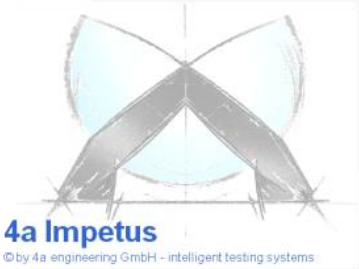
Dynamische Materialcharakterisierung mit 4a Impetus

Software und Hardwareneuerungen

Peter Reithofer, Michael Rollant
4a engineering GmbH

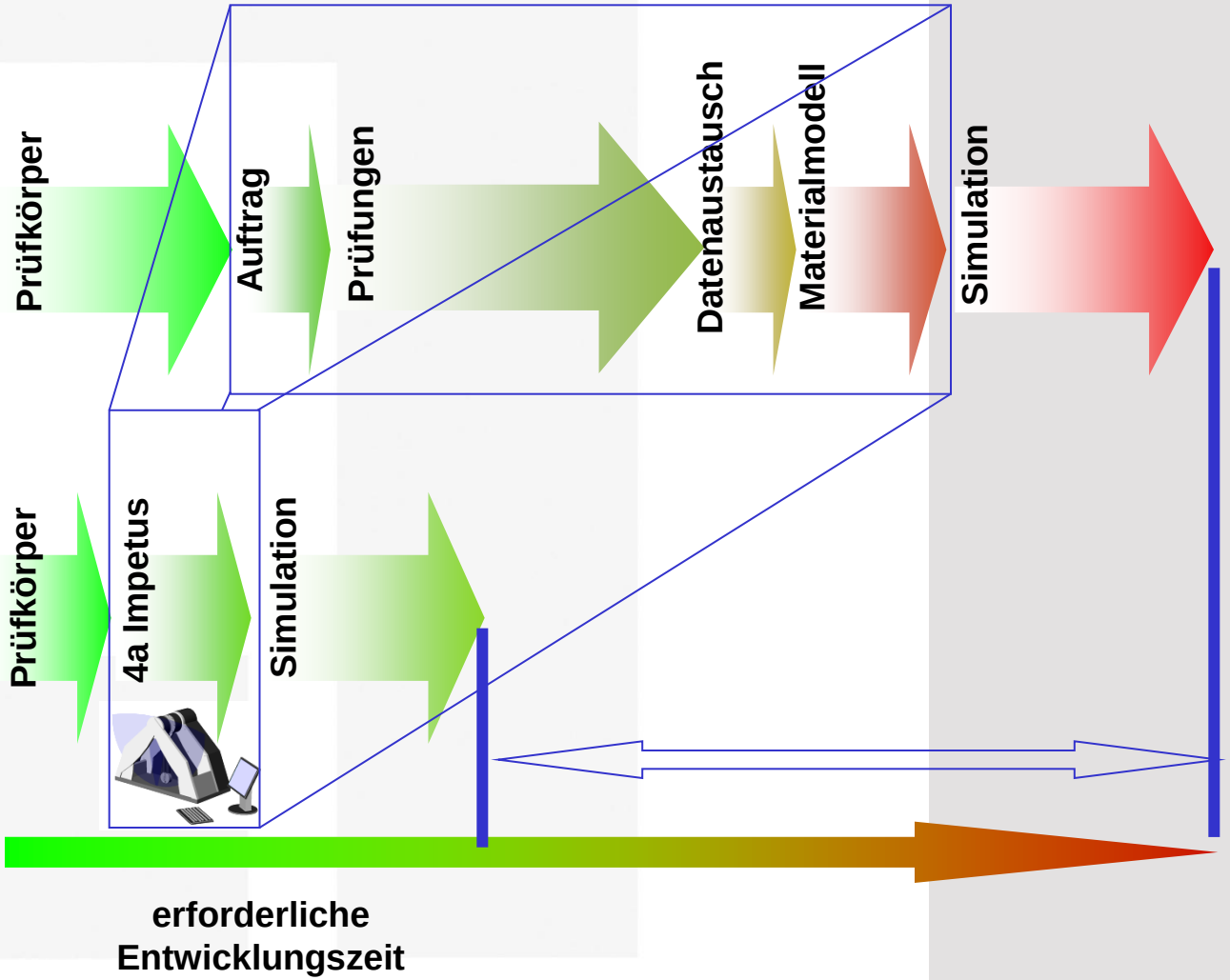


© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Einleitung

Motivation

- Entwicklungszeiten und –kosten senken
- Zeitlicher Vorsprung
- Probekörper aus dem Bauteil
  - Realistisches Versagen an der Oberfläche
  - Belastung und Entlastung
  - Spannungsverlauf über den Querschnitt
- Datenbankstruktur
- Auswertung und Validierung in einem System



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Einleitung
Historie 4a Impetus

2004

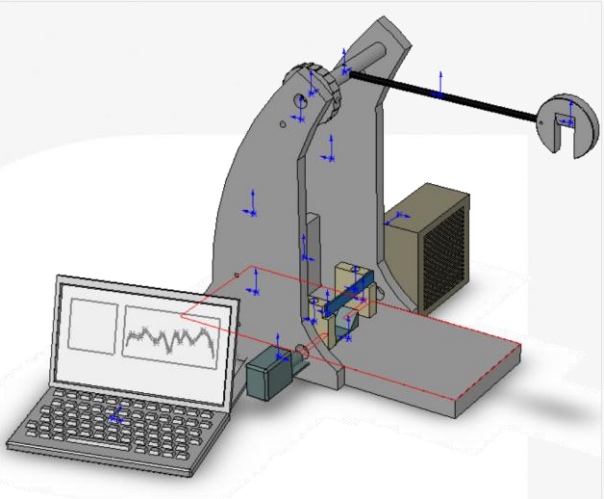
2005

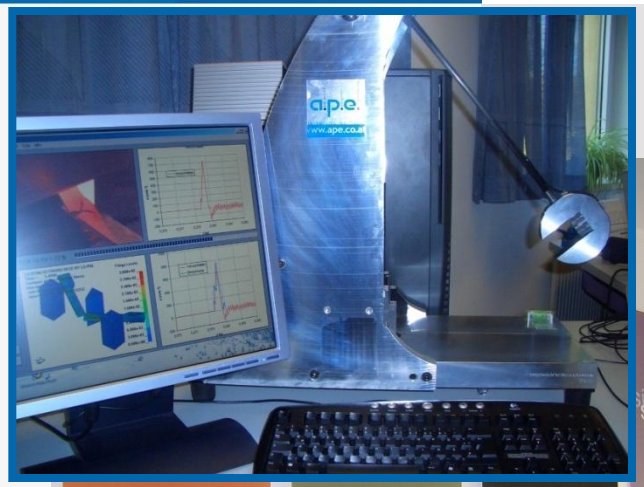
2006

2007

2008

2009





© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Einleitung

4a Impetus Überblick

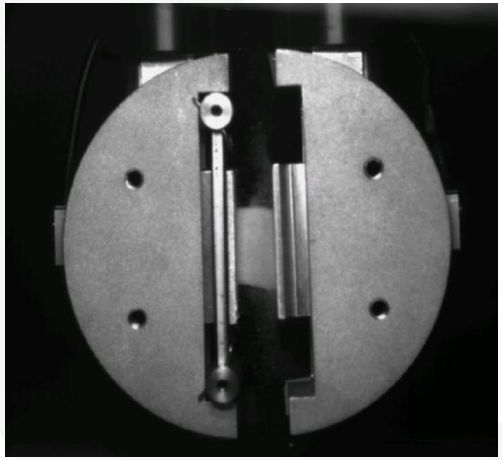
- Prüfungsarten
  - Druckversuch
  - Biegeversuch
  - Durchstoßversuch
  - Komponenten
- Einfachpendelausführung
  - Geschwindigkeitsbereich 500 - 4500 mm/s
  - Maximale Energie 20J
  - Maximal zulässige Beschleunigung 2000 g
- Optionale Doppelpendelausführung
  - Geschwindigkeitsbereich 500 - 9000 mm/s
- Sensoren
  - Temperatur und Feuchtesensor
  - Tauschbare Beschleunigungssensoren
  - Winkelsensoren
- Optischer Sensor
  - zur Bestimmung von Anfangsgeschwindigkeit und Nullpunkt

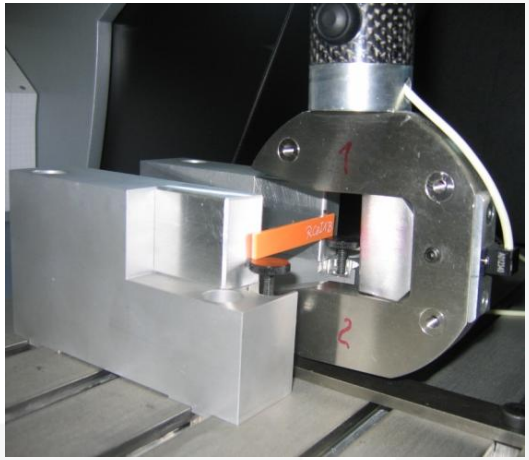
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

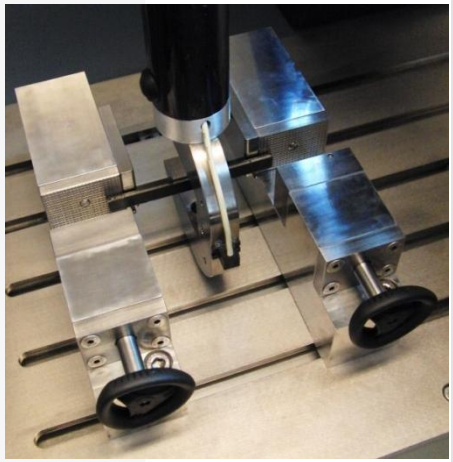
Einleitung

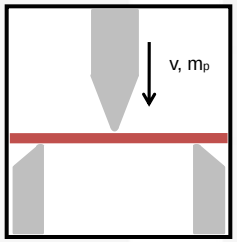
Test Möglichkeiten - Materialcharakterisierung

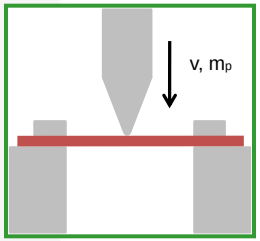
- Druckversuch (Schaumwerkstoffe)
- Biegeversuch (kompakte Werkstoffe)
- Gespannter Biegeversuch (dominierender Zuganteil)
- Quasistatische Tests werden standardmäßig als Ergänzung durchgeführt









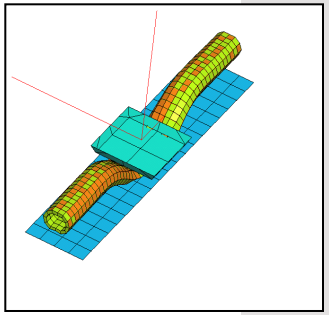


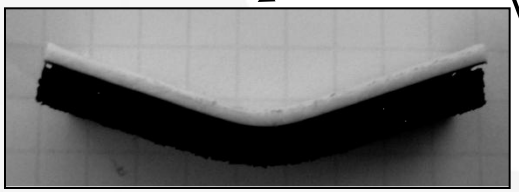
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

