

Bachelor-Thesis Studiengang Bauingenieurwesen

Parameterstudien an einer modularen Glasschale

Zur Analyse der Sensitivität und Redundanz

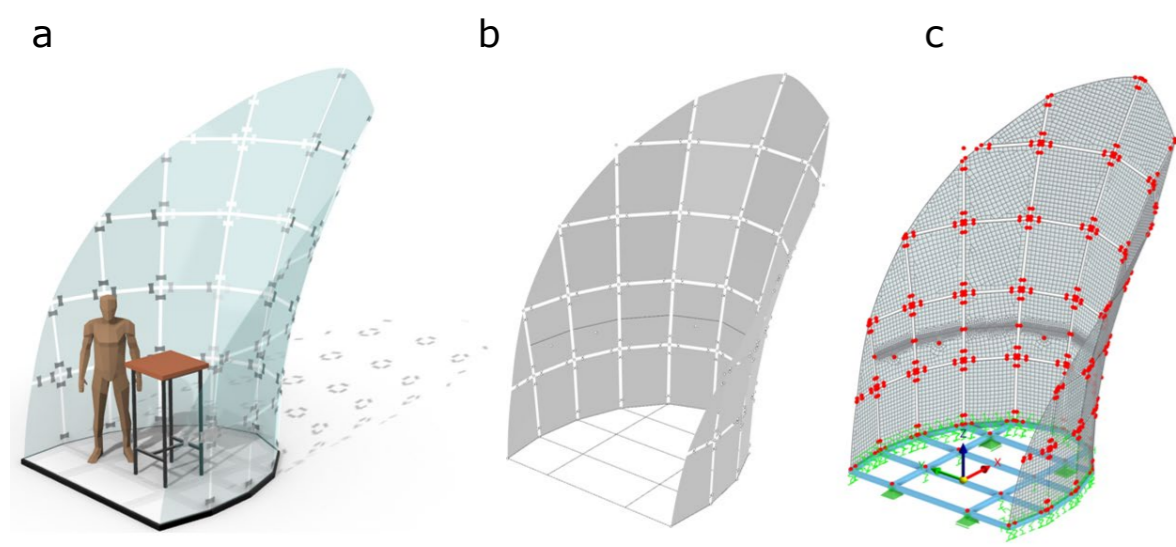


Bild 1: a: Rendering der gebauten Glasschalen b: Fertiges Parametermodell c: Fertiges Berechnungsmodell

Nachweis	Zustand	Auswirkung Max. Hauptzugspannung / Verformung	Bemessungswert Zulässige Spannung / Verformung	Ausnutzung
Spannungsnachweis	GZT	27.8N/mm ²	43.75N/mm ²	0.635
Verformungsnachweis	GZG	8.8mm	41mm	0.215
Verformungsnachweis	GZG	8.8mm	16mm	0.543
Verformungsnachweis	GZG	7.7	7.88	0.977

Federart	Achse	Beschreibung	Wert	Einheit
Translation	X	Zug in plane	27'341.4	kN/m
Translation	Y	Scheren in plane	11'152.6	kN/m
Translation	Z	Scheren out of plane	152.9	kN/m
Rotation	Y	Biegung um die Glaskante	0,04	kNm/rad

Tabelle 1: Resultate der Nachweise für die Glasschale
Tabelle 2: Durch Tests bestimmte Steifigkeiten

