

# Allgemeine Bauartgenehmigung

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

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

Datum:

07.05.2024

Geschäftszeichen:

I 34-1.70.3-29/24

**Nummer:**

**Z-70.3-277**

**Geltungsdauer**

vom: **7. Mai 2024**

bis: **3. März 2027**

**Antragsteller:**

**EVERLAM BV**

Blokhuisstraat 47J

2800 MECHELEN

BELGIEN

**Gegenstand dieses Bescheides:**

**Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach  
DIN 18008**

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich genehmigt.

Dieser Bescheid umfasst fünf Seiten und acht Anlagen mit elf Seiten.

Diese allgemeine Bauartgenehmigung ersetzt die allgemeine Bauartgenehmigung Nr. Z-70.3-277 vom  
3. März 2022.

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 Genehmigungsgegenstand und Anwendungsbereich

Genehmigungsgegenstand ist die Planung, Bemessung und Ausführung von Verglasungen unter Verwendung von Verbund-Sicherheitsglas (VSG) mit der Polyvinyl-Butyral (PVB)-Folie LAM72T der Fa. Everlam BV.

Der Anwendungsbereich umfasst Verglasungen entsprechend der Normenreihe DIN 18008<sup>1</sup>. Die Verglasungen können mit oder ohne statischen Ansatz des Schubverbundes der VSG-Scheiben ausgeführt werden.

### 2 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung

#### 2.1 Planung

Für die Planung der Verglasungen sind die Technischen Baubestimmungen, insbesondere die Normenreihe DIN 18008<sup>1</sup> sowie die nachfolgenden Bestimmungen zu beachten.

Das VSG muss aus mindestens zwei Ebenen Glasscheiben und der PVB-Folie LAM72T bestehen.

Bei Ausführung der Verglasung unter Verwendung von VSG ohne statischen Ansatz des Schubverbundes müssen Aufbau und Herstellung sowie das Stoß- und Haftverhalten des VSG der Anlage 1 entsprechen. Bei Ausführung der Verglasung unter Verwendung von VSG mit statischem Ansatz des Schubverbundes müssen zusätzlich das Adhäsionsverhalten sowie die Schubmodule der Anlage 2 entsprechen.

Es ist sicherzustellen, dass die Glas- bzw. Zwischenschichtränder nur in Kontakt mit angrenzenden Stoffen stehen, die dauerhaft mit der PVB-Folie LAM72T verträglich sind. Hierzu sind die Angaben der Fa. Everlam BV zu beachten.

#### 2.2 Bemessung

Für die Bemessung der Verglasungen sind die Technischen Baubestimmungen, insbesondere die Normenreihe DIN 18008<sup>1</sup> sowie die nachfolgenden Bestimmungen zu beachten.

Das in DIN 18008-1<sup>2</sup>, 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 PVB-Folie LAM72T 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 18008<sup>1</sup> 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 PVB-Folie LAM72T angesetzt werden.

Als lineare elastische Kenngrößen der LAM72T dürfen bei Einfachverglasungen abhängig von der Belastungsart die in Tabelle 1 enthaltenen Schubmodule und die Querdehnzahl  $\mu = 0,49$  verwendet werden.

<sup>1</sup> DIN 18008  
<sup>2</sup> DIN 18008-1:2020-05

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

Tabelle 1: Kennwerte für Einfachverglasungen

Lastfall		Schubmodul G [N/mm <sup>2</sup> ]	k <sub>VSG</sub> <sup>3</sup>	k <sub>mod</sub>
Fassadenbereich h	Lastfall Wind	9	1	0,7
	Lastfall Holm <sup>4</sup>	1,24 (T=30°C) 0,56 (T=35°C) 0,38 (T≤43°C) 0,0 (T>43°C)	1	0,7
	Lastfall Holm und Wind	9	1	0,7
Innenbereich	Lastfall Wind	9	1	0,7
	Lastfall Holm	1,24 <sup>5</sup>	1	0,7
	Lastfall Holm und Wind	9	1	0,7
	Lastfall Eigengewicht	0	1,1	0,25
Überkopfbereich	<b>Beheizter Bereich<sup>6</sup></b>			
	Lastfall Schnee	0,6	1	0,4
	Lastfall Wind und Schnee	0,6	1	0,7
	<b>Unbeheizter Bereich<sup>7</sup></b>			
	Lastfall Schnee	86	1	0,4
	Lastfall Wind und Schnee	86	1	0,7

Die in Tabelle 1 angegebenen Werte wurden mit einem visko-elastischen Modell für die PVB-Folie LAM72T ermittelt und durch Grenzfallbetrachtungen und Korrelationsanalysen für die Einwirkungen für die praktische Anwendung mit Berechnungsverfahren unter linear-elastischem Ansatz für die Zwischenschicht vereinfacht. Sofern andere Randbedingungen und Einwirkungen als in Tabelle 1 angegeben nachgewiesen werden sollen, kann der jeweilige Schubmodul entsprechend der Vorgehensweise in Anlage 8 nachgewiesen werden. Hierfür ist i.d.R. zusätzlich eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erforderlich.

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

- 1) Es sind Lastfallkombinationen nach DIN EN 1990<sup>8</sup> inklusive der zugehörigen Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten zu bilden.
- 2) Die Hauptzugspannungen im VSG sind für jeden Lastanteil ( $\gamma$ -,  $\psi$ -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 Klimlasten (Temperatur, atmosphärischer Druck, Höhendifferenz) ist nach Abschnitt 7.2 der DIN 18008-1<sup>2</sup> vorzugehen; Grenzfallbetrachtung "ohne Verbund" und "voller Verbund". Der ungünstigere Grenzfall ist maßgebend.

