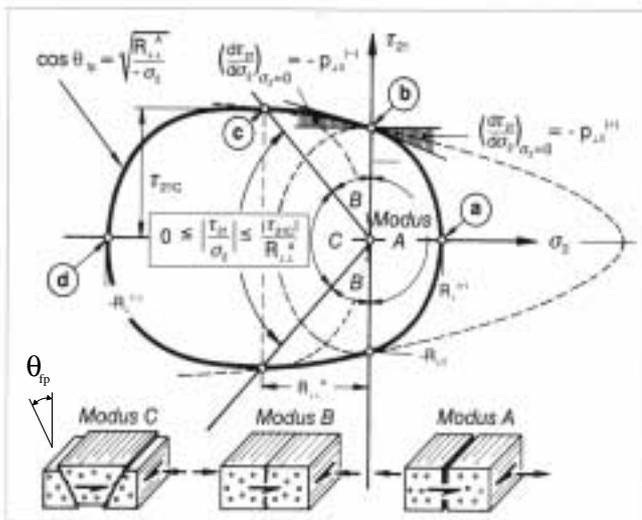


## Motivation

Faserverstärkter Kunststoff wird als moderner Werkstoff seit vielen Jahren in den unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt. Seine großen Vorteile liegen in der hohen Festigkeit, dem geringen Gewicht und der individuellen Gestaltungsmöglichkeit. Um das vorhandene große Potenzial noch besser ausschöpfen zu können, ist es allerdings notwendig, das Bruchgeschehen im Material genauer voraussagen zu können. Dazu wird in dieser Arbeit ein Degradationsmodell erstellt und in das FE-Programm ABAQUS implementiert.

## Das Degradationsmodell

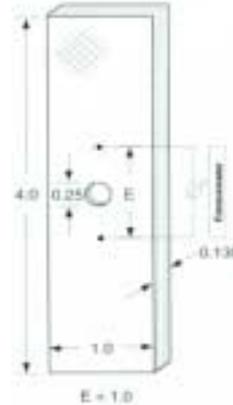
- Degradation = Reduktion der Steifigkeiten und der Querdehnzahl in geschädigten Bereichen
- Verwendung eines klassischen Schalenmodells, d.h. keine Spannungen in Dickenrichtung, keine Effekte wie Free-Edge-Effect und Delamination erfasst
- Betrachtung von unidirektionalen (UD-) Laminatschichten ermöglicht eine Trennung der Analyse in Faserrichtung und Querrichtung
- Verwendung von Bruchkriterien nach A.Puck:
  - Faserrichtung: Bruchdehnungskriterium
  - Querrichtung:
    - \* Mikrorisse → nichtlineares Materialverhalten
    - \* Makrorisse → Modus A, B und C



Bruchkurve für  $\sigma_1 = 0$

- Berücksichtigung der Belastungsgeschichte  
→ Simulation von Lastpfaden möglich

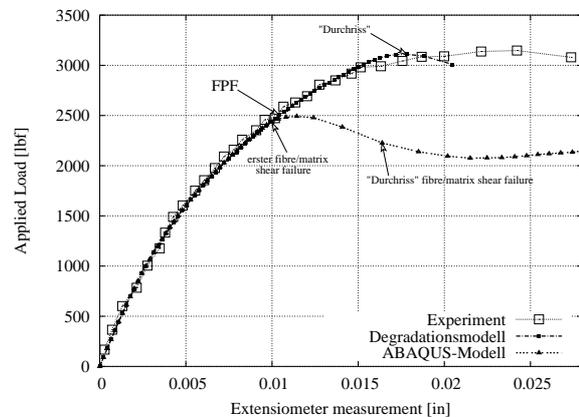
## Beispiel: Lochplatte unter Druck



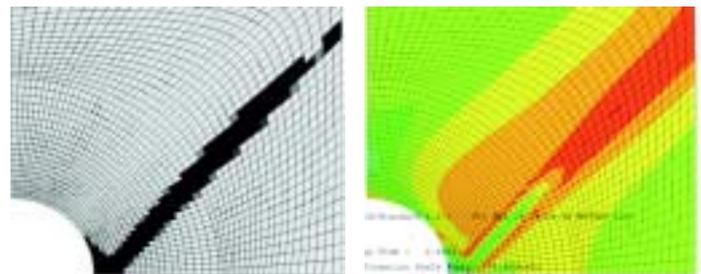
Das Laminat besitzt einen Schichtaufbau  $[(-45/+45)_6]_s$ , gemessen wird die aufgebrachte Drucklast in Plattenlängsrichtung und die Extensiometerschiebung. Sie wird für die FE-Berechnung mit 4-Knoten-Schalenelementen mit Laminataufbau modelliert.

## Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse stimmen im Vergleich zu einem einfacheren Degradationsmodell (ABAQUS-Modell) sehr gut mit den Versuchsergebnissen überein:



Die Last kann nach Auftreten des ersten Makrorisses (First Ply Failure=FPF, Bemessungskriterium im Flugzeugbau) noch um ca. 30% gesteigert werden. Dies ist noch ungenutztes Potenzial.



links: Schädigungszustand nach Modus B (v.a. Schub) bei Maximallast; rechts: Spannungsverlust in geschädigten Bereichen infolge Steifigkeitsdegradation