

# MUSTER UND IRIDESZENZ

Handbuch über Anisotropieeffekte  
an Glasfassaden





# MAKELLOSE FASSADEN

## Wunsch und Wirklichkeit

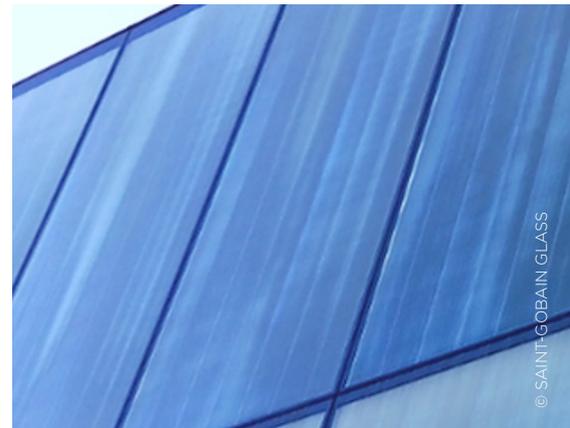
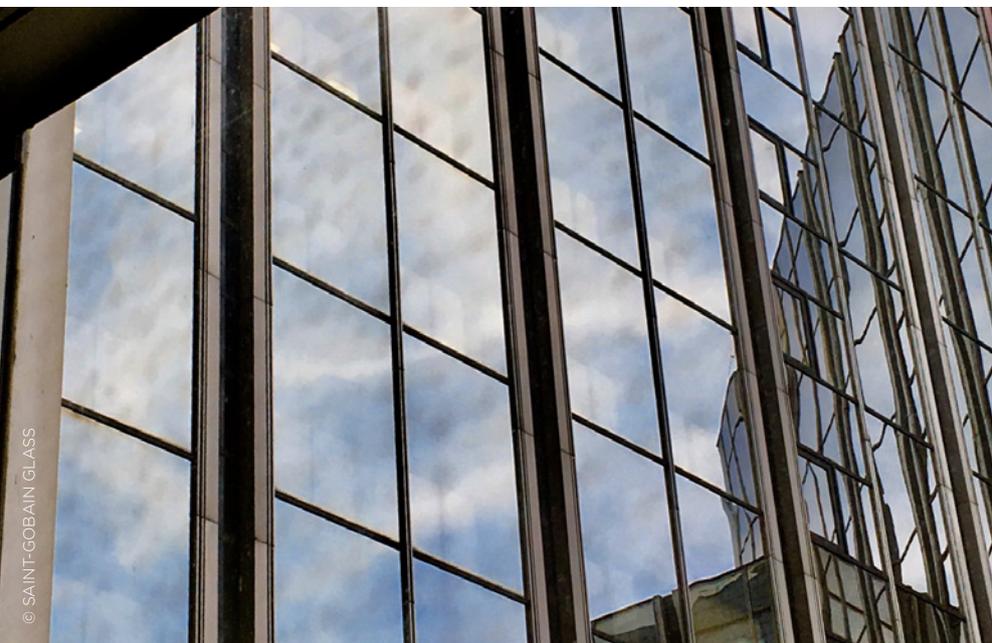
Sie verbinden Innen mit Außen, sorgen für Licht, Leichtigkeit und Prägnanz: Fassaden aus Glas. Die Verwendung von Glas zur Fassadengestaltung bietet schier unzählige Möglichkeiten, um ein architektonisches Statement zu setzen, Individualität zu beweisen und den gewagtesten Bauten zu ihrer extravaganen Form zu verhelfen.

Denn Glas – besonders thermisch behandeltes – erfüllt in einzigartiger Weise die Anforderungen, die Architektur heute an Fassaden stellt. Es ist nicht nur zeitlos und neutral, es bietet zudem zahlreiche Vorteile: Transparent und stabil in einem, bringt es Licht ins Innere, vermittelt Weite und Offenheit und sorgt für Schall-, Fall- oder Sonnenschutz. Aufgrund seiner Eigenschaft, formbar zu sein, dient es gleichfalls als konstruktives Element, das urbane Großbauten von optischer Leichtigkeit schafft und Gebäude mit ihrer Umgebung verschmelzen lässt.

Umso ärgerlicher, wenn störende Effekte auftreten, die das Design und die Ästhetik des Bauwerks relativieren: durch optische Verzerrungen, Muster und Irideszenzen an Glasfassaden.

Während Verzerrungen durch Verformungen und Unebenheiten des Glases während der Herstellung und Montage entstehen, ist Anisotropie das Resultat von charakteristischen, nicht ganz vermeidbaren Inhomogenitäten in vorgespanntem Glas. Da sie keinen Einfluss auf den Leistungswert des Glases haben, stellen sie bisher offiziell keinen Defekt dar, sondern gelten als unerwünschte Nebeneffekte des Vorspannverfahrens. Bedingt durch den Herstellungsprozess von thermisch behandeltem Glas können anisotrope Effekte nicht ganz verhindert, aber deutlich reduziert werden – wenn man es richtig macht. Und das ist gut, schließlich erfüllt Glas in der Fassade auch ästhetische Aufgaben.

Umso wichtiger ist es, die Ursachen der Anisotropie und ihre Auswirkungen zu verstehen, Bauherren und Architekten aufzuklären und Methoden zur Vermeidung dieser optischen Phänomene zu entwickeln.



