

Checkliste für die bautechnische Prüfung von Glaskonstruktionen

Der BÜV legt eine Prüfhilfe auf der Basis bauaufsichtlicher Anforderungen vor

Die heutigen Stadtbilder zeigen es unverkennbar: Der Einsatz von Glas als Konstruktionswerkstoff gewinnt immer mehr an Bedeutung. Für die Vielzahl der unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten bedarf es deshalb dringend geeigneter Bemessungsverfahren, Konstruktionshinweisen und Prüf- bzw. Bemessungsgrundlagen. Lag der Schwerpunkt in den vergangenen Jahren in der Analyse und Bewertung von Glas zur Berechnung und Bemessung, gilt es nun, auch die für die Prüfung und Überwachung von Glaskonstruktionen notwendigen Hinweise zu formulieren. Basierend auf der Tatsache, daß im Bauwesen fast jede Glaskonstruktion einen neuen Prototypen darstellt, können die Hinweise lediglich Grundlage einer Einzelprüfung sein.

** Dem Arbeitskreis gehören folgende Kollegen an:
Dipl.-Ing. Hansjörg Braun, Schönmberg;
Dipl.-Ing. Hanns Martin Brüner, Mannheim;
Dipl.-Ing. Matthias Gerold, Karlsruhe;
Dipl.-Ing. Güssen, Aachen;
Dipl.-Ing. Claus Jung, Euskirchen;
Prof. Dr.-Ing. Rolf Kindmann, Dortmund;
Dipl.-Ing. W. Laufs, Aachen;
Dr.-Ing. Hans-Jürgen Meyer, Hamburg;
Dr.-Ing. Karl Morgen, Hamburg;
Dipl.-Ing. Hans Joachim Niebuhr, Dortmund;
Dipl.-Ing. Klaus Reußner, Berlin;
Dipl.-Ing. Jens Schneider, Darmstadt;
Dr.-Ing. Schöber, Stuttgart;
Dr.-Ing. Ulrich Schürmann, Dortmund;
Dr.-Ing. Holger Techen, Hamburg;
Prof. Dr.-Ing. Johann Dietrich Wörner, Darmstadt.*

1 Einleitung

Die Checkliste wurde vom Arbeitskreis Konstruktiver Glasbau des Baulichen Überwachungsvereins der Prüffingenieure Deutschlands (BÜV e.V.) erarbeitet, die redaktionelle Umsetzung und Erläuterung wurde Prof. Dr.-Ing. Wörner, Dipl. Ing. Schneider (TU Darmstadt) und Dr.-Ing. Techen (Windels-Timm-Morgen, Hamburg) realisiert und mit der Bauaufsicht (BD Prof. H. Charlier) abgestimmt.* Sie enthält eine Auflistung wesentlicher Punkte, die dem Prüffingenieur die bautechnische Prüfung auf der Basis der bauaufsichtlichen Anforderungen [11, 12] erleichtern sollen.

2 Checkliste

A. Nachweis der Verwendbarkeit gemäß Bauordnung

Liegt

- eine Norm oder technische Regel oder
- | | eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder
- | | ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis vor?

- ja: „übliches“ Genehmigungsverfahren
- | | nein: Zustimmung im Einzelfall der obersten Bauaufsichtsbehörde

B. Prüfung der Unterlagen

In welchen Anwendungsbereich läßt sich die Verglasung einordnen?

- Vertikalverglasung
- Überkopfverglasung
- | | Absturzsichernde Verglasung (z.B. Brüstungsverglasung, bestimmte Aufzugsverglasungen)
- Begehbare Verglasung / Betretbare Verglasung
- | | Sonstige tragende Verglasungen

Sind alle Einwirkungen und Schadensszenarien berücksichtigt?

- Eigengewicht
- Windlasten, Schneelasten
- Verkehrslasten (z.B. auch Holmlasten)
- Temperaturlasten, Klimabelastungen
- Stoßlasten
- Spontanbruch
- Ausfallbetrachtungen, Systemsicherheit (z.B. Resttragfähigkeit)
-

Sind der Aufbau des Glaselementes, die Glasarten und -dicken sowie Zwischenmaterialien angegeben und das Haltesystem ausreichend beschrieben?

- Floatglas (Spiegelglas)
- Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)
- Teilvorgespanntes Glas (TVG)
- Gußglas (Drahtglas, Profilglas)
- Isolierglas aus
- Verbund-(Sicherheits)-Glas (VSG aus
- Linienlagerung
- Punktlagerung (kugelförmig, starr, in der Zwischenfuge,.....)
-

C. Rechenmodelle

Sind Idealisierungen realitätsnah genug abgebildet?

- Auflagerbedingungen
- Membranspannungen
- Effekte aus Theorie II./III. Ordnung
- FE-Netzmodellierung
-

D. Besonderheiten bei der Berechnung

Sind Besonderheiten bei der Berechnung berücksichtigt?

