

Allgemeine Bauartgenehmigung

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

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

Datum:

20.07.2023

Geschäftszeichen:

I 3-1.70.3-60/22

Nummer:

Z-70.3-254

Geltungsdauer

vom: **20. Juli 2023**

bis: **19. Juni 2025**

Antragsteller:

SOLUTIA EUROPE BV

Ottergemsesteenweg Zuid 707

9000 GENT

BELGIEN

Gegenstand dieses Bescheides:

**Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit
Schubverbund**

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich genehmigt.

Dieser Bescheid umfasst fünf Seiten und sieben Anlagen mit zehn Seiten.

Diese allgemeine Bauartgenehmigung ersetzt die allgemeine Bauartgenehmigung Nr. Z-70.3-254 vom
19. Juni 2020.

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 Verbundfolie SAFLEX DG der Fa. Solutia Europe bvba.

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

Die Planung, Bemessung und Ausführung von Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie erfolgt nach den Normen der Reihe DIN 18008¹ unter Berücksichtigung der besonderen Bestimmungen dieses Bescheids mit und ohne Ansatz des Schubverbundes.

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 Verbundfolie SAFLEX DG bestehen.

Bei Ausführung der Verglasung unter Verwendung von VSG ohne statischen Ansatz des Schubverbundes müssen Aufbau und Herstellung sowie Haftverhalten am Laminat des VSG der Anlage 1 entsprechen.

Bei Ausführung der Verglasung unter Verwendung von VSG mit statischem Ansatz des Schubverbundes müssen zusätzlich das Adhäsionsverhalten (Haftzugfestigkeit) sowie die Schubmodulewerte der Anlage 1 entsprechen.

Es ist sicherzustellen, dass die Glas- bzw. Verbundfolienränder nur in Kontakt mit angrenzenden Stoffen stehen, die dauerhaft mit der Verbundfolie verträglich sind. Hierzu sind die Angaben der Fa. Solutia Europe bvba 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.

Bei der Bemessung der Verglasung darf die Verbundwirkung der Verbundfolie SAFLEX DG berücksichtigt werden, wenn Aufbau und Herstellung sowie die Leistungswerte des VSG der Anlage 1 entsprechen.

Beim Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Vertikalverglasungen unter Wind- und Holmlasten oder von Horizontalverglasungen unter Schneelasten darf unter den nachfolgend genannten Bedingungen abweichend von DIN 18008-1⁸, Abschnitt 7.2 zur Berücksichtigung des Schubverbundes zwischen den Einzelscheiben ein linear elastisches Verhalten der Verbundfolie SAFLEX DG angesetzt werden.

Als lineare elastische Kenngrößen der Verbundfolie dürfen bei Einfachverglasungen abhängig von der Belastungsart und der Zwischenschichttemperatur T die in Tabelle 1 enthaltenen Schubmodule und die Querdehnzahl $\mu = 0,49$ verwendet werden.

¹ DIN 18008 Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln

Tabelle 1: Kennwerte für Einfachverglasungen

Lastfall		Schubmodul G [N/mm ²]	k _{VSG} ²	k _{mod}
Fassadenbereich	Verglasungen ohne absturzsichernde Funktion			
	Lastfall Wind	10	1	0,7
	Verglasungen mit absturzsichernder Funktion			
	Lastfall Holm ³	0,70 (T = 30°C)	1	0,7
		0,60 (T = 35°C)		
		0,40 (T ≤ 40°C)		
		0,15 (T ≤ 43°C)		
0,00 (T > 43°C)				
Lastfall Holm und Wind	10	1	0,7	
Innenbereich	Verglasungen ohne absturzsichernde Funktion			
	Lastfall Wind	10	1	0,7
	Verglasungen mit absturzsichernder Funktion			
	Lastfall Holm ⁴	0,7	1	0,7
	Lastfall Holm und Wind	10	1	0,7
Überkopf- bereich	Lastfall Schnee (beheizte Fläche) ⁵	0,70	1	0,4
	Lastfall Schnee und Wind (beheizte Fläche)	0,70	1	0,7
	Lastfall Schnee (unbeheizte Fläche) ⁶	130	1	0,4
	Lastfall Schnee und Wind (unbeheizte Fläche)	130	1	0,7
	Lastfall Eigengewicht	0	1,1	0,25

Die in Tabelle 1 angegebenen Werte wurden mit einem visko-elastischen Modell für die Verbundfolie der Produktfamilie SAFLEX DG ermittelt und durch Grenzfallbetrachtungen und Korrelationsanalysen für die Einwirkungen für die praktische Anwendung mit Berechnungsverfahren unter linear-elastischem Ansatz für die Verbundfolie vereinfacht. Sofern andere Randbedingungen und Einwirkungen als in Tabelle 1 angegeben, nachgewiesen werden sollen, kann der jeweilige Schubmodul entsprechend der Vorgehensweise in Anlage 7 nachgewiesen werden. Hierfür ist i.d.R. zusätzlich eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erforderlich.

