

Glasbauschäden – 2. Teil

Der wachsende Einsatz von Glas und Glasprodukten im konstruktiven Hochbau als tragender Primärbaustoff mit neuen funktionalen Werkstoffeigenschaften bringt naturgemäß größere und kompliziertere Beanspruchungen mit problematischen Versagens- bzw. Bruchgefährdungen mit sich. Der zweite Teil dieses Beitrags widmet sich den Anforderungen, die aus dem Objekt- und Brandschutz an den konstruktiven Werkstoff Glas resultieren.

AUTOREN:

Ao. Univ.-Prof. DDr. Elmar Bölcskey
O. Univ.-Prof. DDr. Ulrich Schneider

In der (Glas-)Baupraxis ist es nicht einfach die oft problematischen Einwirkungen (mechanische Beanspruchungen, Temperatur, Brand usw.) und das im Vergleich zu anderen Baustoffarten außergewöhnliche („klassisch spröde“) Werkstoffverhalten ohne den „plastischen Verformungsausgleich“ (Oberflächenbeschädigungen, Glasbrüche usw.) richtig zu beurteilen und damit für ein hohes Sicherheitsniveau zu sorgen. Der direkte Zusammenhang vieler Glasbrüche mit der Geometrie bzw. Dimension mikroskopisch kleiner Anrisstiefen an der gefährdeten Glaskante (sogenannte Mikroeinläufe) wurde im 1. Teil bereits ausführlich diskutiert und nach „kerbspannungstheoretischen“ Überlegungen und bruchmechanischen Abschätzungen nachgewiesen.

Eine „theoretisch ideal fehlerfreie“ Glaskante oder Glasoberfläche (ohne jegliche Kerben) wäre theoretisch extrem hoch belastbar [2], [17]. Aus der (Glas-)Baupraxis ist jedoch allgemein bekannt, dass durch die bei der Verglasung bzw. Glasverarbeitung notwendigen technologischen Maßnahmen (z.B. Schneiden und Brechen) in der bearbeiteten Glaskante „Mikroeinläufe“ (Verletzungen bzw. Anrisse in mikroskopischen Größenordnungen) entstehen können. Solche ungewollten aber praktisch doch nicht vermeidbaren Schwachstellen,

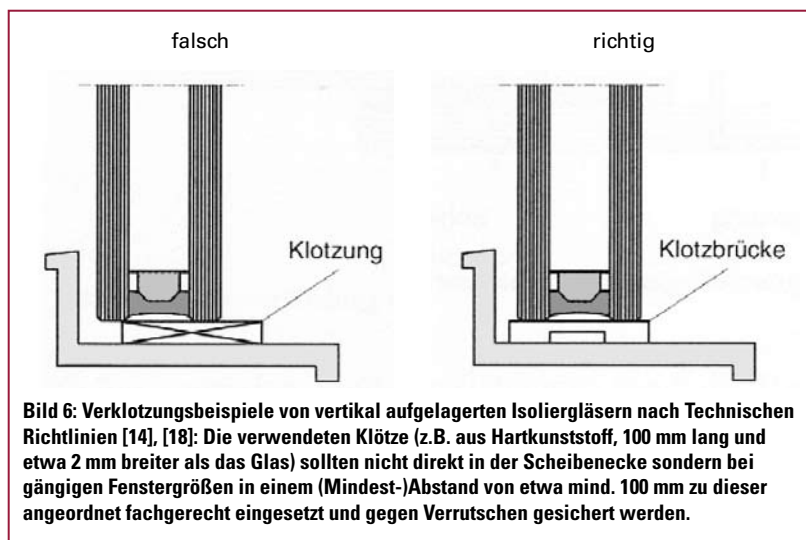
nicht „saubere“ Trennbrüche können der (Material-)Widerstand des Glases gegen Bruchversagen wesentlich reduzieren und Spannungsspitzen in dem eingekerbten Glasplattenbereich hervorrufen. Am problematischsten sind beim Brechen bzw. Trennen von Glasscheiben die „armierten“ Gläser mit Drahteinlage, da im Einflussbereich der gebrochenen Bewehrungsdrähte die Kantenbeschaffenheit durch Einkerbungen und Ausbrüchen (bzw. sog. „Ausmuschelungen“) sich unvermeidbar stark verschlechtern kann [11].

