

Master-Thesis Engineering, Fachgebiet Civil Engineering and Building Technology

Kippverhalten von Glasträgern mit kontinuierlicher elastischer seitlicher Halterung an der gezogenen Kante

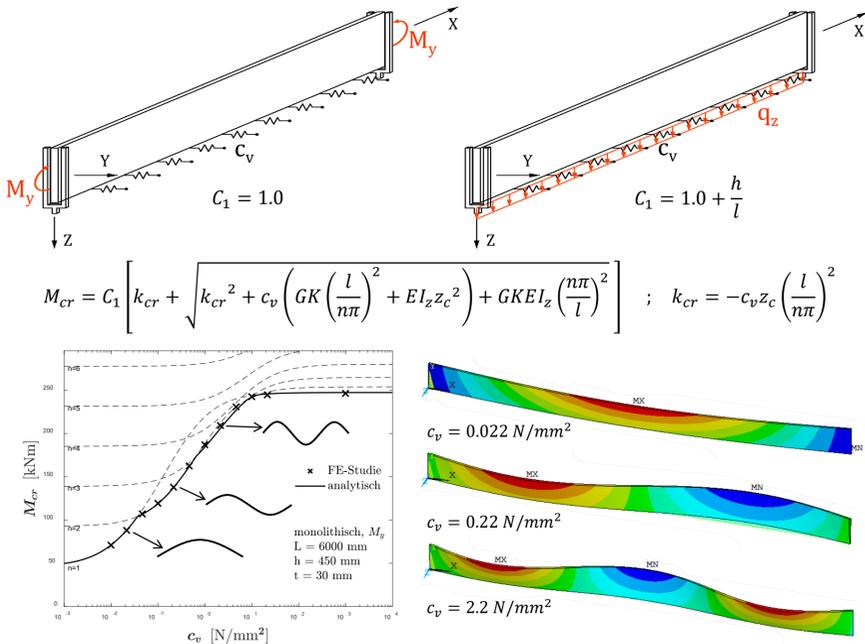


Bild 1: Statisches System der betrachteten Glasträger mit seitlicher Halterung und der Formel für das ideale Kippmoment. (oben) Einfluss der seitlichen Halterung auf das ideale Kippmoment und die erste Eigenform. (unten)

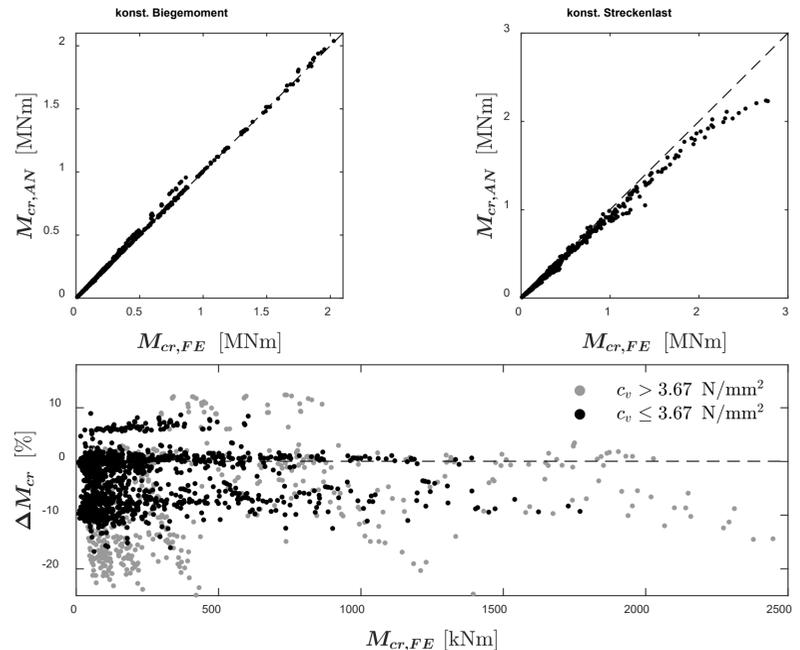


Bild 2: Vergleich der analytisch und numerisch berechneten idealen Kippmomente für beide Belastungsarten und unterschiedlich steife Halterungen.