- Koppelleffekt
- Schubverbund bei Verbundsicherheitsglas
- Bohrungen
- Grenzfallbetrachtungen für die Verschieblichkeit der Lager (Punkthalter)
-

E. Überwachung der Ausführung

- Auflagen aus Prüfbericht, Zustimmung im Einzelfall, Zulassung
- Herstellerbescheinigungen?
- Kennzeichnung von thermisch vorgespanntem Glas (Stempel),.....?
- Kantenverletzungen, Ausmuschelungen?
- Zwängungsarmer Einbau?
- Maßtoleranzen?
- Dauerhaftigkeit?
- Überprüfung der Vorspannung (Existenz)?
-

3 Erläuterungen zur Checkliste zur bautechnischen Prüfung von Glaskonstruktionen

3.1 Nachweis der Verwendbarkeit gemäß Bauordnung

Liegt für eine Glaskonstruktion, deren Verwendbarkeit gemäß Bauordnung nachzuweisen ist

- keine Norm oder technische Regel (z.B. TRÜ [1], TRV [2])
- keine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
- kein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis

vor, bedarf es einer Zustimmung im Einzelfall der obersten Landesbaubehörde. Ferner ist zu überprüfen, inwieweit es sich bei der verwendeten Glasart um ein geregeltes Bauprodukt entsprechend der Bauregelliste A Teil 1 handelt. Teilvorgespanntes Glas (TVG) beispielsweise ist bisher kein geregeltes Bauprodukt gem. Bauregelliste. Die vorzulegenden Verwendbarkeitsnachweise für eine Zustimmung im Einzelfall sind vorab mit der obersten Landesbaubehörde abzustimmen, z.B. [3].

3.2 Prüfung der Unterlagen

Aus den eingereichten Unterlagen müssen Anwendungsbereich und Funktion eindeutig hervorgehen. Glaskonstruktionen können z.B. entsprechend ihrer Funktion in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- Vertikalverglasungen (Fassaden) [2]

- Überkopfverglasungen [1]
- Absturzsichernde Verglasungen [7]
Dies sind z.B. Brüstungsverglasungen, raumhohe Fassadenverglasungen, die ohne gesonderte Absturzsicherung ausgeführt werden, aber auch bestimmte Aufzugsverglasungen, die als Absturzsicherung dienen
- Begehbare Verglasungen, betretbare Verglasungen
Begehbare Verglasungen können planmäßig durch Verkehrslasten belastet werden, betretbare Verglasungen nur außerplanmäßig unter bestimmten Voraussetzungen (z.B. zu Reinigungszwecken bei gleichzeitigen Absperrmaßnahmen)
- Sonstige tragende Verglasungen (z.B. für aussteifende Zwecke)

In Abhängigkeit vom Anwendungsbereich ergeben sich Einwirkungen und Schadensszenarien, die im Rahmen des Nachweises berücksichtigt werden müssen. Diese sind z.B.:

- Eigengewicht $\gamma_{\text{Glas}} = 25 \text{ kN/m}^3$
- Windlasten
Hier ist besonders zu beachten, daß Auflagerbedingungen für Druck und Sog unterschiedlich sein können (z.B. Druck: Linienlagerung, Sog: Punktlagerung). Für punktgehaltene Konstruktionen wird häufig der Sognachweis im Rand- oder Eckbereich maßgebend.
- Schneelasten
- Verkehrslasten
Für begehbare Verglasungen werden z.T. höhere Lastansätze gefordert, als in DIN 1055 vorgesehen. Holmlasten müssen bei absturzsichernden Verglasungen beachtet werden.
- Temperaturlasten, Klimlasten
- Spontanbruch von Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)
- Stoßlasten (harter und weicher Stoß)

Je nach Anwendungsbereich ist infolge der zwei letztgenannten Aspekte häufig ein Nachweis der Systemsicherheit unter Beachtung von Ausfallbetrachtungen und Resttragfähigkeit erforderlich (**Abb. 1 und Abb. 2**) [4, 5, 8].

Aus den Planunterlagen muß das statische System hervorgehen. Der Einfluß von Maßtoleranzen und Lagerungsbedingungen auch der Unterkonstruktionen ist genau zu untersuchen. Zwängungen, z.B. infolge von Temperaturlasten, sollten prinzipiell durch konstruktive Maßnahmen minimiert bzw. ausgeschlossen werden oder müssen bei der Berechnung genau erfaßt werden.

