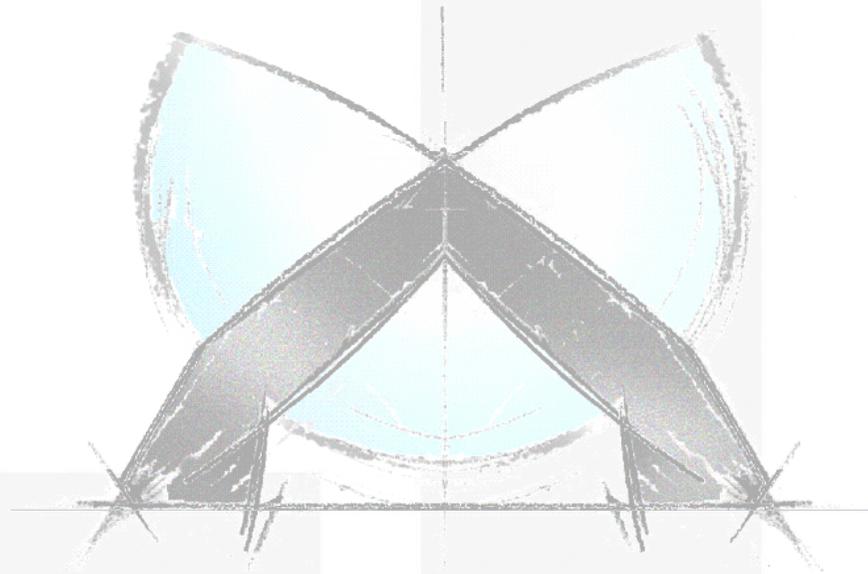


Versagen von Thermoplasten

Teil 1 - Charakterisierung, Versuche

A. Fertschej, P. Reithofer, M. Rollant (4a engineering GmbH)

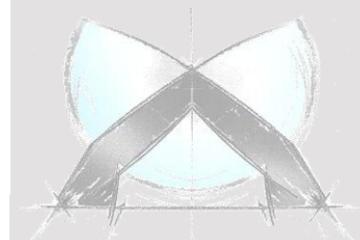


DYNAFORUM 2014
Bamberg

4a engineering GmbH
Industriepark 1
A-8772 Traboch
reithofer@4a.co.at
++43 (0) 664 80106 601

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

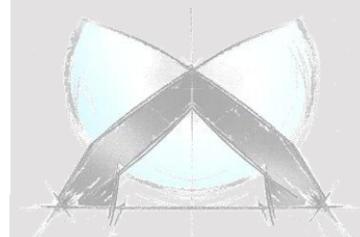
- Teil 1 - Charakterisierung, Versuche
 - 4a impetus Soft- und Hardwaresystem
 - Vorgehensweise Materialkartenerstellung
 - Grundidee für Versagensimplementierung
 - Probenherstellung
 - Messergebnisse
 - Zwischenfazit Charakterisierung
 - Validierungsversuche und Ergebnisse
- Zusammenfassung



- Forderungen der Industrie
 - Materialkarten für eine Vielzahl an
 - Materialien (verstärkte und unverstärkte Thermoplaste, Schäume, Composites, Metalle, Holz, ...) und
 - Solver (Abaqus, LS Dyna, Pam Crash, ...)
 - Abbildung einer realitätsnahen Belastung
 - Abbildung Elastizität – Plastizität – **Versagen**
 - schnelle und günstige Erstellung
 - Validierung

→ Entwicklung von 4a impetus

Komplettsystem vom Test zur validierten Materialkarte



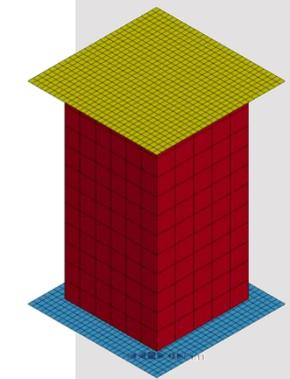
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Geschlossenes System vom Versuch bis zur validierten Materialkarte

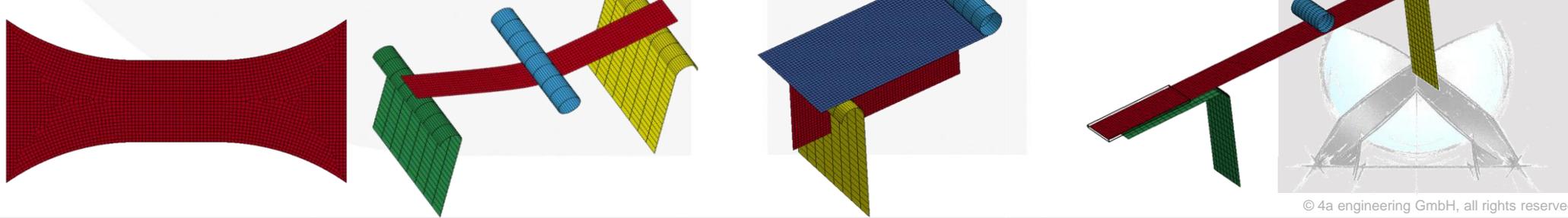
Parametermodell	Modelle
Datum_Nr	Name
110125_001	
Material	Destinat

Modelleinstellungen	Werkstoff
Materialklasse	Thermoplast
Materialtyp	

Materialverhalten	Idealisierung
Materialquelle	benutzerdefiniert
Materialkarte	399
Einheitensystem	SI(kg-m-sec-Pa)
Solver	LS DYNA
Inputdeck	customized
Modellsymmetrie	Viertelmodell
Elementtyp	Solid Hexaeder
Elementgröße	2
Kontaktdicke	0
Elementschichten	0
Benutzerdefinierter Parameter	0

