



# ISOLAR<sup>®</sup> KOMPASS 03/17



## ANISOTROPIE AN GLASFASSADEN IST VERMEIDBAR.

Das Thema Anisotropie hat an Bedeutung in Spezifikationen von Gläsern für den Architekturbereich gewonnen. Obwohl sie gemäß den aktuellen Normen keinen Fehler darstellen, stören sich Architekten, Fassadenplaner und Bauherren an diesem sichtbaren Effekt, da er das optische Erscheinungsbild einer Glasfassade stark beeinträchtigt.

Diese Ausgabe des ISOLAR<sup>®</sup> Kompasses stellt die Problematik bei der visuellen Bewertung von Anisotropien dar und beschreibt ein objektives Messverfahren, das eine belastbare und für alle Beteiligten faire Bewertung von Gläsern hinsichtlich Anisotropien zulässt.



## WIE ENTSTEHEN ANISOTROPIEN?

Beim thermischen Vorspannen zu Einscheibensicherheitsglas (ESG) und teilvorgespanntem Glas (TVG) werden im Querschnitt eines Glases unterschiedliche Spannungen eingebracht. Diese Spannungen rufen Doppelbrechungen im Glas hervor. Eine Beleuchtung mit polarisiertem Licht kann diese Doppelbrechungen im Glas sichtbar machen. Während des Vorspannens erzeugte Doppelbrechungen werden als störende optische Effekte wahrgenommen, weil sie sowohl die Durchsicht durch das Glas als auch die Homogenität der Reflexion von Licht wesentlich beeinträchtigen können.

**Besonders häufig werden solche als Anisotropien bezeichneten Erscheinungen bei der Betrachtung von Glasfassaden in Reflexion unter einem Winkel beobachtet, der wesentlich von einem rechten Winkel abweicht. Die Bilder 1 bis 3 zeigen verschiedene Ausprägungen von Anisotropien an vorgespannten Gläsern.**



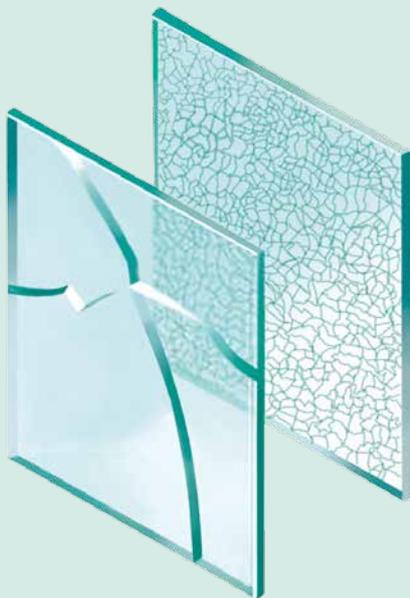
Anisotropieerscheinungen an unbeschichtetem ESG (Einfachglas) im Innenbereich



Anisotropieerscheinungen an beschichtetem ESG (Isolierglas) in der Blickrichtung von innen nach außen

## WARUM WERDEN ÜBERHAUPT THERMISCH VORGESPANNTE GLÄSER VERWENDET?

Thermisch vorgespannte Gläser werden von Architekten und Planern aufgrund einer Reihe von herausragenden Eigenschaften gegenüber unbehandelten Floatgläsern geschätzt. Die Wärmebehandlung beim Vorspannen führt zu Druckspannungen an den Oberflächen und deshalb zu einer wesentlichen Erhöhung der Biegezugfestigkeit der Scheiben. Das heißt: Thermisch vorgespanntes Glas hat eine viel höhere mechanische Bruchsicherheit als unbehandeltes Floatglas. Weiterhin weisen thermisch vorgespannte Glasscheiben eine erheblich bessere Beständigkeit gegen Temperaturdifferenzen ( $\Delta T$ ) in der Scheibenfläche auf. Wir sprechen von einer höheren Temperaturwechselbeständigkeit. Aufgrund der hinreichend hohen Vorspannung hat Einscheibensicherheitsglas (ESG) zusätzlich als eine erwünschte Eigenschaft ein besonderes Bruchverhalten. Bei (mechanischer) Beanspruchung über die Belastungsgrenzen hinaus zerfällt es in eine Vielzahl von kleinen Bruchstücken, die eine wesentlich geringere Verletzungsgefahr darstellen als grob brechende Floatglasscheiben oder teilvorgespannte Gläser (TVG). Erst daher kommt die Bezeichnung von ESG als Sicherheitsglas.



