

Anwendung und Grenzen von neuronalen Netzen als Metamodell am Beispiel von Polyamiden

Peter Reithofer¹, Martin Fritz¹, Peter Fuchs²

1) 4a engineering GmbH, Traboch, Österreich

2) Polymer Competence Center, Leoben, Österreich

Abstract:

This presentation concerns the generation of material data using neural networks. On the basis of polyamide it is examined, if a standardised procedure can be used for the characterization of material performance against different influencing variables such as temperature, moisture content and strain rate.

To generate training data for the neural networks, dynamic bending tests were performed on the testing system **Impetus II**. The test program included five temperatures, three moisture content and three experimental setups. From the measurement data a strain rate dependent material model for the description of the stress-strain characteristic could be created for every combination of temperature and moisture content. To obtain the data for the neural networks the models were reduced to non strain rate dependent material models for specific strain rates. Thus for every tested condition of temperature, moisture content and strain rate the parameters of the material model were available.

The chosen material model has three parameters in its non strain rate dependent form, which are defined as target values for the neural nets. As input values the parameters of the condition were given.

For the determination of a suitable neural network the network type, the network topology, the training function, the transfer function and the training performance were chosen. The neural networks were trained and the results were evaluated. If all data from the testing was made available, the neural nets could describe the material quite well. Only in the range where the testing data had not the best quality, some problems occurred. Furthermore it was examined, if a training data reduction is possible. The results showed that neural nets are rather sensitive to the decrease of the training data. The learned information is not sufficient any more and the material performance can not be described.

For the considered procedure the quality and the amount of the training data is crucial. If enough measurements are performed accurately, neural networks can be used successfully for the generation of material data for an arbitrary condition in the implicit knowledge area of the testing data.

Keywords:

Neural net, material model, polyamide, nylon, Meta modelling, Impetus II, dynamic bending test;

Anwendung und Grenzen von neuronalen Netzen als Metamodell am Beispiel von Polyamiden



4a engineering GmbH
Industriepark 1
8772 Traboch

Dynaforum 2007, Frankenthal
P. Reithofer, M. Fritz (4a engineering GmbH)
P. Fuchs (Polymer Competence Center Leoben)







Seite 1/22
17.09.2007
Peter Reithofer, Martin Fritz
Peter Fuchs
rep_4aeng_07091701_pr_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

4a technology GmbH



➤ **Standort**

- Industriepark 1
- 8772 Traboch – AUSTRIA


➤ **30 Mitarbeiter**

➤ **Mehr als 300 Projekte**

- 45% Automotive
- 15% Luft- und Raumfahrt
- 15% Maschinenbau
- 10% Medizintechnik
- 15% Consumer goods

➤ **Unser Leitspruch**

in physics we trust




Seite 2/22
17.09.2007
Peter Reithofer, Martin Fritz
Peter Fuchs
rep_4aeng_07091701_pr_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


Inhalt



- **Einleitung / Motivation**
 - Einflussgrößen auf polymere Werkstoffe
 - Feuchte- und Temperaturabhängigkeit von PA
- **Eingangsdaten**
 - Impetus II – Messtechnik
 - Eingangsdaten für das Neuronale Netz
- **Neuronale Netze**
 - Überblick
 - Problemstellung
 - Vorgehensweise
 - Ergebnisse
- **Zusammenfassung**


Seite 3/22
17.09.2007
Peter Reithofer, Martin Fritz
Peter Fuchs
rep_4aeng_07091701_pr_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