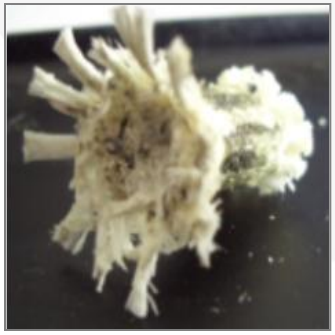
Einleitung

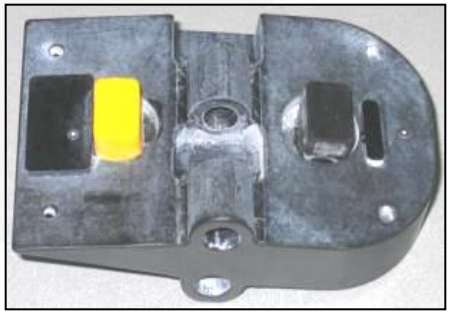
Test Möglichkeiten - Komponenten

- Kabelbaum
- Wasserschläuche
- Bremsleitungen
- Airbagmodul
- Sonnenblende
- Geschäumt Bauteile
- Wirbelkörper
- Mehrschichtaufbauten





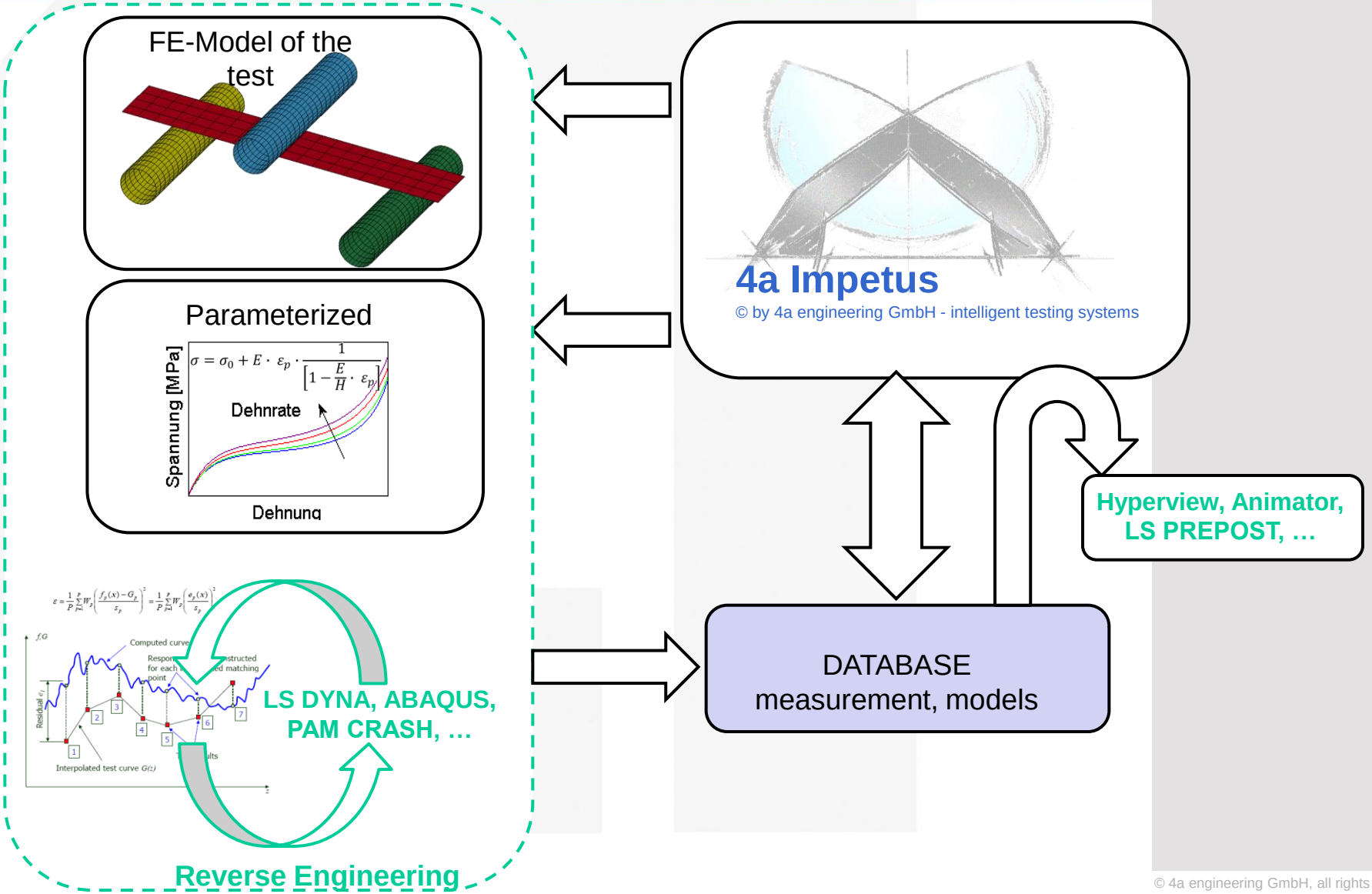




© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Einleitung

Ablaufdiagramm

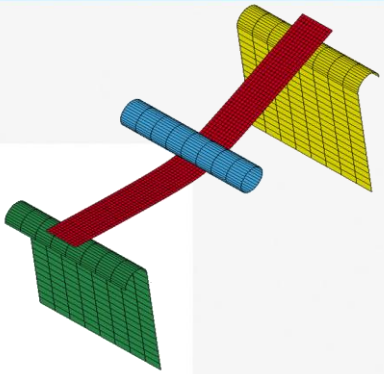


© 4a engineering GmbH, all rights reserved

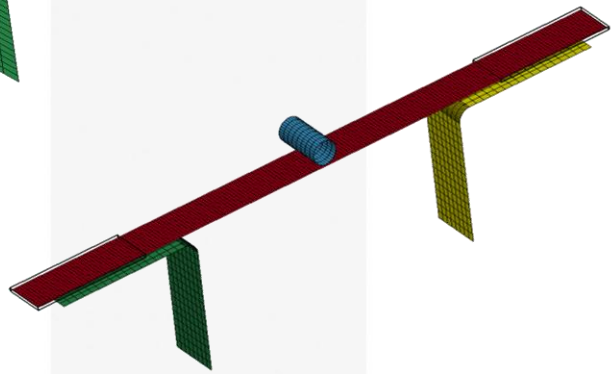
Einleitung

Idealisierung

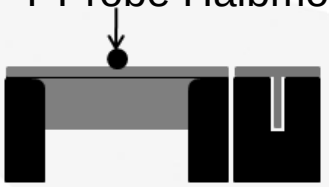
- 3-Punkt-Biegung

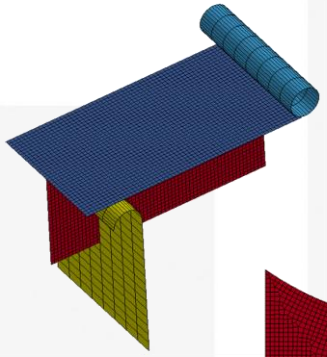


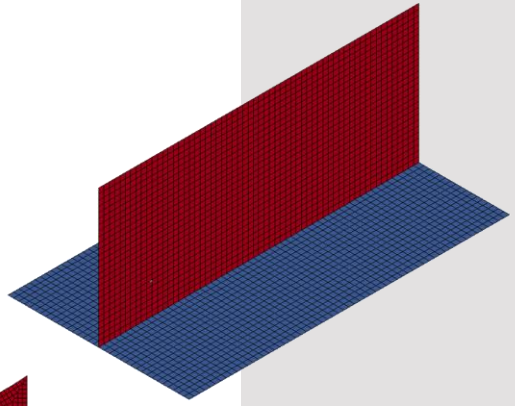
- 3-Punkt-Biegung gespannt



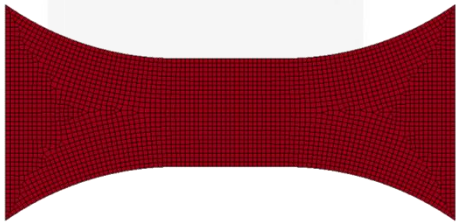
- T-Probe Halbmodell







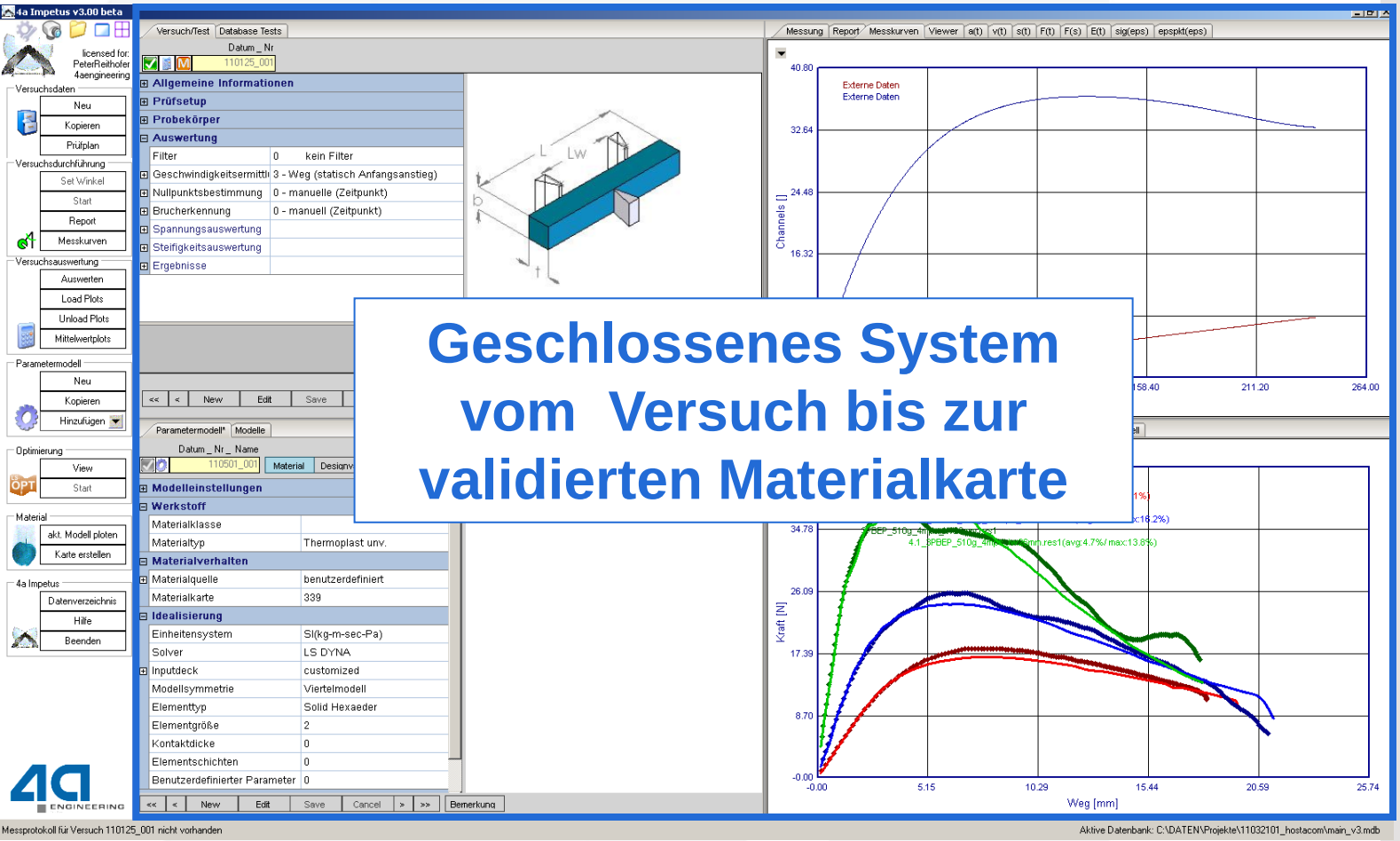
- Zugstab kurz



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Einleitung

Softwarelösung Versuch bis zur Materialkarte



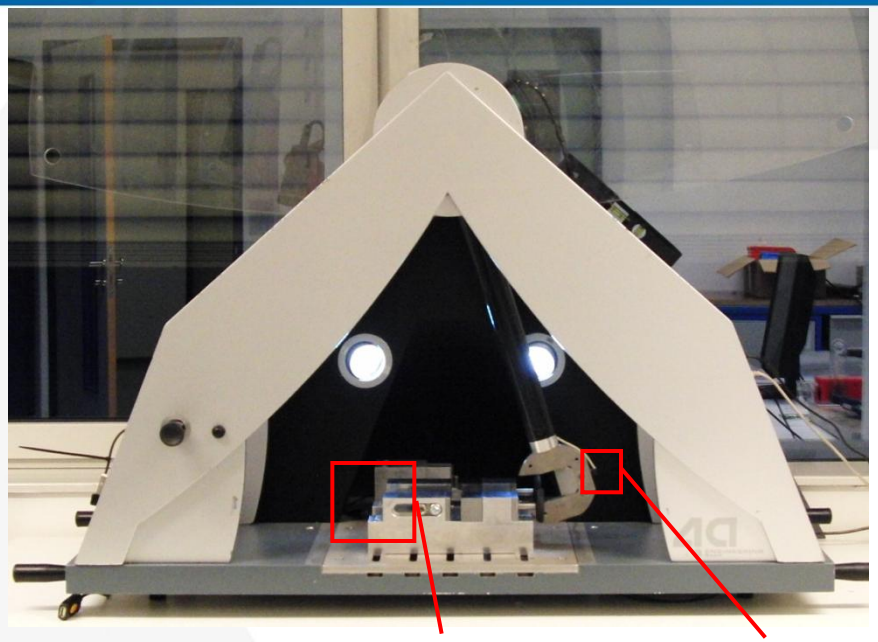
Geschlossenes System vom Versuch bis zur validierten Materialkarte

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Messtechnik

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Messtechnik
Vorstellung System



50 g Sensoren am Widerlager und am Pendelkopf

dynamische Biegeprüfung an 4a Impetus

Pendelkopfmasse: 559-2069g

Prüfgeschwindigkeit: 1 – 4 m/s