vorne: Bruchbild TVG

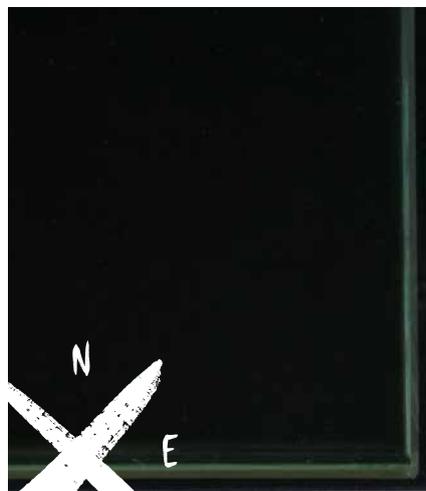
hinten: Bruchbild ESG

### VERGLEICH DER EIGENSCHAFTEN IN ZAHLEN

	Floatglas	TVG	ESG
<b>Norm</b>	EN 572-1	EN 1863-1	EN 12150-1
<b>Biegezugfestigkeit</b>	45 N/mm <sup>2</sup>	70 N/mm <sup>2</sup>	120 N/mm <sup>2</sup>
<b>Temperaturdifferenz <math>\Delta T_{\max}</math></b>	40 °C	100 °C	200 °C

## WAS IST POLARISIERTES LICHT UND WIE ENTSTEHT ES?

Unser Tageslicht besteht aus einem Gemisch von „Lichtwellen“ verschiedener Wellenlängen, die ungeordnet und mit Schwingungsebenen aller Ausrichtungen in alle Richtungen schwingen. Dieses Licht ist nicht polarisiert. Abweichend davon gibt es immer Streueffekte oder auch Reflexionen – z. B. an Oberflächen von Wasser oder Glas – die diesen „idealen“ Zustand stören. Je stärker dabei bestimmte Schwingungsebenen und Richtungen bevorzugt sind, desto höher ist die „Teilpolarisation“ des Lichtes. Deshalb sagt man auch: Polarisiertes Licht ist in normalem Tageslicht vorhanden. Der Anteil des polarisierten Lichtes ist unter anderem abhängig vom Wetter und vom Sonnenstand. Er verändert sich also ständig. Je höher die Polarisation des Tageslichtes, desto wahrscheinlicher ist die Sichtbarkeit von Anisotropien in vorgespanntem Glas. Eine größere Glasdicke und stärker reflektierende, z. B. beschichtete Glasoberflächen sind ebenfalls Umstände, die die Sichtbarkeit von Anisotropien in vorgespannten Gläsern beeinflussen können.



spannungsfreies Floatglas



ESG

### VERGLEICH

links: spannungsfreies Floatglas zwischen zwei Polarisationsfolien  
rechts: ESG zwischen zwei Polarisationsfolien

Spannungsfreies Floatglas erscheint zwischen zwei Polarisationsfolien dunkel – es tritt keine Doppelbrechung auf.

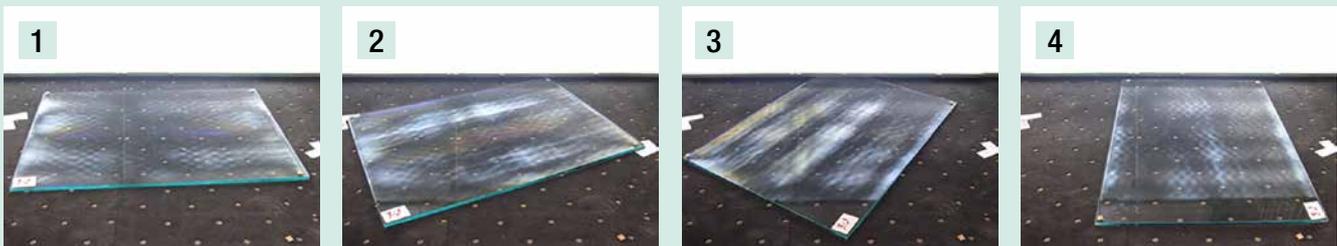
Ein vorgespanntes Einscheibensicherheitsglas erscheint zwischen den Filtern aufgrund von Doppelbrechung lokal mehr oder weniger stark aufgeleuchtet.