- ² k_{VSG} Faktor für Verbund- und Verbund-Sicherheitsglas siehe DIN 18008-1, Abschnitt 8.3.9
- ³ Zwischenwerte der aufgeführten Schubmoduln können linear interpoliert werden. Zwischenschichttemperaturen T > 43°C sind nicht abgedeckt.
- ⁴ Gültig für eine Belastungsdauer von einer Stunde und bei einer Zwischenschichttemperatur von 30 °C; bei höheren Zwischenschichttemperaturen T sind Schubmodulwerte für die Anwendung im Außenbereich zu berücksichtigen.
- ⁵ Gültig für eine Belastungsdauer von 30 Tagen und bei einer Temperatur von 23 °C
- ⁶ Gültig für eine Belastungsdauer von 30 Tagen und bei einer Temperatur von 0 °C

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

- 1) Es sind Lastfallkombinationen nach DIN EN 1990⁷ inklusive der zugehörigen Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten zu bilden.
- 2) Die Hauptzugspannungen im Verbund-Sicherheitsglas 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.
 - Bei Klimalasten (Temperatur, atmosphärischer Druck, Höhendifferenz) ist nach Abschnitt 7.2 der DIN 18008-1⁸ vorzugehen; Grenzfallbetrachtung "ohne Verbund" und "voller Verbund". Der ungünstigere Grenzfall ist maßgebend.
 - Für die übrigen Lasten (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 18008-1⁸ 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.

Dr.-Ing. Lars Eckfeldt
Referatsleiter

Beglaubigt
Schult

⁷ DIN EN 1990:2010-12
⁸ DIN 18008-1:2020-05

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

A1.1 Aufbau und Herstellung des VSG mit Schubansatz

- Die Glasscheiben bestehen aus den folgenden Glaserzeugnissen:
 - Floatglas (Kalk-Natronsilicatglas) nach DIN EN 572-2¹,
 - ESG nach DIN EN 12150-1² mit einem Bruchbild gemäß A1.3,
 - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas nach DIN EN 14179-1³ bzw. nach DIN 18008-2⁴, Abschnitt 4.3, 3. Spiegelstrich mit einem Bruchbild gemäß A1.3,
 - TVG nach DIN EN 1863-1⁵ mit einem Bruchbild gemäß A1.3,
 - beschichtetes Glas nach DIN EN 1096-1⁶.
 - Ornamentglas nach DIN EN 572-5⁷.
- Die Mindestdicke der Verbundfolie SAFLEX DG beträgt 0,76 mm, die maximale Dicke 2,28 mm. Die Zusammensetzung ist beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.
- Die Verbundfolie SAFLEX DG hat folgende nach DIN EN ISO 527-3⁸ (Prüfgeschwindigkeit: 50 mm/min, Prüftemperatur: 23 °C) ermittelten Eigenschaften:
 - Reißfestigkeit: $\geq 33 \text{ N/mm}^2$
 - Bruchdehnung: $\geq 196 \%$
- Folienfeuchte im Laminat: Grenzwert $\leq 0,6\%$, geprüft nach **Anlage 3**.
- Bei Herstellung des VSG aus beschichteten Glaserzeugnissen (außer emaillierte Glaserzeugnisse) erfolgt die Laminierung der Glasscheiben mit der Verbundfolie SAFLEX DG nur auf der unbeschichteten Glasoberfläche. Es dürfen nur solche Beschichtungen verwendet werden, die sich hinsichtlich Absorption und daraus resultierender Zwischenschichttemperatur nicht ungünstiger verhalten als Glas mit schwarzer Emaillierung.
- Die Herstellung des VSG erfolgt im Verbundverfahren unter Berücksichtigung der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Bestimmungen.

A1.2 Leistungswerte

- Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test) geprüft nach **Anlage 2.1** und **2.2**: Pummel Standard ≥ 3
- Mindestwert der Haftzugfestigkeit (Pull-Test) geprüft nach **Anlage 4**: $\sigma \geq 13 \text{ N/mm}^2$
- Schubmodulwerte geprüft nach **Anlagen 5.1 bis 5.3**: siehe **Anlagen 6 und 7**

A1.3 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.

