

Charakterisierung und Modellierung von kurzfaserverstärkten Kunststoffen

Teil 2: Simulationsmethoden mit LS-DYNA

J. Schöpfer (Daimler AG), F. Becker (Deutsches Kunststoff-Institut);

Prof. M. Maier (TU Kaiserslautern); Prof. S. Kolling (FH Gießen)



Charakterisierung und Modellierung von kurzfaserverstärkten Kunststoffen




Teil 2: Simulationsmethoden in LS-Dyna

Julian Schöpfer (Daimler), Dr. Florian Becker (DKI),
Prof. Dr. Stefan Kolling (DKI, FH-Giessen), Prof. Dr. Martin Maier (IVW, TU-Kaiserslautern)



Inhalt

- Einleitung
 - Problemstellung, Darstellung der Werkstoffeigenschaften
 - Modelle in der nichtlinearen (Crash-)Simulation in LS-Dyna
- Ermittlung von Faserorientierungen
- Charakterisierung mechanischer Eigenschaften
- Aufbau und Anpassung von Simulationsmodellen
- Validierung der Simulationsmodelle in Bezug auf die Charakterisierung
- Versuche an Probekörpern und Vergleich der Simulationsmethoden
- Zusammenfassung und Bewertung

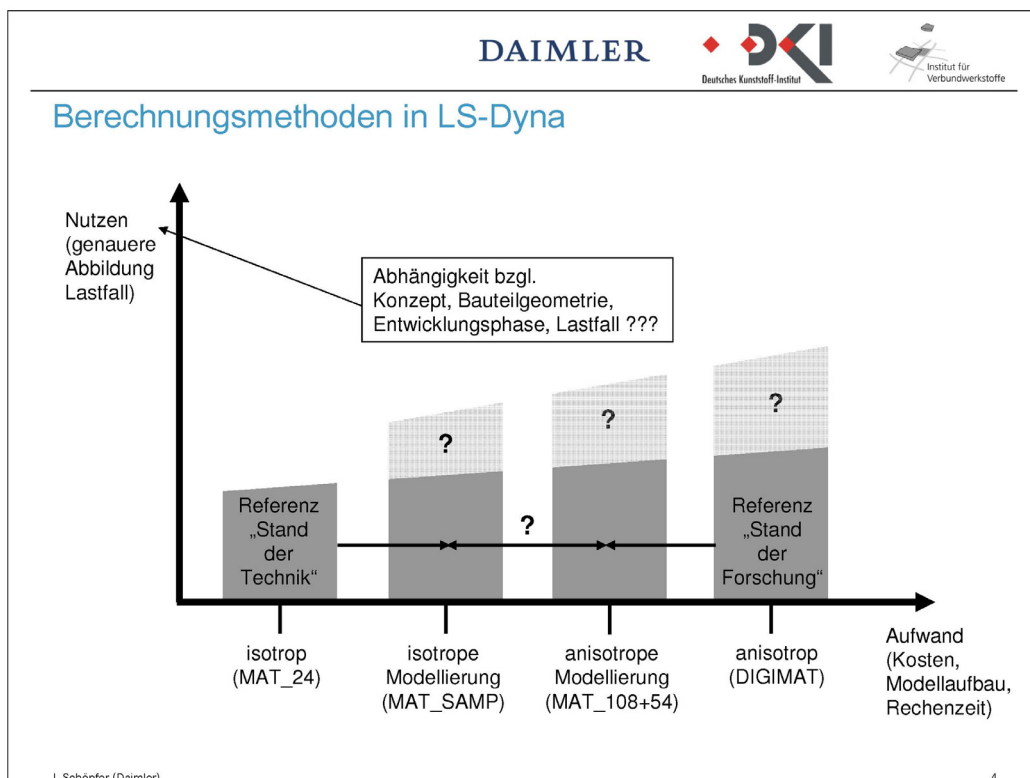







Eigenschaften/Einflussfaktoren kurzfaserverstärkter thermoplastischer Verbundwerkstoffe

- Einfluss von Produktionsprozessparametern im Spritzgussverfahren (Faserorientierung → lokale Anisotropie, Binde- und Fließnähte, Maßhaltigkeit, thermisch bedingte Eigenspannungen, Lufteinschlüsse)
- viskoelastisch-viskoplastisches Materialverhalten (Verfestigung und Versagen mit hoher Dehnratenabhängigkeit)
- unterschiedliches Verhalten unter Zug-, Druck- und Schubbelastung (speziell im Versagensverhalten)
- Einfluss der Umgebungfeuchte auf mechanische Eigenschaften
- Einfluss der Umgebungstemperatur auf mechanische Eigenschaften

→ Spezielle Methoden der Charakterisierung und Modellierung sind nötig, um das Verhalten in der Simulation abbilden zu können.

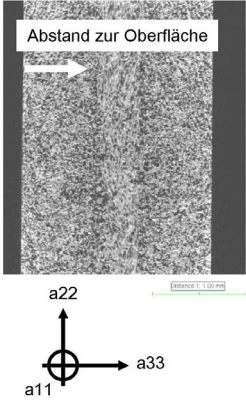
J. Schöpfer (Daimler) 3



Experimentelle und rechnerische Ermittlung von Faserorientierungen PA6GF60

- experimentelle Ermittlung mit CT-Aufnahmen (Auswertung nur zwei-dimensional möglich!)
- rechnerische Ermittlung mit Moldflow



