

## ***Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen***

# Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.0 Einleitung</b> .....	2	<b>9.0 Toleranzen</b> .....	9
<b>2.0 Geltungsbereich</b> .....	3	<b>10.0 Bemessung</b> .....	13
<b>3.0 Herstellung und Geometrie</b> .....	3	10.1 Statische Besonderheiten im Vergleich zu ebenen Glasscheiben....	13
<b>4.0 Baurechtliche Regelwerke und Vorschriften</b> .....	5	10.2 Klimalasten bei gebogenen Isoliergläsern .....	13
4.1 Allgemeines.....	5	10.3 Berechnungsgrundlagen .....	13
4.2 Thermisch gebogenes Glas .....	5	10.4 Gebrauchstauglichkeit .....	14
<b>5.0 Bauprodukte</b> .....	6	10.4.1 Durchbiegungsbegrenzungen der Verglasung .....	14
5.1 Allgemeines .....	6	10.4.2 Durchbiegungsbegrenzungen der Unterkonstruktion .....	14
5.2 Gebogenes Floatglas (gb-Float).....	6	<b>11.0 Lagerung und Transport</b> .....	14
5.3 Gebogenes Einscheiben-Sicherheitsglas (gb-ESG).....	6	<b>12.0 Verglasung</b> .....	15
5.4 Gebogenes teilvorgespanntes Glas (gb-TVG).....	6	12.1 Allgemeines.....	15
5.5 Gebogenes Verbund- und Verbund-Sicherheitsglas (gb-VG, gb-VSG) .....	6	12.2 Konstruktive Hinweise .....	15
5.6 Gebogenes Mehrscheiben-Isolierglas (gb-MIG) .....	7	12.3 Erforderliche Falzbreite.....	15
5.7 Gestaltung mit gebogenem Glas .....	7	<b>13.0 Klotzung</b> .....	15
<b>6.0 Bauphysik</b> .....	7	13.1 Definitionen.....	16
6.1 Allgemeines.....	7	<b>14.0 Aufmaß</b> .....	17
6.2 Wärmedämmung und Sonnenschutz .....	7	<b>15.0 Literatur</b> .....	17
6.3 Schallschutz.....	7	<b>16.0 Ansprechpartner in den Bundesländern</b> .....	18
<b>7.0 Sicherheit mit Glas</b> .....	8	<b>17.0 Normen, Regelwerke und Richtlinien</b> .....	18
7.1 Sondersicherheitsverglasungen .....	8	<b>18.0 Weiterführende Literatur</b> .....	19
7.2 Verkehrssicherheit .....	8		
7.2.1 Geeignete Glaserzeugnisse .....	8		
<b>8.0 Visuelle Qualität</b> .....	8		

## 1.0 Einleitung

Die Anwendung von Glas in der Gebäudehülle erfreut sich zunehmender Beliebtheit bei Planern und Bauherren gleichermaßen. Die Entwicklung des Baustoffs Glas in den letzten Dekaden hat gezeigt, dass der Anwendung kaum noch Grenzen gesetzt werden. Dem Planer und Bauherrn kann ein großes Spektrum an Gestaltungsmöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden. Somit entstehen multifunktionale, geometrisch komplexe Fassaden, deren Umsetzung nicht nur plane, sondern auch gebogene Verglasungen erfordert.

Die Realisierung der ersten Glasfassaden erfolgte nahezu ausschließlich mit planen Verglasungen. Auch die Forschung hat sich in den letzten Jahrzehnten überwiegend auf diese Verglasungsarten fokussiert. Die Anwendung von gebogenem Glas war eher selten. Durch die Fortentwicklung der Produktionsprozesse und der weiteren Veredelungstechniken, z. B. Funktionsbeschichtungen für Wärmedämmung und Sonnenschutz, wurden die Anwendungsbereiche von planem und gebogenem Glas größer.

Dieser Leitfaden soll dem Anwender (Architekten, Planer, Ausführenden) eine Orientierung bei der Verwendung von gebogenem Glas, sowohl in der Planungs- und Entwurfsphase, als auch bei der Ausführung bieten und ihm notwendige Hinweise bei wichtigen Fragestellungen geben. Es werden baurechtliche Grundlagen beschrieben und Hinweise für die Glasbemessung sowie für die Verglasung gegeben.

Des Weiteren werden die Grundlagen für die Beurteilung der visuellen Qualität von gebogenem Glas erläutert und Angaben zu möglichen Toleranzen gemacht. Darüber hinaus werden auch Hinweise zum Transport und zum Einbau gegeben.

Bei über diesen Leitfaden hinausgehenden Fragen bzw. im Einzelfall sollte Rücksprache mit den Herstellern bzw. Fachplanungsbüros gehalten werden.

## 2.0 Geltungsbereich

Dieser Leitfaden gilt für thermisch gebogenes Glas für das Bauwesen (Verwendung in der Gebäudehülle und beim Ausbau von baulichen Anlagen/Bauwerken).

*Für spezielle Anwendungen, z. B. im Schiffsbau, als Yachtglas oder im Möbelbau, ist bezüglich der möglichen Produkte und Toleranzen sowie der visuellen Qualität, etc. mit den Herstellern dieser Produkte Rücksprache zu halten.*

## 3.0 Herstellung und Geometrie

Seit Beginn des modernen Glasbiegens für die Anwendung als Architekturglas – Mitte des 19. Jahrhunderts in England – hat sich das Herstellungsprinzip warm gebogener Gläser nicht wesentlich verändert. In der Regel kommt das in Abb. 1 dargestellte Prinzip des Schwerkraftbiegens zur Anwendung. Hierbei wird der plane Floatglas-Rohling auf eine Biegeform aufgelegt und in einem Biegeofen auf 550 bis 620 °C erwärmt. Nach dem Erreichen des Erweichungsbereiches sinkt der Rohling infolge der Schwerkraft in die Biegeform ein oder legt sich im Falle einer konvexen Biegeform über diese. Die anschließende Abkühlphase entscheidet über die Eigenschaften des Endproduktes.

Zur Herstellung von gebogenem Floatglas muss der Abkühlprozess sehr langsam erfolgen, in der Regel mehrere Stunden, um ein nahezu eigenspannungsfreies und schneidbares Endprodukt zu erhalten.

Demgegenüber erhält man durch schnelles Abkühlen ein thermisch teil- oder vollvorgespanntes gebogenes Glas. Der Herstellprozess thermisch vorgespannter, gebogener Gläser hat sich durch die Weiterentwicklung der Maschinenteknik verändert. Moderne Biegeöfen zur Herstellung thermisch vorgespannter Gläser arbeiten mit beweglichen Biegeformen, die den erwärmten Rohling von beiden Seiten in die gewünschte Form bringen und auch während des Vorspannens in dieser halten. Das Biegen und Abkühlen erfolgt hier in derselben Ofeneinheit.

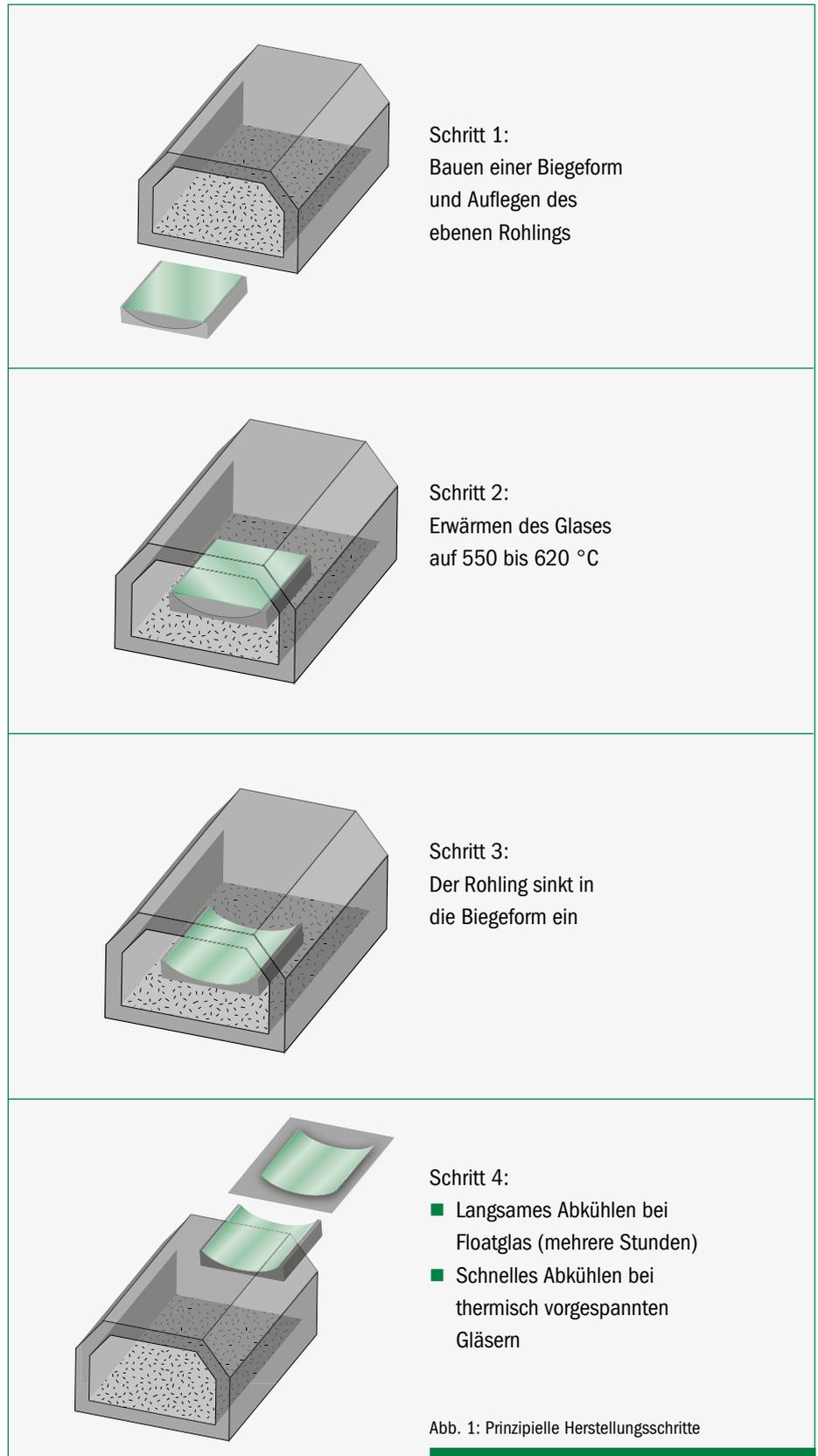
So einfach das Prinzip des Glasbiegens an sich ist, so schwierig und anspruchsvoll ist die praktische Umsetzung. Das Gelingen eines Biegeprozesses hängt von vielen Parametern ab. Neben den geometrischen Randbedingungen haben auch Beschichtungen und das verwendete Basisglas (z. B. Eisenoxidarmes Glas „Weißglas“) einen wesentlichen Einfluss auf die entscheidenden Produktionsphasen des Aufheizens und Abkühlens. Natürlich sind auch die Erfahrung des Biegebetriebes und die technischen Eigenschaften der eingesetzten Biegeöfen von entscheidender Bedeutung für die Qualität des Endproduktes.