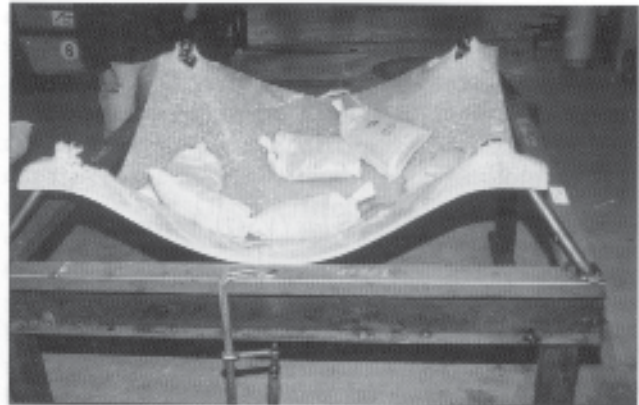


Abb. 1: Resttragfähigkeitsversuch an punktgelagertem VSG aus ESG

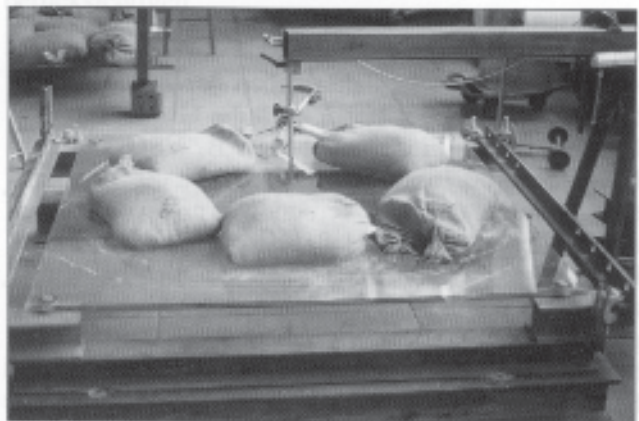


Abb. 2: Resttragfähigkeitsversuch an punktgelagertem VSG aus TVG

Bei der Berechnung von Glaskonstruktionen ist darauf zu achten, daß das gewählte Rechenmodell die Auflagerbedingungen realitätsnah wiedergibt. Dies ist bei punktförmig gelagerten Glasscheiben von großer Bedeutung, da die maximalen Spannungen i.d.R. am Lagerpunkt auftreten und ihre Größe u.a. von der Größe des Auflagertellers, dem Durchmesser der Glasbohrung und der Steifigkeit des Zwischenmaterials (Shore-Härte) abhängig sind. Eine genaue Kenntnis der Eigenschaften des Haltesystems ist deshalb wichtig [30]. Bei FE-Berechnungen ist das Netz im Bohrungsbereich zu verfeinern und so zu wählen, daß auch Effekte der Auflagerung erfaßt werden. Die Wahl der Finiten Elemente (Schalenelemente, Volumenelemente) kann zu unterschiedlichen Spannungen führen. Die Beurteilung der Ergebnisse sollte daher konservativ erfolgen. Ferner ist in vielen Fällen auch der Einfluß aus Theorie II/III. Ordnung (Druck und Membranwirkung) zu erfassen.

3.3 Besonderheiten einzelner Glasarten

3.3.1 Allgemeines

Zu allgemeinen Grundlagen und Materialeigenschaften von Glas wird auf die Fachliteratur ver-

wiesen, z.B. [9, 10, 13 bis 19]. Im folgenden wird ausschließlich auf jene Eigenschaften eingegangen, die bei Bemessung und konstruktiver Durchbildung der Glaskonstruktion sowie bei der Überwachung besonders zu berücksichtigen sind.

3.3.2 Verbundsicherheitsglas (VSG), Verbundglas (VG)

Verbundgläser bestehen aus mindestens zwei Scheiben (z.B. Floatglas, ESG, TVG). Die Verbundwirkung wird bei VSG durch Poly-Vinyl-Butyral-(PVB)-Folien, bei VG i.d.R. durch Gießharze erzielt. Es können abhängig vom Anwendungsbereich alle Glasarten und auch Kombinationen unterschiedlicher Glasarten für VSG/ VG verwendet werden. In den *Technischen Regeln* [1, 2] ist bisher nur VSG zugelassen. Entscheidend ist daher neben der Angabe VSG bzw. VG (Folie oder Harz) auch die Glasart mit den Glasdicken der Einzelscheiben (z.B. VSG aus 2 × Floatglas mit 0,76 mm PVB-Folie). Da die Materialeigenschaften und die Verbundwirkung von Folien und Harzen in starkem Maße von der Temperatur und Belastungsdauer abhängen, kann lediglich bei Kurzzeitlasten (Wind, Stoßlasten) von einem Verbund ausgegangen werden. Nach den derzeit in Anwendung befindlichen *Technischen Regeln* [1, 2] darf eine Verbundwirkung bei der „üblichen“ Bemessung **nicht** angesetzt werden, muß aber bei der Berücksichtigung von veränderlichen Einwirkungen bei Klimlasten ggfs. berücksichtigt werden.

3.3.3 Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)

Der thermische Vorspannprozeß, mit dem nahezu alle ESG-Scheiben für das Bauwesen hergestellt werden, ruft im Glas einen Spannungszustand mit Druckspannungen an den Oberflächen und Zugspannungen im Scheibeninneren hervor, die im Gleichgewicht stehen (Eigenspannungszustand). Oberflächendefekte auf den Oberflächen, die die Biegefestigkeit aufgrund der höheren Kerbempfindlichkeit maßgeblich beeinflussen, werden so überdrückt. Die Streuung der Festigkeit ist geringer als bei Floatglas. Auch die Stoßfestigkeit der Oberflächen von ESG ist höher als die von Floatglas.