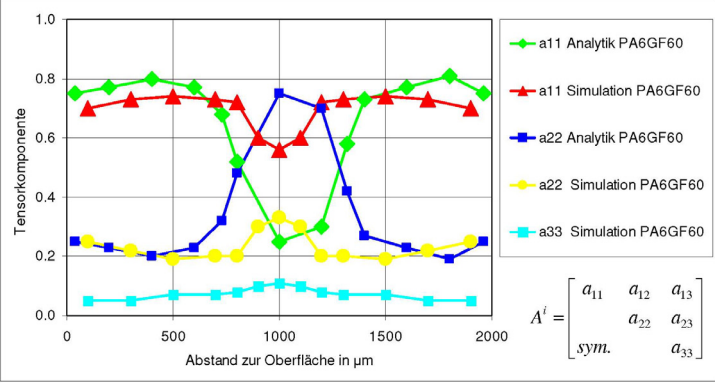
Abstand zur Oberfläche

a22

a33

a11

J. Schöpfer (Daimler)






Tensorkomponente

Abstand zur Oberfläche in µm

◆ a11 Analytik PA6GF60
▲ a11 Simulation PA6GF60
■ a22 Analytik PA6GF60
● a22 Simulation PA6GF60
■ a33 Simulation PA6GF60

$$A^i = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ & a_{22} & a_{23} \\ sym. & & a_{33} \end{bmatrix}$$

5

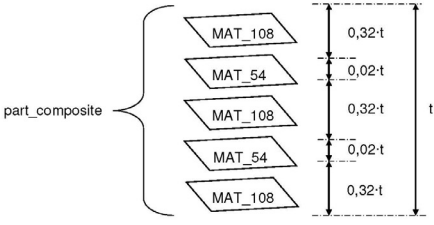
Rechenmodell MAT_108 + 54

MAT_108 (orthotrop elastisch-plastisch, Fließkriterium nach Hill)

$$\sigma_{eq} = \sqrt{F \cdot (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + G \cdot (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + H \cdot (\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + 2 \cdot L \cdot \sigma_{23}^2 + 2 \cdot M \cdot \sigma_{31}^2 + 2 \cdot N \cdot \sigma_{12}^2}$$

MAT_54 (orthotrop elastisch, Versagenskriterium nach Chang)

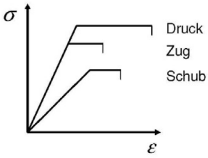
$$e_f^2 = \left(\frac{\sigma_{aa}}{X_t} \right)^2 + \beta \cdot \left(\frac{\sigma_{ab}}{S_c} \right) - 1$$



part_composite

Aufbau hat keinen Zusammenhang mit dem zuvor ermittelten Schichtaufbau!

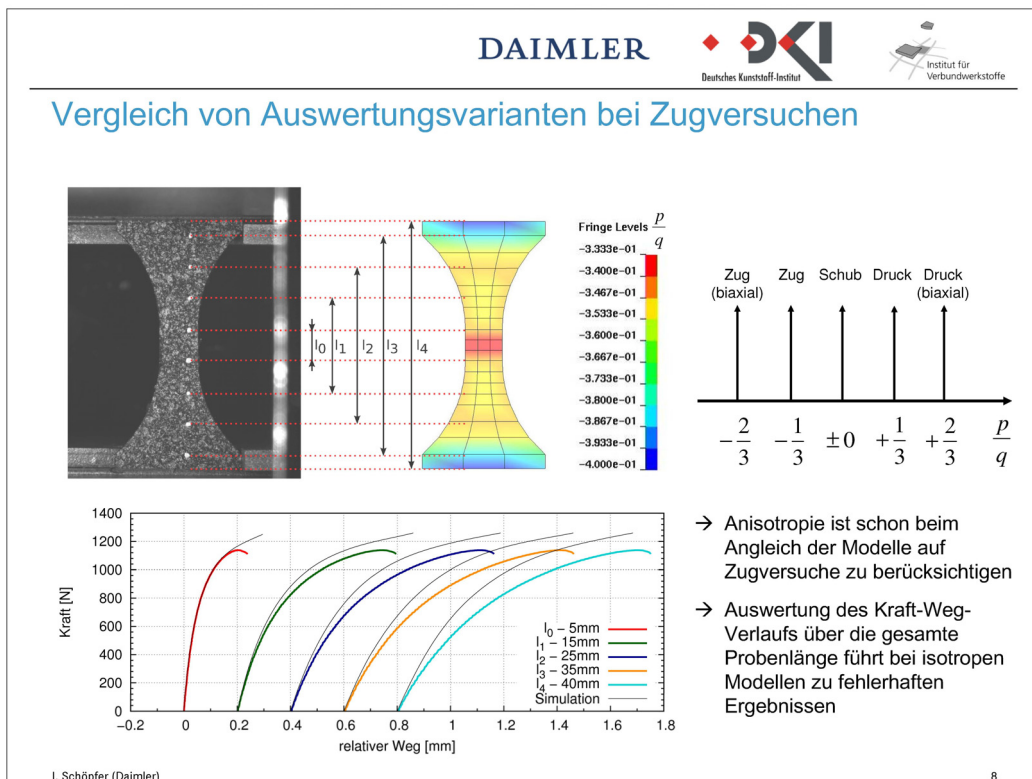
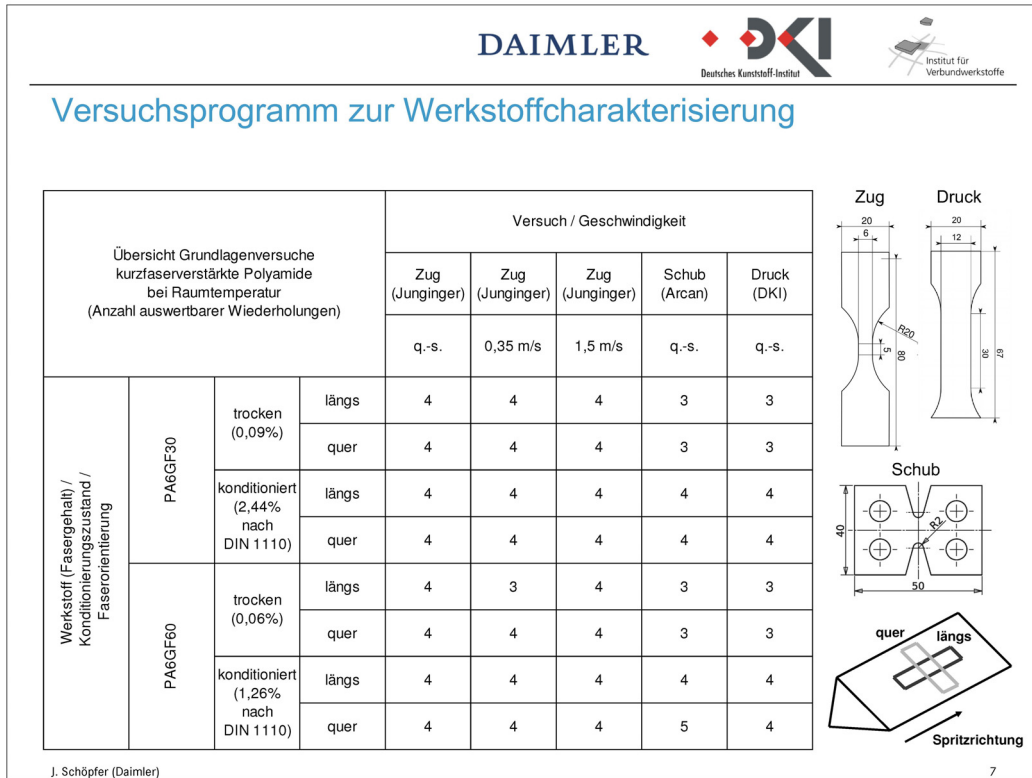
J. Schöpfer (Daimler)

