



**Fraunhofer** Institut  
**Umwelt-, Sicherheits-,  
Energietechnik UMSICHT**

Fraunhofer UMSICHT · Osterfelder Straße 3 · 46047 Oberhausen

Hahn Kunststoffe GmbH  
Stephan Seibel  
Gebäude 1027

55483 Hahn-Flughafen



Institutsleiter:  
Prof. Dr. rer. nat. Rolf Kümmel  
Wissenschaftlicher Direktor:  
Dr.-Ing. Görgo Deerberg  
Kaufmännischer Direktor:  
Dr.-Ing. Bernhard Dietz

Osterfelder Straße 3  
46047 Oberhausen

Telefon +49 (0)2 08/85 98-0  
Telefax +49 (0)2 08/85 98-12 90

Dipl.-Ing. Thomas Wodke  
Durchwahl +49 (0)208/8598-1263  
Telefax +49 (0)208/8598-1268  
e-mail: wo@umsicht.fhg.de

Ihr Zeichen      Ihre Nachricht vom      Unser Zeichen  
Wo

Oberhausen,  
15. Januar 2004

**Abschlussbericht „Poller aus Recyclingkunststoff“**

Sehr geehrter Herr Seibel,

anliegend erhalten Sie den Abschlussbericht zur Berechnung des Pollers.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Dipl.-Ing. Thomas Wodke  
Kunststofftechnik

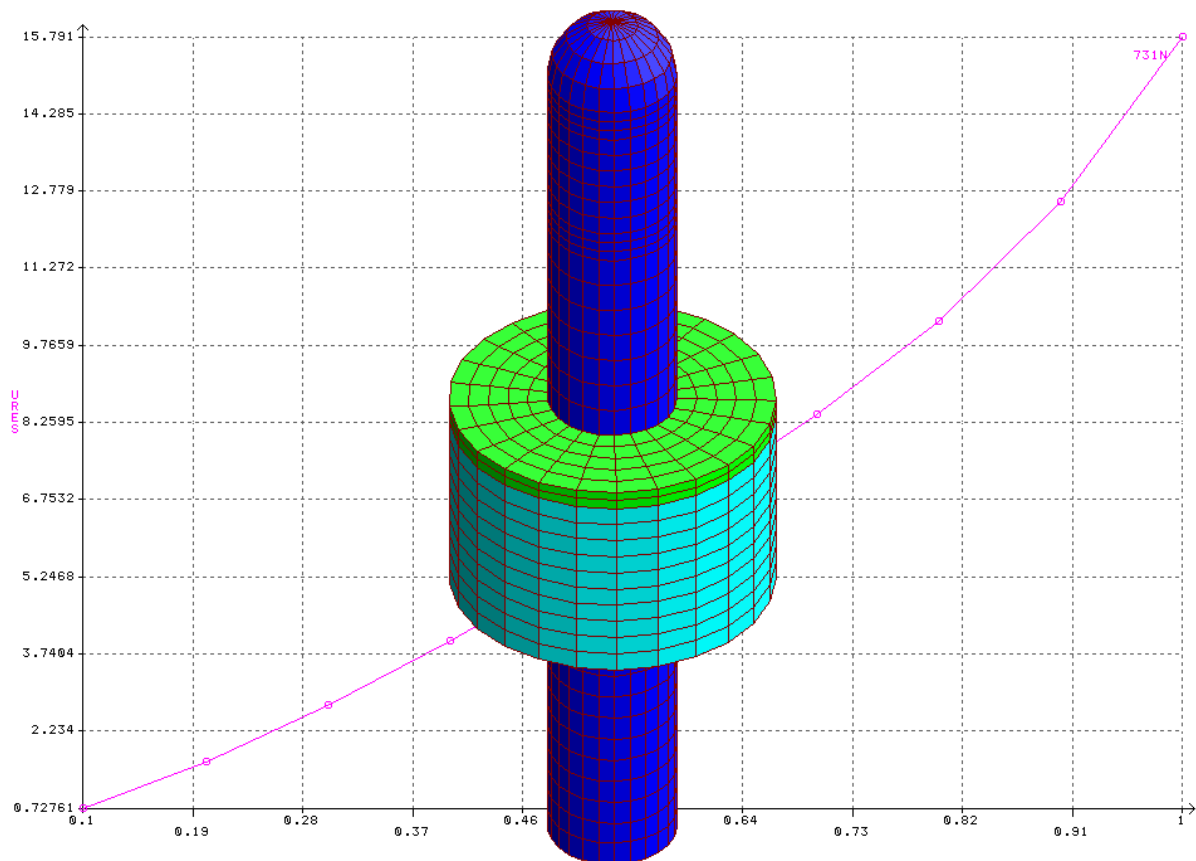
Anlage: Abschlussbericht 2-fach

Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft:  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. Dr. h.c.  
Hans-Jörg Bullinger, Präsident  
Dr. rer. pol. Alfred Gossner  
Dr. jur. Dirk-Meints Polter  
Prof. Dr. Dennis Tschritzis

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung  
der angewandten Forschung e. V., München

Bankverbindung: Deutsche Bank, München  
Konto 7521933 BLZ 700 700 10  
IBAN: DE86 7007 0010 0752 1933 00  
BIC (SWIFT-Code): DEUTDEMM

Abschlussbericht  
zur  
nichtlinearen FEM-Analyse  
**Poller aus Recyclingkunststoff**  
**A031114-1 R1**



