

Bernhard Weller / Silke Tasche (Hrsg.)

Glasbau 2022

- das Buch umfasst alle wesentlichen aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet des konstruktiven Glasbaus und der Fassadentechnik
- mit aktuellen Beispielen ausgeführter Bauwerke
- Autor:innen sind führend in Forschung und Praxis

Der konstruktive Glasbau ist einer der dynamischsten Bereiche des Ingenieurbaus. Namhafte Autoren berichten über Forschungsergebnisse und aktuelle Bauprojekte. Neben Fragestellungen zum Werkstoff Glas als Teil der Tragstruktur stehen energieeffiziente Gebäudehüllen im Fokus.

BESTELLEN

+49 (0)30 47031-236
marketing@ernst-und-sohn.de
www.ernst-und-sohn.de/3383



2022 · 432 Seiten · 311 Abbildungen ·
42 Tabellen
.....
Softcover
ISBN 978-3-433-03383-8 **€ 39,90***

ÜBER DAS BUCH

Dieses Jahrbuch präsentiert in zahlreichen Beiträgen renommierter Fachleute den aktuellen Stand der Technik im konstruktiven Glasbau. Nachhaltige und resiliente Fassadensysteme der Zukunft stehen im Fokus der Diskussion ebenso wie die Bewertung neuer Materialien und Technologien. Die Planung und die Ausführung wegweisender Glasarchitektur werden anhand von aktuellen herausragenden Projekten ausführlich erläutert. Die Bemessung und die Konstruktion tragender Glasbauteile und die Anwendung neuer Normen und Richtlinien werden praxisnah aufgezeigt. Außerdem wird die Optimierung zukunftsicherer Gebäudehüllen in gleicher Tiefe behandelt wie die energetische Sanierung denkmalgeschützter Fassaden. Nicht zuletzt vermitteln die jüngsten Ergebnisse anerkannter Forschungseinrichtungen einen zuverlässigen Einblick in die Leistungsfähigkeit des gesamten Glasbaus.

BESTELLUNG

| Anzahl | ISBN / | Titel | Preis |
|--------|-------------------|--------------|----------|
| | 978-3-433-03383-8 | Glasbau 2022 | € 39,90* |

Privat

Geschäftlich

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an:

Tel. +49 (0)30 47031-236
Fax +49 (0)30 47031-240
marketing@ernst-und-sohn.de

108208 Free Shipping

Firma, Abteilung _____ UST-ID Nr. _____

Name, Vorname _____ Telefon _____ Fax _____

Straße, Nr. _____

PLZ/Ort/Land _____ E-Mail _____

Datum/Unterschrift _____

Vorwort

Das Glasbau 2022 Jahrbuch berichtet in einunddreißig Beiträgen namhafter Autoren über aktuelle Entwicklungen im konstruktiven Glasbau und in der Fassadentechnik. Die stetige Weiterentwicklung von Glasprodukten und Verbindungstechniken zeigt eindrucksvoll den Fortschritt und die herausragenden Möglichkeiten der Gegenwart.

Der Teil „Bauten und Projekte“ beschreibt anschaulich hochinteressante nationale und internationale Projekte von der Planung bis zur Umsetzung. Der konstruktive Glasbau im Neubau bis zur sensiblen Sanierung im denkmalgeschützten Bereich zeigt die faszinierende architektonische und technische Bandbreite im Einsatz von Glas.

Der Teil „Bemessung und Konstruktion“ erläutert zuerst den aktuellen Stand der Glasbaunormung. Im Weiteren wird insbesondere die Prüfung vom Material bis hin zur Fassade unter verschiedenen Beanspruchungen erläutert und bewertet. Neue Erkenntnisse zu punktgestützten Verglasungen werden vorgestellt und diskutiert.

Der Teil „Forschung und Entwicklung“ berichtet über die Weiterentwicklung struktureller Klebungen von der Kennwertermittlung bis zu neuen Produktideen. Aktuelle Untersuchungen zum Materialverhalten polymerer Zwischenschichten sowie zum Einfluss auf das Bruchverhalten von Verbundsicherheitsglas werden thematisiert.

Die Rubrik „Bauprodukte und Bauarten“ erläutert anschaulich, wie geklebte Konstruktionen eine nachhaltige Glasarchitektur bei höchster Energieeffizienz ermöglichen können. Vor dem Hintergrund von Resilienz und Kreislauffähigkeit wird die Bedeutung von Kompatibilität und Interoperabilität innovativer Fassaden diskutiert.

Ein großes Dankeschön gilt den Autoren, die ihr Wissen und ihre Erfahrung mit viel Engagement formulieren. Vielen Dank sagen wir den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirats für wertvolle Anregungen und Hinweise. Großer Dank gilt Frau Stürmer und Frau Rechlin im Verlag Ernst & Sohn für die immer angenehme Zusammenarbeit.

Abschließender Dank gebührt schließlich den Mitgliedern des Bundesverbandes Flachglas e. V. für die nachhaltige und gezielte Förderung der Forschung und Entwicklung im Glasbau. Der Bundesverband Flachglas e. V. hat die Herstellung des vorliegenden Glasbau 2022 Jahrbuches in entscheidendem Umfang unterstützt.

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller

Dr.-Ing. Silke Tasche

Dresden, März 2022

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller, Technische Universität Dresden
Dr.-Ing. Silke Tasche, Technische Universität Dresden

Wissenschaftliche Redaktion

Dr.-Ing. Katharina Lohr, Technische Universität Dresden
Dipl.-Ing. Alina Joachim, Technische Universität Dresden

Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dipl.-Ing. Thomas Auer, Technische Universität München
Prof. Dr.-Ing. Lucio Blandini, Universität Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Stefan Böhm, Universität Kassel
Prof. Dr.-Ing. Steffen Feirabend, Hochschule für Technik Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. Markus Feldmann, RWTH Aachen University
Prof. Dipl.-Ing. Manfred Grohmann, Universität Kassel
Prof. Dr.-Ing. Harald Kloft, Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. Christoph Odenbreit, Universität Luxemburg
Prof. Dr.-Ing. Stefan Reich, Hochschule Anhalt
Prof. Dr.-Ing. Uwe Reisgen, RWTH Aachen University
Prof. Dr.-Ing. Jens Schneider, Technische Universität Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. Christian Schuler, Hochschule München
Prof. Dr.-Ing. Geralt Siebert, Universität der Bundeswehr München
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Werner Sobek, Universität Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. Frank Wellershoff, HafenCity Universität Hamburg

Inhaltsverzeichnis

Vorwort V

Bauten und Projekte

Glasstrukturen in der Stadt – Essay zur Arbeit mit dem transparenten Werkstoff 1

Christoph Paech, Michael Stein, Knut Stockhusen

One Vanderbilt – Ganzglas-Aussichtsboxen für New York 17

Felix Schmitt, Jonas Hilcken, Stefan Zimmermann

East End Gateway: Eine antiklastische Seilfassade mit doppelt gebogenem Glas 29

Mike Junghanns, Peter Eckardt, Martien Teich

Komplexe Glaskonstruktionen im Projekt Morland Mixité Capitale in Paris 39

Thiemo Fildhuth, Matthias Oppe, Pascal Damon, Jeremy Crossley

Hyperkubisches Glas – Dalís »Vidriera Hipercúbica« neu interpretiert 59

Martino Peña Fernández-Serrano, Katja Wirlfler, Sebastián Andrés López, Henrik Reiβaus, Thorsten Weimar

Neue Nationalgalerie Berlin – Instandsetzung der Fassade 71

Jürgen Einck, Jochen Schindel

Wellenförmige Glasfassade eines Flagship-Stores in Peking 83

Klaas De Rycke, Niccolò Baldassini, Lin Lu, Daniel Pfanner, Marcel Reshamvala

320 S Canal Street | Chicago 97

Alexander Wagner

Bemessung und Konstruktion

Neues aus der nationalen Glasbaunormung 109

Geralt Siebert

Glas als Druckelement | Eine nachhaltige Lösung 123

Alireza Fadai, Lukas Weißenböck, Daniel Stephan

Auswirkungen von Abrasion auf die Biegezugfestigkeit von Glas 137

Jürgen Neugebauer, Maria Hribernig

Statistische Charakterisierung der Druckzonentiefe vorgespannter Gläser 149

Kerstin Thiele, Michael Kraus, Jens Schneider, Jens Nielsen

Analyse des Hagelwiderstandes von Gewächshaushüllen 165

Jürgen Neugebauer, Georg Peter Kneringer

SOUNDLAB AI Tool – Machine Learning zur Bestimmung des bewerteten

Schalldämmmaßes 179

Michael Drass, Michael Anton Kraus, Henrik Riedel, Ingo Stelzer

Holz-Glas-Deckenelemente | Experimentelle Untersuchungen 189

Werner Hochhauser, Katharina Holzinger, Alireza Fadai

Funktionale Mock-Ups zur Absicherung von Fassaden- und

Versorgungskonzepten 203

Michael Eberl, Marion Hiller, Herbert Sinnesbichler, Gunnar Grün, Matthias Kersken