Ein nachträgliches Bearbeiten von ESG (Bohrungen, Ausschnitte, Nachschleifen der Kanten) ist nicht zulässig, die lokalen Änderungen des Spannungszustands führen leicht zum Bruch (**Abb. 3**).

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß der thermische Vorspannprozeß auch zu Längenänderungen im Glas führt, die u.U. Maßtoleranzen verursachen können. Ein spezieller Gesichtspunkt von ESG ist der sog. Spontanbruch infolge Nickel-Sulfid-Ein-

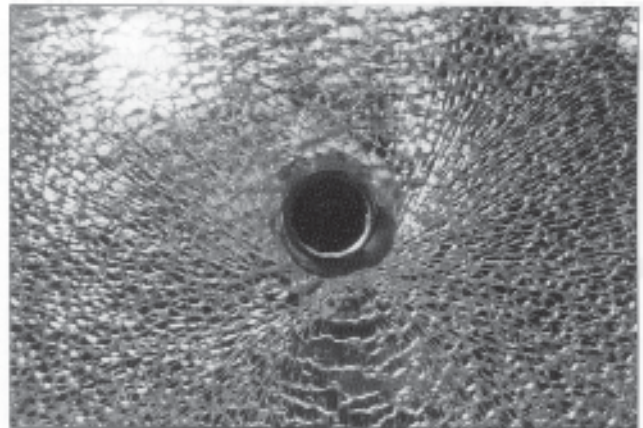


Abb. 3: Bruchbild von ESG mit Bruchausgang am unteren Bohrungsrand (Bohrung: Durchmesser 40 mm)

schlusses [24, 25]. Ein Anwachsen der aufgrund von Verunreinigungen im Glas vorhandenen Nickel-Sulfid-Kristalle in der Zugzone des ESG stört den Spannungszustand und führt ohne äußere Lasteinwirkung und ohne Vorankündigung zum Bruch. Die Wahrscheinlichkeit hierfür wird aufgrund von statistischen Betrachtungen auf ca. 10^{-4} pro Jahr abgeschätzt [28]. Durch den Heißlagerungstest nach DIN 18516 Teil 4 kann die Wahrscheinlichkeit vermutlich um ca. eine Zehnerpotenz verringert werden, da bei diesem Test durch Erwärmung eine Beschleunigung des Vorganges und damit ein vorzeitiger Bruch noch im Werk erzwungen wird. Der Heißlagerungstest sollte an allen ESG-Scheiben durchgeführt werden, die statisch oder sicherheitstechnisch relevant sind.

Bei der Verwendung von bedrucktem oder beschichtetem vorgespanntem Glas ist die Reduzierung der Biegefestigkeit auf der bedruckten/beschichteten Seite zu beachten.

3.3.4 Teilvorgespanntes Glas (TVG)

Teilvorgespanntes Glas wird in dem gleichen Herstellprozeß wie ESG hergestellt, jedoch langsamer abgekühlt, und unterscheidet sich so durch das geringere Maß der eingepprägten Vorspannung. TVG hat folglich eine geringere Biegefestigkeit als ESG, das Bruchbild der Scheiben ähnelt eher dem des Floatglases. TVG ist in Deutschland noch kein genormter Baustoff, es existiert jedoch eine europäische Vornorm [prEN 1863]. TVG hat gegenüber ESG Vorteile, insbesondere bei der Verwendung in VSG, da so eine höhere Resttragfähigkeit erbracht werden kann.

3.3.5 Isolierglas

Wegen des dampfdicht abgeschlossenen Scheibenzwischenraumes entsteht bei Isolierglaseinheiten

ein Koppelfeffekt zwischen den Scheiben, wobei sich beide Scheiben der Isolierverglasung am Lastabtrag beteiligen [22, 26]. Verformt sich die äußere Scheibe, entsteht eine Volumenänderung im Scheibenzwischenraum. Diese Volumenänderung führt zu einer Druckveränderung, die auch die innen liegende Scheibe beeinflusst. Derartige Konstruktionen weisen auch Beanspruchungen aus klimatischen Einwirkungen (Druckdifferenzen) auf [21], die bei der Berechnung berücksichtigt werden müssen und besonders bei Scheiben mit geringer Kantenlänge zur maßgebenden Beanspruchung werden können. Für Standardfälle ist ein Rechenmodell zur Bestimmung der Belastungen aus klimatischen Einflüssen in den Technischen Regeln enthalten [1, 2].

