

Sicherheitskonzepte und Bemessung im Konstruktiven Glasbau:

Und Glas trägt doch

Johann-Dietrich Wörner

Glas als Baustoff hat eine lange Tradition, insbesondere aufgrund seiner Durchsichtigkeit. Die im Vordergrund stehende Anwendung im Fensterbereich hat bewirkt, daß Regelwerke zunächst auf die dort relevanten Aspekte ausgerichtet waren. Durch neue architektonische Ansätze gibt es inzwischen eine Vielzahl von Anwendungsgebieten für Glas als konstruktiven Baustoff. Es ist notwendig, die Berechnung von Glasbauteilen und die Beurteilung der Tragfähigkeit auf neue Grundlagen zu stellen. Versuche und prinzipielle Überlegungen führen zu einem Sicherheitskonzept, aus dem heraus Berechnungsverfahren sowie Konstruktionsregeln entwickelt werden können. Z. Z. sind Regelwerke im Entstehen, die die Verwendung von Glas im Bauwesen bei Einhaltung des erforderlichen Sicherheitsstandards ermöglichen.

Was der Anwender beachten muß:

- Einbausituation muß mit der Berechnung der angenommenen Randbedingungen übereinstimmen.
- Elemente müssen entsprechend ihrer Kennzeichnung ordnungsgemäß eingebaut werden.
- Elemente dürfen keine Beschädigungen aufweisen (z. B. Rundverbund).

Neben den üblichen Einwirkungen wie Lasten aus Eigengewicht, Schnee und Wind müssen auch Einwirkungen infolge Zwängung (z. B. Verformung der Unterkonstruktion), hartem und weichem Stoß, Spontanbruch infolge Nickel-Sulfid-Wachstum bei ESG ohne entsprechenden Heißlagerungstest sowie auch infolge klimatischer Einwirkungen bei Isolierverglasungen bei der Berechnung miteinbezogen werden. Dem steht auf der Widerstandsseite die Glasfestigkeit, die Wirkung der Verbundfolie bei VSG sowie der Einfluß der Umgebungsbedingungen und der Beanspruchungsdauer entgegen. Zusätzlich muß das Systemverhalten wie etwa der Koppelleffekt bei Isolierverglasungen oder die Berücksichtigung der Theorie 2. Ordnung bei der Berechnung beachtet werden.

Ein Problem bei der Glasbemessung besteht in der Abhängigkeit von Einwirkung (Höhe und Dauer) und Widerstand. Dadurch werden sowohl die Überlagerungsvorstellungen als auch die Teilung in Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkung und Widerstand sehr erschwert.

Bis heute ist kein abgesichertes und anerkanntes Bemessungsverfahren für Glas als Baustoff allgemein festgeschrieben. In den vorhandenen technischen Regeln, z. B. TRLV [9], wird der Nachweis durch Vergleich der vorhandenen Zugspannung mit einer zulässigen Spannung geführt:

$$\sigma_S \leq \sigma_{zul} = \frac{\sigma_R}{\gamma}$$

wobei σ_{zul} die zulässige Spannung, γ den globalen Sicherheitsbeiwert und σ_R die Glasfestigkeit bezeichnen. Der Begriff globaler Sicherheitswert bedeutet, daß der Faktor γ gleichzeitig alle, d. h. mit den Einwirkungen, den Widerständen des Glases und mit dem Berechnungsmodell behafteten Unsicherheiten und Einflüsse abdeckt. Wichtig ist, daß dieser globale Sicherheitsbeiwert keine weitere Berücksichtigung des Einflusses der Größe der Scheibenfläche und der Belastungsdauer beinhaltet.

Vom Nachweis Konzept her ist es unerheblich, ob der globale Sicherheitsfaktor auf der Einwirkungs- oder Widerstandsseite angesetzt wird. Die tatsächliche Sicherheit wird dadurch jedoch unter Umständen (z. B. Theorie 2. Ordnung) beeinflusst. Beim probabilistischen Bemessungskonzept können die oben genannten Effekte mit entsprechendem Aufwand weitgehend konsequent berücksichtigt werden. Die einzelnen Einflüsse (von Belastungsdauer bis Flächengröße) werden über Teilsicherheitsbeiwerte und spezielle Abminderungsfaktoren für die Glasfestigkeit erfaßt. Das hier vorgestellte Konzept basiert auf der Arbeit von Shen [6] und wurde um verschiedene Aspekte (z. B. Klimaeinwirkung) erweitert.

