

# Inline-Messung von Anisotropien

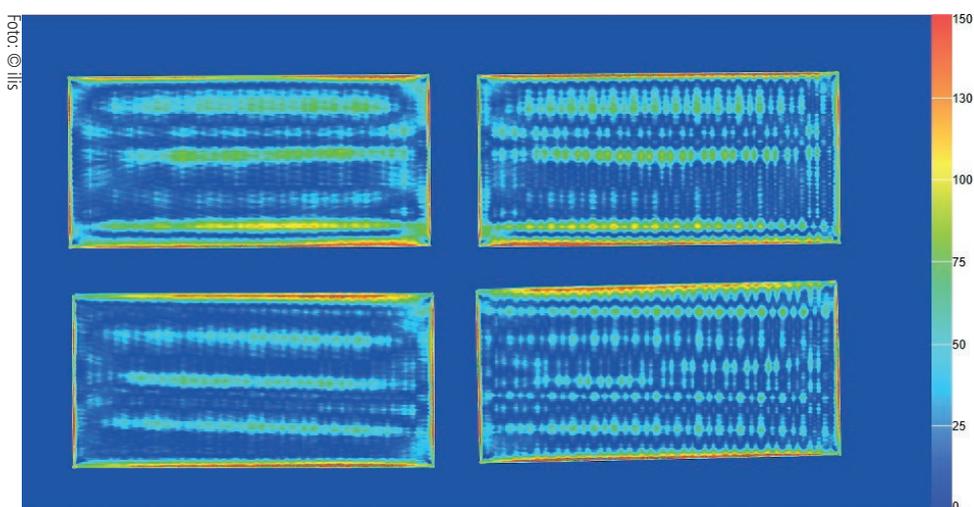
Von Gregor Saur

Eine objektive und reproduzierbare Messung der Spannungsverteilung in Betrag und Richtung ist Voraussetzung für eine verlässliche Vorhersage von Anisotropieeffekten bei schlechtesten Tageslichtbedingungen. Das macht der StrainScanner möglich, der Irisationen in Architekturglas direkt im Produktionsprozess misst. Neben dem Vorteil der objektiven Dokumentation aller Messergebnisse ermöglichen die 100 Prozent-Prüfung und die automatische Auswertung eine Optimierung und verbesserte Regelung des Produktionsprozesses.

Polarisiertes Licht ändert beim Durchgang durch ein doppelbrechendes Medium seine Eigenschaften. Während viele kristalline Materialien von sich aus doppelbrechend sind, zeigen amorphe Materialien wie z. B. Glas dieses Verhalten erst bei Vorhandensein von mechanischen Spannungen. Man spricht dann von Spannungsdoppelbrechung. Als Maß für die Spannungsdoppelbrechung wird im Allgemeinen der optische Gangunterschied verwendet.

Die Bestimmung der Spannungsdoppelbrechung erfolgt klassisch im Polariskop-Aufbau: Das Messobjekt wird zwischen zwei gekreuzte Polarisationsfilter gebracht und mit einer monochromatischen Lichtquelle beleuchtet. Der Hintergrund erscheint dunkel, da der zweite Polarisationsfilter, Analysator genannt, quer zur Durchlassrichtung des ersten Filters steht und damit das durchgelassene Licht blockiert. Spannungen im Messobjekt führen über den Effekt der Doppelbrechung zu einer Änderung des Polarisationswinkels und dadurch zu einer Aufhellung verspannter Bereiche, die proportional zu den zugrundeliegenden Spannungen ist. Die Quantifizierung des optischen Gangunterschiedes erfolgt dann über eine einfache Intensitätsauswertung.

Die Intensität ist allerdings auch von anderen Faktoren als den Spannungen abhängig, insbesondere von der Helligkeit der Lichtquelle und von der Transmission des Messobjekts, die wiederum von der Dicke, Färbung und gegebenenfalls von Beschichtungen beeinflusst wird. Die Intensitätsauswertung muss daher für jedes Produkt aufwendig kalibriert werden.



Die Spannungsverteilung wird in Echtzeit gemessen und als Falschfarbenbild dargestellt.

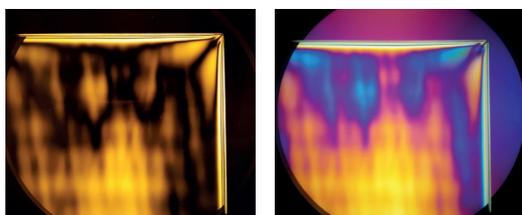
Bei Verwendung einer Weißlichtquelle kann mit einem zusätzlichen optischen Element (Rot 1. Ordnung) zwischen Messobjekt und Analysator ein Farbbild erzeugt werden. Die verschiedenen Interferenzfarben entsprechen dabei verschiedenen Spannungszuständen. Die Bestimmung des optischen Gangunterschiedes erfolgt dann mit Hilfe von Farbtabelle. Beschichtungen, Färbungen und der Einfluss der Lichtquelle können auch hier das Messergebnis verfälschen.

Die Abhängigkeit von Beleuchtung und Eigenschaften des Messobjekts kann vermieden werden, indem der Analysator drehbar angeordnet wird. Einen solchen Aufbau nennt man Polarimeter. Zur Messung wird derjenige Drehwinkel des Analysators bestimmt, an dem die Intensität am betrachteten Messpunkt minimal ist. Der gesuchte

optische Gangunterschied ist zu dem gemessenen Winkel direkt proportional und lässt sich leicht aus diesem berechnen.