<sup>3</sup> k<sub>VSG</sub> Faktor für Verbund- und Verbund-Sicherheitsglas siehe DIN 18008-1, Abschnitt 8.3.9

<sup>4</sup> Zwischenwerte der aufgeführten Schubmoduln können linear interpoliert werden. Zwischenschichttemperaturen T > 43°C sind nicht abgedeckt.

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> Gültig für eine Belastungsdauer von 30 Tagen und bei einer Temperatur von 23°C

<sup>7</sup> Gültig für eine Belastungsdauer von 30 Tagen und bei einer Temperatur von 0°C

<sup>8</sup> DIN EN 1990 Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

- 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 18008-1<sup>2</sup> für die maßgebende Lastfallkombination unter Berücksichtigung der  $k_{\text{mod}}$ - und  $k_{\text{VSG}}$ -Beiwerte nach Tabelle 1 zu führen.

### 2.3 Ausführung

Für die Ausführung der Verglasungen sind die Technischen Baubestimmungen, insbesondere die Normenreihe DIN 18008<sup>1</sup> 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  
Stöhr

### A 1.1 Aufbau und Herstellung des VSG

- Die Glasscheiben bestehen aus folgenden Glaserzeugnissen:
  - Floatglas (Kalk-Natronsilicatglas) nach DIN EN 572-2<sup>1</sup>,
  - ESG nach DIN EN 12150-1<sup>2</sup> mit einem Bruchbild gemäß A 1.3,
  - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas nach DIN EN 14179-1<sup>3</sup> bzw. nach DIN 18008-2, Abschnitt 4.3, 3. Spiegelstrich mit einem Bruchbild gemäß A 1.3,
  - TVG nach DIN EN 1863-1<sup>4</sup> mit einem Bruchbild gemäß A 1.3,
  - beschichtetes Glas nach DIN EN 1096-1<sup>5</sup> - mit Beschichtungen, die sich hinsichtlich Absorption und daraus resultierender Zwischenschichttemperatur nicht ungünstiger verhalten als Glas mit schwarzer Emaillierung,
  - Ornamentglas nach DIN EN 572-5<sup>6</sup> - 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 1863-1<sup>4</sup> und ESG nach DIN EN 12150-1<sup>2</sup>.
- Die Nenndicke der PVB-Folie LAM72T beträgt 0,76 mm, 1,52 mm bzw. 2,28 mm. Die technischen Daten sind beim DIBt hinterlegt, Stand: 01/2022.
- Die PVB-Folie LAM72T hat folgende nach DIN EN ISO 527-3<sup>7</sup> (Prüfgeschwindigkeit: 50 mm/min, Prüftemperatur: 23 °C) ermittelten Eigenschaften:  
 Reißfestigkeit: 34 N/mm<sup>2</sup>; Bruchdehnung: 135 %
- Die Folienfeuchte beträgt ≤ 0,6 %, gemessen nach **Anlage 7**.
- Bei Herstellung des VSG aus beschichteten Glaserzeugnissen (außer emaillierte Glaserzeugnisse) erfolgt die Laminierung der Glasscheiben mit der PVB-Folie LAM72T nur auf der unbeschichteten Glasoberfläche
- Die Herstellung des VSG erfolgt im Verbundverfahren.

### A 1.2 Leistungswerte

- Stoßverhalten geprüft nach DIN EN 12600<sup>8</sup> (4mm Float/0,76mm PVB-Folie LAM72T/4mm Float): 1(B)1.
- Stoßverhalten geprüft nach DIN EN 356<sup>9</sup> (4mm Float/0,76mm PVB-Folie LAM72T/4mm Float): P1A.
- Stoßverhalten im Kugelfallversuch geprüft nach DIN 52338<sup>10</sup>: kein Durchschlagen der Kugel bei einer Abwurfhöhe ≥ 4 m
- Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test) geprüft nach **Anlage 3**: Pummelwert ≥ 3

### A 1.3 Bruchbild

Glasprodukte nach EN 12150-2<sup>11</sup> und EN 14179-2<sup>12</sup> müssen das in DIN EN 12150-1<sup>2</sup> für Testscheiben definierte Bruchbild für jede hergestellte Bauteilgröße aufweisen.

Glasprodukte nach EN 1863-2<sup>13</sup> müssen ab einer Bauteilgröße von 1000 mm x 1500 mm ein Bruchbild aufweisen, bei dem der Flächenanteil an Bruchstücken unkritischer Größe mehr als vier Fünftel der Gesamtfläche beträgt. Die Prüfung des Bruchbilds ist dabei in Anlehnung an DIN EN 1863-1<sup>4</sup>, Abschnitt 8 durchzuführen. Als Bruchstücke unkritischer Größe dürfen alle Bruchstücke betrachtet werden, denen ein Kreis von 120 mm Durchmesser einbeschrieben werden kann.