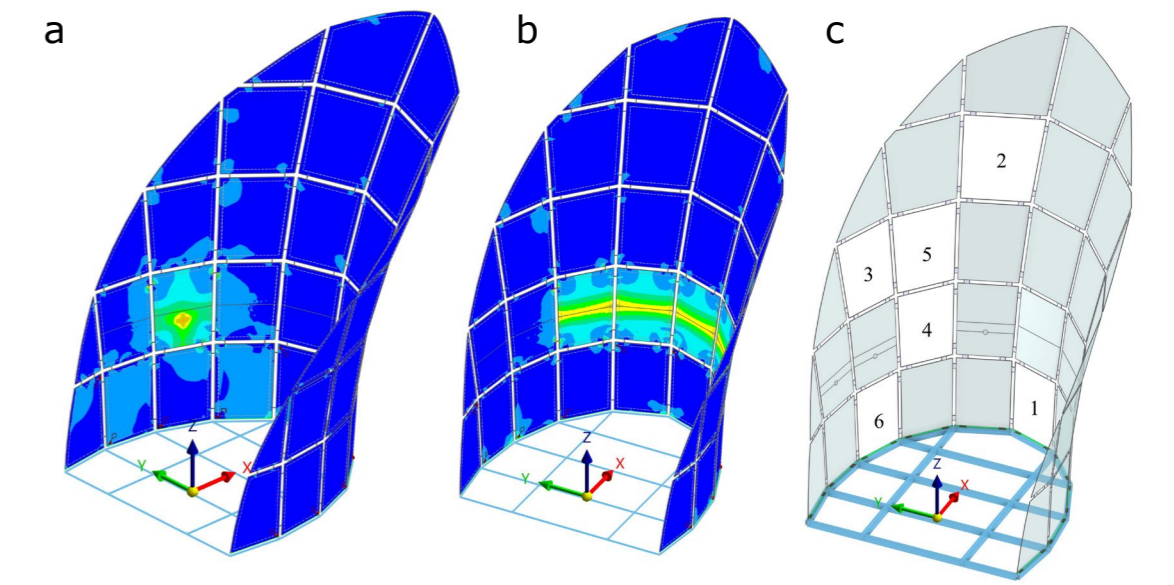


Bild 5: Bestimmen der Position der ausfallenden Scheiben mit Hilfe der Hauptzugspannungen a: Scheibe mit den grössten Spannungen b: Interessanter Lastfall für die Redundanzstudie c: Bei Redundanz-studie ausfallende Scheiben



Bild 2: a: In der Schale verbauter Fitting b: Wirkungsachsen der Steifigkeiten (Quelle Bild a: Fildhuth et al., 2022; Quelle Bild b: Fildhuth, 2020; siehe Literaturverzeichnis der These, Seite 63)

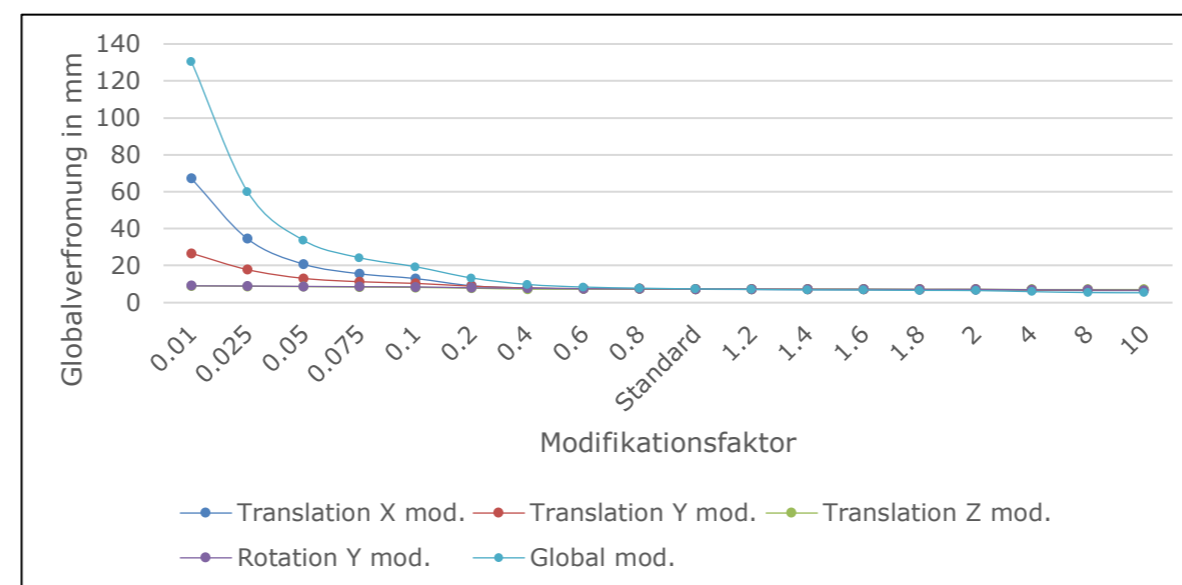


Diagramm 1: Vergleich der Verformungen aufgrund der modifizierten Federsteifigkeiten

