

Schwingungsgerechter Entwurf von Sicken

R. Helfrich, J. Müller

INTES GmbH, Stuttgart

1 Einführung

Die Formoptimierung wird neben der Topologie-Optimierung und der Dimensionsoptimierung (wie für Blechdicken) für die Optimierung von Bauteilen eingesetzt (siehe [1]). Unter Formoptimierung versteht man dabei Optimierungsverfahren, bei denen die Knotenkoordinaten eines Finite-Elemente (FE)-Netzes verändert werden, um z.B. die Steifigkeit zu erhöhen oder Spannungen zu reduzieren. Solche Koordinatenänderungen können zur Änderung der Geometrie eines Bauteils führen (wie die Änderung von Radien zur Spannungsreduktion), zur Lageänderung von Bauteilen (wie die optimale Lage von Schrauben oder Rippen) oder zur Generierung von Sicken bei dünnwandigen Bauteilen. Da das Ausgangsbauteil keine Versickung aufweist spricht man eher von Sickengenerierung als von Sickenoptimierung.

Bei dünnwandigen Bauteilen wie Blechen im Karosseriebau oder Kunststoffbauteilen werden häufig Versickungen verwendet, um die Teile biegesteifer zu gestalten. Damit wird die Steifigkeit der Gesamtstruktur erhöht ohne die Masse wesentlich zu verändern. Dadurch ist bei Finite-Elemente (FE)-Berechnungen eine Optimierungsfragestellung formulierbar, welche z.B. die Verschiebung von Eigenschwingungsformen einer Struktur hin zu höheren Frequenzen zum Ziel hat unter der Vorgabe von Eigenschaften der erzeugten Sicken wie ihrer Höhe und Breite. Nebenbedingungen wie Symmetrie oder Ausformungsrichtung müssen zusätzlich berücksichtigt werden.

Die Sickengenerierung wird anhand eines Beispiels eingeführt und die dazu erforderlichen Methoden werden vorgestellt. Am Beispiel eines Kunststofftanks werden vor allem Schwingungsfragestellungen für die Sickengenerierung herangezogen.

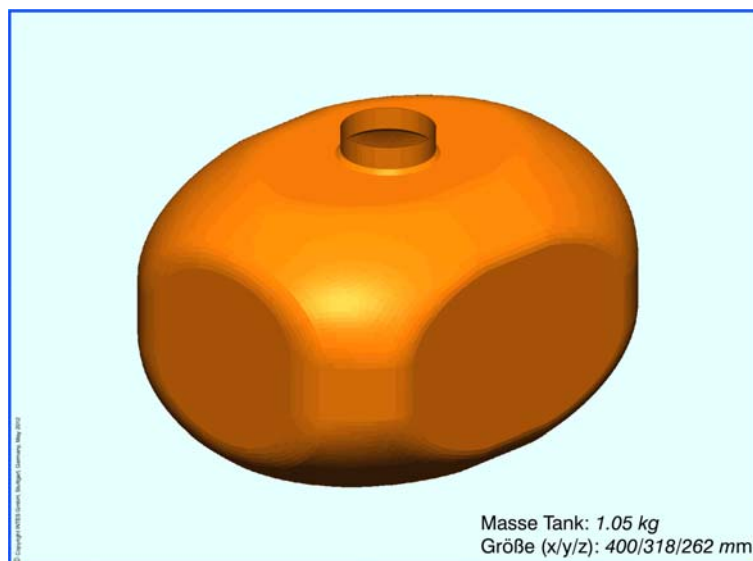


Abb. 1: Modell eines Kunststofftanks

2 Modell eines leeren Kunststofftanks

Kunststofftanks werden häufig wegen ihrem geringen Gewicht und ihrer leichten Formbarkeit als Gussbauteil eingesetzt. Abb. 1 zeigt einen solchen Tank, der zunächst keinerlei Sicken aufweist, aber durch eine nachfolgende Sickengenerierung entsprechend ausgesteift werden soll, um die untersten Eigenfrequenzen anzuheben.

Der zunächst leere Tank wird mit Schalenelementen modelliert. Er ist am unteren Flansch eingespannt. Die zwei ersten Eigenfrequenzen entsprechen den Schwingungen um die Längs- und Querachse des Tanks und liegen bei 6 bzw. 8 Hz.

