



Scherben bringen

Glasschäden und Rissbilder

Vortrag zum Seminar des Fachverbandes Wohn-Wintergarten

Freitag, 28.04.2006 Berlin

Ekkehard Wagner

In der Windstube 6

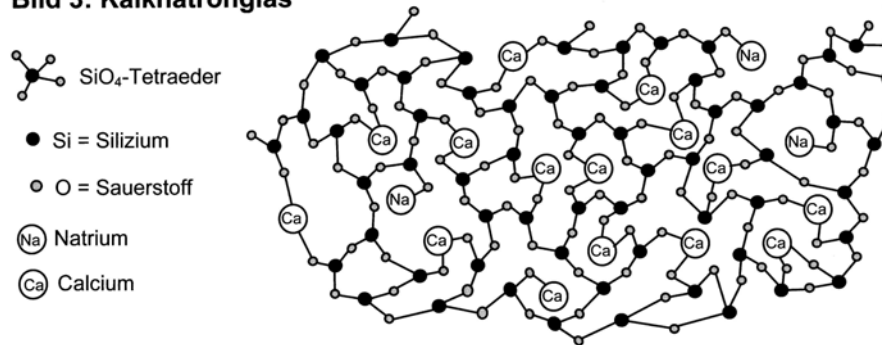
90584 Allersberg

Was ist Glas ?



Glas ist ein geschmolzenes Gemenge verschiedener Rohstoffe mit Quarzsand als dem wichtigsten Bestandteil.

Bild 3: Kalknatronglas



Die vierten Valenzen des Si ragen jeweils nach oben oder unten aus der Zeichnungsebene heraus, da eine einfache und übersichtliche Darstellung nur zweidimensional möglich ist.

Im **physikalischen Sinne** ist Glas - einfach ausgedrückt - eine eingefrorene, unterkühlte (feste) Flüssigkeit mit extrem hoher Viskosität und somit ein Körper mit amorpher Struktur (nicht kristallin) .

Glasgemenge vor der Schmelze

Quarzsand	58,6 %
Soda	17,5 %
Kalkstein / Kalkspat	10,4 %
Dolomit	10,0 %
Sulfat	3,5 %

Floatglas DIN EN 572-1

Siliziumdioxid	72,8 %
Natriumoxid	13,8 %
Kalziumoxid	8,6 %
Magnesiumoxid	3,6 %
Aluminiumoxid	0,7 %
Eisenoxid	0,09 %



Die Eigenschaften von Glas



Tabelle 2: Eigenschaften von Glas

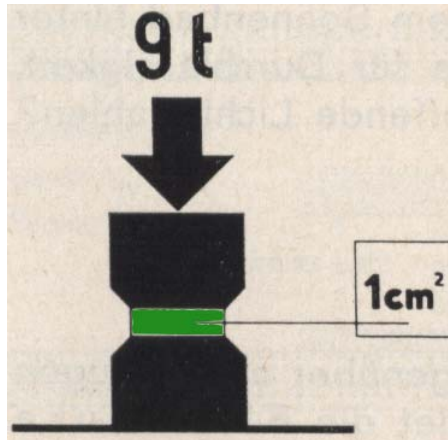
Eigenschaft	Maßeinheit	Floatglas	TVG	ESG
Spezifische Dichte	g/cm ³	2,5	2,5	2,5
Brechungsindex		1,52	1,52	1,52
Poisson-Zahl μ		0,23	0,23	0,23
Biegefestigkeit (Messwert)	N/mm ²	ca. 100	ca. 120	ca. 150
Druckfestigkeit	N/mm ²	700 - 900	700 - 900	700 - 900
Elastizitätsmodul	N/mm ²	$7,3 \cdot 10^4$	$7,3 \cdot 10^4$	$7,3 \cdot 10^4$
Ritzhärte	nach Mohs	5-6	5-6	5-6
Linearer Längenausdehnungskoeffizient (bei -20 - +200 °C) α	K ⁻¹	$9,0 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-6}$
Wärmeleitfähigkeitskoeffizient	W/mK	0,8	0,8	0,8
Maximale Gebrauchstemperatur kurzzeitig	°C	120	200	250
Maximale Gebrauchstemperatur dauerhaft	°C	80	120	200
Lichttransmissionsgrad für 4 mm Dicke		0,87	0,87	0,87
Gesamtenergietransmissionsgrad für 4 mm Dicke		0,80	0,80	0,80
Schallgeschwindigkeit	m/s	5000	5000	5000
Bearbeitung nach Herstellung		ja	nein	nein
Spontanbruch möglich		nein	nein	ja

