



Bachelor-Thesis

Einfluss der Klebegeometrie auf Silikonversiegelungen

Einfluss unterschiedlicher Klebeabmessungen auf Steifigkeit und Bruchkraft

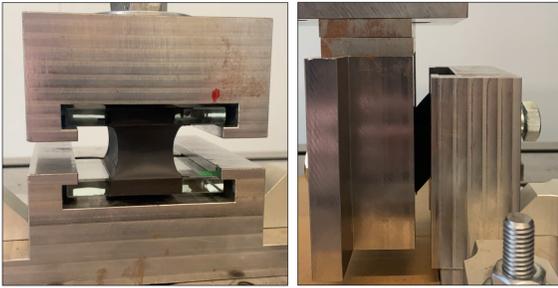


Abbildung 1: Versuchsaufbau

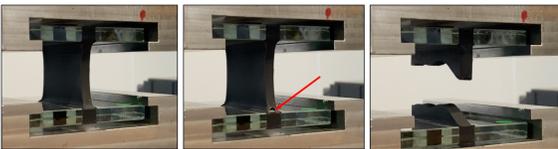


Abbildung 2: Zugversuch A/R = 0.375

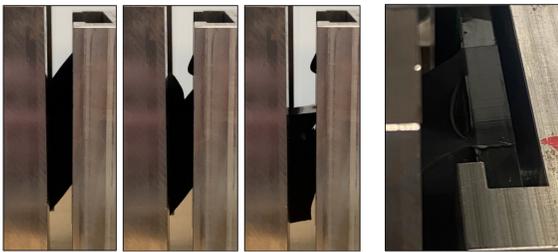


Abbildung 3: Scherversuch A/R = 0.5 & 1.875

Materialkennwerte Kleber 1 / H-Prüfkörper				
Versuchsserie	A	B	D	E
Aspect Ratio [e/b]	1.0	3.0	1.0	1.875
Dehnung ϵ_{ing} bei Zugspannung $\sigma_{ing} = 0.5$ MPa [%]	21.97	12.57	25.36	17.30
Dehnung ϵ_{ing} bei Schubspannung $\tau_{ing} = 0.5$ MPa [%]	94.06	94.51	96.06	99.07

Tabelle 1: Vergleich Dehnungen (Kleber 1)

Materialkennwerte Kleber 2 / H-Prüfkörper				
Versuchsserie	G	H	J	K
Aspect Ratio [e/b]	1.0	3.0	1.0	1.875
Dehnung ϵ_{ing} bei Zugspannung $\sigma_{ing} = 0.5$ MPa [%]	7.87	4.99	8.76	6.95
Dehnung ϵ_{ing} bei Schubspannung $\tau_{ing} = 0.5$ MPa [%]	41.29	43.90	44.63	45.84

Tabelle 2: Vergleich Dehnungen (Kleber 2)

