

UNTERSUCHUNG DES STABILITÄTSVERHALTENS VON FLUGZEUGRÜMPFEN MITTELS EINER MODIFIZIERTEN BALKENTHEORIE UND DER BERÜCKSICHTIGUNG DER ELASTISCHEN BETTUNG DURCH DIE HAUT

W. Wohlers¹, H.-G. Reimerdes^{1,3}, D. Fitzsimmons², J. Wilhelmi², S. Dieker³

¹ Institut für Leichtbau, RWTH Aachen, Wüllnerstraße 7, 52062 Aachen

² Airbus Deutschland GmbH, Postfach 950109, 21111 Hamburg

³ Reimerdes + Dieker Ingenieure GbR, Prangenstr. 8, 28203 Bremen

ZUSAMMENFASSUNG

Moderne Flugzeigrümpfe werden als orthotrop versteifte Schalen ausgelegt. Die Komplexität der verwendeten Versteifungsgeometrien ist kontinuierlich angestiegen, es werden verschiedene Materialien kombiniert und die Querschnitte variieren sowohl in Umfangs- als auch in Längsrichtung. Zusätzlich werden immer größere Anforderungen bezüglich Gewichtsminimierung gestellt.

In frühen Stadien der Entwicklung und bei der Massenoptimierung sind solche Berechnungen zeitintensiv, da eine Vielzahl von Strukturvarianten berechnet und verglichen werden muß. Aus diesem Grunde ist ein Berechnungsverfahren entwickelt worden, das die Spannungsverteilung im Rumpf mit Hilfe einer modifizierten Balkentheorie bestimmt. Dabei werden die Spannungsumlagerungen durch Plastizität und Hautfeldbeulen berücksichtigt.

Bei der Untersuchung bezüglich Teilschaleninstabilität wird in dem hier vorgestellten Berechnungsverfahren die Versagenslast mit Hilfe des Balkens auf elastischer Bettung bestimmt. Dieses Verfahren berücksichtigt im Unterschied zum Euler-Johnson-Verfahren die rückstellende Kraft durch die Umfangssteifigkeit der Haut. Zusätzlich wird für die torsionsweichen Stringerquerschnitte die Biegedrillknicklast bestimmt.

Um für eine Optimierung von Strukturen geeignete Variablen auszuwählen, eignet sich die Sensitivitätsanalyse. Dabei wird ausgehend von einer Basiskonfiguration der Einfluß verschiedener Variablen auf die Masse und die kritische Last des Rumpfes untersucht. Durch die geringen Rechenzeiten eignet sich das vorgestellte Verfahren sowohl für die Sensitivitätsanalyse als auch für die Optimierung.

1. EINLEITUNG

Die Rumpfschale ist eine orthotrope, mit Spanten und Stringern versteifte, kreiszylindrische Schale. Sie ist durch die Fensterreihen, das Passagierdeck und durch den Kiel gestört. Die Schale wird bei quasistatischer Belastung Stabilitätsversagen zeigen, das durch axia-

le Druckspannungen aus der Biegebelastung und/oder durch die Schubspannungen aus der Torsions- und der Querkraftbelastung ausgelöst wird.

Die Auslegung einer versteiften Schale ist eine große Herausforderung an den Ingenieur und auch heute mit numerischen Werkzeugen, wie der Finiten-Elemente-Methode, allein nicht zu realisieren. Man ist hier auf die Anwendung von vereinfachten, teils empirisch erarbeiteten Methoden in Kombination mit Erfahrung und vereinfachten analytischen Modellen angewiesen.

1.1. Versagensarten der versteiften Zylinder-schale

Die orthotrope Schale zeigt unter axialer Druckbeanspruchung drei typische Versagensarten (Bild 1), die allgemeine Instabilität, die Teilschaleninstabilität und das örtliche Versagen der Stringerprofile (Crippling).

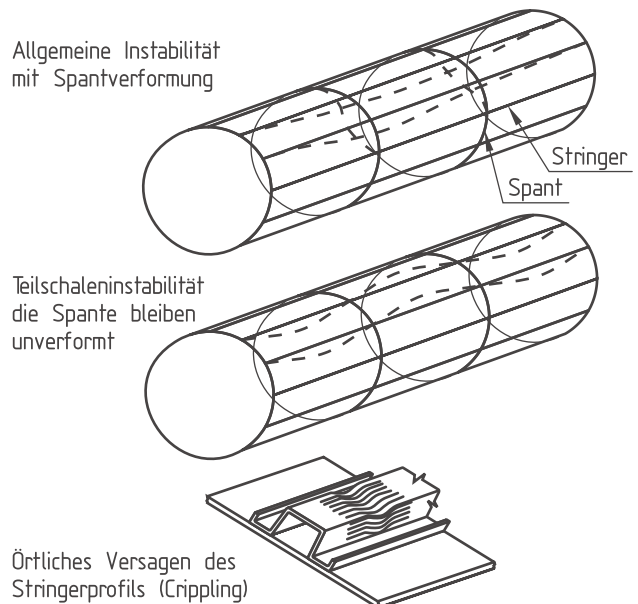


Bild 1: Versagensarten der orthotrop versteiften Schale

Das Beulen der Hautfelder stellt, solange die Versteifungen intakt bleiben, kein Versagen der Schale dar. Es erfolgt eine Spannungsumlagerung von der Haut