

Allgemeine Bauartgenehmigung

Eine vom Bund und den Ländern gemeinsam
getragene Anstalt des öffentlichen Rechts

**Zulassungs- und Genehmigungsstelle
für Bauprodukte und Bauarten**

Datum:

01.10.2021

Geschäftszeichen:

I 34-1.70.3-46/19

Nummer:

Z-70.3-270

Antragsteller:

Kuraray Europe GmbH

Philipp-Reis-Straße 4

65795 Hattersheim

Geltungsdauer

vom: **1. Oktober 2021**

bis: **1. Oktober 2026**

Gegenstand dieses Bescheides:

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit "SentryGlas® Xtra™ SG 6000"

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich genehmigt.
Dieser Bescheid umfasst fünf Seiten und sechs Anlagen.

DIBt

I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit der allgemeinen Bauartgenehmigung ist die Anwendbarkeit des Regelungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Dieser Bescheid ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 3 Dieser Bescheid wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 4 Dem Anwender des Regelungsgegenstandes sind, unbeschadet weitergehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", Kopien dieses Bescheides zur Verfügung zu stellen. Zudem ist der Anwender des Regelungsgegenstandes darauf hinzuweisen, dass dieser Bescheid an der Anwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden ebenfalls Kopien zur Verfügung zu stellen.
- 5 Dieser Bescheid darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen diesem Bescheid nicht widersprechen, Übersetzungen müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 6 Dieser Bescheid wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.
- 7 Dieser Bescheid bezieht sich auf die von dem Antragsteller im Genehmigungsverfahren zum Regelungsgegenstand gemachten Angaben und vorgelegten Dokumente. Eine Änderung dieser Genehmigungsgrundlagen wird von diesem Bescheid nicht erfasst und ist dem Deutschen Institut für Bautechnik unverzüglich offenzulegen.

II BESONDERE BESTIMMUNGEN

1 Regelungsgegenstand und Anwendungsbereich

Genehmigungsgegenstand ist die Planung, Bemessung und Ausführung von Verglasungen unter Verwendung von Verbund-Sicherheitsglas (VSG) mit der Zwischenschicht SentryGlas® Xtra™ SG 6000 der Fa. Kuraray Europe GmbH.

Der Anwendungsbereich umfasst Verglasungen entsprechend der Normenreihe DIN 18008¹. Die Verglasungen können mit oder ohne statischen Ansatz des Schubverbundes der VSG-Scheiben ausgeführt werden.

Das VSG mit der Zwischenschicht SentryGlas® Xtra™ SG 6000 weist eine ausreichende Resttragfähigkeit im Sinne der DIN 18008-1², Abschnitt 9 auf und hat damit seine Eignung für die Verwendung als VSG in Verglasungen, die entsprechend der Normenreihe DIN 18008¹ geplant, bemessen und ausgeführt werden, nachgewiesen.

2 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung

2.1 Planung

Für die Planung der Verglasungen sind die Technischen Baubestimmungen, insbesondere die Normenreihe DIN 18008¹ sowie die nachfolgenden Bestimmungen zu beachten.

Das VSG muss aus mindestens zwei ebenen Glasscheiben und der Zwischenschicht SentryGlas® Xtra™ SG 6000 bestehen.

Bei Verglasungen mit VSG ohne statischen Ansatz des Schubverbundes müssen Aufbau und Herstellung sowie das Stoß- und Haftverhalten des VSG den Angaben der Anlage 1 entsprechen. Bei Verglasungen mit VSG mit statischem Ansatz des Schubverbundes müssen zusätzlich die Angaben der Anlage 1 zum Adhäsionsverhalten sowie zu den Schubmodulwerten erfüllt sein.

Es ist sicherzustellen, dass die Glas- bzw. Zwischenschichtränder nur in Kontakt mit angrenzenden Stoffen stehen, die dauerhaft mit der Zwischenschicht SentryGlas® Xtra™ SG 6000 verträglich sind. Hierzu sind die Angaben der Fa. Kuraray Europe GmbH zu beachten.

2.2 Bemessung

Für die Bemessung der Verglasungen sind die Technischen Baubestimmungen, insbesondere die Normenreihe DIN 18008¹ sowie die nachfolgenden Bestimmungen zu beachten.

Das in DIN 18008-1², Abschnitt 4.1.3 geforderte typische Bruchbild für Scheiben in Bauteilgröße ist für die im VSG verwendeten Glasscheiben gewährleistet.

Bei der Bemessung der Verglasungen darf für das VSG die Verbundwirkung der Zwischenschicht SentryGlas® Xtra™ SG 6000 berücksichtigt werden, wenn Aufbau und Herstellung sowie das Stoß-, Haft- und Adhäsionsverhalten sowie die Schubmodulwerte des VSG der Anlage 1 entsprechen.

Abweichend zu den Regelungen der Normenreihe DIN 18008¹ darf beim Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit von Vertikalverglasungen (Fassaden- und Innenbereich) unter Wind- und Holmlasten oder von Horizontalverglasungen (Überkopfbereich) unter Schnee- und Windlasten unter den nachfolgend genannten Bedingungen zur Berücksichtigung des Schubverbundes zwischen den Einzelscheiben ein linear elastisches Verhalten der Zwischenschicht SentryGlas® Xtra™ SG 6000 für das VSG angesetzt werden.

¹ DIN 18008
² DIN 18008-1:2020-05

Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln
Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln - Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen

Als lineare elastische Kenngrößen der Zwischenschicht SentryGlas® Xtra™ SG 6000 dürfen bei Einfachverglasungen abhängig vom Lastfall die in Tabelle 1 enthaltenen Schubmodule und die Querdehnzahl $\nu = 0,49$ verwendet werden.

Für VSG mit zu erwartenden Zwischenschichttemperaturen $T > +55\text{ °C}$, ermittelt unter Berücksichtigung der Mindestwerte für klimatische Einwirkungen nach DIN 18008-1², Anhang C oder entsprechend den tatsächlich zu erwartenden Zwischenschichttemperaturen, sind die reduzierten Schubmodulwerte G_{red} nach Tabelle 1 zu verwenden.