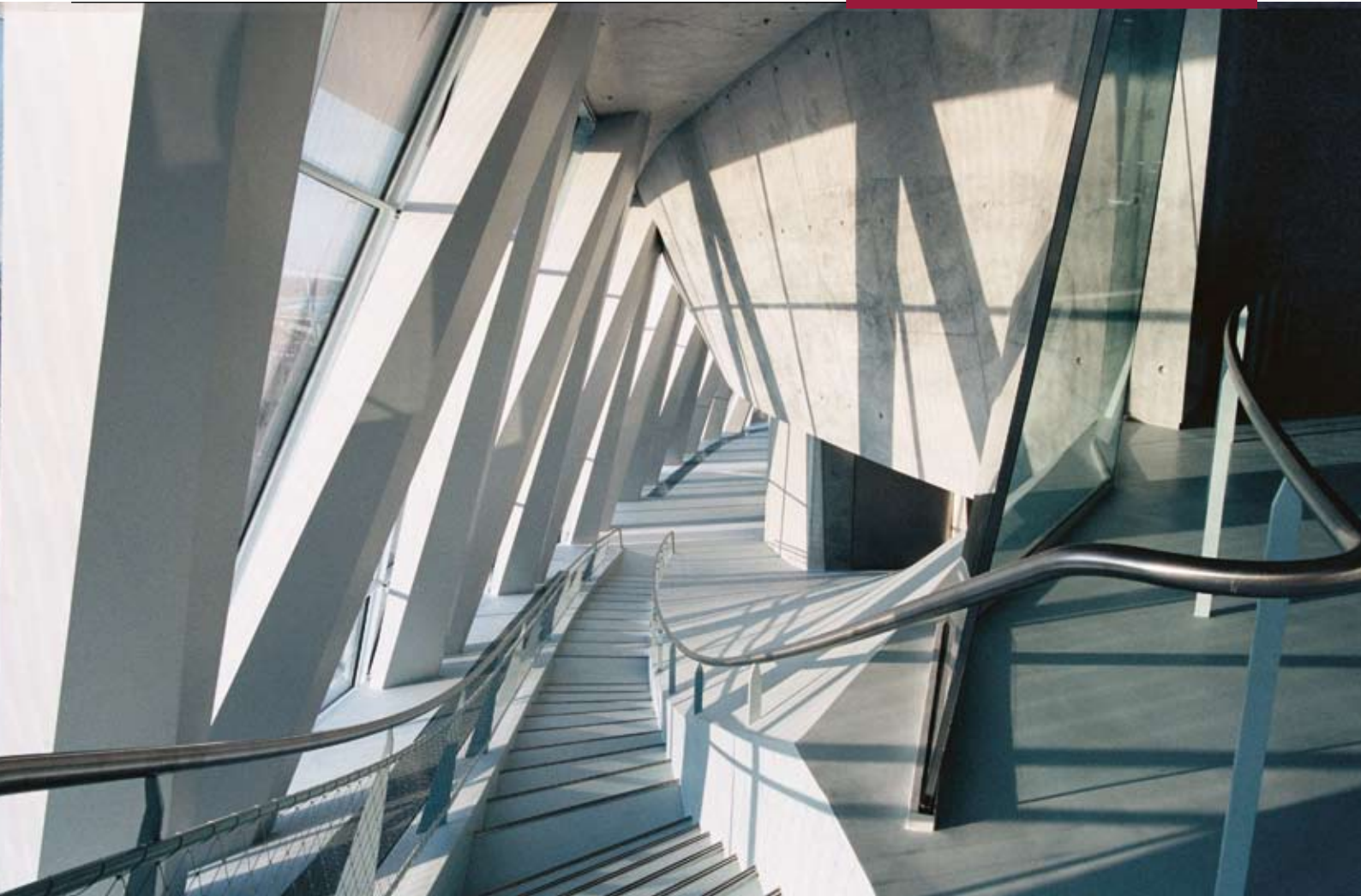
Die lastabtragungstechnisch bzw. statisch-konstruktiv günstigste Befestigung von Glasscheiben ist die vierseitige, linienförmige Lagerung als Rechteckplatte. Bei Vertikalverglasungen (z.B. Glasfassaden) erfolgt die vertikale Auflagerung der Scheiben in einem (Metall- oder ev. Holz-)Rahmenkonstruktion. Das Eigengewicht