**Optisch und ästhetisch ein Highlight, geben Fassaden aus thermisch vorgespannten Gläsern bislang immer wieder Grund zur Unzufriedenheit. Das Problem sind störende sichtbare Doppelbrechungserscheinungen – sogenannte Anisotropien. Anisotropien bezeichnen einen störenden Effekt bei Einscheibensicherheitsglas (ESG).**

# DER KERN DER SACHE

## Entstehung der Anisotropie

Gebäude optisch zu erweitern und sie mit der Umgebung verschmelzen zu lassen, funktioniert nur, wenn alle Glasscheiben über die Fassade hinweg makellos aussehen – und ungewollte Erscheinungen ausbleiben. Bei thermisch behandeltem Glas können allerdings unerwünschte optische Effekte – etwa helle oder dunkle Streifen und Flecken sowie regenbogenfarbige Irideszenzen auftreten, die das geplante Erscheinungsbild stören: je nach ihrer Intensität werden solche Anisotropieeffekte als graue Ringe, Streifen oder auch als Leopardenmuster wahrgenommen.

Die Glasverarbeitung und ihre Wechselwirkung mit dem Licht sind für anisotrope Effekte in Fassaden verantwortlich. Anisotropie ist immer dann wahrnehmbar, wenn polarisiertes Licht auf eine inhomogene Eigenspannung von thermisch behandeltem Glas trifft.

### Isotropie vs. Anisotropie:

Glas zählt in seiner flüssigen Form wie Wasser, Honig, Öl und Luft zu den isotropen Stoffen, deren physikalische Eigenschaften in allen Richtungen gleich sind. Im Gegensatz dazu ändern sich bei anisotropen Stoffen wie Holz, Metall, Schiefer, Zucker und Salz je nach Betrachtungswinkel bestimmte Charakteristika.

Durch äußere Einflüsse wie Druck oder Hitze wird auch Glas anisotrop – etwa beim Vorspannprozess, bei dem zahlreiche Faktoren die Homogenität des Glases beeinflussen.

### Irideszenz = Inhomogenität + polarisiertes Licht:

Die Ungleichmäßigkeit der Glasstruktur wirkt sich auf die Wechselwirkung mit dem Licht aus. Die Art und Weise, wie das Licht hindurchgeht, reflektiert und absorbiert wird, variiert in den verschiedenen Bereichen des Materials. Infolgedessen sehen wir manchmal die so genannte „Irideszenz“ von wärmebehandeltem Glas, wenn wir es unter natürlichem Licht betrachten.

### Das passiert nicht immer:

Die Lichtwellen des natürlichen Tageslichts schwingen in alle Richtungen. Wird es aber reflektiert oder gestreut –

etwa durch eine Wasseroberfläche – entsteht polarisiertes Licht: Die Wellen schwingen nur noch in eine Richtung und in einem bestimmten Winkel. Trifft Licht mit polarisierten Anteilen auf anisotropes Glas, kann es nur durch die Glasstruktur gelangen, wenn Schwingungsebene und Winkel passen – Effekte wie regenbogenartige Polarisationsflecken („Leopardenmuster“) sind zu sehen.

### Die Ursachen der Inhomogenität:

Diese optischen Phänomene sind das Ergebnis des Herstellungsprozesses von wärmebehandeltem Glas, das sich nicht gleichmäßig auf die Glasscheibe auswirkt.

Um die gewünschte Festigkeit zu erreichen, muss das Glas zunächst erhitzt und anschließend schnell abgekühlt werden. Dieser kontrollierte thermische Zyklus führt zu den für vorgespanntes Glas typischen mechanischen Restspannungen, die es robust machen und dafür sorgen, dass das Glas in kleine abgerundete Stücke zerbricht.

Die gleichmäßige Härtung des Glases entlang seiner Oberfläche ist jedoch aufgrund einer Vielzahl von Faktoren wie dem Abstand zwischen den Rollen, der Wärmeverteilung im Ofen, der Fließ- und Abkühlgeschwindigkeit des Glases und der Ausrichtung der Glasscheibe auf den Rollen schwierig: Druck und Spannung variieren über die Glasscheibe und von einer Scheibe zur anderen, was Anisotropieeffekte unterschiedlicher Intensität verursacht.

# DIE HINTERGRÜNDE

## Physikalische Grundlagen



### Wissenschaft von Licht und Doppelbrechung

Ende des 17. Jahrhunderts entdeckte der niederländische Physiker Christiaan Huygens, dass Licht eine Welle ist, die sich ausbreiten kann. Mehr als ein Jahrhundert später, um 1809, stellte Etienne Louis Malus, ein französischer Wissenschaftler, fest, dass Licht eine geometrische Komponente und damit verbundene „Pole“ hat, woraus sich später der Begriff „Polarisation“ ergeben sollte. Sir David Brewster, ein britischer Physiker, trug einige Jahre später mit seiner Erklärung der Doppelbrechung zur Vervollständigung dieser Arbeit bei und führte grundlegende Experimente über das photoelastische Phänomen durch, das mechanische Spannungen in einem Material mit seiner Doppelbrechung verbindet.

Doppelbrechung ist ein optisches Phänomen, das bei einigen Materialien wie Quarz auftritt. In diesen Materialien wird der Weg einer Lichtwelle je nach ihrer Polarisation in zwei Teile geteilt, wenn sie sich in diesen Materialien ausbreitet (ein Effekt, der Doppelbrechung genannt wird).

Quarz gehört zur Familie der Kristalle, die stark anisotrope Materialien sind. Doppelbrechung tritt auch bei wärmebehandeltem Glas auf, allerdings mit einer viel geringeren Intensität als bei Quarz: Die Doppelbrechung ist zu schwach, um Doppelbilder sichtbar zu machen.

