Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

HOCHSCHULE
LUZERN

Technik & Architektur
FH Zentralschweiz

Bachelor-Thesis Bauingenieurwesen

Nachweise von VSG nach SIA-Merkblatt 2057

Beispiele für die Bemessung mit Variation von Verbundwirkung und Bruchzuständen

Berücksichtigung Verbundwirkung gem. SIA 2057

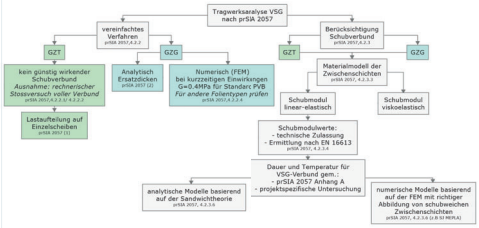

Abb. 1 Flussdiagramm Tragwerksanalyse gem. SIA 2057

Schubverbund - analytisch

	EET	SN EN 16612 (ω-Verfahren)	ASTM E1300
Möglich nach SIA 2057	✓	(✓)[1]	✓
2 Scheiben	✓	✓	✓
Mehrere Scheiben	✓	✓	(×)[2]
Abbildung Schubmodul	✓	(✓)[3]	✓
Abmessungen berücksichtigt?	✓	×	(✓)[4]
Belastungsart berücksichtigt?	✓	×	(✓)[4]
Lagerung berücksichtigt?	✓	×	(✓)[4]
Vierseitige Lagerung	(✓)[5]	(✓)[6]	(✓)[6]
Zweiseitige Lagerung	✓[7]	×	(×)[7]
Einseitige Lagerung	(×)	×	×
Verformung	✓	(✓)	(×)
Spannungen	✓	(×)	(✓)

✓	Wird berücksichtigt, ist möglich
(✓)	Möglich, aber Auswirkungen knapp geringer als numerisch
(×)	Möglich, aber Auswirkungen deutlich geringer als numerisch
×	Wird nicht berücksichtigt, nicht möglich
1	Lastdauer und Temperatur nicht identisch → eigene Annahmen erforderlich
2	Keine direkte Formel, iteratives Vorgehen
3	Indirekt über Steifigkeitsfamilien
4	Wird in einem Faktor zusammengefasst, nicht abhängig von dem Bauteil
5	Ungenau bei Einzellasten
6	Einzellasten werden nicht abgebildet
7	Einzellast wurde nicht untersucht

Abb. 2 Vergleich Ansätze zur Berücksichtigung von Schubverbund
(Aufgrund durchgeführter Bemessungsbeispiele)

Vierseitige Lagerung

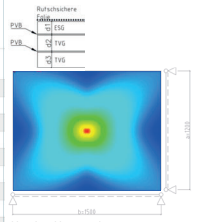

Abb. 3 begehbare Verglasung: Hauptzugspannung unter Einzellast an der Unterseite des VSG

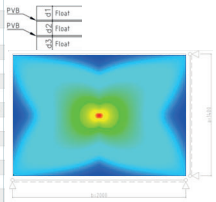

Abb. 4 betretbare Verglasung: Hauptzugspannung unter Einzel– und Flächenlast an der Unterseite des VSG

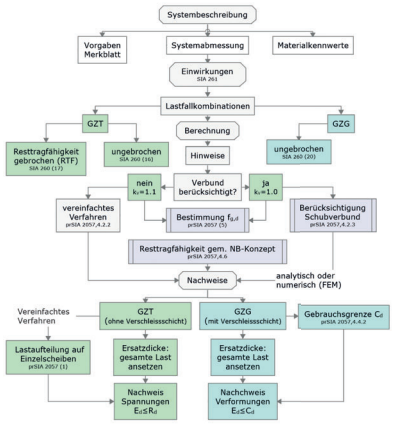

Abb. 5 Flussdiagramm Verglasung vierseitig gelagert

Zweiseitige Lagerung

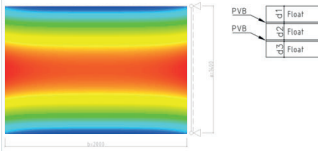

Abb. 6 nicht betretbare Verglasung Hauptzugspannungen unter Flächenlast an der Unterseite des VSG

