

Institut für Mechanik

Dynamische Simulation von Impakt-Belastungen auf vorgespannte CFK-Platten

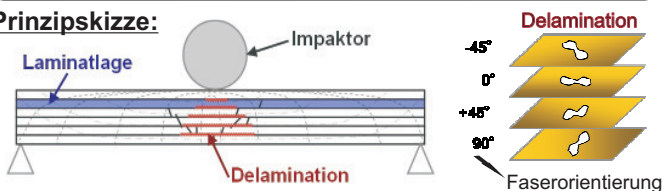
Diplomarbeit Sven Heller

Motivation

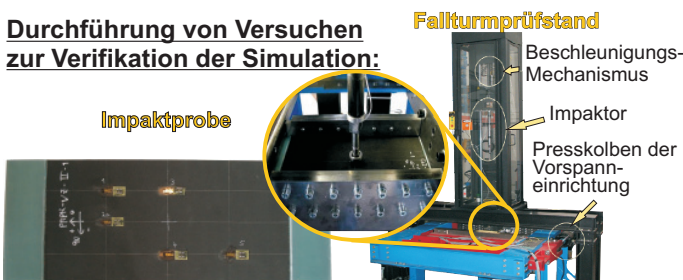
- Impakt ist ein wichtiger Lastfall im Flugzeugbau
 - Vogelschlag
 - Steinschlag bei Start und Landung
 - Aufprall von Werkzeugen bei Wartungsarbeiten
- Durch Impakt hervorgerufene Delaminationen sind schwer feststellbar, reduzieren aber Steifigkeit und Festigkeit
- Der aktuelle Spannungszustand des impactierten Bauteils beeinflusst den Impaktschaden
- Aufschluss über Spannungsverteilung und Schädigungsfortschritt während des Impakts gesucht

Vorgehen

Prinzipskizze:



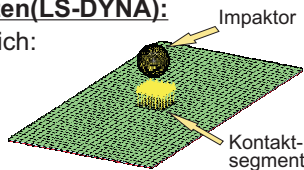
Durchführung von Versuchen zur Verifikation der Simulation:



Simulation mit Finiten Elementen (LS-DYNA):

Vergleich mit Versuchen hinsichtlich:

- Schadensbild (Delamination, Faser-, Matrixbrüche)
- Kraft- und Energie-Zeit Verlauf während des Impakts



Experiment

Probenaufbau:

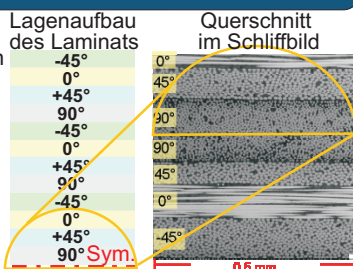
24 Lagen, ges. Dicke ca. 2,7 mm

Versuchsaufbau:

Ein Teil der Proben wird vor dem Impakt auf 80% der Beullast vorgespannt, der andere wird spannungsfrei impactiert.

Impaktenergie:

$0,5 \cdot 1,85 \text{ kg} \cdot (6,5 \text{ m/s})^2 = 40 \text{ J}$

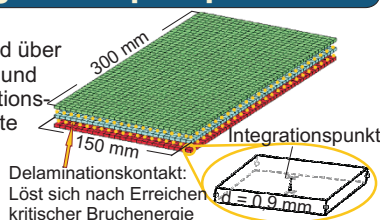


Modellierung der Impaktprobe

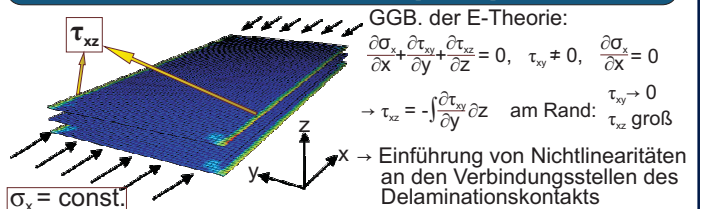
Kombination aus:

„Stacked Shell“ (gestapelte und über Kontakt verbundene Schalen) und „Layered Shell“ (durch Integrationspunkte über die Dicke simulierte Laminatlagen)

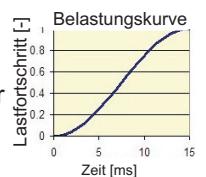
Erhöhung der Stabilität durch begrenzte Schalenanzahl



Vordrücken der Impaktprobe



- Instabilitäten bei statisch impliziter Lastaufbringung
- Dynamische Analyse mit explizitem Löser
- Glatte Belastungskurve zur Vermeidung von Schwingungsartefakten



Stoffgesetz (intralaminar)

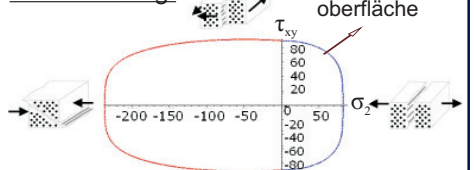
Schub- und Normalspannungs-kopplung:

Nach Erreichen der Versagensoberfläche zunächst plastische Verformung

Versagen nach Erreichen von Dehnungskriterien

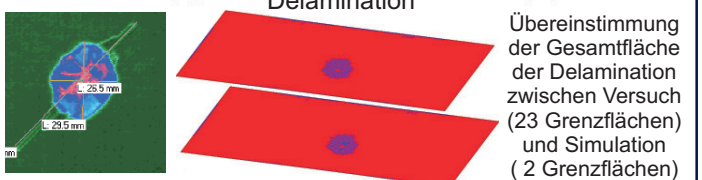
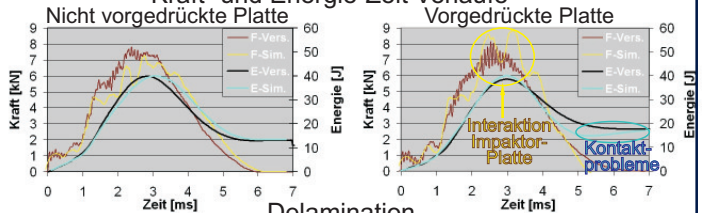
Faserrichtung:

Matrixrichtung:



Ergebnisvergleich

Kraft- und Energie-Zeit Verläufe



Erkenntnisse

Bei Simulation ohne Delamination (1 Schale) kaum Energiedissipation. Korrekte Abbildung erfordert feine Netze.

► Hohe Lokalität

- Kontakt (Impaktor-Platte) muss „sehr weich“ eingestellt werden - größere Toleranz bei feineren Netzen
- Einseitige Kontaktabfrage, sonst bleibt Impaktor „hängen“
- Energiedissipation nur mit Delaminationskontakt abbildbar
- Vordrücken bei Platten mit Delaminationskontakt mit dynamischem (explizitem) Löser stabiler, als mit statischem (implizitem)