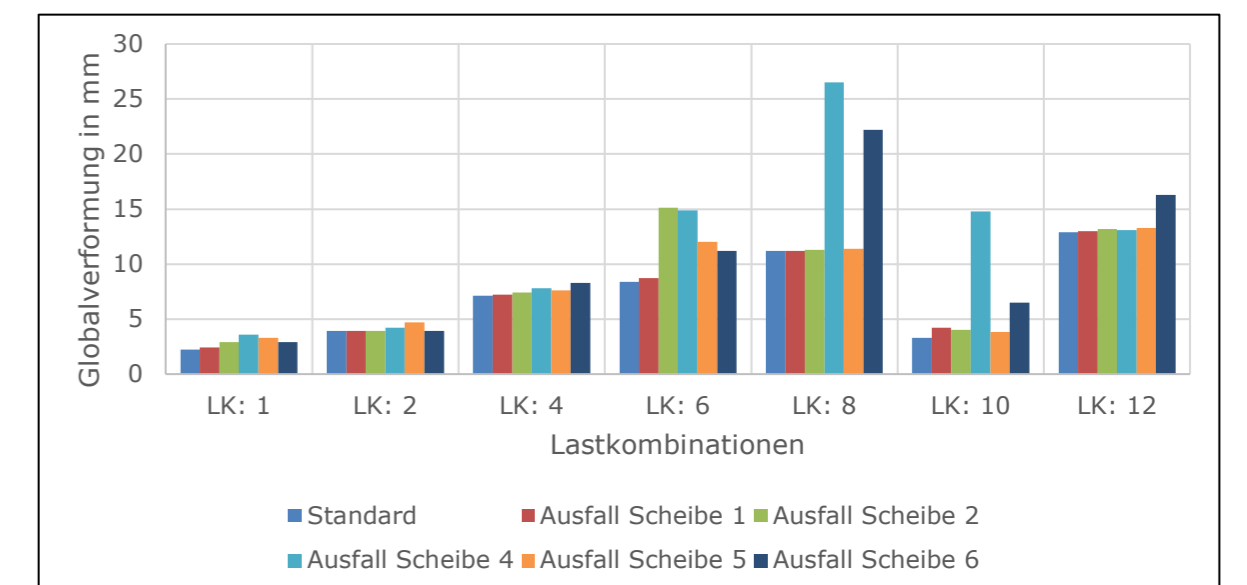


Diagramm 4: Vergleich der Verformungen aufgrund der ausgefallenen Scheiben

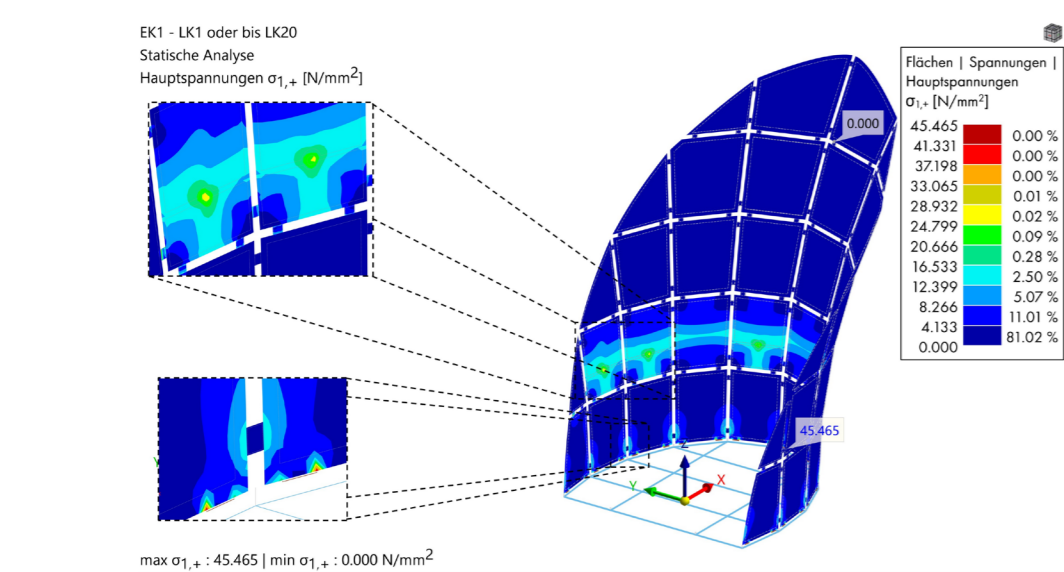


Bild 3: Umhüllende der Hauptzugspannungen in N/mm² im