

**Orientierende Versuche zum Tragverhalten
von vorgeschädigten VSG-Scheiben mit
Folien- und Gießharzverbund**

T 2723

T 2723

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2001

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

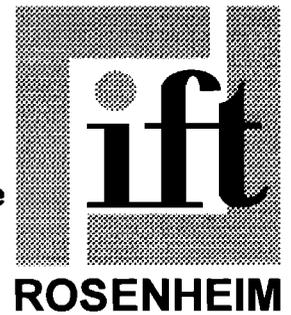
Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail info@irb.fhg.de

URL <http://www.IRBbuch.de>

Abschlußbericht

Fenster
Türen
Fassaden
Werkstoffe
Zubehör



Titel Orientierende Versuche zum Tragverhalten von vorgeschädigten VSG-Scheiben mit Folien- und Gießharzverbund

Kurztitel: Resttragfähigkeit von VSG

Forschungsstelle Institut für Fenstertechnik e.V.
Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

Berichtsdatum 11. Dezember 1995

Auftraggeber Deutsches Institut für Bautechnik
Reichspietschufer 74-76
10785 Berlin

Bearbeiter: Werner Stieß
Prof. Dr. Feldmeier

Inhalt

- 1 Problemstellung
- 2 Vorversuch
- 3 Versuchsdurchführung
- 4 Ergebnisse
- 5 Zusammenfassung

Anlage 1 6 Bilder (3 Seiten)

1 Problemstellung

Glas im Überkopfbereich ist heute keine Ausnahme mehr. Dies gilt sowohl für den privaten Bauherrn (Wintergarten) als auch für den öffentlichen Bereich (z.B. Einkaufspassagen). Um die Zustimmung der Baubehörden zu vereinfachen wurde vom DIBt der Entwurf "Technische Regel für die Verwendung von linienförmig gelagerten Überkopfverglasungen" im Dezember 1994 veröffentlicht. In dieser Regel wird aufgrund bisheriger Erfahrung davon ausgegangen, daß Verbundsicherheitsglas aus zwei Floatglas-scheiben mit einer Zwischenlage aus PVB den Sicherheitsanforderungen an Splitterbindung und Resttragfähigkeit entspricht, wenn die Folie gewisse mechanische Eigenschaften aufweist.

Um andere Produkte nicht auszuschließen, ist es notwendig die Anforderungen insbesondere hinsichtlich der Resttragfähigkeit genauer zu definieren. Hierbei wird unter Resttragfähigkeit die Fähigkeit der Glasscheibe verstanden, auch nach Zerstörung eine Dauerlast noch eine gewisse Zeit zu ertragen. Um Prüfung und Anforderung festlegen zu können, wurde im Sommer 1995 von den Prüfstellen ein Forschungsvorhaben beim DIBt beantragt dessen Ergebnisse frühestens Anfang 1997 vorliegen werden.

Es war deshalb notwendig, vorab erste orientierende Bauteilversuche an vorgeschädigten VSG Scheiben unter Flächenlast (simulierte Schneelast) durchzuführen. Dabei soll sowohl eine Methode zur reproduzierbaren Zerstörung der Scheiben als auch das Tragverhalten der zerstörten Scheibe untersucht werden. Um einen ersten Eindruck von der Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Systeme zu erhalten, soll eine Auswahl marktüblicher Produkte, insbesondere auch Zwischenschichten aus Gießharz, einbezogen werden.

2 Vorversuch

2.1 Durchführung

Probekörper:

VSG-Scheibe: 2 x 4mm Float und Gießharz (System FLAG) als Zwischenschicht

Lagerung: Lagerung auf zwei kurzen Seiten

Auflagerabstand: $1500 - (2 \times 15) = 1470$ mm

Vorschädigung: Bolzenschußgerät Fa. Hilti. Der Aufprallschlag durch den Schlagbolzen wurde vor dem Einbau in den Rahmen vorgenommen.

Einbau: Nach der Vorschädigung wurde versucht, die Scheibe in den Glasfalz einzulegen.