Floatglas



Druckfestigkeit

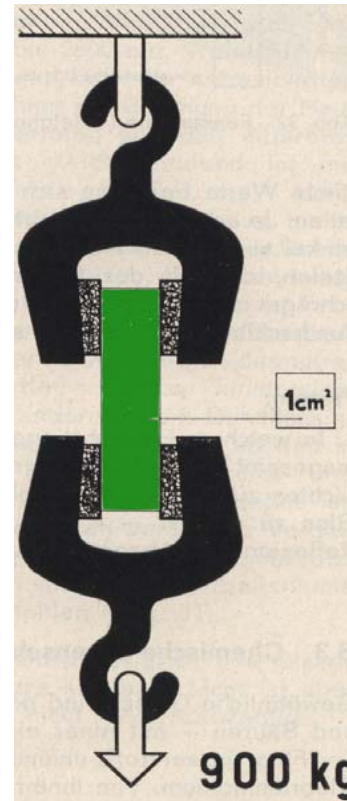
700 – 900 N/mm²



10 Newton = 1 kp

Zugfestigkeit

ca. 90 N/mm²

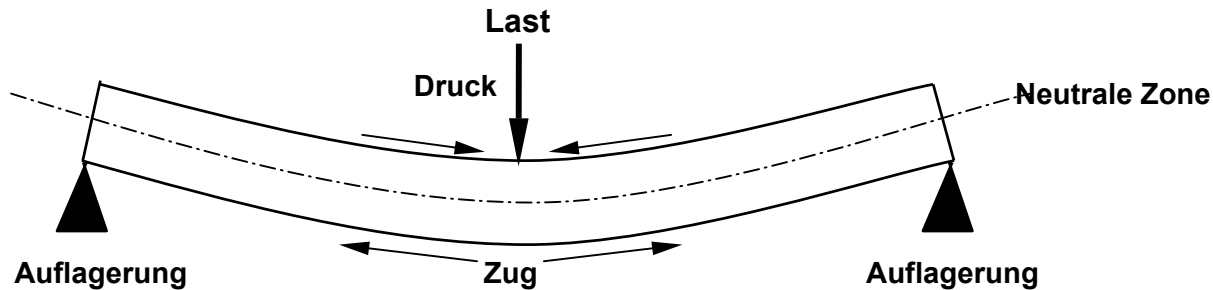
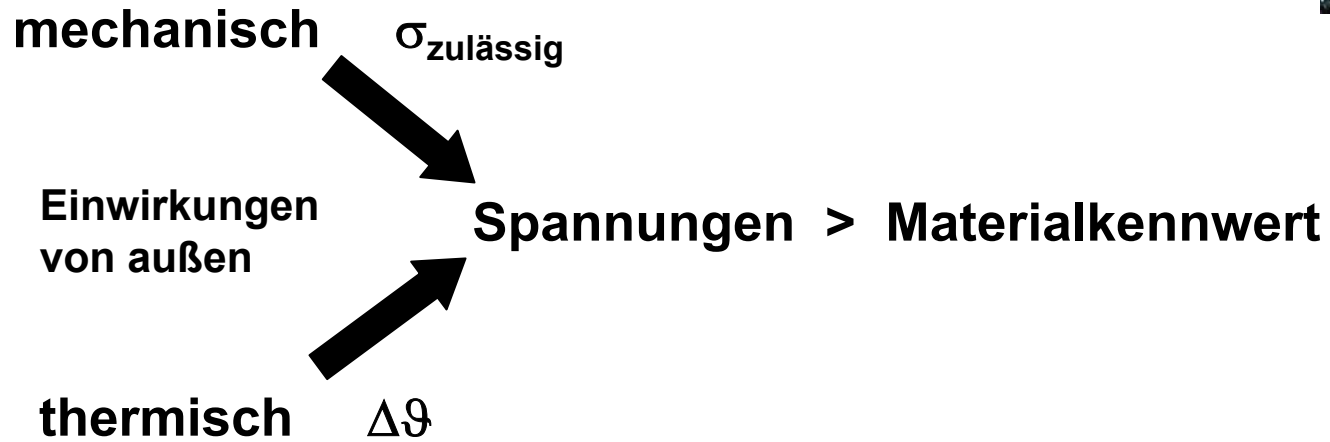


Vorteile von Glas



- **Alterungsbeständig**
- **Nicht brennbar**
- **Leicht zu reinigen**
- **Hoch hygienische Oberfläche**
- **Enorm hohe Druckfestigkeit**
- **Keine Verfärbung**
- **Durchlässig für Licht und kurzwelliges Infrarot**
- **Quillt und schwindet nicht**
- **Lässt sich laminieren, vorspannen, bedrucken, beschichten, ätzen, sandstrahlen, verkleben, bohren, sägen, schneiden, polieren, verformen/biegen, verschmelzen**
- **100 % recyclingfähig**

Wie entsteht ein Glasbruch ?



Kerbspannungstheorie



Was ist die Kerbspannungstheorie ?

Viele Glasbrüche stehen in einem engen Zusammenhang zu der Dimension mikroskopisch kleiner Anrisse an der Glaskante, sogenannter Mikroeinläufe. Liegt ein Anriss vor, so treten je nach Anrisstiefe unterschiedlich hohe Spannungsspitzen an der Kerbe auf.



Bei **homogener, unbeschädigter Oberfläche** und Einwirkung von Zugkräften verteilt sich die **Spannung gleichmäßig** über die gesamte Querschnittsfläche.



Bei **inhomogener Oberfläche** (mit Kerbe) und Einwirkung von Zugkräften treten die höchsten Spannungen direkt an der Kerbe auf. Durch entsprechend **hohe Spannungsspitzen** im Bereich dieser Kerbe kommt es zur gefährlichen Risserweiterung, gegebenenfalls zum Glasbruch.

Bearbeitung von Glas



Wie bereits detailliert betrachtet, entstehen durch das Schneiden und Brechen von Glas in der Glaskante nicht vermeidbare mikroskopisch kleine Anrisse und Verletzungen. Diese stellen bei Belastung der Scheiben immer eine mitentscheidende Schwachstelle dar. An diesen Schnittkanten können bei Belastung zum Teil beträchtliche Spannungsspitzen (Kerbspannungen) entstehen, was den Widerstand des Glases gegen Bruch erheblich reduziert.

Die Qualität eines Schnittes kann nach dem Bruch an der Bruchkante einfach erkannt werden:

1. Saubere Schnittkante mit gutem Bruchbild und kleinsten Einkerbungen durch den Glasschneider:



2. Schlechte Schnittkante mit starken Einkerbungen und Ausbrüchen:



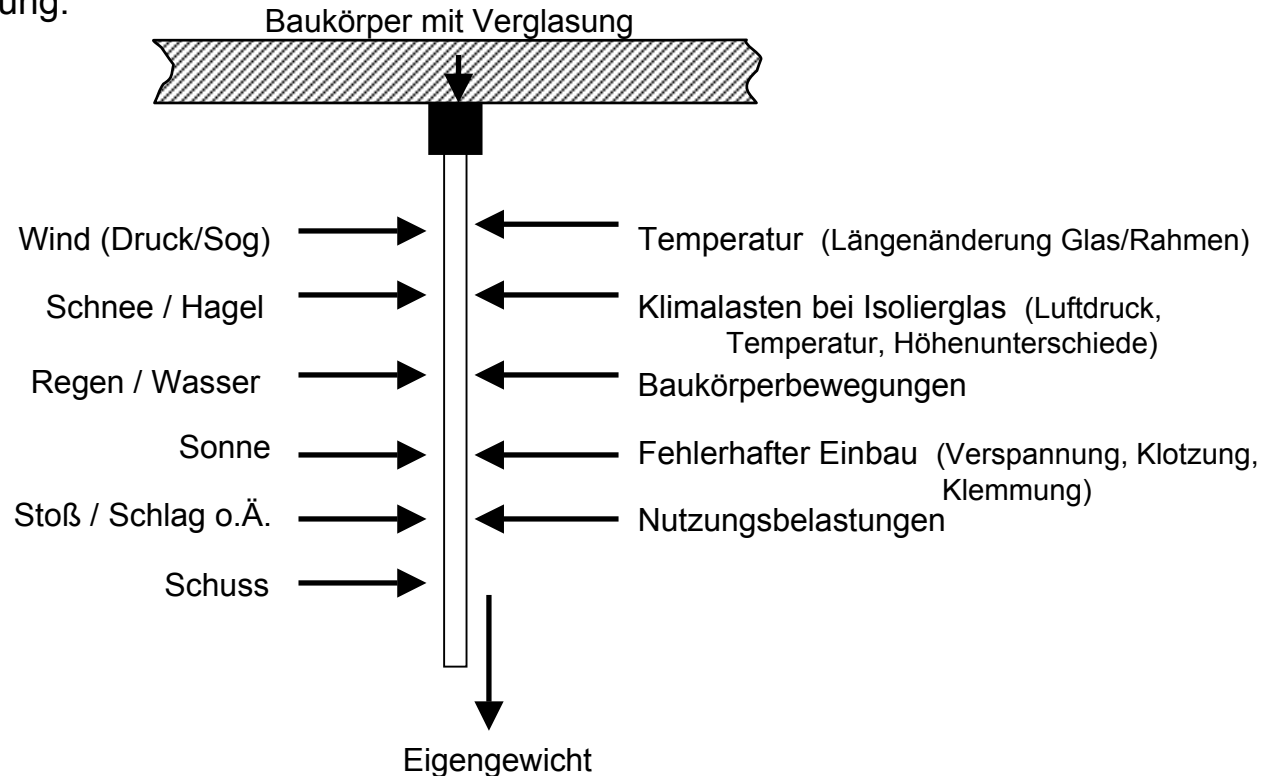
3. Sehr schlechte Schnittkante mit starken Einkerbungen, Ausbrüchen und Ausmuschelungen:



Lasten am Baukörper



Die am Baukörper auftretenden Lasten, die auf senkrecht oder geneigt eingebaute Verglasungen einwirken können, zeigt das nachfolgende Bild am Beispiel einer Senkrechtverglasung:



Je nach Einbau, Verglasungsart, usw. treten diese Lasten in den unterschiedlichsten Kombinationsmöglichkeiten auf. Zusätzlich können durch fehlerhaften Zuschnitt, Transport, Handling und Lagerung ebenfalls erhebliche Lasten auf Glas einwirken, die zu Glasbruch führen können.

Mechanisch verursachte Sprünge



Wird bei Glas, in Abhängigkeit der Kantenbeschaffenheit, der typische Materialkennwert der Biegezugfestigkeit überschritten, so entstehen mechanische Sprünge.

Die Beurteilung dieser mechanischen Sprünge ist wesentlich schwieriger als bei thermischen, da eine viel größere Anzahl an Beurteilungskriterien zugrunde gelegt werden muss. Die wichtigsten Merkmale sind:

- Einlaufwinkel**
- Durchlaufwinkel**
- Ausmuschelungsarten**
- Bruchzentrum**
- Sprungverlauf ohne Zentrum**
- Sprungentstehungsort**
- Sprungausbreitungsrichtung**
- Sprungbild**
- Sprungort**
- Artspezifische Sprungbilder**
- Erzeugnisspezifische Sprungbilder**

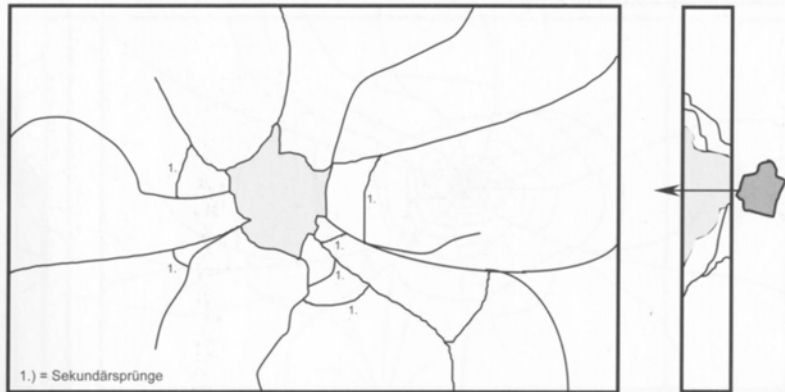
Ein detailliertes Eingehen auf die Reklamationsabwicklung kann hier nicht vorgenommen werden, da dies aufgrund des großen Umfanges einer gesonderten Darstellung bedarf. Bei den mechanischen Sprüngen gilt, dass der Sprung nicht immer dem Weg des geringsten Widerstandes, sondern in vielen Fällen der kraftauslösenden Komponente (z.B. Kantenstoß, Sprossenbruch) folgt. Grundsätzlich gilt aber auch hier, dass Sekundärsprünge immer nur bis zum Leitsprung (Ausgangssprung) laufen und diesen niemals überschneiden.

Durch mechanische Lasten verursachter Bruch



Mechanische Lasten an Glas				
Lastart	Dauer	Punktlast	Streckenlast	Flächenlast
Dynamisch	Kurzzeitig	B-008 ESG-Bruch B-009 ESG-Nickelsulfidbruch B-010 + B-011 Beschussloch I+II B-012 + B-013 Steinschleuderbruch I + II B-014+ B-015 Steinwurfbruch I+II B-016 Kantenstoßbruch B-017 Eckenstoßbruch B-021 + B-022 Randbruch I+II B-023 Klemmsprung B-026 Sprossenbruch II	B-023 Klemmsprung B-024 Torsionsbruch B-025 Sprossenbruch I B-026 Sprossenbruch II	B-029 Flächendruckbruch III B-030 Flächendruckbruch IV (Berstbruch) Float B-031 Flächendruckbruch V (Berstbruch) VSG
	Lang anhaltend	B-026 Sprossenbruch II	B-025 Sprossenbruch I B-026 Sprossenbruch II B-032 + B-033 Deltabruch	B-027 Flächendruckbruch I B-028 Flächendruckbruch II
Statisch	Kurzzeitig	B-018 Kantendruckbruch I B-019 Kantendruckbruch II TVG B-020 Kantendruckbruch III Vorschädigung		B-024 Flächendruckbruch III
	Lang anhaltend	B-018 Kantendruckbruch B-019 Kantendruckbruch II TVG B-020 Kantendruckbruch III Vorschädigung B-023 Klemmsprung	B-023 Klemmsprung B-032 + B-033 Deltabruch	B-020 Kantendruckbruch III Vorschädigung B-027 Flächendruckbruch I B-028 Flächendruckbruch II
		B-100 – B-102 Hybridsprung I – III (Kombinationssprung thermisch/mechanisch)		