Tabelle 1: Kennwerte für Einfachverglasungen

	Lastfall	Schubmodul G [N/mm ²]	red. Schubmodul G _{red} [N/mm ²]	k _{VSG} ³	k _{mod}
Fassadenbereich	Wind	70	31,6	1,0	0,7
	Holm	20,0 (T = 30 °C) 8,0 (T = 35 °C) 5,2 (T = 40 °C) 3,4 (T = 43 °C) 1,7 (T = 50 °C) 0,7 (T = 55 °C)	0,3	1,0	0,7
	Holm und Wind	70	31,6	1,0	0,7
Innenbereich	Wind	70	31,6	1,0	0,7
	Holm	20 ⁴	0,3	1,0	0,7
	Holm und Wind	70	31,6	1,0	0,7
Überkopfbereich	Eigengewicht	0	0	1,1	0,25
	Beheizter Bereich				
	Schnee	12	12	1,0	0,4
	Wind und Schnee	12	12	1,0	0,7
	Unbeheizter Bereich				
	Schnee	30	30	1,0	0,4
Wind und Schnee	30	30	1,0	0,7	

Die Berechnungen können geometrisch linear oder nichtlinear erfolgen. Folgende Reihenfolge ist bei der Nachweisführung einzuhalten:

1. Es sind Lastfallkombinationen nach DIN EN 1990⁵ inklusive der zugehörigen Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten zu bilden.
2. Die Hauptzugspannungen im VSG sind für jeden Lastanteil (γ -, ψ -fache Last) der jeweiligen Lastfallkombination getrennt zu berechnen. Folgende Systemannahmen sind dabei zu beachten:
 - Für Wind-, Holm- und Schneelasten darf bei der Berechnung ein Teilverbund nach Tabelle 1 angesetzt werden.

³ k_{VSG} Faktor für Verbund- und Verbund-Sicherheitsglas siehe DIN 18008-1, Abschnitt 8.3.9

⁴ Gültig für eine zulässige Zwischenschichttemperatur T von 30°C und eine Belastungsdauer von einer Stunde; bei höheren Zwischenschichttemperaturen T sind Schubmodulwerte für die Anwendung im Außenbereich zu berücksichtigen.

⁵ DIN EN 1990:2010-12 Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

- Bei Klimalasten (Temperatur, atmosphärischer Druck, Höhendifferenz) ist nach DIN 18008-1², Abschnitt 7.2 vorzugehen; Grenzfallbetrachtung "ohne Verbund" und "voller Verbund". Der ungünstigere Grenzfall ist maßgebend.
 - Für die übrigen Lastfälle (z. B. Eigengewicht) darf kein Schubverbund bei der Berechnung angesetzt werden.
3. Anschließend sind die so ermittelten Hauptzugspannungen je Lastanteil entsprechend der betrachteten Lastfallkombination aufzusummieren.
 4. Der Nachweis der Tragfähigkeit ist nach DIN 18008-1² für die maßgebende Lastfallkombination unter Berücksichtigung der k_{mod} - und k_{VSG} -Beiwerte nach Tabelle 1 zu führen.

2.3 Ausführung

Für die Ausführung der Verglasungen sind die Technischen Baubestimmungen, insbesondere die Normenreihe DIN 18008¹ zu beachten.

Die bauausführende Firma hat zur Bestätigung der Übereinstimmung der Bauart mit der allgemeinen Bauartgenehmigung eine Übereinstimmungserklärung gemäß §§ 16 a Abs. 5 i.V.m. 21 Abs. 2 MBO abzugeben.

3 Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt und Wartung

Beschädigte Scheiben sind umgehend auszutauschen. Gefährdete Bereiche sind sofort abzusperren. Beim Austausch der Scheiben ist darauf zu achten, dass ausschließlich Bauprodukte für die diese allgemeine Bauartgenehmigung gilt, verwendet werden.

Andreas Schult
Referatsleiter

Beglaubigt
N. Stöhr

A 1.1 Aufbau und Herstellung des VSG

- Die Glasscheiben bestehen aus folgenden Glaserzeugnissen:
 - Floatglas (Kalk-Natronsilicatglas) nach DIN EN 572-2¹,
 - ESG nach DIN EN 12150-1² mit einem Bruchbild gemäß A 1.3,
 - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas nach DIN EN 14179-1³ bzw. nach DIN 18008-2⁴, Abschnitt 4.3, 3. Spiegelstrich mit einem Bruchbild gemäß A 1.3,
 - TVG nach DIN EN 1863-1⁵ mit einem Bruchbild gemäß A 1.3,
 - beschichtetes Glas nach DIN EN 1096-1⁶ - mit Beschichtungen, die sich hinsichtlich Absorption und daraus resultierender Zwischenschichttemperatur nicht ungünstiger verhalten als Glas mit schwarzer Emaillierung.
 - Ornamentglas nach DIN EN 572-5⁷ - mit Einhaltung der Grenzwerte der Geradheit (lokale und globale Verwerfung) der Zwischenschicht zugewandten Seite bei thermisch nicht vor-gespanntem Ornamentglas für TVG nach DIN EN 1863-1⁵ und ESG nach DIN EN 12150-1².
- Die Mindestdicke der Zwischenschicht SentryGlas® Xtra™ SG 6000 beträgt 0,76 mm, die maximale Dicke 3,04 mm. Die Herstellerangaben und die Zusammensetzung sind beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt, Stand: 21.09.2021.
- Die Folienfeuchte bei der Herstellung beträgt ≤ 0,2 %, gemessen nach **Anlage 6**.
- Bei Herstellung des VSG aus beschichteten Glaserzeugnissen (außer emaillierte Glaserzeugnisse) erfolgt die Laminierung der Glasscheiben mit der Zwischenschicht SentryGlas® Xtra™ SG 6000 nur auf der unbeschichteten Glasoberfläche.
- Die Herstellung des VSG erfolgt im Verbundverfahren.
- Bei VSG mit einer Zwischenschichtnenndicke von 0,76 mm darf die Nenndicke von thermisch vorgespanntem Glas maximal 8 mm betragen.