2.2 Feststellungen

Vorschädigung:

Der Aufprall durch den Schlagbolzen hat ein durchgeschlagenes Loch in beiden Glasscheiben hervorgerufen, mit sternförmig auslaufenden Sprüngen, teilweise bis zum Glasrand auslaufend. In einer ca 30 mm breiten Zone um das Loch entstanden feinkrümelige Glasschädigungen.

Tragverhalten:

Nach der erzeugten Vorschädigung und dem Einlegen der Scheibe in den Glasfalz entstand durch das Eigengewicht eine Verformung von >200mm. Der mittlere Bereich der durchhängenden VSG-Scheibe berührte flächig den Boden. Weitere Verformungen wurden durch die Abstützung auf den Boden beeinträchtigt. Die VSG-Scheibe rutschte aus der Glasauflage heraus. Der Vorversuch wurde abgebrochen.

Maßnahmen:

Zur Reduzierung der Durchbiegung werden die Prüfscheiben auf den beiden Längskanten gelagert. Die Vorschädigung erfolgt im eingebauten Zustand. Unterhalb der Scheibe im Bereich des Schlagaufpralls wird ein Auflagerbock mit ca. 500 mm Seitenlänge und einer elastischen Auflage gestellt.

3 Versuchsdurchführung

3.1 Abmessung und Lagerung

Für den Versuch wird eine VSG-Scheibe in den Abmessungen 1500mm x 1000mm in einen Rahmen mit üblichen Glasfalzabmessungen (18mm) eingebaut. Die Lagerung erfolgt nur über die zwei Längskanten. Die beiden kurzen Kanten sind freitragend. Beim Glasfalzanschlag und den mit Schrauben lösbaren Glashalteleisten, bilden elastomere Dichtprofile die Glasabdichtung. Zwischen den elastomeren Dichtprofilen ist die VSG-Scheibe mit einem Glasfalzeinstand von 15 mm eingebaut.

3.2 Vorschädigung und Belastung

Die Vorschädigung der VSG-Scheibe erfolgt im eingebauten Zustand im Schnittpunkt der Diagonalen durch ein Bolzenschußgerät (Marke Hilti). Hierzu wird das Bolzenschußgerät nur mit grüner Munition -ohne zusätzlichen Nagel- geladen. Beim Schuß durchdringt der Schlagbolzen des Gerätes mit 8mm Durchmesser die VSG-Scheibe auf einer Tiefe von ca 10 mm und erzeugt somit einen Glasbruch durch einen simulierten Aufprall. Vor der erzeugten Stoßbelastung wird unterhalb der VSG-Scheibe planeben ein quadratischer Auflagerbock mit einer Seitenlänge von 500 mm untergestellt. Der Auflagerbock besteht aus einer 20 mm dicken Multiplexplatte, auf der zusätzlich eine 5 mm dicke elastische APTK-Platte aufliegt. Dadurch wird eine gleichförmige Glasschädigung mit reduzierten Auflagereinwirkungen erwartet.

Nach dem erzeugten Glasbruch wird der entfernbare Auflagerbock vorsichtig aus der Vorrichtung herausgezogen und die VSG-Scheibe flächig auf der Aussenseite mit Sandsäcken – als simulierte Schneelast – mit 0,5 KN/m² belastet. Die Sandsäcke haben ein Gewicht von 5 kg bei einer Auflagerfläche von ca. 0,1 m².

Neben der visuellen Beobachtung wird mit einem Potentiometer die Verformung im Schnittpunkt der Diagonalen in Abhängigkeit der Belastungszeit überprüft.

4 Ergebnisse

4.1 Versuch 1

Probekörper:

VSG-Scheibe: 2 x 4mm Float und PVB-Folie 1 x 0,38mm als Zwischenschicht

Lagerung: Lagerung auf zwei langen Seiten

Auflagerabstand: $1000 - (2 \times 15) = 970$ mm

Vorschädigung: Der Aufprallschlag durch den Schlagbolzen wurde nach dem Einbau in den Rahmen vorgenommen.

Belastung: Mit Sandsäcken für eine Flächenlast von etwa $0,5 \text{ kN/m}^2$.

