

Entwicklung von Absturzsicherungen aus Glas – die Evolution eingespannter Brüstungen

Geralt Siebert¹, Barbara Siebert²

¹ Universität der Bundeswehr München, Institut und Labor für Konstruktiven Ingenieurbau, Professur Baukonstruktion und Bauphysik,
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg, Deutschland

² Ingenieurbüro Dr. Siebert, Gotthelfstraße 24, 81677 München, Deutschland

Abstract

Aktuell ist DIN 18008-4 in Überarbeitung. Dies ist ein guter Zeitpunkt um zurückzuschauen, wie sich Absturzsicherungen aus Glas die letzten Jahre bzw. Jahrzehnte entwickelt haben. Geländer aus Glas wurden nicht erst mit Einführung der TRAV zu Beginn des aktuellen Jahrtausends gebaut – die Erarbeitung der TRAV war vielmehr eine Antwort auf die Vielzahl von unregulierten Anwendungen und damit verbundenen Anträgen auf Zustimmung im Einzelfall. Ausgehend von einem kurzen Abriss der Entwicklung Technischer Regeln für Absturzsicherungen aus Glas werden Beispiele aus den letzten drei Jahrzehnten gezeigt. Glasbrüstungen mit Einspannung an der unteren horizontalen Kante wurden (mit Zustimmung der Bauaufsicht) noch Ende des letzten Jahrtausends in monolithischem ESG ausgeführt – allerdings mit (sehr) ordentlichem Handlauf. Die aktuell vielfach gewünschte maximale Transparenz akzeptiert oft nicht mal einen Kantenschutz. Beispiele aus der täglichen Praxis stellen querschnittsartig die Entwicklung dar.

Development of glass balustrades – evolution of free standing, cantilevering balustrades. Currently DIN 18008-4 is under revision. This is a good time to look back and see how anti-drop devices made of glass have developed over the past years and decades. Glass railings were not only built with the introduction of the TRAV at the beginning of the current millennium – the development of the TRAV was rather a response to the large number of unregulated applications and the related applications for building approval in individual cases. Starting with a brief outline of the development of technical rules for fall protection systems made of glass, examples from the last three decades are shown. Glass balustrades with fixation at the lower horizontal edge were still made in monolithic ESG (with the approval of the building authorities) at the end of the last millennium – but with a (very) proper handrail. The currently often desired maximum transparency often does not even want edge protection. Examples from the daily work present a cross-sectional view of the development.

Glasbau 2021. Herausgegeben von Bernhard Weller, Silke Tasche.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License, which permits use and distribution in any medium, provided the original work is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

Schlagwörter: ETB-Richtlinie, TRAV, DIN 18008, absturzsichernde Verglasung

Keywords: standardization, TRAV, DIN 18008, cantilevering barrier glazing

1 Allgemeines

In den letzten Jahrzehnten sind bezüglich der Bauprodukte für den konstruktiven Glasbau erhebliche Fortschritte festzustellen. Dies betrifft nicht nur die immer größer werdenden Formate, sondern auch die Zwischenlagenmaterialien zur Herstellung von Verbundsicherheitsglas (VSG). Neben verschiedenen Typen des klassischen Verbundfolienmaterials Polyvinylbutyral (PVB) gibt es weitere Materialien wie Ionoplast, Gießharze, EVA-Folien oder weitere Folien sowie Kombinationen (sog. Multilayer) daraus. Auch das Portfolio an Glasbearbeitung und Befestigungsmöglichkeiten (Beschläge, Profile) sowie Hilfsmittel für die Verarbeitung auf der Baustelle (die aktuell gewünschten Formate sind für händische Montage nur begrenzt geeignet) haben die Anwendungsmöglichkeiten erweitert.

In diesem Beitrag soll die Entwicklung von freistehenden, d. h. am unteren Rand eingespannten Brüstungen nachgezeichnet werden. Insbesondere die Entwicklung hochtragfähiger Zwischenlagenmaterialien hat dazu geführt, dass für Konstruktionen mit der zunehmend oft gewünschten maximalen Transparenz (d. h. ohne Kantenschutz oder gar Handlaufprofil) die Nachweise eines Holmlastabtrags auch im Bruchzustand zu erbringen sind – aktuell noch durch Bauteilversuche, die rechnerische Modellierung von gebrochenem VSG ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten.

Dabei ist der Hinweis erlaubt, dass die weit verbreitete Gleichsetzung von eingespannten Brüstungen und „Kat-B-Geländer“ nicht richtig ist, die Lagerung ist nicht Kriterium für Einteilung in eine Kategorie, sondern die Redundanz im Bruchzenario. So sind einzeln eingespannte Glaselemente ohne verbindenden Handlauf eher in Kategorie A oder – bei seitlichem Anschluss eines aufgesteckten Handlaufs – in Kategorie C einzuordnen.

2 Bautechnische bzw. bauaufsichtliche und normative Regelungen

2.1 Allgemeines

Um den Rahmen des Beitrags nicht zu sprengen, werden im Folgenden jeweils nicht die gesamten Regelungen betrachtet, sondern schwerpunktartig die für Glasbrüstungen aus eingespannten Glaselementen einschlägigen Aspekte herausgegriffen. Dabei werden kurz beleuchtet die Nachweise gegen statische und stoßartige Einwirkungen, ggf. Kategorien und erlaubte Glasprodukte sowie spezifische Konstruktionsdetails (wie bspw. Kantenschutz). Skizzen dazu sind in dem erläuternden Abschnitt mit Beispielen zu finden.

