

# Schlierenspannungen und Analyse der Homogenität

IGR Institut für Glas- und Rohstofftechnologie GmbH Rudolf-Wissell-Straße 28a, 37079 Göttingen

Zur Ermittlung der Schlierenspannung (cord stress) eines Glases gibt es diverse Möglichkeiten, die teilweise bereits seit über hundert Jahren im Einsatz sind. Nur, weiß der Anwender was er tut? Und noch viel wichtiger: Sind die Systeme untereinander vergleichbar? Oder doch eher von den auswertenden Personen abhängig? Das IGR hat hierfür eine Lösung entwickelt, die unabhängig von Personen ist und eine Homogenität errechnet statt beurteilt. Für Glasproduzenten ist die Ermittlung von Spannungen und Spannungsunterschieden im Glas enorm wichtig, da diese einen maßgeblichen Einfluss auf die Glasstabilität besitzen und somit als wichtiges Qualitätskriterium gelten. Viele Brauereien fordern daher von ihren Glaslieferanten eine Untersuchung von sogar jedem Tropfen auf mögliche Schlierenspannungen.

Schlieren innerhalb eines Glases entsprechen Inhomogenitäten in der Zusammensetzung verglichen mit dem umgebenen Glas. Diese Inhomogenitäten sorgen auf Grund ihrer unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten bei der Abkühlung für Spannungen innerhalb des Glases, welche die Glasstabilität herabsetzen können. Die IGR – Institut für Glas- und Rohstofftechnologie GmbH bietet daher seit vielen Jahren Spannungsuntersuchungen an. Hierbei wird eine Schlierenbeurteilung unter dem Mikroskop mittels polarisiertem Licht durchgeführt.

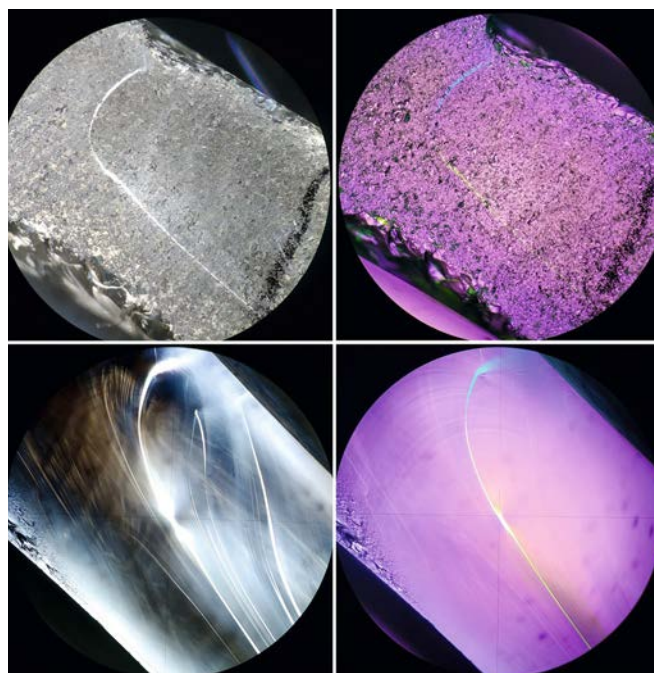


Abb. 2: Unterschied zwischen gesägten (oben) und mit Heizdraht gesprengten Proben (unten)

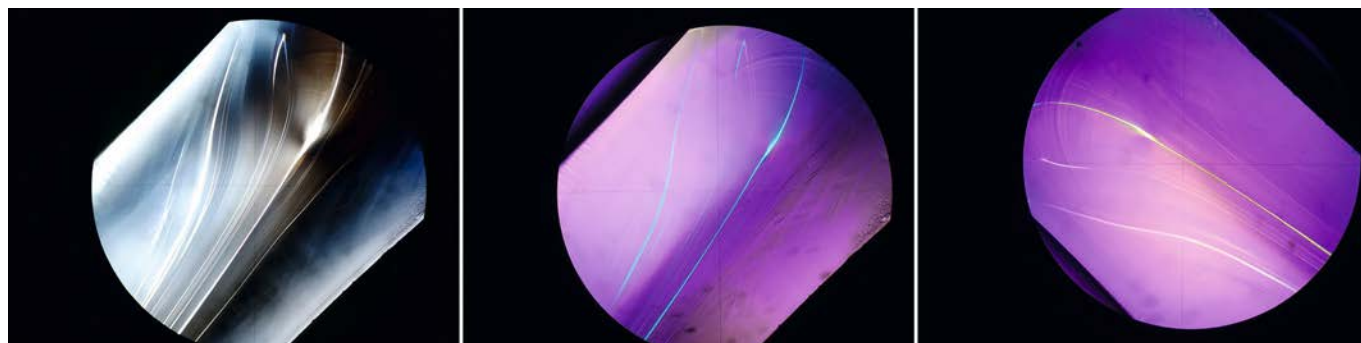


Abb. 1: Schlieren unter polarisiertem Licht (links) und zusätzlich mit Kompensator Rot 1. Ordnung (Mitte in NO-Richtung und rechts in NW-Richtung)

## Optimierte Methodik – reproduzierbare Berechnung statt visueller Beurteilung

Hierzu wurde die Beurteilung im europäischen Raum bisher überwiegend in Noten von 4 bis 8 und im südamerikanischen sowie asiatischen Raum nach einem System von A bis E nach Hartford Empire analog zu der ASTM C 978 ausgegeben. Im nord- und südamerikanischen Raum und zunehmend auch im europäischen Raum wird die Beurteilung der Spannung jedoch häufig in Pfund pro Quadratzoll („psi“) gefordert.