Berechnung von punktgestützten Verglasungen mit Senkkopfhaltern 217

Jochen Menkenhagen, Prasantha Lama

Forschung und Entwicklung

Neue Produkte mit strukturellen Silikonverklebungen 229

Bruno Kassnel-Henneberg, Ali Hamdan

Hochtemperaturfestigkeit von geglühtem Kalk-Natronsilicatglas 241

Gregor Schwind, Philipp Rosendahl, Matthias Seel, Jens Schneider

Retrofitted Building Skins – Energetische Optimierung der Gebäudehülle

im Bestand 255

Jutta Albus, Lena Rehnig

Strukturelle Holz-Glas-Klebungen unter Kurz- und Langzeitbeanspruchung 269

Simon Fecht, Marvin Kaufmann, Till Vallée

Einfluss der Zwischenschicht auf das Bruchverhalten von Verbund-sicherheitsglas 289
Jasmin Weis, Geralt Siebert

Spannungsoptische Untersuchungen an polymeren Zwischenschichten in Verbundgläsern 303
Steffen Dix, Lena Efferz, Stefan Hiss, Christian Schuler, Stefan Kolling

Punktgehaltene Gläser mit geringem Bohrungsrandabstand 317
Lena Efferz, Steffen Dix, Christian Schuler

Linear viskoelastisches Materialverhalten teilkristalliner Zwischenschichten 329
Miriam Schuster, Jens Schneider

Praxisorientierte Fehleranalyse nichtlinearer Modelle für strukturelle Silikone 343
Philipp Kießlich, Johannes Giese-Hinz, Jan Wünsch, Christian Louter, Bernhard Weller

Das mechanische Verhalten von Vakuumisoliergläsern unter Windbelastung 357
Isabell Schulz, Franz Paschke, Cenk Kocer, Jens Schneider

Rauheitsuntersuchungen an Glaskanten mittels konfokalem Laserscanning-Mikroskop 371
Paulina Bukieda, Bernhard Weller

Bauproducte und Bauarten

Nachhaltige Glasarchitektur durch intelligente Kleb- und Dichtstofflösungen 387
Christian Scherer, Danny Suh

Innovative Fassaden – Bedeutung von Kompatibilität und Interoperabilität 399
Winfried Heusler, Ksenija Kadija

Holz-Lamellen-Fenster (EAL) mit lastabtragender, adhäsiver Verbindung 413
Henning Röper, Felix Nicklisch

Autoren 427

Schlagwörter 429

Keywords 431

Neues aus der nationalen Glasbaunormung

Geralt Siebert¹

¹ Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften, Institut und Labor für Konstruktiven Ingenieurbau, Professur für Baukonstruktion und Bauphysik, Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg, Deutschland; geralt.siebert@unibw.de

Abstract

DIN 18008-1 und -2 (2020) wurden in die Entwurfssfassung der MVV TB 2021/1 aufgenommen, nach Notifizierung und Veröffentlichung der Endfassung können die Länder sie baurechtlich einführen. Dank Fortschritts der Überarbeitung der Teile 3, 4 und 5 kann 2022 mit Veröffentlichung der DIN-Entwürfe gerechnet werden. Änderungen sind begründet in der Novellierung des Bauordnungsrechts, dem Fortschritt der Forschung sowie des Stands der Technik. Zu nennen sind beispielsweise die Aufnahme von Senkkopfhaltern mit Erweiterung des vereinfachten Berechnungsverfahrens, Überarbeitung und Ausweitung der geregelten Kategorien absturzsichernder Verglasungen mit größerer Konsistenz bezüglich der Nachweisführung. Ein neuer Anhang zur Regelung von Ganzglasanlagen ermöglicht, weit verbreitete Anwendungen aus dem Graubereich zu holen.

Update on standardization work of glass design code in Germany. DIN 18008-1 and -2 (2020) have been included in the draft version of MVV TB 2021/1; after notification and publication of the final version, the federal states can introduce them in terms of building legislation. Thanks to progress in the revision of parts 3, 4 and 5, publication of the DIN drafts can be expected in 2022. Changes are due to the revision of the building legislation, the progress of research and the state of the art. These include, for example, the inclusion of countersunk point fixings with extension of the simplified calculation procedure, revision and extension of the regulated categories of barrier glazing with greater consistency in terms of verification. A new annex on the regulation of all-glass systems enables widespread applications to be taken out of the shadows.

Schlagwörter: Normung, DIN 18008, MVV TB

Keywords: Standardisation, DIN 18008, MVV TB

1 Allgemeines

1.1 Einleitung

Parallel mit der kontinuierlichen Entwicklung der Normung im Konstruktiven Glasbau sind in den letzten Jahren in dieser Veröffentlichungsreihe jeweils Beiträge mit kurzen Erläuterungen erschienen. Einen Überblick über die Teile 1 bis 5 von DIN 18008 [1], [2] in der aktuell noch eingeführten Fassung gibt der Beitrag 2013 [3], die Einbettung der unterschiedlichen Vorschriften zur Glasbemessung in das (seinerzeitige) Baurecht, den Stand deren Einführung sowie ein kurzer Überblick europäischer Aktivitäten in diesem Bereich erfolgte 2015 in [4]. Im Beitrag 2016 [5] wurde neben einem Ausblick auf die seinerzeit angedachten Änderungen von Teil 1 und 2 die Schlussfassung von Teil 6 [5] thematisiert sowie wiederum kurz die aktuelle Situation der europäischen Normung dargestellt. 2017 [7] wurde detaillierter berichtet über die damals in erster Endabstimmung befindlichen Änderungen von Teil 1 und 2, die sich aus Erfahrungen mit der praktischen Anwendung sowie dem zwischenzeitlich erfolgten technischen Fortschritt ergaben, wie Einführung eines stufenweisen Nachweises für Mehrscheiben-Isolierglas bis 2 m², Berücksichtigung der Glasdicke von 2 mm, Aufnahme von Definitionen und konsequente Verwendung einheitlicher Begrifflichkeiten. Die Auswirkungen vom sogenannten „EuGH-Urteil“ [8] auf die bauaufsichtlichen Regelungen mit Umbau des Bauordnungsrechts schließlich wurden 2018 [9] ausführlicher erläutert, einschließlich der in der überarbeiteten Fassung von DIN 18008 Teil 1 und 2 enthaltenen Lösungsansätze für die damit verbundene Problematik der Verwendung von Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) und dessen Heißlagerungstest.

Zwischenzeitlich wurde nach Veröffentlichung der Entwurfssatzung 2018 [10] und der darauffolgenden Kommentarberatungen die (zweite) Entwurfssatzung [11] 2019 in einer Einspruchssitzung diskutiert, nach abschließender Bearbeitung war eine Veröffentlichung als Endfassung (sog. Weißdruck) Ende 2019 erwartet. Im Beitrag 2020 [12] wurde die schrittweise Entwicklung je eines Abschnittes in Teil 1 (Glas mit sicherem Bruchverhalten bis Brüstungshöhe) und Teil 2 (alternative Nachweisführung für Mehrscheiben-Isolierglas mit geringerer Schadensfolge) zusammenfassend dargestellt sowie – der Vollständigkeit halber – die weiteren Änderungen – insbesondere zu bauartspezifischen Anforderungen – nochmals kurz angesprochen und abschließend kurz auf die europäische Normung geblickt. Mit der Einspruchssitzung zur zweiten Entwurfssatzung konnte die Überarbeitung der Teile 1 und 2 schließlich – bis auf redaktionelle Anpassungen – abgeschlossen werden, die Endfassung [13] ist mit Datum Mai 2020 veröffentlicht.

Neben europäischer Spiegelarbeit zur EN 16612 und dem Eurocode für Glas hat sich der zuständige DIN-Arbeitsausschuss seit Mitte 2019 der turnusgemäßen Überprüfung der Teile 3, 4 und 5 [2] gewidmet. Im Beitrag [14] wurden die angedachten Änderungen mit Erläuterung der Hintergründe dargestellt, primär gedacht um der Fachwelt Einblick in die laufende Überarbeitung zu gewähren und für Beiträge zu motivieren.

In diesem Beitrag wird zunächst die baurechtliche Einführung der bereits im Weißdruck vorliegenden überarbeiteten Teile 1 und 2 [13] beleuchtet, bevor die letzten Entwicklungen der noch laufenden Überarbeitung der Teile 3, 4 und 5 dargestellt werden.

2 DIN 18008-1 und -2 Ausgabe Mai 2020: Relevanz und baurechtliche Einführung, Ergänzungen

2.1 Allgemeines – Verbindlichkeit von DIN-Normen und baurechtliche Einführung (MVV TB)

Seit Mai 2020 liegen die Teile 1 und 2 von DIN 18008 als Weißdruck [13] vor, erste Auslegungsanfragen wurden an den Arbeitsausschuss herangetragen und beantwortet. Diese dokumentieren das offenbar vorhandene große Interesse der nationalen und internationalen Fachwelt an einer Anwendung.

Ist eine Norm als Endfassung veröffentlicht, so kann der dort festgeschriebene Stand als allgemein anerkannte Regel der Technik aufgefasst werden – bis dies gegebenenfalls durch Zeitablauf (und dabei erfolgtem Fortschritt) nicht mehr begründet ist.