Einleitung/Motivation



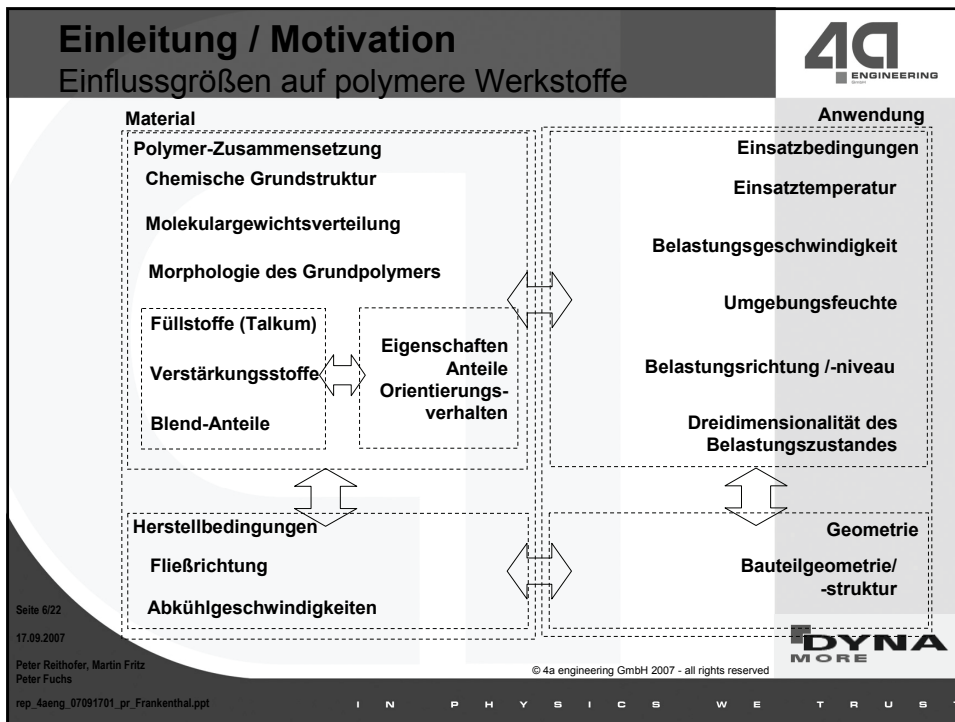
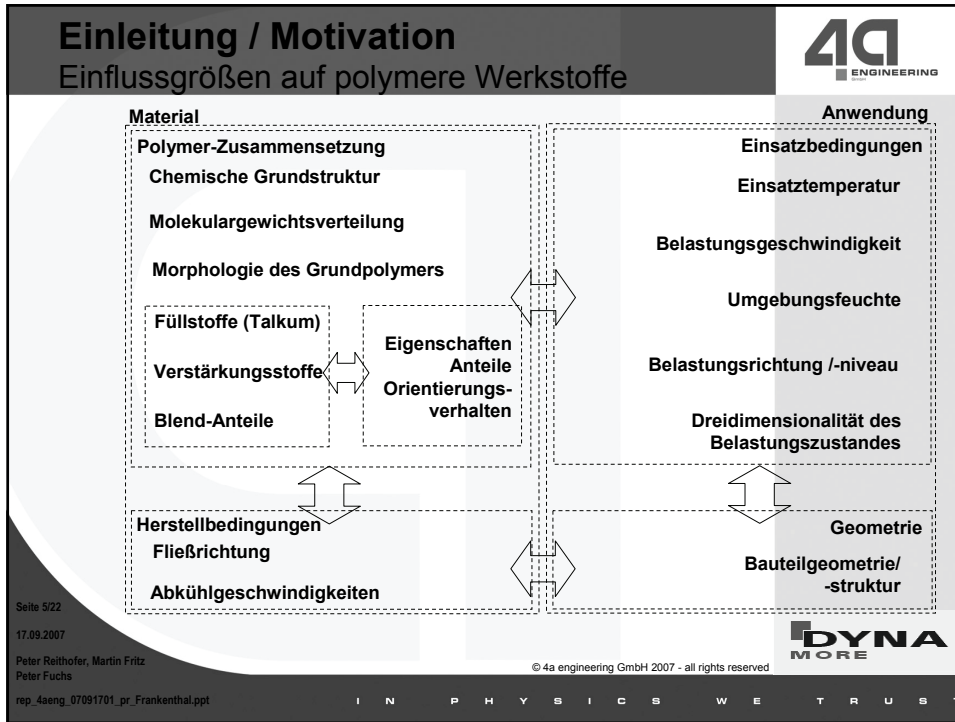
- Die Beschreibung des mechanischen Verhaltens von polymeren Werkstoffen ist eine wesentliche Grundlage für die virtuelle Vorhersage des Bauteilverhaltens mit Hilfe der numerischen Simulationen. Meist sind die geforderten Eigenschaften ausschlaggebend von Temperatur, Feuchte, Belastungsgeschwindigkeit, Verstärkung u.v.m. abhängig. Die komplexen Zusammenhänge der Materialeigenschaften sind nicht geschlossen zugänglich. Ein typisches Beispiel dafür stellt die Kunststofffamilie der Polyamide dar.
- Das Erstellen von Metamodellen ist nach heutigem Stand der Technik noch nicht standardisiert, sodass mit einem erhöhtem Aufwand zu rechnen ist.
 - Suche nach geeigneten Ansatzfunktionen notwendig
 - Von Fall zu Fall unterschiedlich
- Das Einsatzgebiet von neuronalen Netzen ist sehr vielseitig und bietet die Möglichkeit einer standardisierten Vorgehensweise
→ Automatisierung wird dadurch möglich