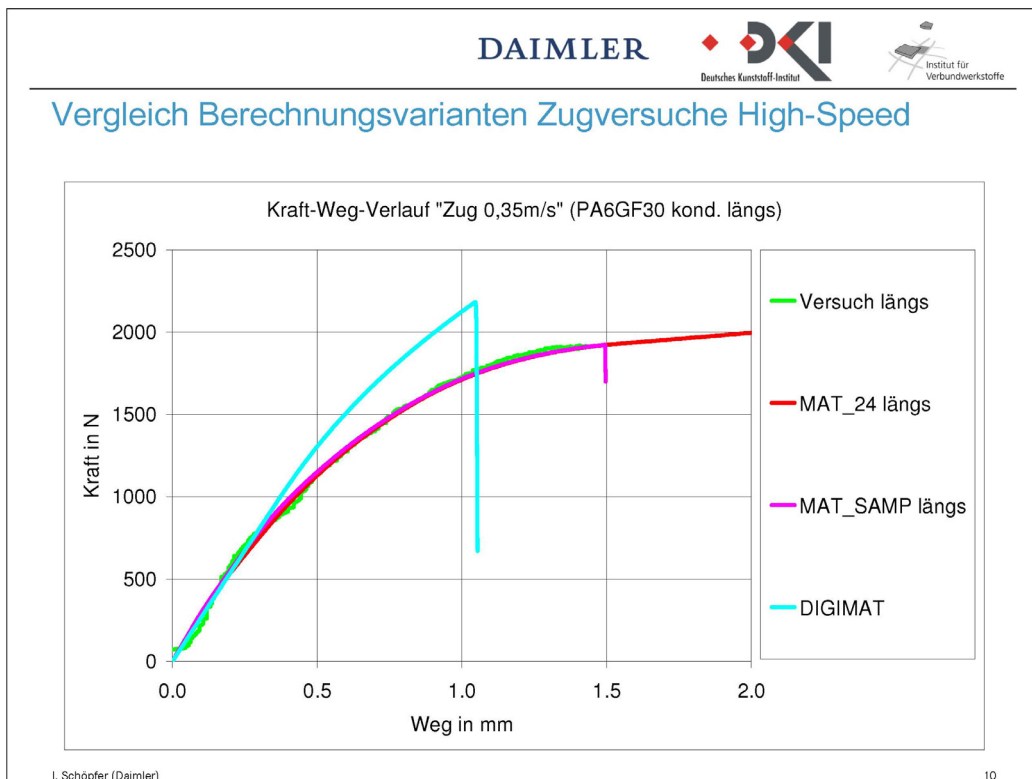
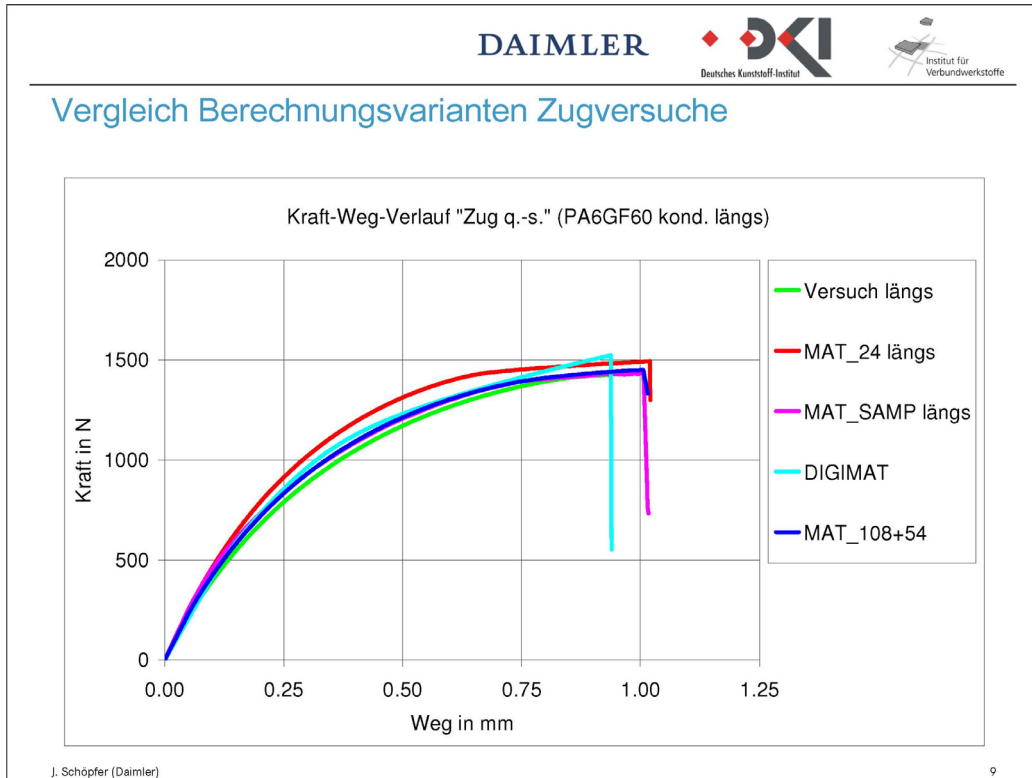