Die Umsetzbarkeit der gewünschten Biegegeometrie mit dem gewählten Glasaufbau – eventuell mit Beschichtung – sind daher auch herstellerabhängig, weshalb grundsätzliche Angaben zu möglichen Biegeradien und Glasaufbauten nur eingeschränkt möglich sind. Prinzipiell lässt sich jedoch sagen, dass aufwändige Geometrien, wie sphärische Biegungen, in der Regel nur als Floatglas möglich sind.

Wird gebogenes Verbund- oder Verbund-Sicherheitsglas (VG oder VSG) benötigt, können die Einzelscheiben beim Floatbiegeprozess gemeinsam auf die Biegeform gelegt werden. Hierdurch sind die Toleranzen der Einzelscheiben meist deutlich geringer als bei VSG aus thermisch vorgespanntem gebogenem Glas, da die Scheiben in diesem Fall nur einzeln hergestellt werden können.

# Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen

Bei der Herstellung gebogener Scheiben wird grundsätzlich zwischen schwach gebogenen Verglasungen mit einem Krümmungsradius über zwei Metern und stark gebogenen Gläsern mit kleineren Krümmungsradien unterschieden. Zudem wird zwischen einachsig (zylindrisch, konisch) gebogenem Glas und mehrachsig (sphärisch) gebogenem Glas differenziert. Das Verfahren der thermischen Biegung erlaubt die Umsetzung sehr kleiner Biege­radien. Die exakten Werte sind her­stellerabhängig, jedoch können Radien bis zu 100 mm möglich sein, bei Glasdicken über 10 mm bis etwa 300 mm.



## 4.0 Bauprodukten- und bauordnungsrechtliche Anforderungen in Deutschland

### 4.1 Grundlagen

Grundsätzlich ist zwischen Normen und Regeln für die Produkte und denjenigen für die Anwendung zu unterscheiden. Während in Produktnormen, die zumeist europäisch harmonisiert sind (hEN), Vorschriften zur Herstellung sowie Angaben zu den technischen Eigenschaften von Bauprodukten gemacht werden, beschreiben Anwendungsnormen die konstruktiven Anforderungen und Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise, die gemäß Landesbauordnung (LBO) von Bauarten oder Bauprodukten zu erfüllen sind.

Viele Glasproduktnormen wurden bereits als hEN von der EU-Kommission im EU-Amtsblatt bekannt gemacht. Sie sind bauproduktenrechtlich, d. h. gemäß Bauproduktenverordnung (BauPVO, Verordnung (EU) Nr. 305/2011) zu beachten. Neben den Produkteigenschaften regeln sie auch die für das Inverkehrbringen erforderliche CE-Kennzeichnung.

Die für die Herstellung und Anwendung von Glas bauordnungsrechtlich, d. h. gemäß LBO zu beachtenden hEN und Anwendungsnormen wurden bisher in der Bauregelliste (BRL) und in den landeseigenen Listen der technischen Baubestimmungen (LTB) als Technische Baubestimmungen (TB) bekannt gemacht.

Aufgrund des EuGH-Urteils vom 16.10.14 in der Rechtssache C-100/13 wurde die gemeinsame Basis aller LBO, die Muster-Bauordnung überarbeitet (MBO'16). In einigen Ländern gilt bereits eine darauf basierende neue LBO.

Außerdem wurden die BRL und die Muster-LTB zur Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (M-VVTB) zusammengefasst. Einige Länder haben bereits eine darauf basierende landeseigene Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VVTB) erlassen.

Da die landeseigenen LBO und VVTB sowohl inhaltlich als auch vom Geltungszeitraum her von Land zu Land abweichen können, ist stets zu prüfen, welche Fassung der LBO und VVTB gültig und anzuwenden ist.

### 4.2 Nachweise der Verwendbarkeit und Anwendbarkeit

Für gebogene Glasprodukte existieren bislang weder hEN, noch wurden in der BRL oder den LTB bzw. den VVTB für die Anwendung von Bauarten mit gebogenen Glasprodukten entsprechende Anwendungsnormen als TB bekannt gemacht, noch existieren hierfür allgemein anerkannte Regeln der Technik. Auch DIN 18008 regelt – im Gegensatz zu den nicht mehr gültigen technischen Regeln TRLV und TRAV – keine Bauarten mit gebogenen Gläsern.

Die Verwendbarkeit gebogener Glasprodukte nach LBO kann daher nur mittels allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) oder mittels Zustimmung im Einzelfall (ZiE, zukünftig: Nachweis der Verwendbarkeit von Bauprodukten im Einzelfall) nachgewiesen werden.

Entsprechend kann die Anwendbarkeit von Bauarten mit gebogenen Glasprodukten nur mittels abZ (zukünftig: allgemeine Bauartgenehmigung) oder ZiE (zukünftig: vorhabenbezogene Bauartgenehmigung) nachgewiesen werden.

AbZ's, die je nach Antragstellung entweder nur bauproduktbezogene Aspekte (z. B. Produkteigenschaften) oder zusätzlich auch bauartbezogene Aspekte (z. B. konstruktive Vorgaben und Nachweise) regeln sowie allgemeine Bauartgenehmigungen, die ausschließlich bauartbezogene Aspekte regeln, sind beim DIBt in Berlin zu beantragen.

ZiE bzw. Nachweise der Verwendbarkeit von Bauprodukten im Einzelfall sowie vorhabenbezogene Bauartgenehmigungen sind bei der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde des jeweiligen Bundeslandes zu beantragen.

### 4.3 Ältere Verwendbarkeitsnachweise

Verweisen noch gültige abZ auf die TRLV, sind diese weiterhin als Grundlage für die Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise heranzuziehen.

### 4.4 Hinweise zur Vorbemessung

Für eine Vorbemessung von gebogenen Scheiben können die Berechnungsgrundlagen aus DIN 18008 in Verbindung mit den Werten aus Tabelle 2 dieses Merkblattes verwendet werden. Die vereinfachten Verfahren zur Ermittlung der Klimlasten aus DIN 18008 können jedoch nicht auf gebogene Isoliergläser angewendet werden. Ebenso gelten an planen Gläsern erbrachte Stoßsicherheitsnachweise, wie z. B. Tabelle B.1 der DIN 18008-4, nicht für gebogenes Glas.

# Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen

## 5.0 Bauprodukte

### 5.1 Allgemeines

Nachfolgend werden die verschiedenen gebogenen Glasprodukte gemäß den hEN für plane Glasprodukte aufgeführt und die Unterschiede bzw. Besonderheiten für gebogene Gläser aufgezeigt. Ergänzend dazu werden für die Bauprodukte, für die es andere, z. B. ISO-Normen gibt, entsprechende Hinweise aus und zu diesen Normen gemacht.

Um planes von gebogenem Glas zu unterscheiden und die Produkte hinsichtlich ihrer Eigenschaften gegeneinander abzugrenzen, wird die Abkürzung gb (gebogen) als Ergänzung zu den bekannten Abkürzungen für Bauprodukte aus Glas eingeführt.

### 5.2 Gebogenes Floatglas (gb-Float)

Das Ausgangsprodukt für gebogenes Floatglas (gb-Float) wird in EN 572-2 beschrieben. Demnach ist Floatglas ein planes, durchsichtiges, klares oder gefärbtes Kalk-Natronsilicatglas mit parallelen und feuerverpolierten Oberflächen, hergestellt durch kontinuierliches Aufgießen und Fließen über ein Metallbad.

Darüber hinaus sind auch andere Basisglaserzeugnisse nach EN 572, z. B. Ornamentglas, Drahtglas, Drahtspiegelglas, Profilbauglas, als gebogenes Produkt herstellbar. Hier ist Rücksprache mit den Herstellern zu nehmen. Die Normen für diese Produkte beziehen sich ebenfalls nur auf planes Glas.