Statt auf einer Ebene durch das Glas zu gehen, spalten sich die einzelnen Lichtstrahlen auf und breiten sich voneinander unabhängig unterschiedlich schnell aus. Die daraus resultierende optische Verzögerung verursacht die Irideszenz an der Fassade.

### Von der Lichtpolarisation bis zur Beobachtung von Fassaden

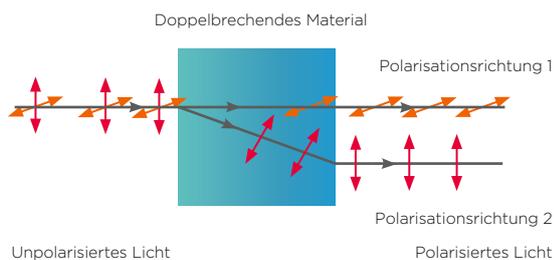
Der schottische Physiker James Clerk Maxwell begann in den 1860er Jahren mit der Veröffentlichung wissenschaftlicher Arbeiten, die einen ersten vollständigen Rahmen für die Erklärung von Licht als Welle bildeten. Licht kann seither als elektromagnetische Welle beschrieben werden. Es besteht aus einem elektrischen Feld  $E$  und einem magnetischen Feld  $B$ , die entlang einer beliebigen Richtung quer zur Lichtausbreitung schwingen können, wobei  $E$  und  $B$  in Richtungen zeigen, die senkrecht zueinander stehen.

Vereinbarungsgemäß wird die Polarisation des Lichts als die Richtung des elektrischen Feldes  $E$  definiert. Bei dem von der Sonne oder den meisten Glühbirnen ausgestrahlten Licht ist die Richtung des elektrischen Feldes jedes Bestandteils zufällig. Da keine bestimmte Richtung vorherrscht, wird das Licht daher als unpolarisiert bezeichnet.

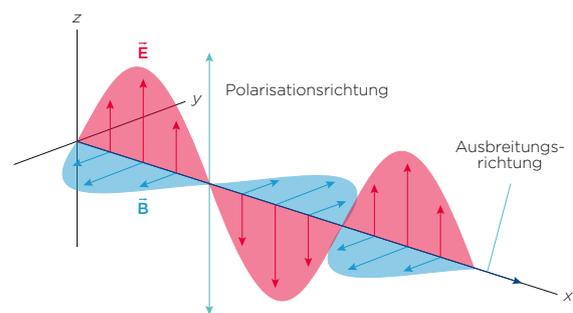
Unpolarisiertes Licht kann jedoch durch Wechselwirkung mit den Molekülen unserer Atmosphäre (Rayleigh-Streuung) oder durch Reflexion an nichtleitenden (dielektrischen) Oberflächen wie Glas, Wasser oder Kunststoff polarisiert werden.

Das ist der Grund, warum regenbogenartige Polarisationflecken besser sichtbar sind, wenn sich die Fassade in der Nähe eines Gewässers (See, Meer...) oder anderer Gebäude befindet. Der Grad der Polarisierung, von unpolarisiert bis vollständig polarisiert, hängt stark von der Sonnenrichtung und dem Einfallswinkel auf reflektierende Oberflächen ab. Wenn ein polarisiertes Licht ein diffuses Medium wie strukturiertes Glas oder Wolken durchdringt, wird es wieder unpolarisiert. Aus diesem Grund sind Anisotropieeffekte in Glas besser zu erkennen, wenn der Himmel blau ist.

Der Betrachtungswinkel ist entscheidend für die Erkennung sogenannter „Leopardenmuster“. Die maximale Sichtbarkeit dieser Spuren wird erreicht, wenn man die Fassade im Brewster-Winkel betrachtet, der einer bestimmten Position und Entfernung entspricht. Da wärmebehandeltes Glas die Polarisation des Lichts verändert, sind die Muster noch besser sichtbar, wenn Sie eine polarisierte Sonnenbrille tragen!



**Doppelbrechung: Polarisation des Lichts beim Durchgang durch ein doppelbrechendes Material**



**Die Polarisation des Lichts wird durch die Schwingungsrichtung des elektrischen Feldes der Lichtwelle definiert**

# ABHÄNGIGKEITEN DER ANISOTROPIE

## Eine Frage der Gegebenheiten

Ob und in welchem Ausmaß Anisotropieeffekte auf wärmebehandeltem Glas sichtbar sind, hängt nicht nur von den physikalischen Eigenschaften des Glases ab, sondern auch - und das ist noch wichtiger - von den Beobachtungsbedingungen: der Umgebung, dem Wetter oder der Tageszeit, dem Standort des Gebäudes, seiner Höhe, der Umgebung oder dem Inneren des Gebäudes, aber auch vom Betrachter selbst und seinem Blickwinkel. All diese Faktoren bestimmen die Form und die Intensität der Anisotropieeffekte an der Fassade. Diese Komplexität ist der Grund, warum es schwierig ist, Anisotropieeffekte effektiv und zuverlässig zu quantifizieren.

### Tageszeit und Wetter

Je nach Stärke der Sonnenstrahlung und Sonnenstand verändert sich die Menge polarisierten Lichts - und dadurch die Wahrnehmbarkeit der Anisotropie.



### Umgebung und Hintergrund

Befindet sich in unmittelbarer Umgebung der Glasfassade Wasser, Schnee oder eine andere reflektierende Oberfläche, erhöht sich der Polarisationsgrad des Lichts und damit auch der Grad der Anisotropie. Darüber hinaus spielt der Hintergrund der Glasfassade eine wichtige Rolle: So kann ein heller Innenraum die anisotropen Effekte überstrahlen, während sie bei einem dunklen Hintergrund deutlicher zutage treten. Das ist besonders in der Bauphase zu beachten, weil die Wahrnehmung der Effekte bei einem leeren Gebäude wesentlich von der Wirkung eines komplett eingerichteten Baus abweichen kann.



