Untersuchung des Tragverhaltens von Aluminium-Verbundplatten

Universität Karlsruhe (TH)

Diplomarbeit von Bernd Herz
in Zusammenarbeit mit **ALCAN Singen GmbH**

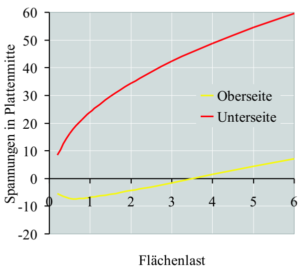
BAUSTATIK

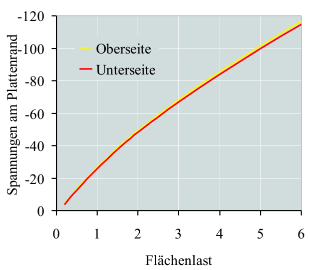
Allgemeine Grundlagen

Bei den hier untersuchten Platten handelt es sich um Aluminiumverbundplatten mit einer Dicke von bis zu 10 mm und einer Stärke der Deckbleche von $\sim 0,5$ mm.
Die Platten werden hauptsächlich als großflächige, rechtwinklige Fassadenplatten verwendet. Sie erreichen bei den nach den Regeln der Technik anzusetzenden Windlasten oft Feldmittendurchbiegungen, die das Vielfache ihrer Dicke erreichen. Daher ist es erforderlich das Gleichgewicht am verformten System aufzustellen und bei den Verträglichkeitsbedingungen Anteile aus nichtlinesrer Geometrie zu berücksichtigen.

Nichtlineares Tragverhalten

Das nichtlineare Verhalten einer unter Flächenlast stehenden Aluminiumverbundplatte zeigt interessante Besonderheiten. In den beiden unten dargestellten Diagrammen kann man gut das Verhalten einer von oben belasteten quadratischen Platte erkennen. Bei der Betrachtung der Spannungen auf der Oberseite der Platte sieht man, wie sich mit steigender Belastung zunehmend Zugspannungen aufbauen – sich also in Plattenmitte eine Membrane ausbildet. Gewissermaßen als Ersatz bildet sich mit zunehmender Belastung in einer quadratischen Platte am Rand ein Druckring aus.
Das tatsächliche Tragverhalten dieser dünnen Aluminiumverbundplatten liegt also irgendwo zwischen der linearen Theorie und der Membrantheorie.





Theorie dünner Platten mit großen Durchbiegungen

von Kármánsche Plattendifferentialgleichung für dünne Platten mit großen Durchbiegungen:

$$K\Delta\Delta w = L(w,\Phi) + q,$$
$$\frac{1}{Eh}\Delta\Delta\Phi = -\frac{1}{2}L(w,w)$$

mit

$$L(f,g) = f_{,11}g_{,22} + f_{,22}g_{,11} - 2f_{,12}g_{,12}$$

Eine analytische Lösung dieser Differentialgleichung ist nur schwer möglich. Mit dem Näherungsansatz von Galerkin erhält man für eine quadratische, gelenkig verschieblich gelagerte Platte folgende Näherungslösung.

$$\frac{q_0 a^4}{Eh^4} = \frac{\pi^6}{16}\left(\frac{1}{3(1-\nu^2)}\frac{w}{h} + 0.0649\left(\frac{w}{h}\right)^3\right)$$

Näherungslösung für Sandwichplatten

Eine weitere Lösung der von Kármánschen Differentialgleichung gibt auch Bareš an. Ein Vergleich der beiden Näherungslösungen ergibt:

$$\frac{16qb^4}{\pi^6 K} = (1+\gamma^2)^2 w + 1.972\gamma^2\frac{(1-\nu^2)w^3}{(\gamma^2+0.6+\gamma^{-2})h^2}$$

In Gl.(2) bei Sundara [Int. Journal of Nonlinear Mechanics, Vol.1, page 110] steht der Term h/K vor dem Ausdruck der die gerichteten Membrankräfte für das Gleichgewicht an einer differentiell kleinen Platte bilanziert (h = Querschnittshöhe). Beim Sandwichelement ist h durch die Summe der beiden Deckblechdicken $2t$ zu ersetzen, da der PE-Kern wegen seinem geringen E-Modul für die Biegetragwirkung vernachlässigt werden kann. Vergleicht man nun den Wert h/K der Vollplatte mit dem der Sandwichplatte und setzt sie gleich, erhält man durch Einsetzen in die Gleichung oben eine Näherungslösung für Sandwichplatten.

$$\frac{16qb^4}{\pi^6 K} = (1+\gamma^2)^2 w + 3.944\gamma^f\frac{(1-\nu^2)w^3 t}{(\gamma^2+0.6+\gamma^{-2})(h^3-(h-2t)^3)}$$

Zur Kontrolle der Näherungslösung wurde die Gleichung mit zwei Bauteilversuchen (BTV11 und BTV12) und einer Berechnung mit dem FEM-Programm von SOFiSTiK verglichen.