Finnen und Widerlagerradius 2 mm

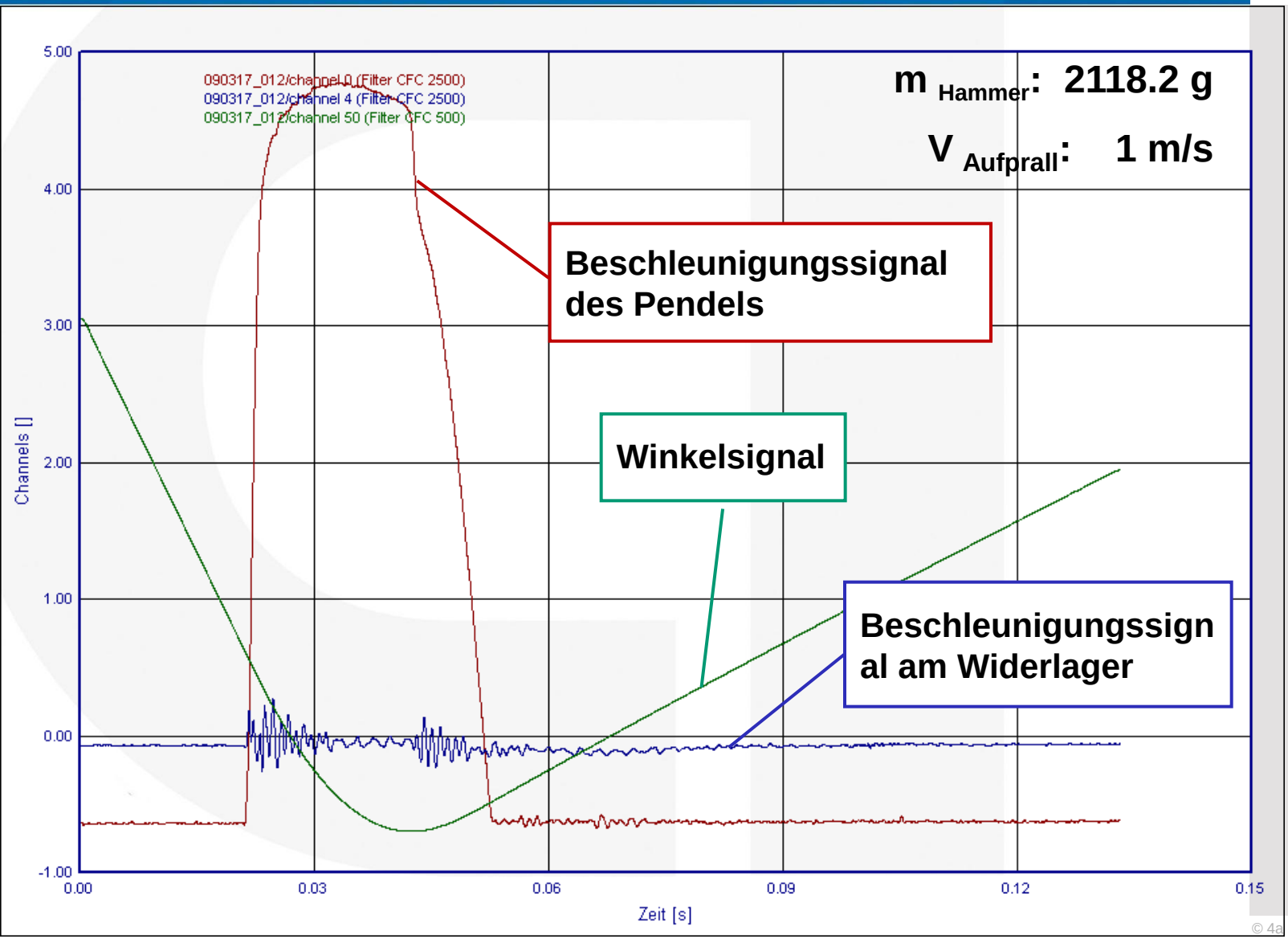
Auflagerbacken aus Stahl

Prüffinne aus Stahl

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Messtechnik

Vorstellung System



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Messtechnik
Analog/Digital Wandler

Neues Multifunktions-Datenerfassungsgerät von National Instruments

- mit 16 bit und **1 MS/s** Summenabtastrate für analoge Kanäle wird eingesetzt. Bei **5 m/s** Prüfgeschwindigkeit ergibt sich eine Auflösung von **50 Samples/mm** (2 Sensoren). Die Steigerung zum Altsystem um einen Faktor 10 bedeutet, dass auch **spröde Werkstoffe** geprüft werden können und Eigenschwingungen von Probekörper gemessen werden können.
- Ein separater digitaler 32-bit Counter am Datenerfassungssystem ermöglicht das betreiben von digitalen Drehgebern und entlastet damit die analoge Abtastung.

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

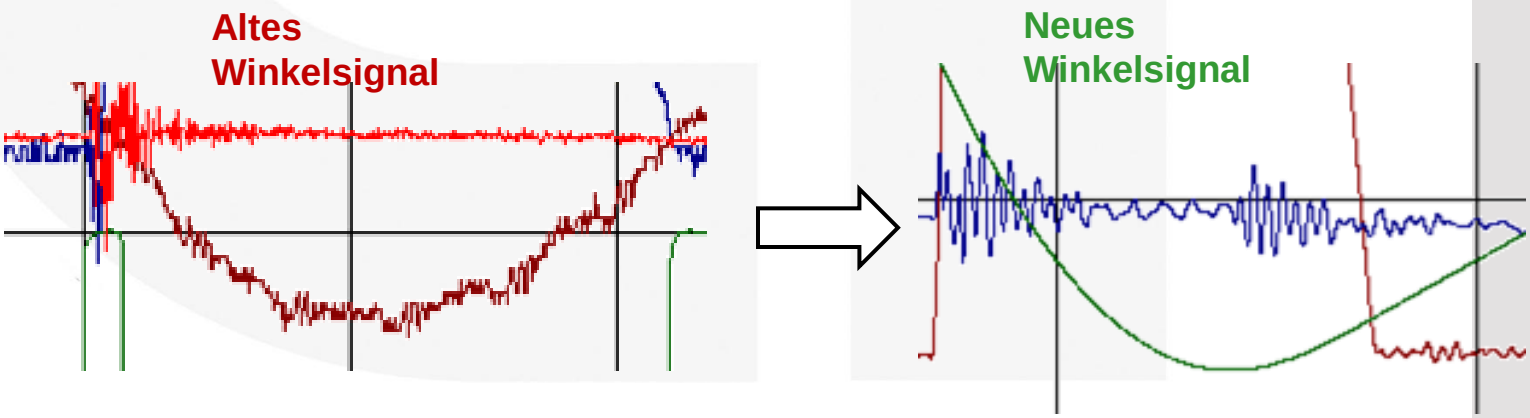
Messtechnik
Inkrementeller Drehgeber

Vorteile

- Sehr genauer Sensor - Auflösung **320.000 Strich / Umdrehung**
  → theoretische Auflösung **0,01 mm** in der Kreisbahn des Pendels
- Sensor hat keinen Totbereich
- 0-Puls des Drehgebers kann als Trigger für Messung verwendet werden
- Neue Auswertemöglichkeiten zugänglich Weg über Winkel
- Genauigkeit der v-Bestimmung

