

Neue flexible Methoden der Materialdatenermittlung für die dynamische Simulation

Reinhard Hafellner

advanced polymer engineering GmbH, hafellner@ape.co.at, Leoben, Austria

Abstract:

The following presentation shows a new flexible and efficient methodology to measure material data in the area of static and dynamic behaviour of mechanically loaded products. An impact testing machine including comprehensive instrumentation and a new intelligent evaluation system has been chosen to implement the methodology.

The presented measurement process makes it possible to determine qualified and comprehensive material data for metals, plastics and composites and moreover to analyse load experiments conducted with regard to complex physical incidents and structures, that are difficult to predict. The realisation of the methodology in the form of an impact testing machine enables the testing of bending loads, as the loading case most common in technical structures, which, in dynamic cases, runs highly complex and therefore is not interpretable with basic means. The measurement system at hand makes it possible to use structures that have been produced close to reality. Specimen can be extracted directly from components or test boards. Therefore the material properties of the specimen resemble the components from series production. Furthermore these realistic specimen can be loaded under real conditions. The measurement can be carried out by acceleration sensors, displacement sensor and angle transmitters but also by strain gage measurement as well as piezo sensors. The system is easy to handle and delivers high quality material data within a short time period.

Keywords:

Materialdatenermittlung, dynamische Simulation, Kunststoffe, dynamischer Biegeversuch

1 Kurzfassung

Rahmenbedingungen wie kontinuierlich steigende Rechnerleistungen, immer besser werdende Verfahren und vereinfachte Softwarebedienung führen zu einem stetig steigenden Einsatz der virtuellen Simulation für die Vorausberechnung von Herstellungsprozessen und die Vorhersage des Bauteilverhaltens im Rahmen von Entwicklungsprojekten. Teilweise steckt die Verwendung dieser Werkzeuge in Unternehmen noch in der Einführungsphase, teilweise wurde ein routinemäßiger Einsatz in Form einer intensiven Integration in Produktentwicklungsprojekten bereits umgesetzt. Besonders in der Automobilindustrie wird die virtuelle Beschreibbarkeit von Bauteilen immer öfter von einer Soll- zu einer Mussanforderung. Neue Prozesse und Materialien werden nur für eine Serienentwicklung zugelassen, wenn sie auch simulierbar sind, da nur so kurze Entwicklungszeiten zu garantieren sind. Die Qualität der Ergebnisse der Simulation hängt direkt mit der Qualität der zugrundeliegenden Materialdaten zusammen.

Neben der Durchführung statischer Simulationen von mechanischen Abläufen gewinnt die dynamische Simulation immer mehr an Bedeutung. Als dominierendes Beispiel ist die Voraussage des Verhaltens im Bereich der Fahrzeugsicherheit zu nennen. Impuls- und Energieaufnahme durch den Werkstoff sind hier die wesentlichen physikalischen Kenngrößen. Beim Crash eines Fahrzeuges ist für die Energieaufnahme eine ausreichend gute Beschreibung des Materialverhaltens bis zum Bruch maßgeblich. In den meisten Fällen liegen Abhängigkeiten von der Belastungsgeschwindigkeit (Dehnrate) und Temperatur vor, deren Messung und Beschreibung einen nicht unerheblichen Aufwand bedeuten. Als weitere Branche, in der dynamische Simulation eine große und laufend wachsende Rolle spielt, ist die Elektro- und Elektronikindustrie zu nennen. Normgemäß sind Fallversuche (Droptests) mit den Geräten durchzuführen. Ein frühzeitiges Erkennen von Problemstellen durch verständnisfördernde Simulationen spart Entwicklungszeit und –kosten. Auch im allgemeinen Maschinenbau finden sich eine Fülle von Anwendungen im dynamischen Bereich, die zunehmend durch Simulation vorab untersucht werden sollen. In allen diesen Beispielen fehlen sehr oft Materialdaten, die im notwendigen Messbereich durch den Materialhersteller in den seltensten Fällen zu Verfügung gestellt werden können. Dementsprechend existiert in den letzten Jahren ein immer stärker werdender Drang nach einer Lösung dieser Problematik.