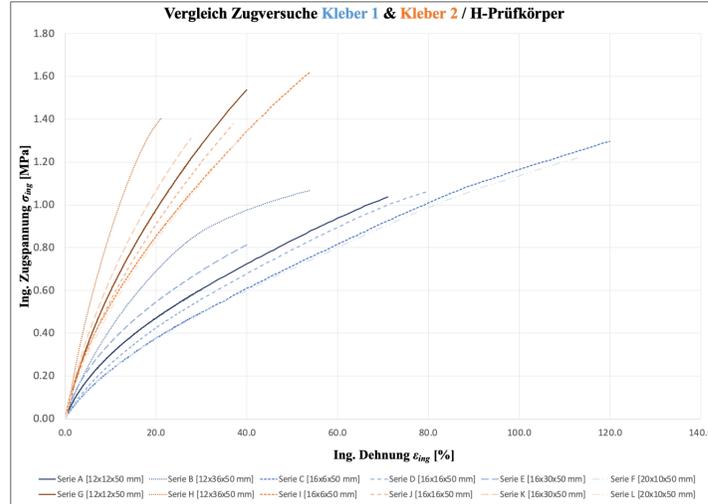


Diagramm 1: Vergleich Zugversuche

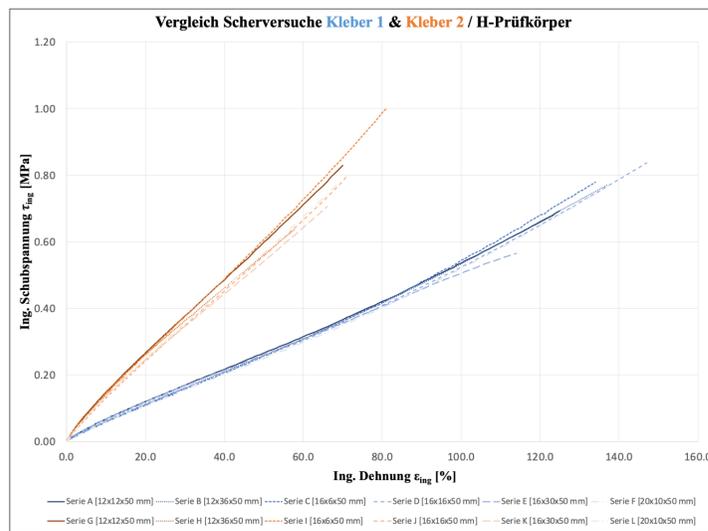


Diagramm 2: Vergleich Scherversuche

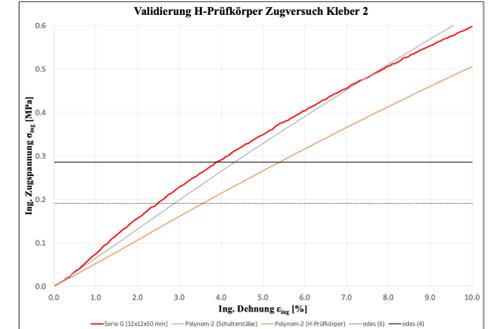


Diagramm 3: Validierung FE-Modell

	Übersicht Zugversuche	Übersicht Scherversuche
Versuchsserie A & G [12x12x50 mm]		
Versuchsserie B & H [12x36x50 mm]		
Versuchsserie C & I [16x6x50 mm]		
Versuchsserie D & J [16x16x50 mm]		
Versuchsserie E & K [16x30x50 mm]		
Versuchsserie F & L [20x10x50 mm]		

Tabelle 3: Übersicht FE-Modelle Kleber 1

Problemstellung

Isolierverglasungen sind seit mehr als 40 Jahren ein wichtiger Bestandteil einer Fassade. Sie übernehmen nicht nur die thermische Isolierung eines Gebäudes, sondern verbessern auch den Komfort und das Wohlbefinden im Innenraum.

Die Bemessung der Stegüberdeckung (Randverbund) wird durch die Leitlinie für die europäische Zulassung für geklebte Glaskonstruktionen (ETAG-002) geregelt. Dafür werden Produktprüfungen an H-Prüfkörpern mit einer Abmessung von 12x12x50 mm durchgeführt. Die Vernachlässigung von geometrischen Abmessungen sowie die Bemessung mit vereinfachten Gleichungen führen zu konservativen Sicherheitsfaktoren.

Durch die zunehmend grösseren Scheibenzwischenräume entspricht das Breite-zu-Dicke-Verhältnis (A/R) nicht mehr der Charakterisierung der normierten Prüfkörper. Die Steifigkeit erhöht sich durch die zunehmende Breite der Verklebung und die damit verbundenen Spannungszustände in der Klebegeometrie verändern sich hin zu einem hydrostatisch geprägten Zustand.

Lösungskonzept

Durch Zug- und Scherversuche an H-Prüfkörpern wird der Einfluss unterschiedlicher Klebeabmessungen auf Steifigkeit, Bruchkraft und Materialkennwerte (E-Modul, G-Modul und Designspannungen) untersucht. Dabei werden sechs unterschiedliche Abmessungen (Tabelle 3) aus zwei verschiedenen Klebstoffen, die für die Sekundärabdichtung der Scheibenzwischenräume verwendet werden, untersucht (Abbildungen 1 bis 3).

Die Herstellung der Prüfkörper und der Ablauf der Versuche wird in Anlehnung an die ETAG-002 durchgeführt. Abmessungen der Verklebung bis A/R = 1:3 liegen ausserhalb des typischen Bereiches, finden aber immer häufiger Verwendung in der Bau Praxis.

Um begleitende FE-Simulationen mit hyperelastischen Materialmodellen zum praktischen Einsatz herzuleiten, werden uniaxiale Zugversuche an Schulterstäben durchgeführt. Die FE-Modelle werden anhand der experimentell ermittelten Versuchsdaten aus den Schulterstäben und aus den H-Prüfkörpern kalibriert (Diagramm 3). Darüber hinaus werden die Anwendungsmöglichkeiten und ihre Grenzen vorgestellt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse für erhöhte Aspect Ratios zeigen (Diagramm 1 & 2), dass die Spannungen mit dem ETAG-Ansatz deutlich unterschätzt werden bzw. auf der unsicheren Seite liegen und die Klebebreite einen massgebenden Einfluss auf die Steifigkeit hat. Die Tabellen 1 & 2 zeigen den Steifigkeitsunterschied in Abhängigkeit von der vorhandenen Dehnung bei 0.5 MPa Zug- und Schubspannungen.

Eine sinnvolle Bemessung mit einer numerischen FEM-Simulation kann nur durch die Herleitung eines kalibrierten Materialgesetzes erfolgreich durchgeführt werden. (Tabelle 3)

Manuel Affolter

Betreuer:
Dr.-Ing. Thimo Fildhuth

Experte:
Ives Schüpfer