Für die Sickengenerierung legt man zunächst den Strukturbereich (Entwurfsbereich) fest, wo die Sicken entstehen sollen (siehe weißer Bereich im linken Bild in Abb. 2). Außerdem wird eine doppelte Symmetrie für das Sickenbild gefordert. Die Sickenhöhe wird auf 10mm begrenzt, die Sickenbreite auf mindestens 10mm festgelegt. Insgesamt soll der Versenkungsgrad bei 35% liegen. Dieser gibt den Flächenanteil des Entwurfsbereichs an, welcher für Sicken verwendet werden soll.

Die damit durchgeführte Optimierungsberechnung führt zu einer deutlichen Erhöhung der ersten beiden Eigenfrequenzen auf knapp 16 Hz (siehe Abb. 3). Das dabei entstandene Sickenbild ist aus Abb. 2 ersichtlich.

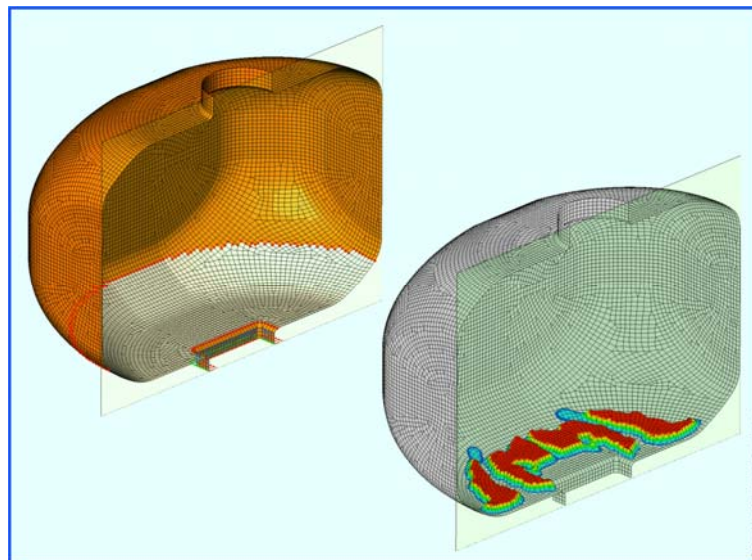


Abb. 2: Sickenbereich und Sickenbild mit höheren Eigenfrequenzen des leeren Tanks