Baurechtlich verbindlich werden DIN-Normen durch eine Veröffentlichung in den MVV TB [15], [16], [17] bzw. deren Umsetzung in jeweiliges Landesrecht. Darin werden neben Technischen Regeln mit Ausgabedatum in einer zusätzlichen Spalte jeweils Verweise auf weitere Maßgaben (Teil A) bzw. Bestimmungen/ Festlegungen (Teil B) gem. § 85a (2) MBO [18] aufgeführt, die im Regelfall in Anlagen genauer spezifiziert werden.

2.2 Auslegungsanfragen zu DIN 18008-1 und -2 (Mai 2020)

Ein Ziel der Normenarbeit ist, die Regelungen eindeutig zu formulieren; das Einspruchsverfahren mit öffentlichen Beratungen offenbart missverständliche Formulierungen, die dann durch redaktionelle Überarbeitung beseitigt werden sollten. Sofern Unklarheiten im Verständnis des finalen Normtextes bestehen, steht Anwendenden die Möglichkeit offen, durch Auslegungsanfragen eine Interpretation oder Erläuterung des Arbeitsausschusses zu erhalten; diese werden allgemein zugänglich auf den Webseiten des DIN veröffentlicht [19]. Im Folgenden werden kurz zwei Themenkomplexe aufgegriffen, die in der Vergangenheit zu Nachfragen geführt hatten; dabei wird – anders als bei den Auslegungsanfragen und deren knapper Beantwortung – auch auf die allgemeine Situation eingegangen.

2.2.1 Vertikalverglasungen: verwendbare Glasprodukte und Nachweis der Resttragfähigkeit

Entsprechend DIN 18008-2 [13] Abschnitt 4.1 dürfen prinzipiell alle in DIN 18008-1 [13] aufgeführten Glaserzeugnisse verwendet werden, sofern nicht für bestimmte Anwendungen in den folgenden Abschnitten Einschränkungen formuliert sind. Die Einschränkungen für Vertikalverglasungen finden sich in Abschnitt 4.3. Darin ist ausgeführt:

- Monolithische Einfachgläser aus grob brechenden Glasarten mit Oberkanten mehr als 4 m oberhalb von Verkehrsflächen müssen allseitig gelagert sein. Dabei gelten Glasscheiben in Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) durch den Randverbund als gelagert, d. h. in MIG dürfen alle Glaserzeugnisse Verwendung finden.
- Monolithisches ESG nach harmonisierten Produktnormen darf wegen der Versagenswahrscheinlichkeit durch Spontanversagen nur eingebaut werden, wenn die Oberkante nicht mehr als 4 m über der angrenzenden Verkehrsfläche liegt.

- Soll monolithisches ESG ohne Beschränkung einer Einbauhöhe verwendet werden, sind zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung der Versagenswahrscheinlichkeit durch Nickelsulfid-Einschlüsse zu treffen; beispielhaft sind in Anhang C geeignete Maßnahmen informativ mitgeteilt.

Zu Verbundsicherheitsglas (VSG) finden sich keine Einschränkungen, dementsprechend kann es als Vertikalverglasung Verwendung finden – wenn die sonstigen Vorgaben der DIN 18008 [13], [2], [5], beispielsweise bezüglich Resttragfähigkeit oder gegebenenfalls Stoßsicherheit, berücksichtigt werden.

Während DIN 18008 (2010) [1] eine Lagerung an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten gefordert hatte, ist die Möglichkeit der Lagerung in DIN 18008 (2020) [13] ausgeweitet worden auf mindestens zwei (nicht mehr notwendig gegenüberliegend, d.h. beispielsweise L-förmig angeordnete) Seiten gelenkige beziehungsweise mindestens eine Seite eingespannte Lagerung. DIN 18008-1 [13] enthält neu Regelungen für einen versuchstechnischen Nachweis der Resttragfähigkeit, und zwar für Vertikal- wie für Horizontalverglasungen. Selbstverständlich sollte der bekannte und bislang geregelte Erfahrungsbereich weiterhin auch ohne Bauteilversuche abgedeckt sein, dementsprechend wurden diese erfahrungsgemäß ausreichend resttragfähig eingestuften Konstruktionen in einem Anhang B zusammengefasst. Dabei wurde im Zuge der Einspruchsberatungen bemerkt, dass dreiecksförmige oder kreisförmige/ runde Verglasungen keine zwei gegenüberliegenden Ränder aufweisen – allseitig gelagerte Verglasungen wurden zusätzlich als resttragsicher aufgenommen. Diese uneindeutige Formulierung in Anhang B.2 wurde durch eine Auslegungsanfrage präzisiert: Die Forderung nach mindestens zwei gegenüberliegenden gelagerten Rändern betreffen Verglasungen mit trapezförmiger (einschließlich rechteckiger) Geometrie, während Verglasungen mit davon abweichender Geometrie, wie Dreiecke oder Kreise, allseitiger Lagerung bedürfen. Für Verglasungen mit abweichenden Lagerungen ist ein Nachweis der Resttragfähigkeit durch Bauteilversuche zu erbringen.

Und die Forderung aus DIN 18008-2 [13], Anhang B.2 „Für Verbund-Sicherheitsgläser werden die Eigenschaften nach DIN 18008-1:2020-05, B.2 vorausgesetzt.“ bedeutet nicht, dass ausschließlich VSG Verwendung finden darf (monolithisches ESG ist bspw. ebenfalls verwendbar), sondern dass bei Erfordernis von VSG eben gewisse Anforderungen an dieses gestellt werden.

Bezüglich DIN 18008-2:2020-05, B.2 ist in MVV TB [20] eine alternative Formulierung als Ersatz des Normtextes aufgenommen.

An mindestens zwei gegenüberliegenden Rändern durchgehend linienförmig gelagerte Vertikalverglasungen, die den Bedingungen des Abschnitts 4.3 genügen, gelten als ausreichend resttragfähig. Die ausreichende Resttragfähigkeit der Verglasungskonstruktion darf durch Bohrungen und Ausschnitte nicht unzulässig beeinträchtigt werden. Im Zweifelsfall ist ein Versuch nach Anhang B.1 der DIN 18008-1 durchzuführen. Für Glasbrüstungen Typ B nach DIN 18008-4 und für Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit den Eigenschaften nach DIN 18008-1:2020-05, B.2. sind Resttragfähigkeitsversuche nach Anhang B.1 der DIN 18008-1 nicht erforderlich.

Insbesondere der letzte Satz stellt eine gegenüber dem ursprünglichen Anhang B.2 weitergehende Freistellung dar, nachdem für VSG keine Anforderungen an die Lage-

rung formuliert werden, sind damit auch eingespannte oder L-förmig gelagerte Verglasungen ohne weitere Nachweise der Resttragfähigkeit denkbar.

2.2.2 Niedrige Schadensfolge für MIG

Die Ermöglichung der Nachweisführung mit reduziertem Teilsicherheitsbeiwert für Mehrscheiben-Isoliergläser, bei denen eine geringe Schadensfolge erwartet werden kann, ist auf reges Interesse gestoßen und beispielsweise in [12] thematisiert. In DIN 18008-2 [13] 6.1.4 sind Konstruktionen aufgeführt, bei denen ohne weiterführende Klassifizierung von einer geringen Schadensfolge ausgegangen werden kann.

Mit dieser Formulierung wird nunmehr auch ermöglicht, dass bei Formaten über 2 m^2 bei entsprechenden Glasaufbauten, Scheibenabmessungen und in Abhängigkeit der Einbau- und Nutzungssituation eine geringe Schadensfolge festgestellt werden kann. Diese Einschätzung liegt grundsätzlich im Verantwortungsbereich der Planenden und ist mit den am Bau Beteiligten abzustimmen. Das heißt, es wäre beispielsweise auch eine Anwendung auf MIG mit einem Format von $0,8 \times 3,5 = 2,8 > 2,0 \text{ m}^2$ denkbar.

Die Antwort auf die Auslegungsanfrage bejaht auch die prinzipielle Anwendung auf absturzsichernde Verglasungen. Zum einen ist im Fall eines Glasbruchs (auch wenn dieser durch reduzierte Teilsicherheitsbeiwerte wahrscheinlicher wird) der entsprechende Bereich unmittelbar abzusperren, zum anderen können – und sollten – auch für diese Szenarien entsprechende Überlegungen zur Sicherstellung der Absturzsicherheit angestellt werden. So könnte bei Nutzung der zweiten Nachweistufe mit Annahme von rechnerischem Glasbruch der schwächeren Einzelscheiben geprüft werden, inwiefern die verbleibende Einzelscheibe allein die geforderte Absturzsicherheit gewährleisten kann.

2.3 Status und Entwicklung der MVV TB, Stand der Umsetzung

2.3.1 Allgemeines

Die *Technischen Baubestimmungen* dienen als Konkretisierung der Anforderungen (nach sicherem Bauen) aus § 3 der MBO [18]. Als Ermächtigungsgrundlage für den Erlass von *Technischen Baubestimmungen*, in die sowohl die „Liste der Technischen Baubestimmungen“ [21] wie auch die „Bauregelliste“ [22] aufgingen, wurde seinerzeit bei Neufassung der MBO 2016 (vgl. dazu [9]) der § 85a neu aufgenommen. Darin wird dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) die Aufgabe zugewiesen, die *Technischen Baubestimmungen* bekannt zu machen. Um den Status einer normkonkretisierenden Verwaltungsvorschrift zu erlangen, sind strenge verfahrensmäßige Vorgaben zu erfüllen, beispielsweise sind interessierte und sachkundige Kreise zu beteiligen wie auch das Einvernehmen der obersten Bauaufsichtsbehörden ist herbeizuführen.