1	DIN EN 572-2:2012-11	Glas im Bauwesen - Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas - Teil 2: Floatglas
2	DIN EN 12150-1: 2012-02	Glas im Bauwesen - Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas - Teil 1: Definition und Beschreibung
3	DIN EN 14179-1: 2016-12	Glas im Bauwesen - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas - Teil 1: Definition und Beschreibung
4	DIN 18008-2:2020-05	Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln - Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen
5	DIN EN 1863-1: 2012-02	Glas im Bauwesen - Teilvorgespanntes Kalknatronglas - Teil 1: Definition und Beschreibung DIN EN 1096-1: 2012-04 Glas im Bauwesen - Beschichtetes Glas - Teil 1: Definitionen und Klasseneinteilung
6	DIN EN 1096-1:2012-04	Glas im Bauwesen - Beschichtetes Glas - Teil 1: Definitionen und Klasseneinteilung
7	DIN EN 572-5:2012-11	Glas im Bauwesen - Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas - Teil 5: Ornamentglas
8	DIN EN ISO 527-3:2019-02	Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften - Teil 3: Prüfbedingungen für Folien und Tafeln
9	In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 12150-2:2005-01.	
10	In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 14179-2:2005-08.	
11	In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 1863-2:2005-01.	

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund	Anlage 1
Aufbau und Herstellung des VSG mit Schubverbund, Leistungswerte	

A2 Prüfanleitung Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test)

A2.1 Allgemeines

- Die Probekörper werden unter Beachtung der Laminationsrichtlinien der Fa. Solutia Europe bvba hergestellt.
- Es sind mindestens fünf Probekörper 200 mm x 100 mm aus unbeschichtetem Floatglas herzustellen. Die Pummeltests sind an mindestens drei dieser Probekörper durchzuführen.
- Sollten mehrere Produktionschargen am Tag hergestellt werden, sind für jede Produktionscharge Pummeltests durchzuführen
- Als Mindestwert ist "Pummel Standard 3" zu erreichen.
- Für die Herstellung von VSG aus emaillierten Verglasungen, bei denen die Emaillierung zur zwischenschichtzugewandten Seite erfolgt, gelten die o.g. Bestimmungen analog. In diesem Fall ist der Pummeltest an Probekörpern aus vorgespannten Glasprodukten mit dem jeweils zur Anwendung kommenden Emailletyp durchzuführen.

A2.2 Prüfdurchführung

- Vor der Prüfdurchführung wird der Probekörper auf – 18 °C gekühlt (mindestens 2 Stunden).
- Nach dem Kühlen, min. 7 Minuten vor Test bei Raumtemperatur lagern.
- Probekörper werden in einem Winkel von ca. 5 – 10 Grad zur Ebene der Pummelplatte gehalten, damit nur die Kante des unzerbrochenen Glases Berührung mit der Platte hat. (Abb. A 2.1).
- Der Probekörper wird mit einem Hammer (Kugelhammer) wiederholt in einem überlappenden Muster mit gleichmäßigen Schlägen geschlagen "Pummeln", in Abständen von ca. 12mm(1/2Inch) entlang der untersten Fläche. Wenn die untere Fläche fertiggepummelt ist, wird der Vorgang in gleicher Weise wiederholt bis das gesamte Glas, bis auf die letzten 7-10cm (3-4 Zoll), gepummelt ist. Dabei muss sichergestellt werden, dass das gesamte glatte Glas pulverisiert wird.
- 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.
- Bei der Verwendung einer halbautomatischen Pummel-Ausrüstung wird das Laminat nach der ersten Pummelreihe auf der Vorderseite gedreht, und dann die Rückseite in derselben Reihe gepummelt.

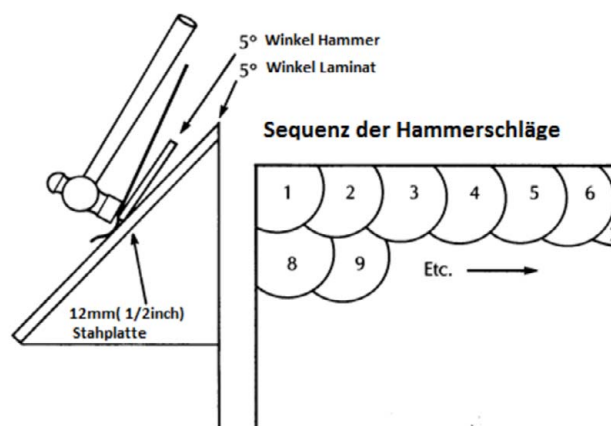


Abb. A 2.1: Pummel Box und Pummel Sequenz

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund	Anlage 2.1
Prüfbeschreibung Haftverhalten am Laminat	