A 1.2 Leistungswerte

- Stoßverhalten im Kugelfallversuch geprüft nach DIN 52338⁸: kein Durchschlagen der Kugel bei einer Abwurfhöhe 5,75 m
- Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test) geprüft nach **Anlagen 2.1 und 2.2**: Pummelwert ≥ 6
- Adhäsionsverhalten geprüft nach **Anlage 3**: Kleinstwert $\sigma \geq 8,5 \text{ N/mm}^2$
- Schubmodulwerte geprüft nach **Anlagen 4.1 bis 4.3**: siehe **Anlage 5**

A 1.3 Bruchbild

Glasprodukte nach EN 12150-2⁹ und EN 14179-2¹⁰ müssen das in DIN EN 12150-1² für Testscheiben definierte Bruchbild für jede hergestellte Bauteilgröße aufweisen.

Glasprodukte nach EN 1863-2¹¹ müssen ab einer Bauteilgröße von 1000 mm x 1500 mm ein Bruchbild aufweisen, bei dem der Flächenanteil an Bruchstücken unkritischer Größe größer als vier Fünftel der Gesamtfläche ist. Die Prüfung des Bruchbilds ist dabei in Anlehnung an DIN EN 1863-1⁵, Abschnitt 8 durchzuführen. Als Bruchstücke unkritischer Größe dürfen alle Bruchstücke betrachtet werden, denen ein Kreis von 120 mm Durchmesser einbeschrieben werden kann.

<p>¹ DIN EN 572-2:2012-11</p> <p>² DIN EN 12150-1: 2019-08</p> <p>³ DIN EN 14179-1: 2016-12</p> <p>⁴ DIN 18008-2:2020-05</p> <p>⁵ DIN EN 1863-1: 2012-02</p> <p>⁶ DIN EN 1096-1:2012-04</p> <p>⁷ DIN EN 572-5:2012-11</p> <p>⁸ DIN 52338:2016-10</p> <p>⁹ In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 12150-2:2005-01.</p> <p>¹⁰ In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 14179-2:2005-08.</p> <p>¹¹ In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 1863-2:2005-01.</p>	<p>Glas im Bauwesen - Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas - Teil 2: Floatglas</p> <p>Glas im Bauwesen - Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas - Teil 1: Definition und Beschreibung</p> <p>Glas im Bauwesen - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas - Teil 1: Definition und Beschreibung</p> <p>Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln - Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen</p> <p>Glas im Bauwesen - Teilvorgespanntes Kalknatronglas - Teil 1: Definition und Beschreibung</p> <p>Glas im Bauwesen - Beschichtetes Glas - Teil 1: Definitionen und Klasseneinteilung</p> <p>Glas im Bauwesen - Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas - Teil 5: Ornamentglas</p> <p>Prüfverfahren für Flachglas im Bauwesen; Kugelfallversuch für Verbundglas</p>
--	---

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit "SentryGlas® Xtra™ SG 6000"	Anlage 1
Aufbau und Herstellung, Leistungswerte	

A 2 Prüfanleitung Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test)

A 2.1 Allgemeines

- Die Probekörper werden unter Beachtung des Kuraray Manual (Laminationsrichtlinien, 9/2021) für SentryGlas® Xtra™ SG 6000 hergestellt.
- Die typische Abmessung der Probekörper beträgt 80 mm x 300 mm (mind. 80 mm x 150 mm).
- Die Probekörper haben folgenden Aufbau: 3 mm Float / 0,76 mm SentryGlas® Xtra™ SG 6000 / 3 mm Float.
- Anzahl der Probekörper: mindestens 5.

A 2.2 Prüfdurchführung

- Vor Prüfdurchführung wird der Probekörper mindestens 30 Minuten lang bei Raumtemperatur (25 °C ± 5 °C) äquilibriert.
- Der Probekörper wird in einem Winkel von ca. 5° zur Ebene der Pummelplatte gehalten bzw. auf den Schlagstock gelegt, damit nur die Kante des unzerbrochenen Glases Berührung mit der Platte hat (Abb. A 2.1).
- Der Probekörper wird mit einem Hammer (500 g Flachkopfhämmer) wiederholt in einem überlappenden Muster geschlagen (gleichmäßigen Schläge, beginnend am unteren Rand, die Hälfte des vorherigen Schlagbereichs überlappend, Abstand ca. 20 mm), um das Glas in pulverisierte Partikel zu zerbrechen. Es werden mindestens 6 bis 10 cm des Laminats geschlagen (Abb. A 2.1).
- Danach wird das Laminat umgedreht (kurzes Ende über kurzes Ende) und der Vorgang wiederholt. Beide Enden (die Innenseite des einen Endes und die Außenseite des anderen Endes) werden geschlagen und gelesen. Nach der Fertigstellung sollte der mittlere Abschnitt, in dem sich die Proben-ID befindet, das einzige Glas sein, das nicht zerkleinert wurde.