3.4 Verbindungen

Aufgrund der spröden Werkstoffeigenschaften ist Glas nicht in der Lage, Spannungsspitzen durch Plastizieren abzubauen bzw. umzulagern. Der Ausbildung von Verbindungen ist daher besondere Aufmerksamkeit zu schenken [23]. Generell sollte der direkte Kontakt von Glas mit Materialien vermieden werden, deren E-Modul (E-Modul von Glas ca. 70.000 N/mm²) bzw. Oberflächenhärte (*Mohs-Härte* von Glas ca. 5,3) höher als die entsprechenden Kennwerte des Glases sind. Üblich sind Zwischenlagen aus Kunststoffen (Silikon, EPDM, PA6, etc.) oder Weichaluminium. Bei der Wahl dieser Materialien ist auf deren Beständigkeit (UV-Strahlung, Wasser, Reinigungsmittel) und das Dauerstandsverhalten (Kriecheffekte) zu achten.

Bei der Ausbildung einer Verbindung, beispielsweise eines Punktlagers, sind Maßtoleranzen der Glasscheibe unbedingt zu berücksichtigen. Punkthalter sollten in der Lage sein, nicht nur Lasten senkrecht zur Scheibenebene aufzunehmen, sondern auch durch geeignete Anordnung von Fest- und Loslagern eine zwängungsarme Lagerung der Scheibe zu gewährleisten. Die Lage eines dafür vorgesehenen Gelenkes im Halter muß berücksichtigt werden (exzentrische Lasteinleitung). Die Beweglichkeit des Gelenkes muß auch unter Last abgesichert sein.

Da die Einzelscheiben bei Verbundsicherheitsglas (VSG) im Bereich von Bohrungen meist einen erheblichen Versatz aufweisen, müssen Ausgleichsmöglichkeiten der Befestigung vorgesehen werden. Bei einem Ansatz der Lochleibungsspannung im Bohrungsbereich müssen Steifigkeitswerte für das vorhandene Zwischenmaterial in der Berechnung nachgewiesen werden. Sofern die Steifigkeitswerte aus Versuchen gewonnen werden, ist insbesondere die Übertragungsmöglichkeit (Querkontraktion) kritisch zu analysieren. Bei VSG sollte nur eine Scheibe

des VSG-Verbundes bei der Berechnung angesetzt werden.

Bei Structural-Glazing-Klebefugen ist zu beachten, daß nur wenige zugclassene Silikonklebstoffe existieren, die nur in Verbindung mit bestimmten Aluminium- und Glasoberflächen gelten. Für abweichende Oberflächen (z.B. bedrucktes, emailliertes Glas, beschichtetes Aluminium) sind in der Regel zusätzliche Nachweise erforderlich [29]. Über 8 m Gebäudhöhe sind für Structural-Glazing-Fassaden immer zusätzliche mechanische Halterungen vorzusehen. Statische Berechnungen der Gläser müssen dabei eine mögliche Änderung des statischen Systems (z.B. bei punktförmiger mechanischer Halterung) berücksichtigen.

4 Überwachung der Ausführung

Eine Überwachung der Ausführung sollte die in den vorangegangenen Kapiteln genannten Konstruktionshinweise und die Überprüfung der ordnungsgemäßen Kennzeichnung der Glasarten beinhalten. Dabei ist auf folgende Punkte zu achten:

- Einhaltung der Auflagen aus Prüfbericht, Zustimmung im Einzelfall oder Zulassung
- Vorlage der Herstellerbescheinigungen
Glasart und -stärke, Zwischenmaterialien, Abmessungen und Kantenbearbeitung müssen aus den Unterlagen hervorgehen. Für durchgeführte Heißlagerungstests müssen bei ESG Unterlagen vorliegen. Die Heißlagerung soll nach DIN 18516 Teil 4 erfolgen
- Eindeutige Kennzeichnung von ESG
ESG muß durch einen keramischen Stempel (z.B. ESG nach DIN 1249 T12) gekennzeichnet sein.
- Kantenverletzungen, Ausmuschelungen
Kantenverletzungen und Ausmuschelungen sollten generell eine Tiefe von ca. 10% der Scheibendicke nicht überschreiten. Sie sind nicht zulässig in Bohrungsbereichen und Bereichen von freien Rändern.
- Zwängungsarme Lagerung und sachgemäßer Einbau der Glasscheiben
Bei VSG aus vorgespannten bedruckten Gläsern ist zusätzlich darauf zu achten, daß die Scheiben seitenrichtig eingebaut werden, da die Biegefestigkeit des Glases für den Fall der bedruckten Seite in der Zugzone geringer ist.