Ausgehend von der allgemein anwendbaren ETB-Richtlinie [1] folgen die schrittweise entwickelten, bauartspezifischen Regelungen für absturzsichernde Verglasungen.

2.2 ETB-Richtlinie [1]

Die vom Ausschuss „Einheitliche Technische Baubestimmungen (ETB)“ erarbeitete und 1987 gemeinsam mit einem Muster für einen Einführungserlass veröffentlichte ETB-Richtlinie „Bauteile, die gegen Absturz sichern“ [1] gilt für alle absturzsichernden Bauteile – mit Ausnahme der auch schon bei erstmaliger Veröffentlichung in DIN 4103-1 [2] geregelten nichttragenden inneren Trennwände mit absturzsichernder Funktion. Entsprechend des Musters für einen Einführungserlass [3] sollte für eine Anwendung der ETB-Richtlinie bereits bei erstmaliger Einführung beachtet werden, dass bei Verwendung von Glas eine zusätzliche Sicherung gegen Absturz vorzusehen ist.

Mit Aufnahme der TRAV [4] in MLTB [5] wurde in einer darin enthaltenen Anlage klargestellt, dass die ETB-Richtlinie [1] nicht (mehr) für Bauteile aus Glas gilt. An dieser Situation haben der Ersatz der Technischen Regeln für linien- und punktgelagerte sowie absturzsichernde Verglasungen durch die Normenreihe DIN 18008 [6], [7] in MLTB [8] im September 2013 wie auch Überarbeitung des deutschen Bauordnungsrechtssystems mit Übergang von Bauregellisten [9] und (Muster-)Liste der Technischen Baubestimmungen [10] zur (Muster-)Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen MVV-TB [11] nichts geändert: für Glas (bzw. eigentlich korrekt Verglasungen, d. h. Glas und dessen Lagerung) gelten nach wie vor spezifische Regelungen, die ETB-Richtlinie [1] ist nicht anzuwenden.

Der Regelungsumfang des nach wie vor neben DIN 4103-1 [2] einzigen bauaufsichtlich eingeführten Dokuments für den Nachweis absturzsichernder Bauteile differenziert abhängig von Menschenansammlungsumfang zunächst zwei Einbaubereiche, um darauf abgestimmt Beanspruchung und Nachweise für statische Lasten anzugeben; für stoßartige Belastung werden Anforderungen (im Wesentlichen kein Versagen) und einwirkende Energie sowie Nachweismöglichkeiten definiert. Seit der Umsetzung von MLTB [12] sind die Holmlasten jedoch dem Eurocode EC 1 [13] bzw. dem Vorgängerdokument zu entnehmen.

Die Festlegung der Stoßenergien gehen zurück auf Untersuchungen der U.E.A.t.c. (Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction) [14]. Für den „Weichen Stoß“ als Simulation eines menschlichen Körperstoßes sind dies 100 Nm (50 kg wirksame Stoßkörpermasse bei 2,0 m/s Aufprallgeschwindigkeit) und für den „Harten Stoß“ 10 Nm (1,0 kg mit 4,47 m/s, d. h. Fallhöhe von 1 m). Zusätzlich wird gefordert, dass Befestigungselemente eine größere Widerstandskraft (definiert als „Kraft, bei der ein Versagen gerade noch nicht eintritt“) besitzen als 2,8 kN.

Eine Nachweisführung ist jeweils rechnerisch und alternativ versuchstechnisch möglich, es sind (globale) Sicherheitsfaktoren angegeben.

2.3 Arbeitspapiere als Hilfestellung für Zustimmungen im Einzelfall

2.3.1 DIBt-Papier 1997 [15]

Als Arbeitshilfe für die Obersten Bauaufsichten hat das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) ein Arbeitspapier [15] erstellt; das Ziel war Zustimmungen im Einzelfall für absturzsichernde Verglasungen in den einzelnen Bundesländern nach einheitlichen Kriterien zu erteilen.

Begründet in den unterschiedlichen Anforderungen werden absturzsichernde Verglasungen in drei Kategorien (A, B und C) unterteilt. Bei Kategorie A wird die ab-

sturzsichernde Funktion ausschließlich über (bzw. durch) die Verglasung sichergestellt. Beispielfhaft werden aufgeführt eingespannte Glasbrüstungen (Einfachverglasungen) ohne einen durchgehenden Handlauf sowie raumhohe absturzsichernde Wandverglasungen (Einfach- und Isolierverglasungen) ohne lastabtragenden Riegel in Holmhöhe oder vorgesetzten Holm. Es erfolgt keine Einschränkung auf bestimmte Lagerungsarten (bspw. linienförmig, punktförmig). In Kategorie B klassifiziert sind *eingespannte Glasbrüstungen* (Einfachverglasungen), die ergänzt werden durch einen zusätzlich angeordneten durchgehenden Handlauf, der die einzelnen Brüstungselemente verbindet und bei Ausfall eines Elementes die planmäßigen Holmlasten auf die Nachbarscheiben überträgt. Ausfachend angeordnete Verglasungen fallen in Kategorie C.

Während für Kategorie A im Fall von Einfachverglasung ausschließlich VSG Verwendung finden darf, ist bei Kategorie B VSG oder Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) denkbar. Dabei ist zu beachten, dass freie Glaskanten von ESG auf die ganze Breite zu schützen sind, wenn ein Stoß auf die freie Kante nicht durch massive Konstruktionsteile oder benachbarte Glasscheiben möglich ist; als Richtwert werden „i. a. nicht mehr als 50 mm“ angegeben. ESG ist einer Heißlagerungsprüfung zu unterziehen.