Nachteil

- Initialisierung bei jeder Messung durch 0-Puls erforderlich



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

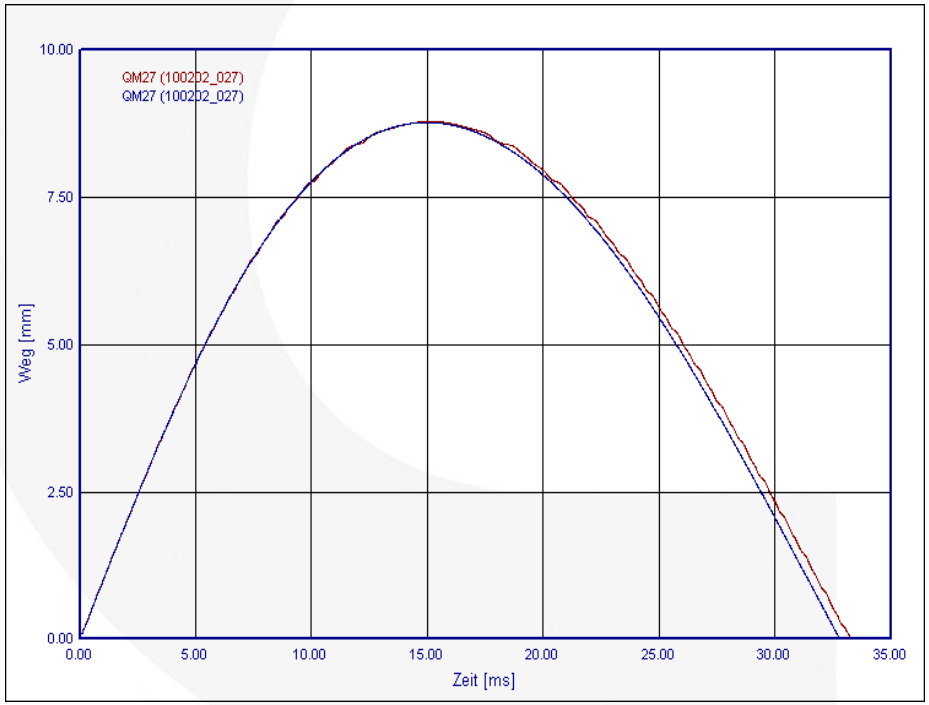
Messtechnik
Inkrementell Drehgeber

Wegbestimmung

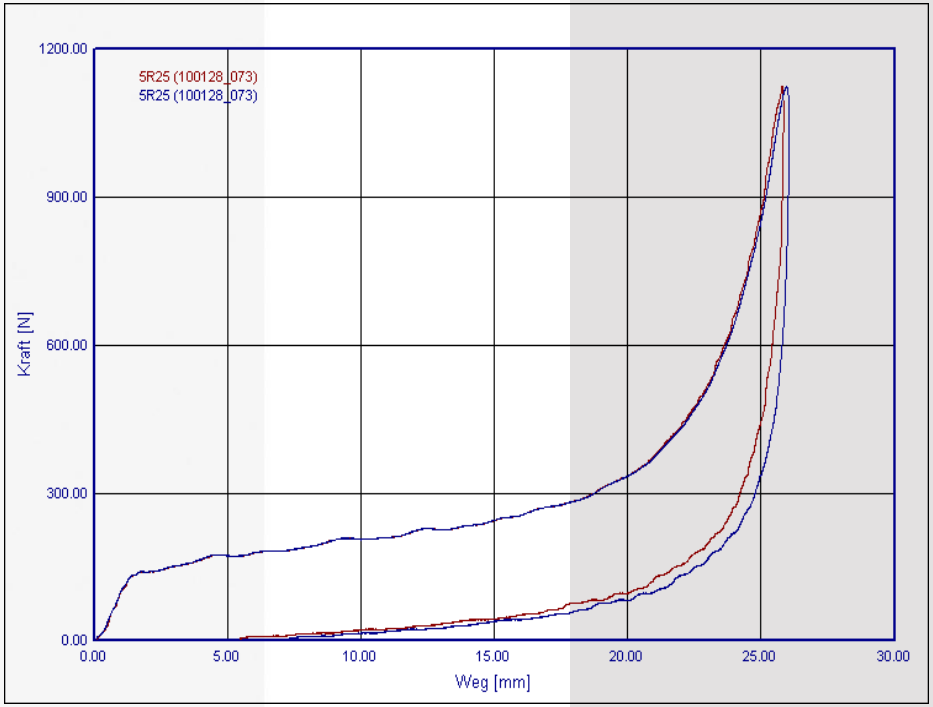
Auswertung über Winkelsignal vs. Beschleunigungssignal

Kalibrierung des Systems über Winkelsignal vs. Beschleunigung möglich

3Pkt Biegeversuch 1mps



Druckprüfung Schaum 3.5mps



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Messtechnik
Beschleunigungssensoren

Kontakt zu neuem Sensorhersteller

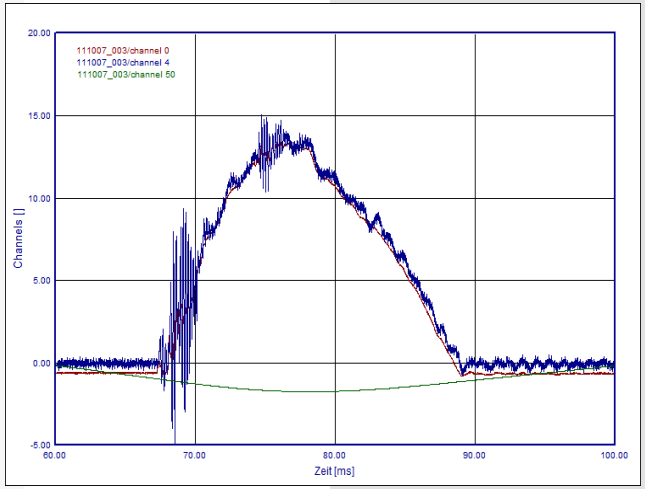
Vorteile:

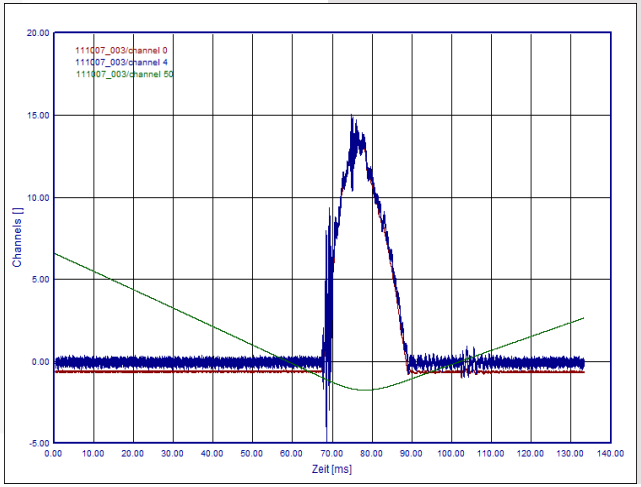
- größeres Sensor Angebot
  - piezoresistive Sensoren (50g - 1000g)
    → ähnlich der aktuell verwendeten Hardware
  - kapazitive Beschleunigungssensoren
    - Kleiner Bereich möglich (2g – 400g)
    - Temperaturkompensiert, gleiche Bauform
    - Zusatzoption Low Noise
- Kundenservice
  - deutscher KMU → flexible hinsichtlich Kundenwünsche
  - Kalibrier- und Reperaturservice

Nachteile:

- Modifikation Elektronik
- Messsignal kapazitiv ohne Low Noise → Rauschen
- höherer Preis

Messergebnisse 4a:
50 g kapazitiv ohne LOW NOISE
50 g piezoresistiv (aktuelle Messtechnik)

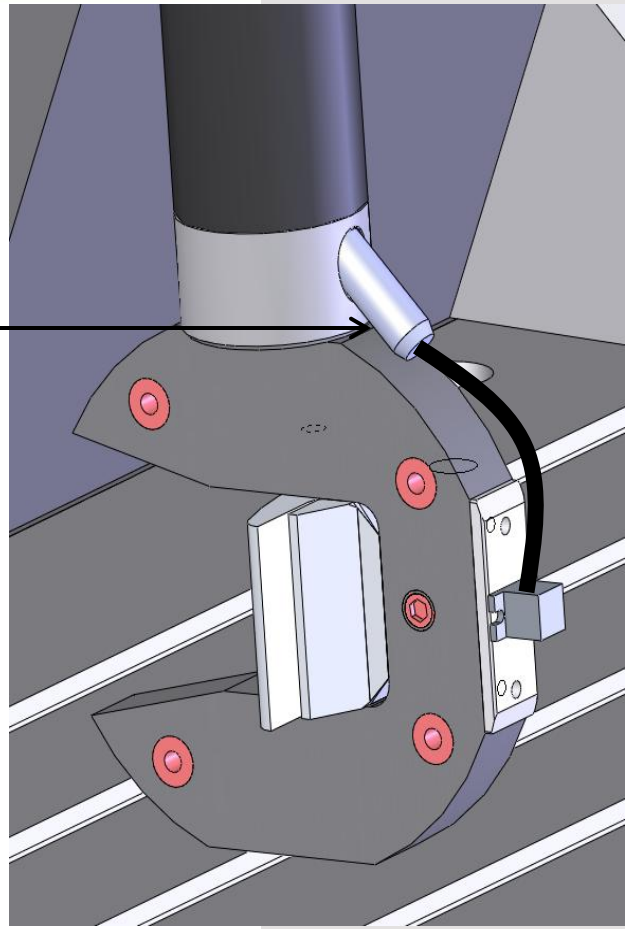




© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Messtechnik
Beschleunigungssensoren

Neues Konzept für steckbare Sensoren konstruiert



Vorteile:

- tauschbare Sensoren → individueller Messbereich
- leichterer Versand für Kalibrierung

Nachteile:

- Schwachstelle → sollte jedoch konstruktiv und durch Verwendung hochwertiger Steckerverbindung (Fa. Fischer) gelöst sein

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

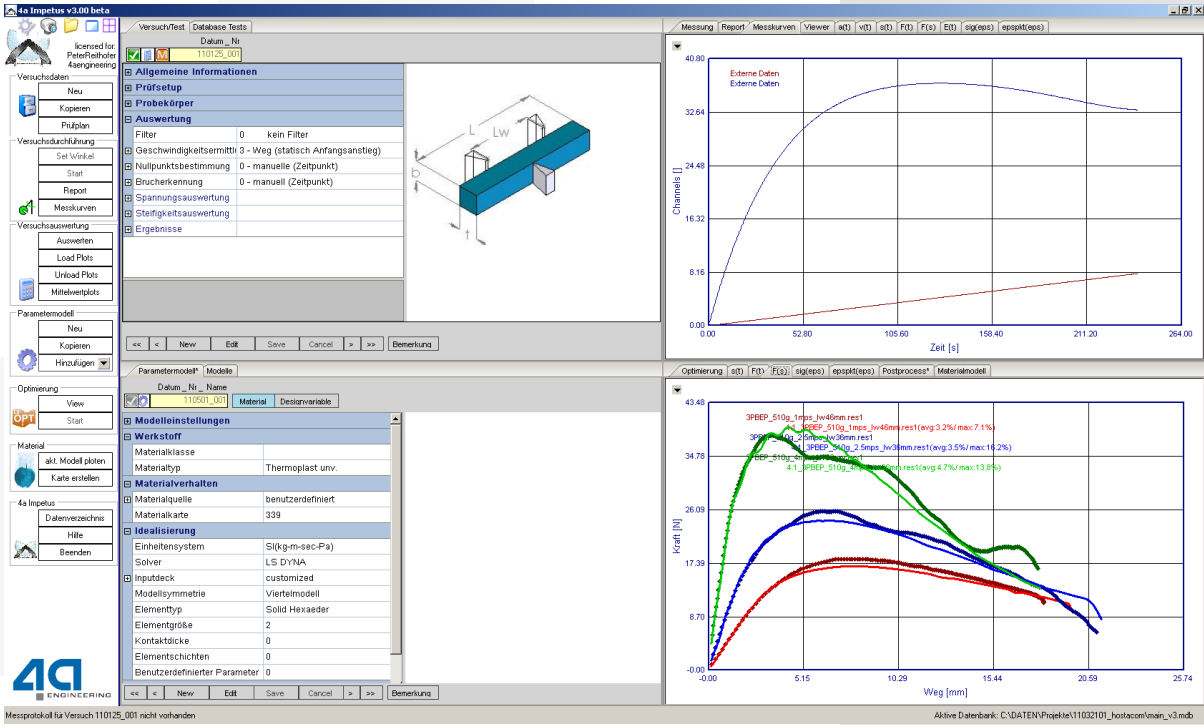
Software

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Software

Ablauf / Funktionsumfang

- Prüfplan anlegen
- Versuchsdurchführung
- Versuchsauswertung
- Versuchsergebnisse
- externe Versuchsergebnisse importieren
- Modellbildung
- Materialmodelle
- Optimierung