### 5.3 Gebogenes Einscheiben-Sicherheitsglas (gb-ESG)

Die Produktnorm EN 12150-1 beschreibt nur planes ESG. Jedoch wird im informativen Teil dieser Norm (Anhang A) folgendes formuliert:

*„Gebogenem, thermisch vorgespanntem Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas (im Vereinigten Königreich auch „bent“ genannt) wurde während der Herstellung absichtlich ein bestimmtes Profil gegeben. Dieses Glas ist kein Bestandteil dieser Europäischen Norm, da keine ausreichenden Daten zur Normung des Produkts zur Verfügung stehen. Unabhängig davon können die Angaben in dieser Europäischen Norm bezüglich Dicke, Kantenbearbeitung und Bruchstruktur auch auf gebogenes, thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas angewandt werden.“*

Das ISO/TC 160/SC 1/WG 8 hat Normen zu gebogenem Glas veröffentlicht, d. h. ISO 11485-1, ISO 11485-2 und ISO 11485-3. Teil 3 behandelt thermisch vorgespanntes Sicherheitsglas. Ein besonderer Bezug wird auf die Prüfung der Bruchstruktur, auf die zulässigen Auszählungen der Bruchstücke sowie auf die Mittel zur Durchführung eines Pendelschlagversuches genommen.

### 5.4 Gebogenes teilvorgespanntes Glas (gb-TVG)

Die Produktnorm EN 1863-1 beschreibt nur planes TVG. Es ist zu beachten, dass weder das Bruchbild noch die charakteristische Biegezugfestigkeit von planem TVG auf gebogenes TVG übertragbar sind.

### 5.5 Gebogenes Verbund- oder Verbund-Sicherheitsglas (gb-VG oder gb-VSG)

Die Produktnorm EN 14449 beschreibt nur planes Verbundglas (VG) und planes Verbund-Sicherheitsglas (VSG).

Damit VG in Deutschland als VSG verwendbar ist, müssen die Zwischenschichten aus Polyvinyl-Butyral (PVB) sein und bestimmte mechanische Eigenschaften aufweisen. Diese werden zukünftig in den VVTB beschrieben um dann auch den Anforderungen von DIN 18008 zu genügen.

Welche Zwischenschicht, außer PVB, für gebogenes VSG verwendet werden darf, ist der entsprechenden abZ bzw. der allgemeinen Bauartgenehmigung zu entnehmen. Liegt ein geeigneter Verwendbarkeitsnachweis für andere Zwischenschichten vor, ist die Anwendung als VSG im Rahmen z. B. der DIN 18008 möglich.

VG dagegen ist ein Bauprodukt mit sonstigen Zwischenschichten, deren Eigenschaften nicht nach den VVTB, sondern nach der o. g. hEN 14449 nachgewiesen sind.

## 5.6 Gebogenes Mehrscheiben-Isolierglas (gb-MIG)

Die Produktnorm EN 1279 ist eingeschränkt für gebogenes MIG anzuwenden. Im Teil 1 der EN 1279 wird in Abschnitt 4.6 folgendes formuliert:

*„Einheiten mit einem Biegeradius > 1000 mm stimmen mit dieser Norm überein, ohne die zusätzlichen Prüfungen für gebogene Prüfkörper durchlaufen zu haben.*

*Einheiten mit einem Biegeradius von 1000 mm oder weniger stimmen mit dieser Norm überein, wenn zusätzlich gebogene Prüfkörper mit dem gleichen oder kleineren Biegeradius den Anforderungen zur Wasserdampfdiffusion in EN 1279-2 entsprechen. Die Prüfkörper sollten mit der Biegeachse parallel zur längsten Seite gebogen sein.“*

Grundsätzlich kann auch 3-fach-Isolierglas als gebogene Verglasung ausgeführt werden. Allerdings ist hier bezüglich der Machbarkeiten (Größe, Glasaufbauten, Glasarten, technische Werte, etc.) und Toleranzen mit den Herstellern Rücksprache zu halten.

## 5.7 Gestaltung mit gebogenem Glas

Grundsätzlich ist die Gestaltung von gebogenem Glas mit z. B. Emaillierungen, Sieb- oder Digitaldruck, bedruckten Folien, Sandstrahlung, Fusing, Teilbeschichtungen möglich.

Daraus resultierende Eigenschaften sind individuell von Fall zu Fall zu bestimmen und die Machbarkeiten und Toleranzen mit den Herstellern zu klären.

## 6.0 Bauphysik

### 6.1 Allgemeines

Die Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) formuliert Vorgaben, die den Energieverbrauch von Gebäuden verringern und den Einsatz von erneuerbaren Energien erhöhen soll. Auf europäischer Ebene werden hierzu in der EPBD Mindestanforderungen gestellt, die in den einzelnen Mitgliedsstaaten entsprechend geändert oder angepasst werden können. Das bedeutet, dass u.a. Anforderungen an den zulässigen Primärenergiebedarf eines Gebäudes gestellt werden. Durch die Energieeinsparverordnung (EnEV), die die nationale Umsetzung der EU Richtlinie darstellt, werden an das Bauteil Fenster und Fassade, u.a. Anforderungen an die Wärmedämmung und den sommerlichen Wärmeschutz gestellt.

### 6.2 Wärmedämmung und Sonnenschutz

Die genannten Anforderungen müssen von gebogenen und planen Verglasungen gleichermaßen erfüllt werden. Zum Einsatz kommen hier möglicherweise Wärmedämm- und Sonnenschutzbeschichtungen. Neben den funktionalen Anforderungen sind vor allem bei Sonnenschutzbeschichtungen auch die ästhetischen Anforderungen (z. B. Reflexion des beschichteten Glases, Farbgebung durch die Beschichtung oder auch Glassubstrat) wichtig.

Für die Festlegung der optischen Eigenschaften sollte vor allem bei größeren Objekten von Anfang an mit Mustern in Bauteilgröße gearbeitet werden, um die zu erwartende optische Qualität mit dem Hersteller abstimmen zu können. Eine erste Produktfestlegung kann aber auch mit sogenannten „Handmustern“ mit in der Regel einer Größe von 200 x 300 mm erfolgen.

Welche Beschichtungsmöglichkeiten hier in Abhängigkeit der Geometrie, des Glasaufbaus, der Größe, etc. gegeben sind, muss im Einzelfall mit dem Hersteller des gebogenen Glases geklärt werden. Eine pauschale Festlegung auf erreichbare Ug-Werte, g-Werte, etc. ist aufgrund der Vielzahl der zuvor genannten Parameter nicht möglich. Die Angabe von Ug-Werten sowie der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kennwerte erfolgt in der Regel für plane Verglasungen mit gleichem Glasaufbau. Die Ermittlung erfolgt nach EN 673 und EN 410.

### 6.3 Schallschutz

Die Messung des Schalldämmwertes erfolgt nach EN ISO 10140 und die Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes nach EN ISO 717. Die Messung wird an planen Verglasungen der Größe 1,23 x 1,48 m durchgeführt.

Die Übertragbarkeit auf gebogene Verglasungen ist nur bedingt möglich, da die abstrahlende Oberfläche größer ist als bei in der Größe vergleichbaren, planen Scheiben. Hier ist eine Prüfung bei einem geeigneten Prüfinstitut zu empfehlen.

# Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen

## 7.0 Sicherheit mit Glas

### 7.1 Sondersicherheitsverglasungen

Anforderungen an die Durchwurf-, Durchbruch-, Durchschuss- und Sprengwirkungshemmung müssen sowohl von planen als auch gebogenen Verglasungen erfüllt werden. Ob jede der genannten Anforderungen – unter Berücksichtigung der Fenster- und Fassadenkonstruktion – erfüllt werden kann und die Übertragbarkeit von Prüfverfahren für plane Verglasungen möglich ist, muss im Einzelfall mit dem Hersteller bzw. einem Prüfinstitut geklärt werden.

### 7.2 Verkehrssicherheit

Verkehrssicherheit bedeutet, dass unter der üblichen und angemessenen Nutzung einer Verglasung das Unfallrisiko abgeschätzt und durch bauliche Maßnahmen angepasst wird.

Gemeint ist die Sicherheit von Verglasungen, die an Verkehrs- bzw. Aufenthaltsflächen angrenzen, d. h. das Bauteil Glas darf durch die Einwirkung zwar brechen, aber herabfallende Bruchstücke dürfen nicht zu gefährlichen Verletzungen führen.

Die Verantwortung zur Minimierung des Unfallrisikos obliegt dem Auftraggeber, Bauherrn, etc.. Die sicherheitsrelevanten Anforderungen sind durch den Planer zu stellen bzw. vorab zu prüfen und mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Die Sicherheitsanforderungen müssen bei entsprechender Anwendung auch von gebogenen Verglasungen erfüllt werden.

### 7.2.1 Geeignete Glaserzeugnisse

Die Forderung nach Verkehrssicherheit lässt sich für den Glasbereich mit einem funktionierenden Verglasungssystem und der Verwendung von Sicherheitsglas erfüllen.

Es sind die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und die Berufsgenossenschaftlichen Regeln (BGR) zu beachten.

Allgemein wird auf die Schrift BGI/GUV-I 669 der deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung verwiesen. Gemäß dieser Schrift erfüllen folgende Glasarten die Sicherheitsanforderungen und können als Sicherheitsglas verwendet werden:

- ESG und ESG-H
  - VSG sowie
  - lichtdurchlässige Kunststoffe mit vergleichbaren Sicherheitseigenschaften.
- Gemeint sind hier allerdings plane Verglasungen.

Gebogenes Glas kann gegebenenfalls als Sicherheitsglas verwendet werden, wenn der Nachweis der geforderten Eigenschaften erbracht wird.

Bei ESG ist dies u. a. das Bruchbild sowie bei VSG die Eigenschaften der Zwischenschicht nach BRL und gegebenenfalls Resttragfähigkeit. Diese Eigenschaften müssen mit einer AbZ oder im Rahmen einer ZiE bescheinigt werden.