Für den Nachweis der Tragfähigkeit unter statischer Belastung wird auf die Entwurfsfassung der TRLV [16] verwiesen. Bei Verglasungen der Kategorie B ist nachzuweisen, dass der durchgehende Handlauf in der Lage ist, die Holmlasten bei Ausfall eines Brüstungselementes auf die Nachbarelemente zu übertragen und die benachbarten Elemente die daraus resultierenden zusätzlichen Beanspruchungen aufnehmen können. In der Regel sind die freien Enden der Handläufe an unabhängigen Endpfosten oder dem Gebäude zu verankern, wenn nicht alternativ bei kleinen Endelementen der Nachweis geführt werden kann, dass Holm und Nachbarelement bei Ausfall des Endelementes die Holmlasten aufnehmen. In der außergewöhnlichen Bemessungssituation dürfen 1,5-fache zulässige Werte für die Verglasungen angesetzt werden.

Die Nachweise der Tragfähigkeit unter stoßartiger Belastung sind zu führen durch Pendelschlagversuche mit 45 kg Zwillingreifen nach prEN 12600 [17] und Fallhöhen von 700 mm (Kategorie C sowie A und B in den Fällen, da hinreichend geringe Wahrscheinlichkeit existiert, dass Personen mit hoher Geschwindigkeit gegen Umwehrlauf laufen oder stürzen können) bzw. 1200 mm (A und B in den anderen Fällen). Nur in Ausnahmefällen erforderlich ist ein harter Stoß mit 1 kg Stahlkugel aus 1000 mm Fallhöhe.

2.3.2 OBB-Papier 2000 [18]

Die im Jahr 2000 von der Obersten Baubehörde bspw. in Bayern veröffentlichte, als Hilfestellung für Antragsteller gedachte Zusammenfassung der wesentlichen Anforderungen [18] orientiert sich an dem Papier des DIBt [15]. In einem Hinweis ist klar gestellt, dass dieses nicht als technische Regel aufgefasst werden darf, sondern lediglich auf Basis des aktuellen Kenntnisstandes Randbedingungen für die Erteilung einer Zustimmung im Einzelfall aufzeigt.

Inhaltlich ist bei unveränderten Definitionen von Kategorie A und B für Kategorie A jedoch das Beispiel der eingespannten Glasbrüstung aus Einfachverglasung ohne durchgehenden – d. h. die einzelnen Brüstungselemente verbindenden – tragenden Handlauf gestrichen.

Unterschiede sind des Weiteren hinsichtlich der Nachweise gegen stoßartige Belastung festzustellen: als Stoßkörper ist nunmehr ein 50 kg Zwillingreifen in *Anlehnung*

an prEN 12600 [17] zu verwenden, die Fallhöhen betragen die bis heute üblichen 900 mm, 700 mm und 450 mm für Kategorien A, B und C. Der harte Stoß ist nicht mehr aufgeführt.

Für die Heißlagerungsprüfung von ESG, das nach wie vor für Kategorie B verwendbar ist, wird eine Bestätigung in Form einer Werksbescheinigung durch den Hersteller gefordert.

2.4 Technische Regeln für absturzsichernde Verglasungen – TRAV [4]

Im Angesicht zunehmender Zahlen an Zustimmungen in Einzelfall – und damit entsprechend gewachsenem Erfahrungsschatz einerseits und zunehmender Arbeitsbelastung andererseits – wurden vom DIBt die sog. Technische Regeln für verschiedene Verglasungen (linienförmig gelagerte, absturzsichernde, punktförmig gelagerte) erstellt und schließlich bauaufsichtlich eingeführt.

In den Technischen Regeln für absturzsichernde Verglasungen [4] ist Kategorie A nunmehr beschränkt auf Verglasungen nach TRLV, d.h. Gläser sind an mindestens zwei, sich gegenüberliegenden Rändern linienförmig zu lagern. Für Kategorie B lautet die Definition: „An ihrem unteren Rand *in einer Klemmkonstruktion linienförmig gelagerte* tragende Glasbrüstung, deren einzelne Scheiben durch einen *aufgesteckten* durchgehenden Handlauf verbunden sind.“ D.h. die Einspannung am unteren Rand wurde eingeschränkt auf linienförmige Klemmkonstruktionen, der durchgehende Handlauf muss aufgesteckt werden.

Als verwendbare Glasprodukte ist für Kategorie B nunmehr nur noch VSG vorgesehen, die Ausfallszenarien für den rechnerischen Nachweis sind abhängig vom Schutz der Kanten differenziert: bei geschützten Kanten ist lediglich die der zu sichernden Verkehrsfläche zugewandte Glasschicht als ausgefallen zu betrachten, während bei ungeschützten Kanten von einem Totalausfall des jeweiligen Brüstungselementes auszugehen ist.

Von einem hinreichenden Kantenschutz kann nach TRAV ausgegangen werden bei einem in Scheibenebene gemessenen, maximalen Abstand von 30 mm zu benachbarten Bauteilen.

Neu aufgenommen wurde die alternative Möglichkeit, den Nachweis der Stoßsicherheit für Kategorie A oder C rechnerisch zu führen; dazu sind Tabellen mit Spannungswerten in einem Anhang aufgenommen. Auch wurden basierend auf den positiven Erfahrungen aus Zustimmungsverfahren Tabellen mit bekanntermaßen stoßsicheren Konstruktionen aufgenommen, bei denen sich ein neuerlicher Versuch erübrigt. Als Voraussetzung für die Anwendung des rechnerischen Nachweises oder auch der erfahrungsgemäß stoßsicheren Glasaufbauten sind Anforderungen an Linienlagerung (10 kN/m) und Punktlagerung (2,8 kN) einzuhalten.