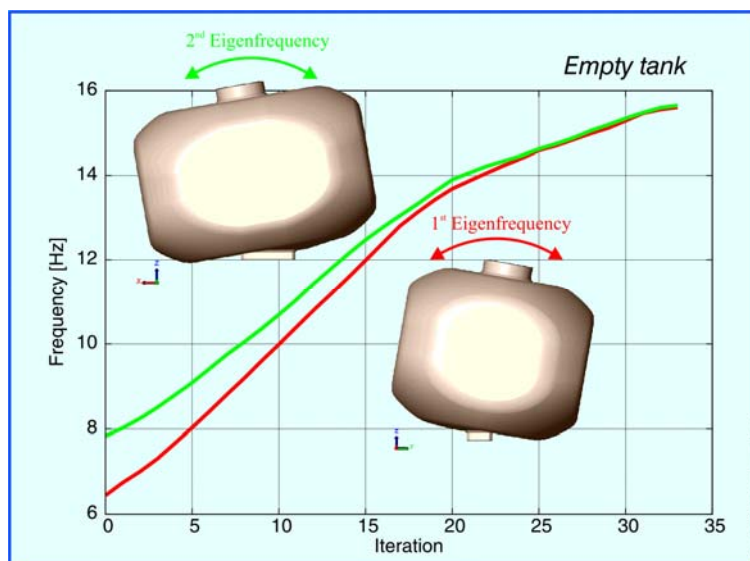


Abb. 3: Verlauf der Eigenfrequenzen des leeren Tanks während der Optimierung

3 Elementqualität

Am Rande der entstehenden Sicken werden die Schalelemente sehr stark verzerrt. Wenn man für diese Situation in der Optimierung keine Vorkehrungen trifft, dann wird die Optimierung wegen schlechter Elementqualität abbrechen oder die Ergebnisse werden fragwürdig. Deshalb wurde hier mit einer neuen Entwurfsrandbedingung gearbeitet, welche die Elementqualität als kontinuierliche Größe abbildet. Damit kann in der Optimierung erzwungen werden, dass die Elementqualität zu keinem Zeitpunkt schlechter (bzw. größer) als ein vorgegebener Wert wird (hier wurde der Wert auf 0.8 begrenzt). Abb. 4 zeigt den Verlauf der Elementqualität während der Sickengenerierung. Während am Anfang die schlechteren Elemente außerhalb des Sickenbereichs liegen, sind später, wie zu erwarten, die schlechtesten Elemente im Sickenbereich zu finden. Trotzdem bricht die Optimierung nicht ab, weil alle Elemente eine hinreichende Qualität aufweisen.

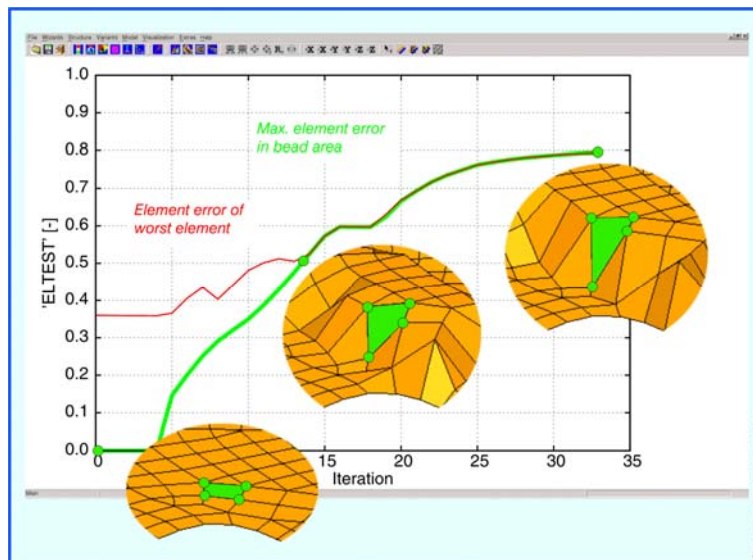


Abb. 4: Verlauf der Elementqualität während der Sickengenerierung

4 Der halbvoller Tank

Die Sickengenerierung des leeren Tanks war zwar erfolgreich, aber die Frage ist natürlich, inwieweit sich das Sickenbild ändern wird, wenn man einen gefüllten Tank betrachtet. Dazu wurde der Tank halb mit Wasser gefüllt (siehe Abb. 5). Zur Vernetzung des Fluids und zur gekoppelten Berechnung von Struktur und Fluid sei hier auf [2] verwiesen.

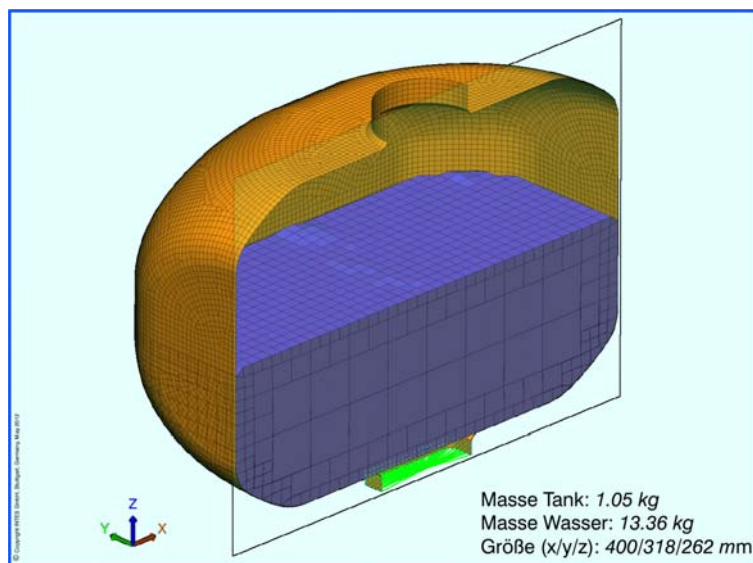


Abb. 5: Modell des mit Wasser halb gefüllten Tanks

Der Wasserstand beeinflusst natürlich die Eigenfrequenzen in massiver Weise. Abb. 6 zeigt das sich ergebende Sickenbild, das sich nicht wesentlich von dem aus Abb. 2 unterscheidet. Allerdings unterscheiden sich die Eigenfrequenzen, wie man in Abb. 6 sieht, wo die Sicken zu einer Erhöhung der Eigenfrequenzen von ca. 3,5 Hz auf ca. 7 Hz führen.

