

FE-Modellierungsvorschrift – Exzentrisch belastete Schrauben in dünnwandigen Strukturen

Studiengang: BSc in Maschinentechnik

Betreuer: Roland Rombach

Experte: Dr. Peter Paul Knobel

Industriepartner: CADFEM (SUISSE) AG, Aadorf

Als Verbindungselement für Blechkonstruktionen werden häufig Schrauben eingesetzt. Zur Ermittlung der Eingangsgrössen für den Nachweis von Schraubenverbindungen nach der VDI-Richtlinie 2230/1 kann eine Berechnung mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) dienen. Die Richtlinie ist als Nennspannungskonzept für massive Bauteile konzipiert. Für Blechkonstruktionen, welche mit Schalenelementen vernetzt werden, liefert die VDI jedoch keinen Ansatz.

Stand der Technik

Die analytische Berechnung von Schraubenverbindungen nach der VDI Richtlinie 2230 Blatt 1 weist einige Unschärfen auf. Insbesondere das Abschätzen des Krafteinleitungsfaktors oder die Berechnung der Nachgiebigkeit der verspannten Teile gilt als fehleranfällig. Dünnwandige Bauteile liegen ausserhalb des Gültigkeitsbereichs der Richtlinie, daher empfiehlt die VDI Versuche oder Finite-Elemente Berechnungen.

Bei der Berechnung mit der Finite-Elemente-Methode basierend auf Volumenkörpern (solid) sind die erwähnten Grössen im Modell korrekt abgebildet. Bei Schalenkörpern (shell) ist dies jedoch nicht der Fall. Die Steifigkeitsverhältnisse, welche bei Schraubenverbindungen eine zentrale Rolle bei der Kraftverteilung einnehmen, werden nicht abgebildet.

Aufgrund der Performance-Vorteile ist man jedoch bestrebt, Schalenelemente auch in Kombination mit Schraubenverbindungen nutzen zu können.

Ziel

Ziel der Thesis-Arbeit war es, Modellierungsvarianten zu erarbeiten, die es ermöglichen Schalenkörper in Kombination mit Schraubenverbindungen nutzbar zu machen.

Die Ergebnisse sollten mit Volumenmodellen verifiziert, mit Messungen validiert und mit Handrechnungen verglichen werden.

Resultat

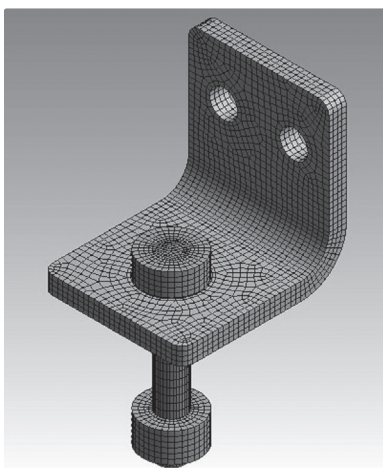
Erste Ideen für eine Modellierungsvorschrift konnten gewonnen werden. Eine ausgewählte Variante wurde mit Erfolg exemplarisch umgesetzt.

Insbesondere bei dünnwandigen Bauteilen sind die Differenzen zwischen analytischer Berechnung und Simulation erwartungsgemäss gross. Die Verformungsverhältnisse werden mit der Handrechnung ungenügend erfasst.

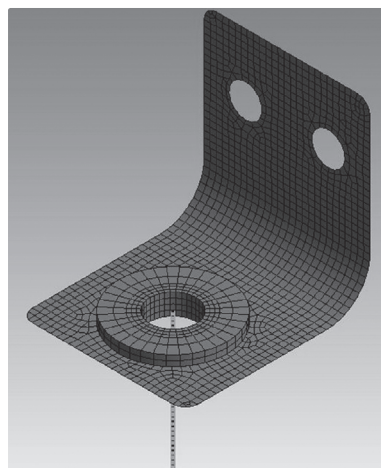
Es bestätigte sich die Annahme, dass Messungen an Schraubenverbindungen äusserst anspruchsvoll sind. Die Resultate der Messungen bestätigen zwar die Grössenordnungen der berechneten Schnittgrössen, erlauben jedoch keine eindeutige Verifikation der Ergebnisse. Es besteht daher Bedarf weiterführender Versuche.



Stefan Geissbühler



Blech und Schraube als Volumenkörper (solid)



Blech als solid/shell-Hybridmodell mit Schraube als Linienkörper