A2.3 Auswertung

- Vor der Bewertung lässt man die gepummelten Proben auf Raumtemperatur erwärmen und die kondensierte Feuchtigkeit verdampfen.
- Die Proben werden mit den Referenzproben verglichen und der Haftungsgrad (0 bis 9) durch Vergleich der Proben mit den Referenzproben bestimmt (vgl. Abb. A 2.2).
- Ein Pummel Standard von 0 (in Abb. A 2.2 nicht dargestellt) entspricht keiner Haftung, ein Pummel Standard von 9 entspricht einer sehr hohen Haftung.
- Für die Auswertung ist der Mittelwert über alle Pummelwerte zu bilden.

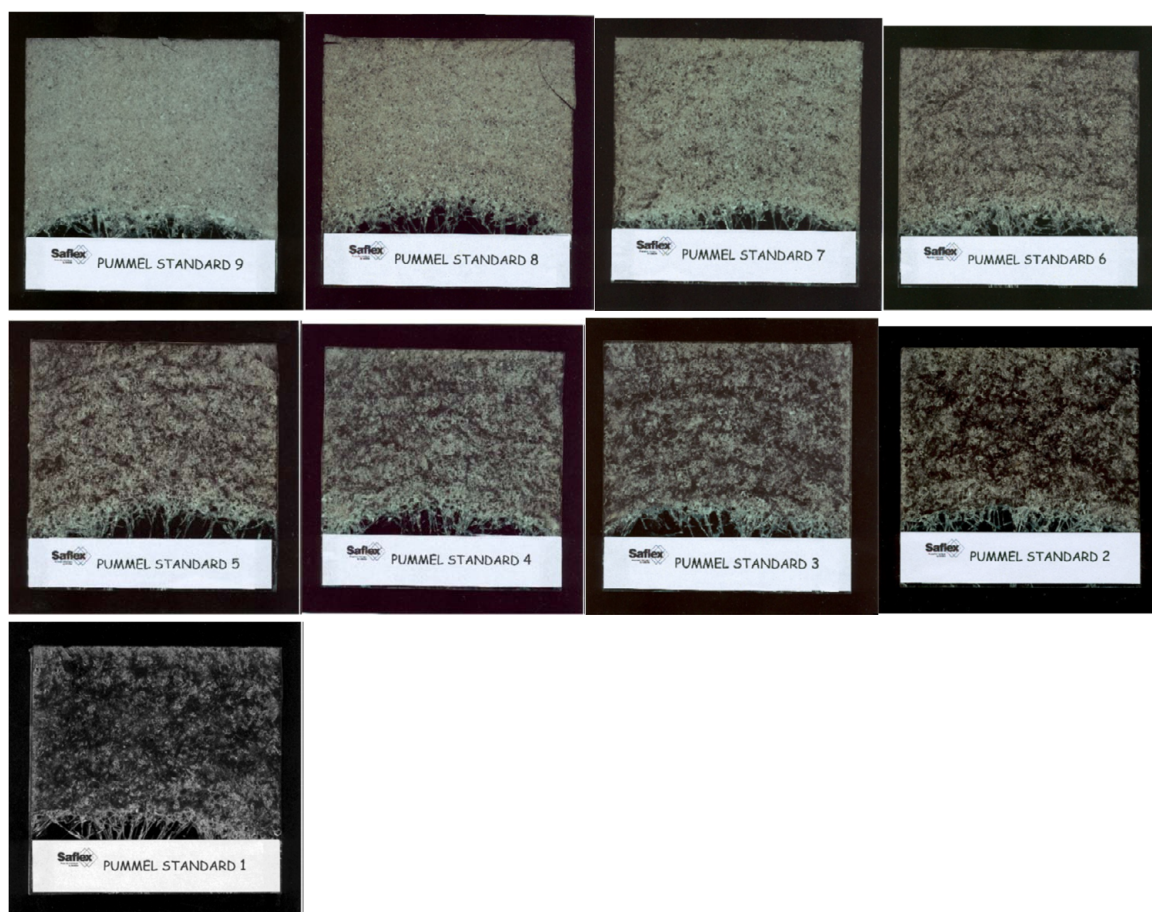


Abb. A 2.2: Referenzproben der Pummel Standards

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund	Anlage 2.2
Prüfbeschreibung Haftverhalten am Laminat	