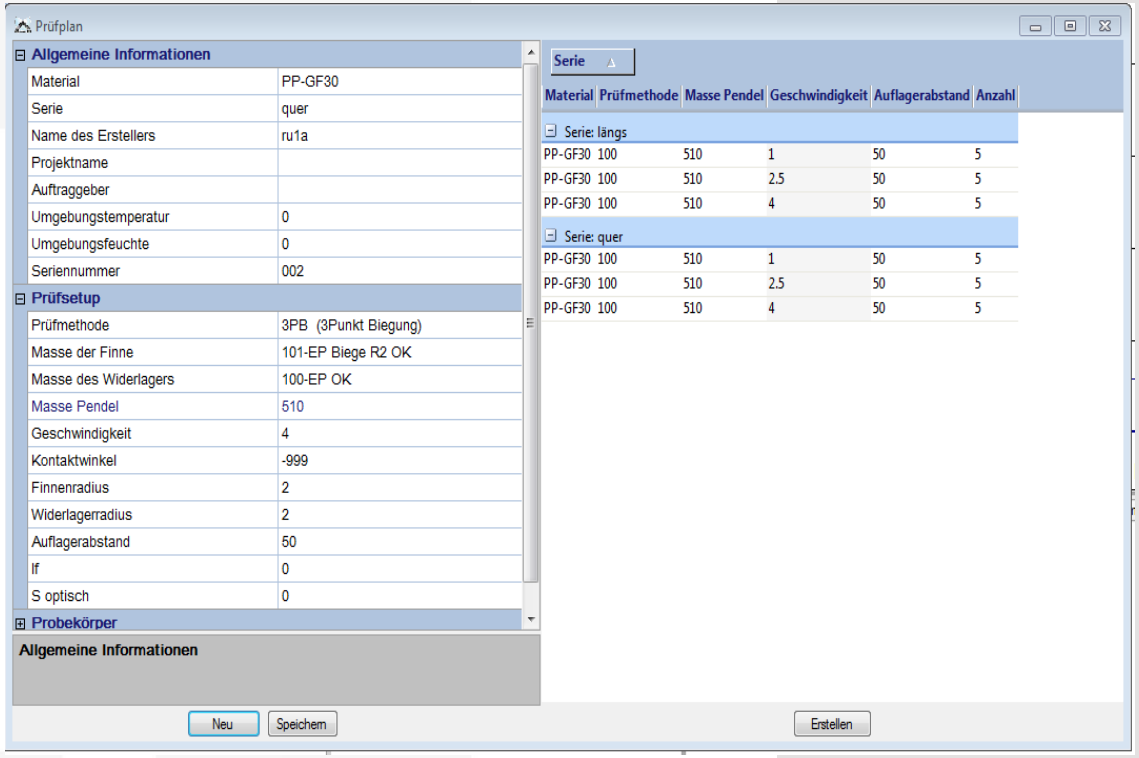


© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Prüfplan anlegen

Neues Feature

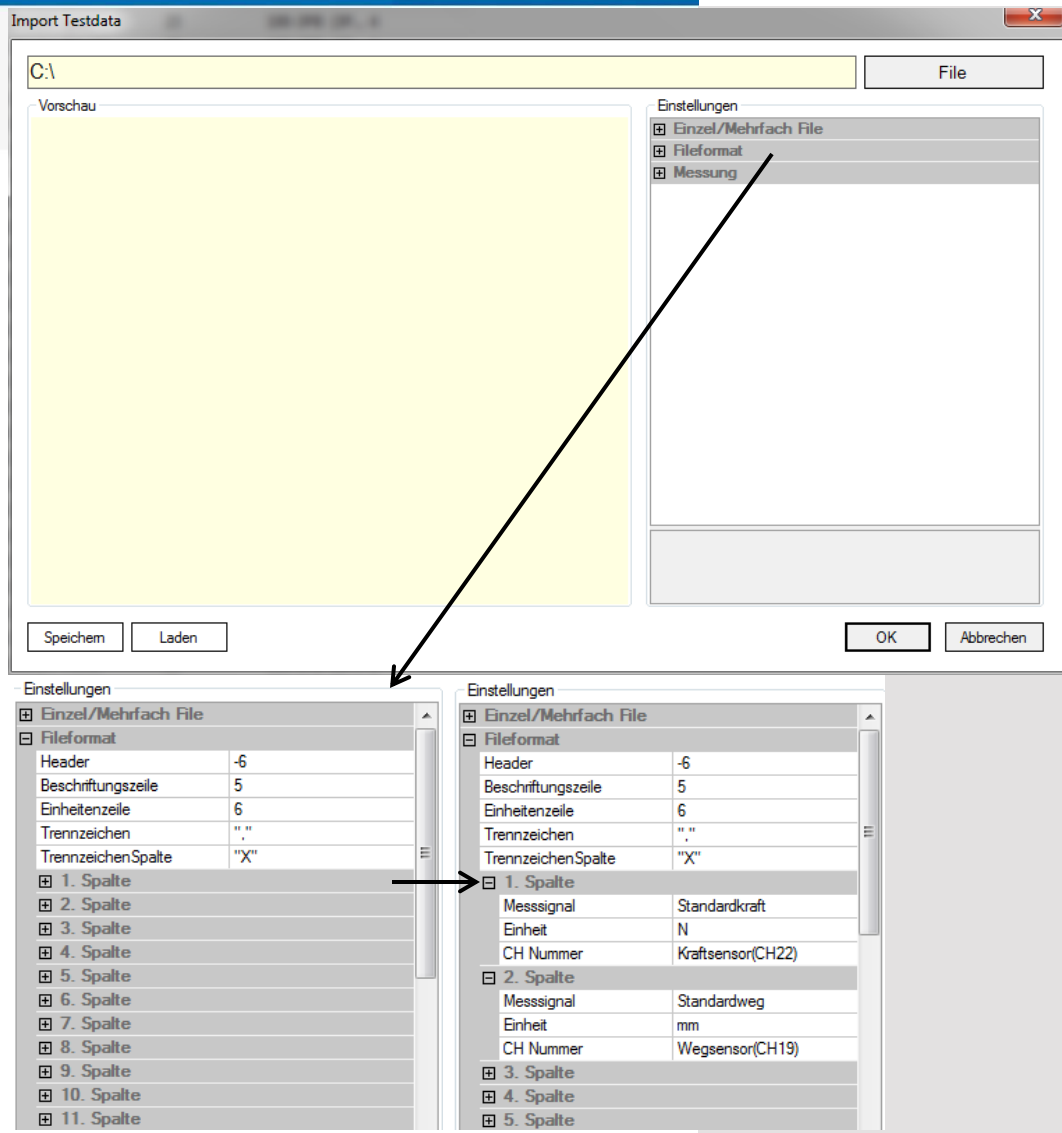
- links: PropertyGrid für Einstellungen
- Rechts: Übersicht über Prüfplan (kann beliebig sortiert und gruppiert werden)
- <u>Neu:</u> Anlegen einer neuen Versuchsreihe
- <u>Speichern:</u> Ändern einer in der Übersicht markierten Versuchsreihe
- <u>Erstellen:</u> Erstellen des Prüfplans in der Datenbank



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

externe Versuchsergebnisse importieren

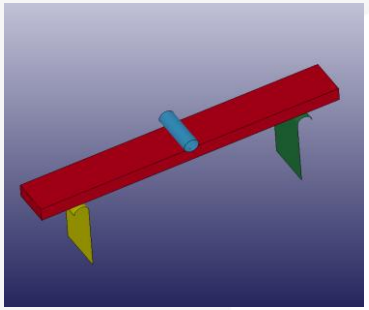
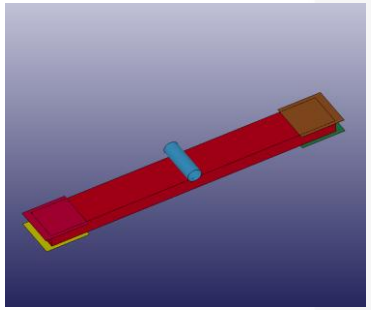
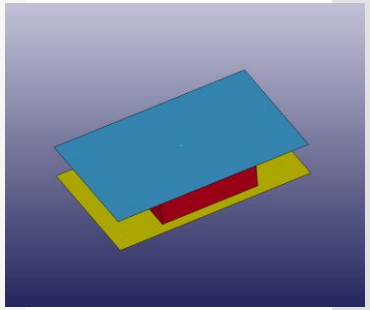
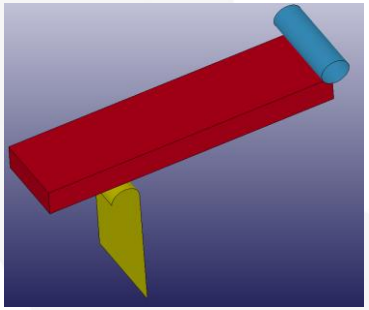
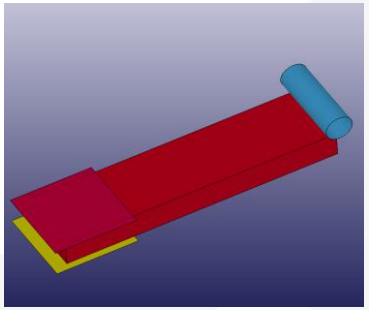
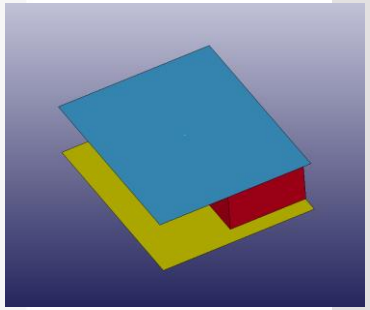
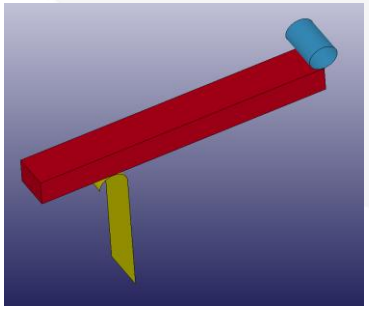
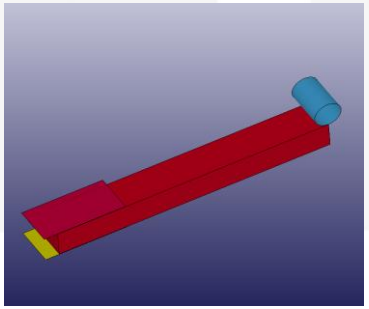
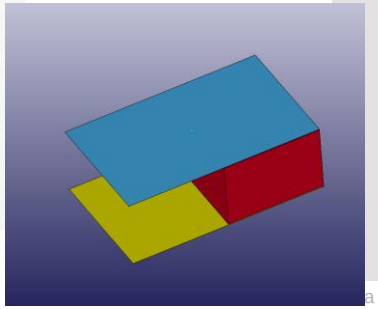
- File: Das File mit den externen Messdaten wird geladen
- Einfach/Mehrfach File: bietet die Möglichkeit mehrere Files auf einmal zu laden, und über die Proben-ID zuzuordnen.
- Fileformat: Der Aufbau des Files wird eingestellt; anzahl Headerzeilen, in welcher Zeile sich die Beschriftung und in welcher die Einheiten befinden; Trennzeichen und Spaltentrennung wird eingestellt, sowie die einzelnen Channels
- Messung: Die Samplerate und die Prüfart können eingestellt werden.
- Speichern: die Einstellungen werden gespeichert
- Laden: zuletzt gespeicherte Einstellungen werden geladen
- OK: externe Versuchsergebnisse werden importiert



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Modellbildung
Modellerstellung

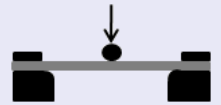
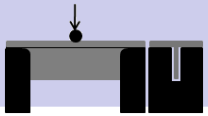
Neben Solid Elementen werden Shells unterstützt.