## Inhaltsverzeichnis

0.1	Verteiler .....	3
0.2	Verwendete Literatur .....	3
0.3	Verwendete Unterlagen.....	3
<b>1</b>	<b>Produktbeschreibung.....</b>	<b>4</b>
1.1	Allgemein.....	4
1.2	Konstruktion .....	4
1.3	Übrige Daten .....	4
<b>2</b>	<b>Eingangsgrößen.....</b>	<b>5</b>
2.1	Geometrie.....	5
2.2	Belastungen .....	6
2.3	Materialdaten.....	7
<b>3</b>	<b>Modellierung.....</b>	<b>8</b>
3.1	FEM-Basisdaten .....	8
<b>4</b>	<b>Berechnungsergebnisse .....</b>	<b>10</b>
4.1	Modelldateien .....	10
4.2	Auswertung .....	10
<b>5</b>	<b>Grafische Dokumentation .....</b>	<b>14</b>
5.1	Temperatur -20°C.....	14
5.2	Temperatur 23°C.....	19
5.3	Temperatur 40°C.....	24

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verteiler .....	3
Tabelle 2:	Verwendete Unterlagen.....	3
Tabelle 3:	Maximale Belastungen .....	6
Tabelle 4:	Elementtypen .....	9
Tabelle 5:	Ausgewertete FEM-Modell-Dateien.....	10
Tabelle 6:	Werkstoffkennwerte.....	11
Tabelle 7:	Belastungsgrenzen.....	13
Tabelle 8:	Materialdaten -20° .....	14
Tabelle 9:	Materialdaten 23°C.....	19
Tabelle 10:	Materialdaten 40°C.....	24

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Abmessungen .....	5
Abbildung 2:	Laststeigerung (Beispiel 70 kN) .....	6
Abbildung 3:	Berechnungsmodelle A und B.....	8
Abbildung 4:	Beispieldiagramm zur Ermittlung der Belastungsgrenze .....	12
Abbildung 7:	Verformungsverlauf (Modell A/-20°C) .....	16
Abbildung 8:	Spannungsverlauf am (Modell A/-20°C).....	16
Abbildung 11:	Verformungsverlauf (Modell B/-20°C).....	18
Abbildung 12:	Spannungsverlauf (Modell B/-20°C).....	18
Abbildung 17:	Verformungsverlauf (Modell A/23°C).....	21
Abbildung 18:	Spannungsverlauf (Modell A/23°C).....	21
Abbildung 21:	Verformungsverlauf (Modell B/23°C).....	23
Abbildung 22:	Spannungsverlauf (Modell B/23°C).....	23
Abbildung 25:	Verformungsverlauf (Modell A/40°C).....	26
Abbildung 26:	Spannungsverlauf (Modell A/40°C).....	26
Abbildung 29:	Verformungsverlauf (Modell B/40°C).....	28
Abbildung 30:	Spannungsverlauf (Modell B/40°C).....	28

## 0.1 Verteiler

Dieser Abschlussbericht ist in 3-facher Ausfertigung erstellt und nachfolgend verteilt:

1	Auftraggeber	Hahn Kunststoffe	Hahn	2x
2	Zur Dokumentation beim Bearbeiter			1x

*Tabelle 1: Verteiler*

## 0.2 Verwendete Literatur

- [1] DIN 1055 Teil 1: (7.78) Eigenlasten
- [2] DIN 1055 Teil 3: (6.71) Verkehrslasten
- [3] DIN 1072 (12.85) Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen
- [4] Schneider: Bautabellen für Ingenieure (15. Auflage 2002)

## 0.3 Verwendete Unterlagen

Verwendete Unterlagen			
Nummer	Beschreibung	Maßstab	Index
Ohne	Prüfprotokolle Zugversuche -20°C, 23°C, 40°C	--	--
012-0203	Bauteilzeichnung, Fax vom 12.11.2003		

*Tabelle 2: Verwendete Unterlagen*

## **1 Produktbeschreibung**

### **1.1 Allgemein**

Der Poller mit Halbrundkopf dient als Schutzeinrichtung gegen Beparken der Straßenbegleitenden Vegetationsflächen. Mit einer Bodenplatte und Beton wird er mit dem Erdreich verankert. Über folgende Punkte soll eine Aussage getroffen werden:

1. Verformungsbeständigkeit bei hohen und tiefen Temperaturen
2. Verhalten bei Anfahren (Bruchverhalten)

### **1.2 Konstruktion**

In dieser Statik handelt es sich um einem Zylinder (Durchmesser 200mm) mit aufgesetztem Halbrundkopf aus Recyclingkunststoff (Hanit 3) mit einer Höhe von 1500 mm. Der Poller ist im Inneren ausgehöhlt. Das Innenvolumen ist ein Kegelstumpf (Durchmesser 120/80mm) mit ebenfalls aufgesetztem Halbrundkopf. Eine ringförmige Bodenplatte der Stärke 30 mm besteht aus Kunststoff und gewährleistet die gleichmäßige Übertragung über den Beton (B15) ins Erdreich.