<sup>1</sup> DIN EN 572-2:2012-11	Glas im Bauwesen - Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas - Teil 2: Floatglas
<sup>2</sup> DIN EN 12150-1: 2019-08	Glas im Bauwesen - Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas – Teil 1: Definition und Beschreibung
<sup>3</sup> DIN EN 14179-1: 2016-12	Glas im Bauwesen - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas – Teil 1: Definition und Beschreibung
<sup>4</sup> DIN EN 1863-1: 2012-02	Glas im Bauwesen - Teilvorgespanntes Kalknatronglas - Teil 1: Definition und Beschreibung
<sup>5</sup> DIN EN 1096-1:2012-04	Glas im Bauwesen - Beschichtetes Glas - Teil 1: Definitionen und Klasseneinteilung
<sup>6</sup> DIN EN 572-5:2012-11	Glas im Bauwesen – Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas – Teil 5: Ornamentglas
<sup>7</sup> DIN EN ISO 527-3:2003-07	Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften - Teil 3: Prüfbedingungen für Folien und Tafeln
<sup>8</sup> DIN EN 12600:2003-04	Glas im Bauwesen - Pendelschlagversuch, Verfahren für die Stoßprüfung und Klassifizierung von Flachglas
<sup>9</sup> DIN EN 356:2000-02	Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung, Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstandes gegen manuellen Angriff
<sup>10</sup> DIN 52338:2016-10	Prüfverfahren für Flachglas im Bauwesen; Kugelfallversuch für Verbundglas
<sup>11</sup> In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 12150-2:2005-01.	
<sup>12</sup> In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 14179-2:2005-08.	
<sup>13</sup> In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 1863-2:2005-01.	

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach DIN 18008

Aufbau und Herstellung des VSG, Leistungswerte

Anlage 1

### A 2.1 Aufbau und Herstellung des VSG mit Schubverbund

- Die Glasscheiben bestehen aus folgenden Glaserzeugnissen:
  - Floatglas (Kalk-Natronsilicatglas) nach DIN EN 572-2<sup>1</sup>,
  - ESG nach DIN EN 12150-1<sup>2</sup> mit einem Bruchbild gemäß A 1.3,
  - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas nach DIN EN 14179-1<sup>3</sup> bzw. nach DIN 18008-2, Abschnitt 4.3, 3. Spiegelstrich mit einem Bruchbild gemäß A 1.3,
  - TVG nach DIN EN 1863-1<sup>4</sup> mit einem Bruchbild gemäß A 1.3,
  - beschichtetes Glas nach DIN EN 1096-1<sup>5</sup> - mit Beschichtungen, die sich hinsichtlich Absorption und daraus resultierender Zwischenschichttemperatur nicht ungünstiger verhalten als Glas mit schwarzer Emaillierung,
  - Ornamentglas nach DIN EN 572-5<sup>6</sup> - mit Einhaltung der Grenzwerte der Geradheit (lokale und globale Verwerfung) der Zwischenschicht zugewandten Seite bei thermisch nicht vorgespanntem Ornamentglas für TVG nach DIN EN 1863-1<sup>4</sup> und ESG nach DIN EN 12150-1<sup>2</sup>.
- Die Nenndicke der PVB-Folie LAM72T beträgt 0,76 mm, 1,52 mm bzw. 2,28 mm. Die technischen Daten sind beim DIBt hinterlegt, Stand: 01/2022.
- Die PVB-Folie LAM72T hat folgende nach DIN EN ISO 527-3<sup>7</sup> (Prüfgeschwindigkeit: 50 mm/min, Prüftemperatur: 23 °C) ermittelten Eigenschaften:  
 Reißfestigkeit: 34 N/mm<sup>2</sup>; Bruchdehnung: 135 %
- Die Folienfeuchte beträgt ≤ 0,6 %, gemessen nach **Anlage 7**.
- Bei Herstellung des VSG aus beschichteten Glaserzeugnissen (außer emaillierte Glaserzeugnisse) erfolgt die Laminierung der Glasscheiben mit der PVB-Folie LAM72T nur auf der unbeschichteten Glasoberfläche
- Die Herstellung des VSG erfolgt im Verbundverfahren.

### A 2.2 Leistungswerte

- Stoßverhalten geprüft nach DIN EN 12600<sup>8</sup> (4mm Float/0,76mm PVB-Folie LAM72T/4mm Float): 1(B)1.
- Stoßverhalten geprüft nach DIN EN 356<sup>9</sup> (4mm Float/0,76mm PVB-Folie LAM72T/4mm Float): P1A.
- Stoßverhalten im Kugelfallversuch geprüft nach DIN 52338<sup>10</sup>: kein Durchschlagen der Kugel bei einer Abwurfhöhe ≥ 4 m
- Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test) geprüft nach **Anlage 3**: Pummelwert ≥ 3
- Adhäsionsverhalten geprüft nach **Anlage 4**: Mittelwert Scherfestigkeit  $\sigma \geq 20$  N/mm<sup>2</sup>
- Schubmodulwerte geprüft nach **Anlagen 5.1 bis 5.3**: siehe **Anlage**

### A 2.3 Bruchbild

Glasprodukte nach EN 12150-2<sup>11</sup> und EN 14179-2<sup>12</sup> müssen das in DIN EN 12150-1<sup>2</sup> für Testscheiben definierte Bruchbild für jede hergestellte Bauteilgröße aufweisen.

Glasprodukte nach EN 1863-2<sup>13</sup> müssen ab einer Bauteilgröße von 1000 mm x 1500 mm ein Bruchbild aufweisen, bei dem der Flächenanteil an Bruchstücken unkritischer Größe mehr als vier Fünftel der Gesamtfläche beträgt. Die Prüfung des Bruchbilds ist dabei in Anlehnung an DIN EN 1863-1<sup>4</sup>, Abschnitt 8 durchzuführen. Als Bruchstücke unkritischer Größe dürfen alle Bruchstücke betrachtet werden, denen ein Kreis von 120 mm Durchmesser einbeschrieben werden kann.