### Betrachtungswinkel

Abhängig davon, wie der Betrachter auf die Fassade schaut - senkrecht oder in einem bestimmten Winkel - treten anisotrope Erscheinungen unterschiedlich stark auf.



### Beschichtung und Glasaufbau

Bei Aufbauten mit mehreren vorgespannten Scheiben interagieren die anisotropen Effekte der jeweiligen Scheiben miteinander, wodurch sie sich verstärken oder minimieren können. Das gilt auch für die Beschichtungen, deren Beschaffenheit die Transmissions- und Reflexionsgrade des Glases beeinflussen.



### Individuelle Wahrnehmung

Nicht zuletzt hängt die Wahrnehmung anisotroper Effekte vom Betrachter selbst ab. Neben seiner Körpergröße, die den Betrachtungswinkel beeinflusst, können etwa polarisierte Brillengläser die Wahrscheinlichkeit deutlich erhöhen.



### Gebäudehöhe und Standort

Bedingt durch Lage oder Höhe bekommt ein Gebäude entsprechend viel Sonne ab, wodurch Anisotropie deutlicher auffällt.



Die Wahrnehmung von Anisotropie, so viel steht fest, ist von vielen teils subjektiven Faktoren abhängig: Dasselbe Glas kann je nach Betrachtungsumständen hoch anisotrop oder vollkommen homogen erscheinen. Deshalb ist es ausgesprochen schwer, Anisotropie seriös und belastbar zu quantifizieren.



# OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN

## Hand in Hand zum Erfolg

Thermisch behandeltes Glas ist unumgänglich für moderne Glasfassaden – doch damit auch die Anisotropie, die im Material begründet ist. Ein einheitliches, zufriedenstellendes Fassadenbild ist dennoch umsetzbar, indem Gebäudeplaner – Architekten, Designer, Bauherren und Ingenieure – eng mit Glasherstellern und Glasverarbeitern zusammenarbeiten.

Wenn alle am Projekt Beteiligten die physikalischen Zusammenhänge und ihren Einfluss auf die Ausprägung der anisotropen Effekte kennen, können bereits in der Planung geeignete Maßnahmen zu ihrer Minimierung getroffen werden: Parameter, die zu einem gewissen Grad beeinflussbar sind – Gebäudedesign, Glasaufbau sowie Form und Größe der einzelnen Gläser –, lassen sich mit Blick auf die Standortgegebenheiten auswählen und falls notwendig beim Mock-up anpassen. Darüber hinaus ist es von Vorteil, zusätzliche qualitätssichernde Abstimmungstreffen beim Hersteller sowie am geplanten Standort bereits in der Planungsphase durchzuführen.

Durch stete Optimierungen im Produktions- und Verarbeitungsprozess können Glashersteller und Glasverarbeiter gemeinsam dazu beitragen, Anisotropieeffekte zu reduzieren und ihre Messbarkeit zu verbessern. Hierzu zählt die Steuerung des Vorspannprozesses genauso wie die Verwendung und richtige Bedienung des Anisotropie-Scanners und das Auswerten der gewonnenen Messergebnisse.

### Fassadengestaltung

Architekten & Designer/Berater & Planer

- Bewertung der entwurfsbedingten Risiken
- Kriterien und Normen



### Produktangebot

Glashersteller

- Unempfindliche Beschichtungen
- Leicht zu verarbeitende Produkte



### Thermische Behandlung

Glasverarbeiter

- Technische Fertigkeiten
- Überwachungs-Tools (Scanner)
- Anisotropiegeprüfte Verglasung



### Produktionskonsistenz

Glasverarbeiter

- Qualitätsvereinbarungen für Projekte (Mock-ups)
- Quantifizierungsverfahren
- Qualitätskontrollberichte der Produktion
- Reproduzierbare objektive Ergebnisse auf Mock-ups, die mit der beobachteten Intensität der Anisotropieeffekte übereinstimmen



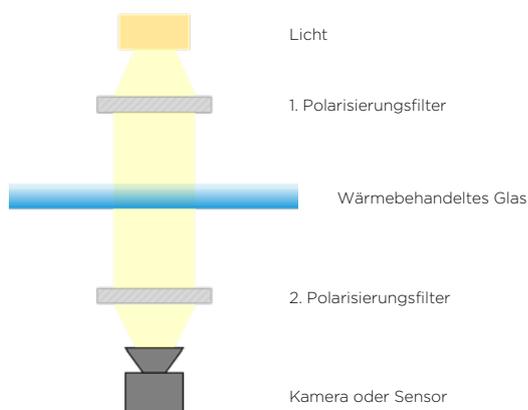
# QUANTIFIZIERUNG DER ANISOTROPIE

## Massgeschneiderte Qualität

Um unnötige Anisotropieeffekte in der Glasfassade zu vermeiden, muss der Grad der Anisotropie jeder einzelnen Scheibe beurteilt werden. Früher war dies ein zeitaufwändiger manueller Prozess; in den letzten Jahren wurden mehr und mehr spezielle Inspektionssysteme an den Vorspannlinien installiert.

