

**Verwendungshinweise von
gegossenem PMMA in Bauteilen und
Spezifikation für Aquarien und
Schwimmbadverglasungen
Stand 9/2019**

::: biacryl :::

ZI de la glacière 1
CH - 2126 Verrières

info@biacryl.com

INHALT

▲ 1. Einführung	3
▲ 2. Nutzungsdauer	3
▲ 3. Dimensionierung	4
▲ 4. Materialeigenschaften	5
▲ 5. Alterung	6
▲ 6. Versagen	6
▲ 7. Prüfung und Instandhaltung	7

1. EINFÜHRUNG

Bauteile aus gegossenem PMMA als Einsichtscheiben haben grundlegend andere Eigenschaften als Glas. Insbesondere ist die Lichtdurchlässigkeit und damit die wahrgenommene Transparenz deutlich grösser. Durch Verkleben und Formen lassen sich sehr grosse Elemente mit komplexen Geometrien realisieren.

Dabei können Materialstärken zum Einsatz kommen, die es zulassen, höhere Belastungen aufzunehmen als dies mit Verglasungen möglich wäre.

Gegenüber dem Werkstoff Glas sind neben der geringeren Oberflächenhärte vor allem die Empfindlichkeit gegenüber Lösungsmitteln und höhere Temperaturexpansion zu berücksichtigen.

2. NUTZUNGSDAUER

Bauteile aus gegossenem PMMA unterliegen einer Alterung durch Zersetzung der Polymerketten in Radikale durch UV-Licht sowie Austausch der Restmonomermoleküle mit Wasser bzw. Wassereinlagerung. Auch häufige Temperaturwechsel führen zu einer Reduzierung der mechanischen Belastbarkeit.

Einsichtscheiben sollen so konzipiert sein, dass eine Nutzungsdauer von 25 Jahren und mehr möglich ist.

Um die angestrebte Lebenserwartung überhaupt erreichen zu können ist der Einsatz eines qualitativ hochwertigen gegossenen hochmolekularen Acrylglases, UV-stabilisiert, mit geringen Eigenspannungen und geringem Restmonomergehalt notwendig.

3. DIMENSIONIERUNG

Für eine korrekte Dimensionierung der Bauteile und Auflager müssen die Geometrie und die jeweiligen Einbau- und Betriebsbedingungen im Vorfeld bekannt sein und festgelegt werden.

Notwendig ist ein statischer Nachweis der Spannungen im Element bei der gewählten Dicke mit typischen Maximalwerten von:

- wasserseitig $< 3 \text{ N/mm}^2$, luftseitig $< 5 \text{ N/mm}^2$
- zulässige Durchbiegung nach Definition des AG, typischerweise $< L/300$
- Wärmeausdehnungskoeffizient $6,9 \times 10^{-5} /\text{K}$

4. MATERIALEIGENSCHAFTEN

Mindestanforderungen gegossenes Acrylglas im Neuzustand angelehnt an DIN EN ISO 7823 - 1 Auszug

- Zugfestigkeit nach DIN EN ISO 527-2 > 70 N/mm²
- Zugdehnung DIN EN ISO 527-2 > 4 %
- Elastizitätsmodul bei Zug > 3000 N/mm²

- Charpy-Schlagzähigkeit (ungekerbt) nach DIN EN ISO >13

- Vicaterweichungstemperatur ISO 306 > 105 grad
- Totaler Lichttransmissionsgrad DIN 13468-2 > 90%
- Biegefestigkeit ISO 178 > 100 N/mm²

- Rockwellhärte ISO 2039-2 >100
- Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient ISO 11359-2: $6,9 \times 10^{-5} /K$

- Trübung DIN 14782 1
- Wasseraufnahme ISO 62, 24 h < 0,5%

- Feuerwiderstand B2 normalentflammbar

Zusätzliche Anforderungen Materialeigenschaften bei angestrebter Gebrauchsdauer beim Einsatz in Aquarien und Schwimmbädern

- Zugfestigkeit Klebenähte ungealtert > 60N/mm²,
- E-Modul Klebenähte ungealtert > 2500 N/mm²

- Restmonomergehalt bei Platten < 1,5%
- Restmonomergehalt bei Klebenähten < 4%
- Transmissionsgrad DIN 13468-2 > 94%