## DIE PROBLEMATIK BEI DER BEWERTUNG VON ANISOTROPIEN



Zwei Umstände sorgen wesentlich dafür, dass die Bewertung von Anisotropien ein nicht leichtes Unterfangen ist. Eine wichtige Rolle spielt zum einen die **Orientierung der Doppelbrechung** im vorgespannten Glas. Sie nimmt Einfluss auf die Sichtbarkeit von Anisotropien. Wie dies geschieht, zeigen die Bilder 1 bis 4.

### DOPPELBRECHUNG IM VORGESPANNTEN GLAS



Betrachtet man ein vorgespanntes Glas unter polarisiertem Licht unter einem festen Winkel, dann können Spannungsfelder sichtbar werden. Wenn eine solche Scheibe vor polarisiertem Licht gedreht wird, ohne den Betrachtungswinkel zu ändern, so ändert sich das Reflexionsbild kontinuierlich, wie auf den Bildern zu sehen.

Zum anderen hat der **Polarisationszustand des Tageslichtes** maßgeblichen Einfluss auf die Sichtbarkeit von Anisotropien. Ein Glas, das heute optisch einwandfrei erscheint, kann schon morgen bei anderen Lichtverhältnissen deutliche Doppelbrechungserscheinungen zeigen.

Die Frage ist, ob es trotz der veränderlichen Ursachen eine Möglichkeit zur visuellen Bewertung der Doppelbrechungserscheinungen gibt, die sicherstellt, dass – ein entsprechend hochwertiges Produktionsverfahren vorausgesetzt – auch bei ungünstigen Bedingungen keine Anisotropien sichtbar werden.



## DIE LÖSUNG

**Ja, die Möglichkeit gibt es:** Denn mit modernen Messverfahren können thermisch vorgespannte Gläser hinsichtlich der Anisotropie objektiv bewertet werden. Diese basieren auf der Messung des Betrages und der Orientierung der Spannungsdoppelbrechung mittels photoelastischer Methoden. Anhand dieser Eingangsgrößen wird dann ein sogenannter Isotropie-Wert errechnet. Dieser gibt an, welcher Flächenanteil eines Glases selbst unter denkbar schlechtesten Randbedingungen – wie z. B. höchste anzunehmende Lichtpolarisation – frei von optisch störenden Doppelbrechungserscheinungen ist.

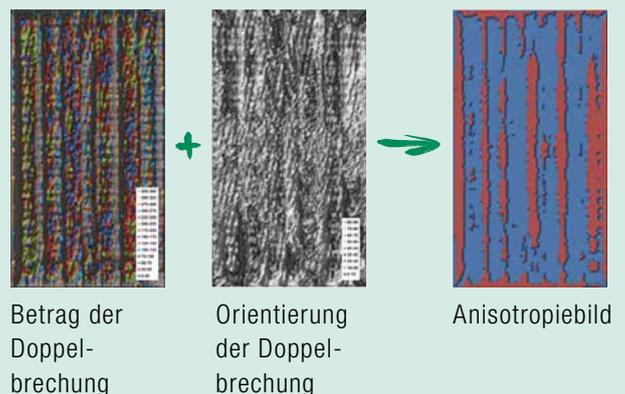
Am Markt verfügbare Qualitäten variieren mitunter sehr stark. Isotropie-Werte unter 85 % können als mittelmäßig bis unterdurchschnittlich eingestuft werden. Isotropie-Werte über 85 % zeugen von guter visueller Qualität. Gläser mit höchster optischer Qualität ohne störende Anisotropien sind bislang nur unter Verwendung optimierter Technologien und geeigneter Prozessführung beim thermischen Vorspannen realisierbar. Sie zeichnen sich durch exzellente Isotropie-Werte von  $\geq 95\%$  aus.