Bei UVV/GUV Vorschriften ist gegebenenfalls im Einzelfall mit dem Versicherungsträger bezüglich der Verwendung der Produkte Rücksprache zu halten.

Es muss also sichergestellt sein, dass die Glaskonstruktion für die vorgesehene Anwendung geeignet ist. Jeder einzelne Einsatzbereich muss die Anforderungen an die Sicherheit erfüllen.

## 8.0 Visuelle Qualität

Grundsätzlich gilt die „Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen“ [4]. Zusätzlich in den in Abschnitt 3 der Richtlinie genannten Fehlerzulässigkeiten sind bei gebogenem Glas Einbrände, Beschichtungsfehler und Flächenabdrücke zulässig.

Geprüft wird bei diffusem Tageslicht (wie z. B. bedecktem Himmel) ohne direktes Sonnenlicht oder künstliche Beleuchtung und aus einem Abstand von mindestens 3 m von innen nach außen und aus einem Betrachtungswinkel, welcher der allgemein üblichen Raumnutzung entspricht.

Die Durchsicht und der Farbeindruck werden durch die Biegung des Glases beeinflusst, weil die Reflexion gebogener Gläser aufgrund optischer Gesetzmäßigkeiten stets eine andere ist, als bei planem Glas. Die optischen Eigenschaften sowie das Reflexionsverhalten werden durch folgende Kriterien beeinflusst:

- die Eigenreflexion
- Beschichtungen
- Biegeradius
- Große Biegewinkel (z. B. über 90°)
- Tangentiale Übergänge (s. Abb. 7)
- Glasdicke
- Basisglas

Bei der Anordnung mehrerer Gläser hintereinander, z. B. VSG oder Mehrfachisolierglas, besonders bei Kombination mit geb. ESG, können Störungen in der Durchsicht verstärkt wahrgenommen werden. Es wird die Anfertigung von Musterscheiben empfohlen, um einen ersten Eindruck der optischen Qualität und des visuellen Eindrucks zu erhalten.

## 9.0 Toleranzen

Die nachfolgend genannten Toleranzen gelten für zylindrisch gebogenes Glas. Die Toleranzen der Tabelle 1 sind für einen maximalen Biegewinkel von 90° festgelegt.

Bei darüber hinausgehenden Abmessungen ist mit dem Hersteller Rücksprache zu halten. Die angegebenen Toleranzen sind für alle Kantenbearbeitungen anzuwenden. Die Qualität der Kantenbearbeitung ist mindestens gesäumt. Alle anderen Kantenbearbeitungen sind vor Auftragsvergabe schriftlich zu vereinbaren.

Für Sonderanwendungen, z. B. im Schiffsbau als Yachtglas oder im Möbelbau, sind die Toleranzen mit dem Hersteller zu vereinbaren.

Alle angegebenen Toleranzen beziehen sich auf die Glaskanten.

	Glasdicke* T	Floatglas	ESG	VG / VSG	2-/3-fach Mehrscheiben- Isolierglas	
Abwicklung (A) / Höhe (L) ≤ 2000 mm	≤ 12 mm	± 2	± 2	± 2	± 2	mm
Abwicklung (A) / Höhe (L) ≤ 2000 mm	>12 mm	± 3	± 3	± 3	± 3	mm
Abwicklung (A) / Höhe (L) > 2000 mm und ≤ 4000 mm	≤ 12 mm	± 3	± 3	± 3	± 3	mm
Abwicklung (A) / Höhe (L) > 2000 mm und ≤ 4000 mm	>12 mm	± 4	± 4	± 4	± 4	mm
Abwicklung (A) / Höhe (L) > 4000 mm	≤ 12 mm	± 4	± 4	± 5	± 6	mm
Abwicklung (A) / Höhe (L) > 4000 mm	>12 mm	± 4	± 4	± 5	± 6	mm
Konturtreue (PC)** (Die Toleranzgröße wird auf den nächsten vollen Millimeter aufgerundet.)	–	± 1,5 mm/m Absolutwert: min. 2 mm		± 1,8 mm/m Absolutwert: min. 2 mm		
Geradheit der Höhenkante (RB)	≤ 12 mm	± 2	± 2	± 2	± 2	mm je lfm.
Geradheit der Höhenkante (RB)	>12 mm	± 3	± 3	± 3	± 3	mm je lfm.
Verwindung***	–	± 3	± 3	± 3	± 3	mm je lfm.
Kantenversatz (d)**** ≤ 5m <sup>2</sup>	–	–	–	± 2	± 3	mm
Kantenversatz (d)**** > 5m <sup>2</sup>	–	–	–	± 3	± 4	mm
Lage der Lochbohrungen	–	–	EN 12150	EN 12150	–	mm
Glasdickentoleranz	–	EN 572	EN 572	–	–	mm

\* Bei VG/VSG ist die Glasdicke die Summe der Einzelglasdicken ohne Zwischenlage. Die Toleranzen gelten für VG/VSG aus Floatglas, ESG oder TVG.

\*\* Bei gebogenem Glas ist stets mit tangentialen Übergängen (Auslauf) sowie Aufwölbungen der Abwicklungskanten zu rechnen.

\*\*\* Bezogen auf die längsten Kanten der Verglasungseinheit.

\*\*\*\* Bezogen auf die Höhen- und Abwicklungskante; die Angabe ist für alle Kantenbearbeitungen gültig; der Versatz für Lochbohrungen bei VG und VSG richtet sich nach dieser Toleranz.

Tabelle 1: Toleranzen

# Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen

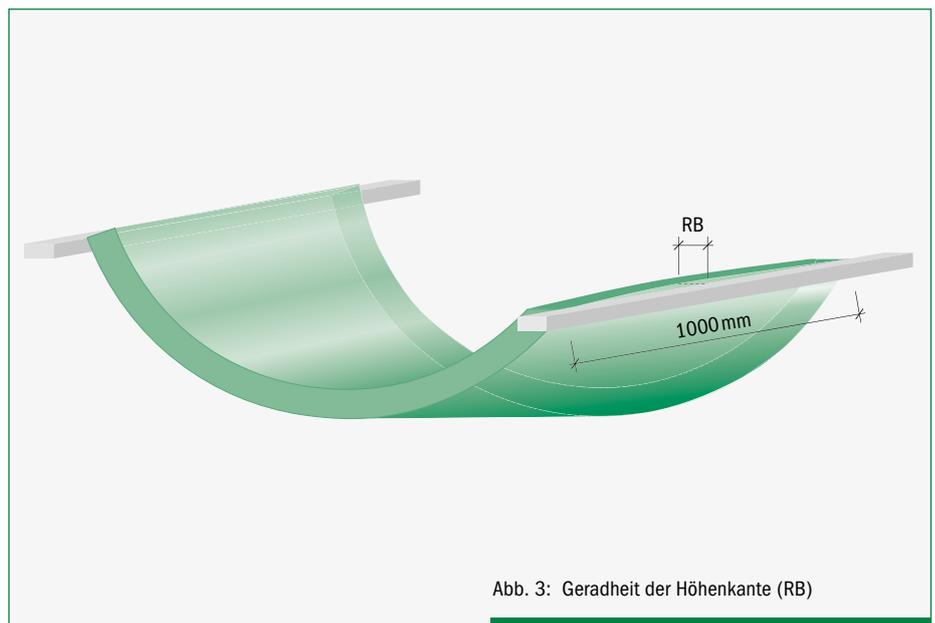
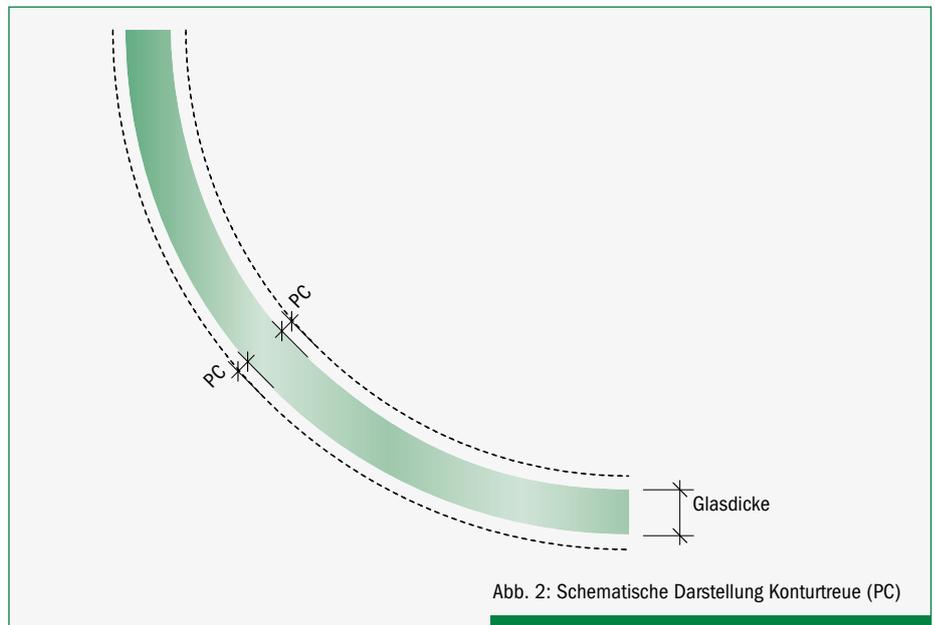
## Örtliche Verwerfung , Rollerwaves etc.