- Vicaterweichungstemperatur ISO 306 > 115 grad
- Rockwellhärte ISO 2039-2 >160

- Wasseraufnahme nach 12 Wochen bei 60°C < 1%

Anforderungen an die optische Güte

- Vergilbung Bewitterung nach DIN 11341 1/1 2000 h Xenon Test

- Veränderung Glanz < 5 %
- Farbveränderung Delta E*AB < 3%

- Verzerrungsfreiheit ASTM 702 -3
- Abrasionskoeffizient DIN EN ISO 17025, 200000 cycles < 0,5%

5. ALTERUNG

Acrylglas altert durch Zersetzung der Polymerketten in Radikale durch UV-Licht sowie Austausch der Restmonomermoleküle mit Wasser bzw. Wassereinlagerung. Häufige Temperaturwechsel führen zu einem Anstieg von Eigenspannungen und der Ausbreitung von Mikrorissen im Material.

Diese Effekte reduzieren die Festigkeit.

Spannungsrisse, ausgelöst durch Rissmittel, sind ein Anzeichen für die Alterung.

6. VERSAGEN

Das plötzliche Versagen von Verglasungen kann bei plötzlichen aussergewöhnlichen Lasten bzw. Überlastungen z.B. bei Montage und/oder Wartungsarbeiten auftreten.

Unter Normalbedingungen nimmt die Festigkeit wegen der Alterung des Materials stetig ab. Bei regelmäßiger Prüfung durch Sachkundige können Indikatoren für eine zunehmende Überlastung des Materials frühzeitig erkannt, und ein plötzliches Versagen vermieden werden.

Wegen des kleiner werdenden E-Moduls und Dauerlast nimmt dann die Durchbiegung kontinuierlich zu.

Die Einlagerung von Wasser in Verbindung mit zu hohem Restmonomergehalt kann zu Verfärbungen im Material führen.

Die Benetzung der Oberflächen mit organischen Lösungsmitteln, wie sie oft auch in Reinigungsmitteln enthalten sind, auch in der umgebenden Atmosphäre, löst Spannungsrisse (Fissuren) im Material aus, welche sich aufgrund der Kerbwirkung weiter ausbreiten und letztlich zum Versagen des Bauteils führen können.

7. PRÜFUNG UND INSTANDHALTUNG

Nach den Anforderungen eines Projektes hergestellte Bauteile aus PMMA verfügen üblicherweise nicht über baurechtliche Zulassungen für die Verwendung in öffentlich zugänglichen Bereichen.

Es sind hier die baurechtlichen Vorgaben des jeweiligen Landes zu beachten, in dem das Bauteil eingesetzt wird.

Während in Frankreich eine zentrale Stelle die Vorgaben für die Verwendung vorgibt und diese im Einzelnen freigibt, erfolgt dies in Deutschland durch die oberen Baubehörden.

In der Regel ist zusätzlich zur Eigenüberwachung und deren Dokumentation noch eine Fremdüberwachung gefordert.

Im Rahmen der Fremdüberwachung ist die Einhaltung der vorgegebenen Materialkennwerte, sinnvollerweise mindestens die Biegeweichfestigkeit und der Restmonomergehalt, an Materialproben des verwendeten Materials, insbesondere in den Verklebungen, nachzuweisen.

Bei Baustellenverklebungen sind die Materialproben aus dem Bauteil vor Ort zu entnehmen. Dies muss bereits bei der Planung der Geometrie vorgesehen werden.

Es hat sich ebenfalls als sinnvoll erwiesen, Rückstellmuster für spätere Untersuchungen an gealtertem Material vorzuhalten.

Die Einbaubedingungen sind zu Dokumentieren. Im Hinblick auf ein Monitoring bietet es sich bereits vor der Belastung die Referenzmessungen durchzuführen.

Bei wiederkehrenden Prüfungen ist neben der Beurteilung der Bauteile durch einen Sachkundigen die Fortschreibung von Messreihen sehr empfehlenswert.

Über die Veränderung der Messwerte können zerstörungsfrei Rückschlüsse auf Änderungen im Bauteil getroffen werden.

Idealerweise kann somit auch nach erreichter Lebensdauer ein Nachweis für die Verlängerung der Nutzungsdauer des Bauteils geführt werden.

Im Umkehrschluss wird so ein mögliches Versagen frühzeitig erkannt und können Sicherungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Besonders zu beachten sind Veränderungen an Klebenähten.