



Diplomand
Dozent
Projektpartner
Experte
Themengebiet

Steiner Simon
Dipl. Ing. ETH De Angelis Marco
DeltaZERO AG
Dr. Mastrogiacomo Giovanni
Produktentwicklung & Mechatronik

Aktiver Doppelboden

Ausgangslage

Die Firma DeltaZERO beschäftigt sich als Architektenbüro seit Jahrzehnten mit innovativen Technologien insbesondere im Bereich energieeffizienten Gebäude. Bei modernen Gebäuden (auch im Wohnbereich) ist der Doppelboden hoch im Kurs. Er ermöglicht extreme Flexibilität bei der Raumgestaltung und wird sich zunehmend durchsetzen. DeltaZERO hat genaue Vorstellungen wie ein aktiver Doppelboden - der Heizung und Kühlung integriert - aussehen sollte, kann ihn aber nicht am Markt finden.

Ziel ist es, diese Ideen in technisch durchdachten Lösungsvorschlägen zu konkretisieren.



Abb. 1: Bereits vorhandener Doppelboden von DeltaZERO AG

Vorgehen

Die Arbeit unterteilt sich in die drei Phasen: Analysieren, Konzipieren und Entwerfen. Mit Hilfe von Recherchen und diverser Berechnungen konnte die Funktionalität und ausreichende Steifigkeit des Doppelbodens nachgewiesen werden. Einige Beispiele der Vorgehensweise sind nachfolgend aufgelistet:

- Genaue Analyse des bereits vorhandenen Doppelbodens von DeltaZERO AG (Abb. 1);
- Erarbeiten von unterschiedlichen möglichen Lösungsvarianten für einen innovativen Doppelboden;
- Berechnungen zum Steifigkeitsnachweis anhand verschiedenen Plattenmodellen (Abb. 2);
- Versuche mit der Finite Element Method FEM (Abb. 3);
- Optimierung des Steifigkeit/Kosten-Verhältnisses.

Die zentralen Bestandteile der Arbeit lagen in einer umfangreichen Marktrecherche, einer detaillierten Lösungsfindung sowie einem ausführlichen Steifigkeitsnachweis der Platten des Doppelbodens.

Biegesteifigkeit	Deckschicht	STARTYP	MINIMALE SCHUBKRAFT	MINIMALES BEGEMOMENT	DURCHFÜHRUNGS Koeffizient	SCHUBBEHÄLTUNGSKoeffizient
$D = E_t \cdot t_t \cdot \frac{h^2 \cdot b}{2}$	Wabenkern: $G_D = G_W$ (kleinerer Wert)	$P = q \cdot b$ Einfache Lagerung	F	M	δ	δ
Schubsteifigkeit $S = b \cdot h \cdot G_C$	$\delta = \text{Biegedehnung} + \text{Schubdehnung}$	Gleichförmige Belastung	P	P	1	1
Durchbiegung $\delta = \frac{K_b \cdot P \cdot l^3}{D} + \frac{K_s \cdot P \cdot l}{S}$	M: Biegemoment	$P = q \cdot b$ Beide Enden befestigt	P	P	1	1
Deckschichtspannung $\sigma_t = \frac{M}{h \cdot t_t \cdot b}$		Einfache Lagerung	P	P	1	1
Schubspannung Kern $\tau_c = \frac{F}{h \cdot b}$		Mittige Belastung	P	P	1	1
		Beide Enden befestigt	P	P	1	1
		Mittige Belastung	P	P	1	1
		Beide Enden befestigt	P	P	1	1
		Gleichförmige Belastung	P	P	1	1
		Hebelarm, eine Kante eingeprengt	P	P	1	1
		Gleichförmige Belastung	P	P	1	1
		Hebelarm, eine Kante eingeprengt	P	P	1	1
		Beimarm, eine Kante eingeprengt	P	P	1	1
		Einfache Lagerung	P	P	1	1

Abb. 2: Vorgehen der Berechnung mit dem Plattenmodell „einfach gelagerte Platte“

Ergebnis

Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag stark auf den Paneelplatten des Doppelbodens und dessen Steifigkeitsnachweises. Anhand dessen rückte der Fokus auf den gesamten Doppelboden eher ein wenig in den Hintergrund. Jedoch ist es mit den erreichten Erkenntnissen möglich, einen kompletten Doppelboden, der die geforderten Funktionen erfüllt, zu realisieren. Die detaillierte Dokumentation eignet sich für kommende Arbeiten in denen dieses Projekt weitergeführt und beendet werden kann.

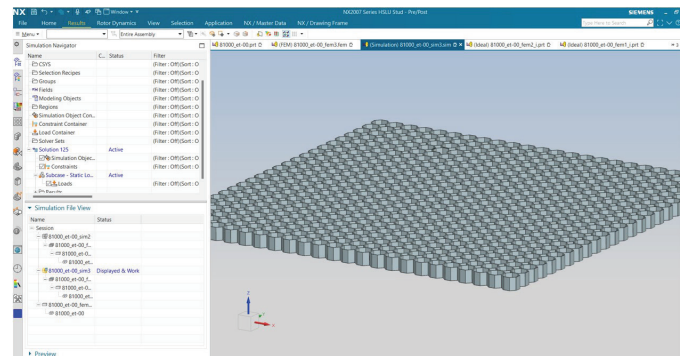


Abb. 3: Versuch einer FEM Analyse, Wabenkonstruktion