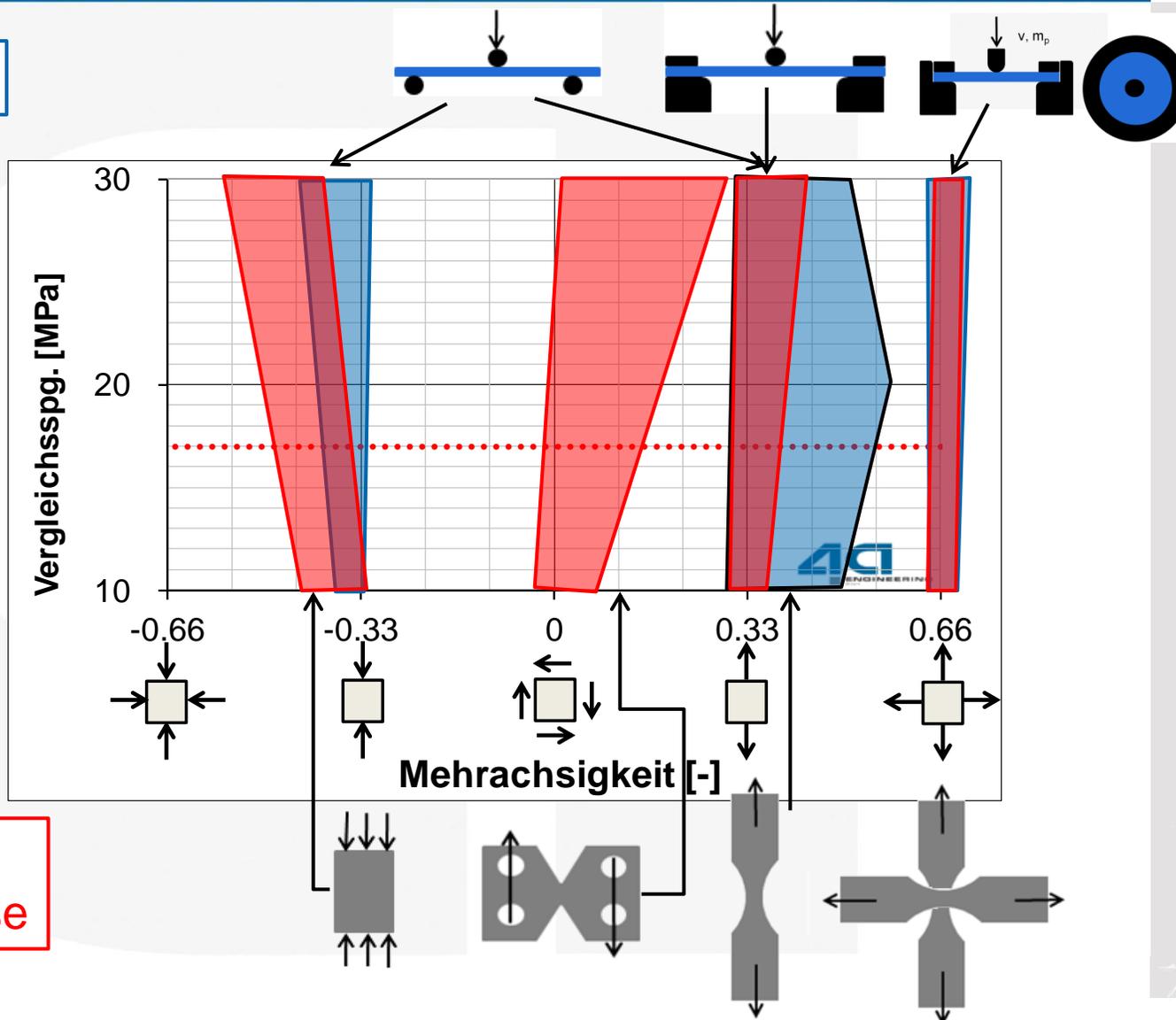


Messprotokoll für Versuch 110125_001 nicht vorhanden

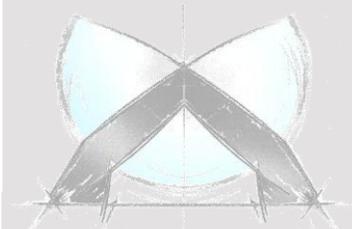


© 4a engineering GmbH, all rights reserved

4a impetus



Klassische Vorgehensweise

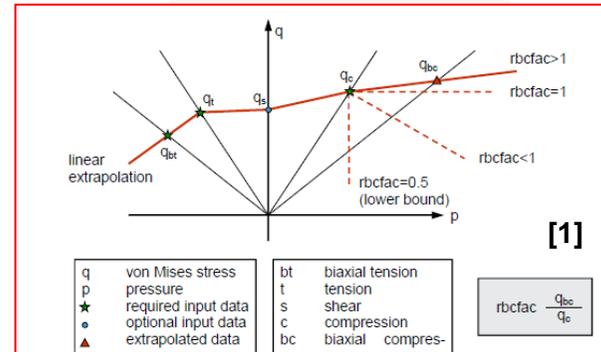


Grundidee Materialcharakterisierung

Komplexe Fließfläche + Versagen

Lastfälle	
	statisch
	statisch
	statisch
	statisch, dynamisch (3x)
	dynamisch
	statisch, dynamisch
	statisch, dynamisch

Komplexe Fließfläche

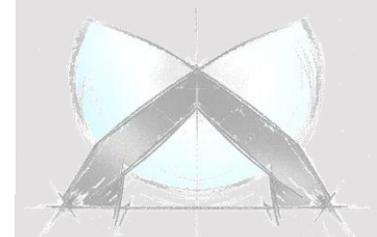


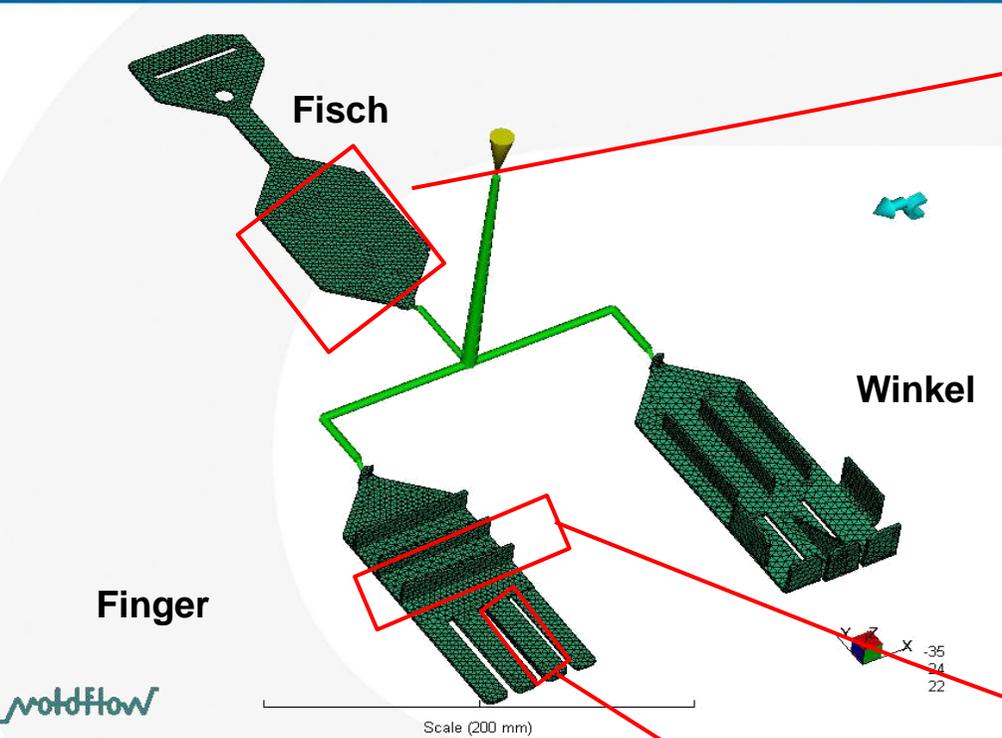
Versagen

Dehnratenabhängigkeit

Validierung

[1] LS-DYNA® KEYWORD USER'S MANUAL - VOLUME II - Material Models





Plattenbereich (60x60x 2 mm)