### **1.3 Übrige Daten**

**Auftraggeber :** Fraunhofer Institut  
Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT  
Osterfelder Straße 3  
46047 Oberhausen

**Berechnung :** invenio Kunststoff Engineering GmbH  
Blumenstraße 7  
59597 Erwitte

## 2 Eingangsgrößen

### 2.1 Geometrie

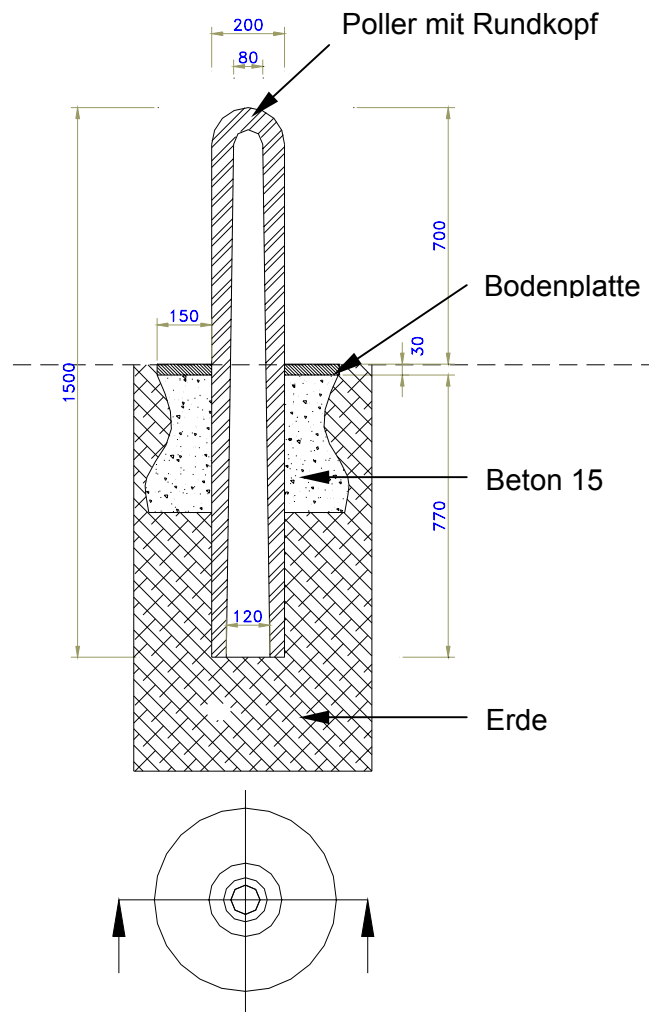


Abbildung 1: Abmessungen

## 2.2 Belastungen

Der Poller muss zwei Belastungen standhalten:

1. Einzellast am Kopfpunkt (unterhalb des Halbrundkopfes) (Fall A)
2. Einzellast auf der Mitte des herausragenden Körpers (Fall B)

Die Belastung wurde linear von Null ausgehend gesteigert. Die Belastung wurde so gewählt, dass die maximale Spannung im Bauteil (Zugfestigkeit/Streckgrenze) erreicht wird.

Belastung beim Abbruch der Berechnung			
	-20°C	23°C	40°C
<b>Modell A</b>	35 kN	27,5 kN	27,5 kN
<b>Modell B</b>	70 kN	50 kN	52 kN

Tabelle 3: Maximale Belastungen

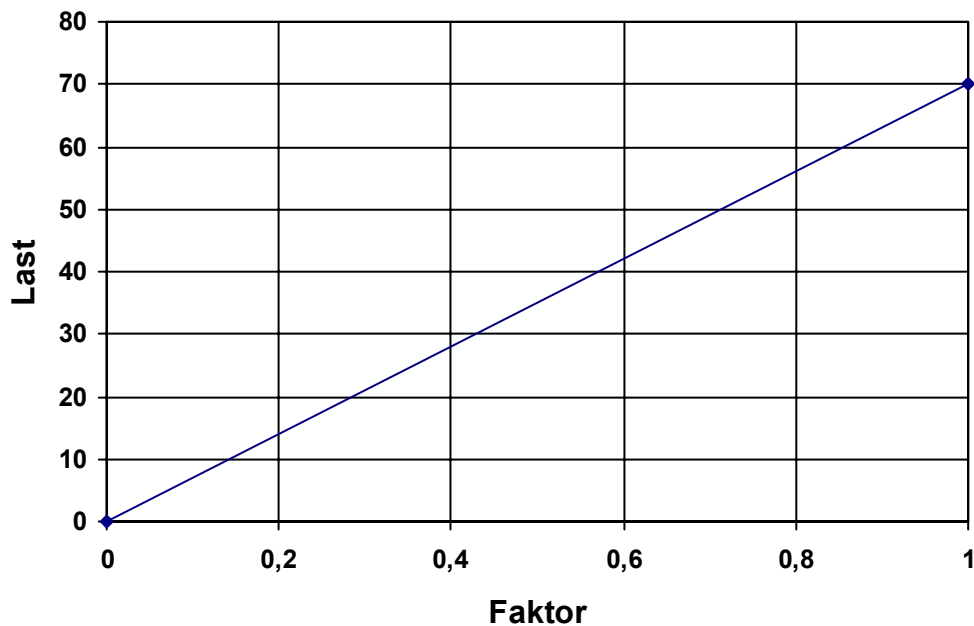


Abbildung 2: Laststeigerung (Beispiel 70 kN)

### **2.3 Materialdaten**

Der Poller besteht aus einem Mischkunststoff (Hanit 3), dessen Materialverhalten temperaturabhängig ist. Die benötigten Daten wurden uns vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Die Materialeigenschaften sind im Anhang in Tabellen und Diagrammen zusammengefasst:

### 3 Modellierung

#### 3.1 FEM-Basisdaten

##### 3.1.1 Konfiguration:

Die Modellierung und Berechnung erfolgte mit dem Programm COSMOS/M, Version 2.85

##### 3.1.2 Berechnungsmodell

Die Belastung wird auf der Mantelfläche des Pollers auf eine Fläche von 50x50mm aufgebracht.