### Was messen Anisotropieinspektionssysteme?

Diese Inspektionssysteme (Scanner) messen in Transmission den Grad der Anisotropie in einzelnen Scheiben aus wärmebehandeltem Glas. Genauer gesagt, sie quantifizieren die Verzögerung zwischen den beiden fast ununterscheidbaren Wegen, die das Licht im wärmebehandelten Glas aufgrund der leichten Doppelbrechung des Materials nimmt. Diese Verzögerung wird als optische Retardierung bezeichnet und in nm (Nanometer = Milliardstel Meter) gemessen. Diese Messung erfolgt, indem man polarisiertes Licht durch das Glas schickt und die Polarisation des Ausgangslichts mit Hilfe von Kameras oder Sensoren analysiert.



#### Methode zur Quantifizierung der Anisotropie, die in aktuellen kommerziellen Inspektionssystemen eingesetzt wird

Diese Scanner geben die vollständige Karte der optischen Verzögerung von Glas aus und berechnen einfachere abgeleitete Kriterien, die Glasverarbeitern bei der Optimierung der Vorspannqualität helfen können.

### Auf dem Weg zu einem universellen Messsystem?

Im Rahmen einer gemeinsamen Studie auf Normungsebene arbeitet SAINT-GOBAIN GLASS mit anderen Marktteilnehmern an der Entwicklung einer quantitativen Messmethode, die aussagekräftige Ergebnisse liefert.

Im Jahr 2021 wurde eine ASTM-Norm<sup>1</sup> zur Messmethode veröffentlicht. Damit wird offiziell bestätigt, dass die Industrie eine reproduzierbare und genaue Methode zur Messung der Anisotropie in monolithischem Glas entwickelt hat. Heute entsprechen viele handelsübliche Scanner, die am Ausgang der Härteöfen installiert sind, bereits dieser Norm. Dies war ein wichtiger Schritt zur Quantifizierung der Anisotropie in einer Weise, die von allen akzeptiert werden kann. Die ASTM-Norm dient jedoch nur dazu, eine Messmethode vorzuschlagen, und nicht dazu, eine Spezifikation zu erstellen.

Im Jahr 2022 wurde ein deutsches Spezifikationsdokument (DIN 18919) veröffentlicht, um Qualitätsklassen zu definieren, die weiterhin für monolithische unbeschichtete Glasscheiben gelten und auf den von den Inspektionssystemen durchgeführten Messungen basieren.

Derzeitige Anisotropie-Prüfsysteme qualifizieren monolithische - unbeschichtete wie beschichtete - Glasscheiben nach der Wärmebehandlung und liefern Informationen über die Verzögerungskarte des Glases. Die tatsächliche Sichtbarkeit oder Wahrnehmung der anisotropen Effekte an der Fassade hängt nicht nur von der Höhe der vom Scanner gemessenen optischen Verzögerung ab, sondern auch von den optischen Eigenschaften des gemessenen Glases. So kann beispielsweise eine Beschichtung die Sichtbarkeit anisotroper Effekte verringern oder verstärken. Außerdem kann das Vorhandensein von mehreren Glasscheiben, die möglicherweise beschichtet sind, die tatsächliche Sichtbarkeit der Anisotropie in der endgültigen Isolierglaseinheit beeinflussen.

### Ein neues Qualitätskriterium für beschichtetes Glas

SAINT-GOBAIN GLASS hat daran gearbeitet, die richtigen Produkte für den Markt bereitzustellen. Dank seiner Kenntnisse über Glasbeschichtungen wurde eine neue Methode zur eindeutigen Charakterisierung ihrer Auswirkungen auf die Sichtbarkeit von Polarisierungsflecken entwickelt. Der Parameter  $\sigma$ QM (sigma-QM) ist die Lösung von SAINT-GOBAIN GLASS zur Quantifizierung der Auswirkungen von Beschichtungen auf die wahrgenommene Anisotropiequalität<sup>2</sup>.

Die  $\sigma$ QM berücksichtigt die Art und Weise, wie das Licht mit dem beschichteten Glas interagiert, einschließlich der

<sup>1</sup> ASTM C1901-21e2, Standardtestverfahren zur Messung der optischen Verzögerung von flachem Architekturglas <https://www.astm.org/c1901-21e02.html>  
<sup>2</sup> Empfindlichkeit der Beschichtungen gegenüber den Polarisierungsflecken <https://www.glassonweb.com/article/coatings-sensitivityquench-marks>

interferometrischen Effekte, die innerhalb der Beschichtung auftreten. Er wird unter Berücksichtigung der Beleuchtungsbedingungen berechnet, die die Sichtbarkeit von Anisotropieeffekten am stärksten fördern (siehe Abhängigkeiten der Anisotropie).

Die  $\sigma_{QM}$  ist ein Indikator für die Verschiebung zwischen der nominellen Farbe eines beschichteten Glases und der tatsächlich wahrgenommenen Farbe bei Vorhandensein von Polarisierungsflecken auf dem beschichteten Glas. Durch die Kombination des  $\sigma_{QM}$  mit den Ergebnissen der Anisotropie-Scanner hat SAINT-GOBAIN GLASS ein neues Qualitätskriterium für monolithisch beschichtetes Glas nach der Wärmebehandlung. Dieser „Monoscore“ wurde für die Integration in industrielle Anisotropie-Scanner entwickelt und ermöglicht es den Verarbeitern, beschichtete Gläser nach ihrer vollen Anisotropiequalität direkt nach dem Vorspannen auszuwählen.