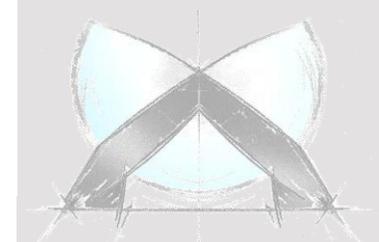
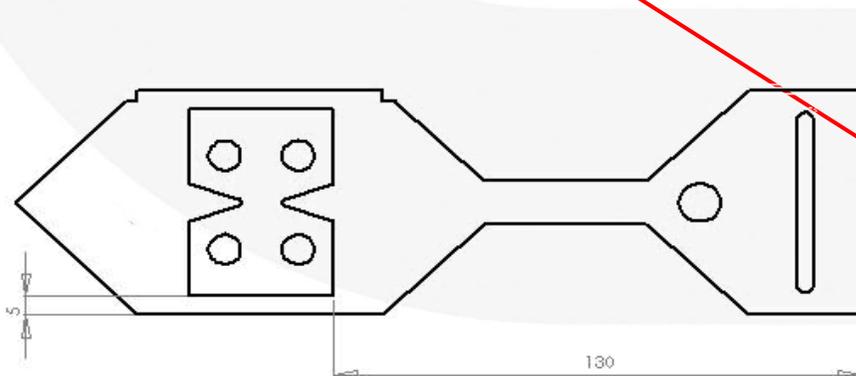
für Probenentnahme

- Zug
- Druck geschichtet
- Schub
- 3-Punkt-Biegung
- Gespannte Biegung
- Durchstoß

Rippe – Komponententest

Proben Dicke 4 mm

- Druck 4x4 mm
- 3-Punkt-Biegung



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

➤ Verschiedenes Fließverhalten bei Zug, Schub und Druck

➤ Probleme

➤ **Zugversuche:**

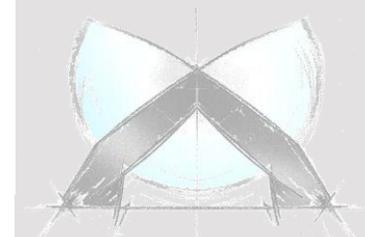
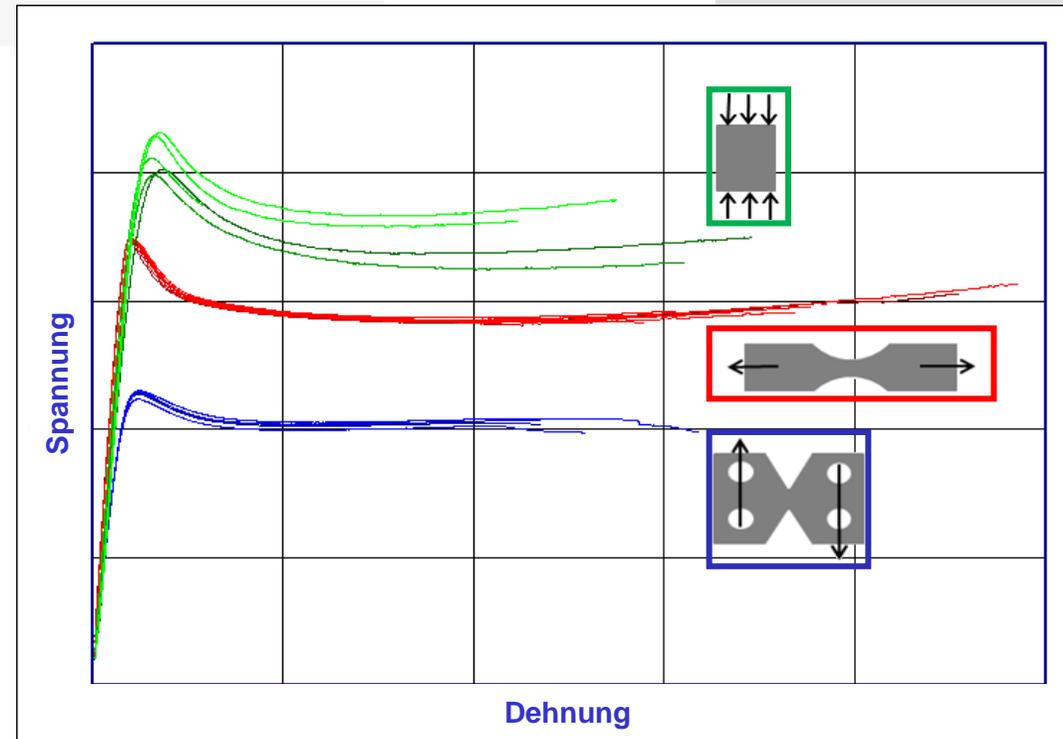
- 10 Wiederholungen
- Hohe Streuung in der Versagensdehnung

➤ **Schubversuch:**

- Kein Versagen bei angestrebter Mehrachsigkeit
- Durch hohe Schiebung optisch nicht mehr auswertbar

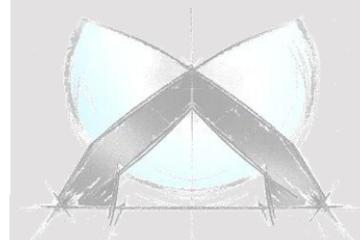
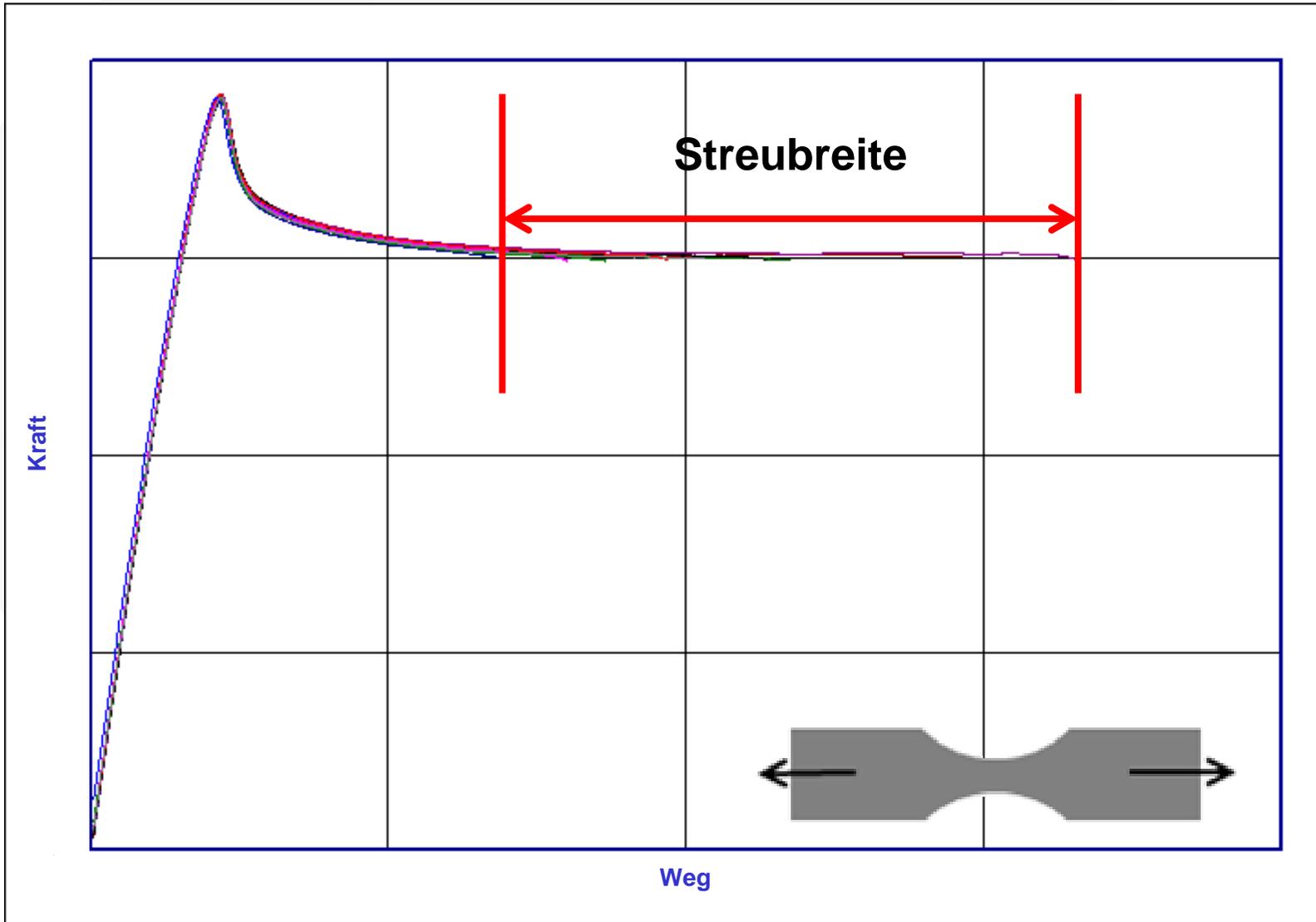
➤ **Druckversuch:** kein Versagen

