

Kunststoffcharakterisierung mit Impetus II

Der effiziente Weg zu validierten dynamischen Materialdaten

M. Fritz, P. Reithofer (4a engineering GmbH, Traboch, A)
S. Neumair (Audi AG, Ingolstadt, D)
U. Franz (DYNAmore GmbH, Stuttgart, D)

Abstract:

The testing system **Impetus II** provides the automatic analysis of dynamic loaded parts or samples and builds for the first time a closed way of realistic material morphology and load case during test over semi analytical models or finite element models to validated material cards.

For example for damping elements of the BioRID II, thermoplastic boxes with ribs, foams for crash applications and wiring harness in automotive applications the material data examined with **Impetus II** were compared with results of different test methods.

Keywords:

Validierte Materialkarten, automatische Auswertung, Optimierung, Komponententest

Validated material cards, automatically analysis, optimization, component tests

Kunststoffcharakterisierung mit Impetus II





4a

ENGINEERING
GmbH

4a engineering GmbH
 Industriepark 1
 8772 Traboch

Der effiziente Weg zu validierten dynamischen Materialdaten

Dynaforum 2007, Frankenthal

M. Fritz, P. Reithofer (4a engineering GmbH)
 S. Neumair (Audi AG)
 U. Franz (DYNAmore GmbH)


Seite 1/21
 11.10.2007
 Martin Fritz, Peter Reithofer,
 Stephan Neumair, Uli Franz
 Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt


I N P H Y S I C S W E T R U S T







© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

4a technology GmbH











- **Standort**
 - Industriepark 1
 - 8772 Traboch – AUSTRIA
- **30 Mitarbeiter**
- **Mehr als 300 Projekte**
 - 35% Automotive
 - 15% Luft- und Raumfahrt
 - 10% Maschinenbau
 - 30% Medizintechnik
 - 10% Consumer goods
- **Unser Leitspruch**

in physics we trust


Seite 2/21
 11.10.2007
 Martin Fritz, Peter Reithofer,
 Stephan Neumair, Uli Franz
 Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt

I N P H Y S I C S W E T R U S T



© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

Abstract / Kurzfassung



Kurzfassung:
 The testing system Impetus II provides the automatic analysis of dynamic loaded parts or samples and builds for the first time a closed way of realistic material morphology and load case during test over semi analytical models or finite element models to validated material cards.

Inhalt:

- **Einleitung / Motivation**
- **Impetus II**
 - Messtechnik
 - GUI (Datenbank, Messsoftware, Optimierung..)
 - Implementierte Materialfunktionen
 - Schnittstellen (LS-Dyna®, PAM-Crash®, Abaqus explicit®)
- **Kunststoffcharakterisierung**
 - Elastomere – BioRID II – Vergleich mit Fallturmdaten
 - Schäume – Vergleich mit Hydropulsdaten
 - Thermoplaste – Rippenbox, Vergleich mit Zugversuche
 - Komponentenversuche – Möglichkeiten
- **Zusammenfassung**


Seite 3/21
 11.10.2007
 Martin Fritz, Peter Reithofer,
 Stephan Neumair, Uli Franz
 Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt

© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

DYNA
MORE

I N P H Y S I C S W E T R U S T

Einleitung / Motivation



Material	Anwendung
<div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Polymer-Zusammensetzung Chemische Grundstruktur Molekulargewichtsverteilung Morphologie des Grundpolymers </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin: 5px 0;"> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; text-align: center;"> Füllstoffe (Talkum) Verstärkungstoffe Blend-Anteile </div> <div style="text-align: center;"> ↔ Eigenschaften Anteile Orientierungs- verhalten </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; text-align: center;"> ↔ ↔ ↔ </div> </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Herstellbedingungen Fließrichtung Abkühlgeschwindigkeiten </div>	<div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Einsatzbedingungen Einsatztemperatur Belastungsgeschwindigkeit Umgebungsfeuchte Belastungsrichtung /-niveau Dreidimensionalität des Belastungszustandes </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin: 5px 0;"> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; text-align: center;"> ↔ ↔ ↔ </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Geometrie Bauteilgeometrie/ -struktur </div> </div>