### Sichtbarkeit der Anisotropie Auswirkungen auf das Endprodukt

Auch wenn die Sichtbarkeit anisotroper Effekte in den endgültigen Isolierglaseinheiten von der Quantifizierung

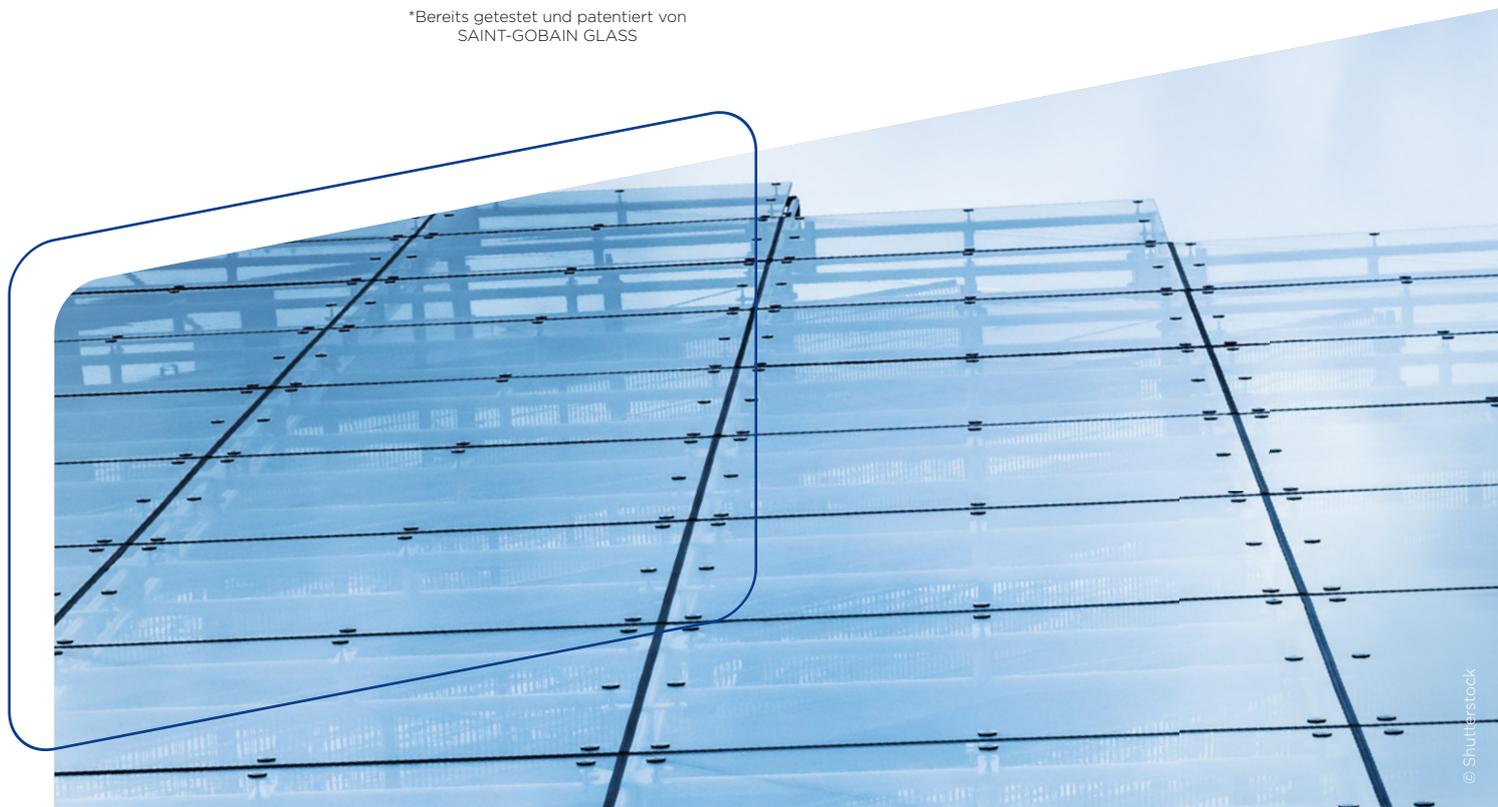
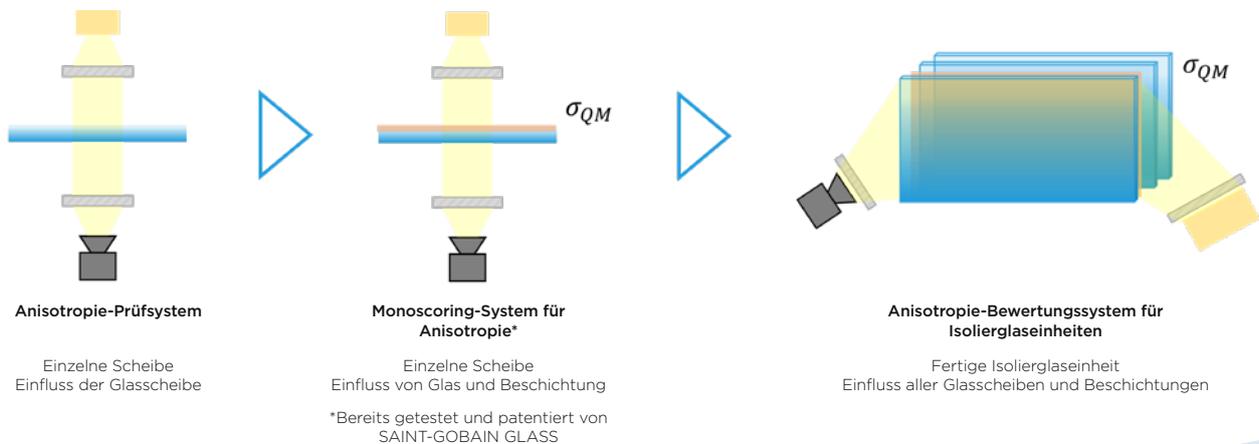
der Anisotropie jeder einzelnen Glasscheibe abhängt, muss die tatsächliche Auswirkung jedes einzelnen Glases noch bestimmt werden.