Dieser nachfolgende Vortrag stellt einen Lösungsansatz in Form eines kompakten Messsystems zur flexiblen, effizienten Ermittlung von Materialdaten im Bereich der Kurzzeitstatik und Dynamik vor. Das Messsystem ist als Pendelschlagwerk mit umfassender Instrumentierung und einem intelligenten neuen Auswertesystem konzeptioniert. Das Verfahren ermöglicht sowohl die qualifizierte und umfassende Ermittlung des Materialverhaltens von Metallen, Kunststoffen und Faserverbundwerkstoffen als auch die Auswertung von Belastungsexperimenten an schwierig berechenbaren Strukturen und komplexen physikalischen Begebenheiten. Hervorzuheben dabei ist als Beispiel der Biegelastfall, als der am häufigsten auftretende Lastfall an technischen Strukturen, der im dynamischen Fall hoch komplex abläuft und mit einfachen Mitteln nicht auszuwerten ist. Das vorliegende Verfahren macht den Einsatz von realitätsnah gefertigten Strukturen möglich. Probekörper können direkt aus Bauteilen oder Prüfplatten entnommen werden, deren Materialeigenschaften den Serienbauteilen sehr ähnlich sind. Darüber hinaus können diese realitätsnah hergestellten Prüfkörper auch realitätsnah belastet werden. Die Messungen erfolgen unterstützt durch Beschleunigungssensoren, Weg-/Winkelgeber, DMS- Messtechnik bzw. Piezo-Kraftsensoren.

Das System liefert hochwertige, realitätsgetreue Materialdaten, ist kurzfristig einsetzbar und einfach zu bedienen.

Das Messsystem ist geeignet für

- die Ermittlung von mechanischen Materialdaten im Bereich der Materialentwicklung,
- die Materialparametermittlung mit direkter Ausgabe der Kennwerte für die Simulation
- die Materialdatenermittlung im Bereich der Qualitätssicherung (Materialeingangsprüfung, Bauteilprüfung, ...) mit deutlich verbesserter Aussagekraft im Vergleich zu derzeitigen Systemen

Das Messsystem soll als unterstützendes Werkzeug vor allem bei

- Automobilherstellern und Zulieferern,
- Materialherstellern und –entwicklern,
- Elektro- und Elektronikgeräteherstellern,
- Maschinenbauunternehmen
- sowie an Forschungsinstituten Einsatz finden.

Vision: Messsystem zur Ermittlung von mechanischen Materialdaten, das auf einem Schreibtisch Platz findet, kurzfristig und flexibel einsetzbar ist und mit minimalen Aufwand eine qualitativ hochwertige Materialcharakterisierung zulässt.

Neue flexible Methoden der Ermittlung von Materialdaten für die dynamische Simulation



Reinhard Hafellner

23.04.2004

040926-eka-bam.ppt

Überblick

- Ausgangssituation
- Anforderungen / Ziele
- Messtechnik und Auswertemethodik
- experimenteller Ablauf
- Beispiele
- Ausblick

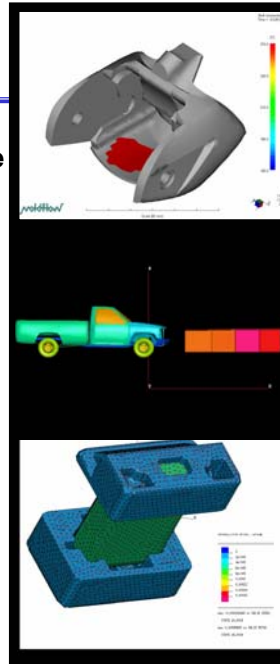
2

Ausgangssituation

- Forschungsprojekte Materialmodelle
 - ? Materialdatenermittlung
- Produktentwicklungen
 - ? Materialdatenermittlung
- zahlreiche Simulationsprojekte
 - ? Materialdatenermittlung



**laufende Problematik:
fehlende Materialdaten
keine kurzfristige Verfügbarkeit**



Ausgangssituation

Für die meisten Materialien, insbesondere Kunststoffe existieren keine dehnratenabhängigen Materialdaten



für künftige Entwicklungen ist hohe Flexibilität notw.