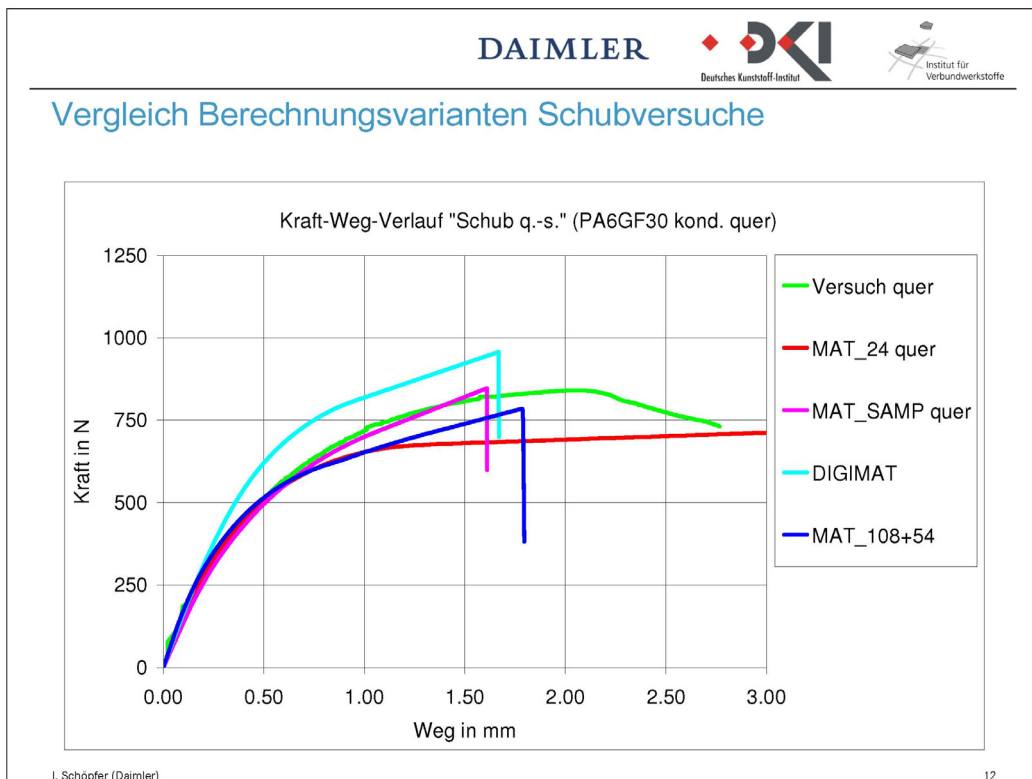
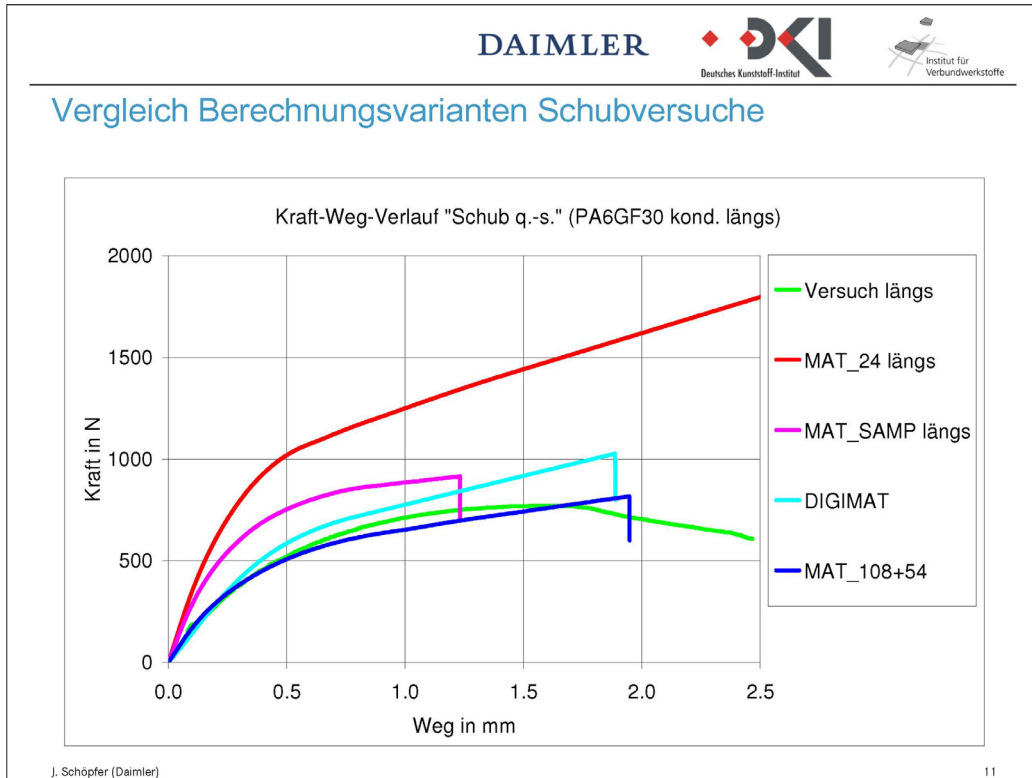
- Bauteil muss nach Interpretation einer Spritzgußsimulation per Hand über MID's in „Orientierungsbereiche“ eingeteilt werden
- Orientierung wird über Wandstärke gemittelt
- MAT_108 steuert Elastizität und Plastizität (Einfluss der Orientierung wird über Hill-Parameter gesteuert)
- MAT_54 steuert anisotropes Versagen