- Unterschiedliche Dehnraten in den Versuchen (10er Potenz)
- Konstante abgestimmte Prüfgeschwindigkeit vs. lokales Fließen



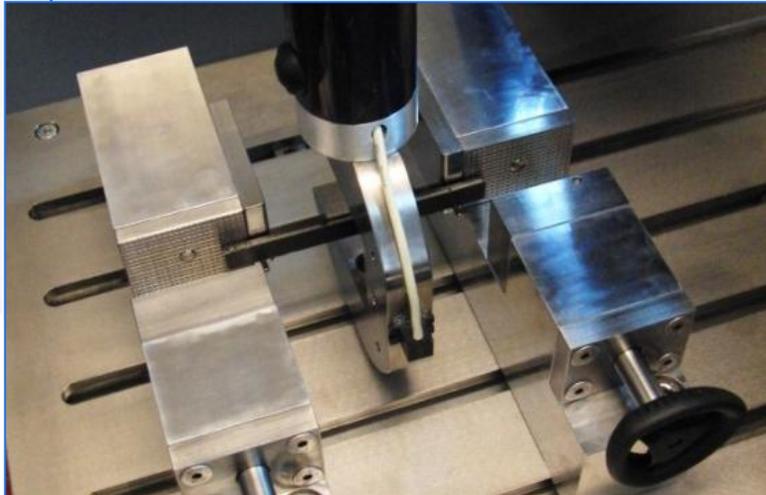
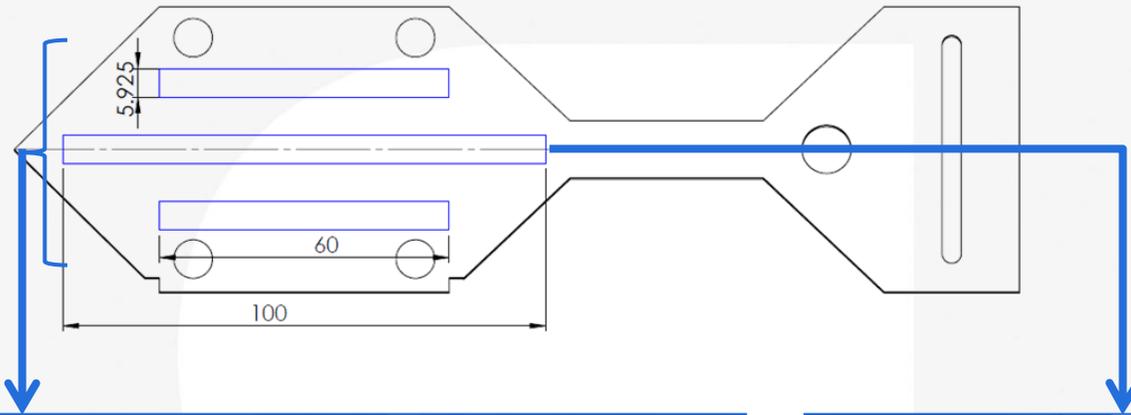
Quasistatische Messergebnisse