- |  |   |
|--|---|
| <sup>1</sup> DIN EN 572-2:2012-11<br><sup>2</sup> DIN EN 12150-1: 2019-08<br><sup>3</sup> DIN EN 14179-1: 2016-12<br><sup>4</sup> DIN EN 1863-1: 2012-02<br><sup>5</sup> DIN EN 1096-1:2012-04<br><sup>6</sup> DIN EN 572-5:2012-11<br><sup>7</sup> DIN EN ISO 527-3:2003-07<br><sup>8</sup> DIN EN 12600:2003-04<br><sup>9</sup> DIN EN 356:2000-02<br><sup>10</sup> DIN 52338:2016-10<br><sup>11</sup> In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 12150-2:2005-01.<br><sup>12</sup> In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 14179-2:2005-08.<br><sup>13</sup> In Deutschland umgesetzt durch DIN EN 1863-2:2005-01. | Glas im Bauwesen - Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas - Teil 2: Floatglas<br>Glas im Bauwesen - Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas – Teil 1: Definition und Beschreibung<br>Glas im Bauwesen - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas – Teil 1: Definition und Beschreibung<br>Glas im Bauwesen - Teilvorgespanntes Kalknatronglas - Teil 1: Definition und Beschreibung<br>Glas im Bauwesen - Beschichtetes Glas - Teil 1: Definitionen und Klasseneinteilung<br>Glas im Bauwesen – Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas – Teil 5: Ornamentglas<br>Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften - Teil 3: Prüfbedingungen für Folien und Tafeln<br>Glas im Bauwesen - Pendelschlagversuch, Verfahren für die Stoßprüfung und Klassifizierung von Flachglas<br>Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderversglasung, Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstandes gegen manuellen Angriff<br>Prüfverfahren für Flachglas im Bauwesen; Kugelfallversuch für Verbundglas |
|--|---|

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach DIN 18008	Anlage 2
Aufbau und Herstellung des VSG mit Schubverbund, Leistungswerte	

### A 3 Prüfanleitung Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test)

#### A 3.1 Allgemeines

- Die Probekörper werden gemäß den Vorgaben der Fa. Everlam BV hergestellt.
- Die typische Abmessung der Probekörper beträgt 100 mm x 300 mm.
- Die Probekörper haben folgenden Aufbau: 3 mm Float / 0,76 mm LAM72T / 3 mm Float oder 4 mm Float / 0,76 mm LAM72T / 4 mm Float.
- Anzahl der Probekörper: mind. 10 zur Ermittlung der Leistungswerte; mind. 5 für WPK.

#### A 3.2 Prüfdurchführung

- Vor Prüfdurchführung wird der Probekörper mindestens 30 Minuten bei Raumtemperatur (20°C - 23°C) konditioniert.
- Der Probekörper wird in einem Winkel von 0° auf einen Amboss geschlagen.
- 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 1,25 cm), um das Glas in pulverisierte Partikel zu zerbrechen.
- Zwischen den Reihen wird ein Abstand von 2 cm eingehalten.
- Die geprüfte Fläche sollte mindestens 100 mm x 100 mm groß sein.
- 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.

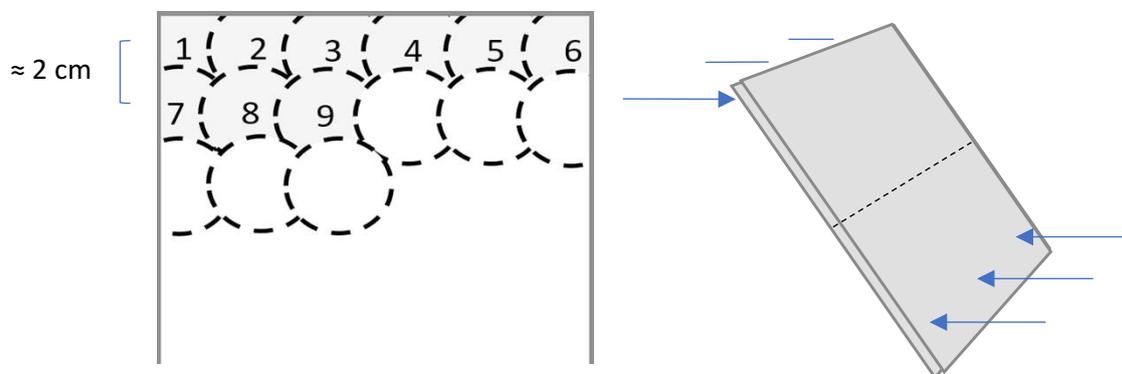


Abb. A 3.1: Prüfdurchführung

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach DIN 18008

Prüfanleitung Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test)

Anlage 3.1

### A 3.3 Auswertung

- Die Proben werden sorgfältig mit den Referenzproben verglichen und der Haftungsgrad (2 bis 9) durch Vergleich der Proben mit den Referenzproben (Abb. A 3.2) bestimmt.
- Ein Pummelwert von 2 entspricht geringer Haftung, ein Pummelwert von 9 entspricht einer sehr hohen Haftung.