Es wurden 2 Modelle erstellt:

1. Belastung 100mm unterhalb des Kopfes (Modell A)
2. Belastung 350mm unterhalb des Kopfes (Modell B)

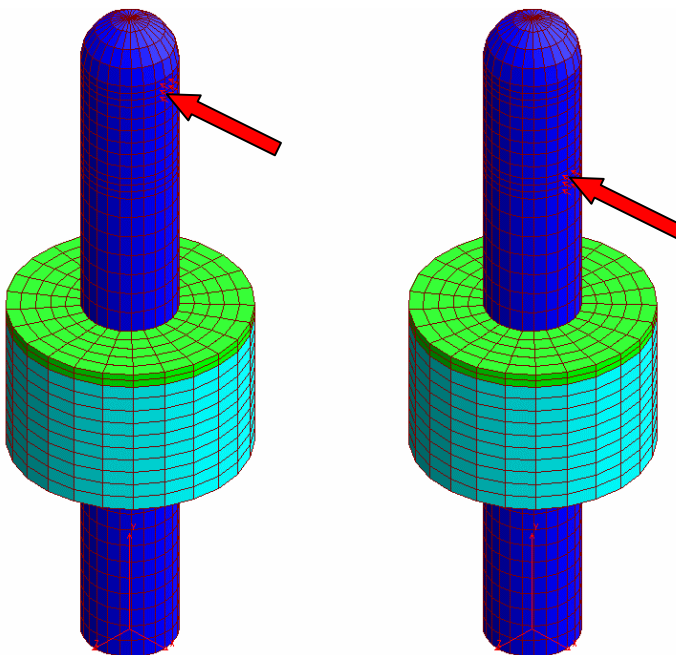


Abbildung 3: Berechnungsmodelle A und B

### 3.1.3 Elementtypen

Nachfolgende Elementtypen wurden für die Modellierung benutzt

Bauteil	Elementtyp	Cosmos	Knoten	Freiheitsgrade pro Knoten
Bodenplatte	Volumenelement	Solid	8	6
Poller	Volumenelement	Solid	8	6

*Tabelle 4: Elementtypen*

### 3.1.4 Randbedingungen

Der Beton wird durch seine großflächigen Ausdehnungen als starr gelagert angesehen und kann somit in seiner Umfangsfläche in alle Richtungen gelagert werden.

## 4 Berechnungsergebnisse

### 4.1 Modelldateien

Im Anhang sind die Ergebnisse durch Kurven und als grafische Darstellung beigefügt. Es sind nachfolgende FEM-Modell-Dateien für die Auswertung benutzt worden:

Modell	Auswertung		Dateiname
<b>A</b>	Kopflast	-20 C	O_-20
		23°C	O_23
		40°C	O_40
<b>B</b>	Belastung auf mittlerer Höhe	-20 C	u_-20
		23°C	u_23
		40°C	u_40

*Tabelle 5: Ausgewertete FEM-Modell-Dateien*

### 4.2 Auswertung

In der Anlage sind die Spannungs- und Verformungsbilder bei Abbruch der Laststeigerung dargestellt.

Weiterhin ist in einer Grafik der Spannungsverlauf des Knoten dargestellt, welcher am Ende der Berechnung die maximale Spannung aufweist. Auch für den Knoten mit der maximalen Verformung ist der Verformungsverlauf in einem Diagramm aufgenommen.

Zur Bewertung der praktischen Bauteileigenschaften werden die 2%-Dehngrenze und die Streckgrenze des Kunststoffes betrachtet. Bei einer Belastung unter 2% Dehnung ist bei weichen Thermoplasten nicht von einer Werkstoffschädigung auszugehen. Entsprechende Belastungen sind als unkritisch anzusehen. Die 2%-Dehngrenze wurde grafisch aus den Spannungs-Dehnungs-Diagrammen aus dem Zugversuch ermittelt.

Bei Belastung bis zur Streckgrenze ist von einer Bauteilbeschädigung, im Regelfall aber nicht von einem Bruch auszugehen. Die Verformungen des Pollers liegen bei allen Lastfällen und Temperaturen unterhalb 25 mm. Es ist davon auszugehen, dass ein Poller bei Belastung bis zur Streckgrenze sich geringfügig verformt, seine Funktion aber weiterhin erfüllt.

Die Bewertungen wurde für eine kurzzeitige Belastung und ohne Berücksichtigung zusätzlicher Sicherheitsfaktoren durchgeführt.

In der Tabelle 6 sind die Werkstoffkennwerte der Qualität Hanit 3 angegeben, die aus Zugversuchen nach DIN EN ISO 527 ermittelt wurden.

<b>Hanit Qualität 3</b> <b>Temperatur -20°C</b> Mittelwerte und Standardabweichung aus 10 Prüfkörpern		
Streckspannung [Mpa] 17,37 +/- 1,08	Bruchspannung [Mpa] 15,37 +/- 0,80	2%-Dehngrenze [Mpa] 8,0 +/- 0,6
Streckdehnung [%] 7,74 +/- 1,81	Bruchdehnung [%] 10,04 +/- 3,47	E-Modul [Mpa] 751,02 +/- 77,68
<b>Hanit Qualität 3</b> <b>Temperatur 23°C</b> Mittelwerte und Standardabweichung aus 4 Prüfkörpern		
Streckspannung [Mpa] 12,64 +/- 1,44	Bruchspannung [Mpa] 9,80 +/- 2,84	2%-Dehngrenze [Mpa] 7,0 +/- 1,0
Streckdehnung [%] 7,34 +/- 1,56	Bruchdehnung [%] 11,09 +/- 2,51	E-Modul [Mpa] 742,15 +/- 61,49
<b>Hanit Qualität 3</b> <b>Temperatur 40°C</b> Mittelwerte und Standardabweichung aus 4 Prüfkörpern		
Streckspannung [Mpa] 12,48 +/- 0,27	Bruchspannung [Mpa] 10,61 +/- 0,29	2%-Dehngrenze [Mpa] 6,5 +/- 0,5
Streckdehnung [%] 10,57 +/- 1,90	Bruchdehnung [%] 15,00 +/- 3,94	E-Modul [Mpa] 693,08 +/- 23,82