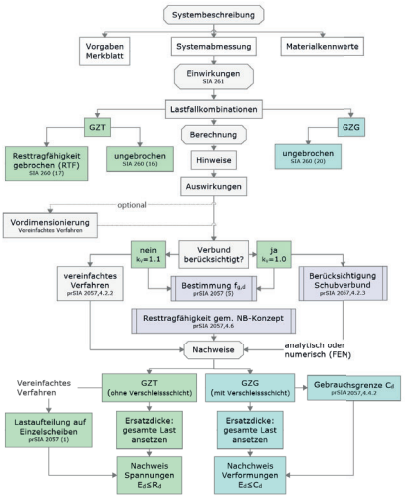

Abb. 7 Flussdiagramm Verglasung zweiseitig gelagert

Glasgeländer

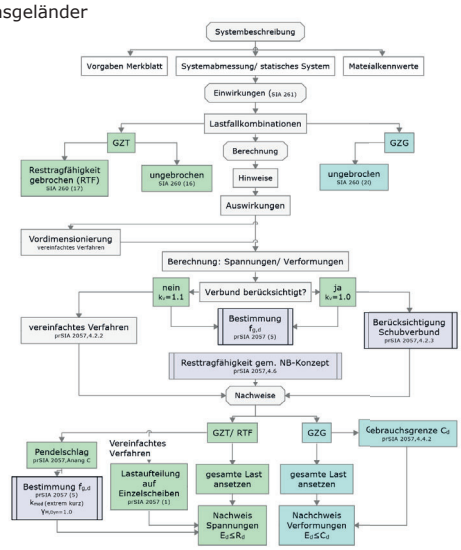

Abb. 8 Flussdiagramm Glasgeländer

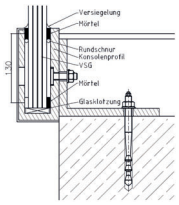

Abb. 9 Prinzip der Konsole

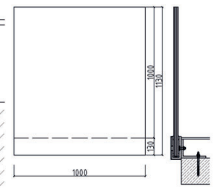

Abb. 10 Abmessungen

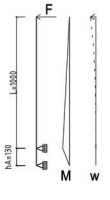

Abb. 11 Statisches System

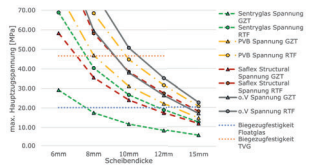

Abb. 12 VSG-Geländer unter Einzellast –
Abhängigkeit Spannung von Glasstärke und Zwischenschicht

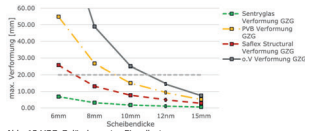

Abb. 13 VSG-Geländer unter Einzellast –
Abhängigkeit Verformung von Glasstärke und Zwischenschicht

Ausgangslage
Mit dem SIA Merkblattes 2057 wird in der Schweiz eine einheitliche nationale Bemessungsnorm für den Glasbau erstellt. Da häufig keine oder nur begrenzte Erfahrung für die Verbundsicherheitsglas-Bemessung vorhanden sind, wird es in der Anwendung der beschriebenen Bemessungsverfahren wahrscheinlich zu Fragen betreffend das detaillierte Vorgehen kommen. Anhand von beispielhaften und anwendungsbezogenen Musterberechnungen sollen bestimmte, typische Verfahren der Norm erläutert werden. Beispielhaft werden Überkopfverglasungen und Ganzglasgeländer mit VSG betrachtet. Modellhaft wird die Berechnung mit und ohne Berücksichtigung von Schubverbund und unter Ansatz von Bruchzuständen nachvollziehbar durchgeführt und nachgewiesen.

Methodik
Flussdiagramme (1,5,7,8) sollen die Abläufe strukturiert visualisieren und die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Normpositionen zeigen. In den Beispielen werden Berechnungen und Resultate anhand von Tabellen und Formeln dargestellt und an gewissen Punkten Zahlenwerte in die Formeln eingesetzt. Einige Ergebnisse aus analytischen Berechnungen werden mit Vergleichsrechnungen durch FEM beurteilt. Ausserdem wird punktuell auf konzeptionelle Unterschiede von der SIA 2057 zu der DIN 18008 hingewiesen.

Fazit
Zur Berücksichtigung des Schubverbundes wird der analytische Ansatz der «Enhanced Effective Thickness (EET)", d.h. die erhöhte oder verbesserte wirksame Schichtdicke (nach Galuppi / Royer-Carfagni, Abb. 2),
verwendet. Mit dem Verfahren können Verbundsicherheitsgläser mit zwei oder mehr Glasscheiben berechnet werden. Andere Verfahren haben sich als ungeeignet erwiesen (2). Für zweiseitige und vierseitige Lagerungen unter Flächenlast kann der Schubverbund analytisch abgebildet werden. Für vierseitige Lagerungen können Einzellasten analytisch berücksichtigt werden, liefern jedoch geringere Auswirkungen als FEM und liegen somit auf der unsicheren Seite. Für komplette Nachweise mit unterschiedlichen Lastfällen ist wohl die Anwendung eines FEM-Programmes in der Praxis der effizientere, wirtschaftlichere und sicherere Weg. In den Beispielen hat sich gezeigt, dass für auskragende Glasgeländer aktuell keine geeigneten analytischen Modelle vorhanden sind um den Verbund zu berücksichtigen. Mit verschiedenen SJ MEPLA Berechnungen ist der Einfluss der Zwischenschicht im VSG untersucht worden. In (12,13) sind die Ergebnisse dargestellt. Verglichen wurden die vier Modelle ohne Verbund, mit Standard PVB, Saflex® Structural und SentryGlas®. Es hat sich gezeigt, dass der Einfluss der Zwischenschicht mit zunehmender Scheibendicke abnimmt.

Reto Bieri

Betreuer: Dr.-Ing. Thiemo Fildhuth

Experte:
Ives Schüpfer