GZT, vergrössert: Spannungsspitze beim Auflager und Punkt der Spannung für den Nachweis

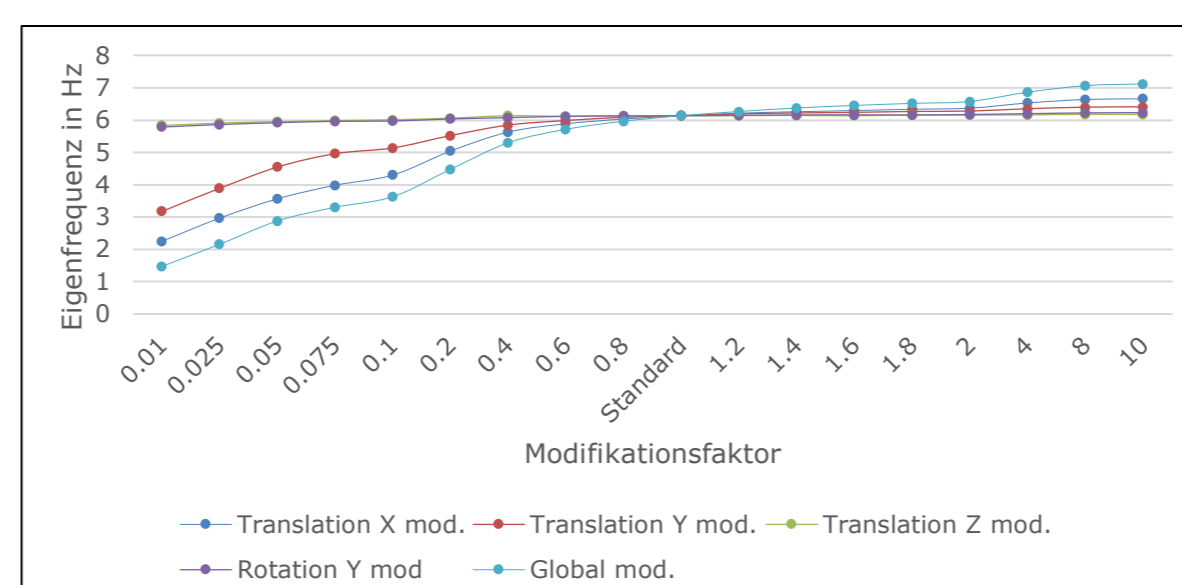


Diagramm 2: Vergleich der Eigenfrequenzen aufgrund der modifizierten Federsteifigkeiten