## Automatische und kontinuierliche Messung

Durch Verwendung einer polarisationsauflösenden Spezialkamera lässt sich die zeitaufwändige und mechanisch anfällige Rotation des Analysators vermeiden. Die im StrainScanner der Firma ilis (Erlangen) verwendete StrainCam berechnet den optischen Gangunterschied für jedes Pixel ohne bewegliche Bauteile und liefert in Echtzeit zusätzlich zum Grauwertbild ein hochauflösendes Spannungsbild des Messobjekts. Somit liefert der StrainScanner ein kontinuierlich aktualisiertes Livebild der Messobjekte, deren Spannungsverteilung in Falschfarbendarstellung visualisiert wird, ähnlich wie man es von Wärmebildern kennt. Einzelne Messobjekte werden im Livebild automatisch erkannt. Befinden sich mehrere Messobjekte gleichzeitig im Bild, werden diese segmentiert und können getrennt ausgewertet und gespeichert werden. Auf



Bei Verwendung von gekreuzten Polfiltern (linkes Bild) zeigen sich im Polariskopbild einer vorgespannten Scheibe Aufhellungen in Bereichen mit Restspannungen. Bei Verwendung von Weißlicht (rechtes Bild) entsteht durch Interferenzeffekte ein farbiges Bild.

diese Weise können spannungsoptische Effekte dem vorangegangenen Produktionsprozess zugeordnet werden.

Die Auswertung der Messobjekte kann in Zonen frei definierbarer Größe unterteilt werden. Eine gängige Einteilung ist die in Haupt-, Rand- und Falzzone gemäß der Hadamar-Richtlinie. Dadurch ist es möglich, in der Fassade nicht sichtbare Bereiche von der Bewertung auszunehmen.

Die Visualisierung der Anisotropien und Spannungen können automatisch gespeichert werden. Zudem ermöglicht eine Schnittstelle die Zuordnung aller Ergebnisse zu Datensätzen aus einer Betriebsdatenerfassung.

## Anisotropien in Flachglas



Typische Anisotropie-Erscheinungen in Architekturglas. Die mittlere Scheibe im Bild wurde in einem optimiertem Vorspannprozess hergestellt und zeigt keine störenden optischen Effekte.

Eine wichtige Anwendung des StrainScanners ist die objektive Messung und Bewertung von optischen Anisotropien in thermisch vorgespanntem Architekturglas. Diese entstehen durch Unregelmäßigkeiten im Vorspannprozess und machen sich bei Beleuchtung mit teilpolarisiertem Tageslicht als unerwünschte Flecken oder Streifen bemerkbar. Die Messwerte (Betrag und Orientierung

Foto: © arcon



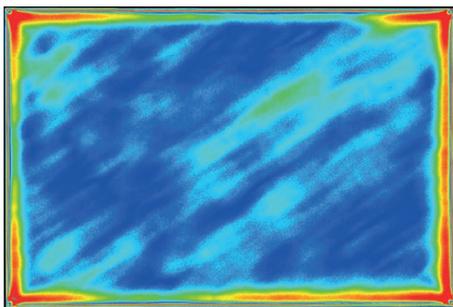
In Kooperation mit arcon entstand in Feuchtwangen der erste Inline-StrainScanner zur objektiven und kontinuierlichen Messung der Vorspannqualität von Einscheibensicherheitsglas.

der Spannungen) dienen als Eingangsgrößen für die von arcon entwickelte Isotropiewert-Berechnung sowie für die Anisotropie-Simulation. Der Isotropiewert ist der Flächenanteil der Scheibe, der auch unter ungünstigsten Beleuchtungsbedingungen frei von störenden Anisotropieeffekten ist. Bei der Anisotropiesimulation handelt es sich um eine intuitive Visualisierung der störenden Effekte auf der Scheibe. Andere Messverfahren bestimmen die Überlagerung der Irisationen aus allen Betrachtungswinkeln (Winkel der Lichteinfallsebene in Bezug zur Scheibe). Allerdings tritt diese Situation an der Fassade nie auf. Der StrainScanner ermöglicht die Bestimmung der Anisotropien in Abhängigkeit des Betrachtungswinkels. Dadurch ist es möglich, real auftretende Verteilungen von Anisotro-

pie-Erscheinungen zu bestimmen und die Qualität des Fassadenglases anhand dieser zu beurteilen.

## Zusammenfassung

Die unmittelbare Darstellung der Homogenität der Vorspannung der Scheiben ermöglicht ein kontinuierliches Optimieren des Vorspannprozesses. Das macht ein vollautomatisches Messsystem wie der StrainScanner möglich, mit dem Betrag und Orientierung der Spannungen direkt im Prozess gemessen werden können. Die Vorhersage von Anisotropieeffekten unter verschiedenen Beleuchtungssituationen machen ein solches Messsystem einzigartig und ersetzen aufwendige, selektive und stationäre Messverfahren.



Die Anisotropie-Simulation visualisiert auf Grundlage des gemessenen vektoriiellen Spannungsbildes einer Glasscheibe (links) unerwünschte Anisotropie-Effekte unter ungünstigsten Beleuchtungsbedingungen (rechts).

Fotos (2): © ilis



Gregor Saur ist Applikationsspezialist bei der ilis gmbh und Experte für Anisotropien in Glas.