Ergebnisse so realitätsnahe wie möglich



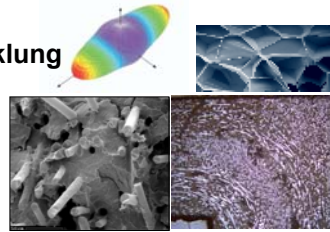
**Entscheidung zur Entwicklung einer
Prüfmaschine zur dynamischen Biegeprüfung**



Ziele / Anforderungen

Materialdaten für Materialentwicklung

- Energieaufnahme
- Crash-Materialien



Materialdaten für Simulation

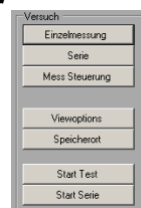
- Kurzzeitstatik
- Dynamik / Crash
- automatisierte Materialdatenübergabe
- Geschwindigkeits- und Temperatureinfluss



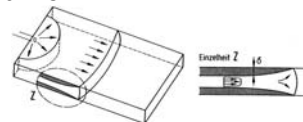
concepts
 simulation
 plastics
 fibres
 nonlinear
 physics
 mechanic
 static
 dynamic
 anisotropic
 fracture
 testing
 ADVANCED
 POLYMER
 ENGINEERING
 a.p.e.

Ziele

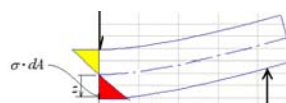
einfache Handhabung auch bei seltener Bedienung



einfache Probekörperherstellung + seriennahes Herstellungsverfahren



seriennahe Belastung der Probekörper ! Biegelastfall ist der häufigste Lastfall in der Technik !

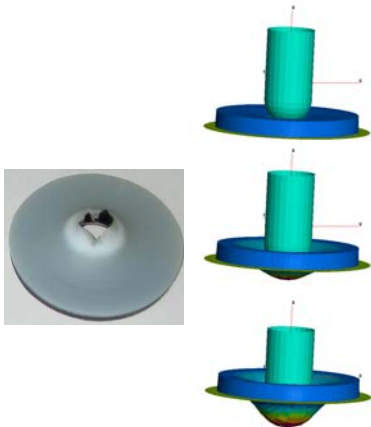


6

concepts
 simulation
 plastics
 fibres
 nonlinear
 physics
 mechanic
 static
 dynamic
 anisotropic
 fracture
 testing
 ADVANCED
 POLYMER
 ENGINEERING
 a.p.e.

Probekörperformen

dynamischer Durchstoßversuch



Aufbau

- runde Scheibe
- rotationssymmetrische Belastung

Vorteile

- realitätsnahe Herstellung

Nachteile

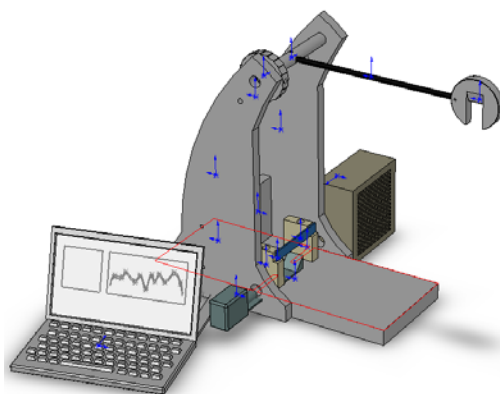
- nur bidirektional Belastung möglich

9



Entwicklung / Konzept

Pendel als kompaktes System mit umfassender Instrumentierung und sehr breiten, flexibel einstellbaren Belastungsbereich



- Beschleunigungs-sensoren
- Weg-/ Winkelgeber
- DMS-Messtechnik
- Kamerasystem/Video
- Temperaturkammer
- Piezo-Kraftsensoren
- Simultane explizite Simulation