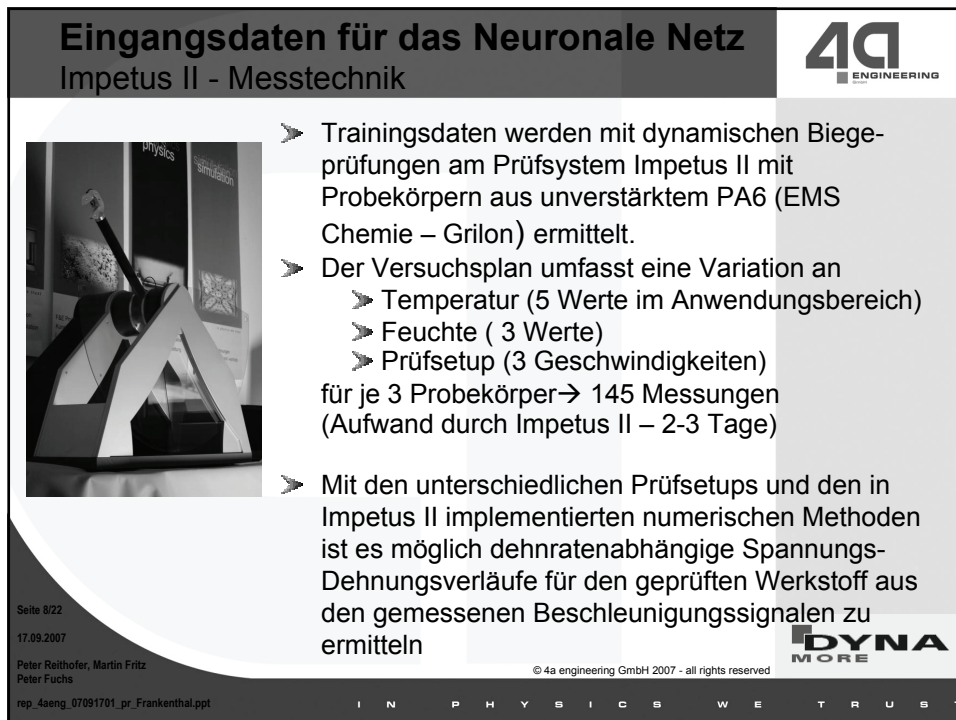
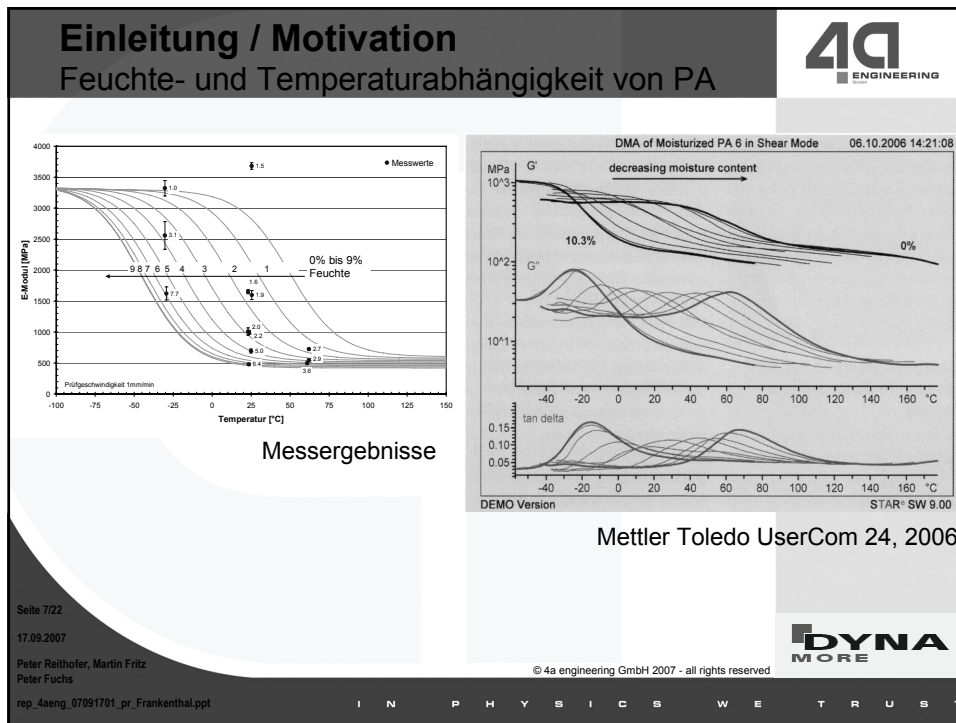
Seite 4/22
17.09.2007
Peter Reithofer, Martin Fritz
Peter Fuchs
rep_4aeng_07091701_pr_Frankenthal.ppt