Tabelle 6: Werkstoffkennwerte

Mit den jeweiligen Werkstoffkennwerten für die 2%-Dehngrenze bzw. Streckgrenze werden aus den Kraft-Spannungsdiagrammen gemäß Abbildung 4 die zulässigen Belastungen ermittelt. Der entsprechende Spannungswert entspricht der von-Mises-Vergleichsspannung (y-Achse). Dem Spannungswert kann über die Kraft-Spannungs-Kurve ein entsprechender Kraftfaktor (x-Achse) zugeordnet werden. Wird dieser Kraftfaktor mit der Maximalkraft aus Tabelle 3 multipliziert, ergibt sich der entsprechende Belastungswert. Dieser Belastungswert entspricht der jeweiligen Belastungskraft in der Abbildung 3 (roter Pfeil). Diese Vorgehensweise ist grundsätzlich für alle Spannungen zulässig.

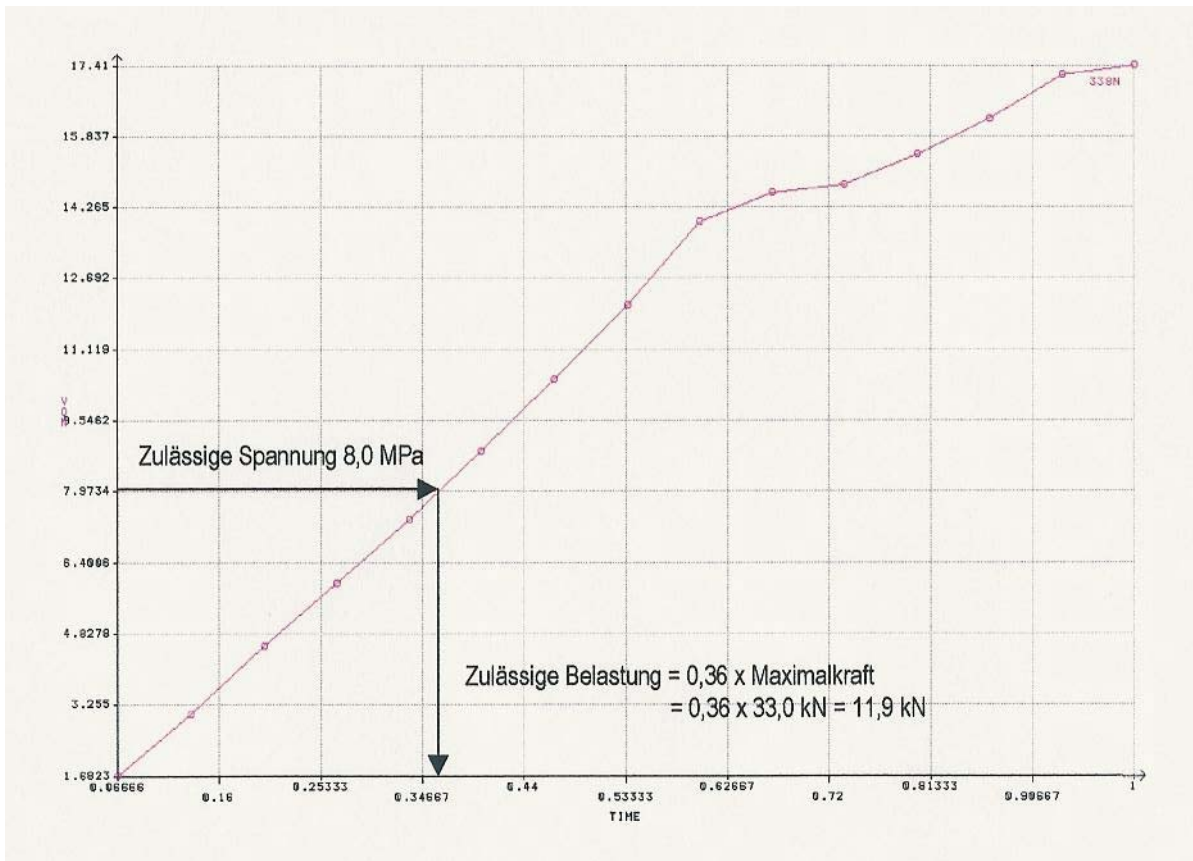


Abbildung 4: Beispieldiagramm zur Ermittlung der Belastungsgrenze

Für die Lastfallannahmen A und B konnten die folgenden maximalen Belastungen ermittelt werden, die unter der Maßgabe 2%-Dehngrenze und Streckgrenze aufgebracht werden dürfen.