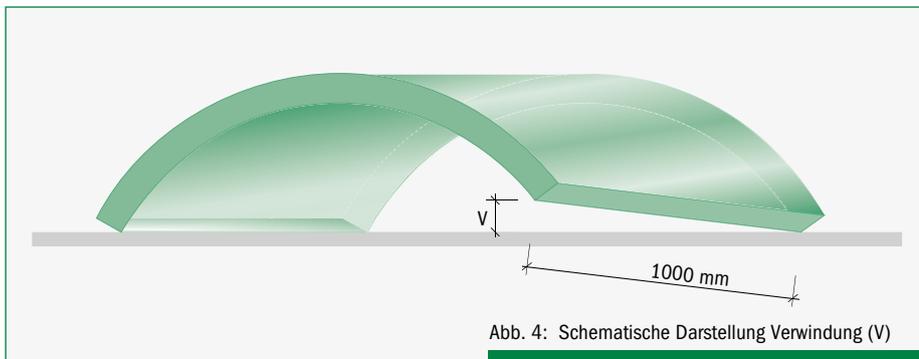
Die Angaben der Produktnormen für planes ESG und TVG können nicht unbedingt auf gebogenes Glas übertragen werden, da diese u. a. von der Glasgröße, der Geometrie sowie der Glasdicken abhängig sind. Im Einzelfall sind diese Toleranzen mit dem Hersteller abzustimmen.

## Konturtreue (PC)

Konturtreue bezeichnet die Genauigkeit einer Biegung. Alle Kanten der Kontur werden um den Toleranzwert (nach Tabelle 1) nach innen/außen versetzt. Die Biegekantur darf nicht mehr als dieses Maß von der Soll-Kontur abweichen (s. Abb. 2).

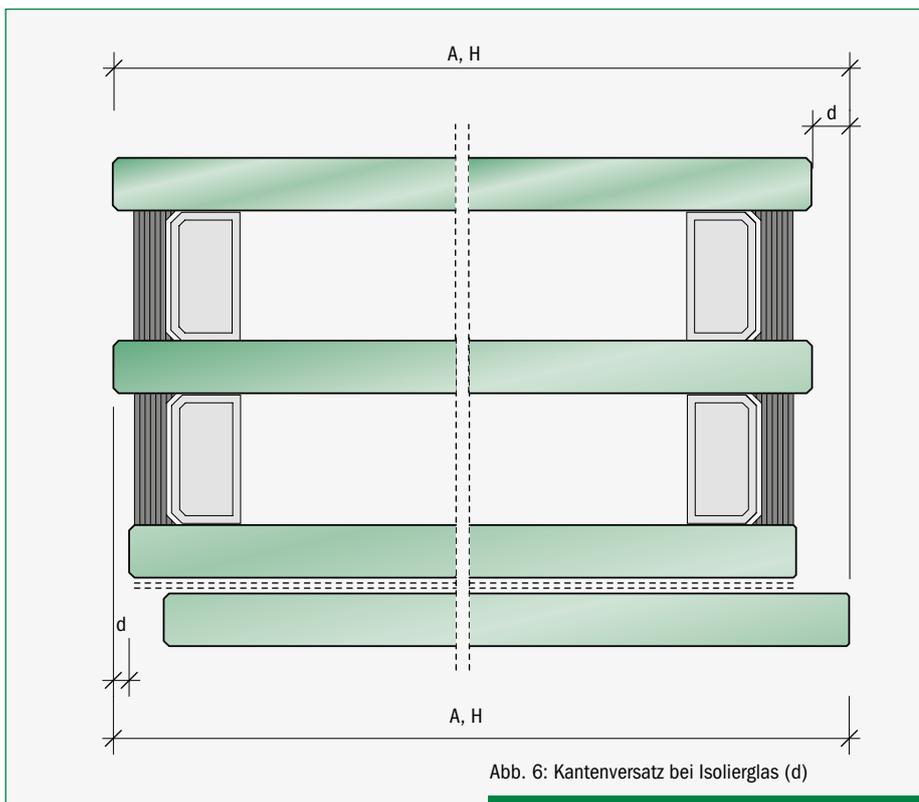
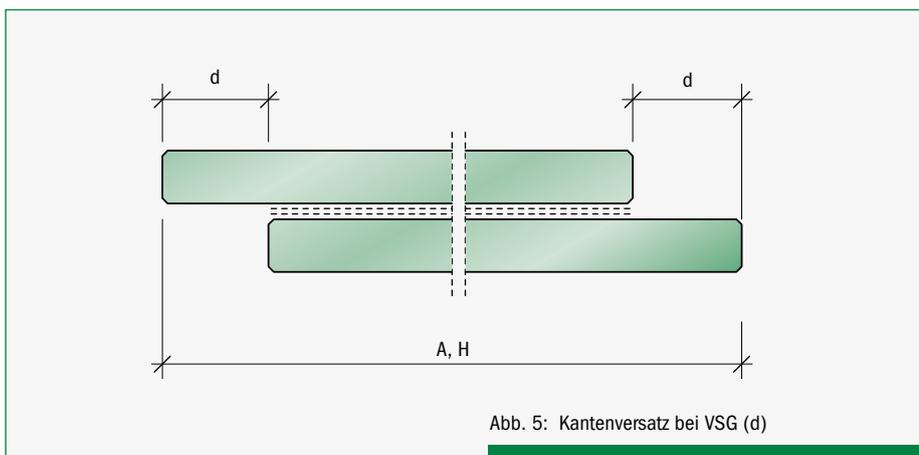
Bei der Prüfung der Konturtreue darf das Glas innerhalb dieser Soll-Kontur gemittelt werden.





**Verwindung (V)**

Verwindung beschreibt die Genauigkeit der Parallelität der Höhenkanten im gebogenen Zustand. Die Verwindung darf bei gebogenem Glas max. +/- 3 mm je lfm. (längste Kante) betragen (s. Abb. 4). Hierfür muss das Glas mit den Höhenkanten auf eine plane Oberfläche gelegt und dann geprüft werden (konvexe Lage bzw. N-Lage).



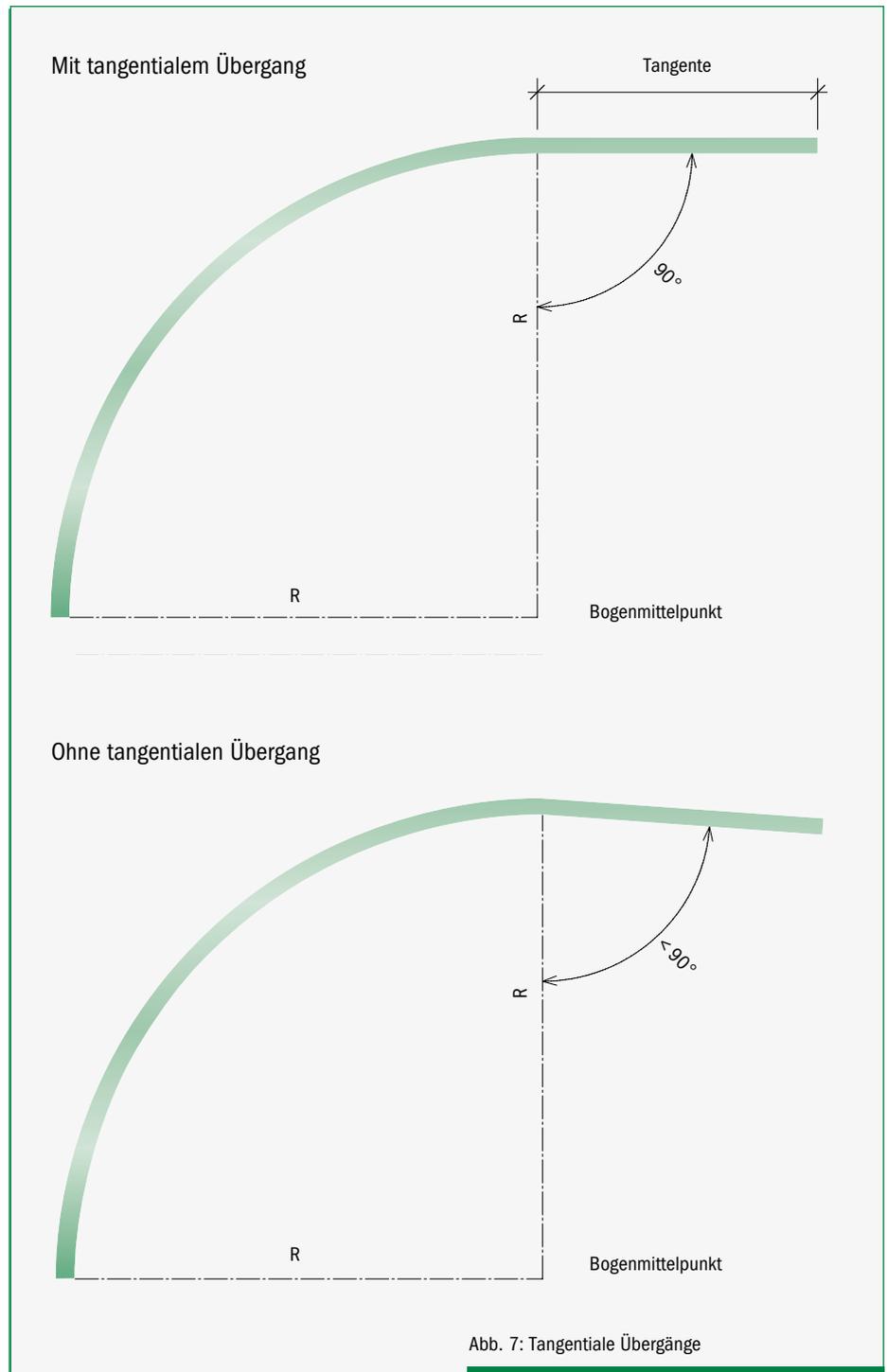
# Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen

## Tangentiale Übergänge

Eine Tangente ist eine Gerade, die eine gegebene Kurve in einem bestimmten Punkt berührt. Die Tangente steht senkrecht zum zugehörigen Radius.