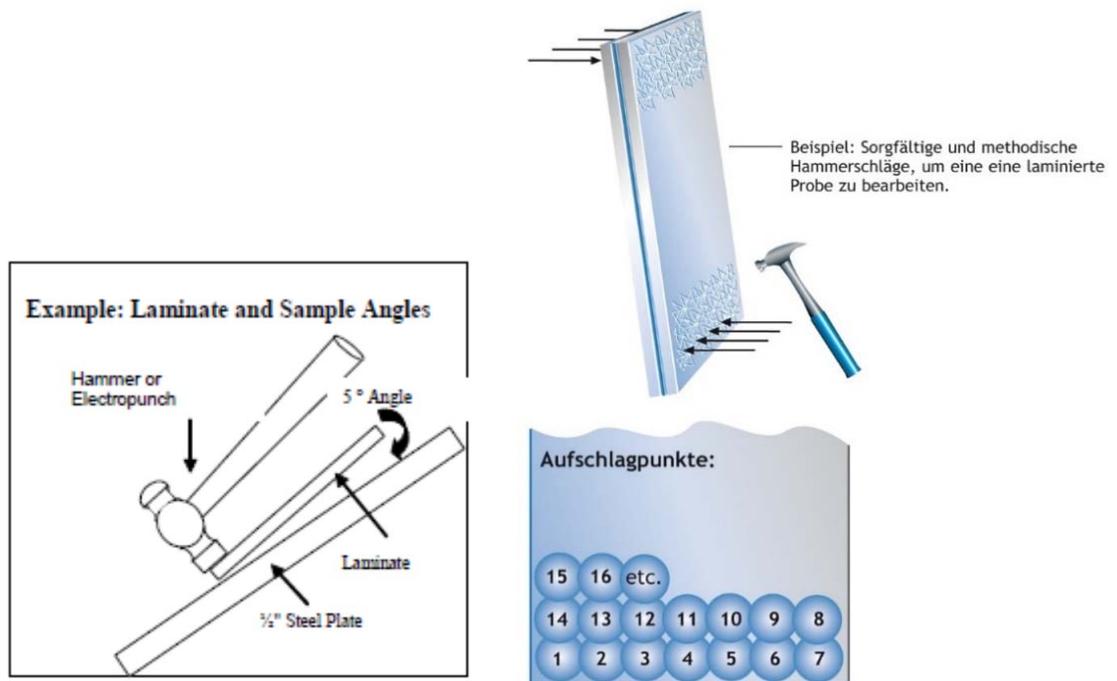
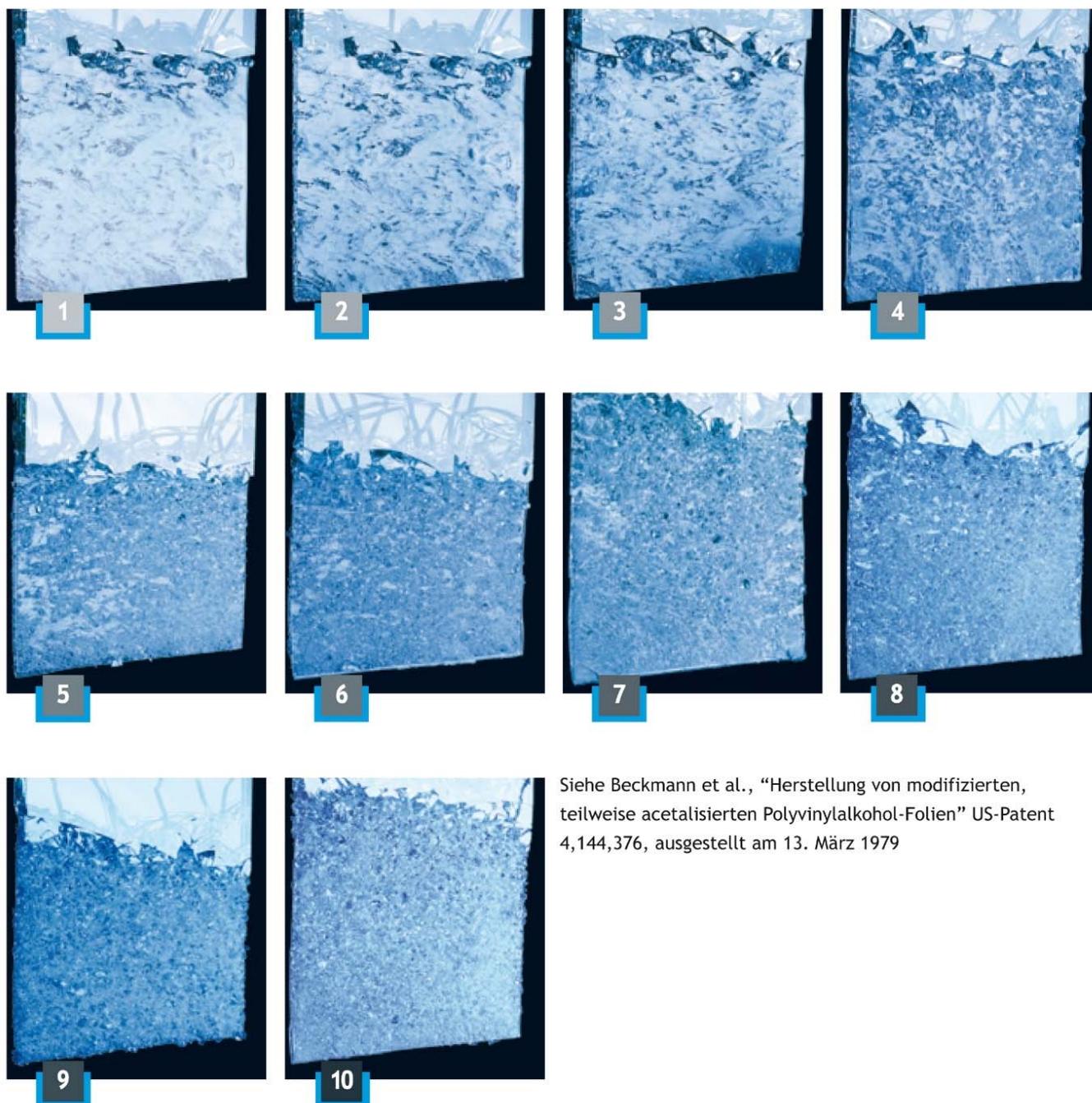


Abb. A 2.1: Prüfdurchführung

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit "SentryGlas® Xtra™ SG 6000"	Anlage 2.1
Prüfanleitung Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test)	