Feststellungen

Vorschädigung:

Der Aufprall durch den Schlagbolzen hat ein durchgeschlagenes Loch in beiden Glasscheiben hervorgerufen, mit sternförmig auslaufenden Sprüngen, teilweise bis zum Glasrand auslaufend. In einer ca. 30 mm breiten Zone um das Loch entstanden feinkrümelige Glasschädigungen.

Beim Entfernen des Auflagerbockes entstanden weitere Glassprünge, wobei ein sichtbarer Primärbruch in Scheibenmitte parallel zur langen Kante entstand.

Tragverhalten:

Nach Auflegen der Sandsäcke entstand eine permanente Vergrößerung der Durchbiegung. Am sichtbaren Primärbruch stützte sich zunächst die obere Scheibe in sich ab, dabei entstanden linienförmige Bereiche mit Glaszerstörungen. Die untere Scheibe klappte anfänglich einige Millimeter auseinander; die PVB-Folie wurde auf Zug belastet. Während der Belastungszeit vergrößerte sich die Spaltbildung im Primärbruch auf etwa 10 bis 15 mm. Die auf Zug belastete PVB-Folie riß an unterschiedlichen Stellen, wobei die verbleibenden Folienfragmente die Last noch trugen. Nach einer Belastungszeit von etwa 28 Stunden trat ein Versagen der VSG-Scheibe im Primärbruchbereich auf. Die Durchbiegung in Feldmitte betrug vor Versagen >130 mm.

4.2 Versuch 2

Probekörper:

VSG-Scheibe: 2 x 4mm Float und Gießharz (System FLAG) als Zwischenschicht

Lagerung: Lagerung auf zwei langen Seiten

Auflagerabstand: $1000 - (2 \times 15) = 970$ mm

Vorschädigung: Die aus dem Vorversuch geschädigte Scheibe wurde für den Versuch 2 verwendet.

Belastung: 15 Sandsäcke mit je 5kg Last und einer Auflagerfläche eines Sackes von $400 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$; Belastung etwa $0,5 \text{ kN/m}^2$.

Feststellungen

Vorschädigung:
siehe Vorversuch

Tragverhalten:

Nach Auflegen der Sandsäcke entstand eine permanente Vergrößerung der Durchbiegung. Ein sichtbarer Primärbruch in Feldmitte parallel zur Längskante entstand und vergrößerte sich ständig. Ein Versagen der Verbundtragwirkung entstand unmittelbar nach voller Belastung mit 0,5 kN/m².

4.3 Versuch 3

Probekörper:

VSG-Scheibe: 1500 mm x 1000 mm, 2 x 4 mm ESG und 0,38 mm PVB-Folie als Zwischenschicht

Lagerung: Lagerung auf zwei langen Seiten

Auflagerabstand: $1000 - (2 \times 15) = 970$ mm

Vorschädigung: Der Aufprallschlag durch den Schlagbolzen wurde nach dem Einbau in den Rahmen, unter Einsatz des Auflagerbockes, vorgenommen.

Belastung: 15 Sandsäcke mit je 5kg Last und einer Auflagerfläche eines Sackes von 400 mm x 250 mm; Belastung etwa 0,5 KN/m².

Feststellungen:

Vorschädigung:

Der Aufprall durch den Schlagbolzen hat ein durchgeschlagenes Loch in beiden Glasscheiben hervorgerufen. In beiden ESG-Scheiben entstanden netzartige, feinkrümelige, ESG-typische Glasbrüche. Die Glaskrümel blieben mit wenigen Ausnahmen zusammenhängend und an der Folie anhaftend.

Beim Entfernen des Auflagerbockes entstanden weitere Glassprünge begleitet mit hörbarem Knistern.

Tragverhalten:

Nach der Glasschädigung entstand, alleine durch das Eigengewicht, eine hängemattenähnliche Verformung, begleitet von weiteren Glasbrüchen und Vergrößerung der feinkrümeligen Bruchstruktur.

Nach Auflegen der Sandsäcke entstand eine permanente Vergrößerung der Durchbiegung. Ein sichtbarer Primärbruch konnte in der Krümelstruktur nicht erkannt werden. Nach etwa 24 Stunden Belastung war die Durchbiegung >200 mm

Der mittlere Bereich der durchhängenden VSG-Scheibe berührte flächig den Boden. Weitere Verformungen wurden durch die Abstützung auf den Boden beeinträchtigt.