- Fertige Materialdaten für die Simulation direkt verwendbar

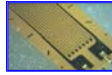
10



Auswertemethoden Pendelversuch

Kombination aus

- rechnergesteuerte Messtechnik
- analytisch/numerische Auswertemethoden
- explizite dynamische Simulation 
- Bildanalyse
- Stochastik
- Neuronale Netzwerke



$$\sigma = f\left(\epsilon, \frac{d\epsilon}{dt}\right)$$

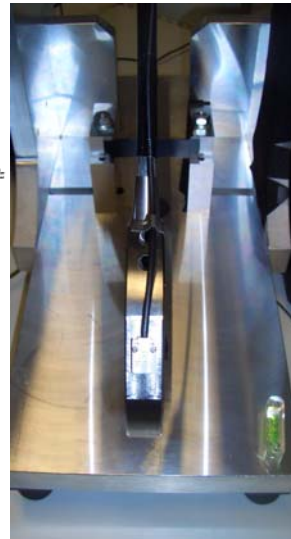
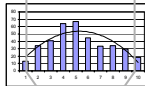
$$\epsilon = z - w'$$

$$\Sigma M = \int \sigma(zw', \frac{d(zw')}{dt}) \cdot b \cdot dz$$

$$w = w' dx \quad w' = \int w'' dx$$

$$\sigma \cdot z \cdot dA = \Sigma M$$

$$t = \frac{w}{v} \quad \frac{d\epsilon}{dt} = \frac{\epsilon(z) \cdot v}{w}$$

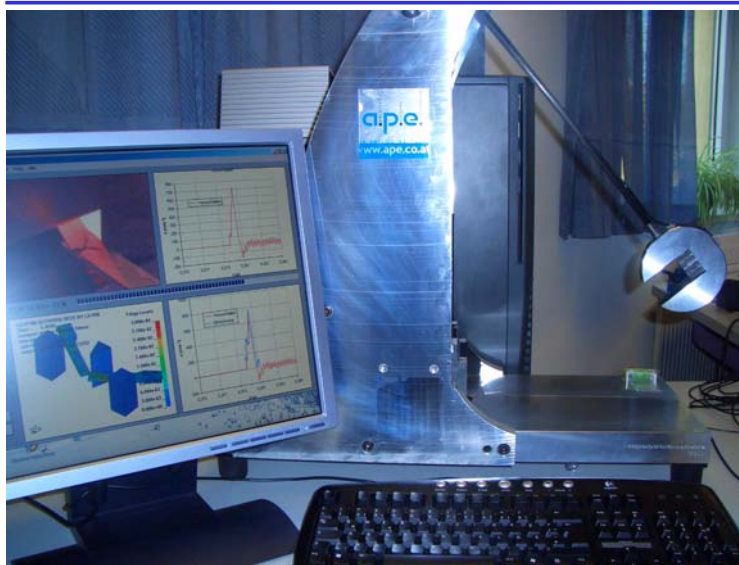


concepts
simulation
plastics
fibres
nonlinear
physics
mechanic
static
dynamic
anisotropic
fracture
testing

ADVANCED
POLYMER
ENGINEERING

a.p.e.