Ohne einen tangentialen Übergang ist das Glas geknickt! Dies ist zwar technisch möglich, jedoch nicht empfehlenswert.

Am Knickpunkt entstehen größere Toleranzen als an einem tangentialen Übergang.



## 10.0 Bemessung

### 10.1 Statische Besonderheiten im Vergleich zu ebenen Glasscheiben

#### **Schalentragwirkung des gebogenen Glases**

Die Berechnung der Spannungen und Verformungen bei gebogenen Glastafeln sind mit einem geeigneten Finite-Elemente-Modell nach der Schalentheorie durchzuführen. Dieses muss in der Lage sein, die Geometrie der Scheibe, insbesondere die Krümmung, darzustellen.

Eine vereinfachte Berechnung der gebogenen Glastafeln als plane Glastafel führt zwangsläufig zu falschen Spannungen und Verformungen.

Bei der Festlegung der notwendigen Glasdicke kann sich die Krümmung, je nach Lagerungsbedingung bei Einfachverglasungen (monolithisch, VG und VSG), günstig auswirken, da die Schalentragwirkung berücksichtigt werden kann.

### 10.2 Klimalasten bei gebogenen Isoliergläsern

Bei Isolierglasscheiben ist die Berücksichtigung der Glaskrümmung zwingend notwendig, da es durch die höhere Biegesteifigkeit zu sehr hohen klimatischen Lasten (inneren Lasten) kommen kann. Der Vorteil durch die Schalentragwirkung der gebogenen Einzelgläser ist bei der Ausführung als Isolierglas nicht so groß wie in der Anwendung als Einfachglas.

Ein statischer Nachweis dieser hohen Beanspruchungen ist nur unter Ansatz der Glaskrümmung möglich. Die Klimalasten dürfen nicht nach DIN 18008 Teil 2 [2] bestimmt werden, da diese aus der Plattentheorie für ebene, rechteckige Glasscheiben abgeleitet sind.

Gebogene Isolierglaseinheiten mit planem Ansatzstücken sind in der Dimensionierung besonders zu betrachten, da der plane Teilbereich deutlich biegeweicher ist, als der gebogene Bereich.

Die Belastung des Isolierglas-Randverbundes ist durch die höheren Klimalasten bei gebogenem Isolierglas im Vergleich zu planem Isolierglas größer. Die Ausbildung des Randverbundes ist entsprechend durchzuführen. Das kann wiederum Auswirkungen auf die Randverbundbreite bzw. den erforderlichen Glaseinstand haben. Dies ist bereits bei der Planung und Konstruktion zu beachten.

### 10.3 Berechnungsgrundlagen

#### **Charakteristische Biegezugfestigkeiten**

Für ebene Glasscheiben sind die charakteristischen Biegezugfestigkeiten in den Produktnormen oder allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (z. B. bei TVG) festgelegt. Die Anwendung von gebogenen Glasscheiben ist bisher nur möglich, wenn eine ZiE erteilt oder ein Produkt mit einer AbZ verwendet wird. Sind in einer AbZ zulässige Spannungen definiert, können diese direkt zur Bemessung herangezogen werden. Werden charakteristische Werte angegeben, ist wie im Falle der Verwendung von Werten aus Versuchen zu verfahren.

Bei der Verwendung eines gebogenen Glases ohne AbZ sollten, in Abstimmung mit der obersten Bauaufsichtsbehörde des jeweiligen Bundeslandes, die, der Bemessung zu Grunde liegenden charakteristischen Biegezugfestigkeiten des jeweiligen Herstellers, ermittelt bei einem Prüfinstitut, bestätigt werden.

Grundlage hierfür ist eine fundierte statistische Auswertung von Versuchen mit entsprechend ausreichend großer Probenzahl (z. B. 20 Stück).

Eine Beschreibung der Versuchsdurchführung erfolgt in [5] und [6].

# Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen

Die Versuche sollten mit auf das Objekt übertragbaren Probekörpern durchgeführt werden. Die Versuchsplanung und -durchführung ist bereits bei der Zeitplanung und Kostenkalkulation im Rahmen der Planungsphase zu berücksichtigen.

Für eine Vorbemessung können die charakteristischen Biegezugfestigkeiten  $f_k$  nach Tabelle 2 verwendet werden. Die Tragsicherheitsnachweise können dann in Anlehnung an das Sicherheitskonzept der DIN 18008 geführt werden.

Im Einzelfall ist dieses Vorgehen mit der obersten Baubehörde des jeweiligen Bundeslandes abzustimmen.

Die Ermittlung der Biegezugfestigkeiten erfolgt in Anlehnung an EN ISO 1288-3. Dabei wird die konvexe Seite üblicherweise auf Zugbeanspruchung geprüft.

## 10.4 Gebrauchstauglichkeit

### 10.4.1 Durchbiegungsbegrenzungen der Verglasung

Nach 7.3, DIN 18008-2 sind die Durchbiegungen der Glasscheiben zu begrenzen. Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums ist 1/100 der Stützweite anzusetzen.

Alternativ ist die Durchbiegung der gebogenen Verglasung so zu beschränken, dass der normativ definierte Mindestglaseinstand beim Auflager gewährleistet ist.

Glasart	$f_k$ (N/mm <sup>2</sup> )	
	Glasfläche	Glaskante
Gebogenes Floatglas (gb-Float)	45	32
Gebogenes teilvorgespanntes Glas (gb-TVG)	55	55
Gebogenes vorgespanntes Glas (gb-ESG)	120	120

Tabelle 2: Charakteristische Biegezugfestigkeiten nach [5]  
Typische Werte für charakteristische Biegezugfestigkeiten;  
konkrete Werte für ein bestimmtes Produkt sind beim Hersteller anzufragen.

### 10.4.2 Durchbiegungsbegrenzungen der Unterkonstruktion

Die Vorgaben für plane Verglasungen sind nicht auf gebogene Verglasungen zu übertragen, da geringe Verformungen der Unterkonstruktion wesentlich größere Auswirkungen auf gebogene Scheiben haben, als bei vergleichbaren ebenen Glasscheiben. Daher ist das Verhalten der Unterkonstruktion bei der statischen Bemessung unbedingt zu berücksichtigen.

## 11.0 Lagerung und Transport

Die Verglasungseinheiten müssen entsprechend ihrer Geometrie spannungsarm stehend gelagert und transportiert werden. Die Vorgaben des Herstellers sind zu beachten.

Die Unterlagen und Abstützungen gegen Kippen dürfen keine Beschädigungen des Isolierglas-Randverbundes oder des Glases hervorrufen.

Die Verglasungseinheiten dürfen auch nicht kurzzeitig auf hartem Untergrund, wie z. B. Beton- oder Steinböden, abgesetzt werden.

Beim Manipulieren und Einsetzen dürfen der Randverbund und die Glaskanten nicht beschädigt werden, da auch kleine Kantenbeschädigungen der Scheiben, die nicht sofort erkennbar sind, möglicherweise die Ursache für späteren Glasbruch sein können.

Generell sind die Verglasungseinheiten vor schädigenden chemischen oder physikalischen Einwirkungen zu schützen.

Alle Verglasungseinheiten sind vor länger anhaltender Feuchtigkeit oder Sonneneinstrahlung durch eine geeignete, vollständige Abdeckung zu schützen.

Der Transport schwerer Verglasungseinheiten muss so durchgeführt werden, dass alle Einzelscheiben gleichmäßig gehalten werden. Das kurzzeitige Anheben der Verglasungseinheit an nur einer Scheibe zum Manipulieren und Einsetzen ist möglich und sollte mit geeigneter Ausrüstung erfolgen.

Beim Transport von Isolierglas in oder über größere Höhenunterschiede ist wegen der möglichen Druckunterschiede des Scheibenzwischenraumes zum Umgebungsklima (abhängig von der Höhe über NN des Herstellungsortes) die Verwendung eines Druckausgleichventils möglicherweise erforderlich. Dies ist bei der Bestellung beim Glashersteller anzugeben.

## 12.0 Verglasung

### 12.1 Allgemeines

Die für plane Verglasungen formulierten Verglasungsrichtlinien sind im Grundsatz auch für gebogene Verglasungen anzuwenden. Aufgrund des besonderen Verhaltens von gebogenem Glas sind ergänzende Hinweise der Hersteller zu beachten.

### 12.2 Konstruktive Hinweise

Aufgrund seiner hohen Steifigkeit sind die Toleranzen des gebogenen Glases (s. Kap. 9) bei der Konstruktion unbedingt zu berücksichtigen, um einen zwängungsfreien Einbau und Lagerung sicherzustellen.

Die zwängungsfreie Lagerung ist erforderlich, um Glasbruch oder, bei Verwendung von gebogenem Mehrscheiben-Isolierglas, auch Überbeanspruchungen des Randverbundes zu vermeiden. Zudem können nicht zwängungsfreie Lagerungen zu optischen Beeinträchtigungen führen.

Die Unterkonstruktion muss den besonderen Anforderungen für gebogene Verglasungen entsprechen. Hierzu sind ausreichend dimensionierte Falze bei Rahmen- oder Fassadenkonstruktionen erforderlich.

### 12.3 Erforderliche Falzbreite

Mindestens erforderliche Falzbreite – (Gesamtglasdicke + Toleranz aus Konturtreue) + 6 mm

Glasdicken sind als Nennmaße zu berücksichtigen. Darüber hinaus sind die Vorgaben der DIN 18545 [7] zu beachten.