B-014 und B-015 Steinwurfbruch Float + VSG

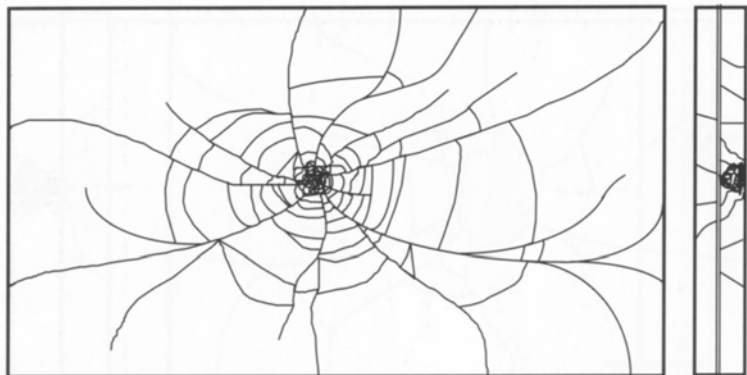


Beispiel Scheibenansicht mit Bruchverlauf

Bruchquerschnitt

B-014 Steinwurfbruch I Float

Mechanische Punktlast – kurzzeitig – mittlere Dynamik



Beispiel Scheibenansicht mit Bruchverlauf

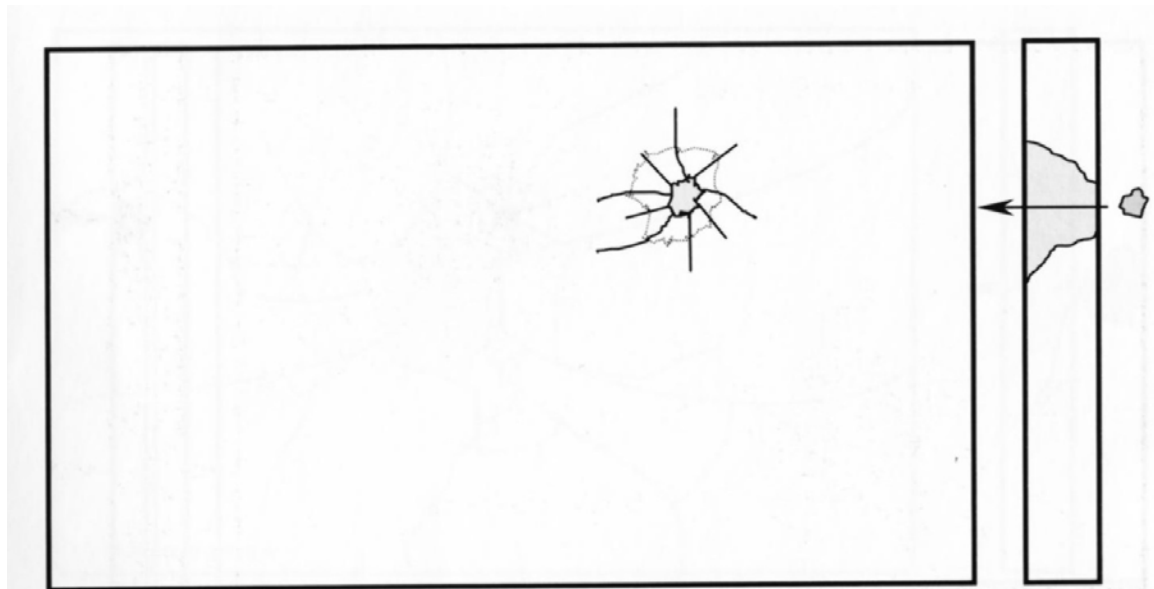
Bruchquerschnitt

B-015 Steinwurfbruch II VSG

Mechanische Punktlast – kurzzeitig – mittlere Dynamik



B-012 Steinschleuderbruch



Beispiel Scheibenansicht mit Bruchverlauf

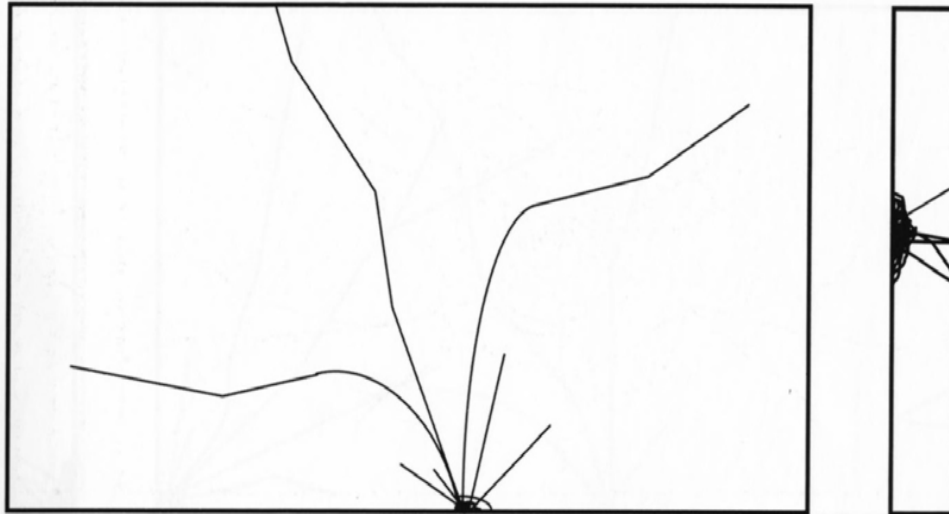
Bruchbeginn



B-012 Steinschleuderbruch I Float

Mechanische Punktlast – kurzzeitig – hohe Dynamik

B-016 Kantenstoßbruch