Prototyp

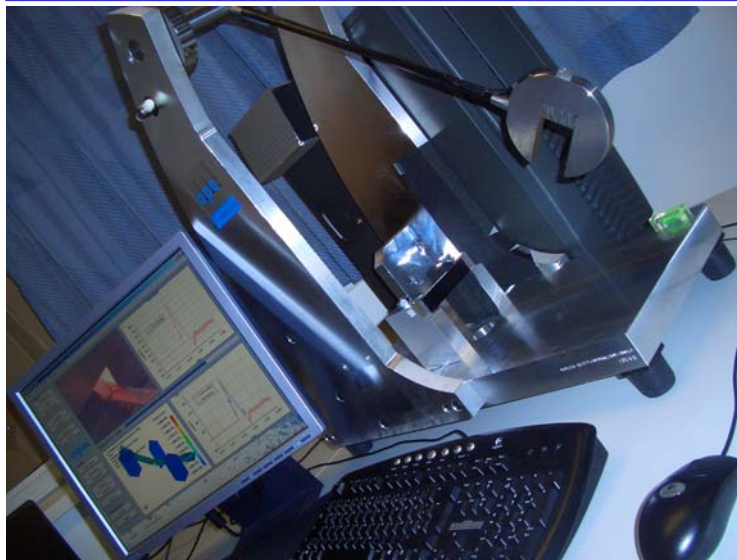


concepts
simulation
plastics
fibres
nonlinear
physics
mechanic
static
dynamic
anisotropic
fracture
testing

ADVANCED
POLYMER
ENGINEERING

a.p.e.

Prototyp

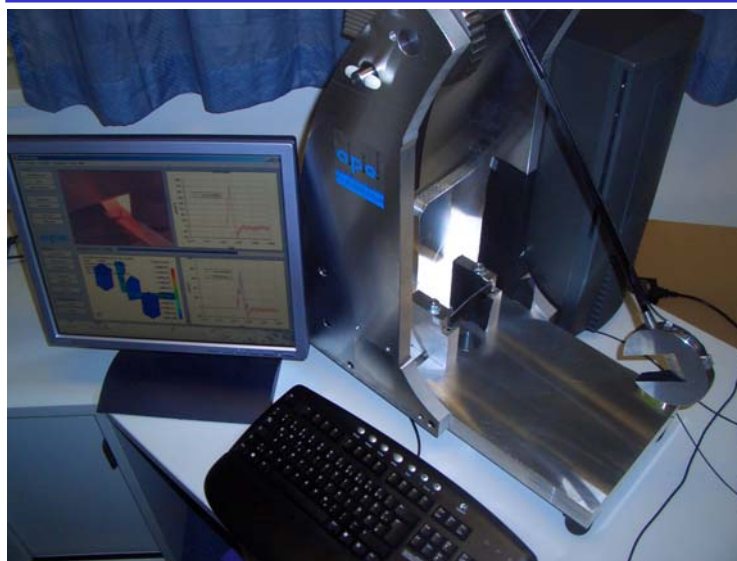


concepts
simulation
plastics
fibres
nonlinear
physics
mechanic
static
dynamic
anisotropic
fracture
testing

ADVANCED
POLYMER
ENGINEERING

a.p.e.

Prototyp

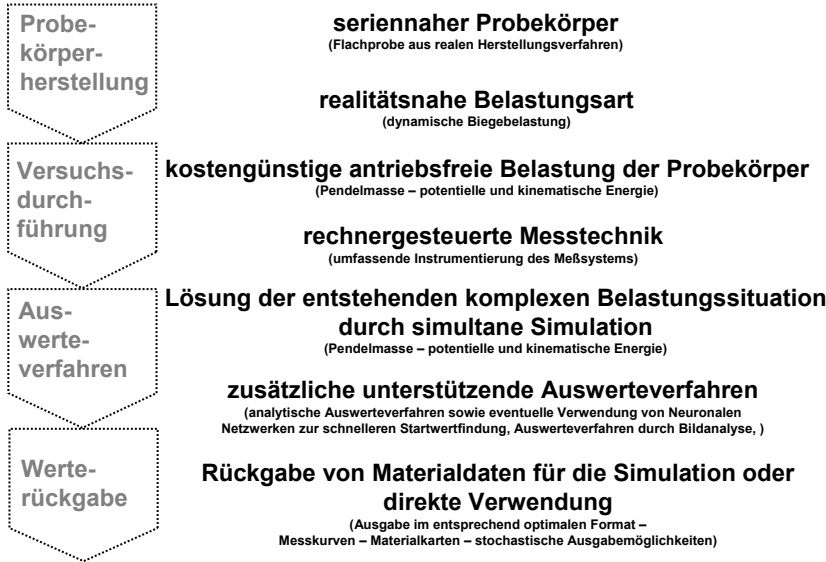


concepts
simulation
plastics
fibres
nonlinear
physics
mechanic
static
dynamic
anisotropic
fracture
testing