Ein Versagen der Verbundtragwirkung war in diesem Zustand nicht zu erkennen.

4.4 Versuch 4

Probekörper:

VSG-Scheibe: 1500 mm x 1000 mm, 2 x 4 mm Float und PVB-Folie 2 x 0,38mm (0,76mm)

Lagerung: Lagerung auf zwei langen Seiten

Auflagerabstand: $1000 - (2 \times 15) = 970$ mm

Vorschädigung: Der Aufprallschlag durch den Schlagbolzen wurde nach dem Einbau in den Rahmen, unter Einsatz des Auflagerbockes, vorgenommen.

Belastung: Belastung etwa $0,5 \text{ KN/m}^2$ durch Sandsäcke.

Feststellungen

Vorschädigung:

Der Aufprall durch den Schlagbolzen hat ein durchgeschlagenes Loch in beiden Glasscheiben hervorgerufen, mit sternförmig auslaufenden Sprüngen, teilweise bis zum Glasrand auslaufend. In einer ca 20 bis 30 mm breiten Zone um das Loch entstanden feinkrümelige Glasschädigungen.

Beim Entfernen des Auflagerbockes entstanden weitere Glassprünge, wobei ein sichtbarer Primärbruch in Scheibenmitte parallel zur langen Kante entstand.

Tragverhalten:

Nach Auflegen der Sandsäcke entstand eine permanente Vergrößerung der Durchbiegung. Am sichtbaren Primärbruch stützte sich zunächst die obere Scheibe in sich ab, dabei wird die PVB-Folie auf Zug belastet. Die auf Zug belastete PVB-Folie riß nur an zwei Stellen im Bereich des Bruchzentrums, wobei die verbleibenden Folien die Last noch trugen. Nach einer Belastungszeit von 170 Stunden war die Durchbiegung in Feldmitte ca. 170 mm. Ein Versagen des Tragverhaltens trat nicht auf.

4.5 Versuch 5

Probekörper:

VSG-Scheibe: 1500 mm x 1000 mm, 2 x 4 mm Float und Gießharz UCB S20

Lagerung: Lagerung auf zwei langen Seiten

Auflagerabstand: $1000 - (2 \times 15) = 970$ mm

Vorschädigung: Der Aufprallschlag durch den Schlagbolzen wurde nach dem Einbau in den Rahmen, unter Einsatz des Auflagerbockes, vorgenommen.

Belastung: Belastung etwa $0,5 \text{ KN/m}^2$ durch Sandsäcke.

Feststellungen

Vorschädigung:

Der Aufprall durch den Schlagbolzen hat ein durchgeschlagenes Loch in beiden Glasscheiben hervorgerufen, mit sternförmig auslaufenden Sprüngen, teilweise bis zum Glasrand auslaufend. In einer ca 20 bis 30 mm breiten Zone um das Loch entstanden feinkrümelige Glasschädigungen.

Beim Entfernen des Auflagerbockes entstanden weitere Glassprünge, wobei ein sichtbarer Primärbruch in Scheibenmitte parallel zur langen Kante entstand.

Tragverhalten:

Nach Auflegen der Sandsäcke entstand eine permanente Vergrößerung der Durchbiegung. Weitere Glasbrüche entstanden während der Belastung. Nach einer Belastungszeit von 21 Stunden trat ein Versagen des Tragverhaltens auf, indem die geschädigte VSG-Scheibe an einer Längskante aus der Glaslagerung herausschlupfte. Dabei wurden an dieser Längskante die einseitig klebenden Elastomerschaumprofile aus der planmäßigen Lage im Glasfalz herausgezogen.

Die Durchbiegung in Feldmitte war zum Zeitpunkt des Versagens ca. 100 mm.

4.6 Versuch 6

Probekörper:

VSG-Scheibe: 1500 mm x 1000 mm, 2 x 4 mm Float und Gießharz UCB S20

Lagerung: Lagerung auf zwei langen Seiten

Auflagerabstand: $1000 - (2 \times 15) = 970$ mm

Vorschädigung: Der Aufprallschlag durch den Schlagbolzen wurde nach dem Einbau in den Rahmen, unter Einsatz des Auflagerbockes, vorgenommen.