A 3.3 Auswertung

- Die Proben werden auf braunes Kraftpapier gelegt, sorgfältig mit den Referenzproben verglichen und der Haftungsgrad (0 bis 10) durch Vergleich der Proben mit den Referenzproben (Abb. A 2.2) bestimmt.
- Ein Pummelwert von 0 entspricht keiner Haftung, ein Pummelwert von 10 entspricht einer sehr hohen Haftung



Siehe Beckmann et al., "Herstellung von modifizierten, teilweise acetalisierten Polyvinylalkohol-Folien" US-Patent 4,144,376, ausgestellt am 13. März 1979

Abb. A 2.2: Referenz-Pummelbilder

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit "SentryGlas® Xtra™ SG 6000"	Anlage 2.2
Prüfanleitung Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test)	

A 3 Prüfanleitung Pull-Test

A 3.1 Allgemeines

- Das VSG wird unter Beachtung des Kuraray Manual (Laminationsrichtlinien, 9/2021) für SentryGlas® Xtra™ SG 6000 hergestellt.
- Typischer Aufbau der Probekörper: 3 mm Float / 0,76 mm SentryGlas® Xtra™ SG 6000 / 3 mm Float
- Aus dem VSG-Laminat werden Probekörper im Format 40 mm x 10 mm mit geeigneten Säge- oder Schneidverfahren in einem Abstand von mind. 50mm entfernt von der VSG-Kante herausgeschnitten.
- Die Glasoberflächen der Probekörper werden mit n-Pentane gründlich gereinigt und entfettet.
- Die vorbereiteten Probekörper werden bei Raumtemperatur (23 °C +/- 2 °C) zwischen zwei geeigneten Probekörperhalterungen aus Metall eingeklebt (Abb. A 3.1). Als Klebstoff kann z. B. F246 Acrylic Adhesive, Bond Master mit Initiator No. 5, oder gleichwertige Klebstoffe verwendet werden. Der Klebstoff sollte mindestens 24 h aushärten.
- Die Probekörper sind vor Testbeginn für eine Woche bei Raumtemperatur und einer relativen Luftfeuchtigkeit von kleiner 60 % zu lagern.
- Anzahl der Probekörper: mind. 10 zur Ermittlung der Leistungswerte; mind. 5 zur WPK.

A 3.2 Prüfdurchführung

- Die Probekörper werden in der Probekörperaufnahme einer geeigneten Zugprüfmaschine (z. B. ZWICK Tensile Tester) platziert (Abb. A 3.2).
- Die Prüfgeschwindigkeit beträgt 0,50 mm/min., vertikale Bewegung bei Raumtemperatur (23 °C +/- 2 °C).

A 3.3 Auswertung

- Der Kraft-Wegverlauf bis zum Versagen der Verbindung zwischen SentryGlas® Xtra™ SG 6000 und Glas wird aufgezeichnet und dokumentiert. Probekörper mit Versagen der Klebeverbindung zum Probekörperhalter oder mit kohäsivem Versagen des Glases werden nicht zur Auswertung verwendet.
- Die aufgezeichneten Daten werden unter Einbeziehung der Probekörperabmessung in einen Spannungswert σ umgerechnet.

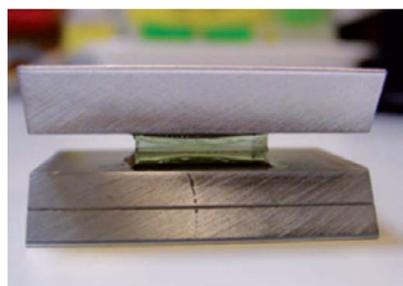


Abb. A 3.1: Probekörperhalterung

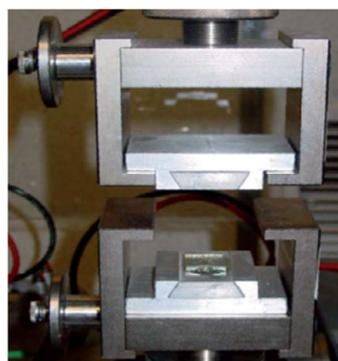
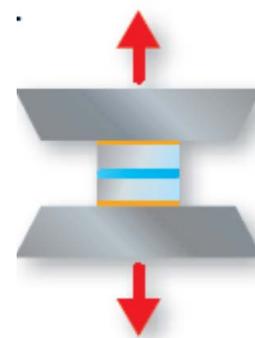


Abb. A 3.2: Zugprüfmaschine



Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit "SentryGlas® Xtra™ SG 6000"

Prüfanleitung Pull-Test

Anlage 3

A 4 Prüfanleitung Ermittlung Schubmodule G(t,T)

A 4.1 Allgemeines

Zur experimentellen Charakterisierung des temperatur- und belastungsdauerabhängigen Materialverhaltens polymerer Zwischenschichten werden Dynamisch-Mechanisch-Thermische-Analysen (DMTA) durchgeführt. In einer DMTA wird der visko-elastische Körper bei kontrollierter Temperatur mittels harmonisch oszillierender Verzerrung oder Spannung angeregt und die phasenverschobene Spannungs- bzw. Verzerrungsantwort gemessen. Durch Variation der Anregungsfrequenz und Temperatur können die zeit- und temperaturabhängigen Steifigkeitscharakteristika G(t;T) ermittelt werden. Die Messungen erfolgen im Rheometer.

Zur Berücksichtigung der Sekundärkristallisation werden die Versuche direkt bzw. 5 Tage nach Einbau der Probe gestartet.

Zur Validierung der DMTA werden Biegekriech- und Torsionsrelaxationsversuche am Glas-Folien-Laminat durchgeführt.

Das Prozedere ist allgemein in DIN EN 16613¹ bzw. der Normenreihe ISO 6721² beschrieben.

A 4.2 Prüfbeschreibung DMTA

A 4.2.1 Prüfdurchführung

Tabelle T 4.1 zeigt die Versuchsbeschreibung im Rheometer. In Abb. A 4.1 ist das Rheometer dargestellt.