Die IGR – Institut für Glas- und Rohstofftechnologie GmbH ist nun mit ihrer neuen Technologie in der Lage, die Spannung zu vermessen und auf Kundenwunsch auch als berechneten lagebezogenen Stress-Index [psi] auszugeben. Auch die Beurteilung des Systems von A bis E wurde mit dieser neuen Technik optimiert.

Schlieren sind aufgrund ihrer Doppelbrechung bereits unter ausschließlich polarisiertem Licht sichtbar (Abb. 1). Durch die in das Mikroskop eingebauten Polarisatoren wird das Licht, welches senkrecht durch die Probe strahlt ausgelöscht, während das durch Inhomogenitäten gebeugte Licht sichtbar bleibt. Ist die Beugung hinreichend stark erscheint das Licht in verschiedensten Farben. In der Praxis ist die Beugung jedoch deutlich zu gering, weshalb die Schlieren weiß erscheinen. Um sie genauer analysieren zu können, wird daher ein Kompensator verwendet, wie der Kompensator Rot 1. Ordnung, der die Lichtfarbe in einen besser differenzierbaren Bereich verschiebt (Abb. 1).

Bei der Schlierenanalyse ist bereits die Präparation der Ringschnitte entscheidend, da es speziell durch die Herstellungsmethode und die Dicke derselben zu unterschiedlichen Messergebnissen kommen kann. Das Sägen mittels Diamantscheibe oder Sprengen mittels Heizdraht zur Herstellung der Ringschnitte führt schon optisch zu einem Unterschied (Abb. 2). Hierbei ist zu sehen, dass die Schlieren bei der gebrochenen Probe deutlich besser

erkennbar sind. Außerdem führt das Sprengen nicht zu Ausbruch an den Rändern, weshalb Schlieren, welche näher an den Oberflächen verlaufen, besser erkennbar sind und es nicht zu verfälschten Interferenzfarben an den Ausbrüchen kommt (Abb. 2 rechts oben, grüne Bereiche an den Rändern). Dieser Unterschied zwischen den Präparationsmethoden führt dazu, dass Unternehmen für die Analyse ihrer Proben zunehmend ein Sprengen mittels Heizdraht verlangen.

Das Sprengen der Proben hat unter den bisherigen Präparationsbedingungen allerdings den Nachteil, dass die Dicke nicht einheitlich für den gesamten Ringschnitt ist und daher für Beurteilungen in verschiedenen Bereichen der Probe mehrfach vermessen werden muss.

Untersuchungen zeigten, dass ein Dickenunterschied zwar einen Versatz der Interferenzfarben der Schlieren bedeutet, aber als solches erst einmal nicht zu einem Ergebnisunterschied führt.

Bei den Untersuchungen mit Notenvergabe von 4 bis 8 (bzw. nach dem alten System von A bis E) durch die IGR – Institut für Glas- und Rohstofftechnologie GmbH werden die Schlieren unter einem Stereomikroskop mit Hilfe eines Kompensators Rot 1. Ordnung beurteilt. Entscheidend ist hierbei die Zugspannung, die in der Regel für Brüche verantwortlich ist. Druckspannung verursacht diese erst ab sehr hohen Werten von über 2000 psi. Unter Rot 1. Ordnung erscheint Zugspannung die in NO-Richtung (parallel zum  $\gamma$  des Kompensators) liegt, meist bläulich und in NW-Richtung meist rötlich (Abb. 3).

## Fortsetzung: Schlierenspannungen und Analyse der Homogenität

	Zugspannung bis zu 600 psi	Zugspannung 600-1000 psi	Zugspannung 1000-1500 psi	Zugspannung 1500-2000 psi	Zugspannung über 2000 psi
<b>Weißglas</b>					
	blau	blau/grün	grün	grün/gelb	gelb/orange/rot
<b>Braunglas</b>					
	violett	grün	grün/gelb	gelb	gelb
<b>Grünglas</b>					

Abb. 3: Abschätzung der Zugspannung anhand der Interferenzfarben in NO-Richtung

Eine sehr oberflächliche Schätzung der Spannung in psi während dieser Untersuchungen ist bereits über die Interferenzfarben möglich. Zur Ermittlung exakter Werte nutzt die IGR – Institut für Glas- und Rohstofftechnologie GmbH einen Berek-Kompensator, bei welchem es sich um einen Kippkompensator handelt. Dieser lässt sich durch das Interferenzspektrum kippen und kann so eine Auslöschung der Schlieren in polarisiertem Licht erzeugen, vorausgesetzt die Schlieren sind senkrecht zum Kompensator (NW-Richtung) ausgerichtet.

Die Kippung ist auf ein Zehntel genau ablesbar, wonach die Brechungen dann über eine Tabelle abgelesen werden können und anschließend in die Einheit psi umgerechnet werden. Dieser Prozess ist bei der IGR – Institut für Glas- und Rohstofftechnologie GmbH mittels EDV weitgehend automatisiert. Die Einteilung von A bis E nach der Ringschnittsammlung der Hartford Empire Company erfolgt nun ebenfalls über diese errechneten Werte.

Auf dem Markt existieren noch andere Technologien, welche Schlieren (halb-) automatisiert elektronisch vermessen. Abgleiche mit diesen anderen Technologien zeigten jedoch, dass nur durch die Mikroskopie mit einem sehr gut kalibrierten Polarisationsmikroskop mit echten Pol-Okkularen derart exakte Resultate zu erzielen sind.

Die IGR – Institut für Glas- und Rohstofftechnologie GmbH bietet ihren weltweiten Kunden neben diesen Untersuchungen der Schlierenspannungen auf Wunsch auch Schulungen des eigenen Personals an. Diese Schulungen reichen von der Auswahl der Technik bis hin zur Auswertung der Messwerte.