Zusätzlich sind Toleranzen der Unterkonstruktion zu berücksichtigen.

Es wird die Ausführung von Fenster- und Fassadensystemen mit Nassversiegelung empfohlen.

Die Hersteller von gebogenem Glas sollten frühzeitig in die Planung mit einbezogen werden, um die Besonderheiten der gebogenen Gläser konstruktiv mit berücksichtigen zu können. Dies ist im Besonderen auch für den Einsatz im konstruktiven Glasbau notwendig.

## 13.0 Klotzung

Die Grundprinzipien der Klotzung sind in [8] beschrieben. Die Klotzung muss die Last der Verglasungseinheit sicher in die Unterkonstruktion einleiten. Die Verglasungseinheiten übernehmen in der Regel keine Lasten aus der Konstruktion. Sollen planmäßig Lasten aus der Konstruktion übernommen werden, ist dies in der statisch-konstruktiven Planung zu berücksichtigen. Es sollte auch Rücksprache mit dem Glashersteller oder Systemgeber gehalten werden.

Bei allen Systemen mit gebogenen Gläsern ist der umlaufende Dampfdruckausgleich sowie eine dauerhafte Entwässerung sicher zu stellen. Die Klotzung selbst ist eine Planungsaufgabe und sollte vor der Ausführung der Montage erfolgen.

Der mittig gesetzte Distanzklotz (s. Abb. 8) dient der Stabilisierung und verhindert das Abkippen der Verglasung während der Montage. Dieser muss nach der Fixierung der Verglasung wieder entfernt werden.

Gebogenes Einfachglas oder Isolierglas-einheiten im senkrechten Einbau müssen wie plane Scheiben geklotzt werden. Bei System 1 wird das Glasgewicht auf die untere gebogene Glaskante über die Tragklötze an die Rahmenkonstruktion und dann weiter an die Haltekonstruktion abgeleitet (s. Abb. 8).

Bei abweichenden Einbausituationen, z. B. geneigte Verglasungen, ist der Hersteller bzw. Planer zu kontaktieren.

# Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen

Bei System 2 wirken Glasgewicht und Windlast verteilt auf den Glasrand (s. Abb. 9).

Dies muss bei der Auflagerung besonders berücksichtigt werden. Die Ausführungen stellen lediglich eine Auswahl möglicher Situationen dar. Bei anderen wie z. B. sphärischer Biegung, eingelassenen Profilen im Isolierglasrandverbund oder einer Anwendung im konstruktiven Glasbau ist immer Rücksprache mit dem Hersteller erforderlich.

Für gebogene Verglasungen werden zusätzlich folgende Klotzempfehlungen gegeben:

Die Tragklotzung muss so ausgeführt werden, dass sich die Verglasung im Gleichgewicht befindet und nicht kippen kann. Dazu müssen die Tragklötze so angeordnet werden, dass die Verbindung der beiden Mittelpunkte der Verglasungsklötze die Schwerpunktklinie der Verglasung schneiden. Am Schwerpunkt wird das Eigengewicht der Verglasung in die Konstruktion abgetragen.

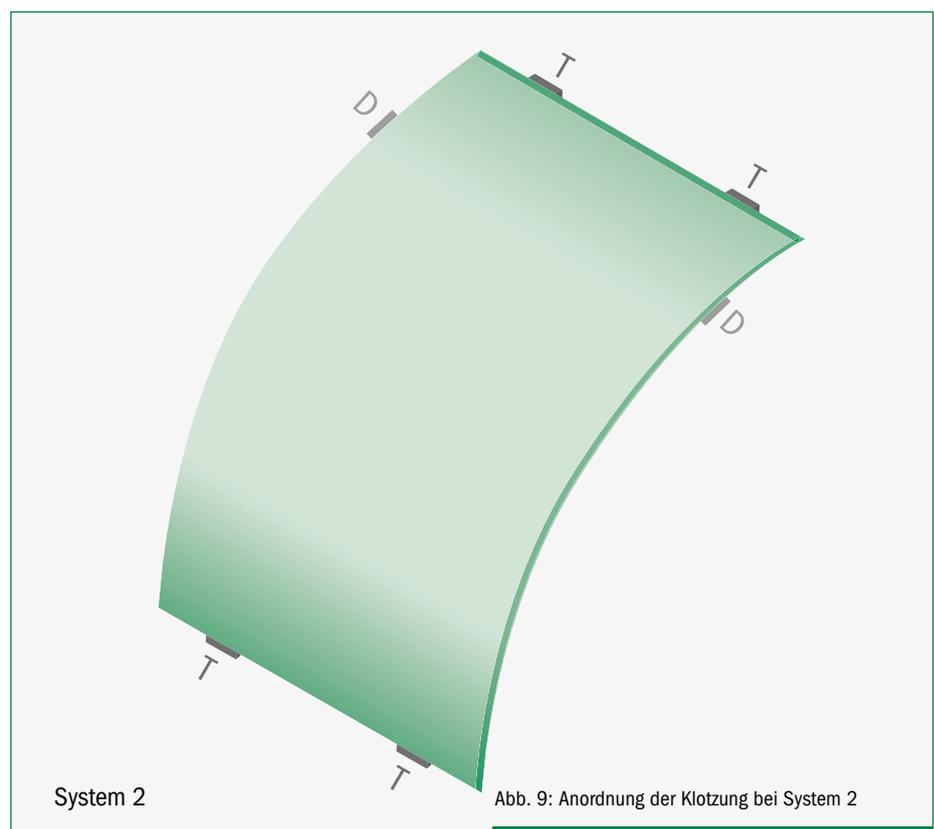
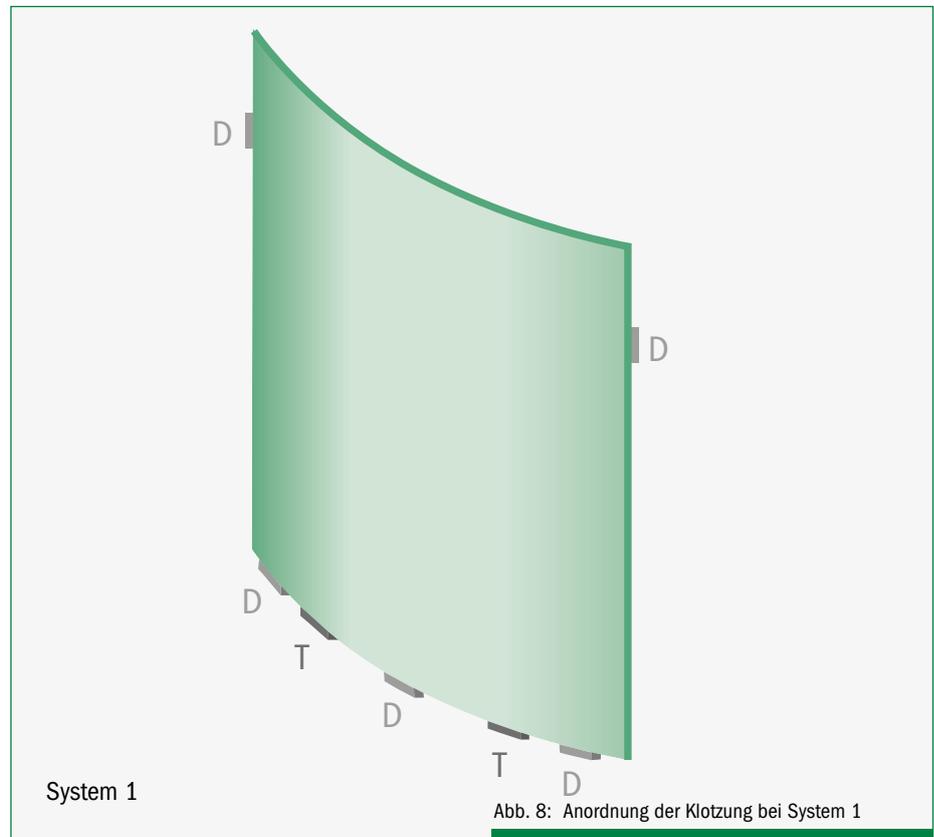
Die Lage ist abhängig von der Geometrie, der Größe und dem Glasaufbau.

Die Lage der Tragklötze muss bei der Bemessung der Unterkonstruktion berücksichtigt werden.

## 13.1 Definitionen

T = Tragklotz, leitet das Gewicht der Verglasungseinheit ab. Klötze bestehend aus elastischem Material mit ca. 60-80 Shore-A-Härte und einer tragfähigen Unterlage.

D = Distanzklotz, sichert den Abstand zwischen Glaskante und Falzgrund. Klötze ebenfalls aus elastischem Material mit ca. 60-80 Shore-A-Härte. Das Gewicht wird nur von den Tragklötzen aufgenommen. Der Abstand zur Glasecke sollte dem Regelabstand von 100 mm entsprechen.



## 14.0 Aufmaß

Um das gewünschte Endprodukt herzustellen, ist bei gebogenem Glas ein äußerst genaues Aufmaß und die Angabe unterschiedlicher Informationen zu Abmessungen, etc. sehr wichtig.