Tab. T 4.1: Versuchsbeschreibung

Prüfmaschine	Rheometer	
Probenvorbereitung	Mittels Locheisen ausgestanzt	
Probenlagerung	min. 5d trocken (z.B. Steiner Chemie Trocknungspellets), Raumtemperatur	
Messsystem	Platte-Platte-System	
Probengeometrie	Kreis: Ø 8 mm, d=0,76 mm	
Kontaktnormalkraft	0,1 [N] (Druck)	
Anzahl an Proben	3	
	Amplituden-Messung	Temperatur-Frequenz-Messung
Temperatur	-40 °C; +100 °C	[-40 °C bis +105 °C]
Frequenzen	0,1Hz; 1Hz; 10Hz	[0,1Hz bis 10Hz]
Verzerrungsamplitude	[0,01 % bis 0,05 %]	0,025 % bei T [-40 °C bis +65 °C]; 0,04 % bei T [70 °C bis 105 °C]

A 4.2.2 Prüfergebnisse Rheometer

A 4.2.2.1 Amplituden-Messung

- Speichermodul G' in Abhängigkeit der aufgetragenen Verzerrungs-/Spannungsamplitude,
- Verlustmodul G'' in Abhängigkeit der aufgetragenen Verzerrungs-/Spannungsamplitude,
- Komplexer Modul G* in Abhängigkeit der aufgetragenen Verzerrungs-/Spannungsamplitude.

¹ DIN EN 16613:2020-01 Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbundsicherheitsglas – Bestimmung der viskoelastischen Eigenschaften von Zwischenschichten

² ISO 6721 Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit "SentryGlas® Xtra™ SG 6000"

Prüfanleitung Ermittlung Schubmodule G(t,T)

Anlage 4.1

A 4.2.2.2 Temperatur-Frequenz-Messung

- Speichermodul G' als Funktion von Frequenz und Temperatur,
- Verlustmodul G'' als Funktion von Frequenz und Temperatur,
- Betrag des Komplexer Modul |G*| als Funktion von Frequenz und Temperatur,
- Verlustfaktor tan δ= G'/G'' als Funktion von Frequenz und Temperatur.

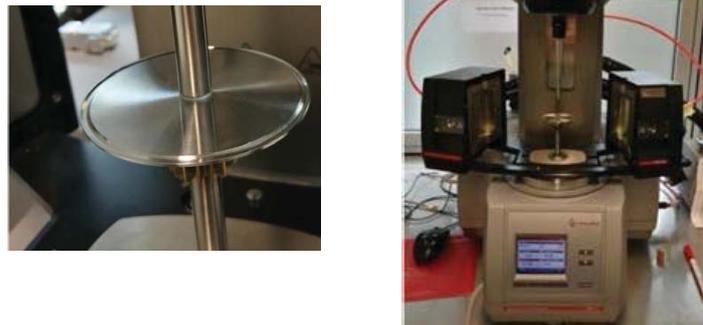


Abb. A 4.1: Versuchsaufbau, Rheometer

A 4.2.3 Analyse und Auswertung

So lange Speichermodul, Verlustmodul und komplexe Modul aus der Amplituden-Messung unabhängig von der aufgetragenen Verzerrungsamplitude oder Spannungsamplitude, befindet man sich im linear viskoelastischen Bereich.

Durch schrittweises Verschieben horizontal entlang der Frequenzachse der gemessenen isothermen IG*I-Modul-Frequenz-Kurven wird die Masterkurve bei einer Referenztemperatur von T_{ref} = 20 °C erzeugt. Die horizontalen Verschiebungsfaktoren können mathematisch durch das Zeit/Temperatur-Verschiebungsprinzip von William-Landel-Ferry bzw. Arrhenius approximiert werden. Sofern diese die Verschiebungsfaktoren über den gesamten untersuchten Temperaturbereich nicht ausreichend abbilden, werden die inkrementell ermittelten Verschiebungsfaktoren herangezogen.

Unter Berücksichtigung der Masterkurven des Speichermodul G' und des Verlustmodul G'' wird die Prony-Reihe

$$G(t) = G_0 \cdot \left(1 - \sum_{i=1}^n g_i \left(1 - e^{-\frac{t}{a_T(T, T_{ref}) \cdot \tau_i}} \right) \right)$$

bestimmt, mit der man die Schubmodulwerte G(t,T) erhält, s. **Anlage 5**, Abb. A 5.1 und A 5.2.

A 4.3 Prüfanleitung Biege- und Torsionsrelaxationsversuche

A 4.3.1 Allgemeines

- Das VSG wird unter Beachtung des Kuraray Manual (Laminationsrichtlinien 9/2021) für SentryGlas® Xtra™ SG 6000 hergestellt.
- Aufbau: 4 mm Floatglas / 2,28 mm SentryGlas® Xtra™ SG 6000 / 4 mm Floatglas
- Abmessung: 1100±5 mm x 360±5 mm (L x B)
- Anzahl: mind. 3 Probekörper je Temperatur.
- Der Messaufbau besteht aus einem Messkanal für die Durchbiegung in der Mitte der Spannweite bzw. für den Bohrwinkel und das Torsionsmoment und die Temperatur jedes Glaslaminats. Die Temperatur wird an der Außenseite des Glaslaminats gemessen.
- Der Prüfaufbau und die Messpunkte sind in Abb. A 4.2 und A 4.3 dargestellt.

