

# sedak

sedak fact sheet

Anisotropien

sedak GmbH & Co. KG  
Einsteinring 1  
86368 Gersthofen  
Deutschland

Tel. +49 821 24 94 – 222  
Fax. +49 821 24 94 – 777

[info@sedak.com](mailto:info@sedak.com)  
[www.sedak.com](http://www.sedak.com)

## inhalt

1	Anisotropien – was ist das?	3
2	Entstehung	4
3	Einflussfaktoren	5
4	Know-how für Maschinentechnik	6
5	Qualitätskontrolle	6
6	Exkursion: Darum muss Glas vorgespannt werden	7

**Unregelmäßigkeiten im Glas, die unter bestimmten Lichtverhältnissen sichtbar sind und den Gesamteindruck einer Scheibe stören – Anisotropien –, entstehen beim Vorspannen von Glas. Je größer eine Scheibe ist, desto größer die Schwierigkeit, diesen Effekt in der Produktion zu minimieren. Nur mit ausgereifter Maschinenteknik und viel Erfahrung entstehen optimale Ergebnisse.**

Anisotropien in vorgespannten Gläsern lassen sich selbst mit moderner Anlagentechnik und Know-how nicht mit völliger Sicherheit verhindern. Dieses Factsheet erklärt das Entstehen dieser produktionsbedingten Irisationserscheinungen, wie sie wirken und wie sedak diesen Effekt minimiert.

## 1 Anisotropien – was ist das?

Glas ist optisch isotrop: Licht wird gleichmäßig durchgeleitet, die Brechzahl von Lichtstrahlen ist in jede Richtung identisch (von griechisch isos = gleich, tropos = Richtung, Drehung). Steht das Glas unter



Bild 1: Musterscheibe mit auffälligen optischen Verwerfungen (Anisotropien)

„berechtigten Mangel“ des Glases dar, werden aber oft als optische Fehler empfunden.

Spannung, bricht das Licht jedoch doppelt (Glas wird „an-isotrop“). Trifft dann ein polarisierter Lichtstrahl auf das Glas, bricht dieser ungleich und breitet sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit im Glas aus. Die Lichtwellen treten nicht mehr zeitgleich aus dem Glas aus. Diesen Effekt erkennt das Auge als Interferenzfarbe. Anisotropien sind also Irisationserscheinungen, die in durch Vorspannen wärmebehandelten Gläsern entstehen. Sie werden als regenbogenartige Flecken oder graue Streifen bei Tageslicht oder LED-Licht und unter einem bestimmten Blickwinkel sichtbar. Sie stellen keinen

## 2 Entstehung

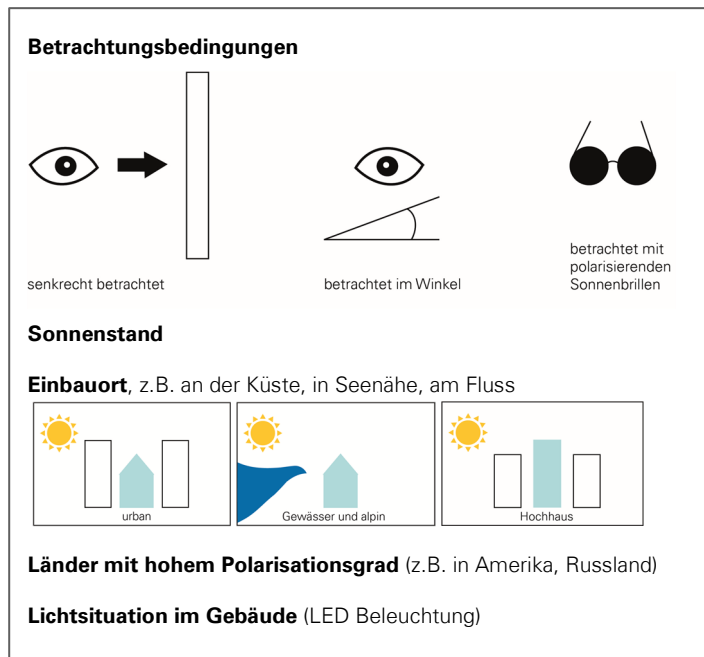
Beim Vorspannen wird Glas möglichst gleichmäßig von allen Seiten erhitzt. Völlig homogenes Erhitzen – und damit ein Verhindern von Anisotropien – ist produktionsbedingt nicht möglich: Ecken, Kanten und Bohrungen erwärmen etwas schneller und kühlen auch schneller wieder ab als das Glas in der Fläche. Trotz modernster Ofentechnik beim Aufheizen und beim Abkühlen lassen sich Spannungsunterschiede im Glas dennoch nicht komplett ausschließen.

