

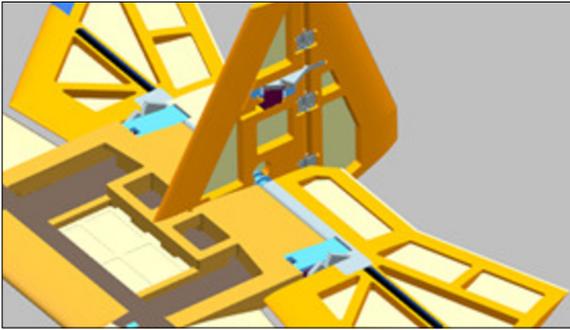


Luca Müller

Diplomand	Luca Müller
Examinator	Prof. Dr. Markus Henne
Experte	Prof. Dr. Michael Niedermeier, Hochschule Ravensburg-Weingarten, Weingarten, BW
Themengebiet	Innovation in Products, Processes and Materials - Industrial Technologies

Sandwichstrukturen mit makroskopischen Kavitäten im Kern

Wegleitung zur Dimensionierung und Optimierung



Leitwerk eines UAV in Sandwichbauweise mit Kavitäten im Kern
Eigene Darstellung

Problemstellung: Bei Sandwichstrukturen können im Kern makroskopische Aussparungen vorgesehen werden, sodass lokal Kavitäten entstehen. Dies bringt neben einer Gewichtsreduktion den Vorteil von zusätzlichem Bauraum mit sich, welcher z.B. durch den Einbau funktionaler Komponenten genutzt werden kann. Während die mechanische Analyse von Sandwichstrukturen mit homogenen Kernen in der Fachliteratur umfassend dokumentiert ist und dem Stand der Technik entspricht, gibt es für Sandwichstrukturen mit makroskopischen Kavitäten keine allgemeingültigen Formeln zur Dimensionierung. Da für die Auslegung derartiger Bauteile bisher aufwendige FE-Analysen durchgeführt werden mussten, besteht das Bedürfnis nach einer analytischen Wegleitung zur Grobdimensionierung sowie einer Methodik zur Optimierung.

Vorgehen: Zur Charakterisierung des mechanischen Verhaltens von Sandwichbalken mit Kavitäten wurden neben theoretischen Betrachtungen umfangreiche Parameterstudien mit FE-Simulationen durchgeführt. Dabei wurde der Einfluss der Materialeigenschaften und geometrischen Proportionen auf die Spannungsverläufe, Verformungen und Instabilitäten untersucht. Basierend auf den theoretischen Grundlagen und den Ergebnissen aus den numerischen Parameterstudien wurden die bekannten analytischen Modelle durch semi-empirisch hergeleitete Formeln erweitert, um so den Einfluss von rechteckigen Kavitäten zu berücksichtigen.

Ergebnis: Als mögliche Versagensarten wurden neben Überschreiten der Festigkeiten in Kern und Deckschichten unzulässig grosse Deformationen sowie Beulen der Deckschichten an den nicht durch den Kern unterstützten Stellen und Beulen von Stegen im Kern ausgemacht. In den Deckschichten treten Primärspannungen aufgrund der Biegemomente, Sekundärspannungen in der Deckschichtebene aufgrund der Querkräfte und Tertiärspannungen durch Flächenlasten auf. Querkräfte führen im Kern zu Schubspannungen, welche an Querschnittsänderungen durch die Kavitäten überhöht werden.

Nebst der Durchbiegung und Durchsenkung des gesamten Sandwichbalkens erfahren die freistehenden Felder in der Deckschicht durch Flächenlasten zusätzliche Durchbiegungen.

Beulen der Deckschichten an den freistehenden Feldern führt zu lokal grossen Deformationen, jedoch nicht direkt zum Kollaps der Struktur. Ein Ausbeulen der Kernstege ist in der Praxis nicht zu erwarten, da die Schaumstrukturen aufgrund der üblichen Fertigungsprozesse nicht ausreichend schlank sind.

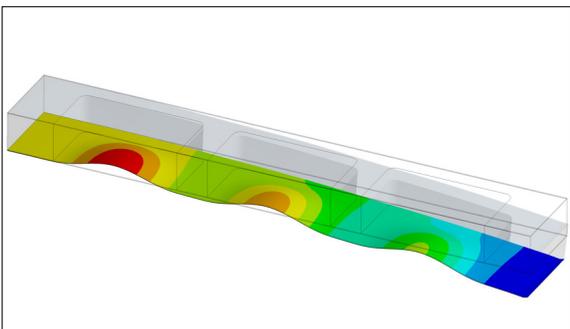
Mit den hergeleiteten Formeln können Sandwichbalken mit rechteckigen Taschen und (quasi-) isotropen Deckschichten dimensioniert werden, wobei die genannten Versagensarten berücksichtigt werden. Die Erkenntnisse aus den FE-Analysen und den hergeleiteten Formeln wurden anhand verschiedener Proben mit 4-Punkt-Biegeversuchen überprüft.

Das entwickelte Matlab-Programm zur Optimierung von Sandwichbalken hinsichtlich verschiedener Zielgrössen und für verschiedene Lastfälle nutzt einen evolutionären Algorithmus.

Steifigkeit	Festigkeit	Instabilität
 Unzulässig grosse Verformung [1]	 Deckschichtversagen [1]	 Deckschichtbeulen an freien Feldern
	 Kern-Querschubversagen [1]	 Beulen der Kernstege

Versagensarten von Sandwichstrukturen mit makroskopischen Kavitäten im Kern

[1] Friedrich, H. E. 2017. Leichtbau in der Fahrzeugtechnik.



Beulen der freistehenden Felder in der druckbeanspruchten Deckschicht eines Sandwichbalkens mit quadratischen Kavitäten
Eigene Darstellung