Freie Biegung	gespannte Biegung	Druck	
			Vollmodell
			Halbmodell
			Viertelmodell

a engineering GmbH, all rights reserved

4a Impetus

Schnittstellenstand in V3.0

	ABAQUS	LSDYNA	PAMCRASH	RADIOSS
	implizit / explicit	implizit / explizit	explizit	explizit
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	explizit
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	explizit
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	explizit
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	explizit
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	explizit
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	explizit

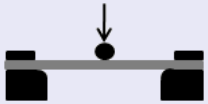
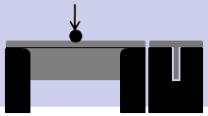
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Reverse Engineering

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

4a Impetus

Materialkartenerstellung

	*MAT_24 Dynamat	*MAT_187 Dynamat	*MAT_24 Impetus	*MAT_124 Impetus	*MAT_124 Impetus
	Basis Materialkarte	**Basis Materialkarte**			
		Basis Materialkarte			
		Basis Materialkarte			
			Basis Materialkarte	**Basis Materialkarte**	**Basis Materialkarte**
				Basis Materialkarte	
					**Basis Materialkarte**
					

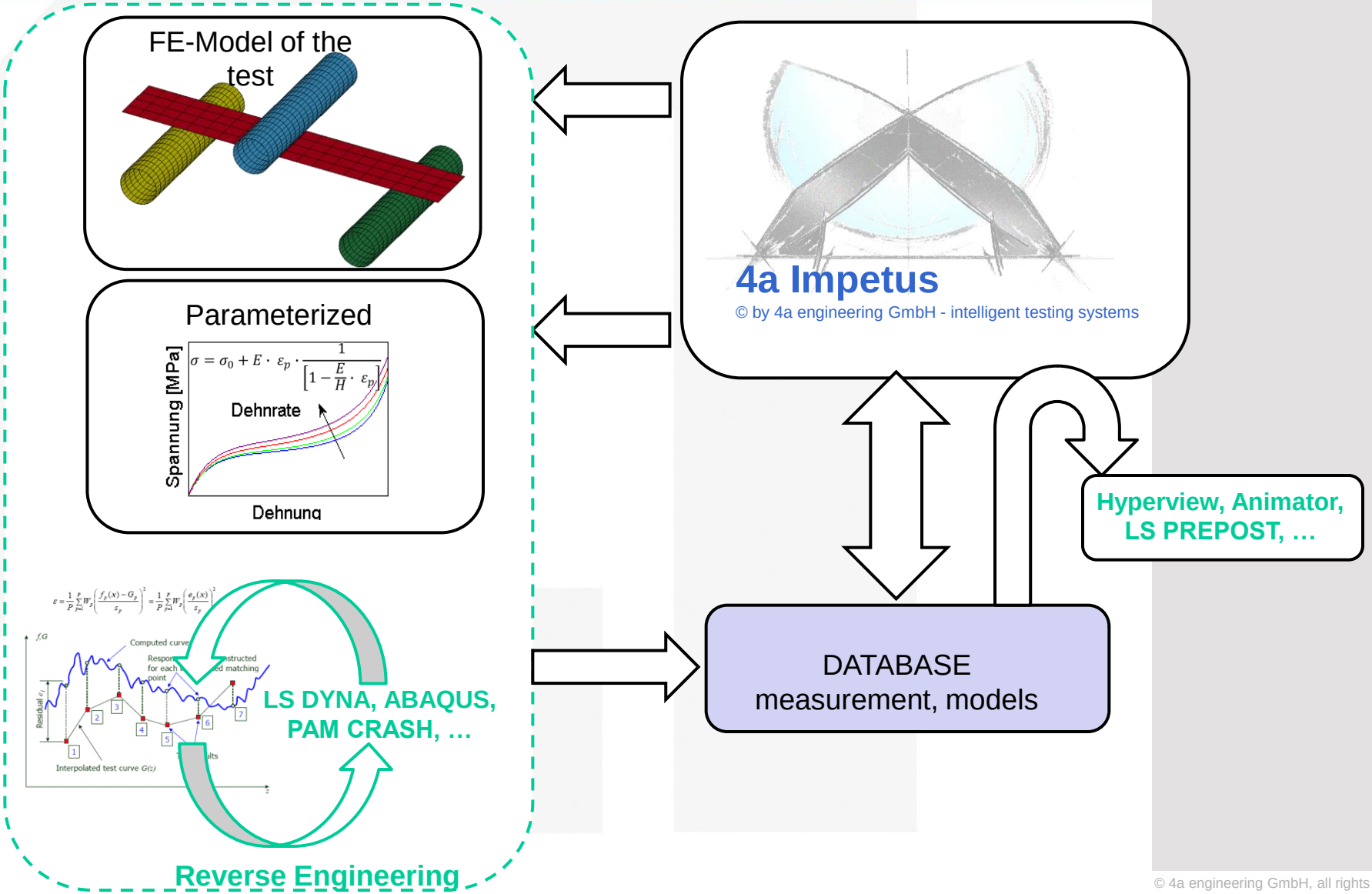
klassische Vorgehensweise

4a Impetus

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

4a Impetus

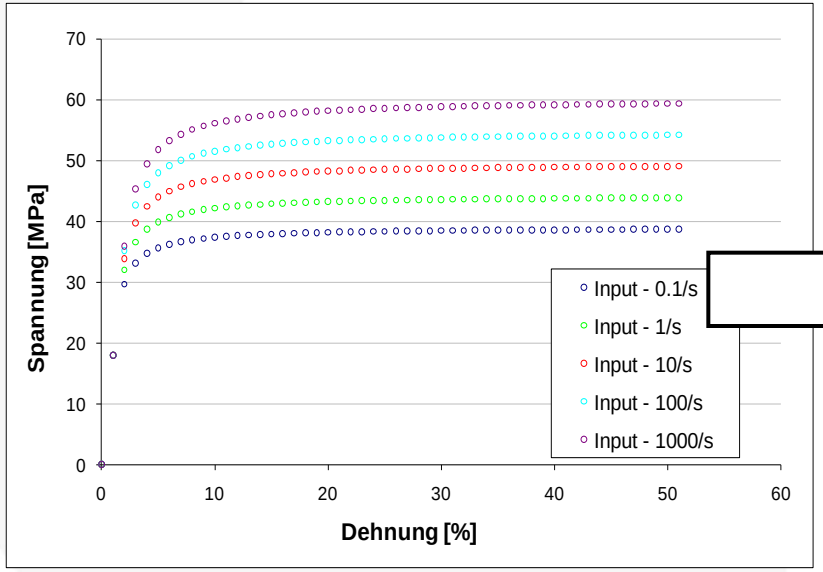
Ablaufdiagramm



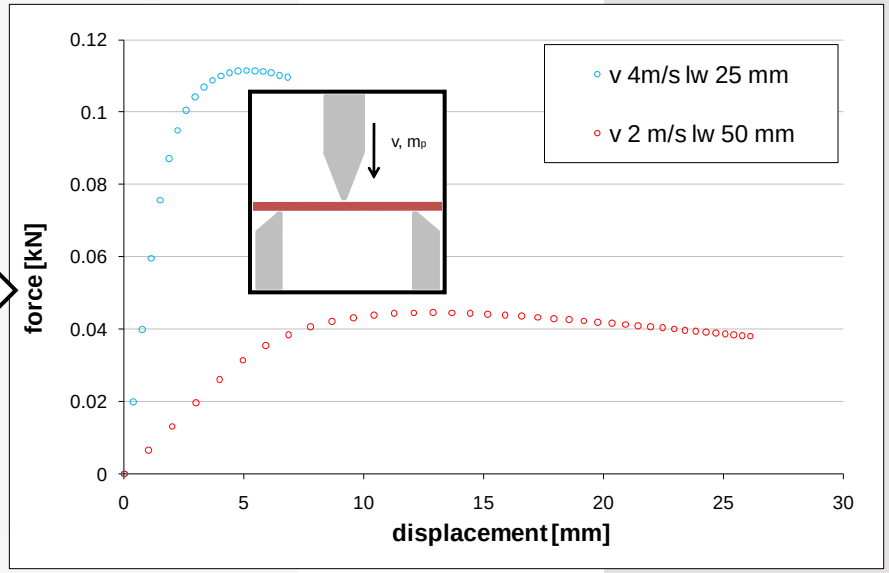
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Ausgehend von einem postulierten Materialmodell werden virtuelle Versuche durchgeführt.

Diese bilden die Basis für das Reverse Engineering.



Postuliertes Materialverhalten

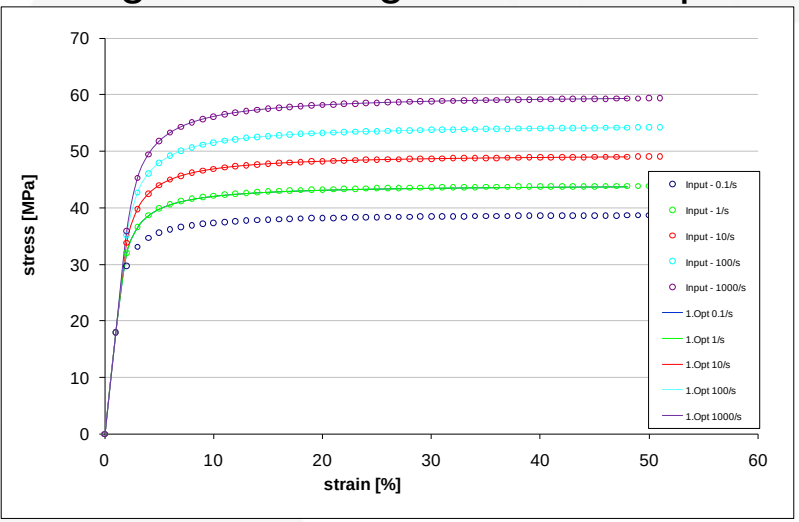


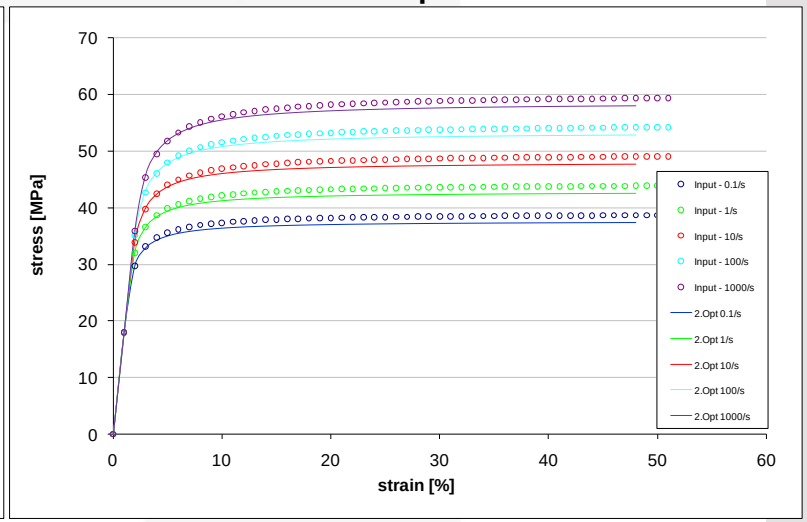
Virtuelle Versuche

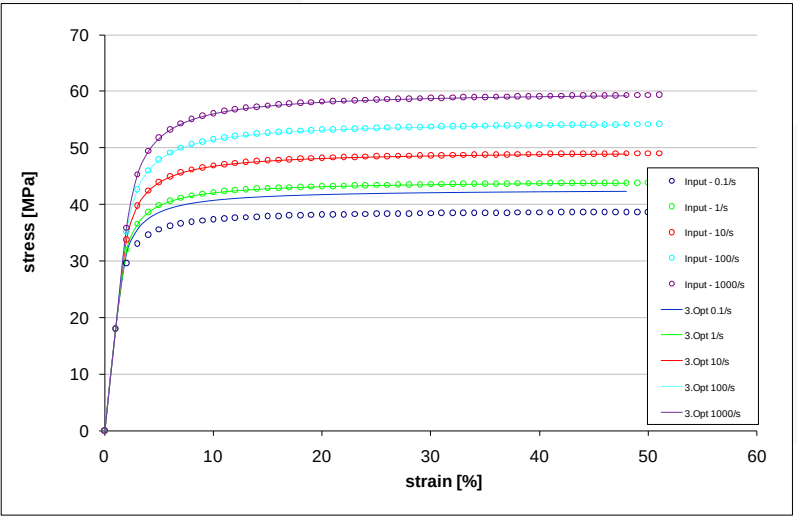
→ Es wird untersucht in wie weit das vorgegebene Materialverhalten reproduziert werden kann.