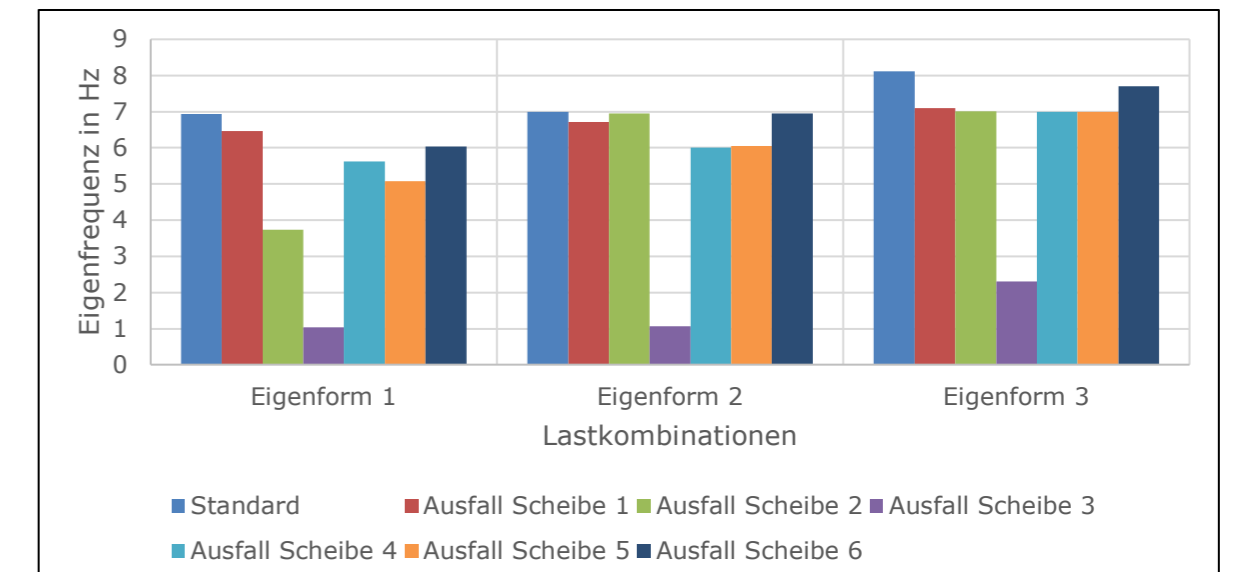


Diagramm 5: Vergleich der Eigenfrequenzen aufgrund der ausgefallenen Scheiben

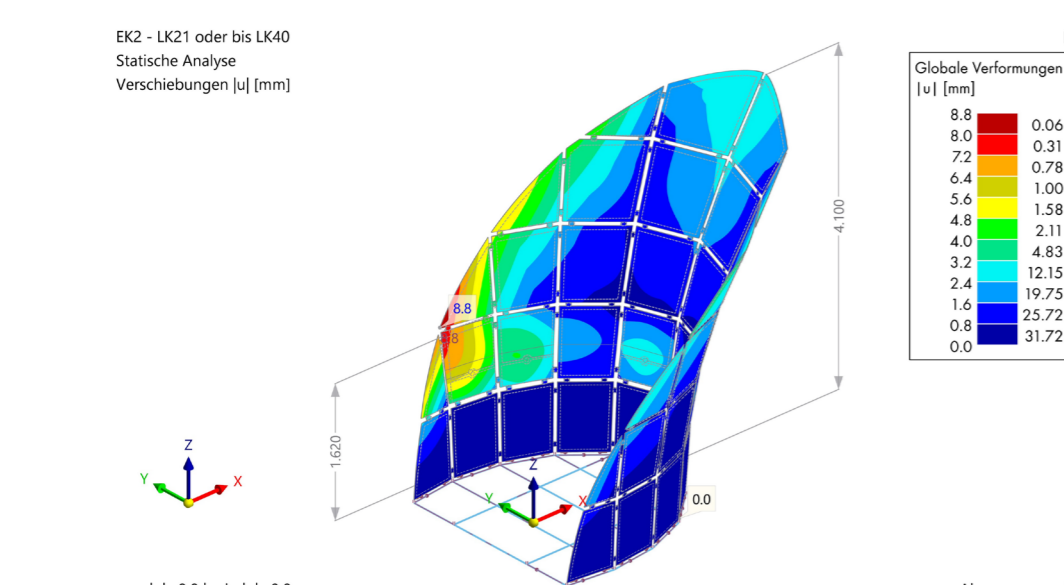