Zugversuch

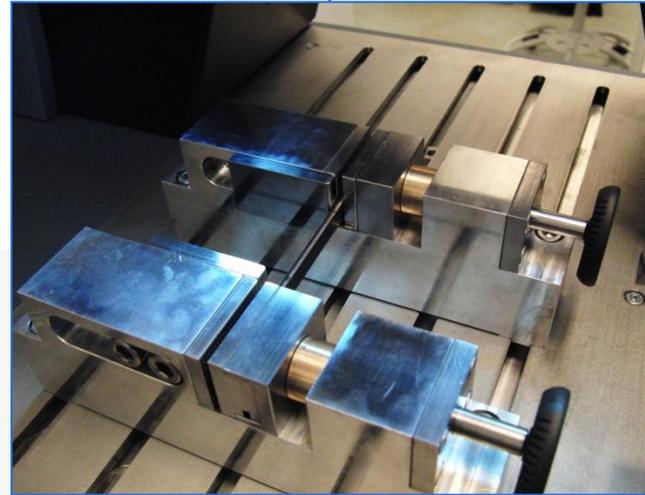


Messergebnisse

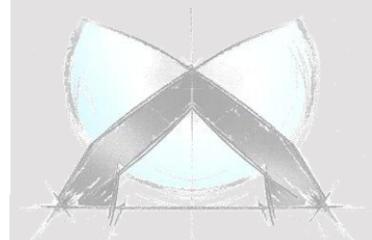
Probekörper, Prüfsetup



3-Punkt-Biegung
0.1 mm/s - 4.5 m/s

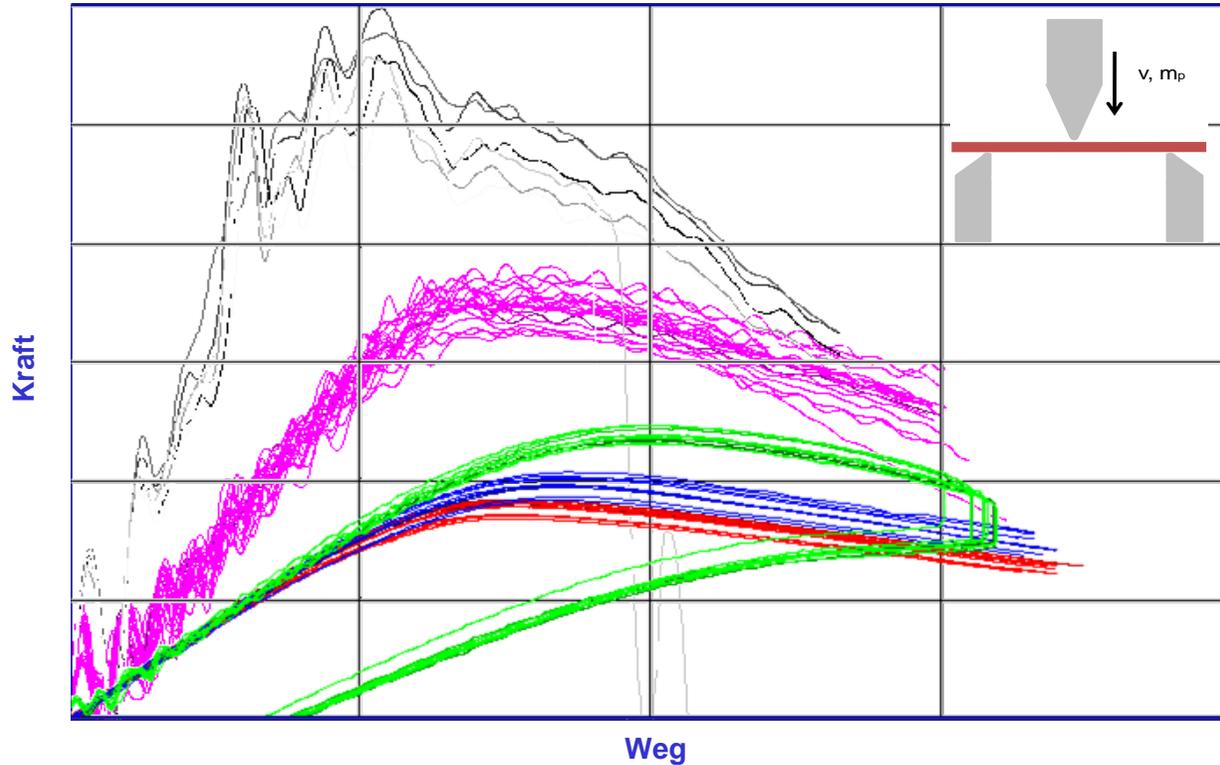


gespannte Biegung
4 m/s



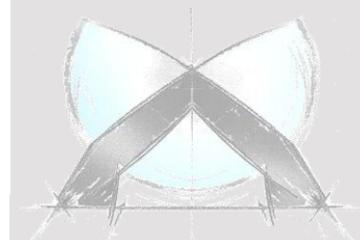
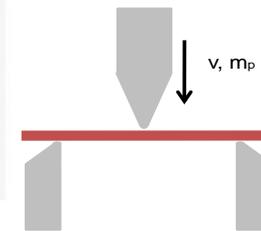
4a impetus Messergebnisse

3-Punkt-Biegeprüfung



v_0 [m/s]	l_w [mm]	m_{Pendular} [g]	b [mm]	t [mm]	l [mm]
0.0001	50	-	20	2	60
0.002	50	-	20	2	60
1	50	559	20	2	60
2.5	40	559	20	2	50
4	30	1197	20	2	40

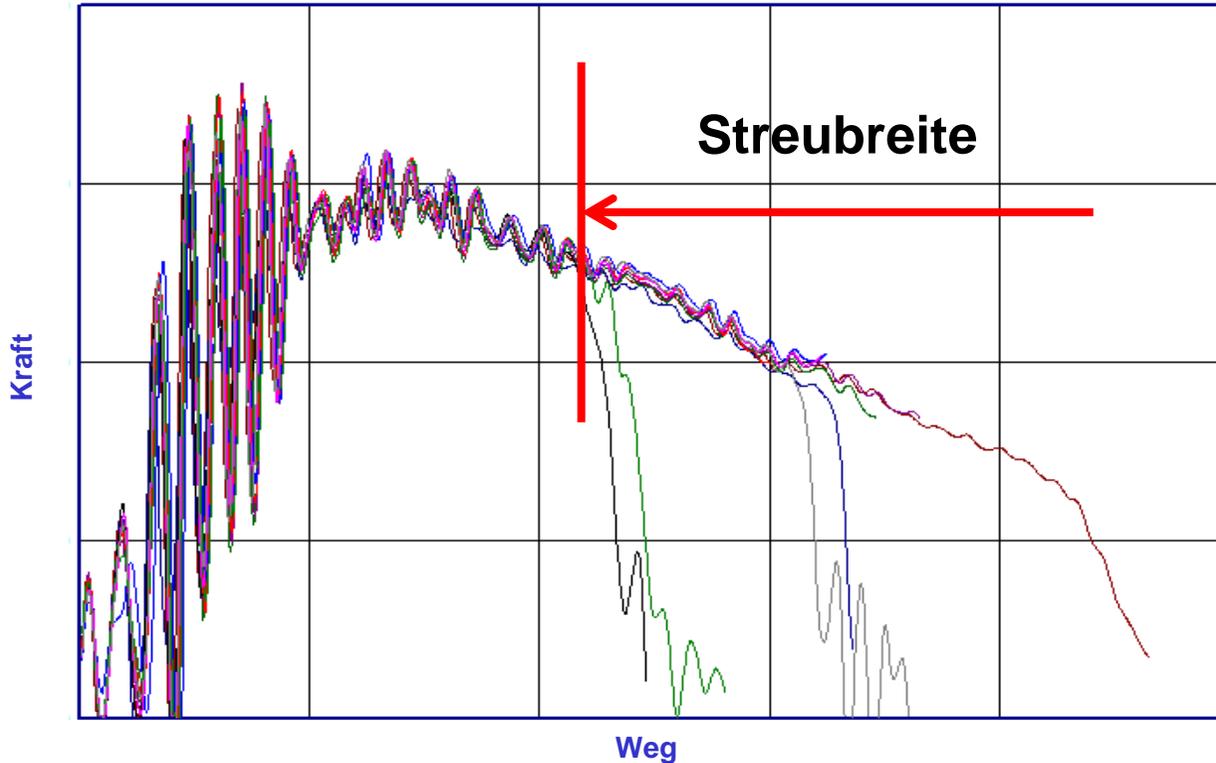
Bei der Biegeprüfung wurden die Proben durchgezogen oder rückverformt, lediglich bei 4 m/s kamen zwei Proben zu Bruch.



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

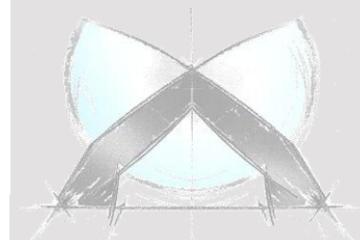
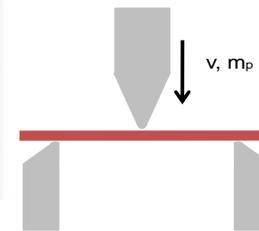
4a impetus Messergebnisse

3-Punkt-Biegeprüfung



v_0 [m/s]	l_w [mm]	m_{Pendular} [g]	b [mm]	t [mm]	l [mm]
4.4	50	1311	12	4	40

Durch Erhöhung der **Geschwindigkeit** und der **Probendicke** kamen insgesamt 7 von 10 Proben zu Bruch.