Belastung: Belastung etwa $0,5 \text{ KN/m}^2$ durch Sandsäcke.

Feststellungen

Vorschädigung:

Der Aufprall durch den Schlagbolzen hat ein durchgeschlagenes Loch in beiden Glasscheiben hervorgerufen, mit sternförmig auslaufenden Sprüngen, teilweise bis zum Glasrand auslaufend. In einer ca 20 bis 30 mm breiten Zone um das Loch entstanden feinkrümelige Glasschädigungen.

Beim Entfernen des Auflagerbockes entstanden weitere Glassprünge, wobei ein sichtbarer Primärbruch in Scheibenmitte parallel zur langen Kante entstand.

Tragverhalten:

Nach Auflegen der Sandsäcke entstand eine permanente Vergrößerung der Durchbiegung. Weitere Glasbrüche entstanden während der Belastung. Nach einer Belastungszeit von ca. 20,5 Stunden versagte der Verbund, in den mittig, parallel zur Auflagerkante verlaufenden Glasrissen. Die Durchbiegung war zum Zeitpunkt des Versagens ca. 90 mm.

4.7 Versuch 7

Probekörper:

VSG-Scheibe: 1500 mm x 1000 mm, 2 x 4 mm Float und einmal 0,36 mm PVB-Folie
Wiederholung von Versuch 1.

Lagerung: Lagerung auf zwei langen Seiten

Auflagerabstand: $1000 - (2 \times 15) = 970$ mm

Vorschädigung: Der Aufprallschlag durch den Schlagbolzen wurde nach dem Einbau in den Rahmen, unter Einsatz des Auflagerbockes, vorgenommen.

Belastung: Belastung etwa $0,5 \text{ KN/m}^2$ durch Sandsäcke.

Feststellungen

Vorschädigung:

Der Aufprall durch den Schlagbolzen hat ein durchgeschlagenes Loch in beiden Glas-scheiben hervorgerufen, mit sternförmig auslaufenden Sprüngen, teilweise bis zum Glasrand auslaufend. In einer ca 20 bis 30 mm breiten Zone um das Loch entstanden feinkrümelige Glasschädigungen.

Beim Entfernen des Auflagerbockes entstanden weitere Glassprünge, wobei ein sichtbarer Primärbruch in Scheibenmitte parallel zur langen Kante entstand.

Tragverhalten:

Nach Auflegen der Sandsäcke entstand eine permanente Vergrößerung der Durchbiegung. Weitere Glasbrüche entstanden während der Belastung. Nach einer Belastungszeit von ca. 48 Stunden trat bei einer Durchbiegung von 180 mm ein Versagen der PVB-Folie in den mittig, parallel zur Auflagerkante verlaufenden Glasrissen auf.

5 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der orientierenden Versuche sind in nachfolgender Tabelle zusammengefaßt. Es zeigt sich, daß die untersuchten Systeme bei zweiseitiger Lagerung und einer Stützweite von 1,0 m eine Last von 0,5 kN/m² für mehrere Stunden bis zu Tagen aufnehmen können. Wie zu erwarten, zeigt doppeltliegende PVB-Folie (Dicke 0,76 mm) die besten Werte. Einfache PVB-Folie und "Sicherheits"-Gießharz (S20 UCB) sind etwa vergleichbar. Gießharz für Schallschutzscheiben (FLAG) ist ungeeignet.

Die Vorversuche haben insbesondere gezeigt, daß bei zweiseitiger Lagerung aufgrund der hohen Verformung die Auflagerbedingungen, bzw. die aus den großen Randwinkeln resultierenden Einspannbedingungen, eine wesentliche Rolle spielen. Werden die Scheibenränder im Auflager festgeklemmt, so entfernen sich die Ufer der Bruchkanten vor Versagen der Zwischenschicht bis zu einigen cm. Für das Versagen ist damit ausschließlich die Reißfestigkeit der Zwischenschicht maßgebend.