Beispiel Scheibenansicht mit Bruchverlauf

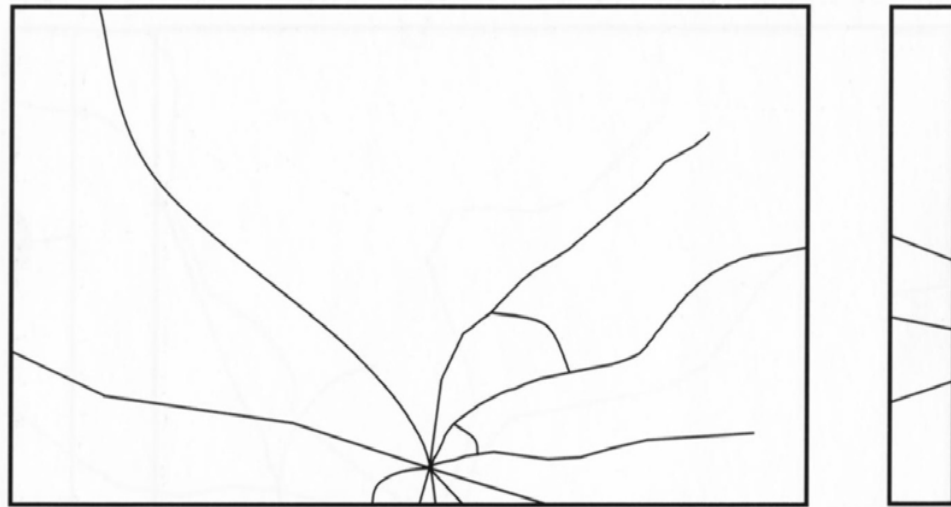
Bruchbeginn

B-016 Kantenstoßbruch

- Mechanische Punktlast – kurzzeitig
- schwache / mittlere Intensität



B-021 Randbruch



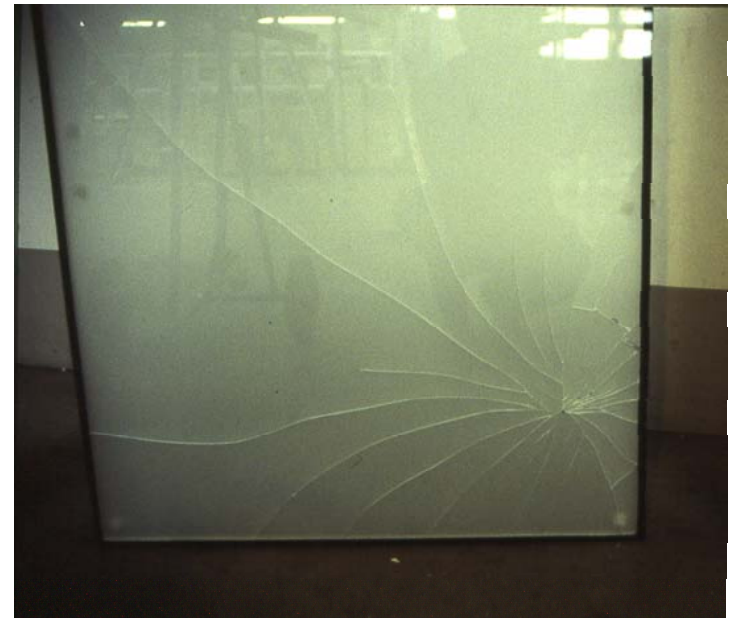
Beispiel

Scheibenansicht mit Bruchverlauf

Bruchquerschnitt

B-021 Randbruch I Float

- Mechanische Punktlast – kurzzeitig
- schwache / mittlere Intensität



B-023 Klemmsprung

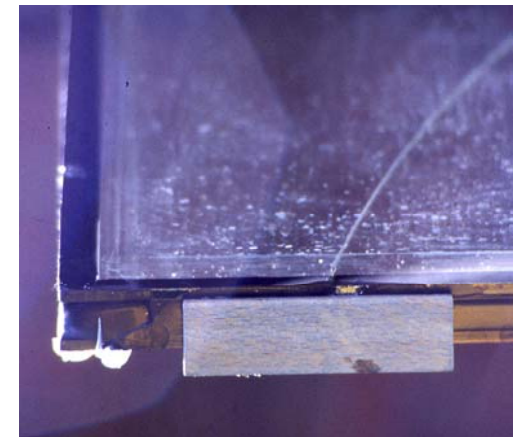


Beispiel Scheibenansicht mit Bruchverlauf

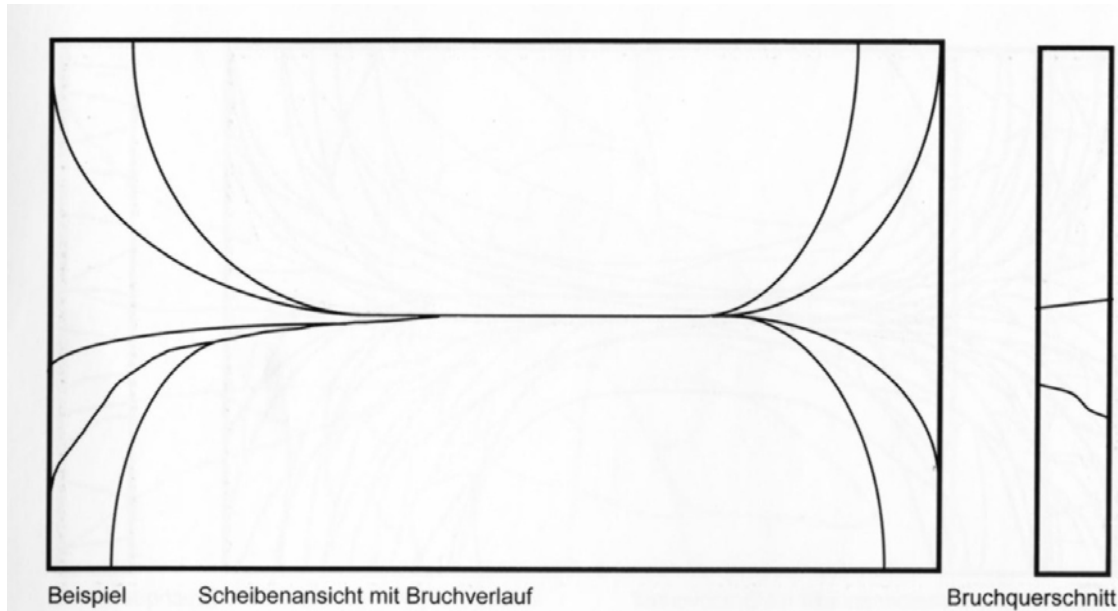
Bruchbeginn

B-023 Klemmsprung

Mechanische Punkt- oder Streckenlast
– kurzzeitig dynamisch – lang anhaltend statisch