Zwischenfazit: Da sehr viele Faktoren das Aufheizen und Abkühlen einer Scheibe beim Vorspannen beeinflussen, ist es produktionstechnisch nicht möglich, Spannungen in eine Scheibe völlig gleichmäßig einzubringen. Somit sind Anisotropien in vorgespanntem Glas produktionsbedingt zu erwarten.

## 3 Einflussfaktoren

### ...auf die optische Wahrnehmung

Lichtverhältnisse und Blickwinkel beeinflussen die Sichtbarkeit von Anisotropien. In einem flachen Blickwinkel erscheint der Effekt größer als bei senkrechter Betrachtung. Mit einer polarisierten Brille werden Anisotropien stärker wahrgenommen. Auch die Lage spielt eine Rolle: Je höher der Anteil an polarisiertem Tageslicht, desto höher die Wahrscheinlichkeit, dass Anisotropien sichtbar werden. Reflektierende Flächen wie Gewässer oder schneebedeckte Areale verstärken die Wahrnehmung von Anisotropien. Aufgrund ihrer exponierten Lage besteht bei Hochhäusern ebenfalls ein höheres Risiko, dass Anisotropien zu erkennen sind. Wetter und Sonnenstand haben ebenso ihren Effekt: Bei strahlend blauem Himmel und niedrigem Sonnenstand sind die Anteile an polarisiertem Licht am höchsten, Anisotropien daher schneller zu erkennen.



### ...des Glases

sind Scheibendicke, Glasaufbau, Lamina-tionsfolien und die Geometrie der Scheibe. Je dicker die Scheibe und je mehr Gläser in einem Laminat verbaut sind, desto stärker treten die Irisationserscheinungen auf. Bei Gläsern mit spitzen Winkeln, Bohrungen oder Ausfräsungen etc. steigt die Gefahr von Anisotropien, da bei solchen Geometrien die gleichmäßige Erwärmung und Abkühlung schwieriger ist als bei Gläsern in einem eher quadratischen Maß. Das bedeutet auch: Je größer ein Glas und je komplexer seine Form (also das Verhältnis von Ecken, Kanten und Durchbrüchen zur Fläche), desto schwieriger wird es, Anisotropien zu verhindern.

#### Einflussfaktoren:

- Glasstärke
- Basisglas z.B. Weißglas, durchfärbtes Glas
- Glasaufbau
- Geometrie der Gläser
- Gebogene Gläser
- Beschichtungen
- Bearbeitung, wie Ausschnitte und Lochbohrungen

### ...der Produktion

Aus dem bisherigen wird deutlich, welche Bedeutung den Anlagensteuern zukommt. Gerade bei über-großen Scheiben und Gläsern mit extremen Seitenverhältnissen erfordert das Vorspannen nicht nur sehr fein steuerbare Maschinen, sondern viel Fingerspitzengefühl. Mit jedem Meter Glas gestaltet sich der Vorspannprozess schwieriger, denn es gilt zu berücksichtigen, dass es nicht ausreicht, für eine konstante Temperatur im Ofen zu sorgen: Die Scheibe würde sich darin nicht gleichmäßig aufheizen, weil die Hitze unterschiedlich auf Kanten und Fläche wirkt. Besonders extreme Seitenverhältnisse, z.B.

bei Glasfins oder -beams, erfordern Know-how und viel Erfahrung, um optimale Optik und Qualität zu erreichen. Derartige Bauteile sind hohe Produktionskunst, denn die einzelnen Scheiben werden meist im Anschluss zu einem Glasverbund laminiert. Damit diese Gläser mit Seitenverhältnissen bis z.B. 1:84 möglichst anisotropiearm sind und zudem mit exakten Kanten deckungsgleich liegen, dürfen sie sich während des Vorspannes auch nicht verformen.