Seite 4/21
 11.10.2007
 Martin Fritz, Peter Reithofer,
 Stephan Neumair, Uli Franz
 Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt

© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

DYNA
MORE

I N P H Y S I C S W E T R U S T

Einleitung / Motivation

- Entwicklungszeiten und –kosten senken
- Zeitlicher Vorsprung
- Probekörper aus dem Bauteil
 - Realistisches Versagen an der Oberfläche
 - Belastung und Entlastung
 - Erkenntnisse über die Energieaufnahme
 - Spannungsverlauf über den Querschnitt
 - Dehnraten wie in der Realität aufgrund der Energieaufnahme
- Nachvollziehbar
- Datenbankstruktur
- In sich geschlossenes System
- Tischgerät

Seite 5/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt

© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

I N P H Y S I C S W E T R U S T

Impetus II - Messtechnik

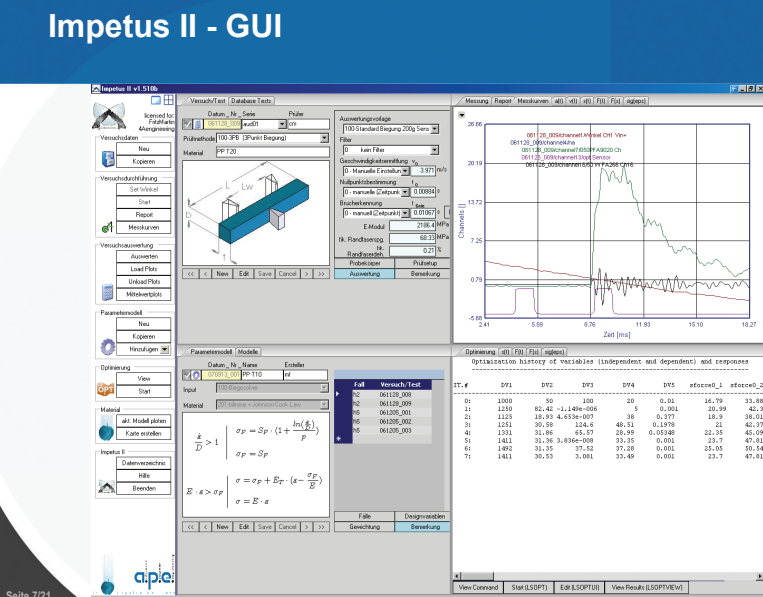
- Prüfungsarten
 - Elastomere, geschäumte Polymere, unverstärkte und verstärkte Thermoplaste, Duroplaste,
 - Druckversuch → (TxBxL)max 60 x 40 x 40 mm
 - Biegeversuch → (TxBxL)max 40 x 40 x 250 mm
 - Durchstoßversuch → (TxBxL)max 60 x 40 x 40 mm
 - Komponenten → (TxBxL)max 200 x 200 x 200 mm
- Einfachpendelausführung
 - 500 - 4500 mm/s
 - Maximale Energie 50J
 - Betriebstemperatur von + 20 bis + 25 °C
 - Maximal zulässige Beschleunigung 2000 g
- Optionale Doppelpendelausführung
 - 1000 - 9000 mm/s
- Optionale quasistatische Prüfvorrichtung
 - quasistatischer Geschwindigkeitsbereich - 2 mm/s
- Sensoren
 - Temperatur und Feuchtesensor
 - Zwei (ein) Beschleunigungssensoren (50g, 200g)
 - Zwei (ein) Winkelsensoren
- Optischer Sensor für die Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit und dem Nullpunkt


Seite 6/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt

© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

I N P H Y S I C S W E T R U S T


Impetus II - GUI





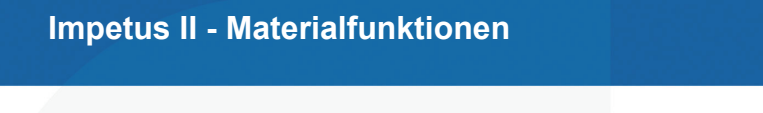
Seite 7/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt


© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved



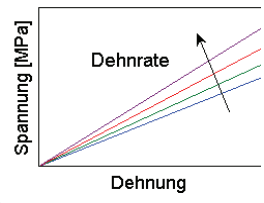
I N P H Y S I C S W E T R U S T

Impetus II - Materialfunktionen





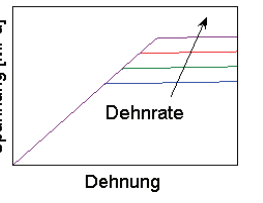
- Auszug aus implementierten Materialfunktionen
- Leicht erweiterbares System
- Umgesetzte Schnittstellen zu:
 - LS-Dyna ®
 - In Arbeit: PAM-Crash ®, Abaqus explicit ®



Spannung [MPa]

Dehnrate

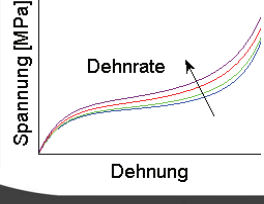
Dehnung



Spannung [MPa]

Dehnrate

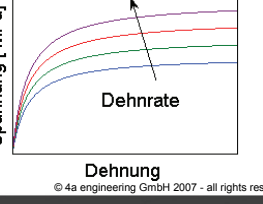
Dehnung



Spannung [MPa]

Dehnrate

Dehnung




Spannung [MPa]

Dehnrate

Dehnung

Seite 8/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt


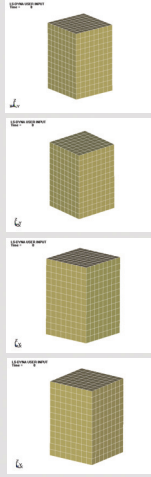

© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

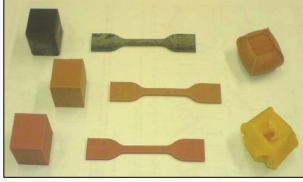
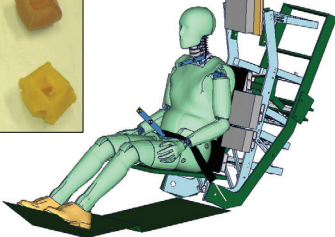
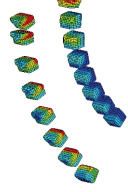


I N P H Y S I C S W E T R U S T

Elastomere / Vergleich mit Fallturmdaten

- **Materialdaten I (Fallturm)**
 - *MAT_SIMPLIFIED_RUBBER
 - Quasistatische Zug- und Druckversuche
 - Dynamische Zug- und Druckversuche mit Dehnraten von 0.001, 0.1, 10, 100, 500 [1/s]
- **Materialdaten II (Impetus II)**
 - *MAT_MOONEY_RIVLIN_RUBBER
 - Druckversuche mit Impetus II
 - **Anfangsdehnrate 30, 75, 165, 250 1/s**

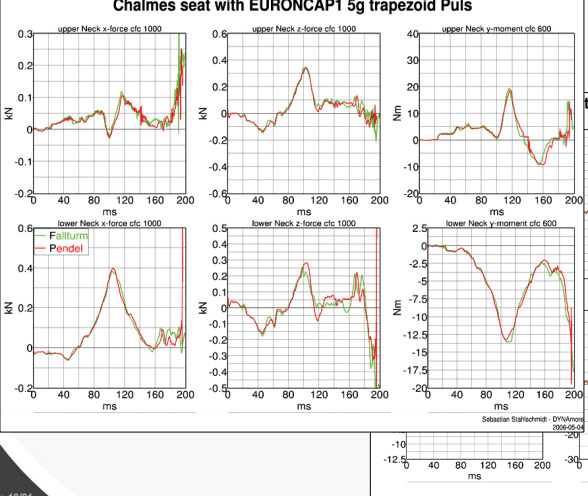
Seite 9/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt

mbH 2007 - all rights reserved

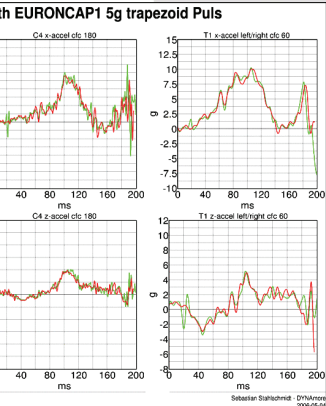
I N P H Y S I C S W E T R U S T



Elastomere / Vergleich mit Fallturmdaten

Chalmes seat with EURONCAP1 5g trapezoid Puls



th EURONCAP1 5g trapezoid Puls




➤ **Vergleich zwischen Daten von Impetus II und Zug- und Druckdaten**

© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

I N P H Y S I C S W E T R U S T

Seite 10/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt

Schäume / Vergleich mit Hydropulsdaten




- **Materialdaten I (Prüfmaschine MTS ® 831)**
 - Impact-Beanspruchung: bis 6 m/s
 - Kraftbereich: bis 100 kN
- **Materialdaten II (Impetus II)**
 - *MAT_LOW_DENSITY_FOAM
 - Druckversuche mit Impetus II
- **Vergleich Hydropuls direkt – Pendel direkt - Metamodell**

Dehnrate [1/s]	Temp. [°C]	EPP30	EPP45	EPP60	PU45	PU60	Abmaße	Anzahl der Prüfungen
1	-25						20x20x30mm	15
	23	3H	3H	3H	3H	3H	20x20x30mm	
	65						20x20x30mm	
50	-25	3P	3P	3P	3P	3P	20x20x30mm	15
	23	3P+3H	3P+3H	3P+3H	3P+3H	3P+3H	20x20x30mm	
	65	3P	3P	3P	3P	3P	20x20x30mm	
100	-25	3P	3P	3P	3P	3P	20x20x20mm	15
	23	3P+3H	3P+3H	3P+3H	3P+3H	3P+3H	20x20x20mm	
	65	3P	3P	3P	3P	3P	20x20x20mm	
200	-25	3P	3P	3P	3P	3P	20x20x20mm	15
	23	3P+3H	3P+3H	3P+3H	3P+3H	3P+3H	20x20x20mm	
	65	3P	3P	3P	3P	3P	20x20x20mm	
								195


Seite 11/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt

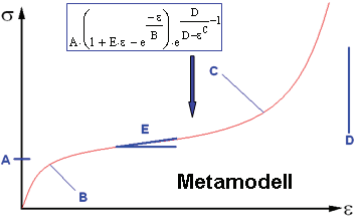
© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved



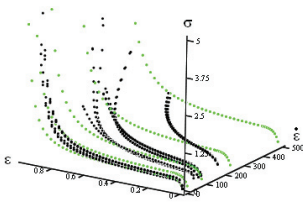
I N P H Y S I C S W E T R U S T

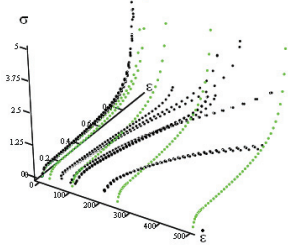
Schäume / Vergleich mit Hydropulsdaten

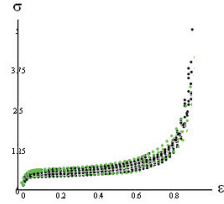




Metamodell







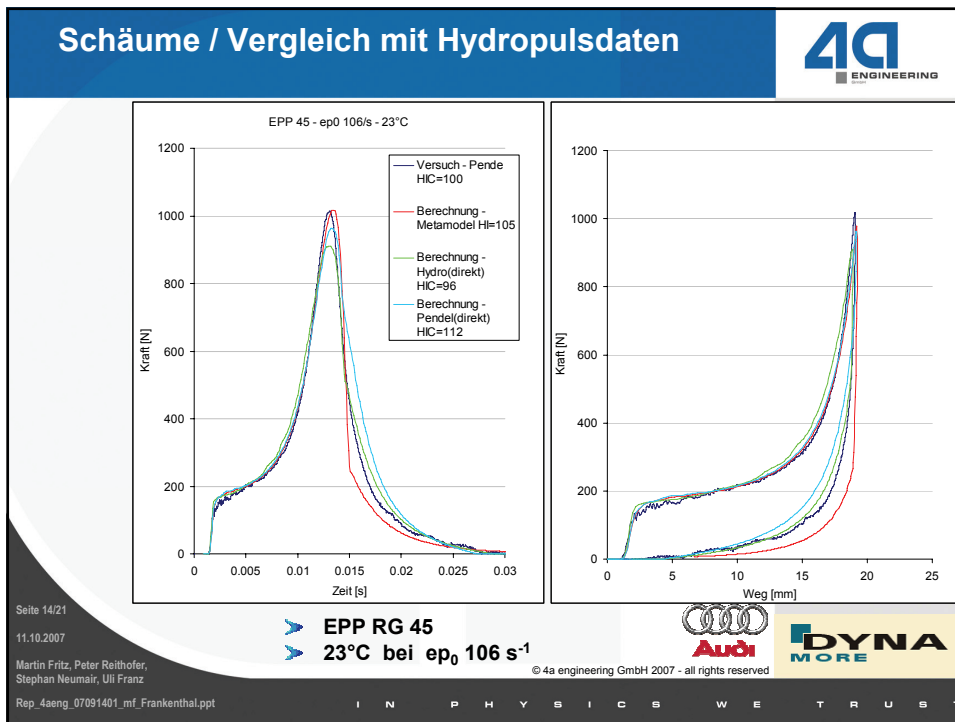
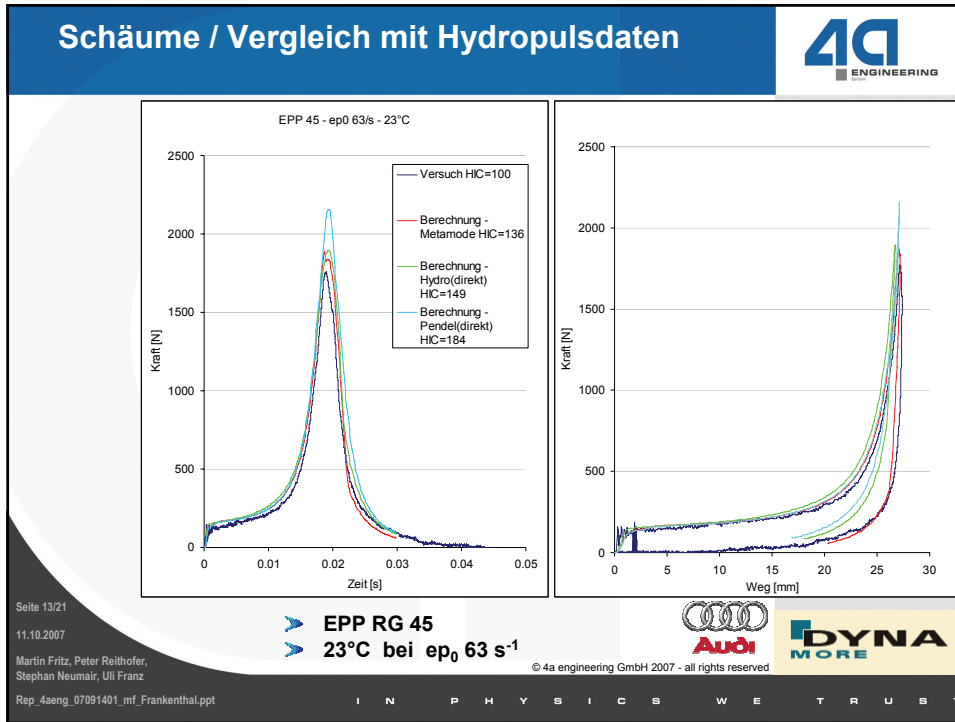