Dazu veröffentlicht das DIBt eine Entwurfsversion, um den beteiligten Kreisen die Möglichkeit der Information und gegebenenfalls Stellungnahme zu geben. Anschließend werden die Stellungnahmen gemeinsam mit Gremien der Bauministerkonferenz, insbesondere FK Bautechnik, beraten und eine gegebenenfalls überarbeitete Fassung zur Notifizierung nach Brüssel übermittelt. Durch Vergleich der beiden Fassungen kann eine eventuelle Berücksichtigung von Stellungnahmen identifiziert werden, öffentliche Beratungen oder persönliche Benachrichtigungen wie im Normungsverfahren sind nicht vorgesehen. Schließlich wird die Endfassung der MVV TB als Basis für

Länderverwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen durch das DIBt veröffentlicht.

Um einen Eindruck zu den Zeitabläufen zu erhalten, werden beispielhaft die Termine und Fristen der letzten Fassung 2021/1 genannt: die Anhörung (Frist zur Lektüre und Einreichung von Stellungnahmen) der Entwurfsfassung MVV TB Fassung von Januar 2021 [23] lief nach der Ankündigung am 10. Februar 2021 bis zum 10. März 2021, nach Beratung der Stellungnahmen ist das überarbeitete Dokument [20] zur Notifizierung bei der EU am 17. Juni 2021 eingegangen, das Ende der Stillhaltefrist ist am 21. Dezember 2021, sodass mit einer Veröffentlichung der Endfassung 2021/1 im Januar oder Februar 2022 zu rechnen ist. Die zeitlichen Abläufe entsprechen etwa denen der beiden Vorgängerfassungen MVV TB 2020/1 [17] und 2019/1 [16].

2.3.2 Entwicklung/Fortschreibung der MVV TB, Teile A und B

Entsprechend der Entwicklungen in der Normung wie auch den Erfahrungen aus der Anwendung werden die MVV TB fortgeschrieben, wobei auch der Wunsch nach Kontinuität sowie nationale Sicherheitsanforderungen berücksichtigt werden.

Im Folgenden werden die für unterschiedliche Glaskonstruktionen sowie Konstruktionen mit Glas wie auch Ergänzungen zu Bauprodukten die wichtigsten Inhalte aus bislang veröffentlichten und eingeführten Fassungen der Teile A (*Technische Baubestimmungen, die bei der Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke zu beachten sind*) und B (*Technische Baubestimmungen für Bauteile und Sonderkonstruktionen, die zusätzlich zu den in Teil A aufgeführten Technischen Baubestimmungen zu beachten sind*) verkürzt wiedergegeben.

Technische Regel DIN 18008: Ausgaben und Teile

Im Teil A (*Technische Baubestimmungen, die bei der Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke zu beachten sind*) der MVV TB 2017/1 [15] und 2019/1 [16] finden sich im Abschnitt A 1.2.7 als Regelungen für Glaskonstruktionen die DIN 18008 Teile 1 bis 5 [1], [2].

In der MVV TB 2020/1 [17] wird zusätzlich Teil 6 (2018) [5], in der MVV TB 2021/1 [23], [20] werden DIN 18008-1:(2010) [1] durch die aktualisierten Teile 1 und 2 in der Fassung Mai 2020 [13] aufgeführt.

Geklebte Glaskonstruktionen in Fassaden und Dächern

Ab MVV TB 2019/1 [16] wird in einer Anlage zu Abschnitt A 1.2.7 jeweils klargestellt, dass in Ermangelung einer allgemein anerkannten Regel der Technik für die Planung, Bemessung und Ausführung von geklebten Glaskonstruktionen unter Verwendung von Bauprodukten mit einer ETA nach ETAG 002 oder EAD ein Nachweis gemäß § 16a MBO (bzw. nach Landesrecht) erforderlich ist; d. h. es muss jeweils eine allgemeine bzw. eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung durch das DIBt beziehungsweise die oberste Bauaufsichtsbehörde erteilt worden sein. Die in der ersten Auflage 2017/1 [15] noch formulierten Präzisierungen (DIN 18008 ist zu beachten, das Eigengewicht ist mechanisch abzutragen, bei Einbauhöhen über 8 m oder Verwendung von beschichtetem Aluminium ist zusätzlich eine mechanische Sicherung gegen Windlasten erforderlich, globaler Sicherheitsfaktor $\gamma_{tot} = 6,0$, Acrylat-Klebeband nicht durch technische Regeln abgedeckt) fehlen, dürften im Rahmen des bauordnungsrechtlichen Verfahrens jedoch sicherlich analog berücksichtigt werden.

Fenster und Außentüren

Auch zu der Planung, Bemessung und Ausführung von Glaskonstruktionen in Fenstern und Außentüren findet sich in einer Anlage zu Abschnitt A 1.2.7 der Hinweis, dass die Bestimmungen von DIN 18008 zu beachten sind.

In der ersten Auflage MVV TB 2017/1 [15] war ergänzend noch die harmonisierte Produktnorm EN 14351-1 [24] genannt, der Verweis auf DIN 18008 erfolgte dafür nicht explizit, sondern nur auf den entsprechenden Abschnitt A 1.2.7.

Vorhangfassaden

Vorhangfassaden sind in MVV TB Teil B (Sonderkonstruktionen und Bauteile) unter B 2.2.1.3 genannt, in der zugeordneten Anlage wird verwiesen auf die relevanten Bestimmungen aus Teil A, d.h. für Glas entsprechend auf DIN 18008.

In der ersten Auflage MVV TB 2017/1 [15] war zusätzlich noch in der Anlage zu A 1.2.7 ausgeführt, dass für Planung, Bemessung und Ausführung von Vorhangfassaden nach EN 13830 [25] die Bestimmungen von Abschnitt A 1.2.7 (d.h. DIN 18008) zu beachten sind.

Nichttragende innere Trennwände

Bausätze von vollständig oder teilweise verglasten Trennwänden der Kategorie IV nach ETA (nach EAD/ETAG/CUAP) sind in Teil B (Sonderkonstruktionen und Bauteile) unter B 2.2.1.7 genannt, in der zugeordneten Anlage wird auf die Bestimmungen von A 1.2.7, d.h. auf DIN 18008, verwiesen.

In der ersten Auflage MVV TB 2017/1 [15] war zusätzlich noch in der Anlage zu A 1.2.7 der Hinweis gegeben, dass für Planung, Bemessung und Ausführung von Glaskonstruktionen von nichttragenden inneren Trennwänden nach ETA 003 die Bestimmungen von Abschnitt B 2.2.1.7 zu beachten sind.

VSG

Um die Forderungen nach Resttragfähigkeit erfüllen zu können, werden in der MVV TB jeweils bauartspezifisch Anforderungen an das VSG gestellt: neben der minimalen Einstufung 2(B)2 nach DIN EN 12600 [26] ist das VSG – abhängig von der Ausgabe – verpflichtend (2017/1 [15], 2021/1 [20]) oder beispielhaft (2019/1 [16], 2020/1 [17]) aus PVB mit Reißfestigkeit $\geq 20 \text{ MPa}$ und Bruchdehnung $\geq 250\%$ zu fertigen.

In MVV TB 2021/1 [23], [20] wurde diese (bereits aus BRL) bekannte Regelung als alternative Option beibehalten, auch obwohl mit DIN 18008-1 [13] Anhang B.2 inzwischen „versuchstechnische Nachweise zur Erfüllung bauartspezifischer Anforderungen“ diese in der Norm formuliert sind.

ESG

Die Problematik eines möglichen Spontanversagens von Einscheibensicherheitsglas (ESG) durch Einschlüsse von Nickelsulfid und der geeigneten Heißlagerung zur Reduzierung der Versagenswahrscheinlichkeit ist bereits vielfach thematisiert, die im Zuge der Überarbeitung von DIN 18008 in Teil 2 erfolgte Implementierung einer charmanten Lösung beispielsweise in [9] ausführlicher dargestellt. Diese Entwicklung spiegelt sich in den MVV TB wider:

MVV TB 2017/1 vom 31.08.2017 [15]

In der ersten Ausgabe MVV TB 2017/1 wurde die Verwendung von ESG nach harmonisierten Produktnormen für eine Anwendung außerhalb von MIG und über 4 m Einbauhöhe de-facto verboten, es sind konstruktive Maßnahmen zur Gefahrenabwehr im Versagensfall (Splittersicherung, Vordächer) vorzusehen.

MVV TB 2019/1 vom 15.01.2020 [16] und MVV TB 2020/1 vom 19.01.2021 [17]

Die in der Überarbeitung der DIN 18008 vom Arbeitsausschuss entwickelte Lösung von bauartspezifischen Anforderungen an ESG wurde bereits in den MVV TB ab 2019 übernommen, diese Regelungen quasi losgelöst von Diskussionen in Einspruchsverfahren und einer Veröffentlichung als Weißdruck vorzeitig angewandt.