Bei vierseitiger Lagerung sind wesentlich günstigere Verhältnisse zu erwarten. Dies gilt aufgrund der mittragenden Wirkung der Randverbundverklebung bereits bei zweiseitig gelagertem Isolierglas. In weiteren Untersuchungen sind deshalb Lagerbedingungen mit einzubeziehen.

Tabelle 1 Zusammenstellung der Ergebnisse

Versuch	Probekörper	Tragverhalten der vorgeschädigten Scheibe
1	2 x 4mm Float und PVB 1 x 0,38mm	Versagen nach 28 Stunden
2	2 x 4 mm Float und GH (System FLAG)	Versagen unmittelbar bei Belastung
3	2 x 4mm ESG und PVB 1 x 0,38mm	nach 24 h: Durchbiegung >200mm; Versagen kann nicht beurteilt werden
4	2 x 4mm Float und PVB 2x 0,38mm	nach 170 h: Durchbiegung = 170 mm; kein Versagen
5	2 x 4mm Float und GH (UCB S20)	nach 21 h Versagen in der Glaslagerung
6	2 x 4mm Float und GH (UCB S20)	Versagen nach 20,5 h
7	2 x 4mm Float und PVB 1x0,38mm	Versagen nach 48 h

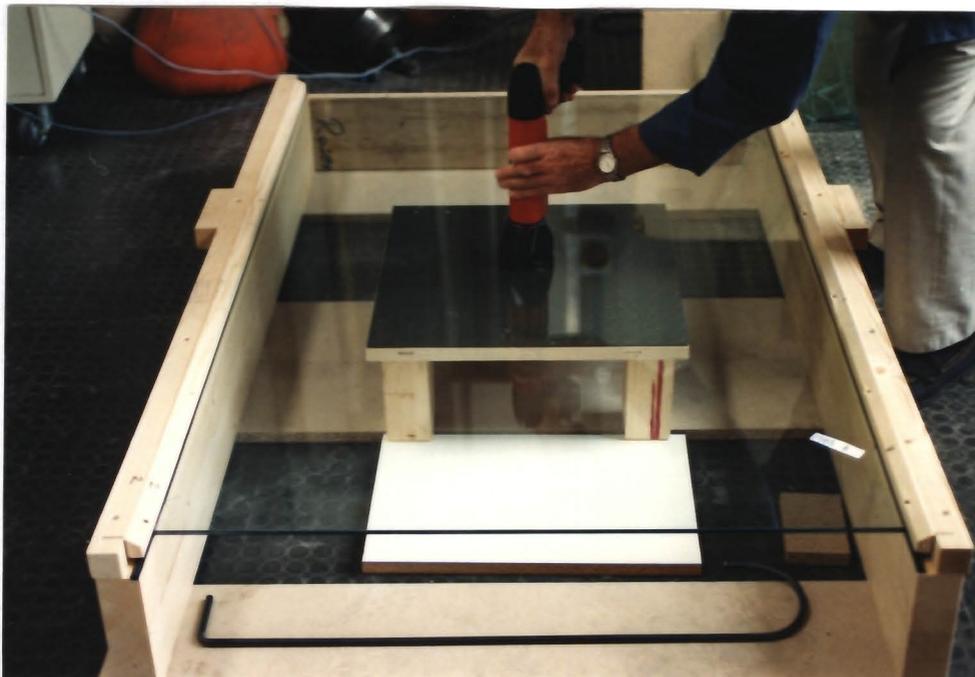


Bild 1 Versuchaufbau; Aufsetzen des Bolzenschußgerätes



Bild 2 Typischer Glasbruch durch den Schlagbolzen



Bild 3 Versuch 3; Verformungszustand nach etwa 5 Stunden Belastung



Bild 4 Versuch 1; typische Primärrißbildung von der Vorschädigung auslaufend

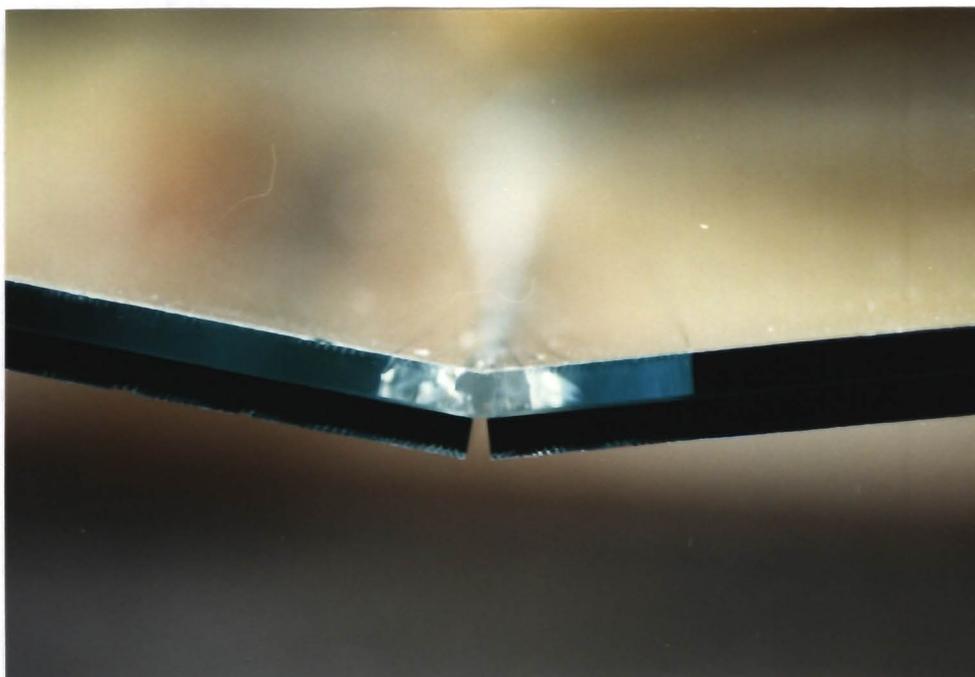


Bild 5 Versuch 1; typische Abstützung der Glasscheiben im Primärbruchbereich am Glasende unmittelbar nach der Vorschädigung

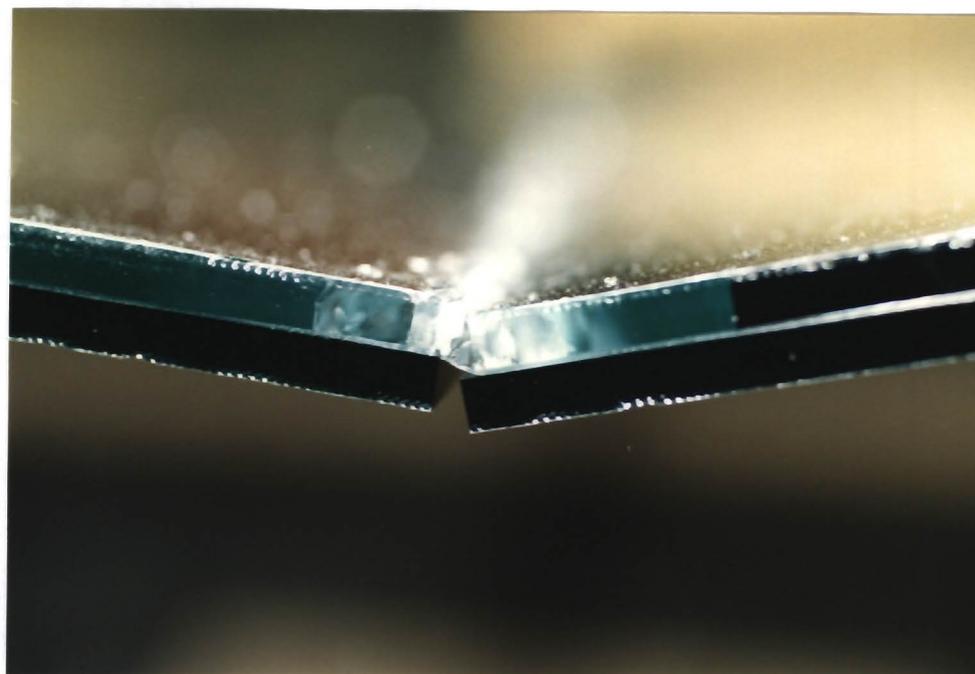


Bild 6 Versuch 1; wie Bild 5; Zustand vor dem Versagen des Tragverhaltens