<b>Belastungsgrenzen</b>				
<b>Lastfall A</b>	<b>2%-Dehngrenze [MPa]</b>	<b>max. Belastung [kN]</b>	<b>Streckgrenze [MPa]</b>	<b>max. Belastung [kN]</b>
Temperatur - 20°C	8,0	13	17,4	34
Temperatur 23°C	7,0	14	12,6	26
Temperatur 40°C	6,5	11	12,5	27
<b>Lastfall B</b>	<b>2%-Dehngrenze [MPa]</b>	<b>max. Belastung [kN]</b>	<b>Streckgrenze [kN]</b>	<b>max. Belastung [kN]</b>
Temperatur - 20°C	8,0	27	17,4	68
Temperatur 23°C	7,0	24	12,6	46
Temperatur 40°C	6,5	22	12,5	47

*Tabelle 7: Belastungsgrenzen*

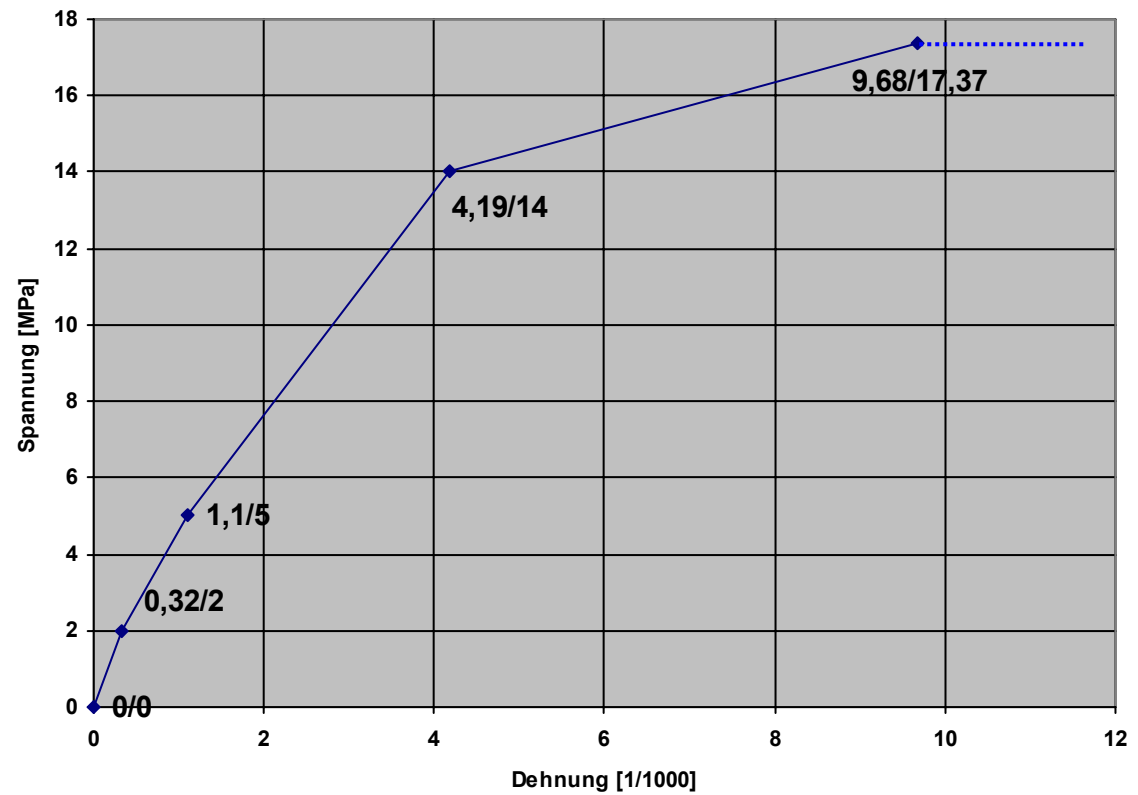
## 5 Grafische Dokumentation

### 5.1 Temperatur -20°C

#### 5.1.1 Materialkurve

-20°C		
	e	s
	[1/1000]	[MPa]
P1	0	0
P2	0,32	2
P3	1,1	5
P4	4,19	14
Streckgrenze	9,68	17,37
Zugfestigkeit	9,68	17,37

Tabelle 8: Materialdaten -20°



A031114-1 R1 Abschlussbericht Hahn Poller.