MVV TB 2021/1, Entwurf [23] und zur Notifizierung eingereichter Entwurf [20]

In die MVV TB 2021/1 wurde die überarbeitete Fassung von DIN 18008-2:2020 [13] aufgenommen – und damit auch der gegenüber [1] neue Anhang C von Teil 2, der Maßnahmen zur Sicherstellung erforderlicher Zuverlässigkeit für einen Einsatz monolithischen ESGs über 4 m Einbauhöhe regelt. Dementsprechend können die entsprechenden Sätze in MVV TB nunmehr entfallen. Ergänzend zu den eher abstrakten Formulierungen in DIN 18008 ist in MVV TB erläutert, wie der gewünschte Zuverlässigkeitsexponent zu erreichen ist: mittels Kalibrierung der Heißlagerungsöfen und Überprüfung der werkseigenen Produktionskontrolle durch geeignete Drittstellen mit entsprechender Erfahrung.

Eine mögliche baupraktische Umsetzung ist durch Verwendung von ESG-Gläsern mit dem RAL Gütezeichen 525 ESG-HF gegeben.

Nachdem Teile 3, 4, 5 noch nicht in überarbeiteter Fassung vorliegen, sind für die darin enthaltenen Verweise – insbesondere auf ESG-H – entsprechende Klarstellungen gegeben.

Freistellung der Anwendung

In Übereinstimmung mit den Bestimmungen seit der „Technischen Regeln“ brauchen für Dachflächenfenster in Wohnungen und Räumen ähnlicher Nutzung mit einer Lichtfläche bis 1,6 m² sowie für Verglasungen von Kultur-/ Produktionsgewächshäusern die Regelungen der DIN 18008-2 [1] nicht angewendet zu werden.

In MVV TB 2021/1 [23], [20] wurde die Freistellung angepasst: es brauchen lediglich die Vorgaben von DIN 18008-2 [13] zur Verwendung von VSG nicht mehr angewendet werden für verglaste Dachausstiege bis (nur noch) 0,4 m² und – unverändert – für Verglasungen von Kultur-/ Produktionsgewächshäusern.

2.3.3 Fortschreibung der MVV TB Teile C

In Teil C der MVV TB sind zu finden *Technische Baubestimmungen für Bauprodukte, die nicht die CE-Kennzeichnung tragen, und für Bauarten*.

In DIN 18008 sind Prüfverfahren für verschiedene Anwendungen (absturzsichernde, begehbarer, betretbarer oder durchsturzsichere, resttragfähige Verglasungen) geregelt wie auch erfahrungsgemäß die Anforderungen erfüllende Konstruktionen zusammengestellt. Durch Aufnahme in Abschnitt C2 wird die Basis geschaffen, dass für letztere ÜH angegeben werden kann. Eine Aufnahme in Abschnitt C3 oder C4 ermöglicht, dass für Bauprodukte oder Bauarten, die nach genormten Prüfungen erfolgreich getestet

wurden, allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse durch anerkannte Prüfstellen erteilt werden können.

Mit Erscheinen eines Weißdrucks und Aufnahme in Teil A erfolgt jeweils auch eine Aufnahme der entsprechenden Verweise in Teil C.

2.3.4 Umsetzung in den Ländern

Um zum einen eine Vereinheitlichung der Technischen Baubestimmungen in den einzelnen Ländern zu erreichen, und zum anderen den Ländern eine schlanke Umsetzung zu ermöglichen, ist in § 85a MBO [18] vorgesehen, dass die jeweilige MVV TB als Verwaltungsvorschrift des Landes gilt, sofern keine abweichende Verwaltungsvorschrift erlassen wird. Einzig die drei Länder *Bremen*, *Mecklenburg-Vorpommern* und *Saarland* verzichten derzeit auf eigene *Länderverwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen*, sondern übernehmen die MVV TB in Form eines dynamischen Verweises auf die jeweils aktuelle vom DIBt veröffentlichte Fassung; d.h. es erfolgt hier eine verzugslose Umsetzung ohne eigenes Gesetzgebungsverfahren. Der Stand der Umsetzung der MVV TB in den anderen Ländern ist unterschiedlich, sofern keine Abweichungen von der Mustervorschrift gegeben sind, muss kein weiteres Anhörungs- und Notifizierungsverfahren durchlaufen werden. Ein Überblick über den Stand der Umsetzung ist in Bild 1 gegeben.

Es ist zu hoffen, dass die MVV TB 2021/1 möglichst zügig in Länderverwaltungsvorschriften umgesetzt werden, sodass die Praxis DIN 18008 in der überarbeiteten Fassung Mai 2020 [13] rechtssicher anwenden kann.



Bild 1 Stand der Umsetzung der MVV TB in den einzelnen Ländern zum 4.11.2021

2.4 Allgemeine Bauartgenehmigung für MIG

Mit Datum 13. September 2021 ist die allgemeine Bauartgenehmigung [27] vom DIBt erteilt worden. Darin wird zunächst festgelegt, dass für Planung, Bemessung und Ausführung von linienförmig gelagerten, ebenen Mehrscheiben-Isolierverglasungen (MIG) die DIN 18008-1 und -2 [13] in der Ausgabe Mai 2020 anwendbar sind; dies gilt mit Erteilung des Bescheides – d. h. quasi sofort – und zwar unabhängig vom Fortgang der Aktualisierung oder Einführung der MVV TB [23] oder der jeweiligen Länderverwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen. Die Bauartgenehmigung ist allgemein anwendbar, die bei anderen Bauartgenehmigungen quasi als „Kopierschutz“ übliche Formulierung von speziellen Randbedingungen oder Anwendungsbedingungen, die in der Regel beim DIBt hinterlegt werden und nur dem Antragsteller bekannt sind, ist hier nicht erfolgt. Neben der vorzeitigen Umsetzung der aktualisierten Regelungen für MIG sind darüber hinaus gegenüber DIN 18008-1 [13] für die Bemessung von MIG abweichende Werte für den Modifikationsbeiwert k_{mod} zur Berechnung des Widerstandes angegeben, vgl. Tabelle 1. Damit können wirtschaftlichere Glasaufbauten ausgeführt werden. Als weiteren Schritt zur Unterstützung der Baupraxis ist zukünftig die Erarbeitung einer Typenstatik auf Basis dieser Allgemeinen Bauartgenehmigung (ABaG) geplant.

Diese „neuen“ Zahlenwerte für k_{mod} stimmen zum Teil mit den Werten aus TS 19100-1 [28], dem Vorläuferdokument für den *Eurocode für Glas*, überein; darin sind auch zugeordnete Zeitspannen für die jeweiligen Einwirkungen angegeben. Ein k_{mod} von 0,43 entspricht einer Einwirkungsdauer von drei bis vier Wochen, 0,58 entspricht 8 Stunden Lasteinwirkungsdauer. Eine Anpassung bzw. Angleichung der Werte ist sicherlich sinnvoll, ursprünglich vorgebrachte Argumente durch weniger und gerundete Zahlen die Nachweisführung für eine Handrechnung zugänglicher zu machen, können gegenüber einer Konsistenz zu europäischen Regelungen als nachrangig eingeschätzt werden. Die in europäischen Regelungen EN 16612 [29] und TS 19100-1 [28] vorgeschlagenen abweichenden Kombinationsbeiwerte werden in der zukünftigen Spiegelarbeit zu diskutieren sein.

Tabelle 1 Modifikationsbeiwert k_{mod} nach DIN und ABaG

| Einwirkungs-dauer | Beispiele | k_{mod} nach DIN [13] | k_{mod} nach ABaG [27] | k_{mod} nach TS [28] |
|-------------------|---|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Ständig | Eigengewicht, Ortshöhendifferenz | 0,25 | 0,29 | 0,29 |
| Mittel | Schnee | 0,40 | 0,43 | 0,43 |
| | Änderung des meteorologischen Luftdruckes | 0,40 | 0,43 | 0,58 |
| | Temperaturänderung | 0,40 | 0,58 | 0,58 |
| Kurz | Wind, Nutzlast | 0,70 | 0,70 | 0,69 ... 0,89 |

3 Teil 3 und Teil 4 und Teil 5

3.1 Allgemeines

Gegenüber den im Beitrag [14] dargestellten Überarbeitungen ergaben sich – neben der Textarbeit einschließlich Anpassen der Struktur der einzelnen Normteile – einige zusätzliche Aspekte, auf die im Folgenden kurz eingegangen wird, auf eine Wiederholung der im letztjährigen Beitrag dargestellten Inhalte soll jedoch verzichtet werden. Ein Abschluss der Beratungen zur Überarbeitung der Teile 3, 4 und 5 ist nach einer Vielzahl von zwischenzeitlich erfolgten digitalen Sitzungen absehbar, mit der Veröffentlichung einer Entwurfsversion ist 2022 zu rechnen.

3.2 Senkkopfhalter in konusförmigen Bohrungen

Basierend auf [30] konnte das in Teil 3, Anhang C enthaltene vereinfachte Verfahren für den Nachweis der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit von punktgestützten Verglasungen erweitert werden. Dies ist insbesondere wegen der gegenüber Tellerhaltern mit zylindrischen Bohrungen erheblich aufwendiger zu modellierenden Senkkopfhalter in konusförmigen Bohrungen ein wichtiger Beitrag für die Akzeptanz dieser Bauweise. Auch ohne spezielle Software und langjährige Erfahrungen mit der komplexen Modellierung können mit entsprechenden Grundkenntnissen auf der sicheren Seite liegende Ergebnisse erzielt werden.