Für Kategorie B sind hinsichtlich Stoßsicherheit nachgewiesenen Verbundsicherheitsgläser aus mindestens 2×10 mm teilvorgespanntes Glas (TVG) oder ESG mit 1,52 mm PVB, wobei die Abmessungen in der Breite 500–2000 mm und in der Höhe 900–1100 mm betragen; statische Nachweise sind zu führen, auch die Übereinstimmung mit konstruktiven Vorgaben (zeichnerisch in einem Anhang dargestellt) muss gegeben sein.

Basierend auf den Anweisungen zur Durchführung von Bauteilversuchen wurde mit Aufnahme in die Bauregelliste die Möglichkeit geschaffen, dass anerkannte Prüfstellen für getestete Konstruktionen allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse erteilen.

2.5 DIN 18008 [6], [7]

Mit der Überführung der zwischenzeitlich bewährten Technischen Regeln in die einzelnen Teile der DIN 18008 [6, 7] wurde nicht nur der Übergang auf das in allen anderen Bereichen des Bauwesens eingeführte Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte nach Eurocode EC0 [19] vollzogen, sondern selbstverständlich die weiter gewachsene Erfahrung im Glasbau eingebracht.

Wie auch für Kategorie A die Beschränkung auf linienförmige Lagerung nicht weiter besteht, wurde auch bei Kategorie B lediglich die Erfordernis einer Einspannung am unteren Rand gefordert; d.h. die Einspannung kann weiterhin linienförmig, aber eben auch punktförmig ausgeführt werden. Auch der die einzelnen Gläser verbindende Handlauf muss nicht mehr zwingend aufgesteckt sein, ein Anschluss durch Tellerhalter ist ebenfalls geregelt.

Neben Erweiterung der erfahrungsgemäß stoßsicheren Glasaufbauten wurden neu aufgenommen Regelungen zum Kantenschutz. Zum einen der versuchstechnische Nachweis eines Kantenschutzes mittels harten Stoßes (Für Kategorie B und C in Analogie zur ETB-Richtlinie 10 Nm, bei Kategorie A jedoch 20 Nm) sowie zum anderen bereits nachgewiesene, wirksame Kantenschutzprofile.

Bezüglich des Nachweises der Stoßsicherheit ist für den versuchstechnischen Nachweis der Reifenfülldruck des Zwillingsreifens gegenüber TRAV von 4,0 auf 3,5 bar abgesenkt – um damit die maximalen Drücke nach Vorgaben der Reifenhersteller einhalten zu können. Die rechnerische Nachweisführung wurde überarbeitet, neben den nunmehr in einem Diagramm abzulesenden Stoßübertragungsfaktor zur Ermittlung der statischen Ersatzlast ist die Option einer volldynamisch-transienten Berechnung gegeben – allerdings jeweils nicht für Verglasungen der Kategorie B. Die beim rechnerischen Nachweis der Stoßbeanspruchung anzusetzende Stoßenergie beträgt wie in ETB-Richtlinie 100 Nm (entspricht einer Fallhöhe von 200 mm), da Streuungen im Material im Zuge der Bemessung berücksichtigt werden.

2.6 Allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse

Insbesondere die Möglichkeit von Nachweisen der Stoßsicherheit durch allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) und die offene Formulierung bezüglich der Ausbildung der Einspannung am unteren Rand haben die Entwicklung von alternativen Konstruktionsvarianten ermöglicht und gefördert.

So wurden Lösungen entwickelt, die eine Klemmung nicht durch verschraubte Klemmbleche, sondern durch Klebungen, Keile oder Klemmblöcke vornehmen. Damit können vielfach auch Glasbohrungen im Einspannbereich entfallen – neben den Kosten für Glasbearbeitung und Herausforderungen für Maßhaltigkeit ein nicht unbedeutender Aspekt bei den statischen Nachweisen – insbesondere wenn ein Bohrungs-Randabstand von 80 mm nicht eingehalten werden kann. Die zuletzt entwickelte Verstellbarkeit ermöglicht eine Justierung und Ausrichtung einzelner Gläser – die ansonsten häufig auch (eigentlich ungeregelt, weil nicht zwanglos) durch den aufgesteckten Handlauf erzwungen wurde. Toleranzen der Baukonstruktionen sind die größten Herausforderungen für Realisierung von Einspannungen durch Punkthalterpaare.

2.7 Ungeregelte Konstruktionen

Selbst wenn die eingeführten technischen Baubestimmungen eine große Vielfalt und Breite von Lösungen ermöglichen – und diese auch vielfach durch abP relativ einfach nachzuweisen sind – existieren in der Praxis Wünsche nach weiter maximierter Transparenz. Beispielhaft sind genannt am unteren Rand eingespannte, fugenlose Glasbrüstungen ohne Handlauf oder Kantenschutz. Diese ungeregelten Konstruktionen lassen sich im Einzelfall durch Zustimmungen im Einzelfall (ZiE) oder vorhabenbezogene Bauartgenehmigungen (vBG) oder im allgemeinen Fall durch Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) oder allgemeine Bauartgenehmigungen (aBG) baurechtlich einwandfrei nachweisen.

Dabei ist i. d. R. der Nachweis gefordert, dass auch das durch harten Stoß auf alle einzelnen Glasscheiben gebrochene VSG noch gewisse Holmlasten abtragen kann; dies kann i. d. R. nicht mit „Standard-PVB“ und nur mithilfe von Versuchen nachgewiesen werden.