der Glasscheibe wird über Verklottungen (Hartholz- oder Kunststoffklötze) abgetragen. Die Tragklötze, (ev. „Klotzbrücken“ und die zusätzlichen Kunststoff-Distanzklötze) dienen einer zwangungsarmen, spannungsverteilenden Halterung. Optimal ausgelegte Verklottungen (wie z.B. im Bild 6 dargestellt) können unvermeidliche Bauteildeformationen, Bewegungen, sogar kleinere Setzungen ausgleichen, die geschilderte Problematik der nicht fehlerfreien Glaskanten entschärfen und die erforderlichen „Lagesicherheit“ der Glasscheibe garantieren.

Die wichtigsten diesbezüglichen, technisch-konstruktiven Regeln sind in den Technischen Richtlinien (für Verglasungstechniken- und Fensterbau) zusammengefasst und erläutert [14], [18].

Die am verglasten Baukörper bzw. Bauteil auftretenden Lasten bzw. Ein-





wirkungen/Beanspruchungen zeigt das folgende Bild 7 (nach einer Systemskizze von E. Wagner [11]). Obwohl o. a. Darstellung eine Vertikalverglasung (z.B. eine Glasfassade) darstellt, bei geneigten Verglasungen oder sogar bei Überkopfverglasungen können die einwirkenden Lasttypen und Einwirkungen nach entspre-

chenden Modifikationen prinzipiell identisch sein.

Die nachfolgende (Brand-)Schadensanalyse der am häufigsten vorkommenden, typischen (Produkt- und einbaubedingten sowie Objekt- und brandschutztechnischen) Verglasungsproblemen im Bauwesen sollte problematische Verglasungskonstruk-

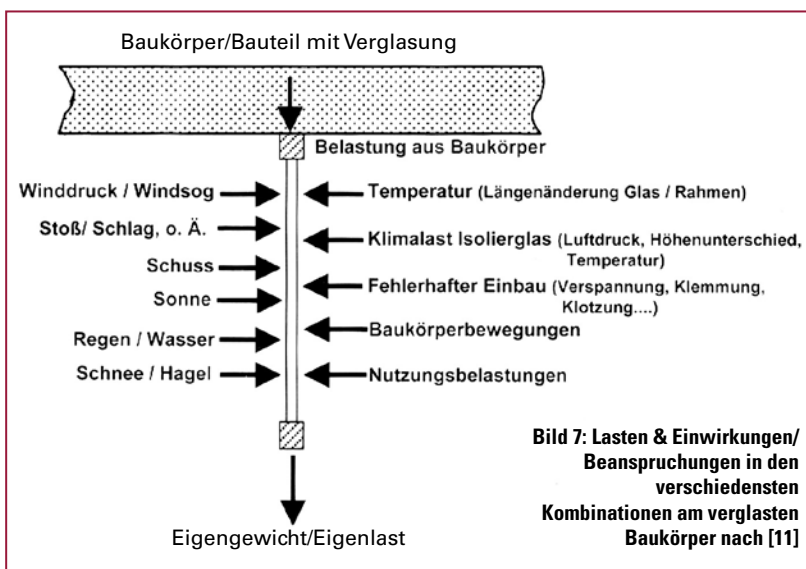
tionen aufzeigen und prinzipielle Lösungsvorschläge zur Schadensvermeidung/Minimierung diskutieren.