Seite 12/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt


➤ **EPP RG 45**
➤ **23°C bei ϵ_{p0} 63 s⁻¹**

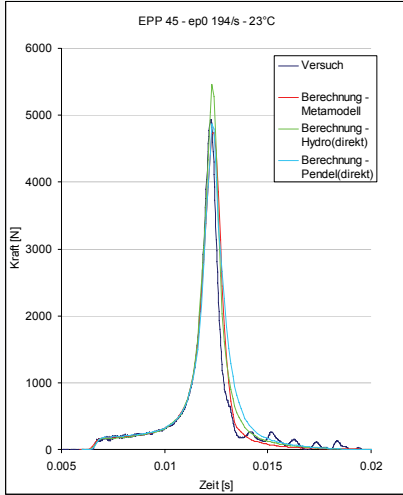



I N P H Y S I C S W E T R U S T

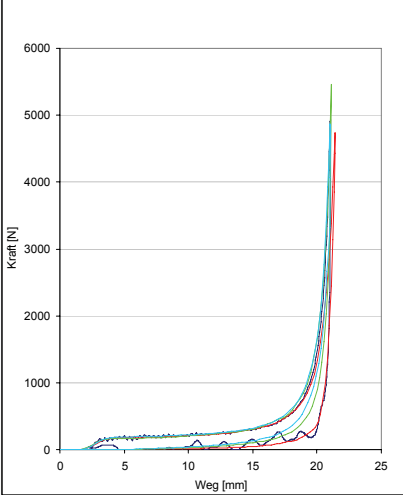


Schäume / Vergleich mit Hydropulsdaten







EPP 45 - ep0 194/s - 23°C



➤ EPP RG 45
➤ 23°C bei ep_0 194 s⁻¹

© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

Seite 15/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer, Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt

I N P H Y S I C S W E T R U S T

Thermoplaste / Vergleich mit Zugversuche



- **dynamische Aufschlagversuche (mit ECE-R21 Kopfpendel, 6 Versuche):**
 - Belastungsgeschwindigkeiten 4.7 m/sec
 - Impactor: 6.8 kg Impactor; d=165mm, L=800 mm
 - statistische Wiederholung: 3 Versuche pro Geschwindigkeit (6 Versuche)
 - Aufzeichnung von Beschleunigungs-Zeit-Verlauf (Beschleunigungssensor)
- **Bruchdehnung der Zugdaten über reverse engineering**





Basis



PM 14899 01 V



PM14899-07 N



Versuch 1





© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

Seite 16/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer, Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt


I N P H Y S I C S W E T R U S T


Thermoplaste / Vergleich mit Zugversuche



- Untersuchung unterschiedlicher Ansatzfunktionen
- Vergleich mit den Ergebnissen von stat. und dyn. Zugversuchen


Seite 17/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt





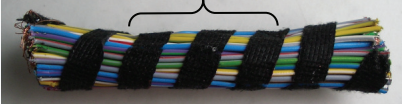
I N P H Y S I C S W E T R U S T

Komponententests / Kabelbaum

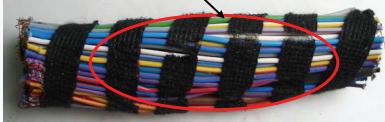


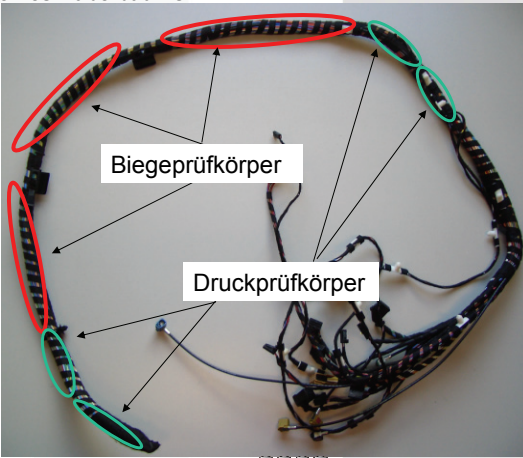
- Abbildung des Crashverhaltens eines Kabelbaums