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit "SentryGlas® Xtra™ SG 6000"

Prüfanleitung Ermittlung Schubmodule G(t,T)

Anlage 4.2

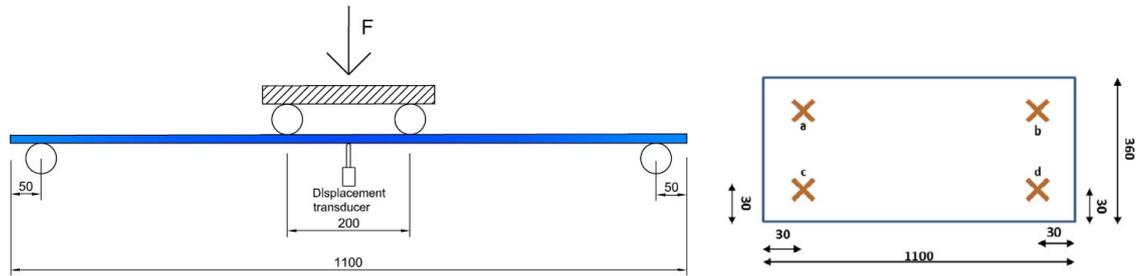


Abb. A 4.2: Biegekriechversuch und Messpunkte

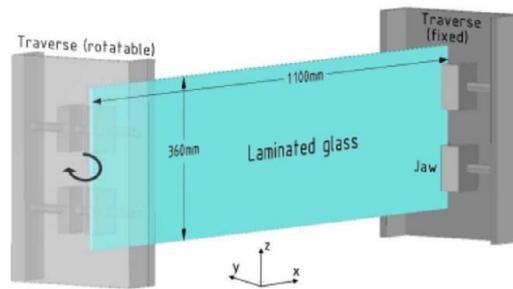


Abb. A 4.3: Torsionsrelaxationsversuch

A 4.3.2 Prüfdurchführung

A 4.3.2.1 Biegekriechversuch

- Durchführung in Anlehnung an DIN EN 16613¹, Anhang 3 bzw. DIN EN 1288-3².
- Belastung des Probekörpers so, dass die Glasscheiben mit mindestens 10 MPa belastet werden
- Vor dem Aufbringen der Last wurden alle Probekörper 24 Stunden lang ohne Belastung konditioniert, so dass Einfluss des Eigengewichts vernachlässigbar.
- Aufbringen der Belastung quasi-statisch (100 N, 250 N und 300 N).
- Messung bei 0 °C, 23 °C, 30 °C, 50 °C und 80 °C.
- Belastungsdauer mind. 24 h
- Aufzeichnung der Durchbiegung in der Mitte der Spannweite sowie der Temperatur jedes Glaslaminats.

A 4.3.2.2 Torsionsrelaxationsversuch

- 24 h Konditionierung der Proben bei Raumtemperatur.
- Aufbringen des Verdrehwinkels von 2° in kurzer Zeit, aber quasi-statisch.
- Messung bei 23 °C und 30 °C
- Belastungsdauer mind. 24 h.
- Aufzeichnung des Verdrehwinkels, des Torsionsmoments sowie der Temperatur jedes Probekörpers (Beginn zusammen mit Konditionierung).

A 4.3.3 Auswertung

- Die Ermittlung der Schubmodule erfolgt für unterschiedliche Zeitpunkte und Temperaturen, s. **Anlage 5**, Abb. A 5.2.
- Die Schubmodule werden als Mittelwerte aus den Versuchen bestimmt.

¹ DIN EN 16613:2020-01 Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbundsicherheitsglas – Bestimmung der viskoelastischen Eigenschaften von Zwischenschichten

² DIN EN 1288-3:2000-09 Glas im Bauwesen - Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas, Teil 3: Prüfung von Proben bei zweiseitiger Auflagerung

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit "SentryGlas® Xtra™ SG 6000"

Prüfanleitung Ermittlung Schubmodule G(t,T)

Anlage 4.3

A 5 Werte für Schubmodul $G(T,t)$, versuchstechnisch ermittelt

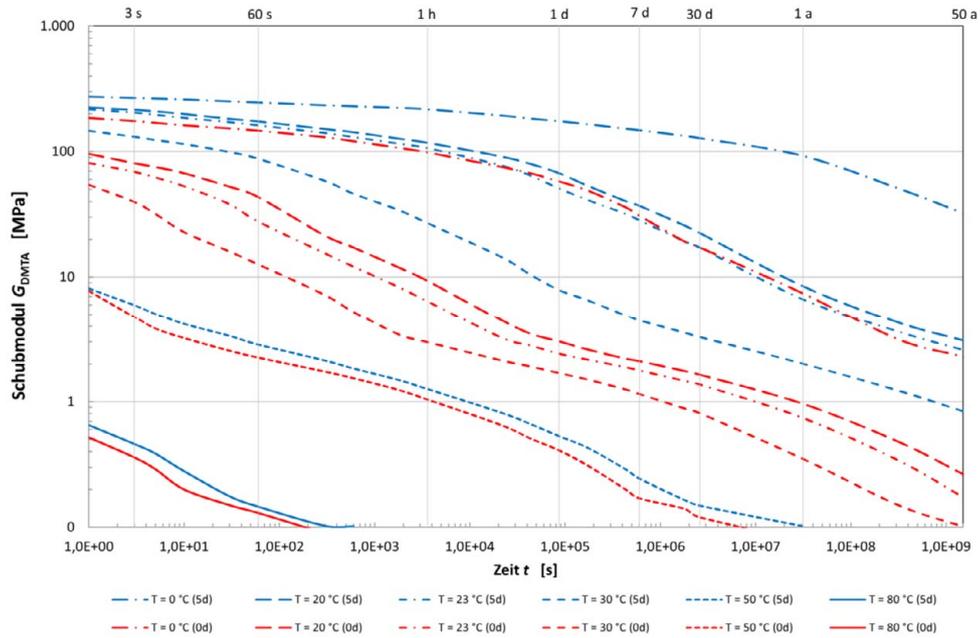


Abb. A 5.1 Schubmodul $G(T,t)$ aus DMTA in Abhängigkeit der Temperatur T und der Lasteinwirkungsdauer t