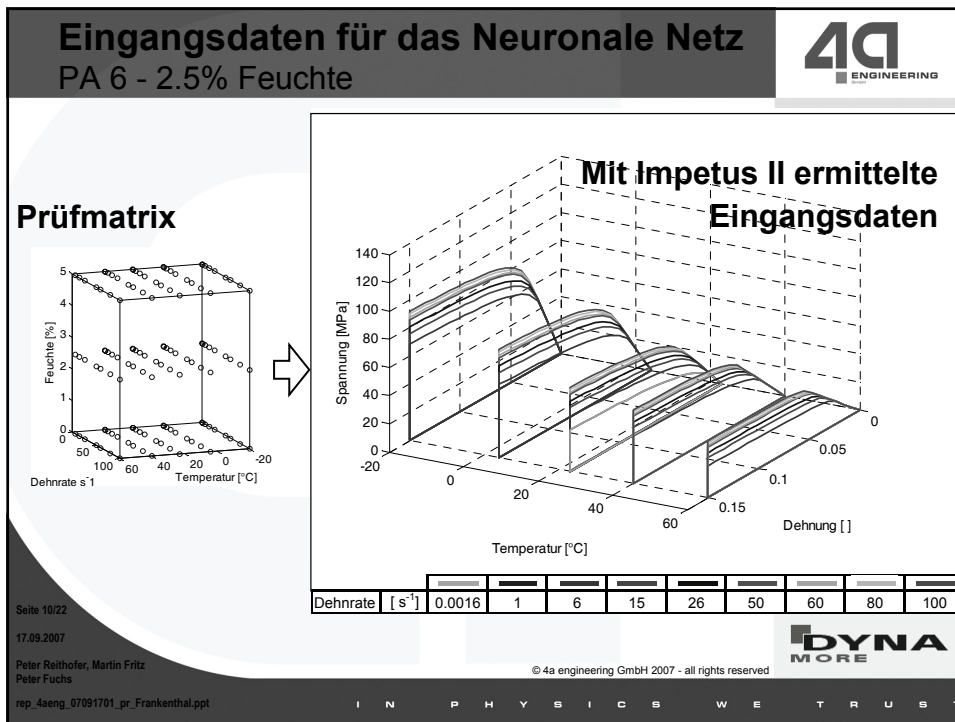
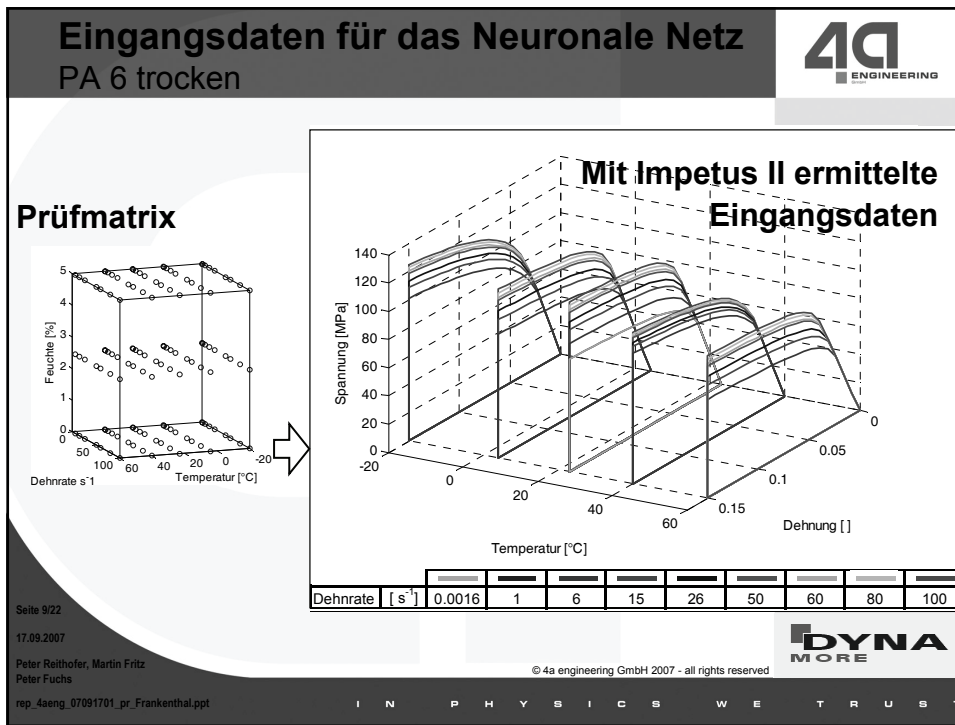
© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved

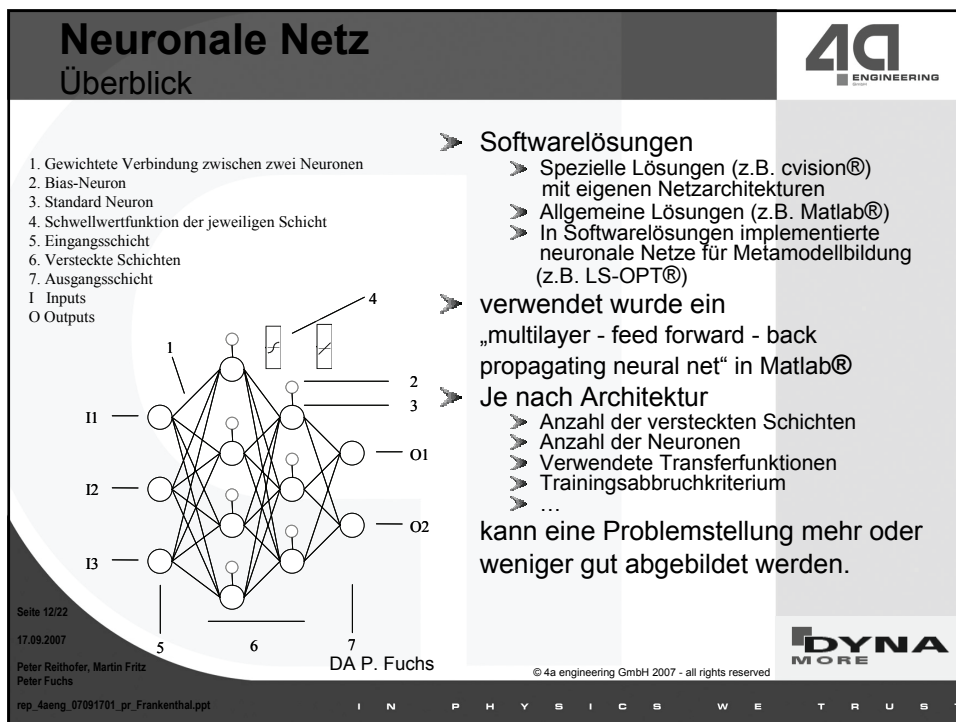
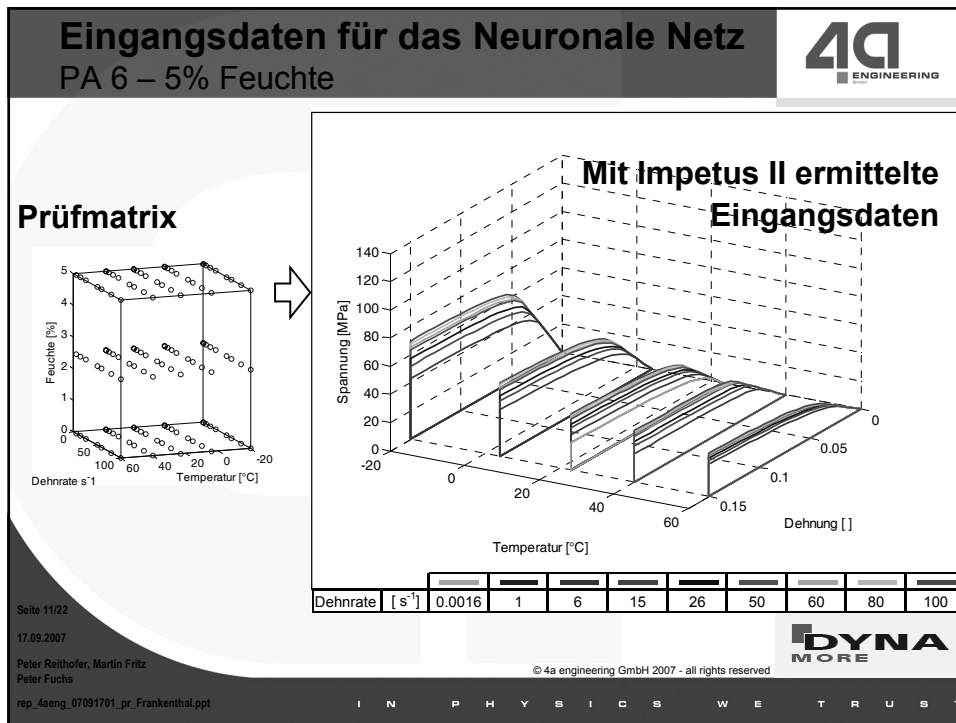