ADVANCED
POLYMER
ENGINEERING

a.p.e.

experimenteller Ablauf

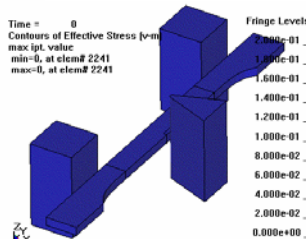
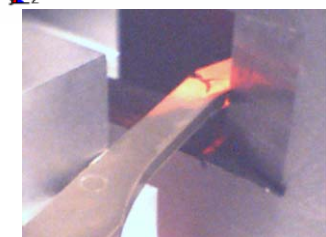
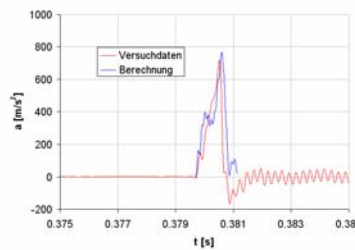
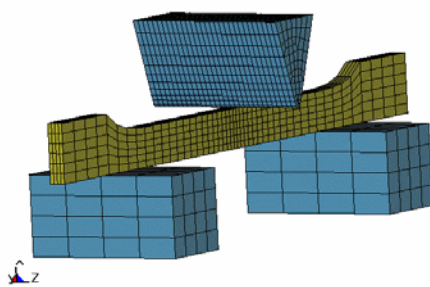


concepts
simulation
plastics
fibres
nonlinear
physics
mechanic
static
dynamic
anisotropic
fracture
testing
ADVANCED
POLYMER
ENGINEERING
a.p.e.

Bisherige Untersuchungen

spröde Kunststoffe

LS-DYNA KEYWORD DECK BY LS-PRE
Time = 0

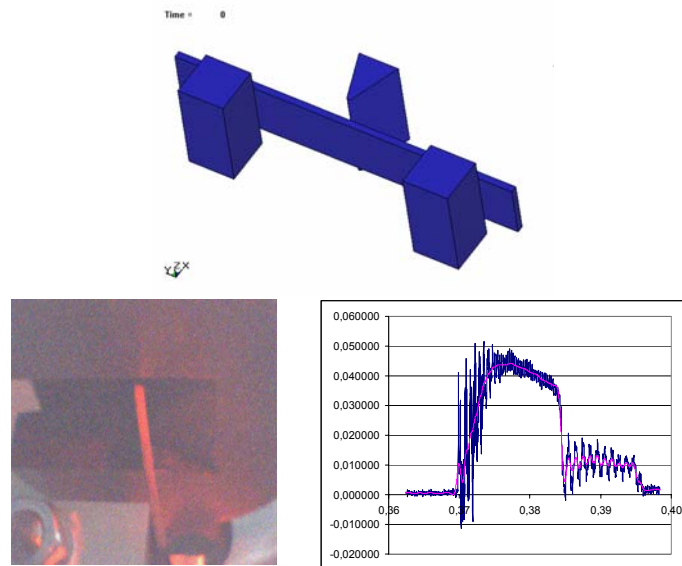


16

concepts
simulation
plastics
fibres
nonlinear
physics
mechanic
static
dynamic
anisotropic
fracture
testing
ADVANCED
POLYMER
ENGINEERING
a.p.e.

Bisherige Untersuchungen

duktiler Kunststoffe



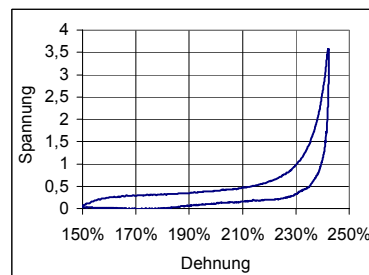
concepts
simulation
plastics
fibres
nonlinear
physics
mechanic
static
dynamic
anisotropic
fracture
testing

ADVANCED
POLYMER
ENGINEERING

a.p.e.