Die grundlegende Nachweisgleichung lautet:

$$S_d \leq R_d$$

$$S_d [\sum (\gamma_G \cdot G_k) + (\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}) + \sum (\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i})] \leq R_d [\eta_D \cdot \eta_F \cdot \sigma_k / \gamma_R; f]$$

mit

- G_k charakteristische Werte der ständigen Einwirkungen,
- $Q_{k,1}$ Leitwert der veränderlichen Einwirkungen,
- $Q_{k,i}$ weitere veränderliche Einwirkungen,
- γ_G Teilsicherheitsbeiwerte für ständige Einwirkungen,
- $\gamma_{Q,i}$ Teilsicherheitsbeiwerte für veränderliche Einwirkungen,
- $\psi_{0,i}$ Kombinationsbeiwerte für veränderliche Einwirkungen,
- σ_k charakteristischer Wert der Glasfestigkeit,
- γ_R Teilsicherheitsbeiwert für die Glasfestigkeit,
- η_D Einflußfaktor der Belastungsdauer auf die Glasfestigkeit,
- η_F Einflußfaktor der Flächengröße auf die Glasfestigkeit,
- f Grenzwert der Durchbiegung.

Der Nachweis ausreichender Tragfähigkeit ist erbracht, wenn nachgewiesenermaßen die Bemessungsgröße der Einwirkung kleiner oder gleich der Bemessungsgröße des Widerstands ist.

Schubverbund bei Verbundgläsern (VSG/VG)

Je nach Temperaturbereich und Belastungsdauer herrscht bei VSG oder VG ein mehr oder weniger guter Schubverbund zwischen den Scheiben, da PVB-Folien (thermoplastische Kunststoffe) und reaktionsfähige Harze ein ausgeprägtes Kriechverhalten aufweisen. So herrscht bei Kurzzeitbelastungen (z. B. Windlasten) und Temperaturen unter 50 °C nahezu vollständiger Schubverbund, bei Temperaturen ab 50 °C jedoch hingegen nahezu kein Schubverbund mehr (Bild 1). Alle derzeitigen Regelungen (z. B. TRLV) gehen davon aus, daß für den Nachweis der Tragfähigkeit bei Lasteinwirkung auf den Ansatz einer Schubwirkung verzichtet werden muß. Für Isoliergläser ist jedoch zusätzlich der Grenzzustand des vollen Schubverbundes zu berücksichtigen. Es ist zu beachten, daß die Vernachlässigung der Verbundwirkung bei einer Bemessung nicht generell auf der sicheren Seite liegt. Während die Vernachlässigung der Verbundwirkung bei Einwirkung äußerer Lasten im allgemeinen auf der sicheren Seite liegt, muß der Verbund bei Zwangsbeanspruchungen berücksichtigt werden. So führen Zwängungen, z. B. durch Verformungseinwirkungen, bei einem wirksamen Verbund zu höheren Beanspruchungen des Glases.

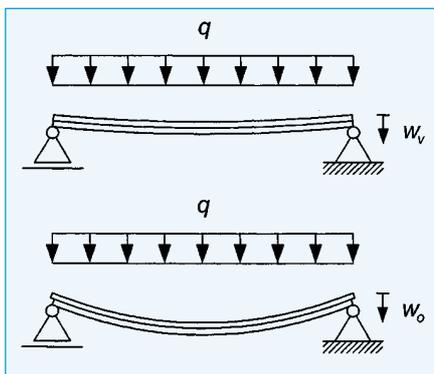


Bild 1: Verformungsverhalten einer Scheibe: oben mit und unten ohne Verbundwirkung

Koppeleffekt bei Isolierglas

Durch das im Scheibenzwischenraum eingeschlossene Gas entsteht ein Koppeleffekt, der bei der Bemessung zu berücksichtigen ist. Infolge klimatischer Verhält-

nisse (Temperaturveränderungen, Änderung des Luftdrucks) können zusätzliche Glasbeanspruchungen auftreten. Zugleich kann auch bei äußeren Belastungen nachgewiesen werden, daß nicht nur die lastzugewandte Seite, sondern beide Scheiben am Lastabtrag partizipieren. Über die allgemeine Gasgleichung und Berücksichtigung der Steifigkeiten der Scheiben kann die Größe des Koppeleffektes quantifiziert werden (Bild 2).