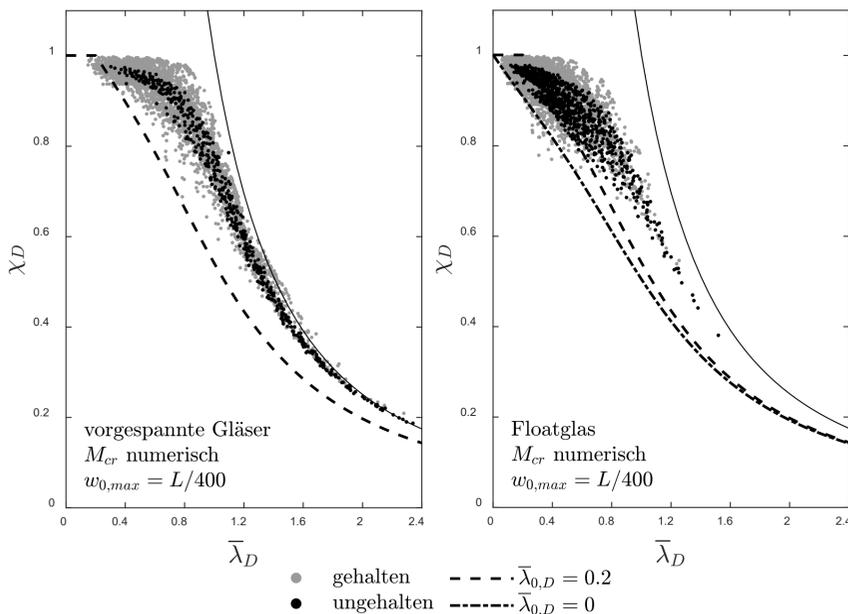


Bild 3: Kippspannungsdiagramme für gehaltene und ungehaltene Glasträger aus thermisch vorgespanntem Glas (links) und Floatglas (rechts) mit der Bemessungskurve nach SIA 2057.

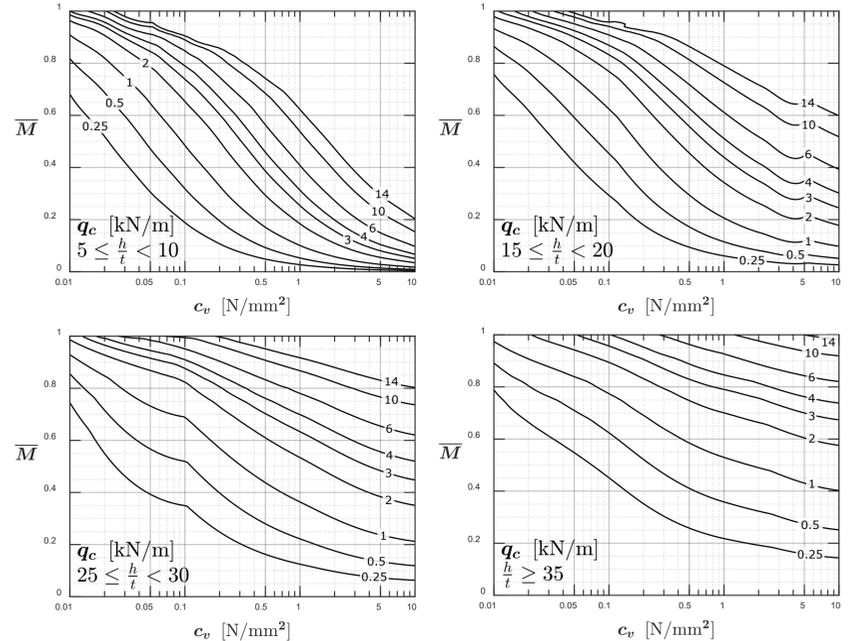


Bild 4: Belastung der seitlichen Halterung infolge Stabilisationskräfte in Abhängigkeit der Steifigkeit der Halterung und des bezogenen Biegemoments $\bar{M} = M_E/M_{cr}$ für verschiedene Querschnittsschlankheiten.

Problemstellung

Glas findet immer häufiger Anwendung als strukturelle Bauteile wie Fassadenpfosten. Solche Glasträger sind aus konstruktiven Gründen mit der Fassadenebene verbunden, häufig in Form einer strukturellen Silikonfuge. Diese Verbindung die auch als seitliche Halterung wirkt erhöht den Kippwiderstand der Glasträger, wird jedoch aufgrund fehlender analytischer Berechnungskonzepte beim Nachweis in der Regel nicht berücksichtigt. Dies führt zu einer konservativen und unwirtschaftlichen Bemessung. Das Kippverhalten von Glasträgern mit gehaltener Kante ist demnach detaillierter zu betrachten. In dieser Arbeit in Form einer kontinuierlichen elastischen seitlichen Halterung an der gezogenen Trägerkante.