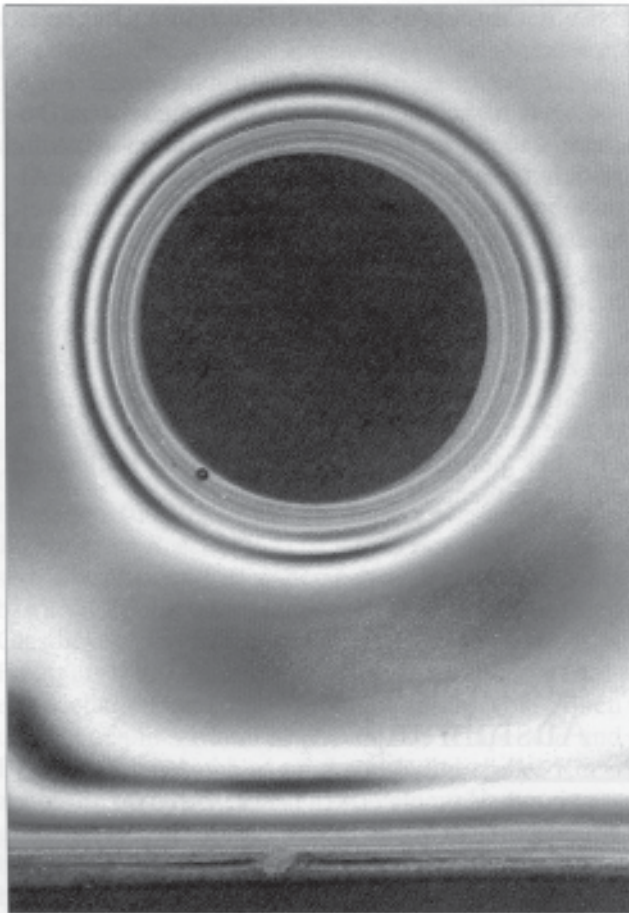


Abb. 4: Farberscheinungen (Bild: RWTH Aachen)

- **Einhaltung zulässiger Maßtoleranzen**
Hier können beispielsweise Angaben der DIN 1249 verwendet werden. Bei gebohrten Verbundgläsern für die Ausbildung von Verbindungen müssen Maßtoleranzen eingehalten werden, die den Lochversatz im Bohrungsbereich auf wenige Millimeter begrenzen.
- **Dauerhaftigkeit von Verbindungen**
- **Überprüfung der Vorspannung (Existenz/ Höhe)**
Die Überprüfung der Existenz einer Vorspannung kann bei vorgespannten Scheiben (ESG, TVG) mit Hilfe zweier Polfilter auch auf der Baustelle zerstörungsfrei erfolgen. Dazu muß jeweils ein Polfilter vor und hinter die Scheibe gehalten werden. Im Kanten- und Bohrungsbereich treten aufgrund des Prinzips der Doppelbrechung Farberscheinungen auf, die das Vorhandensein einer eingepreßten Vorspannung anzeigen (Abb. 4). Die Höhe der Vorspannung kann durch entsprechende Meßgeräte bestimmt werden [27].

5 Zusammenstellung wesentlicher Regelwerke für Glaskonstruktionen

<p>Konstruktion</p> <p>1. Fassaden</p> <p>Linienförmig gelagerte Vertikalverglasungen</p> <p>Hinterlüftete Glasfassaden (auch in der Fuge punktgelagerte Fassaden)</p> <p>Structural-Glazing-Fassaden, Andere punktförmig gelagerte Fassaden</p>	<p>Behandlung</p> <p>TRV [2] (wird überarbeitet)</p> <p>DIN 18516 Teil 4</p> <p>Zulassungen bzw. Zustimmung im Einzelfall</p>
<p>Konstruktion</p> <p>2. Überkopfverglasungen</p> <p>Linienförmig gelagerte Überkopfverglasungen</p> <p>Alle anderen Überkopfverglasungen</p>	<p>Behandlung</p> <p>TRÜ [1] (wird überarbeitet)</p> <p>Zulassungen bzw. Zustimmung im Einzelfall</p>

Konstruktion	Behandlung
3. Absturzsichernde Verglasungen	Zustimmung im Einzelfall unter Beachtung der <i>Bauaufsichtlichen Anforderungen an absturzsichernde Verglasungen</i> [7] (wird überarbeitet)

Anmerkung: Die *Technischen Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Überkopfverglasungen* sowie die *Technischen Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Vertikalverglasungen* werden derzeit überarbeitet. Es ist mit zahlreichen Änderungen, insbesondere im Hinblick auf die Klimaeinwirkungen zu rechnen. Zusätzlich wird vom Sachverständigenausschuß *Glas im Bauwesen* des Deutschen Instituts für Bautechnik eine Technische Regel für absturzsichernde Verglasungen erarbeitet.

Konstruktion	Behandlung
4. Begehbare Glas	Zulassungen bzw. Zustimmung im Einzelfall

Konstruktion	Behandlung
5. Andere tragende Glaselemente	
Glasbalken, -stützen	Zulassungen bzw. Zustimmung im Einzelfall
Scheibenbeanspruchte Glaselemente	Zulassungen bzw. Zustimmung im Einzelfall
Glaskonstruktionen mit TVG (Glasart ist nicht in Bauregelliste A Teil 1 enthalten)	Zulassungen bzw. Zustimmung im Einzelfall