Individuelle Brandschutzanforderungen

Brandschutz- (und Rauchschutz-)Verglasungen werden u. a. in Brandschutztüren, Stiegenhaus- (Brand-)Abschlüssen und Trennwänden auch als bewegliche Verglasungen (z.B. Schiebetüren oder als Schiebefenster) im Rahmen einer „transparenten“ – meistens nicht nur monofunktional konzipierten – Brandschutzplanung projektiert und ausgeführt.

Neben der Hauptanforderung einer transparenten, gebrauchstauglichen baulichen Brandschutzleistung bestehen oft zusätzliche bauphysikalische und sonstige Anforderungen z.B. hinsichtlich des Objekt- und Personenschutzes, Schall- und UV-Strahlungsschutzes (insbesondere im Außen-/ (Glas-)Fassadenbereich) dauerhaft zu erfüllen [22].

Moderne, zeitgemäße transparente Brandschutzverglasungs-Einheiten



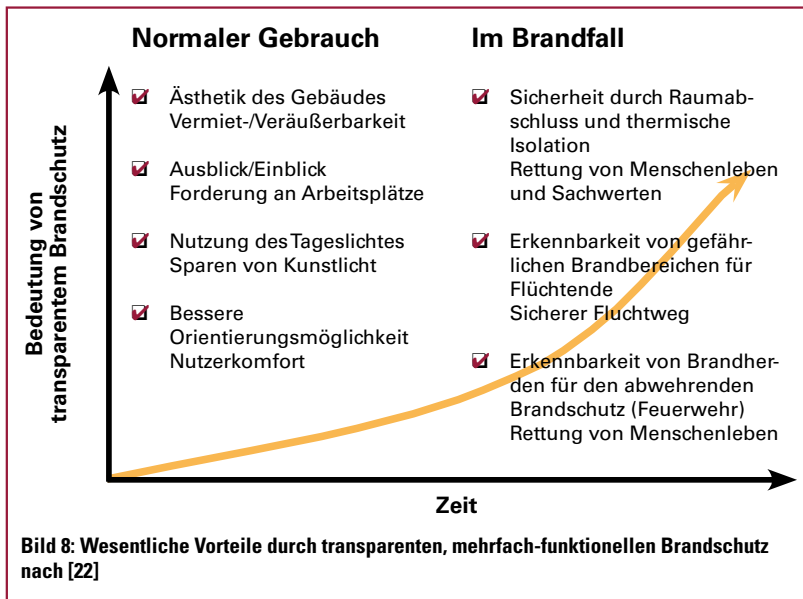
und Elemente sind nicht nur brandschutztechnisch sondern auch architektonisch-gestalterisch und technologisch-konstruktiv optimal konzipierte Mehrfach-Funktionsglas-Konstruktionen. Die wesentlichen Vorteile durch transparenten, mehrfach-funktional ausgerichteten Brandschutz im Brandfall (und in normalen Gebrauchszustand) zeigt die „Checkliste“ der Abbildung 8 nach [22].

Produkthistorisch gesehen wurden die ersten, in einem großflächig/großzügig transparenten architektonischen Gestaltungskonzept, für „ganze Dachlandschaften aus Glas“ wirklich „passenden“ Brandschutzverglasungen mit geneigter bis einschließlich horizontaler Einbaulage (Überkopfverglasungen) im Jahr 1990 in Deutschland allgemein bauaufsichtlich zugelassen.

Obwohl Brandschutz seit jeher ein wichtiger Bestandteil des Bauordnungsrechtes ist und die einzelnen Bauordnungen in Österreich und Deutschland [23] aus den ehemaligen ersten „Feuerordnungen“ sich entwickelt haben, wurden die Brandschutzgläser relativ spät (parallel zur Brandschutzglasentwicklung „EI (F-) Verbund-Gläser“ und thermisch vorgespannte „E (G-) Gläser“) in eine Normung aufgenommen (DIN 4102, Teil 5 und Teil 13, nationale Önorm B 3800, ab ca. 2001 europäisch, z.B. Önorm EN 1363, 1364; EN 13501; ETK-Einheits-temperaturkurve nach ISO 834).