A3 Allgemeine Prüfanleitung zur Messung der Folienfeuchte im Laminat

A3.1 Allgemeines und Prüfdurchführung

- Benötigte Materialien und Geräte
 - Spektrofotometer, dass im Bereich von 1.600 - 2.000 nm scannen kann
 - Feuchtevergleichsmuster für Saflex Zwischenschichten mit entsprechender Glaskonfiguration.
- Kalibrierung des Spektrofotometer:
 - Modus: Durchlässigkeit
 - Spaltbreite: 2 nm
 - Scan-Geschwindigkeit: 240 nm/min (bei verzerrter Spitzenauflösung ist eine niedrigere Scan Geschwindigkeit anzuwenden)
 - Hintergrundkorrektur auf 100 % Durchlässigkeit im Bereich 1600-2000 nm einstellen (ohne Probe und Referenzstrahl).
- Saflex Vergleichsmuster für mittleren Feuchtegehalt senkrecht zum Lichtstrahl vor der Probenöffnung anordnen. Der Abstand zwischen Verbundglas und Probenöffnung muss reproduzierbar sein.
- Im Bereich zwischen 1600 und 2000 nm scannen.
- Maximalwerte der Durchlässigkeit bei ca. 1650 und 1875 nm und die Minimalwerte der Durchlässigkeit bei ca. 1700 und 1925 nm ablesen mit einer Genauigkeit von 0,1 %. Diese Wellenlängenwerte sind Näherungswerte und können sich bei unterschiedlichen Messgeräten und Scan-Geschwindigkeiten leicht verschieben.
- Die Schritte 3 - 5 mit Saflex Vergleichsmustern für niedrigen und hohen Feuchtegehalt wiederholen.

A3.2 Ermittlung der Werte

A3.2.1 Berechnungen

- Die Durchlässigkeitswerte (in Prozent) in das Absorptionsmaß (Extinktion) umrechnen. $\text{Absorptionsmaß (Extinktion)} = \text{Log}_{10} (100 / \%T)$
- Das Absorptionsverhältnis (AR) berechnen. $AR = (A_{1925} - A_{1875}) / (A_{1700} - A_{1650})$
- Den Feuchtegehalt berechnen. $\text{Feuchte in \%} = \text{Koeffizient} * AR + \text{Konstante}$
- Für die Kalibrierung sind die Feuchtwerte der Saflex Vergleichsmuster und das entsprechende Absorptionsverhältnis anzuwenden, um eine lineare Regression für die Bestimmung des entsprechenden Koeffizienten und der Konstanten in vorstehender Gleichung vorzunehmen. Dieses Kalibrierungsverfahren muss einmal pro Jahr bzw. nach jedem Austausch der Lichtquelle des Spektrofotometers wiederholt werden.

A3.2.2 Stückprüfproben

- Spektrofotometer wie bei der Kalibrierung einstellen und die Schritte 1 - 5 durchführen. Wenn die Feuchtebestimmung des Saflex Vergleichsmusters für mittlere Feuchte innerhalb des normalen Bereichs liegt, ist mit der Prüfung fortzufahren. Ist der Wert nicht normal, ist das Messgerät eventuell nicht korrekt eingestellt oder defekt und alle Tests an Stückprüfproben sind möglicherweise ungenau.
- Die Stückprüfprobe senkrecht vor der Prüfkörperöffnung positionieren und scannen. Sind mehrere Proben zu messen, sollte dies fortlaufend durchgeführt werden. Es ist dann nicht erforderlich, das Vergleichsmuster erneut zu überprüfen.
- Die prozentualen Durchlässigkeitswerte ablesen und den Feuchtegehalt bis zu zwei Stellen hinter dem Komma berechnen (Genauigkeit 0,01 %).

A3.3 Auswertung

- Der Feuchtegehalt des Vergleichsmusters und jeder Probe ist auf 0,01 % genau zu protokollieren.
- Genauigkeit: Die Reproduzierbarkeit der Prüfung beträgt $\pm 0,015$ % bei 95 % Konfidenz.
- Kontrolle des Feuchtegehalts bei einer Abweichung von $\pm 0,05$ % vom Anfangswert.