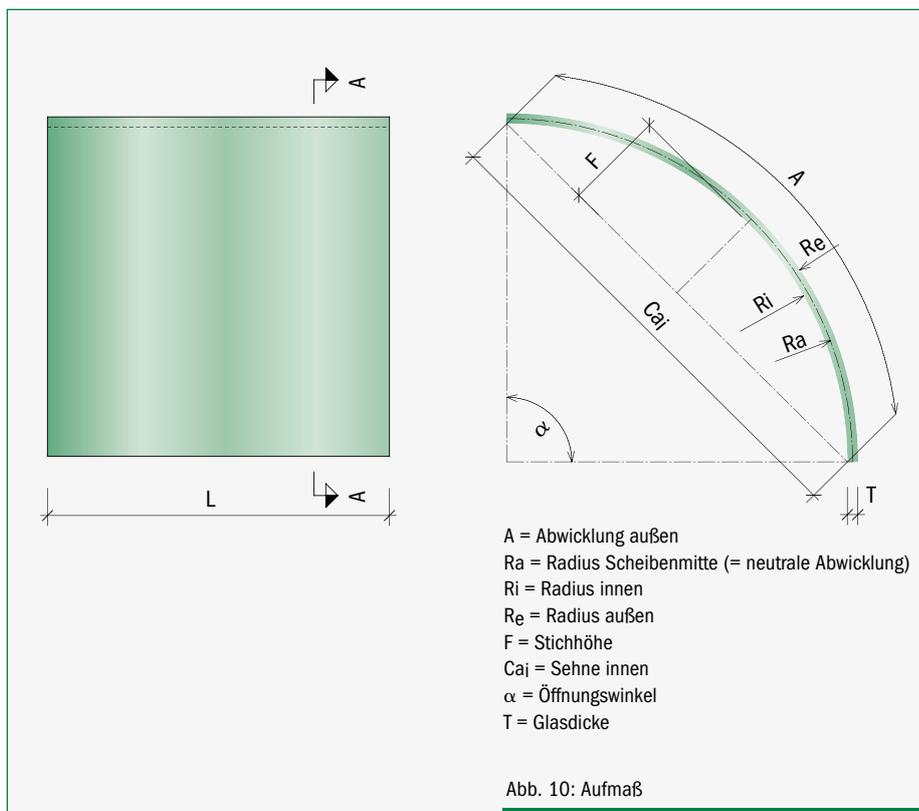
Bei zylindrisch gebogenen Gläsern sind, unabhängig von der geplanten Glasart, zur Ermittlung einer technisch machbaren und kostengünstigen Lösung unbedingt die nachstehend aufgeführten Parameter anzugeben.

Hierzu gehört die Angabe von mindestens zwei der nachstehend genannten Werte:

- Abwicklung
- Biegeradius
- Stichhöhe (innen oder außen)
- Öffnungswinkel
- Sehne.

Außerdem ist die Länge der geraden Kante sowie die Anzahl der Scheiben anzugeben.

Die Parameter müssen sich immer auf die gleiche Ebene beziehen.



## 15.0 Literatur

[1] DIN 18008 Teil 1: 2010-12 Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen

[2] DIN 18008 Teil 2: 2010-12 Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen

DIN 18008 Teil 3: 2013-07 Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen

[3] DIN 18008-4:2013-07 Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen

DIN 18008 Teil 5: 2013-07 Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 5: Zusatzanforderungen an begehbbare Verglasungen

[4] Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen. Bundesverband Flachglas e.V., Troisdorf, 05/2009

[5] Bucak, Ö., Feldmann, M., Kasper, R., Bues, M., Illguth, M.: Das Bauprodukt „warm gebogenes Glas“ – Prüfverfahren, Festigkeiten und Qualitätssicherung. Stahlbau Spezial (2009) – Konstruktiver Glasbau, S. 23 - 28

[6] Ensslen, F., Schneider, J., Schula, S.: Produktion, Eigenschaften und Tragverhalten von thermisch gebogenen Floatgläsern für das Bauwesen – Erstprüfung und werkseigene Produktionskontrolle im Rahmen des Zulassungsverfahrens. Stahlbau Spezial (2010) – Konstruktiver Glasbau, S. 46 - 51

[7] DIN 18545 2015-7 Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen – Anforderungen an Glasfalze und Verglasungssysteme

[8] Technische Richtlinie des Glaserhandwerks Nr. 3: Verklotzung von Verglasungseinheiten. Verlagsanstalt Handwerk GmbH, Düsseldorf, 7. Auflage, 2009

# Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen

## 16.0 Ansprechpartner in den Bundesländern

Hinweise finden Sie auf den Internetseiten der obersten Bauaufsichtsbehörden der einzelnen Bundesländer und der ggf. von dort autorisierten Stellen.

## 17.0 Normen, Regelwerke und Richtlinien

EN ISO 140-3: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen

EN 356: Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstandes gegen manuellen Angriff

EN 357: Glas im Bauwesen – Brandschutzverglasungen aus durchsichtigen oder durchscheinenden Glasprodukten – Klassifizierung des Feuerwiderstandes

EN 410: Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen

EN 572: Glas im Bauwesen – Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilikatglas

EN 673: Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Berechnungsverfahren

EN ISO 717-1: Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung

EN 1063: Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung für den Widerstand gegen Beschuss

EN 1096: Glas im Bauwesen – Beschichtetes Glas Hochbau – Fugendichtstoffe – Einteilung und Anforderungen von Dichtungsmassen

EN 12150: Glas im Bauwesen – Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas

EN 1863: Glas im Bauwesen – Teilvorgespanntes Kalknatronglas

EN 1990: Eurocode – Grundlagen der Tragwerksplanung

EN 1991: Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke

EN ISO 12543: Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas

EN 14179: Glas im Bauwesen – Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas

EN 14449: Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas

DIN 18008: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln

DIN 18032: Sporthallen – Hallen und Räume für Sport- und Mehrzwecknutzung

DIN 18361: Verglasungsarbeiten

EN 20140: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen

TRLV: Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen

TRAV: Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen

### **BF Richtlinien**

- Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen
- Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von emaillierten und siebbedruckten Gläsern
- Kompass für geklebte Fenster
- Richtlinie zum Umgang mit Mehrscheiben-Isolierglas

### **Merkblätter des Verbandes Fenster und Fassade e.V.**

- Farbgleichheit transparenter Gläser im Bauwesen
- Einsatzempfehlungen für Sicherheitsglas im Bauwesen
- Glasstöße und Ganzglasecken in Fenster und Fassaden

### **Technischen Richtlinien des Bundesinnungsverbands des Glaserhandwerks, Hadamar**

- Schrift 1 Dichtstoffe für Verglasungen und Anschlussfugen
- Schrift 3 Klotzung von Verglasungseinheiten
- Schrift 8 Verkehrssicherheit mit Glas in öffentlichen Verkehrsbereichen
- Schrift 9 Visuelle Prüf- und Bewertungsgrundsätze für Verglasungen am Bau
- Schrift 10 Fachliche Begriffe aus dem Berufsbereich des Glaserhandwerks
- Schrift 14 Glas im Bauwesen – Einteilung der Glaserzeugnisse
- Schrift 17 Verglasen mit Isolierglas
- Schrift 18 Absturzsichernde Verglasungen nach TRAV
- Schrift 19 Linien- und punktförmig gelagerte Verglasungen
- Schrift 20 Leitfaden zur Montage von Fenstern und Haustüren

### **Merkblätter der gesetzlichen Unfallversicherung**

- GUV-SI 8027 Mehr Sicherheit bei Glasbruch
- GUV-VS 2 Kindertageseinrichtungen
- BGI/GUV-I 669 Glastüren, Glaswände
- GUV-VS 1 Schulen
- GUV-VC 9 Kassen

## **18.0 Weiterführende Literatur**

- Runkel, H.-W., Scheideler, E.: Gebogenes Glas – Herstellung und Statik. Sonderdruck aus Glaswelt 6 und 8/2000, Gentner-Verlag, Stuttgart
- Feldmeier, F.: Klimabelastung und Lastverteilung bei Isolierglas. Stahlbau 75 (2006), Heft 6, Ernst & Sohn, Berlin
- Bucak, Ö., Schuler C.: Gebogenes Glas. Kapitel 6, Glas im konstruktiven Ingenieurbau, Stahlbau Kalender (2008), Beuth-Verlag, Berlin
- Elstner, M., Schäfer, S.: Herausforderung gebogene Gläser. Glas + Rahmen, Verlagsanstalt Handwerk GmbH, Düsseldorf, 09/2010
- Ensslen, F.: Gebogenes Glas – Herausforderungen für Anwender. Glaswelt, Genter-Verlag, Stuttgart, 10/2010

**Dieses Merkblatt wurde erarbeitet von:** Bundesverband Flachglas e.V. · Mülheimer Straße 1 · D-53840 Troisdorf · Telefon: 0 22 41 / 87 27-0 · Telefax: 0 22 41 / 87 27-10  
info@bundesverband-flachglas.de · Internet: www.bundesverband-flachglas.de

**Beteiligte Firmen:** Saint-Gobain Glassolution Döring Glas, Edgetech, FINIGLAS Veredelungs GmbH, Flachglas Markenkreis GmbH, Flachglas Wernberg GmbH, Flintermann GmbH und Co. KG, Freericks Glasveredelung, Gretsch-Unitas GmbH, Guardian Thalheim GmbH, Hero-Glas Veredelungs GmbH, HS München – Labor für Stahl- und Leichtmetallbau, Interpane Glasindustrie AG, Institut für Baukonstruktion, IB KRAMER – Tragwerksplanung Fraunhofer Institut FEM-Berechnungen, RWTH Aachen, Ingenieurbüro Scheideler – Technische Beratung/ Statik/ Dynamik, SCHOTT, Sencoglas Holding GmbH, Technische Universität Dresden

© **Bundesverband Flachglas e. V.** Einem Nachdruck wird nach Rückfrage gerne zugestimmt. Ohne ausdrückliche Genehmigung ist es jedoch nicht gestattet, die Ausarbeitung oder Teile hieraus nachzudrucken oder zu vervielfältigen. Irgendwelche Ansprüche können aus der Veröffentlichung nicht abgeleitet werden.



Bundesverband Flachglas e.V.  
Mülheimer Straße 1  
53840 Troisdorf