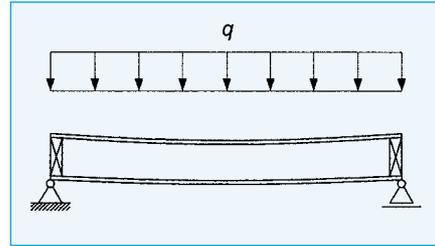


Bild 2: Koppeleffekt bei Isolierglas

Mit der Hilfe entsprechender FE-Berechnungen und Zugrundelegung der allgemeinen Gasgleichung kann die Koppelung bei beliebigen Randbedingungen erfaßt werden. Für einfache Fälle ist eine Handrechnung möglich und ausreichend. Franz Feldmeier hat die zusätzlich zu den üblichen äußeren Einwirkungen (Winddruck o. ä.) die speziell bei Isoliergläsern (Bild 3) zu berücksichtigenden Effekte der Klimlasten quantifiziert [1, 2, 3].

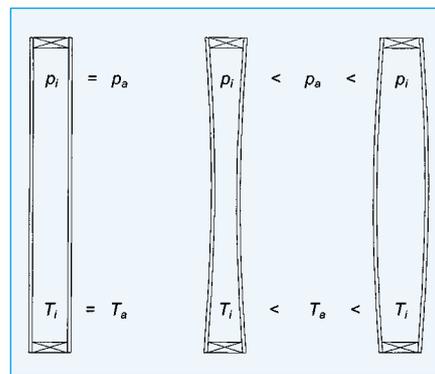


Bild 3: Verformungen einer Isolierglas-scheibe durch Änderungen des Luftdrucks (p) und der Temperatur (T)

Für unnachgiebige Systeme gilt demnach:

$$\Delta p = 0,34 (T_{\text{Einbau}} - T_{\text{Produktion}}) \text{ in kPa}$$

$$\Delta p = 0,012 (H_{\text{Einbau}} - H_{\text{Produktion}}) \text{ in kPa/m}$$

T = Temperatur in Kelvin

H = Ortshöhe in Meter

Die tatsächlich vorhandene Nachgiebigkeit der Scheiben kann durch eine entsprechende Berechnung berücksichtigt werden [1, 4]. Die durch Klimawirkung etc. auftretenden Einwirkungen sind in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation mit den anderen Einwirkungen zu überlagern.

Theorie 2. Ordnung

Aus verschiedenen Bereichen des konstruktiven Ingenieurbaus ist die Relevanz der Theorie 2. Ordnung, d. h. Gleichgewicht am verformten System, bekannt und hat Einzug in die praktische Bemessung gehalten. Während für druckbeanspruchte Bauteile die Berücksichtigung der Theorie 2. Ordnung aus Sicherheitsgründen erforderlich ist, können bei zu beanspruchten Bauteilen Wirtschaftlichkeitsüberlegungen im Mittelpunkt stehen. Bei Glaskonstruktionen können je nach System beide Effekte auftreten.

Die quantitative Erfassung kann in einfachen Fällen (z. B. vierseitig gelagerte Scheibe, Kreisscheibe) über analytische Rechnungen erfaßt werden. Bei aufwendigeren Geometrien sind in der Regel numerische Verfahren (z. B. FE) erforderlich. Am Beispiel der Kreisplatte sei der Effekt exemplarisch dargestellt: In zwei getrennten Berechnungen können die Verformungen einer auf Biegung beanspruchten und einer Membran für zwei Lastanteile p_{Biegung} und p_{Membran} ermittelt werden: Durch Gleichsetzen der maximalen Verformungen (Vernachlässigung unterschiedlicher Verformungsfiguren) können die Lastanteile ermittelt werden (Bild 4):

$$w_{\text{max, Biegung}} = w_{\text{max, Membran}}$$

$$P_{\text{gesamt}} = P_{\text{Membran}} + P_{\text{Biegung}}$$

Lokale Spannungen

Besonderes Augenmerk verdient gerade beim Glas die Modellierung zur Bestimmung der relevanten Beanspruchungen insbesondere im Bereich von Spannungsspitzen. Die Sprödigkeit von Glas erfordert, daß die höchste Beanspruchung mit ausreichender Zuverlässigkeit bestimmt wird. Lokale Lasteinleitungen, z. B. an den Auflagerungen, stellen hier besondere Anforderungen: Die lokale (Finite-Element-)Modellierung muß für die jeweilige Situation angepaßt werden (Bild 5). Einfache Überlegungen, wie beispielsweise Bestimmung der Glasspannungen ohne genaue Berücksichtigung der Bohrungsgeometrie können zu gefährlichen Fehleinschätzungen führen. Gerade die lokalen Ausführungen z. B. Fasen im Bereich von Bohrungen etc. haben