6 Literatur

- [1] TRÜ Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Überkopfverglasungen (09.96). Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik Nr.5/96 S 223 ff
- [2] TRV Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Vertikalverglasungen (Entwurfassung 05.97), Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik Nr.4/97 S 90 ff
- [3] Landsgewerbeamt Baden-Württemberg, Landesstelle für Bautechnik (1998) Allgemeines Merkblatt zur Erlangung einer Zustimmung im Einzelfall (Fassung 20.02.1998), Stuttgart
- [4] Landsgewerbeamt Baden-Württemberg, Landesstelle für Bautechnik (1998) Zusammenfassung der wesentlichen Anforderungen an zustimmungspflichtige Überkopfverglasungen (Fassung 20.02.1998), Stuttgart
- [5] Landsgewerbeamt Baden-Württemberg, Landesstelle für Bautechnik (1998) Zusammenfassung der wesentlichen Anforderungen an begehbare Verglasungen im Rahmen einer Zustimmung im Einzelfall (Fassung 20.02.1998), Stuttgart
- [6] Landsgewerbeamt Baden-Württemberg, Landesstelle für Bautechnik (1998) Zusammenfassung der wesentlichen Anforderungen an zustimmungspflichtige Vertikalverglasungen (Fassung 20.02.1998), Stuttgart
- [7] Landsgewerbeamt Baden-Württemberg, Landesstelle für Bautechnik (1998) Zusammenfassung der wesentlichen Anforderungen an absturzsichernde Verglasungen im Rahmen von Zustimmungen im Einzelfall (Fassung 20.02.1998), Stuttgart
- [8] Shen X., Pfeiffer R., Schneider J. (1997) Sicherheit und Resttragfähigkeit von Überkopfverglasungen und begehbarem Glas. In: Institut für Statik (Hrsg) Bericht Nr. 12 (Jahresbericht 1997), Technische Universität Darmstadt, S 119-130
- [9] Klimke, H. (Hrsg) (1998) Stahlbau-Themenheft Bauen mit Stahl und Glas. Stahlbau 67 Nr. 4.
- [10] Freunde des Instituts für Massivbau der TH Darmstadt (1993) Konstruieren mit Glas. Darmstädter Massivbau-Seminar Band 9, Technische Hochschule Darmstadt
- [11] Mais R. (1998) Verwendung von Glas am Bau – Gesetzliche Anforderungen. Detail Nr. 3(1998), S. 401-404
- [12] Charlier H. (1997) Bauaufsichtliche Anforderungen an Glaskonstruktionen. Der Prüflingenieur Nr.11(1997), S. 44-54 bzw. Deutsches Ingenieurblatt (1998), H. 5, S. 16-23 (Teil 1) und H.6, S.22-28 (Teil 2)
- [13] VEGLA Vereinigte Glaswerke GmbH, Balkow D (1997) Technisches Handbuch Glas am Bau. mkt gmbh, Alsdorf
- [14] Wörner J.-D., Shen X., Pfeiffer R., Schneider J. (1998) Konstruktiver Glasbau. Bautechnik 75 Nr. 5
- [15] Kühne K. (1984) Werkstoff Glas. Akademie-Verlag, Berlin
- [16] Petzold A., Marusch H., Schramm B. (1990) Der Baustoff Glas. (3.Aufl) Verlag für Bauwesen, Karl Hofmann, Berlin und Schondorf
- [17] Flachglas AG (1997) Das Glas-Handbuch. Fügenverlag, Gelsenkirchen

- [18] Pfaender H. G. Schott-Glaslexikon. (5.Aufl) mgv-Verlag, Landsberg a.L.
- [19] Scholze H. (1988) Glas-Natur, Struktur und Eigenschaften. Springer, Berlin Heidelberg New York
- [20] Bau-Überwachungsverein (BÜV) e.V. (1998) Richtlinie für den Einsatz von Glas als Konstruktionswerkstoff. Entwurf 01.98, Hamburg
- [21] Feldmeier F. (1996) Zur Berücksichtigung der Klimabelastung bei der Bemessung von Isolierglas bei Überkopfverglasung, Stahlbau 65 Nr.8
- [22] Feldmeier F. (1997) Die Statik von Isolierglas. In: Otti Technologie-Kolleg (Hrsg) Glas im Bauwesen. Eigenverlag, Regensburg, S 1-15
- [23] Tochen H. (1997) Füge-technik für den konstruktiven Glasbau. Dissertation, Bericht Nr.11, Institut für Statik, Technische Universität Darmstadt
- [24] Wagner R. (1977) Nickelsulfid-Einschlüsse in Glas. Glas-technische Berichte, Nr.11, S 296 ff
- [25] Popoola O. O., Cooper J. J., Kriven W. M. (1993) Microstructural Investigation of Fracture-Initiating Nickel Sulfide Inclusions in Glass. Ceram. Eng. Sci. Proc. 14 [3-4], pp 284-294
- [26] Wörner J.-D., Shen X., Sagmeister B. (1993) Determination of Load Sharing in Insulating Glass Units. Journal of Engineering Mechanics vol 19(2), ASCE (Amer. Soc. of Civil Eng.), pp 386-392
- [27] Wörner J.-D., Schneider J., Fink A. (1998) Meßmethoden des konstruktiven Glasbaus. Reihe Thema Forschung, Heft 1/98, Technische Universität Darmstadt, S 40ff
- [28] Wörner J.-D., Hosemann H.-J., Schneider J.: Berücksichtigung des Spontanbruchs bei der Verwendung von thermisch vorgespanntem Glas im Bauwesen. in Vorbereitung
- [29] EOTA-Richtlinie: Guideline for European Technical Approval for Structural Sealant Glazing Systems (SSGS), 10.1997
- [30] Landesgewerbeamt Baden-Württemberg, Landesstelle für Bautechnik (1998) Mindestanforderungen an Verwendbarkeitsnachweise punktförmig gestützter Glaskonstruktionen, Rev. 0.9a, Stuttgart