B-028 Flächendruckbruch



Beispiel

Scheibenansicht mit Bruchverlauf

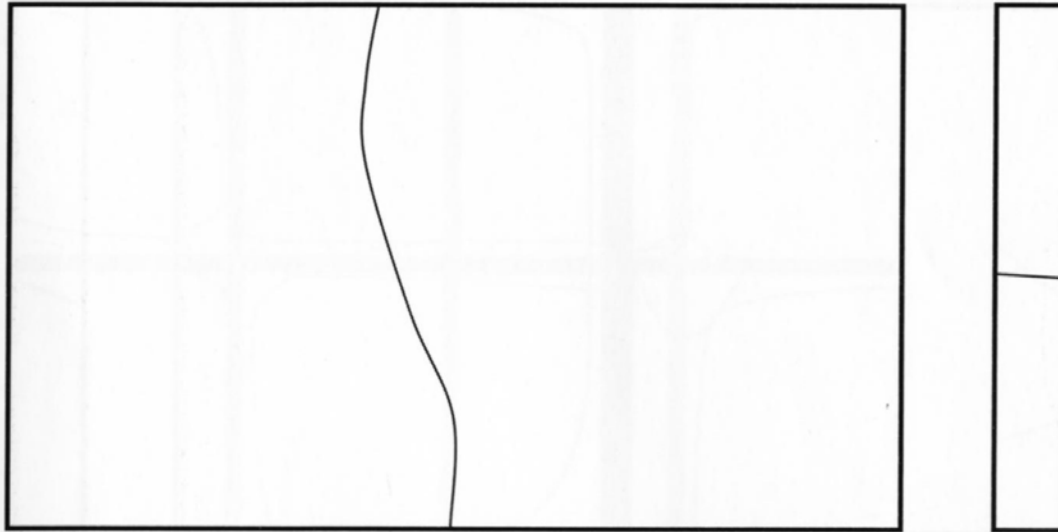
Bruchquerschnitt

B-028 Flächendruckbruch II

- Mechanische Flächenlast**
- lang anhaltend
 - dynamisch / statisch



B-024 Torsionsbruchbruch



Beispiel

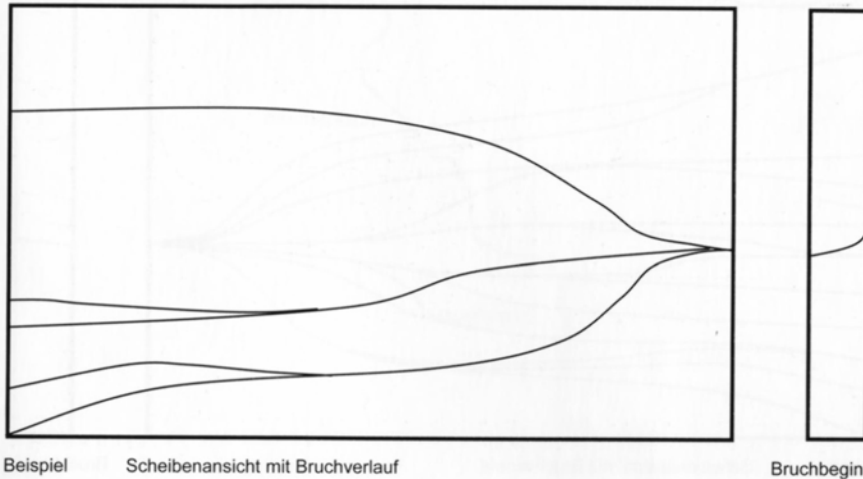
Scheibenansicht mit Bruchverlauf

Bruchbeginn

B-024 Torsionsbruch

Mechanische Streckenlast – kurzzeitig – dynamisch

B-032 Deltabruch



B-032 Deltabruch I

Mechanische Flächenlast – lang anhaltend
– statisch / dynamisch – zweiseitige Lagerung

**Lang anhaltende Schneelast auf zwei- oder dreiseitig gelagerter Überkopfverglasung
hohe Last auf Regal Böden zweiseitige Lagerung**



thermische Festigkeit

- Ausdehnung

Längenausdehnungskoeffizient = $9,0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
= 0,000 009 mm / 1K

Für die Praxis:

Glas dehnt sich pro **1 m** Kantenlänge bei **1 K**
Temperaturerhöhung um rund **0,01 mm** aus!

Temperaturbereich 50 K = **0,5 mm** pro Meter Kantenlänge!

Temperaturwechselbeständigkeit



Beständigkeit von Glas gegenüber Temperaturdifferenzen innerhalb der Glasfläche:

Floatglas	ca. 40 K
TVG	ca. 100 K
ESG	ca. 160 K

Abstand Heizkörper, Innenjalousie zur Verglasung beachten!

Ursachen und Beispiele für thermische Sprünge

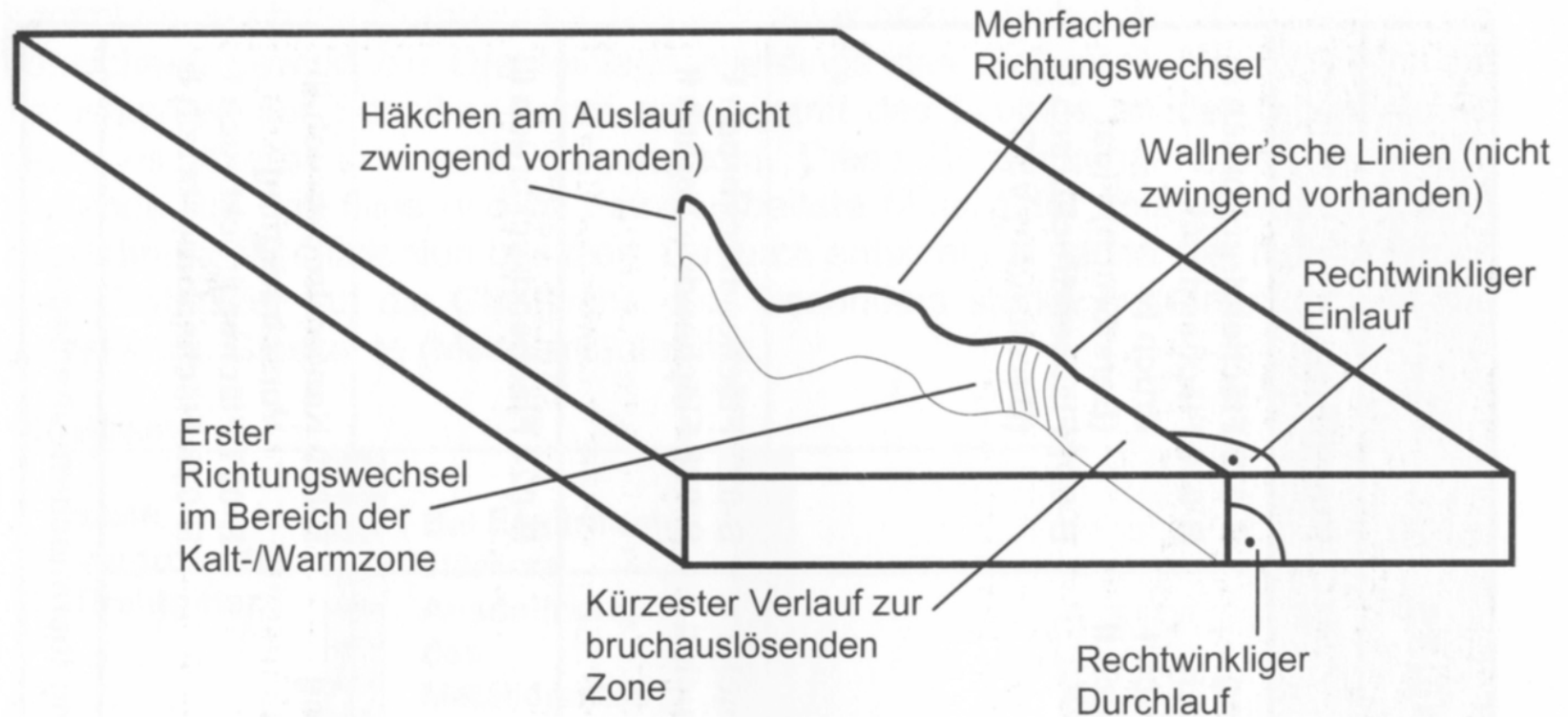


Ursache	Beispiel
Teilbeschattung / Schlagschatten	Dachüberstände, Bäume, Markisen
Direkte Sonnenbestrahlung ohne Abdeckung	Nicht abgedeckte größere Glaspakete, dickere Gläser, Wärme- oder Sonnenschutz-Isoliergläser im Stapel
Innenliegender Sonnenschutz, Verdunkelungsanlagen	Zu geringer Abstand zur Innenscheibe, nur teilweise die Scheibe abdeckend, teil- oder ganzflächig auf Innenscheibe aufgeklebte Sicht- oder Sonnenschutzfolien hoher Absorption
Bemalen, Bekleben, Innenabdeckung	Bei Verwendung dunkler Farben, Plakate, Bilder, Poster, Reklameschilder und –aufkleber, aufgeklebte Bilder-, Sichtschutz- oder Sonnenschutzfolien, übergroße innere Versiegelungsfuge, zu breite innere Auflage.
Heizkörper	Zu geringer Abstand von Innenscheibe
Lokale Erwärmung	Heißluftgebläse, Grill, Auftaugeräte, Lötlampen, Schweißgeräte, Auspuff
Dunkle Gegenstände direkt hinter der Verglasung	Innendekoration, Sitzmöbel, Aktentasche, Koffer, Klavier, Schaufensterdekoration, schwere Vorhänge
Breite, dunkelfarbige Sprossen im SZR von Isolierglas	45er Sprosse in rot, blau, braun, schwarz oder anderen dunklen, stark absorbierenden Farben
Tiefer Falzeinstand	Ab ca. 25 - 30 mm, z. B. bei Dachverglasungen oder hochwärmedämmenden Fenstern
Gewitterregen	An Sommer- und Herbsttagen
Verlegung von Gussasphalt	Bei bodenständigen Glaskonstruktionen und ungleichmäßiger Schutzabdeckung