3.3 Ganzglasanlagen

Ein Projektteam innerhalb des Arbeitsausschusses hat für vertikale Ganzglasanlagen spezielle Regelungen erarbeitet, die in einem neuen Anhang zusammengefasst werden. Das in DIN 18008 bereits an mehreren Stellen angewandte Konzept der abgestuften Sicherheitsniveaus soll eine Bemessung mit reduzierten Sicherheitsbeiwerten ermöglichen, sofern eine geringe Schadensfolge festgestellt werden kann. Geeignete konstruktive Maßnahmen oder Wahl der Glasprodukte soll dabei eine ausreichende Redundanz auch im Fall des Ausfalls einer beliebigen Glasscheibe gewährleisten. Ergänzend werden konstruktive und anwendungsspezifische Randbedingungen angegeben, bei deren Einhaltung ein weiterer Nachweis entbehrlich ist. Gliederung und Formulierungen sind final anzupassen, um mögliche Irritationen hinsichtlich existierender Produktnormen zu vermeiden. Es ist damit zu rechnen, dass der neue Anhang für die Baupraxis eine willkommene Hilfestellung bieten wird.

3.4 Klassifizierung und Nachweisführung absturzsichernder Verglasungen

Eine übersichtliche Darstellung der Nachweisführung absturzsichernder Verglasungen in Form eines Flussdiagramms mit Berücksichtigung der unterschiedlichen Kategorien und Bemessungsszenarien ist innerhalb des Arbeitsausschusses in der Endabstimmung und dient als Basis für Formulierungen. Auf eine Wiedergabe wird vor endgültigem Abschluss der Diskussionen verzichtet.

Die angedachte Erweiterung der Tabellen bereits nachgewiesener Konstruktionen auf Basis bestehender Prüfzeugnisse bedarf intensiver Prüfung der Randbedingungen, um eine Verallgemeinerung von Sonderfällen zu vermeiden, insofern kann vor Abschluss der Diskussionen auch diesbezüglich leider kein Vorabzug erfolgen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Mit der bauaufsichtlichen Einführung der überarbeiteten DIN 18008, Teile 1 und 2 [13] kann kurzfristig gerechnet werden – zumindest in den Ländern mit dynamischen Verweisen auf die jeweils aktuelle MVV TB, ansonsten sind formal die Gesetzgebungsverfahren abzuwarten. Die Überarbeitung der Teile 3, 4 und 5 sind weit fortgeschritten, sodass mit einer Veröffentlichung von Entwurfsfassungen für eine Stellungnahme durch die Fachwelt im Lauf des Jahres 2022 gerechnet werden kann. Dann wird auch die nationale Spiegelarbeit zur Vorbereitung einer zukünftig anstehenden Einführung des Eurocode für Glas aufgenommen. Die vorbereitend veröffentlichten „Technische Spezifikationen“ TS 19100-1, -2, -3 sind für eine probeweise Anwendung veröffentlicht – wobei dabei selbstverständlich bauaufsichtliche Randbedingungen zu beachten wären.

5 Literatur

- [1] DIN 18008 (2010) *Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln* –Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen, Dezember 2010; Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen, Dezember 2010; Teil 2 Berichtigung 1. April 2011, Berlin: Beuth.
- [2] DIN 18008 (2013) *Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln* – Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen, Juli 2013; Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen, Juli 2013; Teil 5: Zusatzanforderungen an begehbarer Verglasungen, Juli 2013, Berlin: Beuth.
- [3] Siebert, G. (2013) DIN 18008 Teile 1–5: Neuerungen gegenüber eingeführten Regelungen in: *Glasbau 2013*, Berlin: Ernst & Sohn.
- [4] Siebert, G. (2015) Aktueller Stand der Glasnormung in: Weller, B.; Tasche, S. [Hrsg.] *Glasbau 2015*, Berlin: Ernst & Sohn.
- [5] Siebert, G. (2016) Aktueller Stand der Glasnormung in: Weller, B.; Tasche, S. [Hrsg.] *Glasbau 2016*, Berlin: Ernst & Sohn.
- [6] DIN 18008 (2018) *Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln* Teil 6: Zusatzanforderungen an zu Instandhaltungsmaßnahmen betretbare Verglasungen und an durchsturzsichere Verglasungen, Februar 2018, Berlin: Beuth.
- [7] Siebert, G. (2017) DIN 18008 – Neuerungen durch Überarbeitung Teil 1 und 2 in: Weller, B.; Tasche, S. [Hrsg.] *Glasbau 2017*, Berlin: Ernst & Sohn.
- [8] Urteil des europäischen Gerichtshofs (Zehnte Kammer) in der Rechtssache C-100/13 „Vertragsverletzung eines Mitgliedstaats – Freier Warenverkehr – Regelung eines Mitgliedstaats, nach der bestimmte Bauprodukte, die mit der Konformitätskennzeichnung ‚CE‘ versehen sind, zusätzlichen nationalen Normen entsprechen müssen – Bauregellisten“ vom 16. Oktober 2014.

- [9] Siebert, G. (2018) Neue bauaufsichtliche Regelungen – und wie die Normung darauf reagiert in: Weller, B.; Tasche, S. [Hrsg.] *Glasbau 2018*, Berlin: Ernst & Sohn.
- [10] E DIN 18008 (2018) *Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln* – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen; Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen, Entwurfsfassung 2018-05.
- [11] E DIN 18008 (2019) *Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln* – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen; Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen, Entwurfsfassung 2019-06.
- [12] Siebert, G. (2020) Möglichkeiten und Verantwortung durch überarbeitete Teile 1 und 2 der DIN 18008, in: Weller, B.; Tasche, S. [Hrsg.] *Glasbau 2020*, Berlin: Ernst & Sohn.
- [13] DIN 18008 (2020) *Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln* – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen. Mai 2020; Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen, Mai 2020, Berlin: Beuth.
- [14] Siebert, G. (2021) Nationale Glasbaunormung – Überarbeitung von DIN 1808 Teil 3, 4 und 5 in: Weller, B.; Tasche, S. [Hrsg.] *Glasbau 2021*, Berlin: Ernst & Sohn.
- [15] Muster-Verwaltungsvorschrift *Technische Baubestimmungen* (MVV TB), Ausgabe 2017/1, veröffentlicht als DIBt Amtliche Mitteilungen (Ausgabe vom 31.08.2017 mit Druckfehlerkorrektur vom 11.12.2017).
- [16] Muster-Verwaltungsvorschrift *Technische Baubestimmungen* (MVV TB), Ausgabe 2019/1; veröffentlicht als DIBt Amtliche Mitteilungen (Ausgabe: 15.01.2020 mit Druckfehlerberichtigung vom 7.08.2020).
- [17] Muster-Verwaltungsvorschrift *Technische Baubestimmungen* (MVV TB), Ausgabe 2020/1; veröffentlicht als DIBt Amtliche Mitteilungen (Ausgabe: 19.01.2021).
- [18] Musterbauordnung – MBO – Fassung November 2002 (zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016 bzw. 27.09.2019).
- [19] Online (2021) <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschusse/nabau/auslegungen-zu-din-normen-des-nabau-68630>.
- [20] Änderungen der Muster-Verwaltungsvorschrift *Technische Baubestimmungen* (MVV TB), Ausgabe 2021/1; veröffentlicht als Entwurf 17.06.2021 unter <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/index.cfm/de/search/?trisaction=search.detail&year=2021&num=348>.
- [21] Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen – Fassung Juni 2015.
- [22] Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C, Ausgabe 2015/2, veröffentlicht in den DIBt Mitteilungen vom 06.10.2015, aufgehoben mit Wirkung zum 1. April 2019.
- [23] Änderungen der Muster-Verwaltungsvorschrift *Technische Baubestimmungen* (MVV TB), Ausgabe 2021/1; veröffentlicht als Entwurf (Januar 2021) von DIBt.
- [24] DIN EN 14351-1 (2016) Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren. Dezember 2016, Berlin: Beuth.
- [25] DIN EN 13830 (2003) Vorhangsfassaden – Produktnorm, Fassungen Juli 2015 und November 2020 nicht in hEN-Liste, Berlin: Beuth.
- [26] DIN EN 12600 (2003) *Glas im Bauwesen – Pendelschlagversuch – Verfahren für die Stoßprüfung und Klassifizierung von Flachglas*. April 2003, Berlin: Beuth.
- [27] DIBt: Allgemeine Bauartgenehmigung Z-70.3-267, Linienförmig gelagerte Verglasungen aus Mehrscheiben-Isolierglas. 13.09.2021, gültig bis 13.09.2026.
- [28] FprCEN/TS 19100-1 (2021) *Design of glass structures – Part 1: Basis of design and materials*. April 2021.

- [29] DIN EN 16612 (2019) Glas im Bauwesen – Bestimmung des Belastungswiderstandes von Glasscheiben durch Berechnung. Dezember 2019, Berlin: Beuth.
- [30] Lama, P. (2021) *Ein Beitrag zur Berechnung punktgestützter Verglasungen mit Senkkopfhaltern* [Dissertation] Universität Duisburg, Essen.