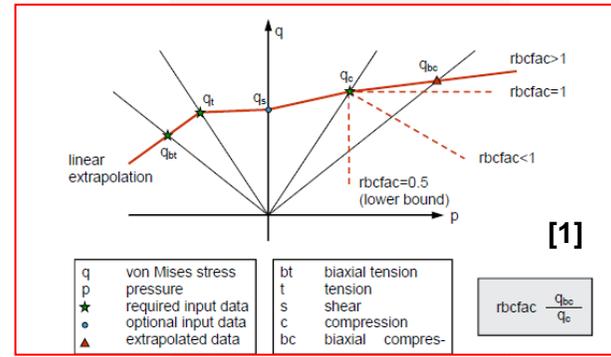
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Zwischenfazit

komplexe Fließfläche + Versagen

Lastfälle	
	statisch
	statisch
	statisch
	statisch, dynamisch (3x)
	dynamisch
	statisch, dynamisch
	statisch, dynamisch

komplexe Fließfläche

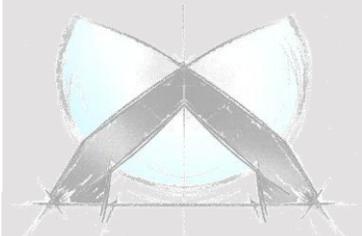


Versagen

Dehnratenabhängigkeit

Weitere Erkenntnisse

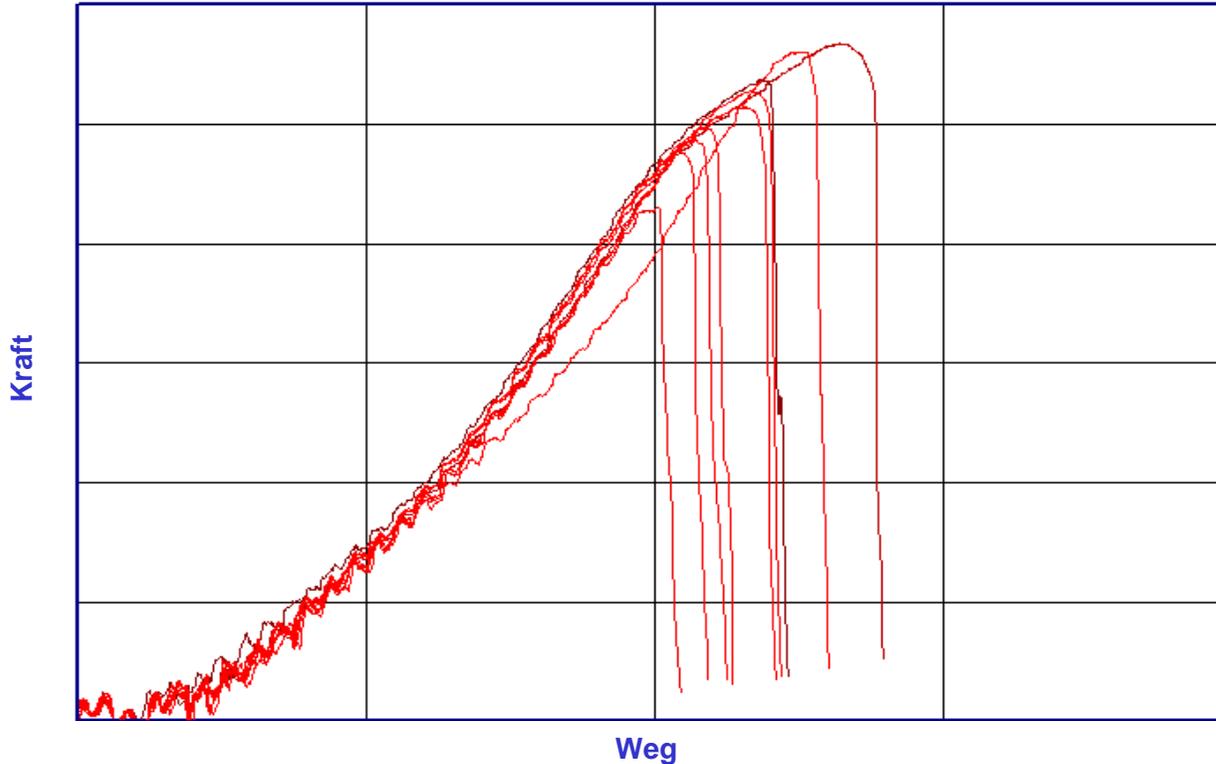
[1] LS-DYNA® KEYWORD USER'S MANUAL - VOLUME II - Material Models



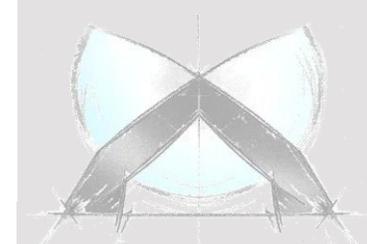
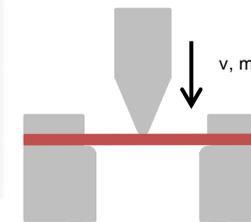
4a impetus Messergebnisse

gespannte Biegung

v_0 [m/s]	l_w [mm]	m_{Pendular} [g]	b [mm]	t [mm]	l [mm]
4	50	579	6	2	100



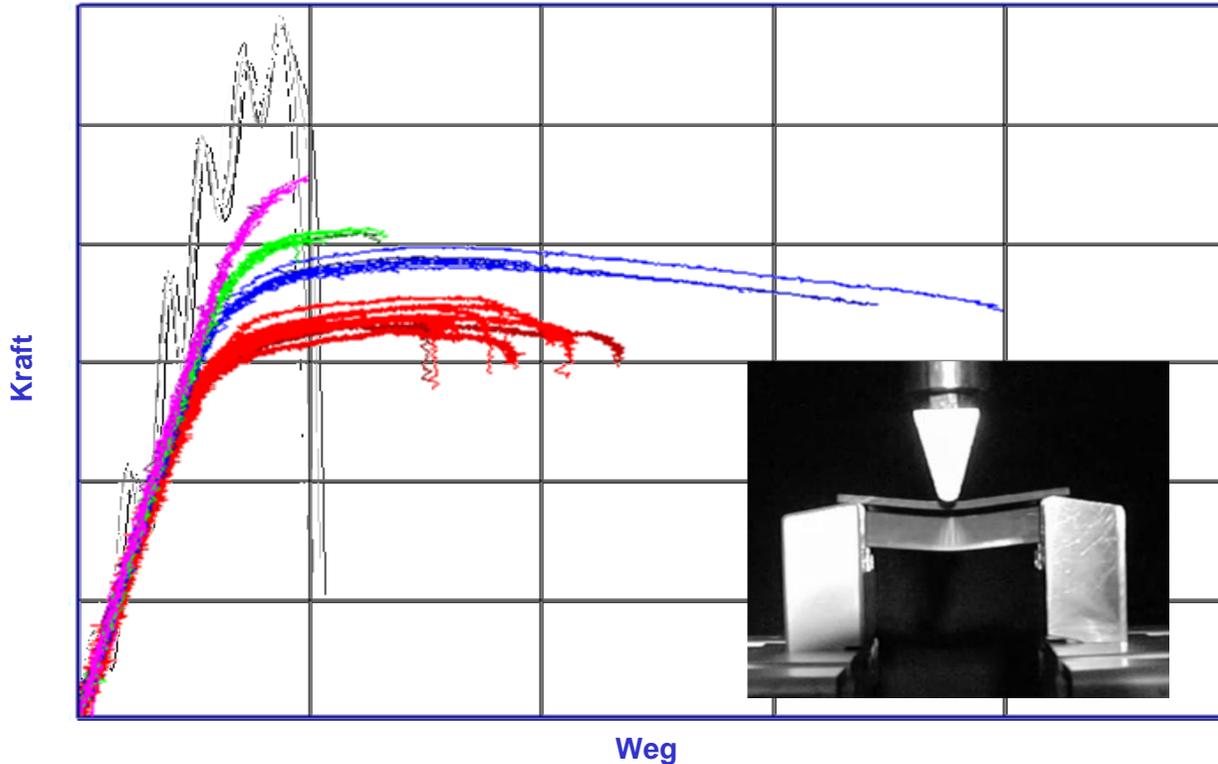
Bei der gespannten Biegung kamen alle Proben zu Bruch. Aufgrund der Einspannung ergibt sich für dieses Material ab einem gewissen Verformungsweg ein zugdominanter Bereich.