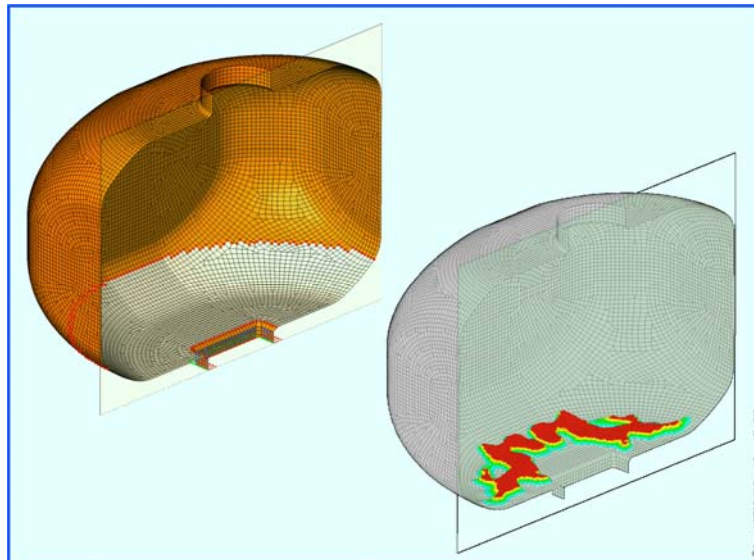


Abb. 6: Sickenbereich und Sickenbild für höhere Eigenfrequenzen des halbvollen Tanks

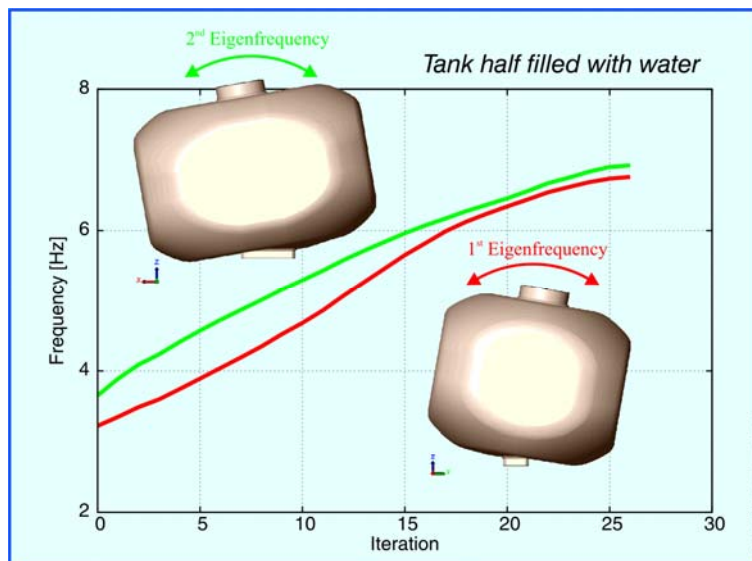


Abb. 7: Verlauf der Eigenfrequenzen des halbvollen Tanks während der Optimierung

5 Ausblick

Die Lage der Eigenfrequenzen ist eine häufige Optimierungsaufgabe. Aber auch das Schwingungsverhalten an der Oberfläche, wie es sich durch die Schallabstrahlung abbildet ist für solche Tanks ein wesentlicher Faktor. Die Erweiterung der Sickengenerierung auf das Antwortverhalten im Frequenzbereich ist daher ebenfalls von Interesse.

6 References

- [1] Heiselbetz, U., Müller, J.: „Weight Optimization of a Gear Wheel Considering the Manufacturing Process and Cyclic Symmetry“, Proceedings 9th Stuttgart International Symposium „Automotive and Engine Technology“, 24-25 March 2009
- [2] Helfrich, R: “From Dynamic Model to Acoustic Results”, Proceedings NAFEMS World Congress 2009, 16-19 June 2009