Glasstrukturen in der Stadt – Essay zur Arbeit mit dem transparenten Werkstoff

Christoph Paech¹, Michael Stein¹, Knut Stockhusen¹

¹*schlaich bergermann partner (sbp), Schwabstraße 43, 70197 Stuttgart, Deutschland;*
c.paech@sbp.de; m.stein@sbp.de; k.stockhusen@sbp.de

Abstract

Eine moderne Stadt wird lebenswerter, wenn Erscheinung, Funktionalität, Qualität und Nachhaltigkeit der gebauten Umgebung überzeugen. Dieser Essay stellt weltweit realisierte, besonders filigrane und einzigartige Strukturen mit und aus Glas vor. Projekte wie die Bahnhofsüberdachung der Moynihan Train Hall in New York City oder die U-Bahn Haltestelle Elbbrücken in Hamburg, die besonderen Fassaden des Apple Stores in Brooklyn sowie die des Nordstrom Flagship Stores in Manhattan, bis hin zum einladenden, eleganten Vordach des Hospitals Israelita Albert Einstein in São Paulo stehen stellvertretend für eine besondere Form der strukturellen Schönheit.

Glass structures in the city – an essay on working with the transparent material. A modern city is perceived to be livable when the quality and sustainability of the built environment are compelling. This essay presents delicate and unique glass structures and buildings that positively shape urban space worldwide. Projects discussed span from the skylights of the Moynihan Train Hall in New York City and the Elbbrücken U-Bahn station in Hamburg to the specialized facades of the Apple store in Brooklyn and the Nordstrom flagship store in Manhattan to the inviting, elegant canopy of the Israelita Albert Einstein Hospital in São Paulo. All are fully realized examples where the implementation of glass highlights the beauty of structures.

Schlagwörter: *Glas, Glasstrukturen, Nachhaltigkeit, urbaner Raum, Schalenstruktur*

Keywords: *glass, glass structures, sustainability, urban environment, shell structure*

1 Einleitung

Weltweit hält der Trend an: immer mehr Menschen ziehen auf der Suche nach Glück, Arbeit und in der Hoffnung auf eine Verbesserung ihrer Lebensbedingungen in die Städte. Großstädte und Metropolregionen wachsen zu neuen Mega-Cities heran. Folglich steigen mit den Einwohnerzahlen auch die Anforderungen und Erwartungen an die erbaute, urbane Umwelt als Lebensraum. Diese hat größten Einfluss auf das Wohlbefinden derjenigen, die darin leben. Denn eine moderne Stadt muss mehr bieten als Gebäude und Infrastruktur. Qualität und Nachhaltigkeit stehen deshalb zunehmend im Fokus. Beide Punkte wirken sich positiv auf die Attraktivität und den Lebensstandard eines Quartiers oder einer ganzen Stadt aus. Das gilt auch für die gebauten Strukturen, die das Erscheinungsbild und die Lebensqualität nachhaltig beeinflussen.

Seit jeher erfreut sich Glas in der Architektur großer Beliebtheit. Vor allem die Vielseitigkeit, Transparenz, das Spiel mit Licht und die Langlebigkeit sprechen für den Werkstoff. Während es aufgrund des eigentlich spröden Materialverhaltens überwiegend als Element zur vertikalen Fassadenverkleidung eingesetzt wurde – meist in Kombination mit tragender Unterkonstruktion – haben sich Technik und Fertigungsmöglichkeiten inzwischen weiterentwickelt. In den vergangenen Jahren entstanden vermehrt neue, intelligente Konzepte für Strukturen aus Glas. Diese Evolution ermöglicht Projekte mit und aus Glas noch eleganter und transparenter zu gestalten. Fünf solche bemerkenswerten Beispiele aus Großstädten werden hier vorgestellt.

2 Projekte

2.1 Moynihan Train Hall in New York City

Mit der Eröffnung der Moynihan Train Hall am Neujahrstag des Jahres 2021 wurde ein spektakulärer Erweiterungsbau der Penn Station in New York City der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Die neue Ankunftshalle ist das Ergebnis einer Umnutzung des denkmalgeschützten James A. Farley Postgebäudes, das 1913 von McKim, Mead & White entworfen wurde und direkt gegenüber des bestehenden Penn-Bahnhofkomplexes liegt (Bild 1). Skidmore, Owings and Merrill (SOM) gestalteten die Umnutzung, bei der schlaich bergermann partner das innovative Design der gläsernen Innenhofüberdachungen plante. Diese wurden als optimiertes und effizientes Struktursystem entwickelt, um den Materialaufwand der Konstruktion auf das Mindeste zu begrenzen und große Teile der historischen Tragstruktur zu nutzen.

Die gläsernen Überdachungen erstrecken sich über zwei benachbarte Innenhöfe: beide sind rechteckig geformt mit Abmessungen von 59 m × 19 m für den Mittelblock und 70 m × 48 m für die Haupthalle. Für den Mittelblock wurde eine einzelne Schale in der Form eines modifizierten Halbzylinders gewählt (Bild 2). An beiden Enden des Rechtecks beginnt die Krümmung sehr flach und nimmt zur Mitte hin stetig zu. Die größere Haupthalle gliedert sich in ein System aus vier Schalen, die von den historischen, dreiecksförmigen Stahlträgern getragen werden (Bild 3). An den Scheitelpunkten der gläsernen Schalenstruktur erreichen sie eine Höhe von 28 m über der Bahnhofshalle. Unterstützt durch die Geometrie des Bestands nimmt die Höhe der Schale zur Dachmitte hin stark zu und erzeugt so einen Eindruck von Leichtigkeit und Groß-

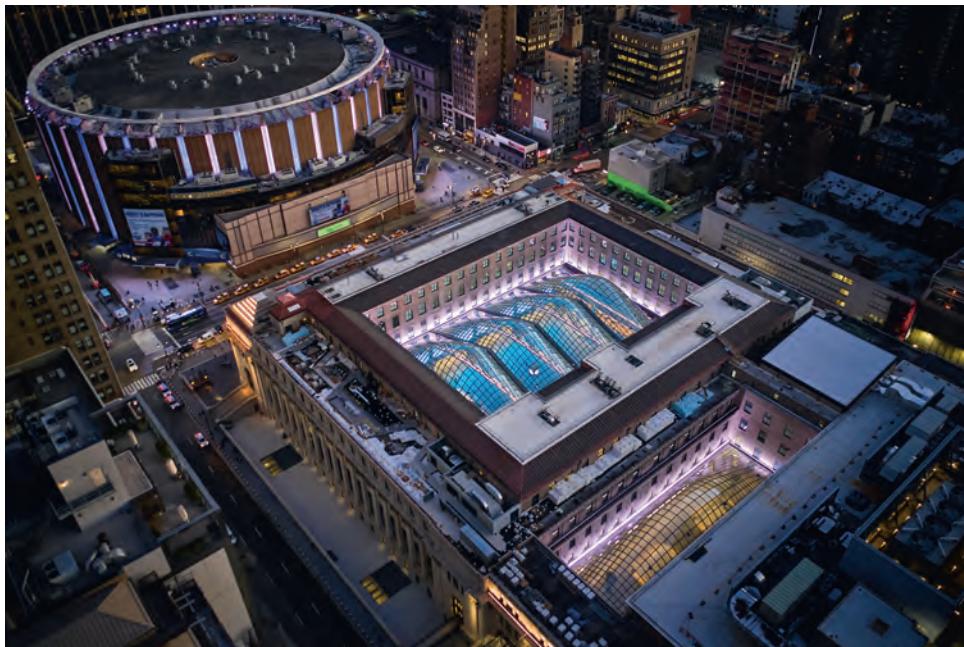


Bild 1 Moynihan Train Hall (rechts im Bild) und Penn Station (© L. B. Simpson/A. Fedor, SOM)

zügigkeit. Darüber hinaus ermöglichen die Oberlichter eine natürliche Tageslichtbeleuchtung in den Hallen, wodurch der Gesamtenergieverbrauch der Bahnhofshalle reduziert wird.

Eine einfache Überdachung aus Stahlträgern und großen Glasscheiben hätte ausgereicht, um das 108 Jahre alte Postamt in eine helle Fahrgasthalle zu verwandeln. Aber angesichts der Prominenz des Projekts wurden für einen der größten Bahnhöfe in der westlichen Hemisphäre höhere Maßstäbe gesetzt. Gebogene Schalenkonstruktionen, zusammengesetzt aus einem formgebenden Stahlgitter, dessen Öffnungen mit Glas bedeckt sind, schaffen die gebotene Erhabenheit mit minimalen Konstruktionsmassen.

Unter gleichmäßiger Belastung stehen Schalen in einem reinen, biegefrezien Druckzustand, weshalb das Stahlgitter nur ein Minimum an Material erfordert. Gleichzeitig stellen diese filigranen Konstruktionen einige der größten bautechnischen Herausforderungen in Bezug auf Formoptimierung und Knickstabilität dar. Sowohl die globale Geometrie als auch die Einzelemente müssen sorgfältig und durchdacht geplant werden, damit die Struktur alle Lastkombinationen sicher abtragen kann und keine globalen oder lokalen Beulininstabilitäten auftreten.