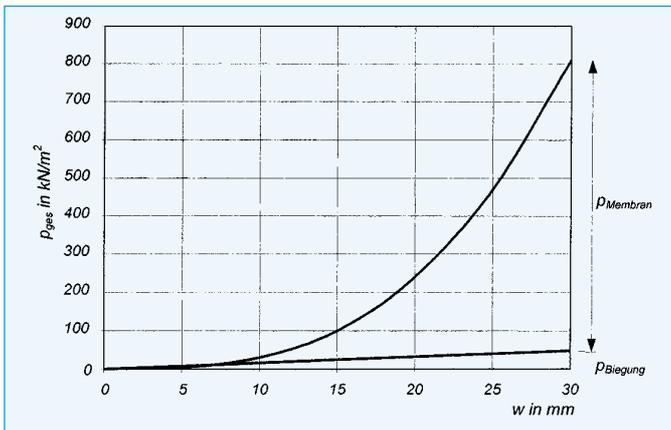


Bild 4: Aufteilung der Belastung von P_{gesamt} in P_{Membran} und P_{Biegung} (Kreisplatte, starr gelagert)

einen großen Einfluß auf die Spannungen. Bei ESG und TVG ist zusätzlich die Frage der vorhandenen Druckvorspannung im lokalen Bereich zu stellen. Aufgrund eigener Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß bei sachgerechter Ausführung der Fasen (Bild 6) keine Abminderung der aufnehmbaren Zugspannung im Bereich biegebeanspruchter Bohrungen erforderlich ist [5].

Experimentelle Untersuchungen

Im konstruktiven Glasbau spielen die experimentellen Untersuchungen eine sehr wichtige Rolle. Die Sprödigkeit des Glases und Schwierigkeiten bei der rechnerischen Erfassung möglicher Spannungsspitzen erfordern in vielen Fällen, daß die Sicherheit durch Versuche nachgewiesen wird. So ist

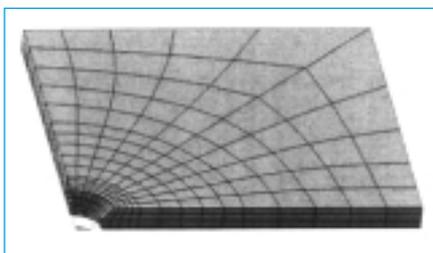


Bild 5: FE-Modellierung im Bereich einer Punktlagerung

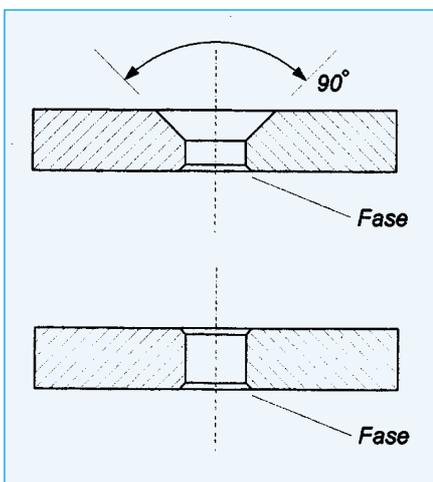


Bild 6: Ausführung von Bohrungen

es bis heute nicht möglich, das Verhalten von VSG nach der Entstehung von Glasbruch rechnerisch realistisch zu erfassen. Gleichwohl wird bei vielen Konstruktionen eine quantitative Beschreibung der Resttragfähigkeit, d. h. der Tragfähigkeit auch nach der Zerstörung einzelner Glaselemente, gefordert (z. B. Überkopfverglasungen). Ähnliches gilt für absturzsichernde Verglasungen und begehbares Glas, bei denen die Widerstandsfähigkeit gegenüber möglichen Einwirkungen nur begrenzt auf rechnerischem Wege erfaßt werden kann. Spätestens dann, wenn letztlich Glasbruch akzeptiert, Versagen aber durch zusätzliche Reserven (z. B. Tragverhalten der Folie) planmäßig verhindert werden soll, stellt sich die Frage der Konzeption der experimentellen Nachweise.