→ makroskopisch anisotrope Rechenmethode

6




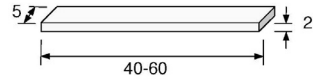
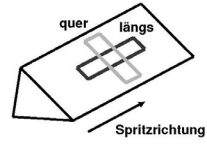








Versuchsprogramm Biegeversuche „Impetus“

Übersicht Biegeversuche "Impetus" kurzfaserverstärkte Polyamide bei Raumtemperatur (Anzahl auswertbarer Wiederholungen)				Versuch / Geschwindigkeit		
				Biegung (Impetus)	Biegung (Impetus)	Biegung (Impetus)
				1,0 m/s	2,5 m/s	4,0 m/s
Werkstoff (Fasergehalt / Konditionierungszustand / Faserorientierung)	PA6GF30	trocken (0,09%)	längs	5	5	5
			quer	5	4	5
		konditioniert (2,44% nach DIN 1110)	längs	5	5	4
			quer	5	5	4
	PA6GF60	trocken (0,06%)	längs	5	5	5
			quer	4	5	5
		konditioniert (1,26% nach DIN 1110)	längs	4	5	5
			quer	5	5	5

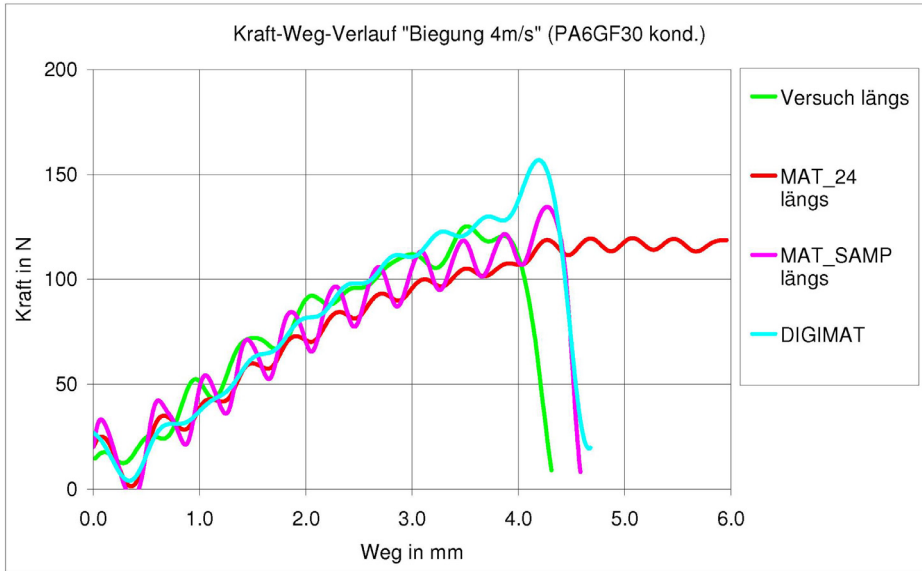


J. Schöpfer (Daimler) 13

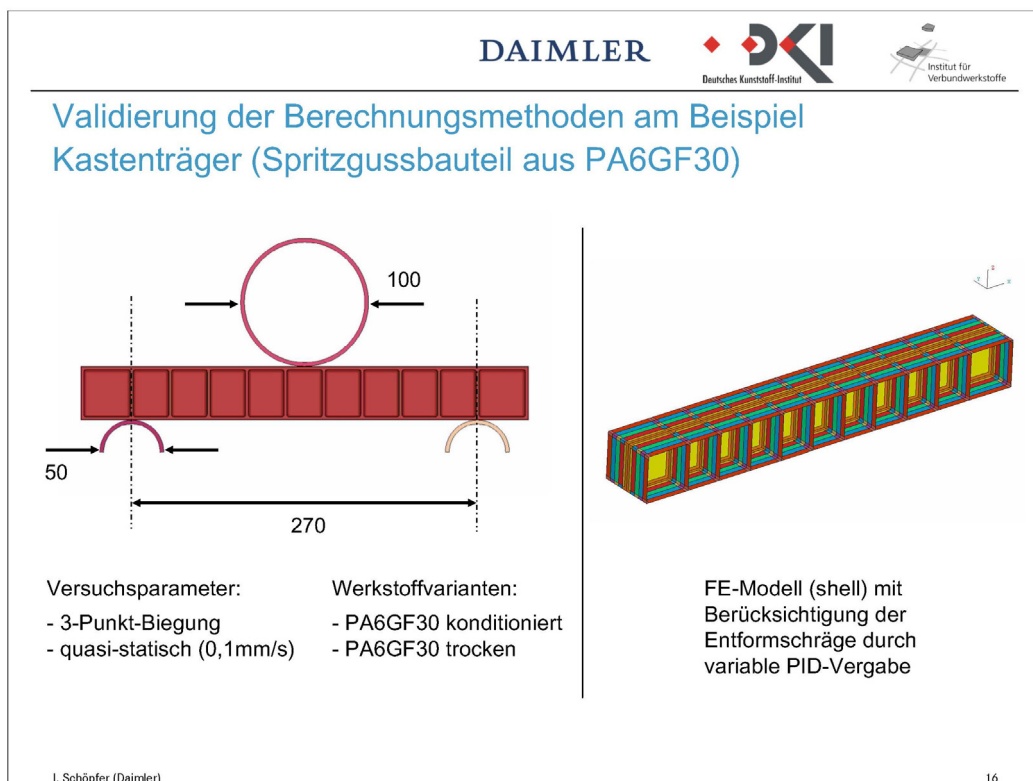
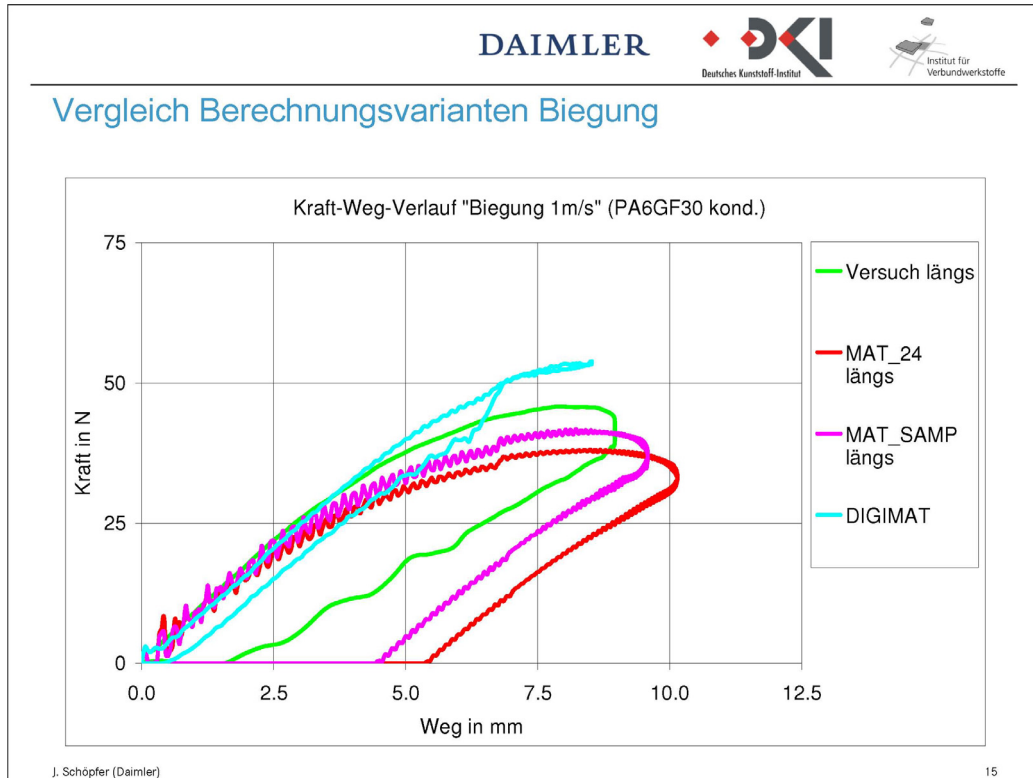




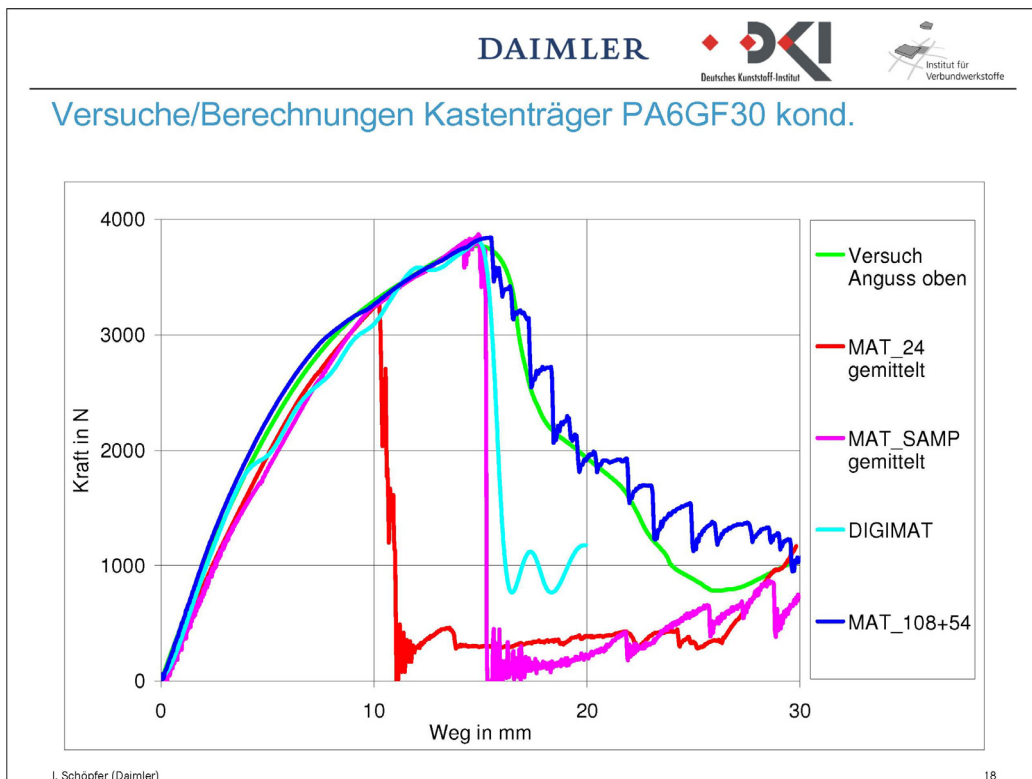
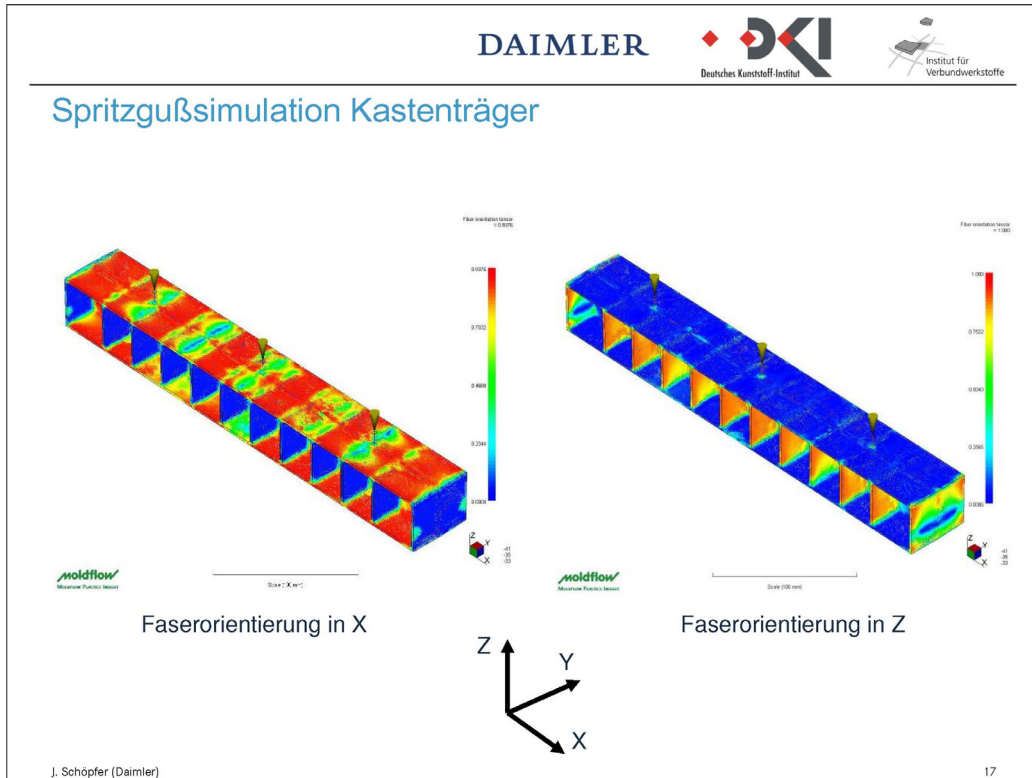
Vergleich Berechnungsvarianten Biegung