Thermischer Sprung



Typisches Aussehen eines thermischen Sprunges



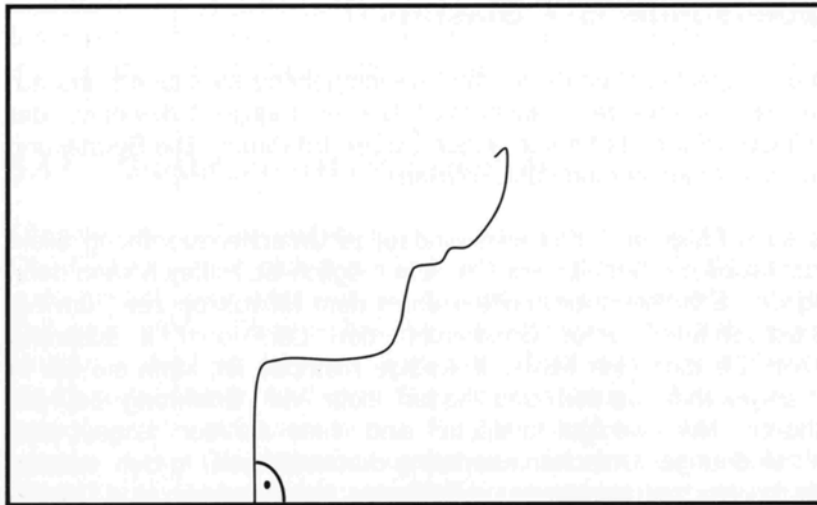
Durch thermische Lasten verursachter Bruch



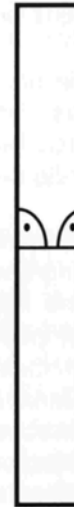
Thermische Lasten an Glas		
Intensität	Punktlast	Streckenlast (begrenzte Fläche)
Schwach		B-001 Thermischer Normalsprung B-005 Thermischer Streckensprung I B-006 Thermischer Streckensprung II
Stark	B-002 Thermischer Palmbruch B-007 Thermischer Wurmsprung B-009 Nickelsulfidbruch (ESG) „Spontanbruch“	B-002 Thermischer Palmbruch B-003 Starker thermischer Bruch B-004 Sehr starker thermischer Bruch B-005 Thermischer Streckensprung I B-006 Thermischer Streckensprung II
	B-100 – B-102 Hybridsprung I – III (Kombinationssprung thermisch/mechanisch)	