2.8 Überarbeitung DIN 18008

Die zwischenzeitlich weiter gesammelten Erfahrungen sollen bei der derzeit laufenden Überarbeitung auch von Teil 4 der DIN 18008 einfließen. Neben der Erweiterung nachgewiesener Glasaufbauten wird diskutiert, eine systematische Überarbeitung der Kategorien vorzunehmen: abhängig vom Beitrag der Verglasung an der Absturzsicherung (von alleine die Absturzsicherung sicherstellend bis hin zu lediglich ausfachend) und der Zugänglichkeit der Kanten (freie Kanten oder geschützte Kanten) sind unterschiedliche Ausfallszenarien für Nachweise unter statischen und stoßartigen Einwirkungen

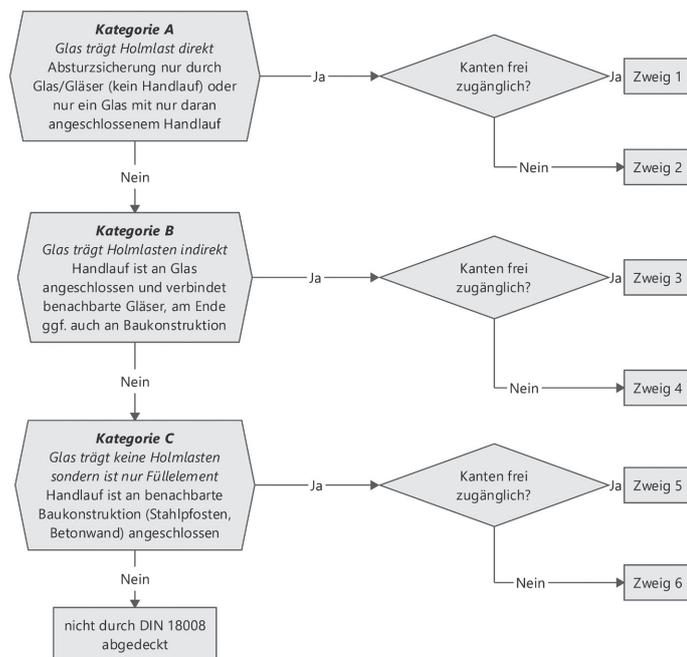


Bild 1 Konzept zur Klassifizierung absturzsichernder Verglasungen

zu betrachten. Auch wenn derzeit noch nicht alle Nachweise rechnerisch geführt werden können, so würde hier eine einheitliche Festlegung für Verständnis der Grenzen geregelter Konstruktionen wie auch Planbarkeit einen Beitrag leisten.

3 Berechnung

Für den rechnerischen Nachweis der Tragfähigkeit ist der intakte Zustand sowie – abhängig vom Schutz der Glaskanten – die Situation des Ausfalls einer oder aller Glasscheiben des Einfachglases zu betrachten. Für den intakten Zustand ist im Regelfall die Berechnungen nur eines Elementes ausreichend. Für den Fall des Ausfalls einer oder aller Glasschichten ist es je nach Steifigkeit der benachbarten Konstruktionselemente oder des Handlaufs sinnvoll oder nötig, ein oder mehrere benachbarte Elemente zu modellieren. In [20] ist eine vereinfachte Methode vorgestellt, um auch ohne Modellierung aller Glaselemente die unterstützenden Effekte benachbarter Elemente mittels Federn näherungsweise erfassen zu können. Bei Konstruktionen mit maximaler Transparenz, d. h. minimalster Handläufe, sind häufig die Gesamtsysteme unter Berücksichtigung großer Verformungen (Seiltragwirkung des Handlaufs) nötig, um diese Nachweise führen zu können.

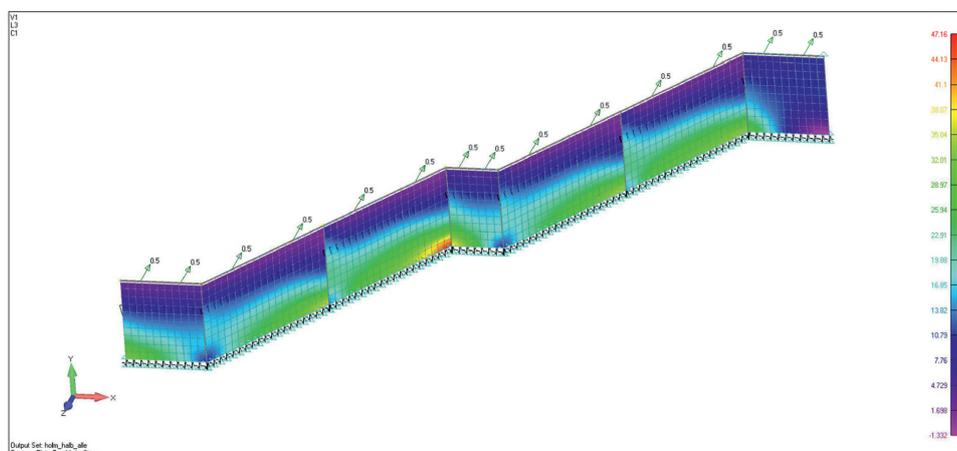


Bild 2 Rechnerisches Modell eines filigranen Treppenlaufes

4 Beispiele

4.1 Am unteren Rand eingespannte Verglasung aus ESG mit massivem Handlauf

Anfang der 1990-er Jahre wurde auf Basis einer Zustimmung im Einzelfall eine Absturzsicherung unter Verwendung von 15 mm ESG errichtet. 2020 sind mehrere Gläser ohne erkennbare äußere Einwirkung spontan gebrochen, am Bruchausgang ist ein typischer „Schmetterling“ zu erkennen.