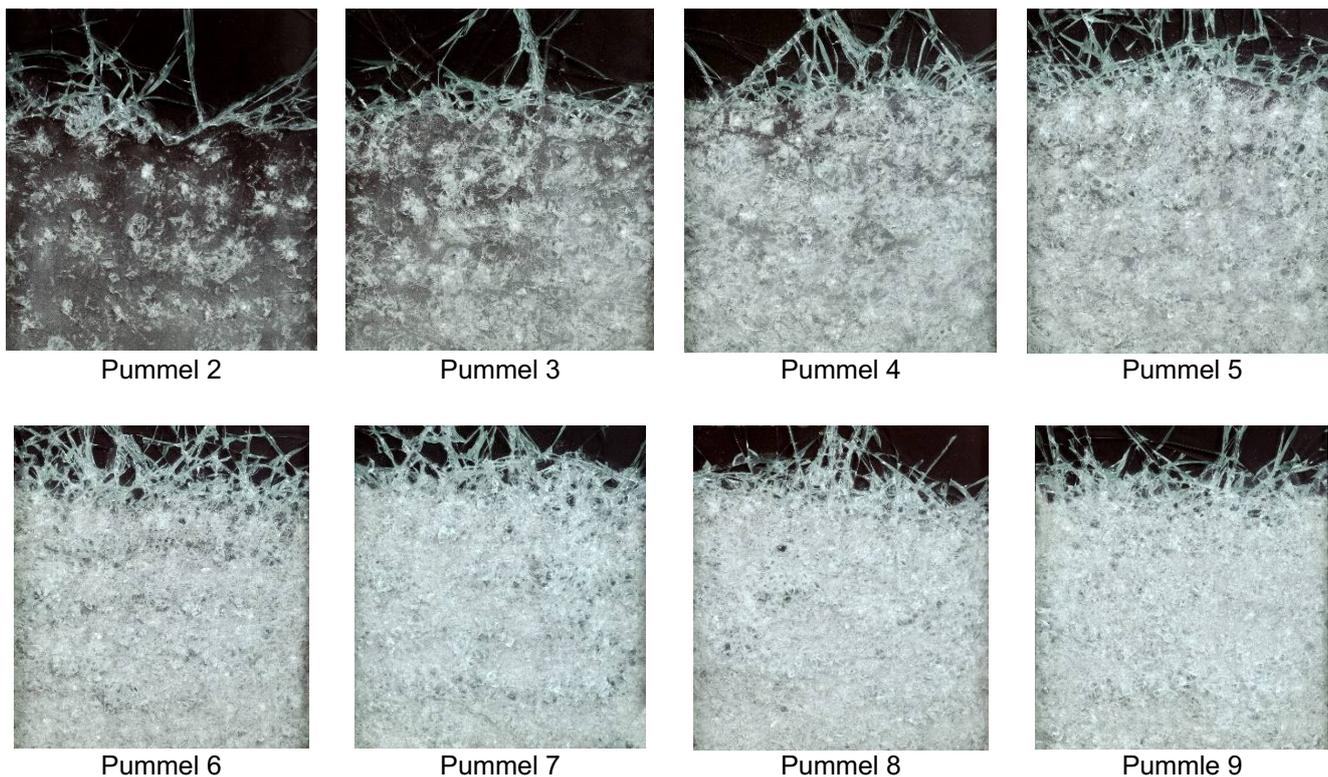


Abb. A 3.2: Referenz-Pummelbilder

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung  
nach DIN 18008

Prüfanleitung Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test)

Anlage 3.2

#### A 4 Prüfanleitung Kompressionsschertest

##### A 4.1 Allgemeines

- Das VSG wird gemäß den Vorgaben der Fa. Everlam BV hergestellt.
- Typischer Aufbau der Probekörper: 3 mm Float / 0,76 mm LAM72T / 3 mm Float oder 4 mm Float / 0,76 mm LAM72T / 4 mm Float.
- Aus einem VSG-Laminat werden quadratische (planparallel mit glatten Kanten) Prüflinge mit einer Kantenlänge von 2,54 cm (bzw. Scheibe mit Ø 2,54 cm) mittels eines geeigneten Glasschneiders herausgeschnitten.
- Die entnommenen Prüflinge werden bei Normklima (21°C – 23°C / 30 % rH (+/- 5%)) gelagert.
- Die Kanten der Probekörper sollen keine Ausmuschelungen zeigen. Das Glas darf nicht gebrochen sein und es darf keine Delamination am Rand der Probe sichtbar sein.
- Als Prüfgerät wird eine Zugprüfmaschine benutzt, in die die Probenhalterung eingesetzt wird (Abb. A 4). Die Halterung besteht aus zwei Backen, deren Fläche unter einem Winkel von 45° gegeneinander stehen. Die Probe wird in die Aussparung der unteren Backen eingesetzt, die auf einem horizontal beweglichen Wagen angebracht sind. Der obere Backen ist fest in den beweglichen Teil der Prüfmaschine eingespannt.
- Anzahl der Probekörper: mind. 10 zur Ermittlung der Leistungswerte; mind. 5 für WPK.

##### A 4.2 Prüfdurchführung

- Vor dem Einsetzen einer Probe werden die beiden Backen bis zum Anschlag zusammengefahren und so eingestellt, dass die Kanten parallel zueinander sind.
- Nach dem Einsetzen der Probe werden die beiden Backen mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 2,54 mm / min. zusammengeschoben bis eine Glasseite von der Folie gesichert ist.
- Prüfbedingung: Temperatur 21°C - 23°C (Raumtemperatur); Luftfeuchtigkeit: 30 % rH (+/- 5 %)
- An der Anzeige der Prüfmaschine wird als Scherkraft die maximale Kraft  $F_s$ , die zur Trennung des VSG notwendig ist, abgelesen.
- Bei verstärktem Glasbruch ist die Position der Probe zu überprüfen und der Schertest zu wiederholen.

##### A 4.3 Auswertung

- Aus den im Versuch ermittelten Scherkräften  $F_s$  werden unter Einbeziehung der Probekörper-geometrie die Scherfestigkeiten  $\sigma$  ermittelt und statistisch ausgewertet (Mittelwert).