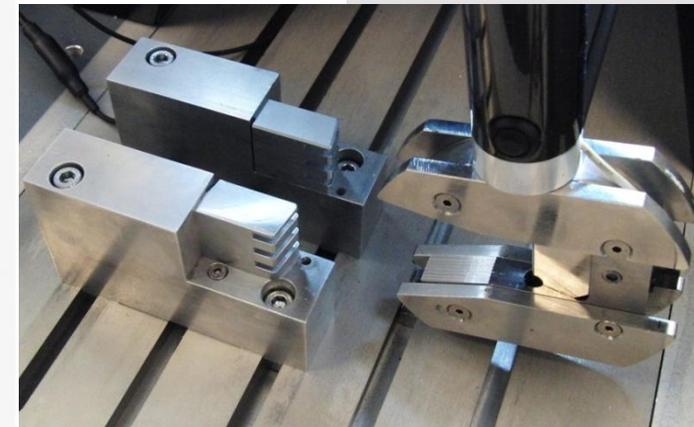
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

4a impetus Messergebnisse

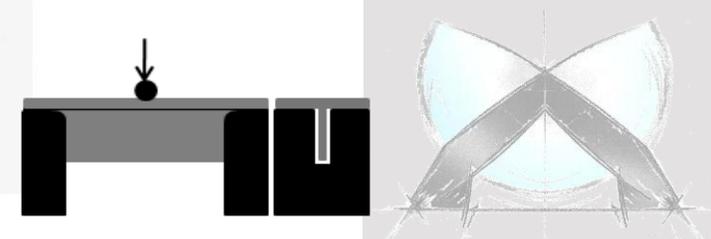
Rippenbiegung



v_0 [m/s]	l_w [mm]	m_P [g]	b [mm]	t [mm]	l [mm]
0.00002	50	-	20	2	60
0.0002	50	-	20	2	60
0.002	50	-	20	2	60
0.02	50	-	20	2	60
2	50	1197	20	2	60

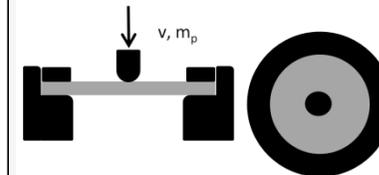


Die Rippenbiegungen zeigen sehr unterschiedliche Bruchwege in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und auch eine Streuung in den einzelnen Prüfsetups selbst.

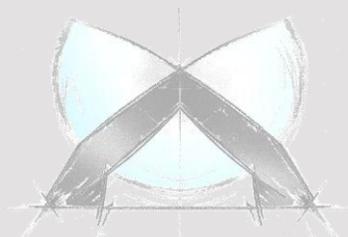


4a Messergebnisse

statische Durchstoßversuche

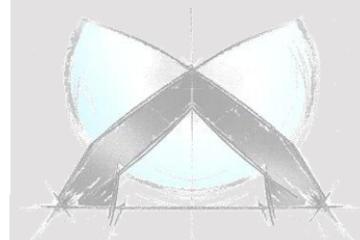
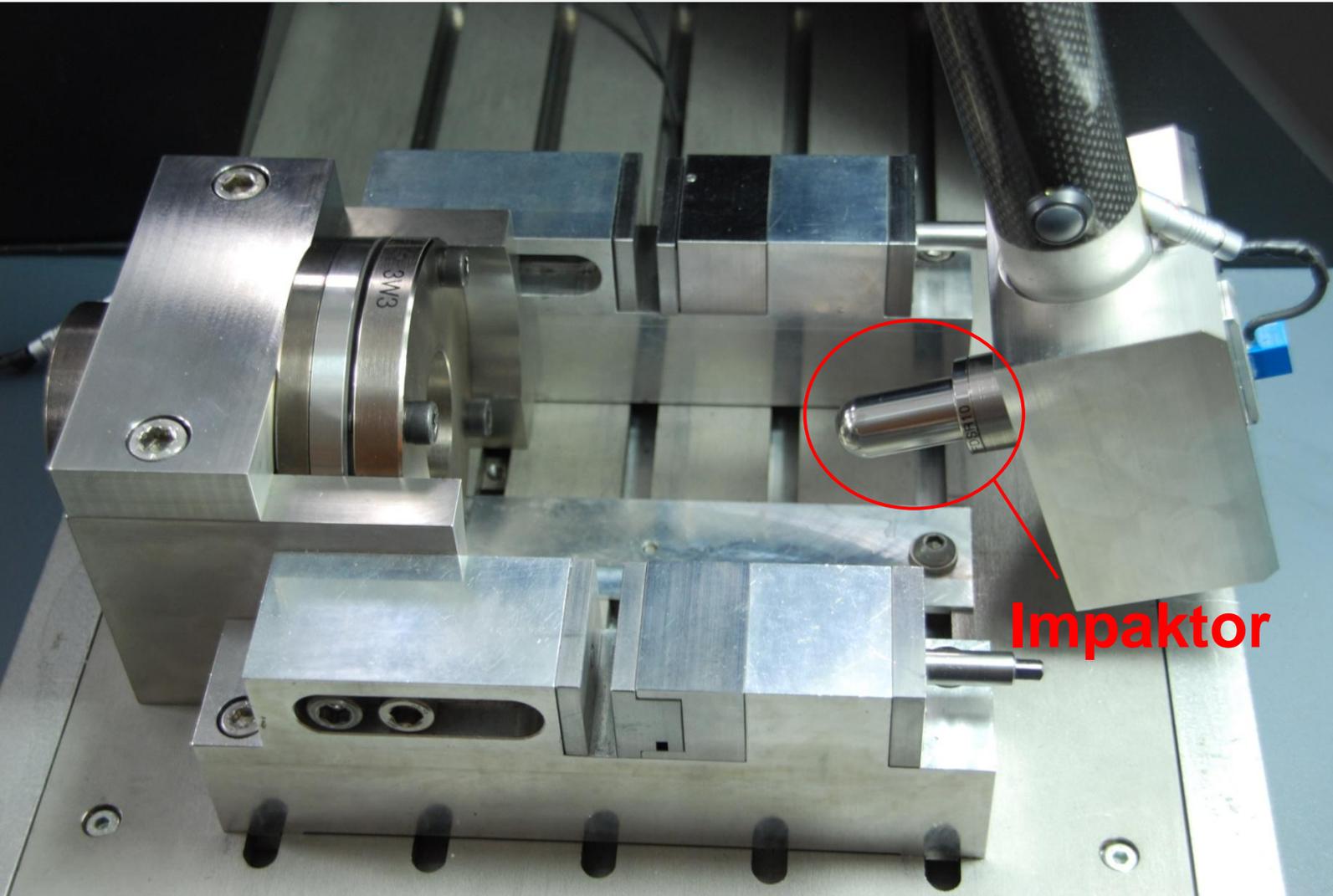