Kraft-Weg-Verlauf "Biegung 4m/s" (PA6GF30 kond.)



J. Schöpfer (Daimler) 14

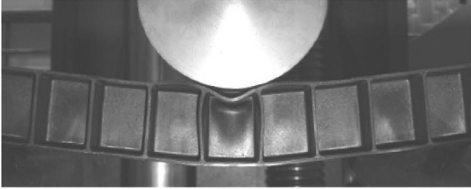
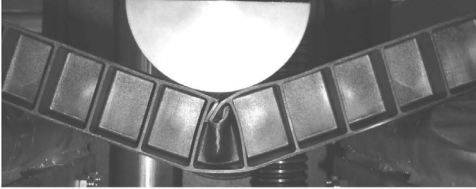




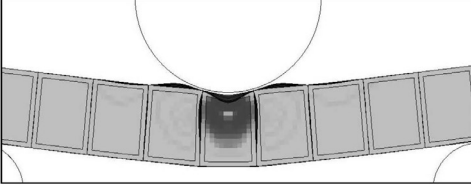
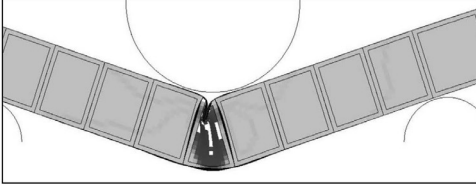




Versuche/Berechnungen Kastenträger PA6GF30 kond.

Visueller Vergleich Versuch – Simulation (MAT_108+54)