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Unterschiedliche Ausgangssituationen führen im untersuchten Bereich zum selben Ergebnis. Lediglich die Extrapolation ist von den Startparametern abhängig.







Startwerte

	Opt 1.	Opt 2.	Opt 3.
1	2000	1000	10000
2	50	100	1
3	25	5	10
4	25	1	50
5	0.1	1	0.001

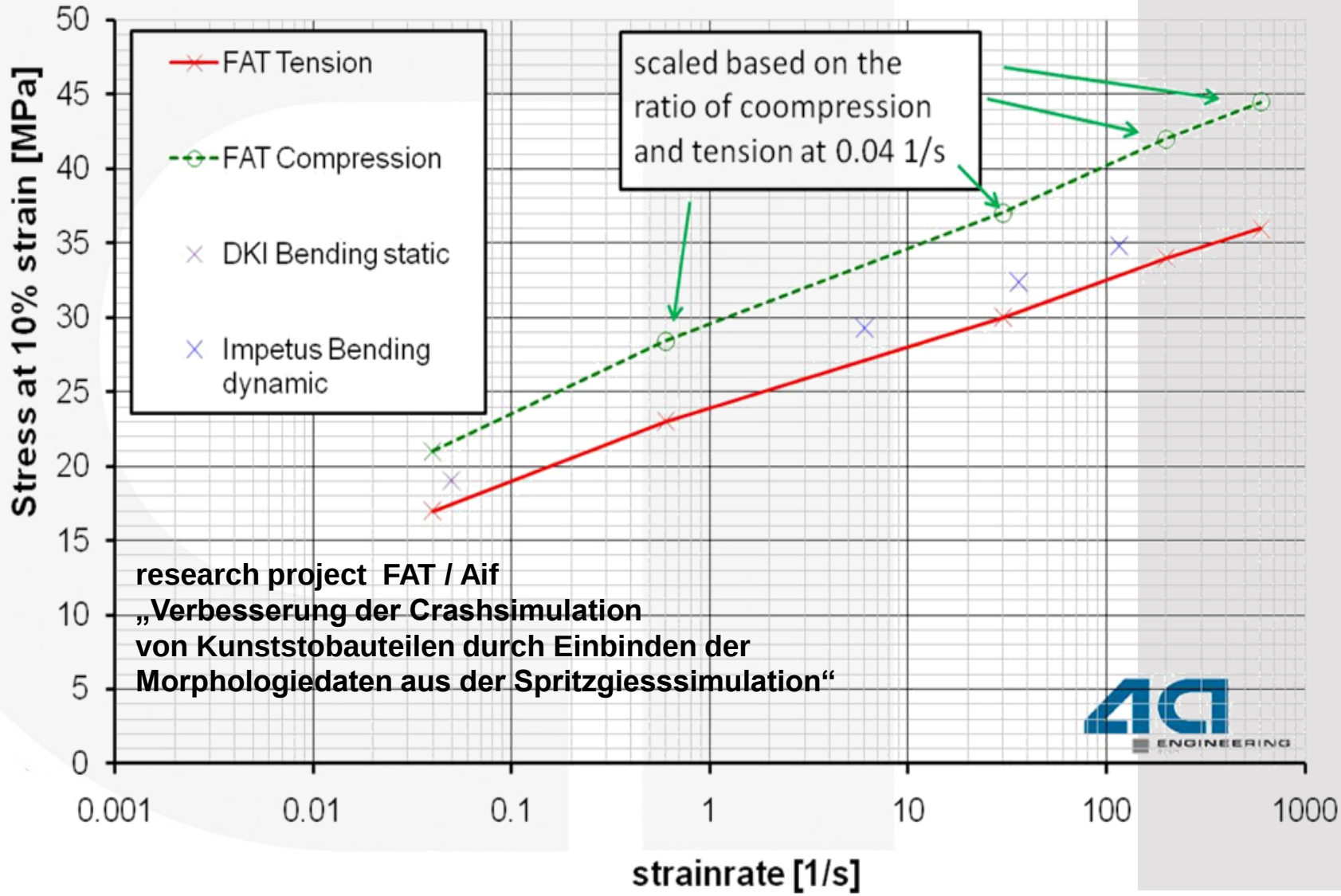
Ergebnisse

DV	Input	Opt 1.	Opt 2.	Opt 3.
1	1801	1815	1821	1815
2	22	24.92	22.3	23.99
3	17	19.26	14.34	18.8
4	17	19.14	16.05	18.7
5	0.1	1	0.0651	0.5142

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

4a Impetus

Reverse Engineering – Verifikation



research project FAT / Aif
„Verbesserung der Crashsimulation von Kunststobauteilen durch Einbinden der Morphologiedaten aus der Spritzgiesssimulation“

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Ansatzfunktionen

- Bilinear

$$\sigma = \sigma_0 + E_T \cdot \varepsilon_p$$

- Ludwik

$$\sigma = A + B\varepsilon_p^n$$

- Bergström

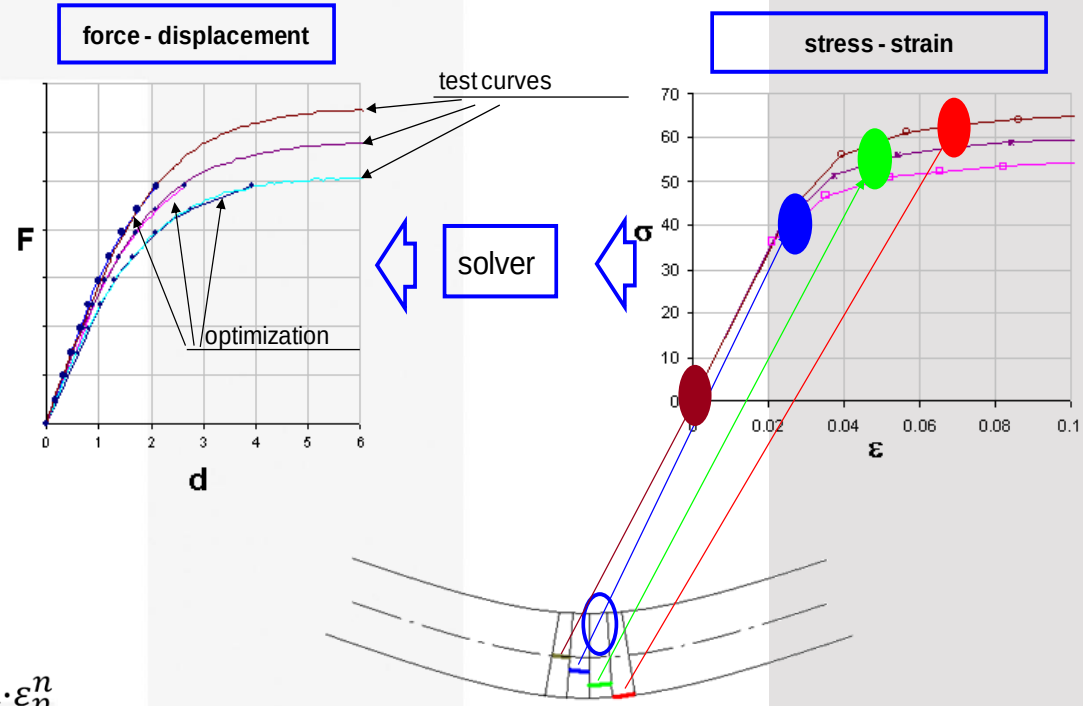
$$\sigma = A + k\sqrt{1 - \exp(-0.5\,\varepsilon_p)}$$

- G'sell Jonas

$$\sigma = \sigma_0 + K \cdot (1 - e^{-w \cdot \varepsilon_p}) \cdot e^{h \cdot \varepsilon_p^n}$$

- 4a three parameter law

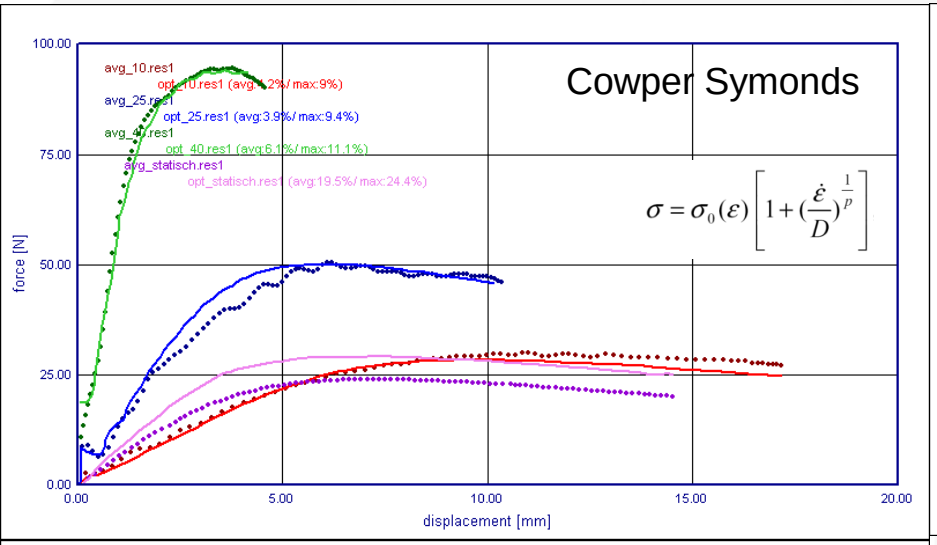
$$\sigma = \sigma_0 + E \cdot \varepsilon_p \cdot \frac{1}{\left[1 - \frac{E}{H} \cdot \varepsilon_p\right]}$$