Bei den statischen Durchstoßversuchen zeigte sich eine deutliche Spannbreite der Kraftabfälle / des Versagens. Die Durchstoßversuche sind biaxial und weisen eine höhere Mehrachsigkeit auf, dadurch lässt sich ein Versagensmodell leichter erstellen.



4a impetus Messergebnisse

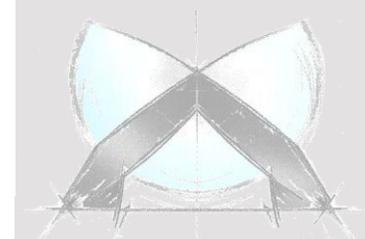
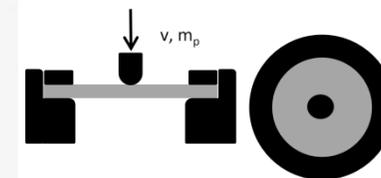
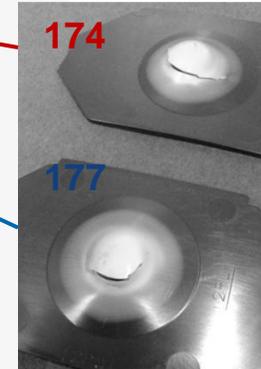
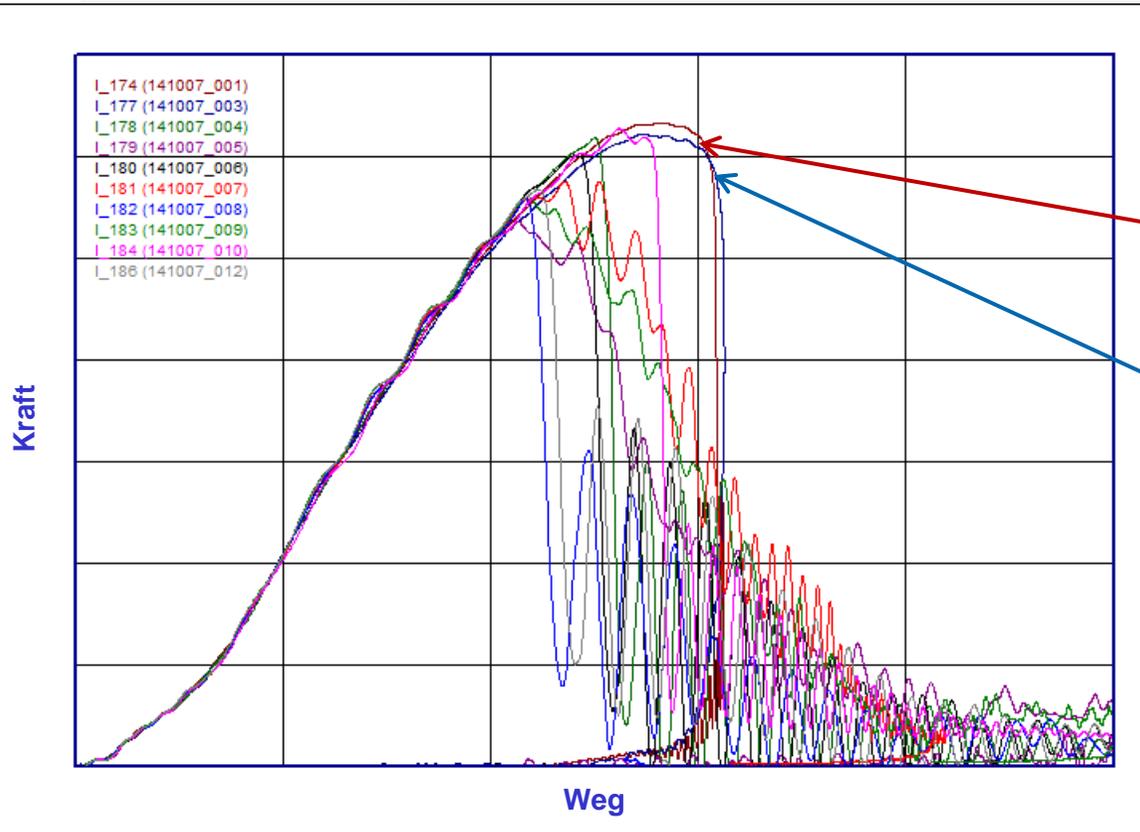
dynamische Durchstoßversuche



4a impetus Messergebnisse

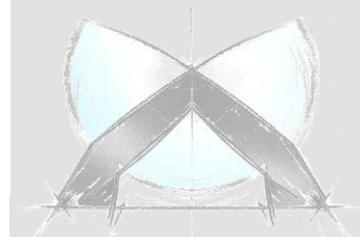
dynamische Durchstoßversuche

v_0 [m/s]	d_{Stoss} [mm]	m_{Pendular} [g]	d_{Spann} [mm]	t [mm]	d_{WL} [mm]
4	20	4271	~80	2	40



Es wurden 10 Proben dynamisch geprüft.
Zwei Proben zeigen einen Anriss im Belastungsbereich und die restlichen 8 Proben sind durchstoßen worden.

- Für die komplexe Fließflächenermittlung sind aus den Zug-, Druck und Schubversuchen nur bedingt Informationen für ein Versagen über die Mehrachsigkeit verfügbar.
- Um ein Materialversagen in unterschiedlichen Zuständen der Mehrachsigkeit in der Charakterisierung zu berücksichtigen bietet
 - die gespannte Biegung
 - die Rippenbiegung und
 - der Durchstoßversucheine rasche und einfache Möglichkeit einen für die statistische Auswertung benötigten Prüfumfang abzudecken.
- Für den Bruchzeitpunkt ist ein einfaches, eindeutiges Kriterium zu definieren (z.B.: t bei 90% F_{\max}), bzw. die Bruchzeit aus den Rohdaten heranzuziehen.



.. in physics we trust