I N P H Y S I C S W E T R U S T









Neuronale Netz

direkte Abbildung von σ - ϵ Diagrammen

Spannung, MPa

Dehnung

Spannung, MPa

Dehnung

Trainingsdaten

Extrapolationsproblem

Nullpunktproblem

Abhängigkeit von einem Parameter

➤ Modell mit dem neuronalen Netz kann in diesem Beispiel keine verwertbaren Eingangsdaten für eine numerische Simulation liefern.

Seite 13/22
17.09.2007
Peter Reithofer, Martin Fritz
Peter Fuchs
rep_4aeng_07091701_pr_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

Neuronale Netz

Overfitting

Spannung [MPa]

epsilon []

Temperatur []

Spannung [MPa]

epsilon []

Temperatur []

Zu starkes Training bewirkt ein Overfitting des neuronalen Netzes → unbrauchbar für Metamodellierung

Seite 14/22
17.09.2007
Peter Reithofer, Martin Fritz
Peter Fuchs
rep_4aeng_07091701_pr_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

Neuronale Netz Problemstellung



- Suche nach der richtigen Netzarchitektur aufwendig
- Problematisch sind Randbedingungen wie eine Forderung eines Nulldurchgangs
- Extrapolation nicht zulässig für reine Rohdaten
- Das neuronale Netz muss Generalisieren. Ein Overfitting muss durch geeignete Algorithmen unterbunden werden.
- Für eine Standardisierung muss eine Reproduzierbarkeit gewährleistet sein. Dies ist durch die zufällige Initialisierung der Startgewichte nicht gegeben.