Bereich der Druckfinne





Rückseite am Widerlagerbalken






Seite 18/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt



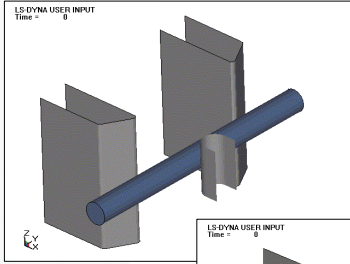


I N P H Y S I C S W E T R U S T

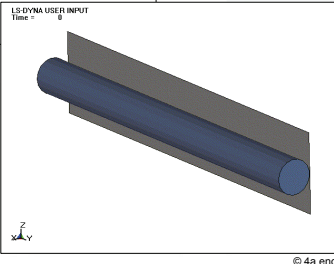
Komponententests / Kabelbaum



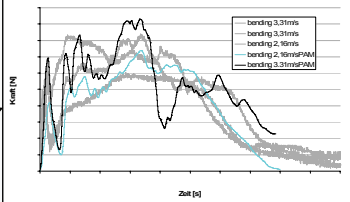
➤ **Abbildung ist mit einem Material nicht möglich**
 ➤ **Es wurden unterschiedliche Ansätze untersucht**



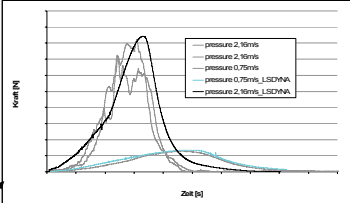
LS-DYNA USER INPUT
Time = 0



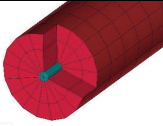

LS-DYNA USER INPUT
Time = 0



Force [kN]
Zeit [s]




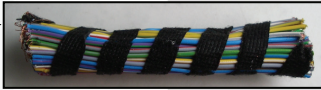

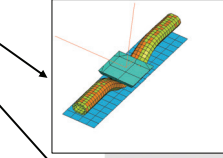

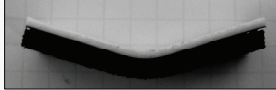


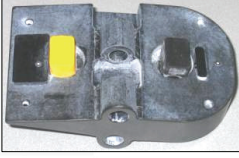
Force [kN]
Zeit [s]

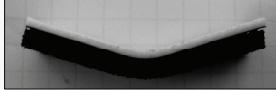







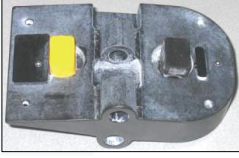
Seite 19/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt
© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved
I N P H Y S I C S W E T R U S T


Komponententests / Möglichkeiten



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








Seite 20/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aeng_07091401_mf_Frankenthal.ppt
© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved
I N P H Y S I C S W E T R U S T

Zusammenfassung




- **Entwicklungszeiten und -kosten senken**
Kernziel in der F&E der nächsten Jahre und Jahrzehnte
- **virtuelle Simulation**
entwickelt sich zum wichtigsten Tool für die F&E
- **Kunststoffe**
erfahren laufende, immer schneller werdende Weiterentwicklung durch die Vielfalt der Anforderungen
- **Lösungsansatz**
intelligente, flexible, anwendungsgerechte neue Methoden sind essentiell für zukünftige Entwicklungserfolge

- **Umfangreiche Möglichkeiten - Komponententest**
- **Life → Messung und Optimierung im Berechnungsbüro**
- **Datenarchivierung und Verknüpfung zu den einzelnen Messungen automatisch**
- **In sehr kurzer Zeit zu validierten Materialdaten**

Seite 21/21
11.10.2007
Martin Fritz, Peter Reithofer,
Stephan Neumair, Uli Franz
Rep_4aang_07091401_mf_Frankenthal.ppt

© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved



I N P H Y S I C S W E T R U S T