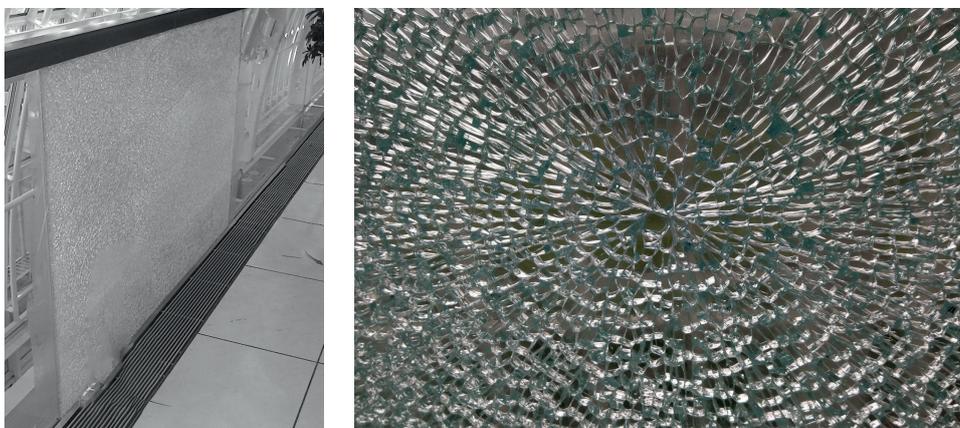


Bild 3 Spontan gebrochene ESG-Scheibe, Übersicht und Detail Bruchausgang

Begründet in den Randbedingungen wünschte die Bauherrschaft einen Austausch der noch intakten ESG-Gläser in VSG, wobei die bestehenden Trag- bzw. Befestigungskonstruktionen einschließlich Handläufen erhalten werden sollten. Ausgeführte Lagerung und Handlauf stellen sich im Vergleich zu den in TRAV und DIN 18008 minimal geforderten Abmessungen massiver dar. Betrachtet man den Handlauf, so könnte man die Verglasung fast in Kategorie C einordnen – wären nicht mehrere Gläser nebeneinander angeordnet.

Ohne weiteren Nachweis wären nach aktuellen Regeln VSG aus 2x10 mm nötig, bei 15 mm Glas mit nur jeweils 2 mm Zwischenlage geometrisch jedoch nicht möglich. Für den geometrisch maximal möglichen VSG-Aufbau aus 6 mm und 8 mm ESG mit einer Zwischenlage aus 0,76 mm SentryGlass wurde nach einem rechnerischen Nachweis für statische Einwirkungen schließlich im Rahmen von Bauteilversuchen die Stoßsicherheit erfolgreich bestätigt.

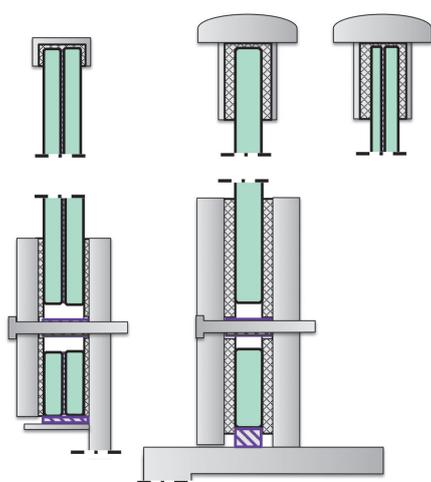


Bild 4 Links: Vergleich der Konstruktion nach TRAV bzw. DIN 18008; Rechts: im Bestand, maßstäbliche Darstellung

4.2 Am unteren Rand eingespannte Verglasung aus ESG-H mit massivem Handlauf

In einem Gebäude wurde im Zuge einer wiederkehrenden Bauwerksprüfung erkannt, dass die unten eingespannte und mit durchlaufendem Handlauf versehene Glasbrüstung mit ESG ausgeführt wurde; Nachweise über eine Heißlagerung und Zustimmung im Einzelfall für diese Ausführung liegen vor. Nachdem die aktuellen Baubestimmungen zwingend VSG vorsehen, und der durch die ZiE existierende Bestandsschutz bei Zweifeln an der Sicherheit zu hinterfragen wäre, hat sich die Bauherrschaft für eine umfangreiche Begutachtung entschieden. Nach erfolgreich durchgeführten Pendelschlagversuchen entsprechend aktueller Regelungen wurden denkbare schadensverursachende Szenarien vor Ort untersucht. Durch üblicherweise verfügbare Hilfsmittel wie Aktenwagen etc. war ein Glasbruch nicht zu erzeugen. Ein mittels Hammer und Körner ausgelöster Bruch sorgt für das ESG-typische kleinkrümelige Bruchbild, die Bruchstücke sind jedoch in ihrer Lage verblieben; ein Fußtritt auf die gebrochene Scheibe erzeugte eine Öffnung entsprechend der Schuhgröße, die restlichen Splitter verblieben in der ursprünglichen Position. Insgesamt zeigte sich bei den hier gegebenen geometrischen Randbedingungen und Steifigkeiten ein relativ gutmütiges Verhalten, das schließlich als Basis für eine Gefährdungsbeurteilung diente.



Bild 5 Die mittlere von drei nebeneinander angeordneten und durch seitlich nicht angeschlossenen Handlauf verbundene, eingespannte ESG-Scheibe wurde mit Hammer und Körner gebrochen und durch Fußtritt beansprucht, begrenzte Resttragfähigkeit ist zu erkennen.