Abb. A 4: Prüfeinrichtung

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach DIN 18008	Anlage 4
Prüfanleitung Kompressionsschertest	

## A 5 Prüfanleitung Ermittlung der Schubmodulwerte $G(t,T)$

### 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 16613<sup>1</sup> bzw. der Normenreihe ISO 6721<sup>2</sup> 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. 2d trocken (z.B. Steiner Chemie Trocknungspelerl), Raumtemperatur	
Messsystem	Platte-Platte-System	
Probengeometrie	Kreis: $\varnothing$ 8 mm, d=0,76 mm	
Kontaktnormalkraft	0,1 [N] (Druck)	
Anzahl an Proben	3	
	Amplituden-Messung	Temperatur-Frequenz-Messung
Temperatur	-20°C; +40 °C; +100°C	[100°C bis -20°C], Abkühlung 5°C-Schritte
Frequenzen	0,1Hz; 1Hz; 10Hz	[0,1Hz bis 10Hz]
Verzerrungsamplitude	[0,01 % bis 0,25 %] bei -20°C sonst [0,01 bis 0,1] %	0,1 % bei T [100°C bis +40°C]; 0,025 % bei T [40°C bis -25°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.

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

<sup>2</sup> ISO 6721 Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach DIN 18008

Prüfanleitung DMTA und Biegekriechversuche

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 IG\*I als Funktion von Frequenz und Temperatur,
- Verlustfaktor tan δ= G''/G' als Funktion von Frequenz und Temperatur.

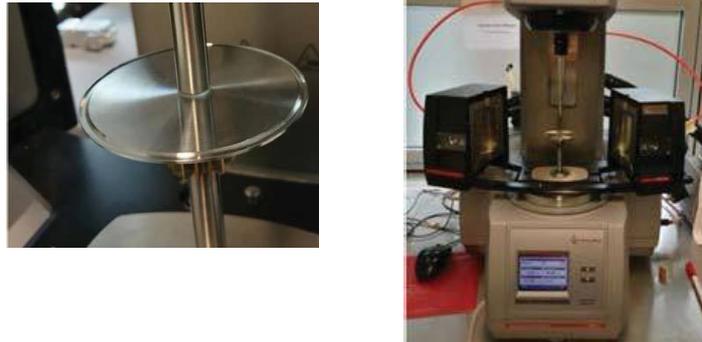


Abb. A 5.1: Versuchsaufbau, Rheometer

A 5.2.3 Analyse und Auswertung

So lange Speichermodul, Verlustmodul und komplexer Modul aus der Amplituden-Messung unabhängig von der aufgetragenen Verzerrungsamplitude oder Spannungsamplitude sind, 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<sub>ref</sub> = 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

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

bestimmt, mit der man die Schubmodulwerte G(t,T) erhält, s. **Anlage 6**, Abb. A 6.1.

**A 5.3 Prüfanleitung Biegekrechversuche**

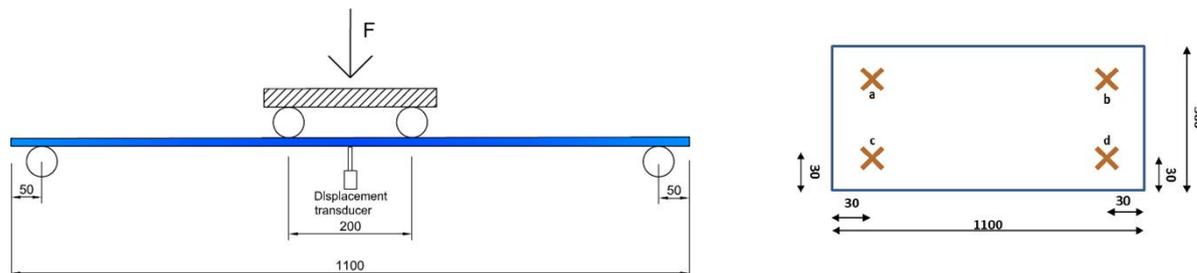
**A 5.3.1 Allgemeines**

- Das VSG wird gemäß den Vorgaben der Fa. Everlam BV hergestellt.
- Aufbau: 6 mm Floatglas / 0,76 mm LAM72T / 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 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 EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach DIN 18008

Prüfanleitung DMTA und Biegekrechversuche

Anlage 5.2



**Abb. A 5.2:** Biege- und Kriechversuch und Messpunkte

### A 5.3.2 Prüfdurchführung

- Durchführung in Anlehnung an DIN EN 16613<sup>1</sup>, Anhang 3 bzw. DIN EN 1288-3<sup>2</sup>.
- 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 von 250 N quasi-statisch.
- Messung bei 0°C, 23°C und 50°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.

