Auf dem Weg über das Zinnbad kühlt die Glasschmelze auf 600 °C ab und wird anschließend in Kühlöfen über einen Rollentransport auf Zimmertemperatur gebracht und schließlich zugeschnitten.

Um aus dem so hergestellten Flachglas nun Einscheiben-Sicherheitsglas, auch vorgespanntes Glas genannt, herzustellen, werden die Flachgläser wieder auf über 600 °C erhitzt und anschließend sehr schnell abgeschreckt. Dadurch entstehen Spannungen im Glas, die dieses bei einem Aufprall schlagartig in kleine Glaskrümel zerspringen lassen, an denen man sich nicht verletzen kann. Als ESG noch für Auto-Frontscheiben verwendet wurde, hatte dies den Nachteil, dass auch die Sicht schlagartig trübe wurde.

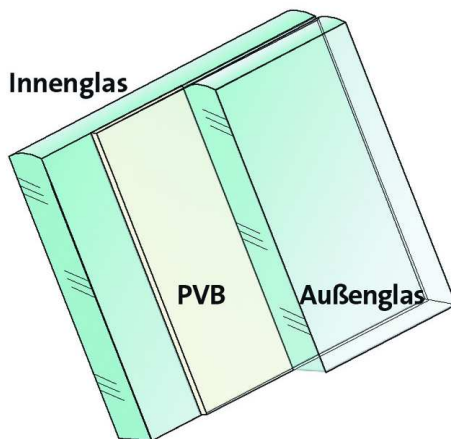
Verbundsicherheitsglas



Bei Anklicken des Hammers schlägt dieser auf die Scheibe. Du kannst auch mehrfach klicken. Was passiert?

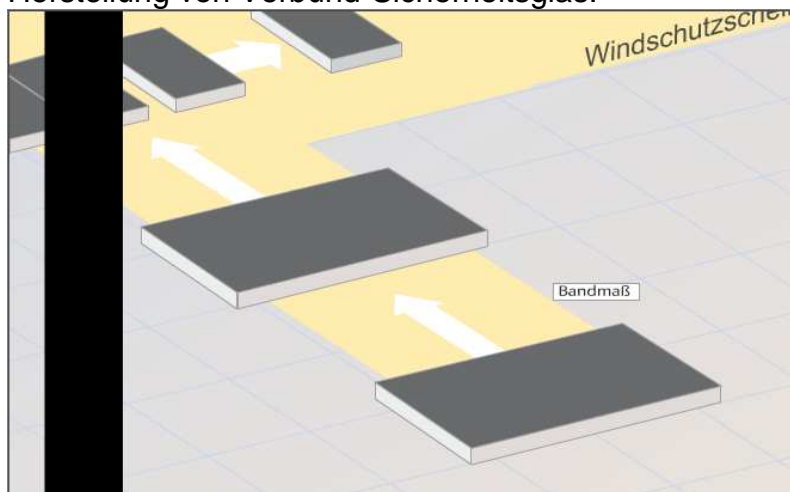
Verbundsicherheitsglas besteht aus zwei exakt gleich geformten $2,1\text{ mm}$ dicken Scheiben, die von einer $0,8\text{ mm}$ dicken Kunststoffschicht aus PVB (Polyvinylbutyral) zusammengehalten werden. Die feste und dabei dehnbare Kunststoffschicht verleiht dem Glas eine höhere Zähigkeit, die Bruchstruktur trübt die Scheibe nicht ein und die größeren Scherben bleiben an der Folie kleben und führen nicht zu Verletzungen.

Aufbau Verbundverglasung



Animation Verbundglasherstellung

Die folgende Animation zeigt sehr anschaulich die verschiedenen Schritte der Herstellung von Verbund-Sicherheitsglas.



Lösungen der Kopiervorlage zu Aufgabe 1:

- a. Zinn hat eine Schmelztemperatur von 232 °C und eine Siedetemperatur von 2270 °C . Da die Glasschmelze mit einer Ausgangstemperatur von 1100 °C auf das Zinnbad gleitet und es bei etwa 600 °C verfließt, muss das verwendete Metall in diesem Temperaturbereich flüssig sein, darf aber auch bei der Höchsttemperatur des Prozesses keinen hohen Dampfdruck entwickeln, der zu Unebenheiten in der Glasoberfläche führen würde.
- Die Dichte von Zinn ($7,14\text{g/cm}^3$) ist deutlich höher als die von Glas, deshalb schwimmt (floatet) das Glas auf der Zinnoberfläche.
 - Zinn reagiert nicht mit dem Glas.
 - Zinn hat ebenso wie Glas eine hohe Oberflächenspannung, deshalb bilden sie extrem glatte Oberflächen, die nicht nachbehandelt werden müssen.

- Zinn reagiert leicht mit Sauerstoff, daher muss der Prozess unter einer Schutzatmosphäre von Stickstoff ablaufen.
- b. Die zähflüssige Glasmasse wird mit sogenannten Toprollmaschinen, die mit Zacken ausgestattet sind und die Oberfläche der Masse berühren, nach außen gezogen, um dünneres Glas zu erzielen und nach innen, um dickeres Glas zu produzieren.
 - c. Einfüllen der festen Ausgangsstoffe für die Glasproduktion vermischt mit 20% Altglasscherben.
 1. Schmelzanlage: Schmelzen, Mischen und „Läutern“ (Austreiben von Gasblasen)
 2. Floatbad: Die Glasschmelze fließt auf die Zinnschmelze
 3. Steuerung: Sensoren prüfen die Dicke und Qualität des Glases
 4. Kühlung: Das endlose Glasband wird hier von 600 °C auf 60 °C langsam - um Spannungen im Glas zu vermeiden - abgekühlt.
 5. Schneideanlage

zu Aufgabe 2:

1. Zuschnitt --> Das Scheibenrechteck wird der Größe der herzustellenden WS angepasst
2. Modellschnitt --> Der Umriss der WS wird eingeschnitten
3. Reinigen / Trocknen
4. Siebdruck → Schwarzer oder grauer Druck auf den Rändern der Glasscheibe, um alle Mechanismen, Verklebungen etc. an der Glasscheibe zu überdecken.
5. Kontrolle
6. Zusammenlegen der Scheibenpaare
7. Erhitzen und Biegen der Scheibenpaare bei 600 °C
8. Einlage der Kunststoffolie zwischen die beiden Scheiben (manuell)
9. Kontrolle
10. Entlüftung und Vorverbund ---> durch die Entlüftung und die Vorpressung wird die Bildung von Luftblasen im Scheibenverbund verhindert
11. Aufbringen der Rückspiegelhalterung
12. In einem Autoklav (einem beheizten Druckbehälter) wird bei 140 °C und 12 bar der Kunststoff plastifiziert und die drei Schichten endgültig verbunden.
13. Kontrolle / Verpacken / Palettieren