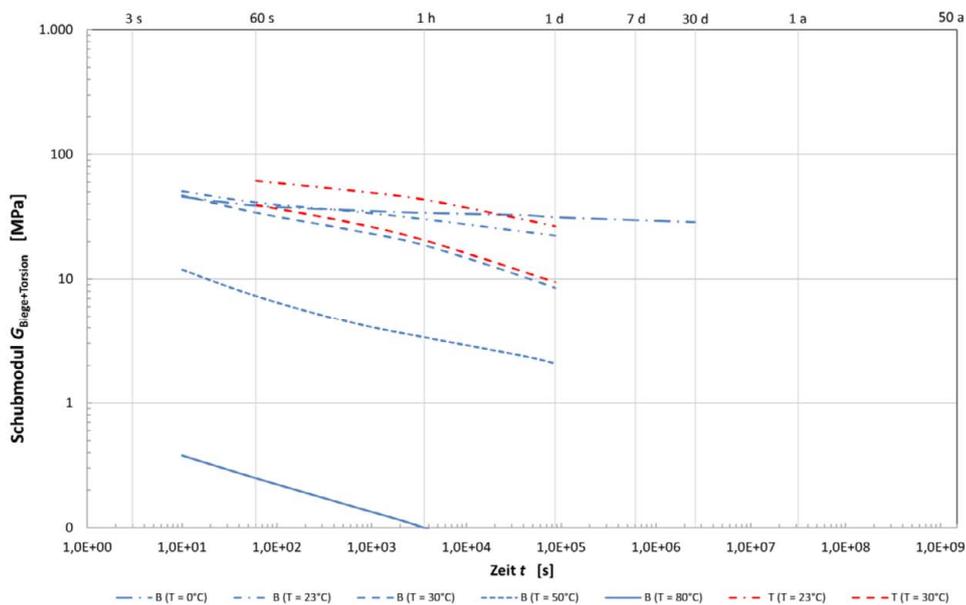


Abb. A 5.2 Schubmodul $G(T,t)$ aus Biege- und Torsionsrelaxationsversuche in Abhängigkeit der Temperatur T und der Lasteinwirkungsdauer t

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit "SentryGlas® Xtra™ SG 6000"

Schubmodul $G(T,t)$

Anlage 5

A 6 Prinzip der Feuchtemessung mittels NIR-Spektroskopie

A 6.1 Allgemeines Prinzip

Um den Feuchtigkeitsgehalt der Verbundfolie in einer Verbundglasprobe zu bestimmen, wird ein Spektralscan im nahen Infrarotbereich des Spektrums von 1450 bis 2200 nm durchgeführt. Die Absorption aufgrund von Feuchtigkeit in der Probe liegt im Bereich von 1875 - 1950 nm und wird für die Probendicke korrigiert, indem sie durch die Absorption aufgrund von CH₂-Gruppen bei 1730 nm dividiert wird.

Die Korrelation von Karl Fischer-Feuchteanalysen ("MOISTURE Standards") mit diesem NIR-Verhältnis ermöglicht die Berechnung des prozentualen Feuchtigkeitsgehalts. Zur Kalibrierung bzw. Einstellung des NIR-Spektrometers werden dazu vorab VSG-Proben mit genau definiertem Feuchtegehalt angefertigt bzw. bereitgestellt. Die Folienfeuchte wird für diese Proben ("MOISTURE STANDARDS") mittels Karl-Fischer Titration (KIF) ermittelt.

Die Konstanten sind für die verwendeten Glassubstrate (Art des Floatglases und die Dicke) zu ermitteln bzw. zu verwenden (Hinweis: Üblicherweise arbeiten die Labore immer mit identischem Basisglas in gleicher Dicke. Kenntnisse und Erfahrung in der Durchführung und Bewertung von NIR-Spektroskopie ist erforderlich.).

A 6.2 Prüfdurchführung

- Das NIR-Spektrophotometer ist so eingerichtet, dass es den Bereich 1450 bis 2200 nm scannt.
- Die VSG-Probe wird gereinigt, in das Spektrophotometer gelegt und im NIR-Bereich gescannt. Ein typischer Scan ist in der Abb. A 6 dargestellt.
- Die CH₂-Absorption wird von der horizontalen Tangente zum 1730-nm-Peak und einer zweiten horizontalen Basislinie zum Minimum nahe 1575 nm gemessen (die Minima sind im Wellenlängenbereich zu definieren und festzulegen).
- Die Feuchtigkeitsabsorption wird vom Maximum im Bereich von 1875 – 1950 nm bis zur Tangente zwischen den beiden Minima bei nominell 1873 und 2087 nm gemessen.

A 6.3 Auswertung

- Das NIR-Verhältnis ist die Feuchtigkeitsabsorption geteilt durch die CH₂-Absorption.
- Die prozentuale Feuchtigkeit wird mit der folgenden Gleichung berechnet.

$$\%H_2O = A * (NIR \text{ ratio}) - B$$

- A und B sind Konstanten, die je nach Spektrofotometer, Glasfarbe und Glasdicke variieren.

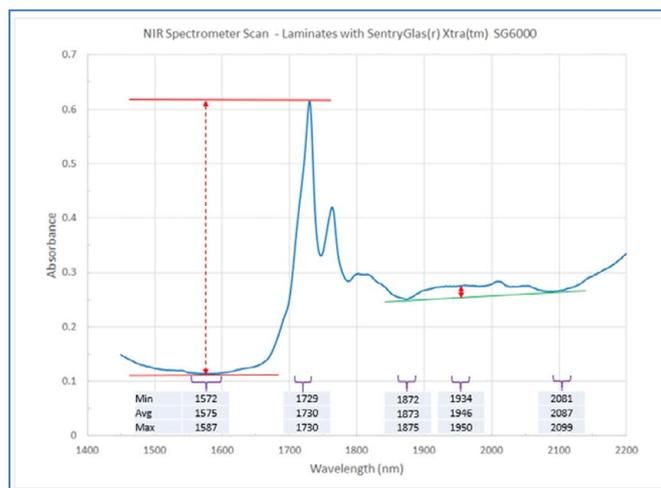


Abb. A 6: Typischer Scan

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit "SentryGlas® Xtra™ SG 6000"

Prinzip der Feuchtemessung mittels NIR-Spektroskopie

Anlage 6