Seite 15/22

17.09.2007

Peter Reithofer, Martin Fritz
Peter Fuchs

© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved



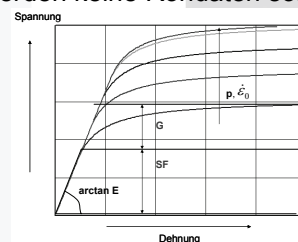
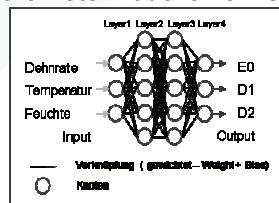
rep_4aeng_07091701_pr_Frankenthal.ppt

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

Neuronale Netz Vorgehensweise



- Nulldurchgangs, Extrapolation → Es werden keine Rohdaten sondern Parametermodelle verwendet.



- Generalisieren, Overfitting → spezielle in MatLab® integrierte Trainingsabbruchbedingungen angewandt
- Generalisieren, Reproduzierbarkeit → gleichzeitig mehrere Netze zu gleich initialisiert, trainiert. Ausgabe erfolgt durch Mittelung der Ergebnisse der einzelnen Netze.
- richtigen Netzarchitektur → generischer Algorithmus zur Findung der besten Topologie (Layer, Neuronen)

Seite 16/22

17.09.2007

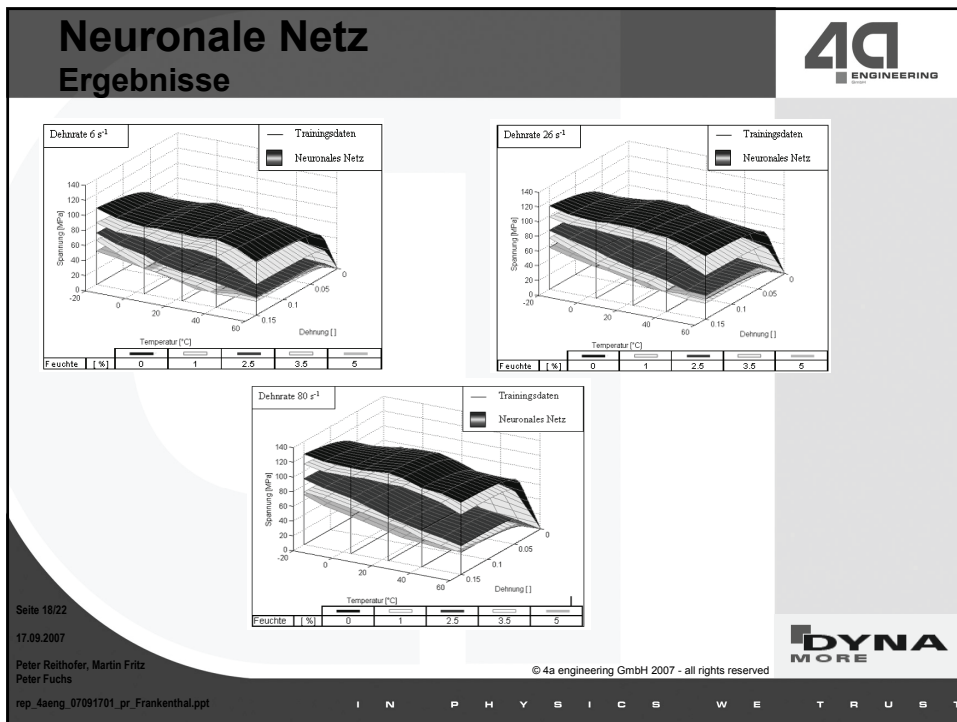
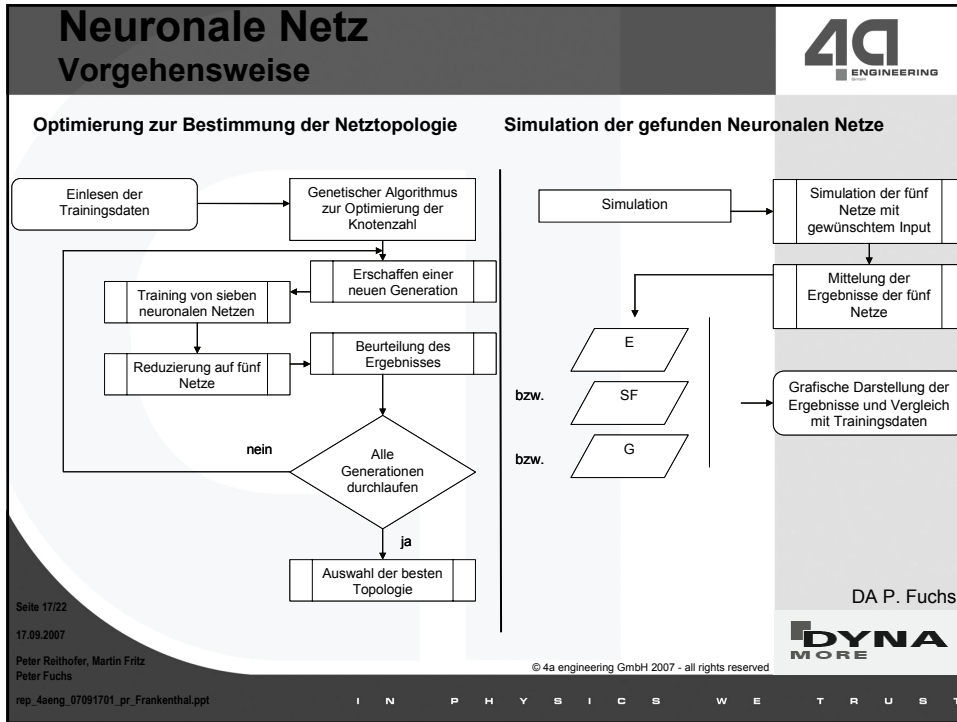
Peter Reithofer, Martin Fritz
Peter Fuchs