Ausserdem ist unklar welche Lasten die seitliche Halterung aufgrund von Stabilisationskräften erfährt. Sollte die seitliche Halterung für den Stabilitätsnachweis berücksichtigt werden, ist diese zusätzliche Belastung für den Nachweis der Fuge zu kennen.

Lösungskonzept

Einerseits ist ein analytisches Berechnungsmodell zur Ermittlung des idealen Kippmoments von Glasträgern mit kontinuierlicher elastischer seitlicher Halterung zu suchen, was in Form einer teilempirischen Formel für Träger unter konstantem Biegemoment und konstanter Streckenlast gefunden wird. Zur Validierung des analytischen Modells dienen numerische Simulationen an knapp 2000 unterschiedlichen Trägern (siehe Bild 1 & 2).

Andererseits soll mit der FE-Studie überprüft werden, ob das bestehende Bemessungskonzept der SIA 2057 auch für gehaltene Glasträger anwendbar ist. Es zeigt sich, dass die Bemessungskurve der SIA 2057 den Kippwiderstand bei Floatglas sowohl bei gehaltenen als auch bei ungehaltenen Trägern überschätzt. Eine Anpassung des Schlankheitsbeiwerts mit $\bar{\lambda}_{0,D} = 0$ führt auch bei Floatglas zu einer konservativen Bemessung (siehe Bild 3).

Die nichtlineare numerische Simulation der gehaltenen Träger ermöglicht es, die Belastung der seitlichen Halterung in Abhängigkeit der Fugensteifigkeit und des bezogenen Biegemoments abzubilden. Die Stabilisationskräfte unterscheiden sich hauptsächlich anhand der Querschnittsschlankheit. Aufgrund dieser Erkenntnis kann die Belastung der seitlichen Halterung mit Bemessungsdiagrammen für verschiedene Querschnittsabmessungen ermittelt werden (Bild 4).

Jan Commerell

Betreuer:
 Prof. Dr. Andreas Luble
 Dipl. Ing. Bruno Kassnel-Henneberg

Kippverhalten von Glasträgern mit seitlicher Halterung

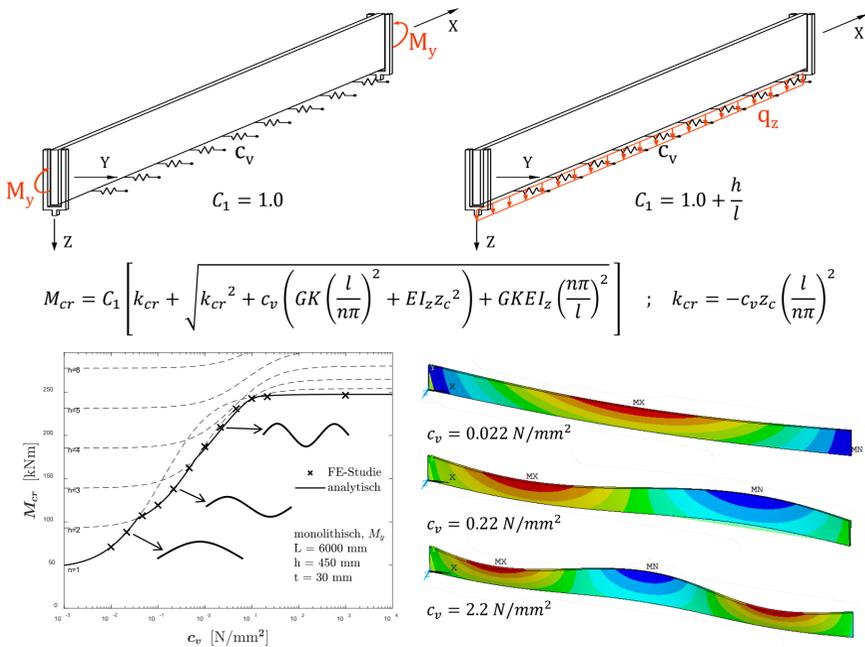


Bild 1: Statisches System der betrachteten Glasträger mit seitlicher Halterung und der Formel für das ideale Kippmoment. (oben) Einfluss der seitlichen Halterung auf das ideale Kippmoment und die erste Eigenform. (unten)