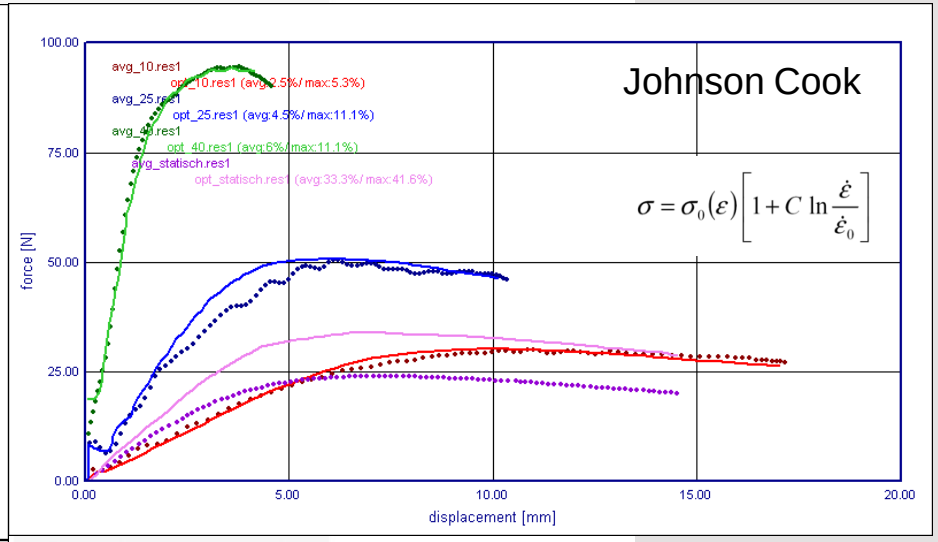


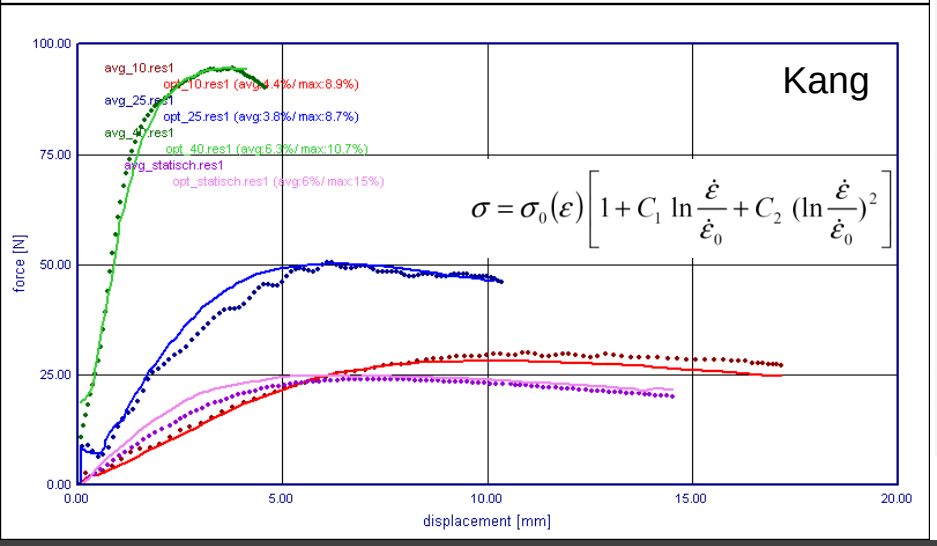
Source: DA Fritz

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Unterschiedliche Ansatzfunktion hinsichtlich der Dehnrate

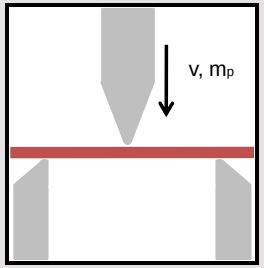






v m/s	l_w mm	$m_{pendulum}$ g
4	25	510
2.5	40	510
1	60	1300
0.001	50	

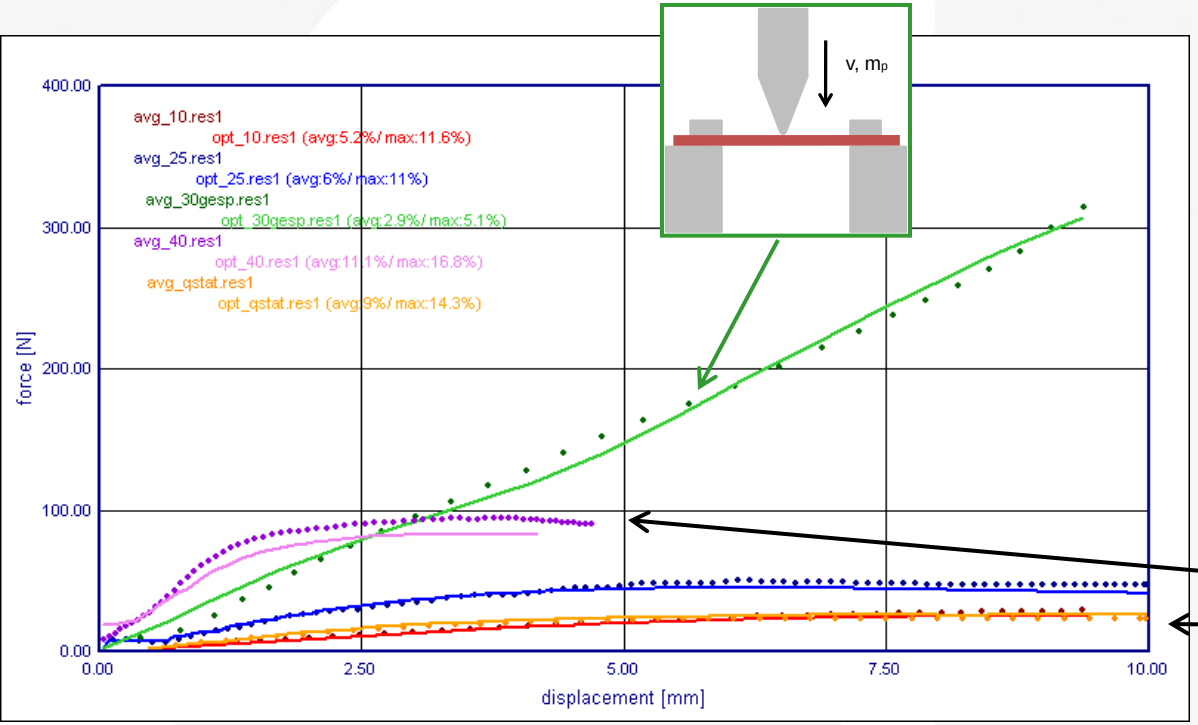
···· Messkurven
— Simulation

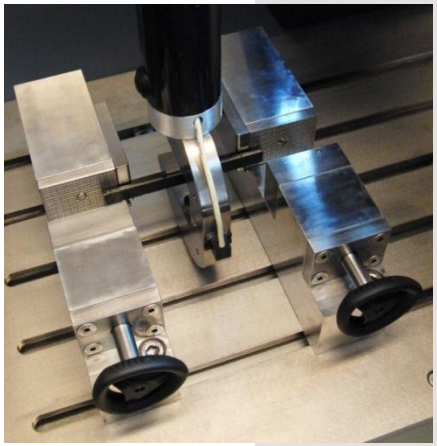


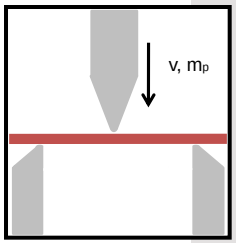
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Fallbeispiel für Materialkarten mit unterschiedlichem Zug/Druck Verhalten

MAT_PLASTICITY_COMPRESSION_TENSION oder MAT_SAMP-1







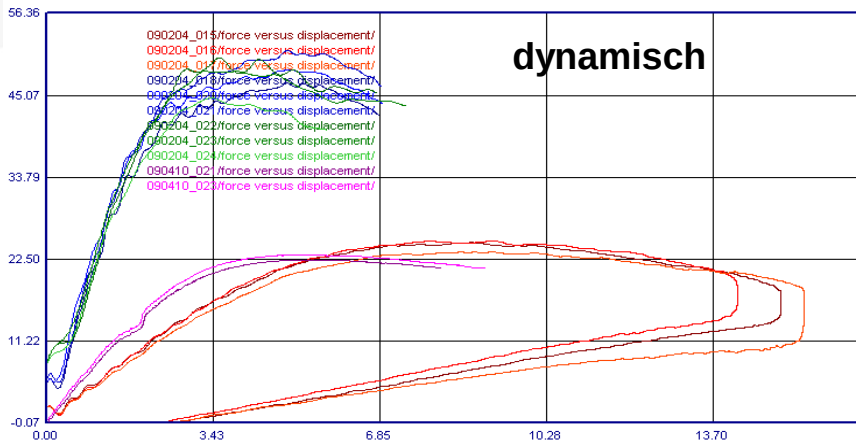
···· Messkurven
— Simulation

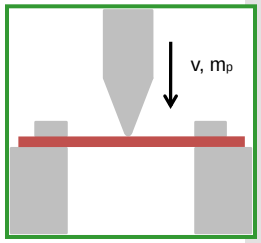
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

4a Impetus

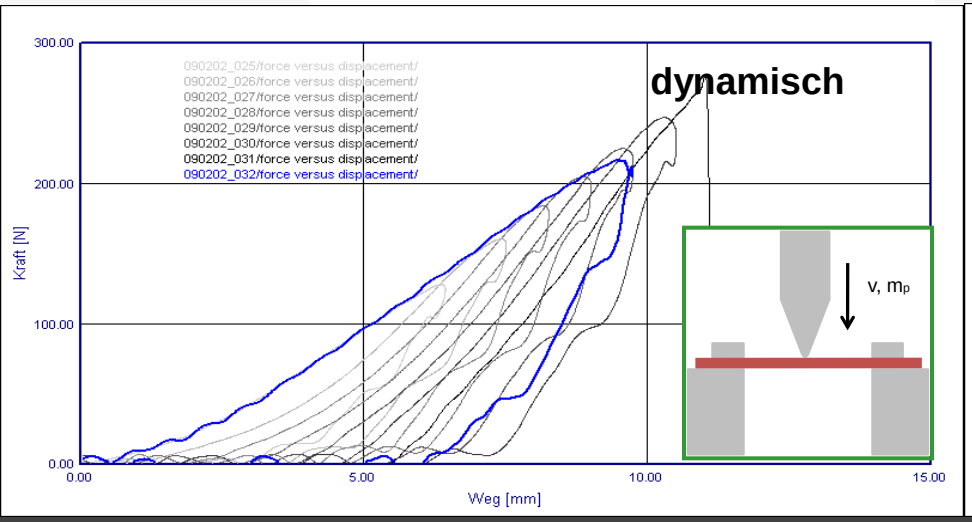
Reverse Engineering – Bestimmung der Materialkarte / -eigenschaften

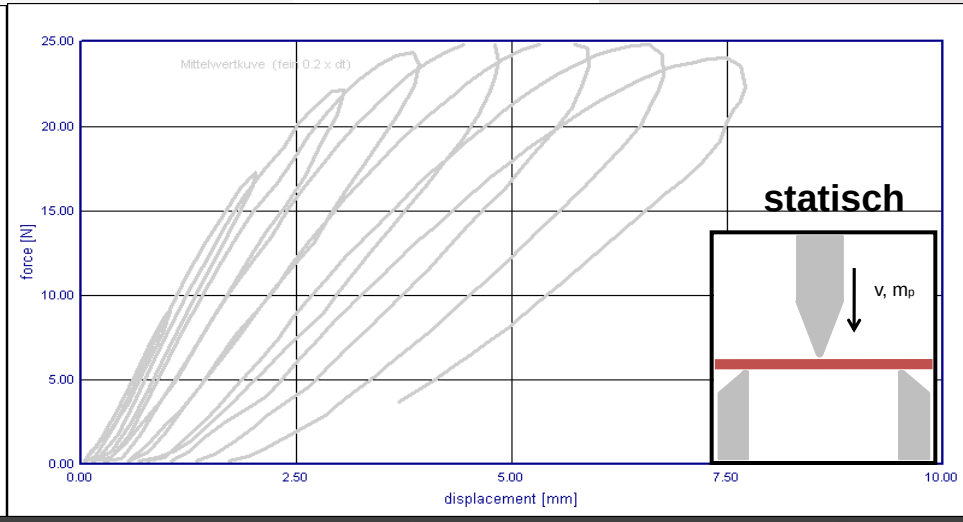
Belastung und Entlastung kann untersucht werden → Energieaufnahme





Hysterese - mehrfaches Belasten → Schädigung





Zusammenfassung und Ausblick

- 4a Impetus bietet umfangreiche und schnelle Prüfmöglichkeiten
- Über Reverse Engineering werden effizient geeignete Materialmodelle für die Simulation generiert.
  (LS DYNA, PAM CRASH, ABAQUS, Radioos)
- Quasistatische Versuche können problemlos integriert werden.

- 4a Impetus hervorragend geeignet, Materialdatenbanken für die tägliche Berechnungspraxis zu erstellen.
- Qualitätssicherung der Materialkarten durch Gesamtsoftwarelösung (Prüfung + Simulation) unabhängig vom Standort.

© 4a engineering GmbH, all rights reserved