4.3 Modifizierte Kat.-B nach TRAV/DIN 18008

Insbesondere bei größeren Glasformaten kann die Montage von Glasscheiben und Klemmblech eine logistische Herausforderung bedeuten: während die Glasscheibe in der Endposition zu halten ist, muss das Klemmblech aus Stahl ebenfalls gehalten und mittels Schrauben fixiert werden. Erhebliche Erleichterung ist gegeben, wenn zwischen den eigentlichen Bohrungen zur Klemmblechbefestigung im VSG weitere Bohrungen unterschiedlicher Durchmesser angeordnet werden: in einem ersten Montageschritt

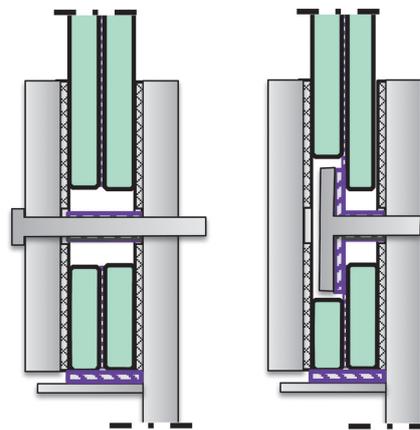


Bild 6 Links: Beispiel für Kat.-B-Brüstung mit Klemmblech; Rechts: mögliche Konstruktionsdetails

wird nur das VSG in der dann quasi versenkten Schraube fixiert und anschließend kann das Klemmblech montiert werden.

Einfacher als eine Montage gebohrter Gläser in einer mehrteiligen Klemmkonstruktion ist das Einstellen von Gläsern in U-förmige Profile. Im ersten Schritt werden diese Profile an der Unterkonstruktion befestigt, im zweiten Schritt können die Gläser eingestellt werden. Befestigung und ggf. Justierung erfolgen durch den Zwischenraum zwischen U-Profil und Gläsern ausfüllenden Materialien als verstellbare Klötze, Profile oder Leisten. Die häufig als Aluminium-Strangpressprofile ausgeführten Klemmkonstruktionen sind auch bezüglich Gewichts und Rohstoffbedarf gegenüber den klassischen Stahlklemmprofilen positiv zu sehen.

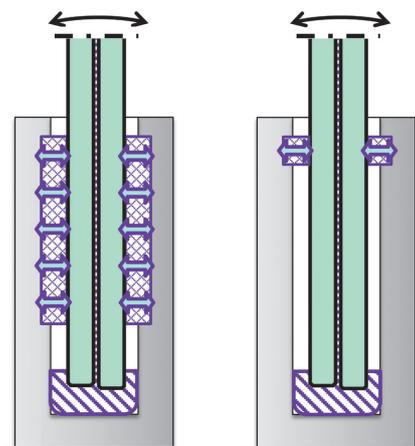


Bild 7 Verstellbare Klemmung in U-Profilen

4.4 Ungeregelte Anwendungen mit freier Glaskante

In Bild 8 links und Mitte ist eine eingespannte Brüstung aus monolithischem ESG mit freien Kanten an Beginn und Ecksituation erkennbar. Diese in einem Messe- und Kongresszentrum in New York als Absturzsicherung dienende Glasbrüstung würde so kaum die Zustimmung der deutschen Bauaufsicht erhalten. Das rechts dargestellte Beispiel mit fragwürdiger Ausbildung der Einspannung sowie gänzlich freien Kanten ist ein Beispiel für maximale Transparenz, bei dem oben dargestellte Verwendbarkeits-

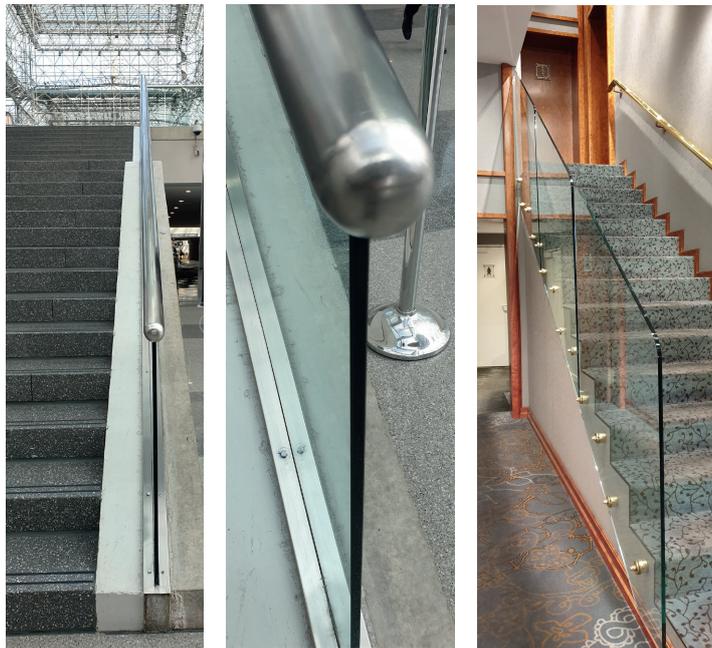


Bild 8 Glasbrüstungen aus ESG mit freien Kanten; Links: und Mitte: linienförmig; Rechts: punktförmig eingespannt, bauaufsichtliche Nachweisbarkeit erscheint zweifelhaft