Der o. a. geschilderte „multifunktionalitätäre“ Entwicklungstrend auf dem Gebiet der Brandschutzverglasungen (z. B. mit aufschäumenden Zwischenschichten als Bestandteil des Brandschutzsystems) mit der Zielrichtung noch transparentere und großflächigere Ganzglaskonstruktionen sowie punktförmig gehaltene Verglasungen mit „freien Glaskanten“ zu entwickeln, scheint ununterbrochen: Seit neusten sind nicht nur Brandschutzglas-Elemente sondern sogar Gläser für F90-Verglasungen für den Bereich gehobener Dachbodenausbauten auf den Markt [22] bzw. befinden sich im Zulassungsverfahren.

Vor einem kurzen Überblick der unterschiedlichen Brandschutzglasarten an interessanten Ausführungsbeispielen sollen zur besseren Produkt- bzw. Bau-



stoff-Auswahl die wichtigsten Anforderungen der Regelwerke bzw. Normungen [22] an Brandschutz-Bauarten kurz zitiert werden:

„Raumabschließende Bauteile der Feuerwiderstandsklasse E(G) müssen bei einem Norm-Brandversuch und einseitiger Temperaturbeanspruchung gemäß Einheitstemperatur- Zeitkurve (ETK siehe auch Bild 9) für den geforderten Zeitraum die Ausbreitung von Flammen und Rauch sicher verhindern. (Eine Beschränkung der Hitzeübertragung durch direkte und indirekte Strahlung ist hier nicht gefordert). Bauteile der Feuerwiderstandsklasse EI(F), wenn es sich um Feuerschutzabschlüsse wie z.B. Türen handelt, verhindern für den geforderten Zeitraum zusätzlich zu den Forderungen der Feuerwiderstandsklasse E(G) die Übertragung der Hitzestrahlung und können daher in notwendigen bzw. erforderlichen Fluchtwegen eingesetzt werden“.

Als beispielhaft gelungene Integration einer mehrfach funktionalen Neubau-Brandschutz- (Wärme- und Einbruchschutz) Verglasung mit Pyran*S-Gläser von Schott Jenaer Glas im Mercedes Benz Museum zeigt Bild 10, das „Automuseum“ des Niederländischen Architekten Teams (UN Studio van Berkel & Bos) in der Baden-Württembergischen Landeshauptstadt Stuttgart.

Die gestalterisch genial gewählte Kleeblattschleife-Figur (mit „Wankelmotor“ assoziationsbildender Grundrissgestaltung) ist eine würdige Präsentation und Inszenierung des „Mythos Mercedes“: Als monolithisch glänzender Aluminium-Glas Baukörper mit beeindruckend wirkenden Ausstellungsflächen; Gängen, Rampen und (Luft-) Räumen signalisiert Bewegung, Dynamik aber auch transparent konzipierte Klarheit und Ruhe bzw. Sicherheit zugleich.

*eingetragenes Warenzeichen

Prüfung nach ETK (Einheitstemperatur-Zeitkurve)	alle F- und G-Verglasungen
Flammdichte	alle F- und G-Verglasungen
Rauchdichte	alle F- und G-Verglasungen
Thermische Isolation (im Mittel max +140K)	nur F-Verglasungen
Wattebauschtext Prüfung auf Selbstentzündung	

Bild 9: Norm-Anforderungen gemäß DIN 4102 an EI(F)- und E(G)- Verglasungen



Bild 10: „PYRAN®S“ – Brandschutzverglasung im Mercedes-Benz-Automuseum, Stuttgart [24].