© 4a engineering GmbH 2007 - all rights reserved




rep_4aeng_07091701_pr_Frankenthal.ppt

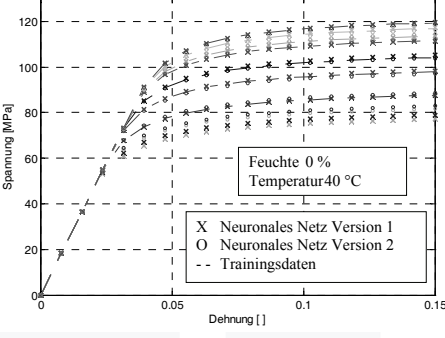
I N P H Y S I C S W E T R U S T



Neuronale Netz Ergebnisse



- Reproduzierbarkeit ist gut erkennbar
- Die ermittelten Modelldaten können für die numerische Simulation (Nulldurchgang, Extrapolation hohe Dehnungen) gesichert verwendet werden



Feuchte 0 %
Temperatur 40 °C


X Neuronales Netz Version 1
O Neuronales Netz Version 2
-- Trainingsdaten

Dehnrate [s ⁻¹]	0,0016	1	6	15	26	50	60	80	100
-----------------------------	--------	---	---	----	----	----	----	----	-----


Seite 19/22
17.09.2007
Peter Reithofer, Martin Fritz
Peter Fuchs
rep_4aeng_07091701_pr_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

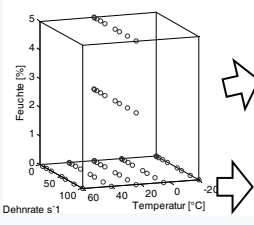


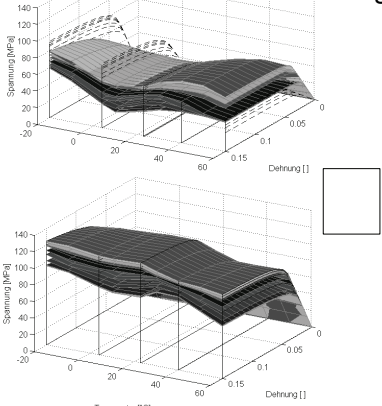
Neuronale Netz Ergebnisse



Reduzierte Trainingsdaten

Gelernte Daten werden gut wiedergegeben, Extrapolation in Bereiche nichtvorhandener Trainingsdaten kann das Netz nicht wiedergeben





Dehnrate [s ⁻¹]	0,0016	1	6	15	26	50	60	80	100
-----------------------------	--------	---	---	----	----	----	----	----	-----

Seite 20/22
17.09.2007
Peter Reithofer, Martin Fritz
Peter Fuchs
rep_4aeng_07091701_pr_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