Wichtig für die Versuchskonzeption ist die klare Definition der Zielsetzung. Sofern der Versuch lediglich der Bestätigung durchgeführter Berechnungen dienen soll, ist eine Begrenzung auf wenige Versuche akzeptabel. Ersetzen die Experimente jedoch einen rechnerischen Nachweis, sind die Randbedingungen durch Grenzbetrachtungen zu berücksichtigen und die Anzahl der Versuche ist der angestrebten statistischen Aussagefähigkeit anzupassen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die experimentellen Untersuchungen, die derzeit in Abhängigkeit von den Konstruktionen und deren Anforderungen üblich sind.

Das prinzipielle Problem der experimentellen Nachweise liegt in der Behandlung der oben ausgeführten Sicherheitsanforderungen: Da der Widerstand im einzelnen nicht auf den charakteristischen Wert bzw. auf den Bemessungswert „eingestellt“ werden kann, verbleibt lediglich die Möglichkeit der Veränderung der Einwirkung. Auf der Widerstandsseite kann es – versuchstechnisch bedingt – zu weiteren Effekten kommen, die aus Gründen der Sicherheit berücksichtigt werden müssen:

- Die Verbundwirkung bei Verbundsicherheitsglas bzw. Verbundglas, in der Rechnung meist vernachlässigt, tritt im Versuch je nach Belastungsdauer und Temperatur auf.

- Bei extrem kurzen Beanspruchungsdauern, wie sie bei Anprallversuchen auftreten, zeigt Glas eine gegenüber den üblichen Festigkeitswerten deutlich höhere Beanspruchbarkeit.

Während der erste Effekt durch entsprechende Maßnahmen beim Versuch berücksichtigt werden sollte, ist die geschwindigkeitsabhängige Festigkeitszunahme eine Gegebenheit, die bei einem rechnerischen Tragfähigkeitsnachweis unter dynamischer Belastung angesetzt werden darf.

Überwachung und Kontrollen

Noch mehr als andere Konstruktionen verlangen Glasbauteile nach einem verantwortungsvollen Umgang. Dies beginnt bei der Planung und der Konstruktion durch fachlich kompetente, erfahrene Ingenieure bis zur Ausführung durch entsprechend qualifiziertes Personal. Das im Bauwesen verankerte Vier-Augen-Prinzip sollte hier die gesamte Kette abdecken. Der Bauüberwachungsverein BÜV hat zu diesem Zweck eine Checkliste entwickelt [8], in der die wichtigsten Aspekte aufgenommen sind. Auf folgende Punkte ist besonderer Wert zu legen:

Entwurf/Konstruktion/Berechnung

- Welche Anforderungen werden an die Konstruktion gestellt?
- Welche Szenarien und Einwirkungen sind vorstellbar?
- Sind Konstruktion, Anforderungen und Material aufeinander abgestimmt?
- Umfaßt die Darstellung der Konstruktion alle relevanten Bauteile/Details?
- Wurden alle relevanten Bauteile/Details hinsichtlich der auftretenden Beanspruchungen untersucht?
- Sind die angesetzten Berechnungsmethoden (z. B. vereinfachte Modelle, FE...) in der Lage, die auftretenden Beanspruchungen realitätsnah/auf der sicheren Seite zu bestimmen?
- Sind alle Angaben für die Herstellung/den Einbau der einzelnen Bauteile vorhanden und sinnvoll?

Herstellung

- Entsprechen die einzelnen Elemente auch in Detailpunkten den in der Planung/Berechnung festgelegten Vorgaben (z. B. Abmessungen, Kantenbearbeitung, Fasen, Scheibenaufbau)?
- Liegen entsprechende Herstellernachweise für die einzelnen Elemente vor?
- Entsprechen die Einrichtungen des Herstellers den Anforderungen (z. B. Verklebungen bei definierten Umgebungsbedingungen, Heat-Soak-Test-Ofen)?