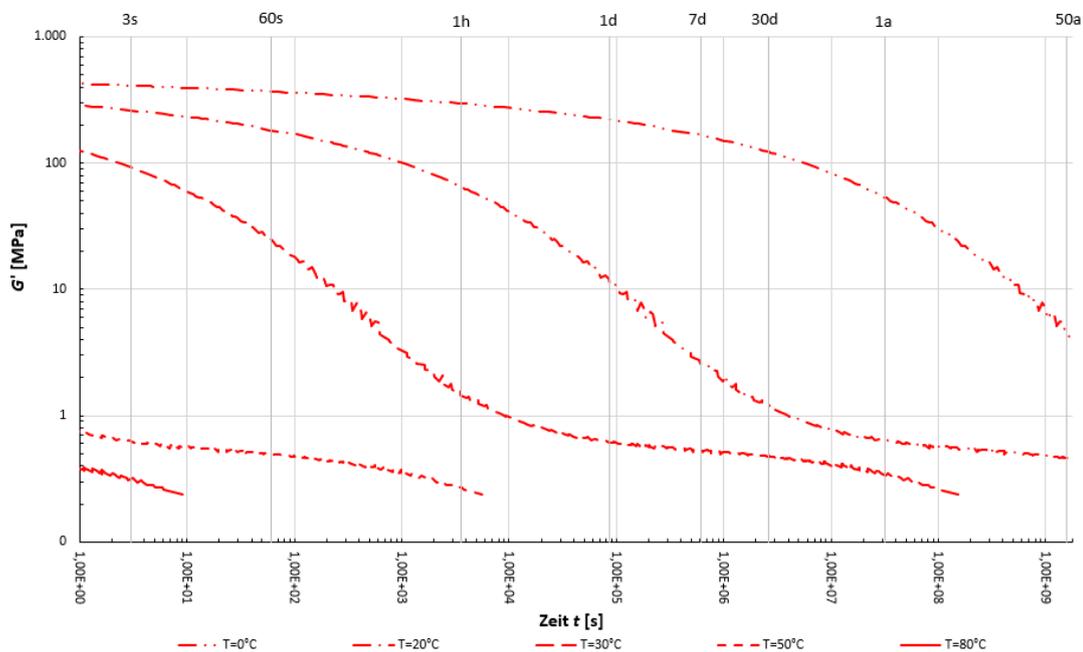
<sup>1</sup> DIN EN 16613:2020-01 Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbundsicherheitsglas – Bestimmung der viskoelastischen Eigenschaften von Zwischenschichten  
<sup>2</sup> DIN EN 1288-3:2000-09 Glas im Bauwesen - Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas, Teil 3: Prüfung von Proben bei zweiseitiger Auflagerung

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach DIN 18008

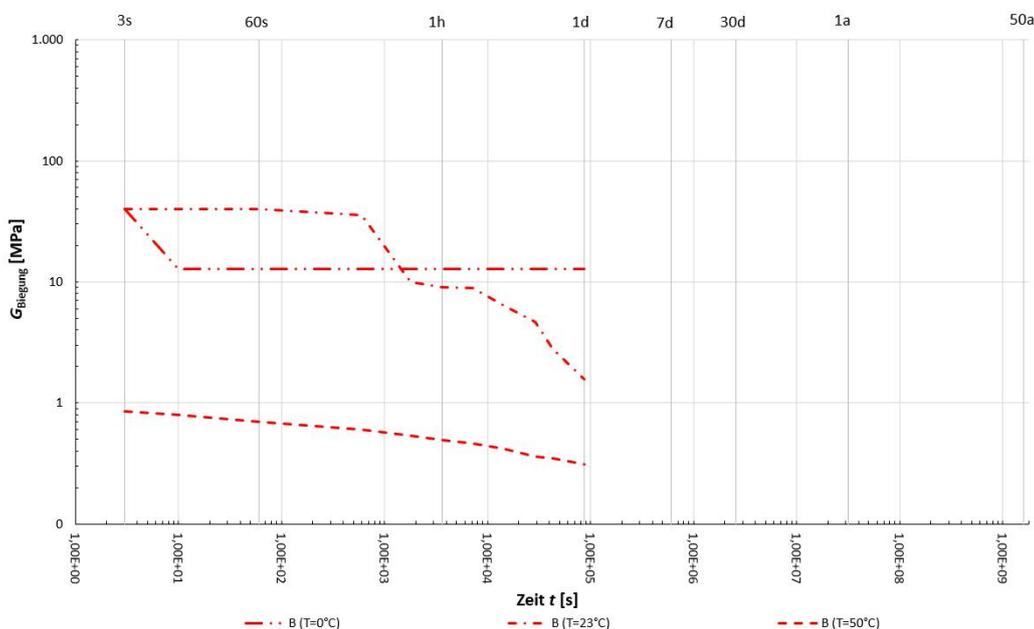
Prüfanleitung DMTA und Biege- und Kriechversuche

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 Biegekriechversuchen in Abhängigkeit der Temperatur  $T$  und der Lasteinwirkungsdauer  $t$

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach DIN 18008

Schubmodul  $G(t,T)$

Anlage 6

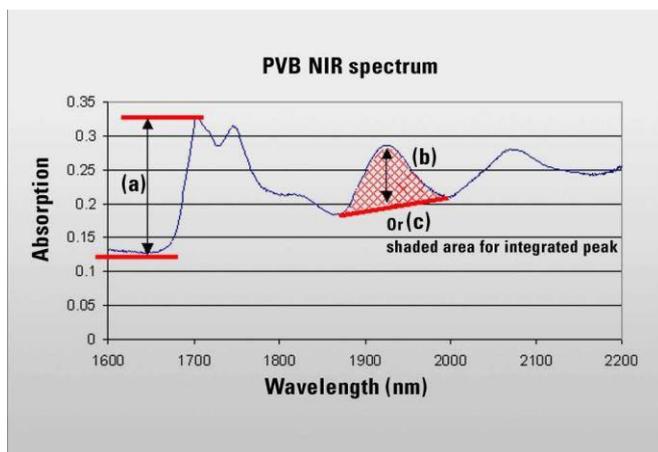
## A 7 Prinzip der Feuchtemessung mittels NIR-Spektroskopie

### A 7.1 Allgemeines

Die Haftfähigkeit von PVB-Folie zur Glasoberfläche wird signifikant von der Folienfeuchte bestimmt. Mit der Messung im IR Spektrum kann die Folienfeuchte im Laminat bestimmt werden. Die Absorptionsbanden von Wasser können zur relativen Bestimmung des Feuchtegehalts einer PVB- Folie genutzt werden. Dabei kann aus dem Absorptionsverhalten auf den Feuchteanteil geschlossen werden. Die Methode ist anwendbar für PVB-Laminat hergestellt mit Standard-Float-Glas und vorgespanntem Glas. Ein Einfluss von stark eingefärbten Gläsern oder Glasbeschichtungen auf die Messung kann nicht ausgeschlossen werden.