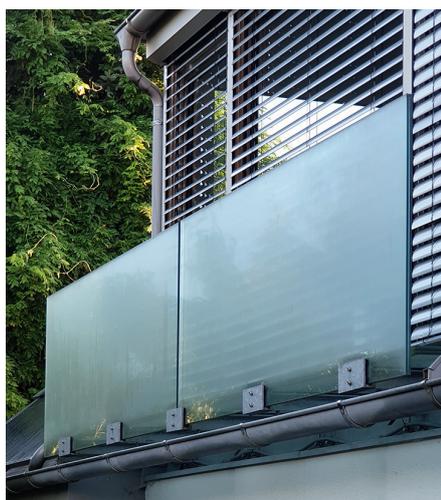


Bild 9 An einzelnen Klemmen gehaltene Brüstungselemente aus VSG mit steifer Zwischenlage, die Gläser sind auf dem Foto durch Tau beschlagen und dadurch gut erkennbar.

nachweise (statischer Nachweis, Pendelschlagversuch nach hartem Stoß) kaum zu erbringen sein dürften.

Unter Verwendung steifer Zwischenlagen zur Sicherstellung einer Resttragwirkung auch im Fall von Glasbruch kann die in Bild 9 dargestellte, nur an diskreten Punkten geklemmte Brüstung die für die Einbausituation geforderten Nachweise erfüllen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der Wunsch nach immer größerer Transparenz, d. h. reduzierter Metall-Elemente, ist nach wie vor ungebrochen. Dazu ist ein Trend zu größeren Formaten – und damit weniger Fugen – festzustellen. Das erforderliche Sicherheitsniveau ist dennoch unverändert sicherzustellen, durch Weiterentwicklungen der Materialien kann dies ermöglicht werden. Bauaufsichtliche Regelungen gehen mit der baupraktischen Entwicklung einher. Es werden jeweils angepasste Nachweisszenarien entwickelt, um unter Berücksichtigung der Prämisse des sicheren Bauens von Markt gewünschte Lösungen wirtschaftlich umsetzen zu können. Die aktuell erarbeitete Fassung einer Technical Specification [21] als Vorläufer des Eurocode für Glas enthält keine derart anwendungsspezifischen und detaillierten Regelungen zu Absturzsicherungen, dementsprechend werden hier wohl weiterhin nationale Regelungen existieren.

6 Literatur

- [1] ETB-Richtlinie (1987) *Bauteile, die gegen Absturz sichern* (Juni 1985), Mitteilungen IfBt 2/1987, S. 49–51.
- [2] DIN 4103 (2015) *Nichttragende innere Trennwände – Teil 1: Anforderungen und Nachweise*, Vorgängerdokument 1984.
- [3] Muster für einen Einführungsersaß (April 1986) *Mitteilungen IfBt 2/1987*, S. 49.
- [4] DIBt (2003) *TRAV Technische Regeln für absturzsichernde Verglasungen*, DIBt Mitteilungen, Berlin.
- [5] *Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen – Fassung Dezember 2003*.
- [6] DIN 18008 (2010) *Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen, Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen, Teil 2 Berichtigung*.
- [7] DIN 18008 (2013) *Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen, Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen, Teil 5: Zusatzanforderungen an begehbare Verglasungen*.
- [8] *Musterliste der Technischen Baubestimmungen, Änderungen vom September 2013, Ergänzung*.
- [9] DIBt (2015) Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C, Ausgabe 2015/2, veröffentlicht in den DIBt Mitteilungen vom 06.10.2015.
- [10] *Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen – Fassung Juni 2015*.
- [11] DIBt (2017) *Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB)*, Ausgabe 2017/1, veröffentlicht in den DIBt Mitteilungen vom 31.08.2017 mit Druckfehlerkorrektur vom 11.12.2017.
- [12] *Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen – Fassung September 2006*.

- [13] DIN EN 1991 (2010) *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke* (Nationale Version von EN 1991:2002 + AC:2009 Eurocode 1: Actions on structures); jeweils mit DIN EN 1990/NA:2010-12: Nationaler Anhang: National festgelegte Parameter.
- [14] DIBt (1973) *UEAtc-Leitlinie*, Schriften des DIBt, Reihe UL, Heft 25.
- [15] DIBt (1997) *Bauaufsichtliche Anforderungen an absturzsichernde Verglasungen*, Arbeitspapier als Arbeitshilfe für Oberste Bauaufsichtsbehörden.
- [16] *Entwurf Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen* (eTRLV), Entwurfsfassung Mai 1997.
- [17] prEN 12600 (1996) *Glas im Bauwesen – Pendelschlagversuch*, Verfahren und Durchführungsanforderungen der Stoßprüfung von Flachglas (Stoßkörper 45 kg Zwilling- Reifen).
- [18] Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren (2000) *Zusammenfassung der wesentlichen Anforderungen an absturzsichernde Verglasungen im Rahmen von Zustimmungen im Einzelfall*.
- [19] DIN EN 1990 (2010) *Grundlagen der Tragwerksplanung* (Nationale Version von EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (EC0) Basis of structural design) DIN EN 1990/NA:2010-12: Nationaler Anhang: National festgelegte Parameter.
- [20] Spyra, T.; Herrmann, T. (2018) *A Simplified Design Method for All-Glass Balustrades*, Challenging Glass 6 – Conference on Architectural and Structural Applications of Glass Louter, Bos, Belis, Veer, Nijse (Eds.), Delft University of Technology.
- [21] prCEN/TS 19100 (2020) *Design of glass structures – Part 1: Basis of design and materials, Part 2: Out of plane loaded glass components, Part 3: Design of in-plane loaded glass components and their mechanical joints*.