Konstruktion	Experimenteller Nachweis	Kriterium
Absturzsichernde Verglasungen	Pendelschlagversuch mit weichem Stoßkörper (Doppelreifen nach DIN EN 12600), in Ausnahmefällen: Pendelschlagversuch mit hartem Stoßkörper (Stahlkugel, 1 kg)	Verglasung wird nicht durchschlagen, kein Herabfallen gefährlicher Bruchstücke
Überkopfverglasungen	Resttragfähigkeitsnachweis unter Stoßbelastung mit Zusatzbelastung	Mindeststandzeit, z. B. 24 Stunden
Zu Reinigungszwecken betretbare Überkopfverglasungen	Fallversuch mit weichem Stoßkörper (Glas-kugelsack, 50 kg) und Fallversuch mit hartem Stoßkörper (Stahlkugel, 4 kg) bei Belastung mit Einzellast	Verglasung wird nicht durchschlagen, kein Herabfallen gefährlicher Bruchstücke, Mindeststandzeit, z. B. 30 min.
Begehbare Verglasungen	Fallversuch mit hartem Stoßkörper („Torpedo“, 40 kg) bei Belastung mit Einzellast	Verglasung wird nicht durchschlagen, kein Herabfallen gefährlicher Bruchstücke, Mindeststandzeit, z. B. 30 min.
Sonstige tragende Glasbauteile, z. B. Balken, Glaselemente zur Aussteifung, Stützen	Belastungsversuche zur Kalibrierung der rechnerischen Nachweise	je nach Anwendungsfall, Resttragfähigkeit immer erforderlich
Glashalter, für die ein rechnerischer Nachweis nicht möglich ist (z. B. Glashalter mit Kugelgelenken oder bei Verwendung von nichtrostenden Stählen ohne allgemeine bauaufsichtliche Zulassung)	Bestimmung der Tragfähigkeit des Halters bei Auszug und unter Querlast, Bestimmung der Dauerhaftigkeit der Funktion des Halters (z. B. Salzsprühnebeltest), Untersuchung der verwendeten Zwischenmaterialien zur Vermeidung des Kontaktes Stahl-Glas	

Tabelle 1: Konstruktionen und Vorgaben für experimentelle Untersuchungen

- Sind die Bauteile entsprechend gekennzeichnet (z. B. ESG, TVG)?
- Ist eine eindeutige Zuordnung der Bauteile, ihrer Kennzeichnung und des Verwendungsortes möglich?
- Sind die Elemente unbeschädigt (Kanten, Ecken)?
- Stimmen die geforderten Eigenschaften mit denen der gelieferten Elemente überein (z. B. Vorspannung ESG, TVG)?

Konstruktion/Ausführung

- Stimmt die reale Situation mit den in der Berechnung angesetzten Randbedingungen überein (z. B. Lagerung, Zwängungen, Einwirkungen)?
- Sind die Elemente entsprechend ihrer Kennzeichnung ordnungsgemäß eingebaut?
- Sind an den Elementen Beschädigungen erkennbar (z. B. Randverbund bei Isolierglas)?

der charakteristischen Werte erfolgt ist. Da jedoch im Rahmen der Überwachung in der Regel nur eine sehr begrenzte Anzahl von Meßwerten ermittelt wird, käme man – um die Aussagewahrscheinlichkeit beizubehalten – zu sehr starken Abminderungen vom Mittelwert zum jeweiligen Fraktilwert. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß in der Praxis meist ein Mindestwert des Widerstandes definiert werden kann, bietet sich ein spezieller Weg an, der hinsichtlich der angestrebten Sicherheit keinerlei Defizite gegenüber o. g. „Standardweg“ enthält: Bild 7 zeigt, wie ein derartiger Weg prinzipiell aussieht. Durch die geforderte Vorgabe eines Mindestwertes des Widerstandes geht nur noch die Streuung der Einwirkung als versagensrelevante Größe ein. Setzt man nun voraus, daß die Versagenswahrscheinlichkeit kleiner als 10^{-6} /Jahr sein soll, so läßt sich in Abhängigkeit des verwendeten, globalen Sicherheitsbeiwertes