## 4 Know-how für Maschinenteknik

Zwar haben Anforderungen an die Brucheigenschaften und die mechanische Festigkeit Vorrang. Ist das Glas jedoch zum Beispiel aufgrund der Größe Blickfang eines Gebäudes, bekommt die optische Qualität mehr Gewicht. sedak setzt seine nahezu 15jährige Erfahrung im Vorspannen übergroßer Gläser auch bei der Entwicklung neuer Maschinen ein. Dazu zählen Vorspannöfen mit spezieller Heiztechnik, die Wärme sehr schnell und sehr exakt regulieren – angepasst auf die spezifischen Anforderungen der einzelnen Scheibe. Analog gilt dieser Anspruch für die Quench (Abkühlzone). So schafft sedak, mit modernster Technologie und langjähriger Erfahrung im Vorspannen von übergroßen Gläsern oder Gläsern mit extremen Seitenverhältnissen Anisotropien zu verringern.

## 5 Qualitätskontrollen

Die Produktnormen für Einscheibensicherheitsglas (ESG) und teilvorgespanntes Glas (TVG) schreiben für jede Glasart und -dicke eine kontinuierliche Überprüfung der Bruchspannungen vor. Eine zerstörungsfreie Methode ist der Einsatz eines Scanners. Diesen hat sedak in den Vorspannprozess integriert. Er erkennt auch Anisotropien und zeichnet diese auf. Ein Bildschirm stellt die Spannungsfelder optisch dar. So erhält der Anlagensteurer eine unmittelbare Rückmeldung über den Verlauf des Vorspannprozesses und weiß, ob er eingreifen muss.

## 6 Exkurs: Darum muss Glas vorgespannt werden

Da Floatglas für die meisten Anwendungen zu bruchanfällig ist, wird es in der Regel thermisch vorgespannt. Beim Vorspannen erhöht sich die Tragfähigkeit und das Bruchverhalten ändert sich. Dazu werden die Gläser zunächst im Vorspannofen auf über 600 Grad Celsius erhitzt und anschließend in der Quench wieder abgekühlt. Beim Abkühlen entstehen Spannungen im Glas, da die Glasoberfläche schneller abkühlt als der Kern. Je schneller das Glas abgekühlt wird, desto höher sind die Spannungsverhältnisse im Glas.

Teilvorgespanntes Glas (TVG) hat eine Biegezugspannung von  $70\text{N/mm}^2$  (nach EN 572) und mit 100K eine höhere Temperaturwechselbeständigkeit als Floatglas mit zirka 40K. Bricht TVG-Glas, entstehen radial um das Bruchzentrum Risse. Die Bruchstücke sind noch vergleichsweise groß. Je geringer die Spannungsverhältnisse im Glas, desto größer die Bruchstücke. Anwendung findet TVG im Laminat beispielsweise für Überkopfverglasungen oder für Verglasungen, die vor Absturz schützen.

Einscheibensicherheitsglas (ESG) hat eine Biegefestigkeit von  $120\text{N/mm}^2$  (nach DIN EN 12150) und eine Temperaturwechselbeständigkeit von 200K. Es ist somit stark belastbar. Bei Glasbruch zerfällt es in kleine, stumpfkantige Stücke. Dadurch ist die Verletzungsgefahr äußerst gering. Zum Einsatz kommt

ESG z.B. als Fassadenglas in Form von Verbundsicherheitsglas oder als Monoglas für Glastüren, Trenn- und Duschwände.

Durch Vorspannen erhält Glas also die Eigenschaften, die für den Einsatz am Bau zwingend notwendig sind. Es ist auf der anderen Seite für Anisotropien verantwortlich.

## **Quellen:**

<https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/bauelemente/was-ist-sicherheitsglas-einbruchschutz-verbund-sicherheitsglas-vsg-mehrscheiben-isolierglas-einscheiben-sicherheitsglas-esg-teilvorgespanntes-glas-tvg/>

[https://www.metallbau-magazin.de/artikel/mb\\_Vermeiden\\_von\\_Anisotropien\\_3128837.html](https://www.metallbau-magazin.de/artikel/mb_Vermeiden_von_Anisotropien_3128837.html)

Merkblatt FKG 01/2019, Fachverband Konstruktiver Glasbau e.V.

Glas im konstruktiven Ingenieurbau 15, Hochschule München, Tagungsband 2017

Eigene Daten / Erhebungen