5.1.2 Spannungsauswertung Modell A

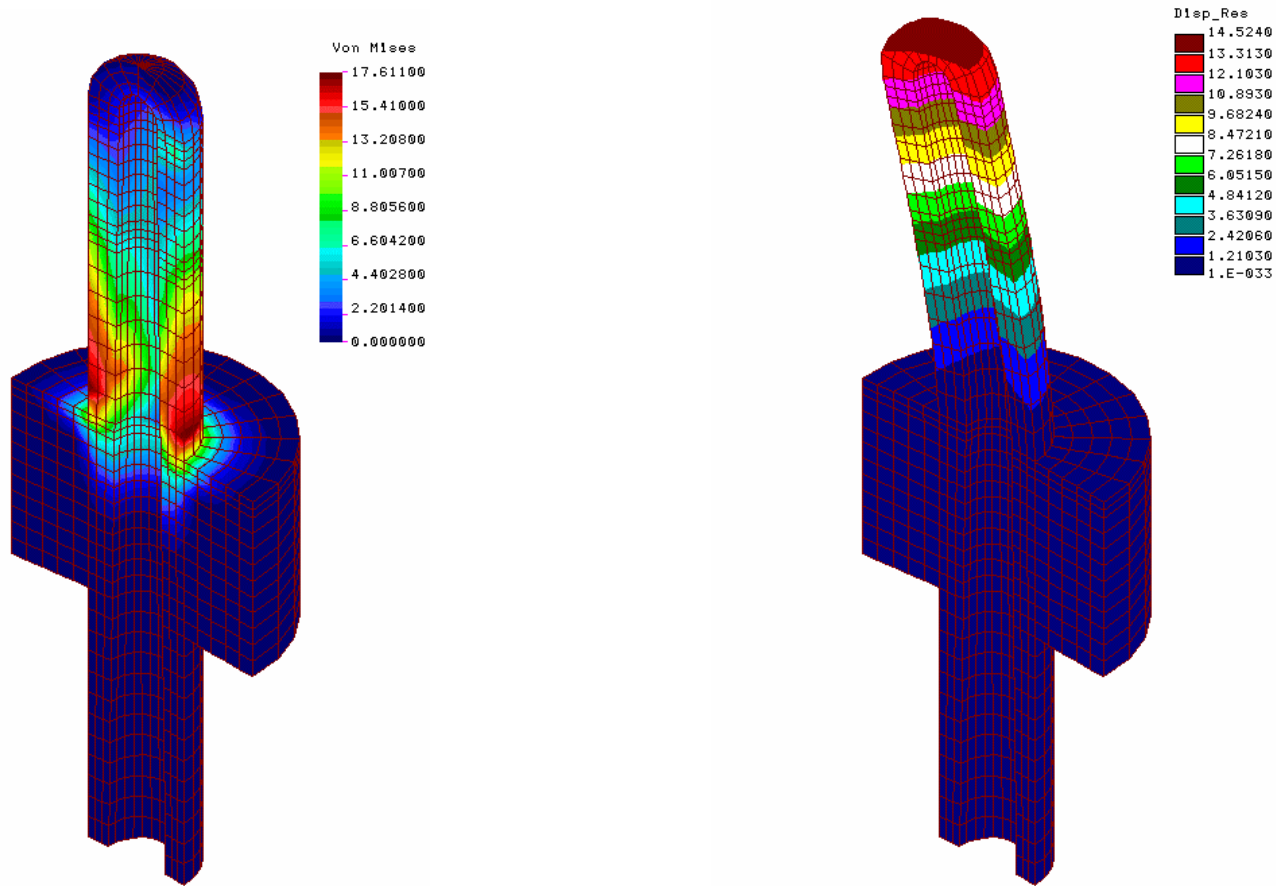


Abbildung 6: Spannungsverteilung Modell A (-20°C)

A031114-1 R1 Abschlussbericht Hahn Poller.

Abbildung 5: Verformungen Modell A (-20°C)

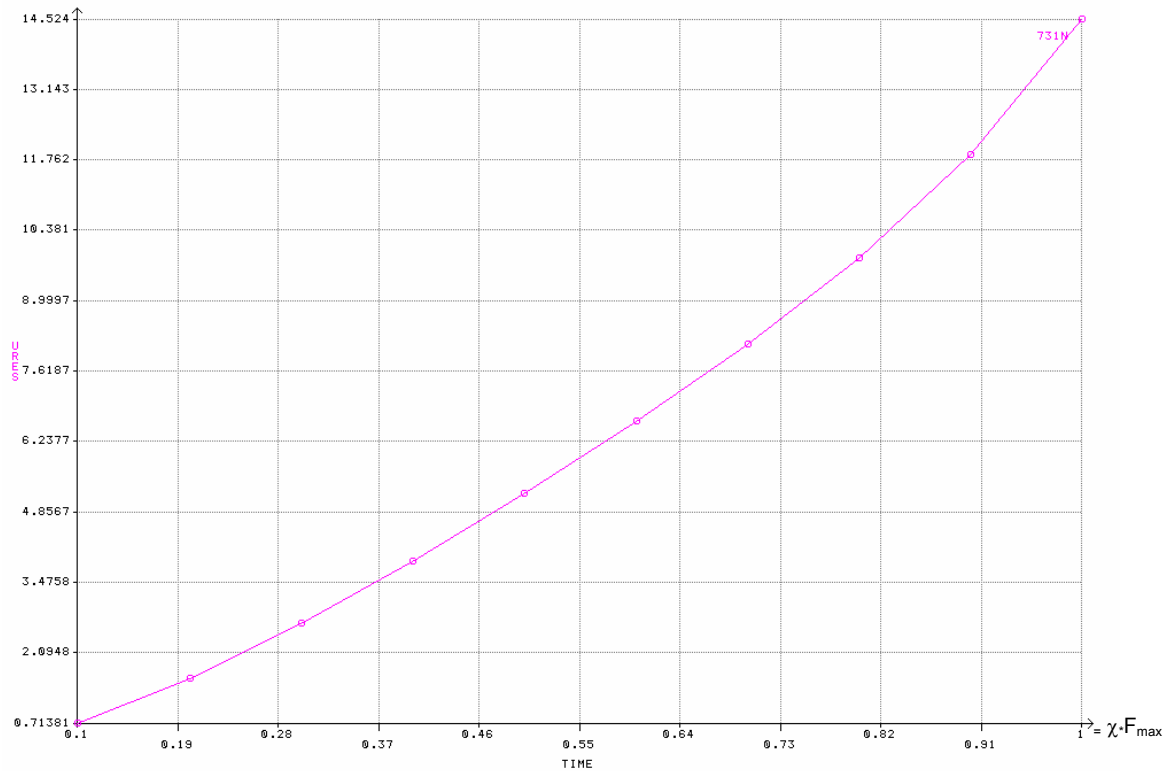


Abbildung 7: Verformungsverlauf (Modell A/-20°C)