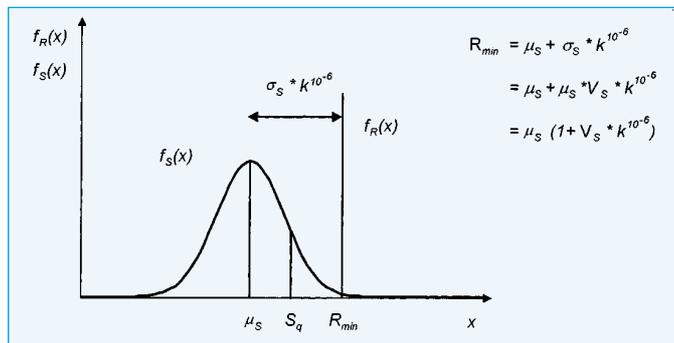
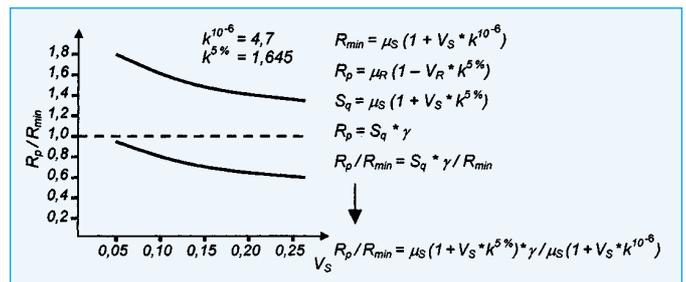


Bild 7: Überwachungskonzept unter Annahme eines Mindestwertes des Widerstandes

Eine besondere Fragestellung betrifft den quantitativen Nachweis von Widerstandskennwerten. Üblicherweise geht man davon aus, daß die im Rahmen einer Überwachung festgestellten Meßwerte mit den selben statistischen Methoden verarbeitet werden sollten, wie dies bei der Festlegung

Bild 8: Abhängigkeit des Mindestwertes des Widerstandes vom globalen Sicherheitsfaktor und der Streuung der Einwirkung



und des Variationskoeffizienten der Einwirkung das Verhältnis zwischen 5 % Fraktilwert und anzusetzendem Mindestwert des Widerstandes errechnen. Bild 8 zeigt diese Abhängigkeit grafisch.

Für die praktischen Fälle der Glasbemessung läßt sich aus diesen Untersuchungen folgern, daß es völlig ausreichend ist, wenn im Rahmen der Überwachung eine Kontrolle eines Mindestwertes des Widerstandes in Höhe der 5 % Fraktile erfolgt. Lediglich in Fällen, in denen dieser Nachweis nicht gelingt, sind weitergehende Untersuchungen unter Berücksichtigung der statistischen Verteilung erforderlich. ■

Der Autor:

Professor Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner ist Leiter des Technischen Instituts für konstruktiven Glasbau und lehrt Statik an der TU Darmstadt.

Literatur

- [1] Feldmeier, F.: Belastungen von Isoliergläsern durch Klimaschwankungen. Fenster und Fassade (1984) Nr. 2, S. 41–52
- [2] Feldmeier, F.: Zur Berücksichtigung der Klimabelastung bei der Bemessung von Isolierglas bei Überkopfverglasung. Stahlbau 65 Nr. 8 (1996), S. 285–290
- [3] Feldmeier, F.: Die Statik von Isolierglas. In: Otti Technologie-Kolleg (Hrsg.) Glas im Bauwesen. Eigenverlag, Regensburg 1997, S. 1–15
- [4] Wörner, J.-D., Shen, X., Sagmeister, B.: Determination of Load Sharing in Insulating Glass Units. Journal of Engineering Mechanics vol. 19 (2) (1993), pp. 386–392
- [5] VDI: Bauen mit Glas. VDI-Berichte 1527. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2000
- [6] Shen, X. F.: Entwicklung eines Bemessungs- und Sicherheitskonzeptes für den Glasbau. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 4, Nr. 138, 1997
- [7] Techen, H.: Fügetechnik für den konstruktiven Glasbau. Dissertation, Bericht Nr. 11, Institut für Statik, Technische Universität Darmstadt 1997
- [8] Timm, G.: Bautechnische Prüfung und Überwachung der Bauausführung von Glas-konstruktionen. In: Bauen mit Glas. VDI 1527.: VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2000
- [9] DIBt: Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen, Ausgabe September 1998. DIBt-Mitteilungen, Berlin 1998