Bild 4: Umhüllende der Verformungen im GZG in mm

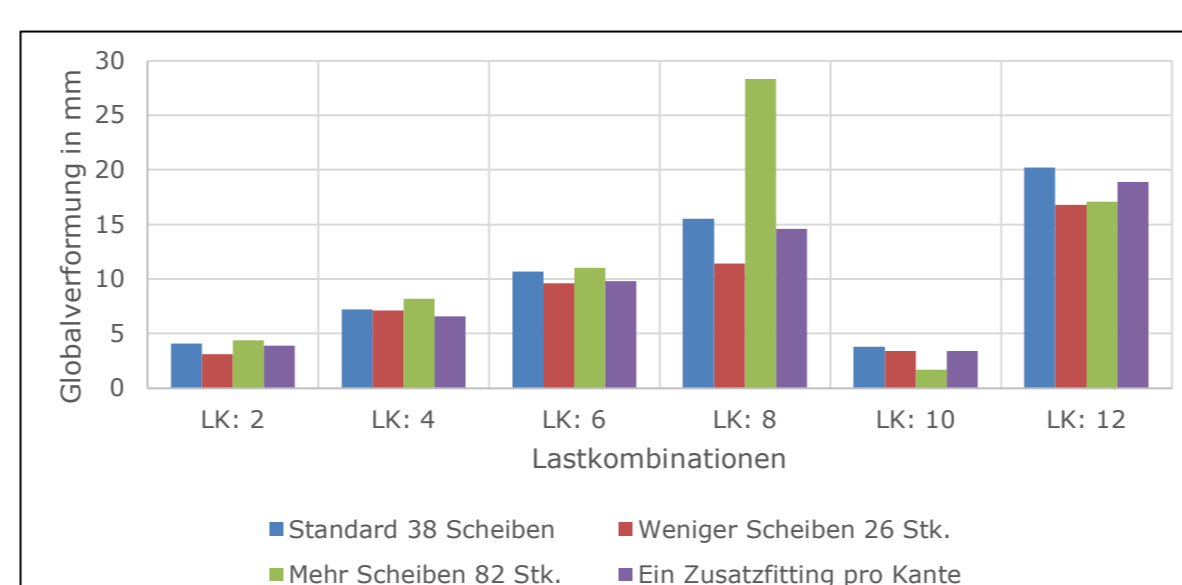


Diagramm 3: Vergleich der Verformungen aufgrund der modifizierten Fitting- und Scheibenanzahl