In Zukunft müssten Inspektionssysteme die Anisotropiequalität von Endprodukten wie beispielsweise Isolierglaseinheiten bewerten. Eine „Anisotropie-Bewertung für Isolierglaseinheiten“ würde vorhersagen, wie sichtbar die Polarisierungsflecken sein werden, sobald die Verglasungseinheit in der Zielfassade installiert ist, unabhängig von der Zusammensetzung der Isolierglaseinheit. Ein solches Bewertungssystem würde alle Elemente einer Isolierglaseinheit berücksichtigen: die verschiedenen Basisgläser, aber auch die aufgetragenen Beschichtungen.

Dies würde es ermöglichen, die Ungewissheit über die Anisotropie beim Kauf von Isolierglaseinheiten für ein Fassadenprojekt zu beseitigen. Es wäre nicht nur möglich, im Voraus die wahrgenommene Qualität der eingebauten Verglasung zu kennen, sondern auch die für die anspruchsvollsten Projekte erforderliche Anisotropie-Qualitätsklasse zu definieren.

Diese Qualitätsklassen für Isolierglaseinheiten würden die einwandfreie Ästhetik der Gebäudefassade bei jedem Wetter, an jedem Ort und über lange Zeit hinweg garantieren.

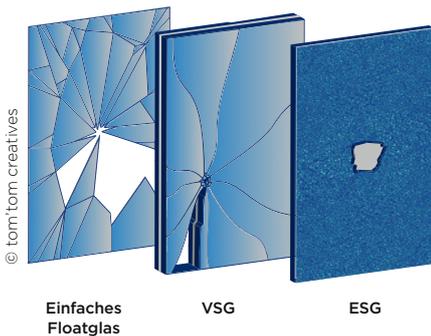
#### Ausblick auf die Entwicklung der Methode zur Quantifizierung der Anisotropie und der Prüfsysteme



# WÄRMEBEHANDELTES GLAS: EINE FRAGE DER SICHERHEIT!

Manchmal muss es einfach mehr sein

Glasfassaden müssen einiges leisten: Neben dem makellosen Erscheinungsbild sind hohe Ansprüche an Sicherheit zu erfüllen, extreme Temperaturschwankungen und Windlasten zu trotzen sowie wechselnde Witterungen auszuhalten.



Um diesen Anforderungen zu genügen und um Schäden sowie Verletzungen zu vermeiden, ist die Wahl des geeigneten Glases ausschlaggebend.

Klassisches Flachglas bietet zwar den Vorteil des einwandfreien Fassadenbildes, doch könnten Sturm, Hagelschlag oder ein unglücklicher Aufprall dazu führen, dass es zu Bruch geht und in scharfkantige Scherben zersplittert. Thermisch behandeltes Glas dagegen

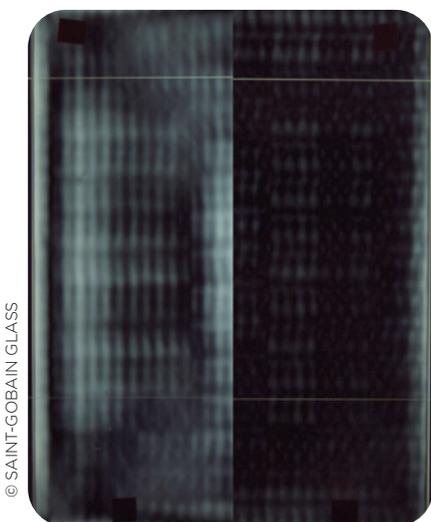
ist deutlich widerstandsfähiger. Seine inhärente Eigenspannung macht es stabiler und damit widerstandsfähiger gegenüber thermischem Bruch und mechanischen Belastungen. Im Fall der Fälle entstehen kleine, krümelige Scherben mit geringer Verletzungsgefahr. Eine Verwendung an hohen Gebäuden ist dadurch ebenso möglich wie gebogene Fassaden, Struktur- und Doppelfassaden, emailliertes Glas und Verkleidungen für Blendmauerwerk.

## EASYPRO®

Holen Sie das Beste raus

Ästhetik und Qualität bei architektonischen Projekten sind das, was Designer und Kunden verlangen. In dieser Hinsicht ist die Handhabung von beschichtetem Glas von der Beschichtung über die Verarbeitungsschritte bis hin zum Endprodukt ein heißes Thema, wobei das Ziel darin besteht, Fehler zu reduzieren und gleichzeitig die höchste Qualität des Glases in einem makellosen und unberührten Zustand zu erhalten.

SAINT-GOBAIN GLASS hat daher eine einzigartige Innovation namens EASYPRO® entwickelt. Diese temporäre Schicht hilft nicht nur, beschichtetes Glas vor Kratzern und Beschädigungen zu schützen, sondern erweist sich auch als Verbündeter bei der Reduzierung optischer Mängel, indem sie die Verarbeitung von wärmebehandeltem Glas erleichtert.



Ohne EASYPRO®

Mit EASYPRO®

EASYPRO® wird auf das vorzuspannende beschichtete Glas aufgebracht und bietet einen wirksamen Schutz gegen mechanische Beschädigung und Alterung von der Aufbringung der Beschichtung bis zum Vorspannen. Während des Vorspannens verbrennt EASYPRO® einfach, ohne Rückstände innerhalb oder außerhalb des Ofens zu hinterlassen oder ohne negative Auswirkungen auf die Umwelt oder die persönliche Gesundheit und Sicherheit.