B-001 Thermischer Normalsprung



Beispiel Scheibenansicht mit Bruchverlauf

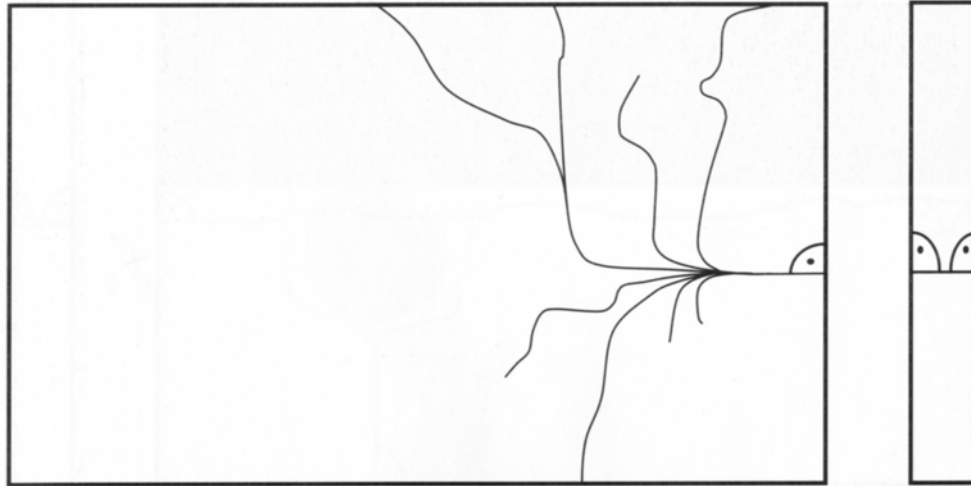


Bruchbeginn

B-001 Thermischer Normalsprung

Thermische Streckenlast – schwache / mittlere Intensität

B-004 Sehr starker thermischer Sprung



Beispiel Scheibenansicht mit Bruchverlauf

Bruchbeginn

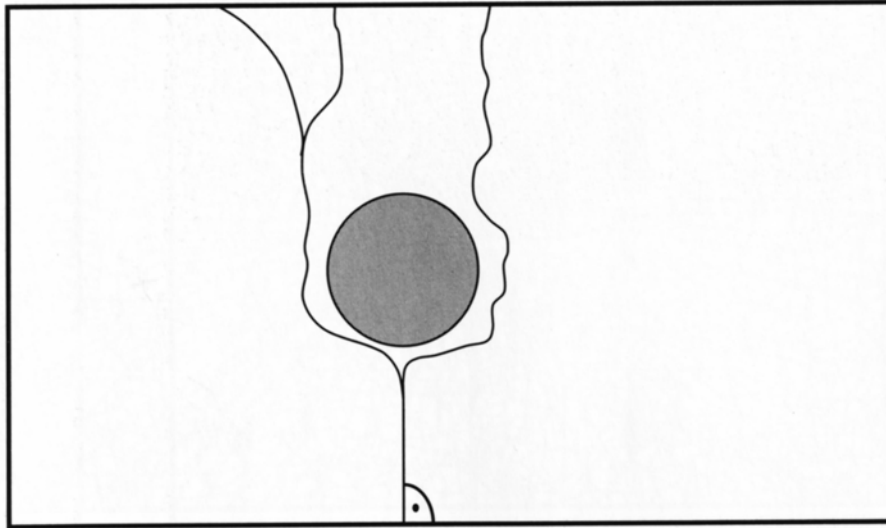
B-004 Sehr starker thermischer Bruch

Thermische Streckenlast – sehr starke Intensität

Thermisch verursachter Glasbruch



B-006 Thermischer Streckensprung II



Beispiel Scheibenansicht mit Bruchverlauf

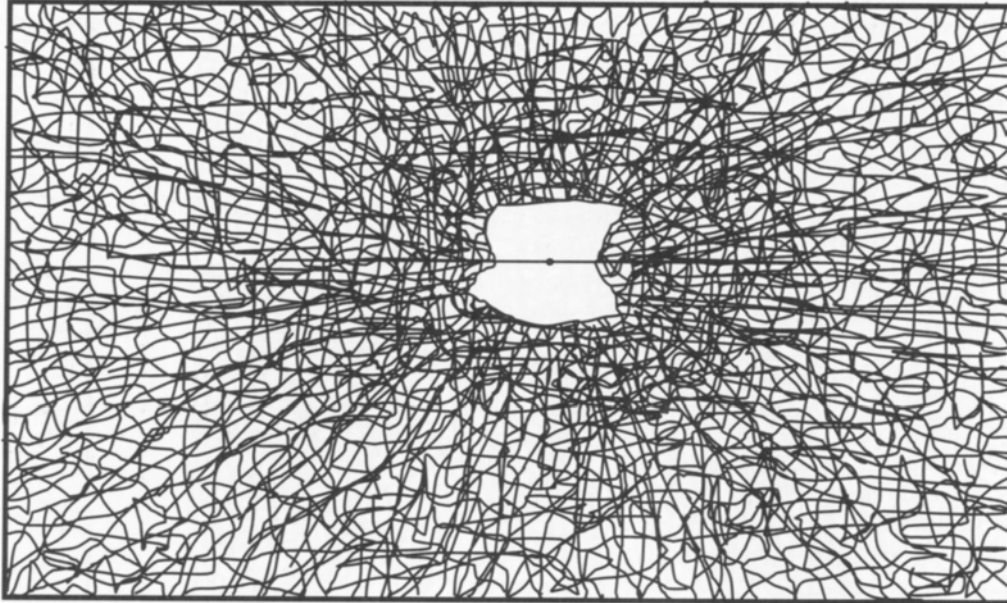


Bruchbeginn

B-006 Thermischer Streckensprung II

Thermische Streckenlast – schwache bis starke Intensität

B-009 ESG-Nickelsulfidbruch „Spontanbruch“



Beispiel Scheibenansicht mit Bruchverlauf, Schmetterlingsbruch vergrößert

Bruchquerschnitt

B-009 ESG-Nickelsulfidbruch „Spontanbruch“

Punktlast – kurzzeitig – dynamisch – starke Intensität

ESG Bruch / Spontanbruch



Sobald Zugspannungszone die Glasoberfläche erreicht bricht ESG.

Nickel-Sulfid-Einschlüsse (ca. 0,3 bis 0,1mm) sind problematisch, wenn sie in der Zugspannungszone liegen und durch Temperaturbelastung eine Zustandsänderung eintritt (Wachstum).

NS-Spontbruch kann auch noch 10 Jahren nach Einbau auftreten.

**Schutz vor NS-Bruch durch HST Heat-Soak-Test = Heißlagerungstest
95 % ige Sicherheit, jedoch kein 100 % iger Schutz !**

Verwechslungsmöglichkeit: NS-Spontbruch und mechanisch bedingter Bruch durch zeitlich versetzte Einwirkungen.

B-009 ESG-NiS-Bruch



Die 3 Bruchregeln



1. Brüche gabeln sich immer nur in ihre Ausbreitungsrichtung.

Verfolgt man diese Gabelungen zurück, so kommt man zum Ursprung und Bruchzentrum.

2. Ein Sprung kann niemals einen bereits vorhandenen überspringen.

Er endet immer an dem Sprung, den er anläuft. Aus dieser Tatsache kann oft die zeitliche Reihenfolge ihrer Entstehung und Ort/Ursache des Ursprungs abgeleitet werden. Der Glaser nutzt diese Eigenschaft zum „Abfangen“ eines Sprungs.

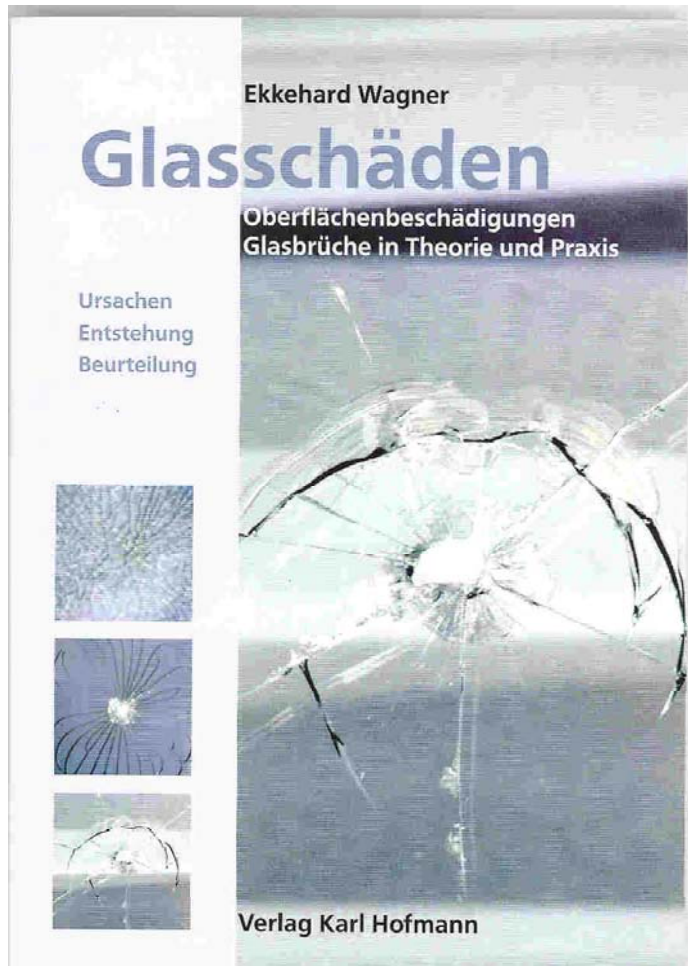
3. Die mittlere Anzahl der Bruchstücke ist abhängig vom Belastungsgrad im Augenblick des eintretenden Bruchs.

In der Regel ergibt sich ein dichteres Sprungnetz, wenn die Scheibe eine höhere Bruchlast ertragen hat, nicht umgekehrt.

Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Glasschäden



- **Schutz vor allem der Kante bei Transport, Lagerung und Einbau**
- **Dimensionierung entsprechend der auftretenden Lasten, Vermeidung mechanisch verursachten Glasbruchs**
- **Vermeidung zu hoher Temperaturlasten auf Glas durch konstruktive Maßnahmen**
- **Einbau entsprechend Verglasungsrichtlinien, Sonderkonstruktionen in Absprache mit Hersteller**
- **Auswahl der bestgeeigneten Glasart (Float, VSG, TVG, ESG)**



Vortragsinhalt :

**Texte und Grafiken
auszugsweise dem
nebenstehenden
Buch des Autors
entnommen**

**Farbbilder stammen
aus dem Archiv des
Autors**