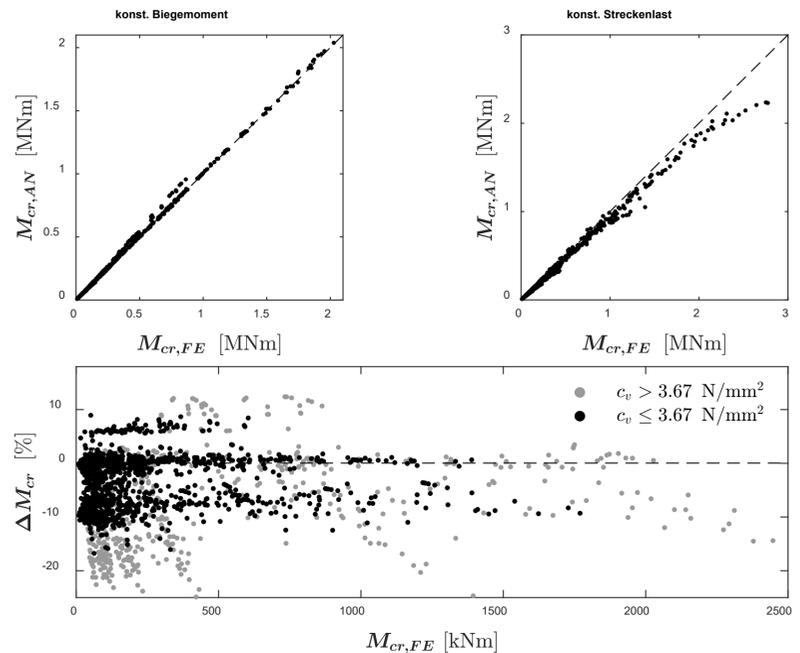


Bild 2: Vergleich der analytisch und numerisch berechneten idealen Kippmomente für beide Belastungsarten und unterschiedlich steife Halterungen.

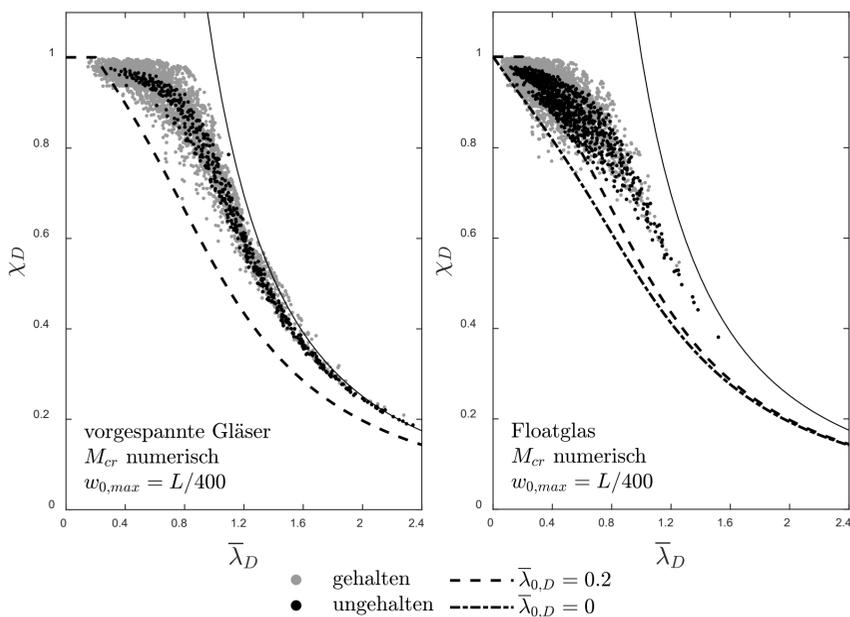


Bild 3: Kippspannungsdiagramme für gehaltene und ungehaltene Glasträger aus thermisch vorgespanntem Glas (links) und Floatglas (rechts) mit der Bemessungskurve nach SIA 2057.