### A 7.2 Prüfdurchführung und Auswertung

- Der Feuchtegehalt der PVB-Zwischenschicht in einem Glas-Glas Laminat kann mittels eines FTIR-Spektrometers bestimmt werden. Das Transmissions- bzw. Absorptions-Spektrum wird zwischen 1600 nm und 2200 nm bestimmt. Hierbei kann das Verhältnis zwischen der Höhe der Feuchtebande (b) und der CH-Bande (a) berechnet werden. Das Verhältnis stellt die relative Feuchte dar.
- Die Höhe des Feuchtebandes wird aus dem Maximum der Feuchte-Bande und der Basislinie, die sich aus den beiden Minima im Spektrum zwischen 1880 nm bis 1990 nm bildet, bestimmt.
- Das Verhältnis zwischen der Höhe der Feuchte-Bande (b) und der Höhe der CH-Bande (a) bestimmt das Verhältnis  $R = b / a$ . R ist dabei proportional zur absoluten Folienfeuchte.
- Laminat mit bekannter Feuchte, die mittels Karl-Fischer Titration bestimmt wurde, werden als Standards eingesetzt. Mittels linearer Regression kann eine Kalibrierkurve mit Hilfe der Feuchtestandards erstellt werden (Folienfeuchte als Funktion des Verhältnisfaktors R). Die hier beschriebene Methode wird als "Peak-Intensity-Method" beschrieben.
- Nach erfolgreicher Kalibrierung kann die Folienfeuchte von Glas-Glas Laminaten bestimmt werden.
- Die Messung erfolgt grundsätzlich senkrecht zur Glasoberfläche. Datenintervall/Auflösung: 2 nm



(a): Höhe der CH-Bande:  
 Differenz zwischen minimaler Absorption bei 1650 nm und maximaler Absorption bei 1700 nm

(b): Höhe der Feuchte-Bande:  
 Differenz zwischen der Basislinie aus den Minima zwischen 1880 und 1990 nm und der maximalen Absorption.

Abb. A 7: Absorption von PVB im NIR-Spektrum zwischen 1600 nm und 2200 nm [1]

[1] Jane Kapur, Kristof Proost, C. Anthony Smith - (E.I. DuPont de Nemours & Co, Inc.) "Determination of Moisture Ingress Through various Encapsulants in Glass/Glass Laminates" Published in: 2009 34th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach DIN 18008

Prinzip der Feuchtemessung mittels NIR-Spektroskopie

Anlage 7

### A 8 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 (G 8.1) und die Werte der Prony-Parameter nach Tabelle T 8.1 mit Gleichung (G 8.2) verwendet werden. Mit der jeweiligen Temperatur und Gleichung (G 8.2) wird zunächst der Verschiebungsfaktor  $a_T$  berechnet und anschließend mit der Relaxationszeit  $\tau_i$  in Gleichung (G 8.1) multipliziert.

Temperaturbereich -20°C bis 100°C.

$$G(t) = G_0 \cdot \left( 1 - \sum_{i=1}^n g_i \left( 1 - e^{-\frac{t}{a_T(T, T_{ref}) \cdot \tau_i}} \right) \right) \quad (G 8.1)$$

$$\begin{aligned} \log_{10} a_T(T, T_{ref}) = & 1,21041 \cdot 10^{-10} \cdot (T - T_{ref})^6 - 1,91709 \cdot 10^{-8} \cdot (T - T_{ref})^5 \\ & + 2,78903 \cdot 10^{-7} \cdot (T - T_{ref})^4 + 7,29756 \cdot 10^{-5} \cdot (T - T_{ref})^3 \\ & - 1,22302 \cdot 10^{-3} \cdot (T - T_{ref})^2 - 2,49337 \cdot 10^{-1} \cdot (T - T_{ref}) \end{aligned} \quad (G 8.2)$$

mit:

$$T_{ref} = 23^\circ\text{C}$$

$\log_{10} a_T(T, T_{ref})$ : Verschiebungsfunktion für die Berechnung der Masterkurve bei einer Referenztemperatur von 23 °C

$T$ : jeweils zu untersuchende Folientemperatur in [°C]

$G(t)$ : Schubmodul in Abhängigkeit der Zeit  $t$  in [Nmm<sup>-2</sup>]

$G_0$ : initialer Schubmodul (174 Nmm<sup>-2</sup>)

$g_i$ : dimensionsloser Schubmodul [-] siehe Tabelle T 8.1

$\tau_i$ : Relaxationszeit [s] siehe Tabelle T 8.1

$t$ : jeweils zu untersuchende Belastungszeit

Tabelle T 8.1: Prony-Parameter für eine Referenztemperatur von  $T_{ref} = 23^\circ\text{C}$

Relaxationszeit $\tau_i$ [s]	Dimensionsloser Schubmodul $g_i$ [-]
1,00E+10	1.7396E-03
1,00E+09	6,0733E-04
1,00E+08	4,2177E-04
1,00E+07	6,0523E-04
1,00E+06	2,3851E-03
1,00E+05	1,5956E-02
1,00E+04	1,0417E-01
1,00E+03	2,8666E-01
1,00E+02	2,9377E-01
1,00E+01	2,9369E-01

Verglasungen aus Verbund-Sicherheitsglas mit EVERLAM LAM72T für die Anwendung nach DIN 18008

Verschiebungsfunktion und Prony-Reihe

Anlage 8