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund	Anlage 3
Allgemeine Prüfanleitung zur Messung der Folienfeuchte im Laminat	

A 4 Prüfanleitung Pull-Test

A4.1 Allgemeines

- Die Probekörper werden unter Beachtung der Laminationsrichtlinien der Fa. Solutia Europe bvba hergestellt.
- Aufbau der Probekörper: 4 mm Float / 0,76 mm SAFLEX DG / 4 mm Float
- Aus dem VSG–Laminat werden Probekörper im Format 40 mm x 10 mm mit geeigneten Säge- oder Schneidverfahren herausgeschnitten.
- Die Glasoberflächen der Probekörper werden gereinigt und entfettet.
- Um während der Zeit bis zur Prüfung das Eindringen von Feuchtigkeit in die Folie zu verhindern, werden die offenen Folienkanten mit einer selbstklebenden Aluminiumfolie (Breite der Aluminiumfolie mindestens 5 mm) versehen.
- Die vorbereiteten Probekörper werden zwischen zwei geeigneten Probekörperhalterungen aus Metall eingeklebt. Als Klebstoff kann z. B. Klebstoff-Kit Loctite F246 oder gleichwertiger Klebstoff verwendet werden.
- Anzahl der Probekörper: mind. 5 Stück

A4.2 Prüfdurchführung

- Die Probekörper werden in der Probekörperaufnahme einer geeigneten Zugprüfmaschine (z. B. Universalprüfmaschine UTS 100 MS-462) platziert, siehe Abb. A 4.1.
- Wegregelung mit einer Traversengeschwindigkeit von 0,50 mm/min.

A4.3 Auswertung

- Probekörper mit Versagen der Klebeverbindung zum Probekörperhalter oder mit kohäsivem Versagen des Glases werden nicht zur Auswertung verwendet.
- Die Messergebnisse sind zusammen mit den berechneten Spannungswerten der Haftzugfestigkeit, den Mittelwerten, den Standardabweichungen und der Angabe der Versagensart tabellarisch anzugeben.



Abb. A 4.1 Beispielhafter Versuchsaufbau

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund

Prüfbeschreibung Pull-Test

Anlage 4

A 5 Prüfanleitung Ermittlung Schubmodule G(t,T)

A 5.1 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 Validierung der DMTA werden Biegekriechversuche am Glas-Folien-Laminat durchgeführt.

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

A 5.2 Prüfbeschreibung DMTA

A 5.2.1 Prüfdurchführung

Tabelle T 5.1 zeigt die Versuchsbeschreibung im Rheometer. In Abb. A 5.1 ist das Rheometer dargestellt.

Tab. T 5.1: Versuchsbeschreibung

Prüfmaschine	Rheometer	
Probenvorbereitung	Mittels Locheisen ausgestanzt	
Probenlagerung	min. 48h: Trocken (z.B. Steiner Chemie Trocknungspellets) Raumtemperatur	
Messsystem	Platte-Platte-Torsion, obere Platte: texturiert	
Probengeometrie	Kreis: Ø 8 mm, d=0,76 mm	
Kontaktnormalkraft	0,1 [N] (Druck)	
Anzahl an Probenserien	1	
	Amplituden-Messung	Temperatur-Frequenz-Messung
Temperatur	-40 °C; +100 °C	[-40 °C bis +100 °C], Abkühlung 5°C-Schritte, Nitrogen
Frequenzen	0,1Hz; 1Hz; 10Hz	[0,1Hz bis 10Hz]
Verzerrungsamplitude	[0,01 % bis 0,05 %]	0,1 % bei T [100 °C bis 40 °C] 0,05 % bei T [40 °C bis -40 °C]

A 5.2.2 Prüfergebnisse Rheometer

A 5.2.2.1 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 der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund

Prüfanleitung Ermittlung Schubmodule G(t,T)

Anlage 5.1

A 5.2.2.2 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.

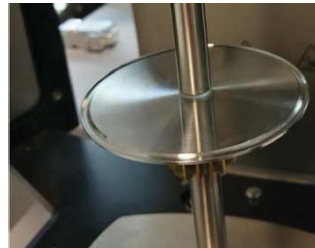


Abb. A 5.1: Versuchsaufbau, Rheometer

A 5.2.3 Analyse und Auswertung

So lange Speichermodul, Verlustmodul und komplexe Modul aus der Amplituden-Messung unabhängig von der aufgebrachten 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 6**, Abb. A 6.1.

A 5.3 Prüfanleitung Biegekrechversuche

A 5.3.1 Allgemeines

- Das VSG wird unter Beachtung der Laminationsrichtlinien der Fa. Solutia Europe bvba hergestellt.
- Aufbau: 6 mm Floatglas / 0,76 mm SAFLEX DG / 6 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 5.2 dargestellt.