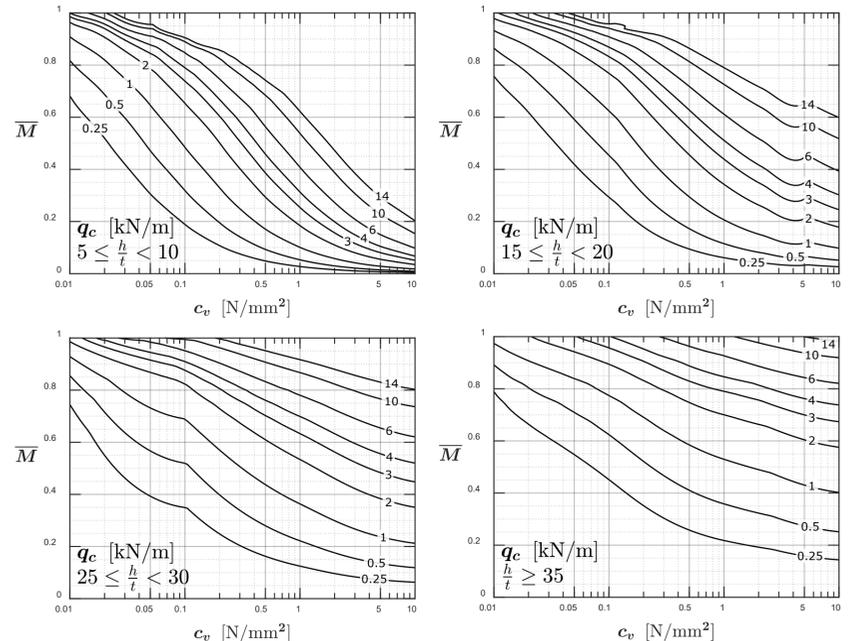


Bild 4: Belastung der seitlichen Halterung infolge Stabilisationskräfte in Abhängigkeit der Steifigkeit der Halterung und des bezogenen Biegemoments $\bar{M} = M_E/M_{cr}$ für verschiedene Querschnittsschlankheiten.

Problemstellung

Glas findet immer häufiger Anwendung als strukturelle Bauteile wie Fassadenpfosten. Solche Glasträger sind aus konstruktiven Gründen mit der Fassadenebene verbunden, häufig in Form einer strukturellen Silikonfuge. Diese Verbindung die auch als seitliche Halterung wirkt erhöht den Kippwiderstand der Glasträger, wird jedoch aufgrund fehlender analytischer Berechnungskonzepte beim Nachweis in der Regel nicht berücksichtigt. Dies führt zu einer konservativen und unwirtschaftlichen Bemessung. Das Kippverhalten von Glasträgern mit gehaltener Kante ist demnach detaillierter zu betrachten. In dieser Arbeit in Form einer kontinuierlichen elastischen seitlichen Halterung an der gezogenen Trägerkante.

Ausserdem ist unklar welche Lasten die seitliche Halterung aufgrund von Stabilisationskräften erfährt. Sollte die seitliche Halterung für den Stabilitätsnachweis berücksichtigt werden, ist diese zusätzliche Belastung für den Nachweis der Fuge zu kennen.

Lösungskonzept

Einerseits ist ein analytisches Berechnungsmodell zur Ermittlung des idealen Kippmoments von Glasträgern mit kontinuierlicher elastischer seitlicher Halterung zu suchen, was in Form einer teilempirischen Formel für Träger unter konstantem Biegemoment und konstanter Streckenlast gefunden wird. Zur Validierung des analytischen Modells dienen numerische Simulationen an knapp 2000 unterschiedlichen Trägern (siehe Bild 1 & 2).

Andererseits soll mit der FE-Studie überprüft werden, ob das bestehende Bemessungskonzept der SIA 2057 auch für gehaltene Glasträger anwendbar ist. Es zeigt sich, dass die Bemessungskurve der SIA 2057 den Kippwiderstand bei Floatglas sowohl bei gehaltenen als auch bei ungehaltenen Trägern überschätzt. Eine Anpassung des Schlankheitsbeiwerts mit $\bar{\lambda}_{0,D} = 0$ führt auch bei Floatglas zu einer konservativen Bemessung (siehe Bild 3).

Die nichtlineare numerische Simulation der gehaltenen Träger ermöglicht es, die Belastung der seitlichen Halterung in Abhängigkeit der Fugensteifigkeit und des bezogenen Biegemoments abzubilden. Die Stabilisationskräfte unterscheiden sich hauptsächlich anhand der Querschnittsschlankheit. Aufgrund dieser Erkenntnis kann die Belastung der seitlichen Halterung mit Bemessungsdiagrammen für verschiedene Querschnittsabmessungen ermittelt werden (Bild 4).

Jan Commerell

Betreuer:
 Prof. Dr. Andreas Luible
 Dipl. Ing. Bruno Kassnel-Henneberg