Um einen effizienten, biegefrezien Lastabtrag zu ermöglichen, ist es erforderlich, Schalen mit einer bestimmten Mindestkrümmung zu entwerfen. Im Fall der Moynihan-Oberlichter wurde dieses Kriterium konsequent in der Dimensionierung der Strukturlemente umgesetzt. An den Rändern, in Bereichen mit geringer Krümmung, besitzen die Stahlelemente eine größere Bauhöhe, um den unvermeidlichen Biegemomenten zu widerstehen. In der Mitte der Schalenstruktur, wo die Krümmung größer ist, ist die Bauhöhe der Stäbe viel geringer, da sie die Last nur auf Druck tragen. Außerdem ist die



Bild 2 Mittelblock-Überdachung (© S. Hollinger, schlaich bergermann partner)



Bild 3 Überdachung der Haupthalle (© S. Hollinger, schlaich bergermann partner)

Gitterstruktur der Schale an den flachen Enden der Struktur deutlich engmaschiger, da hier durch abrutschenden Schnee deutlich höhere Lasten erwartet werden. Dies reduziert die Beanspruchung des einzelnen Elements in diesen Bereichen und steht im Kontrast zu der großen und offenen Anordnung in den gekrümmten Mittelsektoren. So entstehen wunderbare Licht- und Schatteneffekte, Ausblicke in den freien Himmel und Zonen, die vor direkten Einblicken aus den öffentlich zugänglichen Hallenbereichen geschützt werden.

Die Stahlelemente sind aus schlanken T-Profilen mit 20 mm Blechdicke und einer Tiefe von 100 mm bis 330 mm aufgebaut. Der Flansch ist mit 90 mm × 10 mm konstant gehalten. Während die Elemente in Richtung der starken Achse eine hohe Steifigkeit aufweisen, sind sie in Bezug auf die Durchbiegung um die schwache Achse außerordentlich weich. Daher werden zur Aussteifung der Fläche und zur Sicherstellung des Tragverhaltens einer echten Schale Diagonalseile eingeführt (Bild 4). Sie verlaufen durchgängig an der Oberseite der Platten direkt unterhalb der Glaseindeckung und sind an jedem Knotenpunkt mit Klemmscheiben an der Stahlkonstruktion befestigt.

Der Krümmungsgrad der Schalen unterscheidet sich in Längs- und Querrichtung erheblich. Die geringe Krümmung in Längsrichtung erfordert die Einführung von Versteifungen, die typischerweise für zylindrische Strukturen notwendig sind, um eine globale Aussteifung der Schalenfläche zu gewährleisten. Um die visuelle Wirkung dieser Aussteifungen zu begrenzen, sind sie in einer vorgespannten radial verlaufenden Seilkonfiguration (Bild 4) ausgeführt, die auch den horizontalen Schub der Struktur in Querrichtung kurzschießt.

Die Isolierglaseinheiten bestehen typischerweise aus einer 8 mm starken, voll vorgespannten Glasschicht, einem 16 mm Scheibenzwischenraum und einer Verbundglasbeschichtung aus 2 × 6 mm teilvorgespanntem Glas. Der Zwischenraum ist mit Argon gefüllt und die Glasscheiben haben zusätzlich zu einer Low-E-Beschichtung eine Keramikbedruckung, die 40% der Oberfläche abdeckt. Diese Massnahmen führen zu einem Solargewinn (Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)) von 0,30, der akzeptable Bedingungen in der Wartehalle sicherstellt.



Bild 4 Radial verlaufende Seilkonfiguration zur Aussteifung (© schlaich bergermann partner)

Wie alle knickgefährdeten Konstruktionen sind auch Schalen gegenüber Unzulänglichkeiten empfindlich und erfordern eine sorgfältige Planung der Fertigungs- und Montageabläufe, die von der ausführenden Baufirma eng koordiniert wurde. In einer Fertigungsstätte in Deutschland wurde die architektonische und statische Qualität in einer Reihe von Mock-Ups getestet und nachgewiesen. Anschließend wurde das Stahlgitter in Modulen auf Präzisionsvorrichtungen vorgefertigt und nach New York geliefert. In dieser Zeit wurde die Baustelle mit umfangreichen Gerüstkonstruktionen ausgestattet, um die vorgefertigten Elemente mit hoher Genauigkeit zu positionieren, bevor sie im Anschluss zusammengeschweißt wurden.

Ohne die Diagonalseile war die Konstruktion nach dem Schweißen noch nicht selbsttragend. Erst die Installation und das Vorspannen der Auskreuzungen ermöglichen dies. Im letzten Schritt wurde das Gerüst entfernt und die Glasscheiben montiert. Der gesamte Montageprozess wurde von geometrischen Vermessungen und stichprobenartigen Überprüfungen der Seilvorspannung während vorbestimmten Bauabschnitten begleitet, um sicherzustellen, dass Form und Schnittgrößen innerhalb des vorhergesagten Bereichs lagen.

Die filigranen Glasschalen der Moynihan Train Station zeigen, wie historische Bauelemente und moderne Architektur mithilfe fortgeschrittener Ingenieurlösungen sinnvoll kombiniert werden können. Dies spart auf der einen Seite Ressourcen durch Bauen im Bestand, auf der anderen Seite ermöglicht es auch, den historischen Kontext des Bauwerks zu erhalten und widerzuspiegeln.

2.2 U-Bahn Haltestelle Elbbrücken in Hamburg

Der Nahverkehrsknotenpunkt der U- und S-Bahn an den Elbbrücken ist ein wichtiges Infrastrukturprojekt für den Anschluss der östlichen HafenCity an die Innenstadt Hamburgs (Bild 5). Beide Haltepunkte bestehen aus einer verglasten Stahlbogenkonstruktion in Form einer Halbschale – die eine bogenförmig, die andere gedrungener. Ein Skywalk in Form einer gläsernen Brücke verbindet die Haltepunkte auf direktem Weg und erlaubt den Fahrgästen einen wettergeschützten Wechsel zwischen U- und S-Bahn.

Der Doppelhaltepunkt stellt für die südlich der Elbe lebenden Pendler eine attraktive Umsteigemöglichkeit auf dem Weg ins Stadtzentrum dar. Sowohl das größere Dach der U-Bahnstation als auch das Dach der S-Bahnstation (Bild 6) und die Verbindungsbrücke wurden gemeinsam von schlaich bergermann partner und den Architekten von Gerkan, Marg und Partner entworfen und geplant. Daher wirkt das Ensemble mit seinen zwei Dachkonstruktion wie aus einem Guss, ohne sich dabei gegenseitig zu imitieren.

Die Geometrie der Stahl-Glas-Konstruktion ist eine moderne Interpretation der in direkter Nachbarschaft befindlichen denkmalgeschützten Elbbrücken, die den Ort gestalterisch und nachhaltig prägen. Um die markante Stahlstruktur auch von weit hin erlebbar zu gestalten, wurde die Verglasung nach innen abgehängt, sodass beide Dächer optisch auf die Elbbrücken eingehen. An den Stirnseiten kragen beide Dächer spitz aus und bilden so einen markanten und dynamischen Abschluss.

Das Dachtragwerk der größeren U-Bahn Haltestelle in Form einer Halbtonne besteht aus 16 vollständigen Stahlbögen und 20 stählernen Teilbögen, die im Abstand von 8 m zueinander gekreuzt angeordnet sind. Hieraus ergibt sich die den Entwurf prägende



Bild 5 S-Bahn- und U-Bahn-Station Elbbrücken (© M. Bredt, Bredt Fotografie)

Rautenstruktur. Die Grundfläche des Daches beträgt 135×33 m. Im Querschnitt entspricht das System einem beidseitig gelenkig gelagerten Bogen mit einem Stich von 15,5 m. An den beiden Enden der Halbtonne werden die durch die Teilbögen entstehenden Kräfte durch Randträger abgefangen, die am Scheitel der Halbtonne spitz zusammenlaufen. Diese Randträger werden als Hohlkästen ausgebildet, während die restlichen Dachträger einen offenen I-Querschnitt aufweisen. Um ein einheitliches Erscheinungsbild zu erzeugen, ist die Breite aller Hauptträger mit 350 mm konstant.

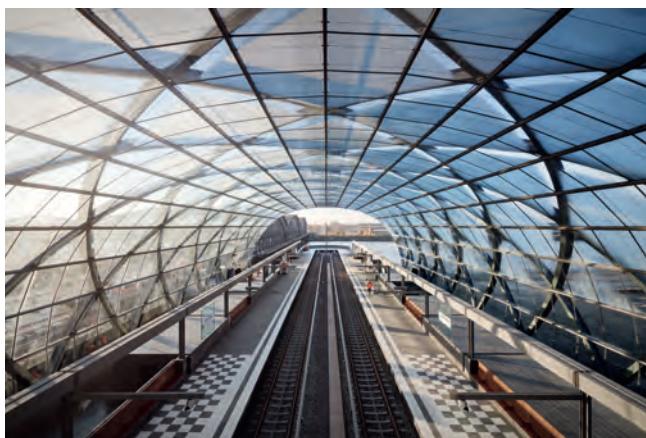


Bild 6 S-Bahnhaltestelle Elbbrücken (© M. Bredt, Bredt Fotografie)