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund	Anlage 5.2
Prüfanleitung Ermittlung Schubmodule G(t,T)	

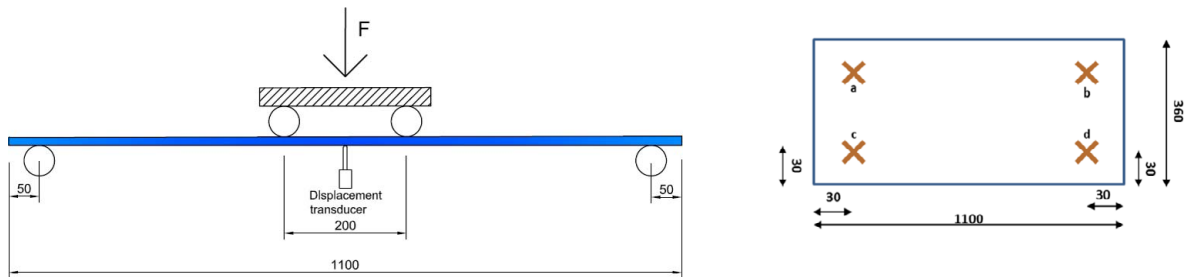


Abb. A 5.2: Biegekriechversuch und Messpunkte

A 5.3.2 Prüfdurchführung

- 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 5.3.3 Auswertung

- Die Ermittlung der Schubmodule erfolgt für unterschiedliche Zeitpunkte und Temperaturen, s. **Anlage 6**, Abb. A 6.2.
- 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 der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund

Prüfanleitung Ermittlung Schubmodule G(t,T)

Anlage 5.3

A 6 Werte für Schubmodul $G(T,t)$, versuchstechnisch ermittelt

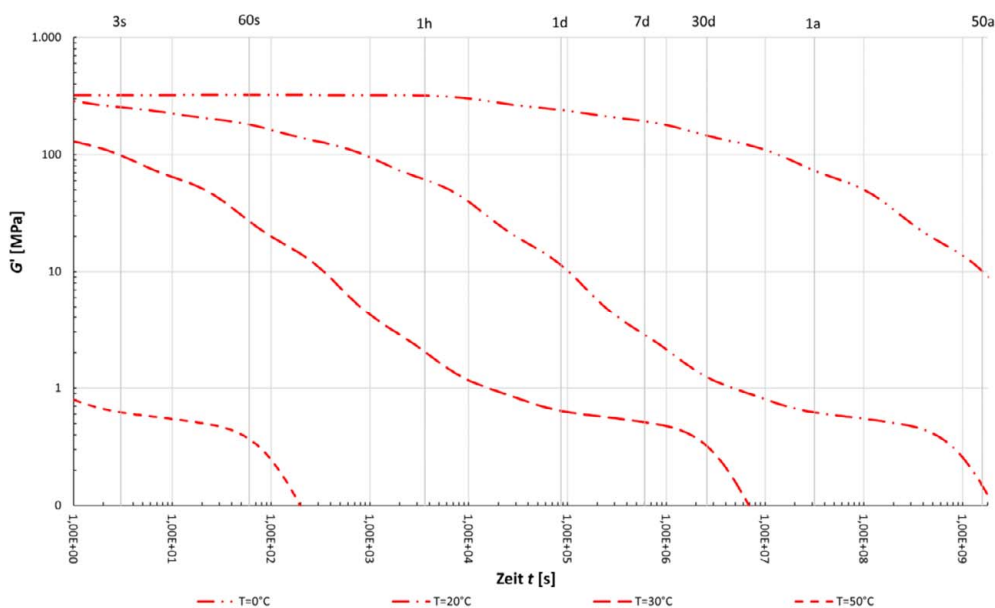


Abb. A 6.1 Schubmodul $G(T,t)$ aus DMTA in Abhängigkeit der Temperatur T und der Lasteinwirkungsdauer t