LITERATUR Teil I & Teil II

- [1] Eggen, A.P.; Sandaker, B.N.: Stahl in der Architektur – Konstruktive und gestalterische Verwendung, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart 1996
- [2] Lohmeyer u.a.: Werkstoff Glas III: sachgerechte Auswahl, optimaler Einsatz, Neuentwicklungen, Gestaltung und Pflege, Kontakt & Studium, Band 448, Hrsg. Prof. W.J. Bartz, Technische Akademie Esslingen, Weiterbildungszentrum 2001 by expert verlag, 71 272 Renningen
- [3] Schneider, U.; Bruckner, H. u. Bölcskey E.: Aluminium/Glas Baustoffe und ihre Anwendungen 2002 Springer-Verlag/Wien
- [4] Rossmannith, H.-P.; Die österreichischen Wegbereiter der Bruchmechanik und der Materialprüfung. Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift (ÖIAZ), 1990, 135. Jg. H.10, S. 526-537
- [5] Newton, I.: Sir Isaac Newton's Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts (1704). 1. Buch, Hrsg. Von Abendroth. Oswalds Klassiker Nr. 96. Leipzig, 1898.
- [6] Vogel, W.: Glaschemie (erweiterte Auflage), Springer Verlag, Heidelberg 1992
- [7] Einstein, A.: Theorie der Lichterzeugung und Lichtabsorption. Ann. Phys. 20 (1906), 199-206.
- [8] Bölcskey, E.; Thelesklav, E.: Transparente Tragstrukturen Teil 1. Technopress Bau Magazin 6-7(Nov)/01, S. 46-49 Teil 2. Technopress Bau Magazin 1/02 S 20-23
- [9] Asendorf, Ch.: Ströme und Strahlen: Das langsame Verschwinden der Materie um 1900. Anabas- Verlag, Gießen 1989 (Werkbund Archiv Bd. 18)
- [10] Schreier, W. u. a.: Geschichte der Physik VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1988
- [11] Wagner, E.: Glasschäden Oberflächenbeschädigungen Glasbrüche in Theorie und Praxis 2. Auflage Frauenhofer IRB Verlag, Stuttgart 2005
- [12] Schneider, U. (Hrsg.): Keramik, Steine und Glas, Schriftreihe des Instituts für Hochbau und Technologie, Zentrum für Baustoffforschung, Werkstofftechnik und Brandschutz, TU Wien, Heft 6, Wien 2005
- [13] Siebert, G.: Entwurf und Bemessung von tragenden Bauteilen aus Glas, 2001 Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin
- [14] Wörmer, J.-D.; Schneider j.; Fink A.: Glasbau Grundlagen, Berechnung, Konstruktion Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001
- [15] Blumenauer, H.(Hrsg.): Werkstoffprüfung VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1989
- [16] Blumenauer, H.; Pusch, G.: Technische Bruchmechanik, 3. Auflage, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart 1993
- [17] Petzold, A.; Marusch, H.; Schramm, B.: Der Baustoff Glas (3. Auflage) Berlin und Schondorf: Verlag für Bauwesen, Karl Hoffmann 1990
- [18] Der Ingenieurbau: Mathematik/Technische Mechanik [Hrsg.: G. Mehlham] – Berlin: Ernst & Sohn - 1999
- [19] Institut des Glaserhandwerks Technische Richtlinien für Verglasungstechnik und Fensterbau, Hadamar, Verlag Karl Hofmann, Schondorf 1988, 1996
- [20] Schneider, u., (Hrsg.); Grundlagen, Schriftreihe des Instituts für Hochbau und Technologie, Zentrum für Baustoffforschung, Werkstofftechnik und Brandschutz, TU Wien, Heft 1, Wien 2007
- [21] Fensch, P. u. Wagner E.: Das vereinfachte periodische System der Glasbrüche GFF- Zeitschrift für Glas Fenster Fassade 12/99, S.:26-34
- [22] Sigmar V; Körbel F.: B3 Brandschutzverglasungen- Leistungsprofile, Anwendungen, Montage im Bauphysik-Kalender 2006, Hrsg. Nabil A Fouad, Copyright © 2006 Ernst & Sohn, Berlin; S.: 127-144
- [23] Bölcskey, E.; Schneider, U.: Brandschutz- Theorie und Praxis; Feuer am Dach, Teil 1, Baumagazin, Oktober 2006, 5; S. 20-25
- [24] Karschti, T.M.; Aufbau und Wirkungsweise von Gläsern im baulichen Brandschutz
Innovative Brandschutzplanung und Ausführung Lehrgang der Arch.+Ing. Akademie, Wien, 30 Juni 2006