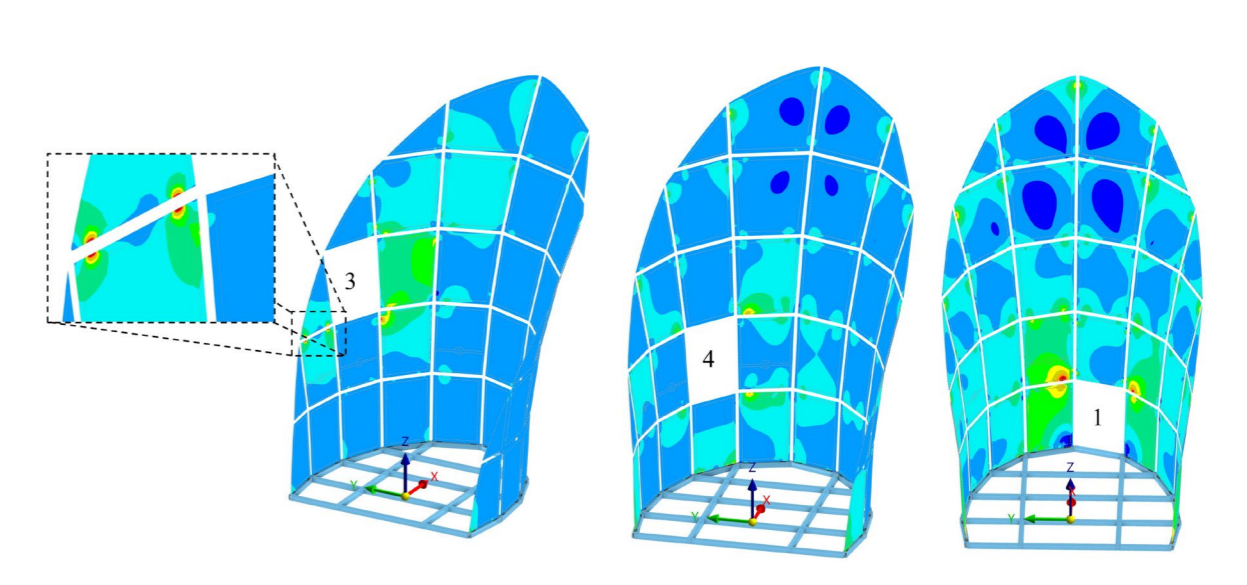


Bild 6: Alternative Lastpfade, dargestellt anhand der Hauptzugspannung aufgrund der ausgefallenen Scheiben unter Eigenlast

Problemstellung

Durch die Weiterentwicklung der Technologien im Glasbau wird das Verlangen nach transparenteren Fassaden immer grösser. Mit dem Wunsch nach Transparenz steigt auch das Interesse an neuen, kaum sichtbaren Verbindungen zwischen den einzelnen Scheiben.

Die untersuchte Glasschale ist ein Messexponat, welches eine solche neue Verbindung präsentieren soll (Bilder 1 und 2). Aufgrund des engen Zeitplans bei der Planung konnten bis zur Fertigstellung weder Tests an den Fittings noch eine Untersuchung des Einflusses der Steifigkeit der Verbindungen (in die Zwischenschicht einlamierte Fittings) auf das Tragwerk durchgeführt werden. In der Zwischenzeit wurden Tests an den Fittings für Zug, Schub und Biegung an der HSLU durchgeführt. Ziel dieser Arbeit ist es nun, die Resultate dieser Tests in ein parametrisches FE-Modell einzuarbeiten und hiermit die strukturelle Analyse der Glasschale zu aktualisieren.

Weiter wird mit einer Parameter- und Redundanzstudie das Verhalten der Schale abhängig von der Verbindungssteifigkeit untersucht.

Lösungskonzept

Zu Beginn wird ein parametrisches Modell der Schale (Rhino/Grasshopper) erstellt (Bild 1). Danach werden aus den Testresultaten die effektiven Translationssteifigkeiten in Richtung der X-, Y- und Z-Achsen, sowie die Rotationssteifigkeit um die Y-Achse der Fittings ermittelt und in das Modell eingearbeitet (Bild 2, Tab. 2). Für das Standardmodell (Bild 1) werden danach die Nachweise der VSG Scheiben der umgesetzten Schale nach DIN 18008 geführt.

Bei der Parameterstudie werden der Einfluss der Steifigkeiten, der Position der Fittings, der Breite der Fugen zwischen den Scheiben sowie der Anzahl der Fittings und Scheiben untersucht. Für die abschliessende Redundanzstudie wird der Ausfall von einzelnen Scheiben simuliert und überprüft, ob die Schale in der Lage ist, alternative Lastpfade auszubilden (Bilder 5 und 6).

Fazit

Bei der Analyse der Standardschale mit den Fittingsteifigkeiten gemäss den Testergebnissen werden alle Nachweise erfüllt (Tab. 1, Bilder 3 und 4). Die Parameterstudie zeigt, dass die Fittings bereits eine sehr optimierte Konstruktion darstellen. Von allen Parametern hat die Steifigkeit in X-Richtung den grössten Einfluss (Diagr. 1 und 2). Weiter hat sich gezeigt, dass die Glasschale auch mit den weiteren Modifikationen immer noch funktioniert (Diagr. 3). Die durchgeführte Redundanzstudie bestätigt die guten Ergebnisse der Parameterstudie. Die Glasschale ist stets in der Lage, die aufgetragenen Lasten durch alternative Lastpfade abzuleiten und sich so wieder zu stabilisieren (Diagr. 4 und 5, Bild 6)

Christoph Martin Bütikofer

Betreuer:
Dr. Thimeo Fildhuth

Experte:
Ives Schüpfer