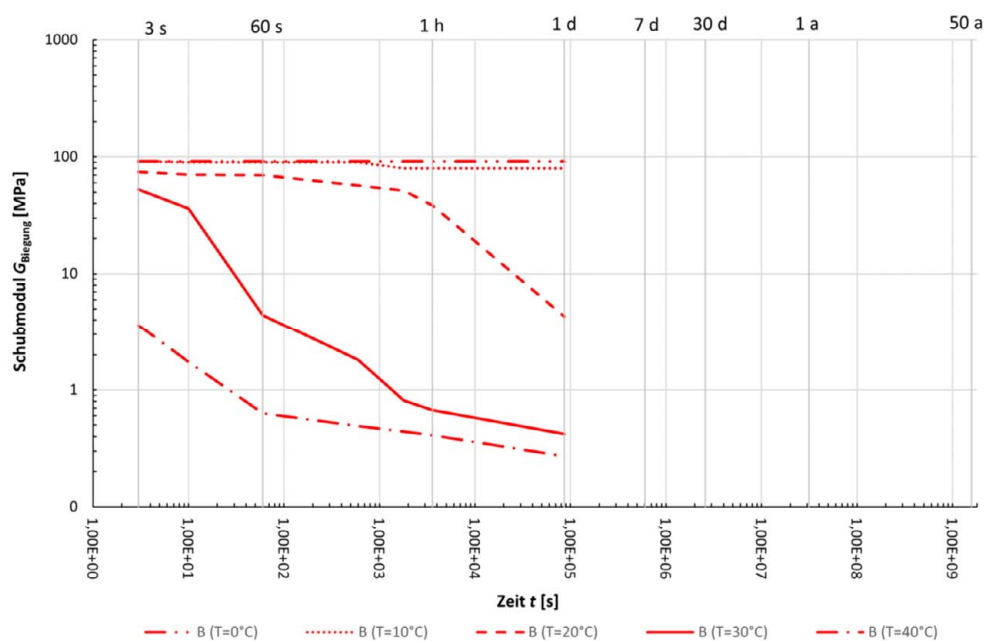


Abb. A 6.2 Schubmodul $G(T,t)$ aus Biegekriechversuche in Abhängigkeit der Temperatur T und der Lasteinwirkungsdauer t

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund

Schubmodul $G(T,t)$

Anlage 6

A 7 Verschiebungsfunktion und Prony-Reihe

Für Einwirkungen, die von Tabelle 1 abweichen und für Berechnungsverfahren, die die visko-elastischen Eigenschaften der Zwischenschicht berücksichtigen können, dürfen die Verschiebungsfunktion nach Gleichung (1) und die Werte der Prony-Parameter nach Tabelle 1 mit Gleichung (2) verwendet werden. Mit der jeweiligen Temperatur und Gleichung (1) wird zunächst der Verschiebungsfaktor a_T berechnet und anschließend mit der Relaxationszeit τ_i in Gleichung (2) multipliziert.

$$\log_{10} a_T(T, T_{ref}) = -4,91956 \cdot 10^{-9} \cdot (T - T_{ref})^5 + 2,85098 \cdot 10^{-7} \cdot (T - T_{ref})^4 + 3,77869 \cdot 10^{-5} \cdot (T - T_{ref})^3 - 9,96994 \cdot 10^{-4} \cdot (T - T_{ref})^2 - 2,41794 \cdot 10^{-1} \cdot (T - T_{ref}) \quad (1)$$

mit:

- $\log_{10} a_T(T, T_{ref})$ = Verschiebungsfunktion für die Berechnung der Masterkurve bei einer Referenztemperatur (T_{ref}) von 20°C
- T = jeweils zu untersuchende Folientemperatur in °C

$$G(t) = G_0 \cdot \left(1 - \sum_{i=1}^n g_i \left(1 - e^{-\frac{t}{\alpha_T(T, T_{ref}) \cdot \tau_i}} \right) \right) \quad (2)$$

mit:

- G (t) = Schubmodul in Abhängigkeit der Zeit t in Nmm⁻²
- G₀ = 322,68 Nmm⁻² initialer Schubmodul
- g_i = dimensionsloser Schubmodul [-] siehe Tabelle 7.1
- τ_i = Relaxationszeit [s] siehe Tabelle 7.1
- t = jeweils zu untersuchende Belastungszeit

Tabelle 7.1: Prony-Parameter für eine Referenztemperatur von 20 °C

Relaxationszeit τ_i [s]	Dimensionsloser Schubmodul g_i [-]
1,0E+09	1,5659E-03
1,0E+08	2,5577E-04
1,0E+07	1,1927E-03
1,0E+06	6,3279E-03
1,0E+05	4,1877E-02
1,0E+04	1,3957E-01
1,0E+03	2,0500E-01
1,0E+02	2,1960E-01
1,0E+01	1,6199E-01
1,0E+00	2,2261E-01

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund

Verschiebungsfunktion und Prony-Reihe

Anlage 7