7 Normen

- DIN (1981) Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen. Beuth, Berlin
- DIN-Taschenbuch 99 (1997) Verglasungsarbeiten. (5. Aufl) Beuth, Berlin
- DIN 1055 Lastannahmen für Bauten
- DIN 1249-10 Flachglas im Bauwesen - Chemische und physikalische Eigenschaften, 08.90
- DIN 1249-11 Flachglas im Bauwesen - Glaskanten, 09.1986
- DIN 1249-12 Flachglas im Bauwesen - Einscheiben-Sicherheitsglas, 09.1990
- DIN 1259-1 Glas - Begriffe für Glasarten und Glasgruppen, 09.1986
- DIN 1259-2 Glas - Begriffe für Glaserzeugnisse, 09.1986
- DIN 1286-1 Mehrscheiben-Isolierglas, luftgefüllt, 04.1994
- DIN 1286-2 Mehrscheiben-Isolierglas, gasgefüllt, 04.1994
- DIN 4242 Glasbaustein-Wände, 01.1979
- DIN 4243 Betongläser, 03.1978
- DIN-V 11535 Gewächshäuser, 06.1994
- DIN 18032-3 Sporthallen, Prüfung der Ballwurfsicherheit, 09.1979
- DIN 18174 Schaumglas als Dämmstoff für das Bauwesen, 01.1981
- DIN 18175 Glasbausteine, 05.1977
- DIN 18516-4 Außenwandbekleidungen, hinterlüftet, Einscheiben-Sicherheitsglas, 02.1990
- DIN 32622 Aquarien, 10.1996
- DIN 52290-4 Angriffshemmende Verglasungen, Prüfung auf durchwurfschließende Eigenschaft, 11.1988
- DIN 52292-1 Prüfung von Glas und Glaskeramik, Bestimmung der Biegefestigkeit, Doppelring-Biegeversuch, 04.1984
- DIN 52299 Bestimmung der Oberflächendruckspannung von thermisch vorgespanntem Glas, (Entwurf), 07.1993
- DIN 52303-1 Flachglas - Bestimmung der Biegefestigkeit, Prüfung bei zweiseitiger Auflagerung, 08.1984
- DIN 52303-2 Profilbauglas - Bestimmung der Biegefestigkeit, Prüfung bei zweiseitiger Auflagerung, 03.1983
- DIN 52317-1 bis -6 Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas, (Entwurf), 01.1995
- DIN 52338 Kugelfallversuch für Verbundglas, 09.1985
- DIN 52349 Bruchstruktur von Glas für bauliche Anlagen, 08.1977
- DIN 52460 Fugen- und Glasabdichtungen, 05.1991
- DIN-ENV-1991 Eurocode 1 - Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke, 1995
- DIN EN 356 Prüfverfahren und Klasseneinteilung für angriffshemmende Verglasungen für das Bauwesen, 01.1991
- DIN EN 572-1 Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronglas, Definitionen und allgemeine physikalische und mechanische Eigenschaften, 01.1995
- DIN EN 572-2 Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronglas - Floatglas, 01.1995
- DIN EN 572-3 Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronglas - Poliertes Drahtglas, 01.1995
- DIN EN 572-7 Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronglas - Profilbauglas mit oder ohne Drahteinlage, 11.1994
- DIN EN 12488 Glas am Bau- Verglasungsrichtlinien - Verglasungssysteme und Anforderungen für die Verglasung, 10.1996
- E DIN EN 12600 Pendelschlagversuch, 12.1996
- ISO 868 Plastics and Ebonite - Determination of Indentation, Hardness by means of a Durometer (Shore-Hardness)
- prEN 1096-1 Beschichtetes Glas für das Bauwesen, 08.1993
- prEN 1279 Mehrscheiben-Isolierglas, 08.1996
- prEN 1288-3 Glas - Bestimmung der Biegefestigkeit
- prEN 1863 Teilvorgespanntes Glas, 04.1997
- prEN 12150 Thermisch vorgespanntes Sicherheitsglas, 04.1997
- prEN 12337 Chemisch vorgespanntes Glas, 04.1997
- prEN ISO 12543 Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas, 07.1996