Bisherige Untersuchungen

Impact Schäume



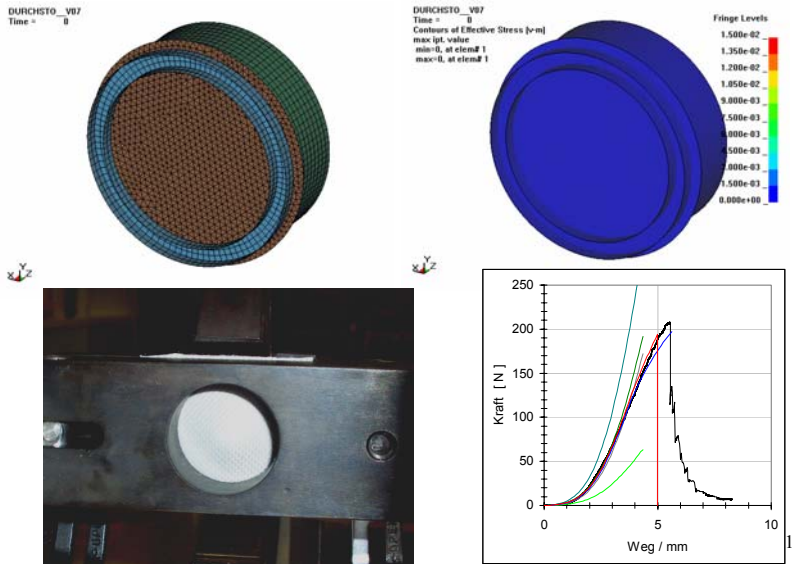
concepts
simulation
plastics
fibres
nonlinear
physics
mechanic
static
dynamic
anisotropic
fracture
testing

ADVANCED
POLYMER
ENGINEERING

a.p.e.

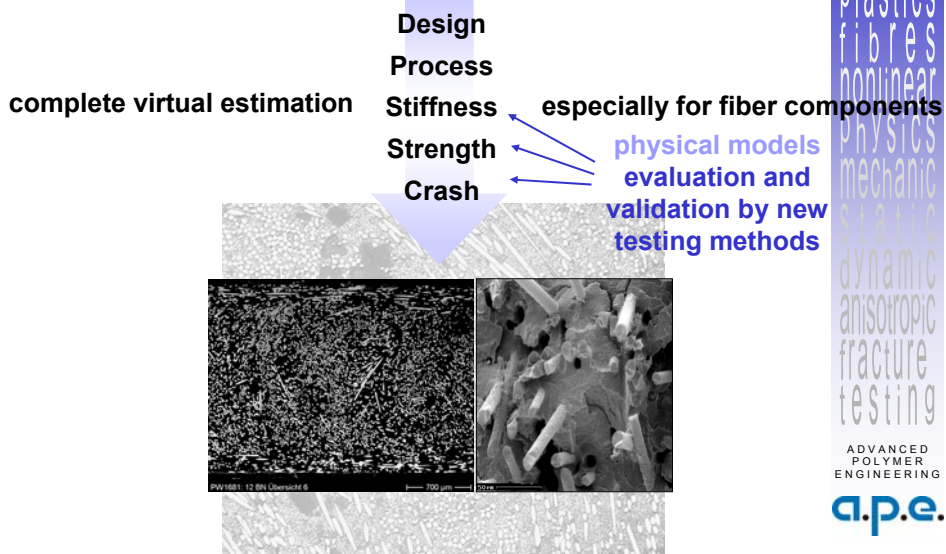
Bisherige Untersuchungen

Textilien



concepts
simulation
plastics
fibres
nonlinear
physics
mechanic
static
dynamic
anisotropic
fracture
testing
ADVANCED
POLYMER
ENGINEERING
a.p.e.

Vision - virtual estimation from process to break



concepts
simulation
plastics
fibres
nonlinear
physics
mechanic
static
dynamic
anisotropic
fracture
testing
ADVANCED
POLYMER
ENGINEERING
a.p.e.