### Warum messen und nicht nur fotografieren?

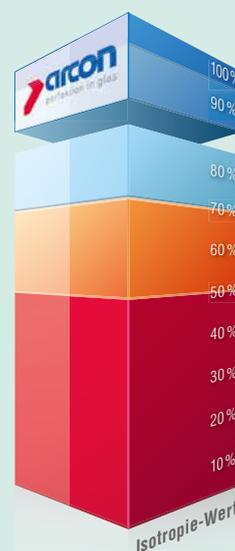
Anders als das hier beschriebene Messverfahren, welches auf der Messung von mechanischen Spannungen beruht, sind einfache Polfilternahmen mit anschließender Bildauswertung für die objektive Bewertung von Anisotropien in der Fassade nicht geeignet, da diese unzuverlässige Ergebnisse liefern.

Sie berücksichtigen weder die natürliche Polarisation des Lichtes noch die Orientierung der Doppelbrechung in den Glasscheiben in angemessener Weise. Darüber hinaus werden die Bildaufnahmen maßgeblich von der Transmission des Glases mit etwaigen Beschichtungen beeinflusst, was eine belastbare Vergleichbarkeit von Gläsern mit unterschiedlichen Beschichtungen respektive unterschiedlichen Lichtdurchlässigkeiten unmöglich macht.

### PRINZIP DER ISOTROPIE-WERT-BESTIMMUNG



### EINSTUFUNG DER QUALITÄTEN



**exzellent: 95–100%**  
beste optische Qualität  
**gut: 85–95%**

**mittelmäßig: 70–85%**  
marktübliche Qualität

**unterdurchschnittlich: 50–70%**  
wahrnehmbare Anisotropien

**unzumutbar: 0–50%**  
deutlich sichtbare Anisotropien

## FAZIT

Hinsichtlich der optischen Qualität von thermisch vorgespannten Gläsern ist das Messen und Kontrollieren von Anisotropien ein sinnvoller Schritt, um die Erwartungen von Architekten und Investoren auch jenseits bestehender Normen besser zu erfüllen. Mit der Entwicklung eines Messverfahrens und der Definition des Isotropie-Wertes wurde eine Möglichkeit geschaffen, die eine objektive und quantitative Bewertung von Anisotropien in Gläsern ermöglicht. Das Messverfahren stellt sowohl für Glasveredler als auch Anlagenbauer eine Chance dar. Es schafft die Grundlage für die Herstellung qualitativ hochwertiger vorgespannter Gläser, die zusätzlich „anisotropiearme“ Eigenschaften und damit auch eine höhere Wertigkeit haben.



## WIR BERATEN SIE GERN.

Die ISOLAR® GLAS Gruppe ist Ihr kompetenter Partner in Sachen Glas. Wir machen aus Ihren Wünschen klare Lösungen. Fragen Sie uns.

## IMPRESSUM

Der ISOLAR® Kompass ist ein Produkt der ISOLAR GLAS Beratung GmbH.

Verantwortliche Redakteure:  
Hermann Dehner, Dr. Klaus Huntebrinker

Der ISOLAR® Kompass behandelt Themen, die unsere Kunden und die Branche bewegen. Wenn Sie selbst Vorschläge für ein Thema haben, schreiben Sie uns an [kompass@isolar.de](mailto:kompass@isolar.de) oder kontaktieren Sie Ihren ISOLAR® Partner vor Ort.

Herausgeber:  
ISOLAR GLAS Beratung GmbH  
Auf der Mauer 13  
55481 Kirchberg  
Tel.: +49 (0) 6763 521  
[www.isolar.de](http://www.isolar.de)  
Geschäftsführer: Dr. Klaus Huntebrinker  
Vorsitzender des Aufsichtsrates:  
Hans-Joachim Arnold  
Ausgabe: 03/2017