15mm Stempelweg

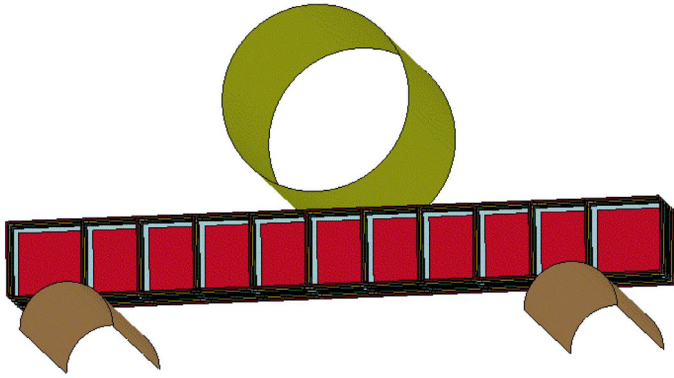
40mm Stempelweg


J. Schöpfer (Daimler)
19

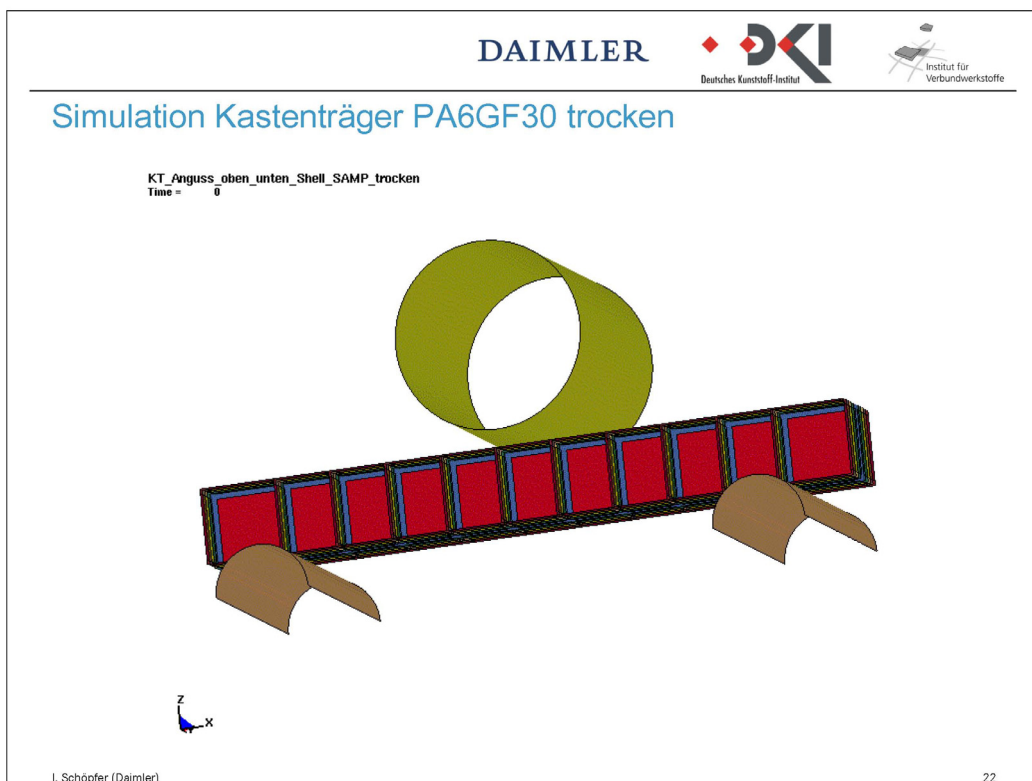
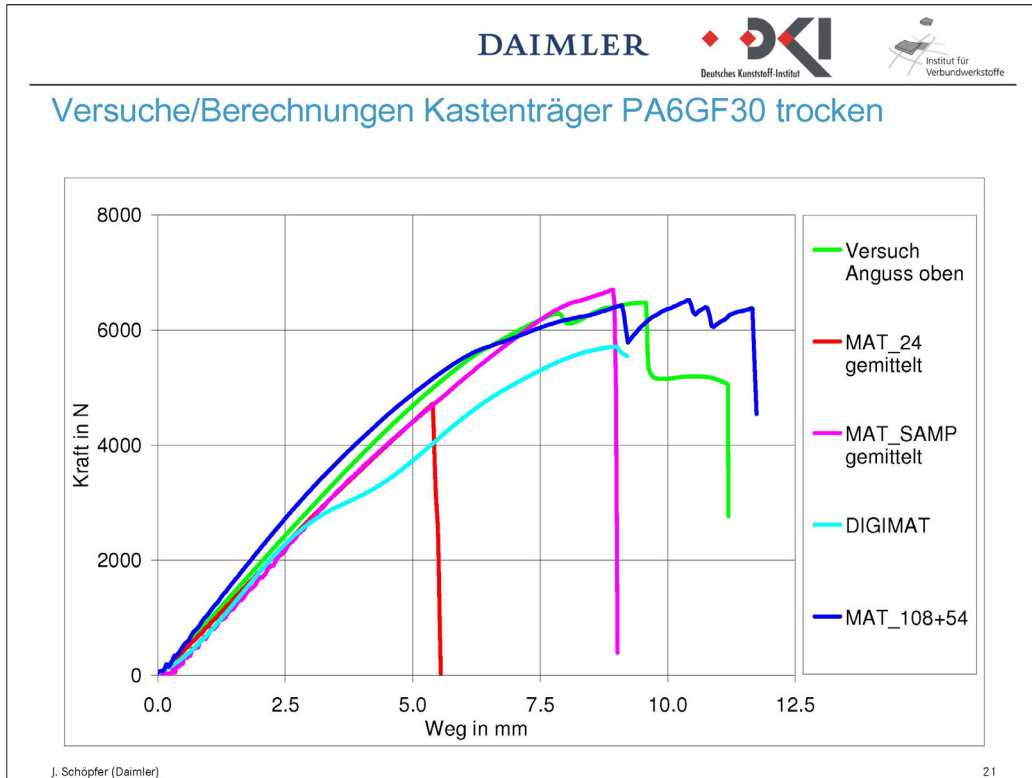
Simulation Kastenträger PA6GF30 kond.

KT_Anguss_ou_Shell_MAT_108_kond
Time = 0





J. Schöpfer (Daimler)
20



Zusammenfassung

- der Werkstoffzustand bzgl. Konditionierung und Temperatur muss definiert bzw. bekannt sein, um das mechanische Verhalten abbilden zu können
- gleichzeitige Abbildung aller Phänomene ist mit großem Aufwand verbunden (Modellierung, Rechenzeit, Rechenvarianten, vorhergehende Charakterisierung)
- integrative Rechenmethoden zur Abbildung der Viskoplastizität fehlerbehaftet, Anpassung der Parametermodelle nicht für alle Konfigurationen optimal möglich („reverse engineering“ problematisch)
- fehlerhafte Spritzgußsimulation → fehlerhafte integrative Struktursimulation (hohe Faserfüllgrade problematisch)
- einfache Bauteilgeometrien sind auch mit „Hand-Mapping-Methoden“ abbildbar (MAT_108+54 nur elasto-plastisch)
- isotrope „verschmierte“ Rechenmethoden bei Bauteilen mit geringen Vorzugsorientierungen ausreichend
- schon die Berücksichtigung der Zug-Druck-Asymmetrie im Versagensverhalten und der Dehnratenabhängigkeit im Versagensverhalten führt zu besseren Berechnungsergebnissen (MAT_SAMP)