EASYPRO® trägt zu einer besseren Verteilung der Wärme über das Glas bei. Dies vereinfacht den Vorspannprozess von beschichtetem Glas, das die Wärme im Ofen reflektiert. Am Ende der Erwärmungsphase ist das beschichtete Glas thermisch ho-

mogener, was zur Minimierung der Anisotropie führt.

### Kompromisslos

Wenn die Produktivität bei steigenden Qualitätsanforderungen sinkt - zum Beispiel, weil mehr Zeit benötigt wird, um das Glas in der geforderten Qualität zu bearbeiten - kann EASYPRO® helfen, nicht zwischen der Qualität des gehärteten Glases und der Produktivität wählen zu müssen.

EASYPRO® trägt dazu bei, die Zykluszeiten für das Vorspannen um bis zu 20 % zu reduzieren (abhängig vom Typ des Anlassofens). Gleichzeitig lässt sich das Glas dank der Schutzschicht länger lagern.

# TECHNISCHER TEIL: VORSPANNFÄHIGKEITEN



## Eine Frage der Technik

Homogenität ist der wichtigste Faktor zur Verringerung der Anisotropie, sowohl während der Aufheiz- als auch der Abkühlphase. Die Bedingungen müssen in der gesamten Produktionslinie jederzeit konstant sein, was eine kontinuierliche Kontrolle und ununterbrochene Überwachung unabdingbar macht.

Mehrere Faktoren beeinflussen die Wärmeverteilung im Anlassofen: Wärmeübertragung, Reflexion und Luftzirkulation. All diese Parameter müssen optimal gesteuert werden, um beispielsweise sicherzustellen, dass die Temperatur der Transportrollen nicht von der der Heizstäbe abweicht.

Um eine möglichst gleiche Temperatur über das gesamte Glas zu erhalten, sind folgende Aspekte beim Vorspannprozess zu berücksichtigen:

- Konvektion
- Temperatur der Heizelemente mit effizienter Regelung
- Zeit im Ofen
- Oszillationsgeschwindigkeit im Ofen

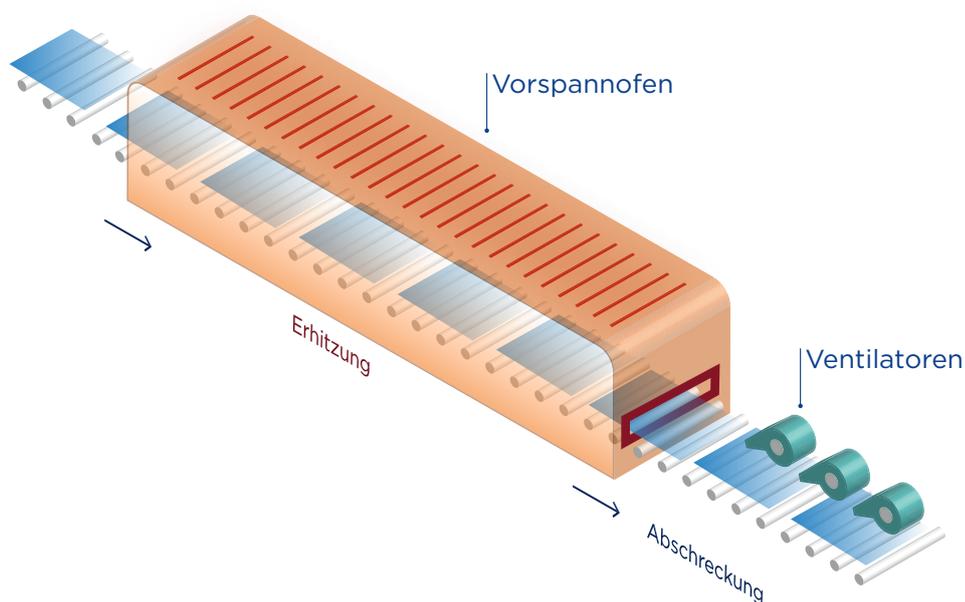
Die anschließende Abkühlung des Glases geschieht ebenfalls hauptsächlich durch Konvektionsgebläse und Transportgeschwindigkeit. Wie im Vorspannofen ist auch

hier das Ziel, eine möglichst einheitliche Kühlung über das gesamte Glas zu erreichen. Ausschlaggebende Faktoren sind:

- Auslegung und Verteilung der Gebläse
- Druck der Abkühlung
- Oszillationsgeschwindigkeit im Kühlbereich
- Wartung der Rollen und Gebläse

Nur wenn in der Heiz- und der Abkühlphase die jeweiligen Parameter ständig kontrolliert, gemessen und bei Bedarf angepasst werden, entsteht Glas mit kaum wahrnehmbaren anisotropen Effekten. Ein Scanner am Ende der Produktionslinie ist dabei der wesentliche Schlüsselfaktor für die Qualitätskontrolle. Er sollte in der Regel gut auf das Emissionsvermögen des Produkts abgestimmt sein, um die Homogenität der Erwärmung ordnungsgemäß überwachen zu können.

Ein weltweites Netz von SAINT-GOBAIN GLASS-Support-Technikern (TSM) kann Glasverarbeitern helfen, ihre Vorspannqualität zu verbessern. Eine gute Wartung des Ofens ist der Schlüssel, um das Auftreten von Anisotropieeffekten zu verringern.



**CLIMA+SECURIT®**  
Die Flachglas-Experten

**C/O SAINT-GOBAIN  
GLASS DEUTSCHLAND GmbH**

Nikolausstraße 1  
D-52222 Stolberg  
glassinfo.de@saint-gobain.com  
www.climaplus-securit.com

FOLGEN SIE UNS AUF