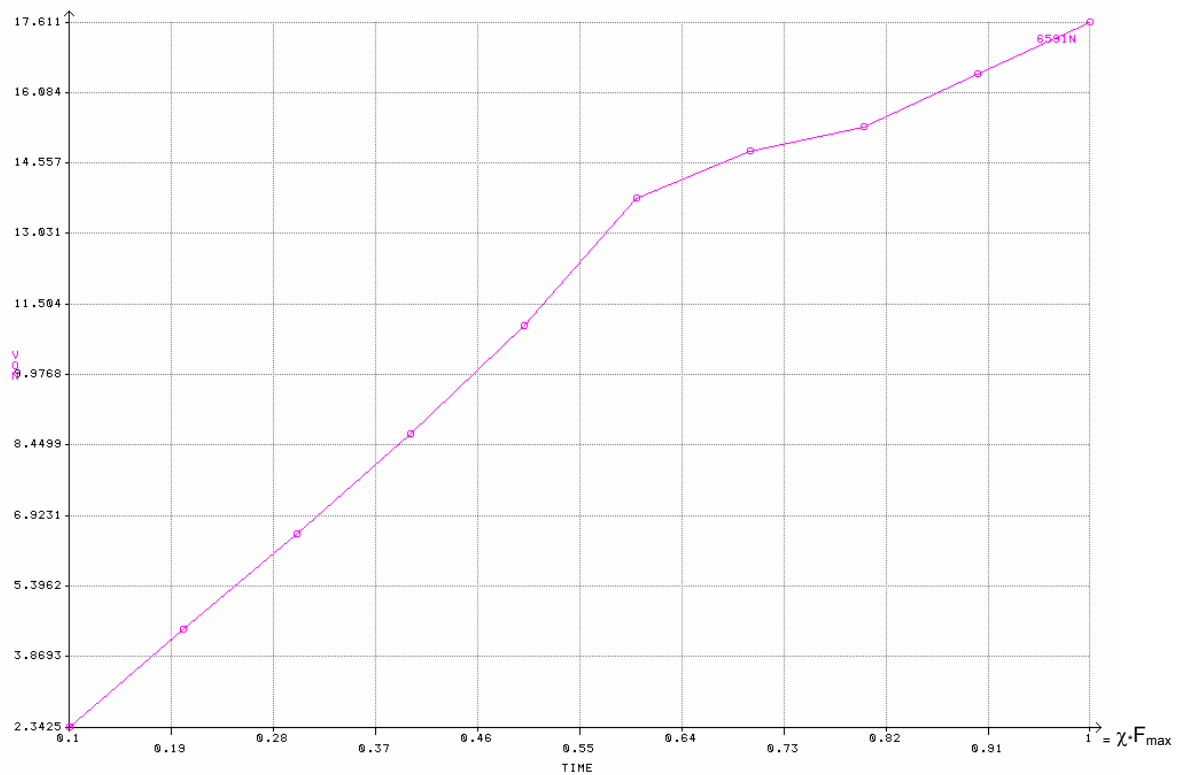


Abbildung 8: Spannungsverlauf am (Modell A/-20°C)

5.1.3 Spannungsauswertung Modell B

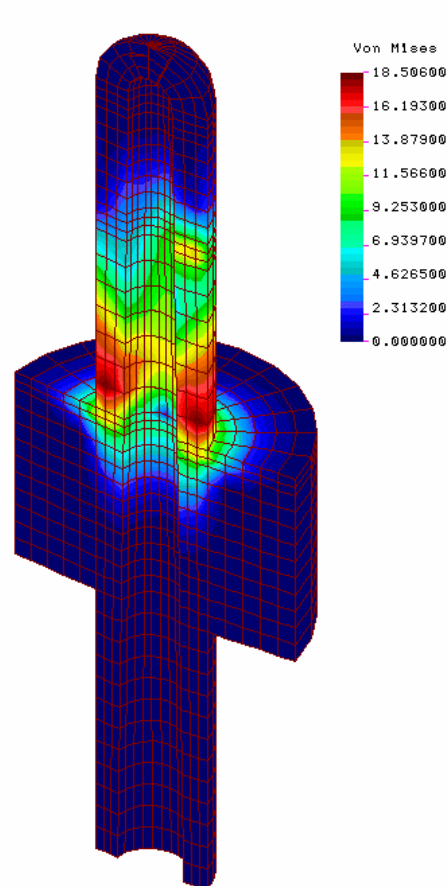


Abbildung 9: Spannungsverteilung Modell B (-20°C)

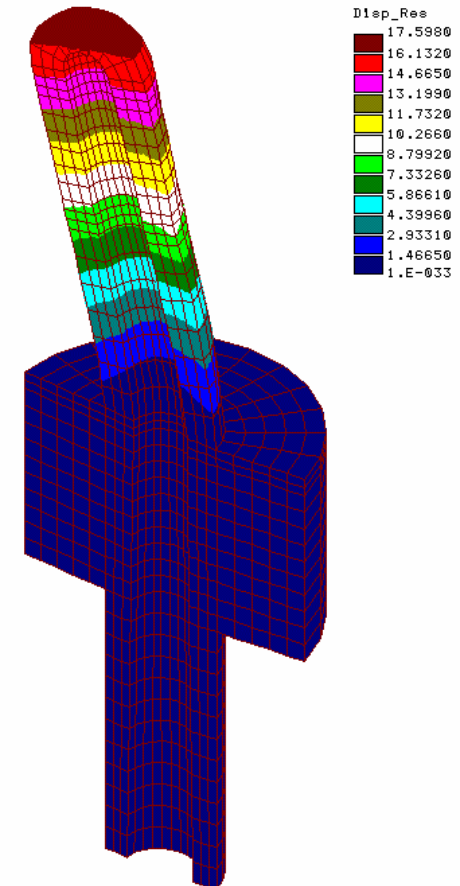


Abbildung 10: Verformungen Modell B (-20°C)

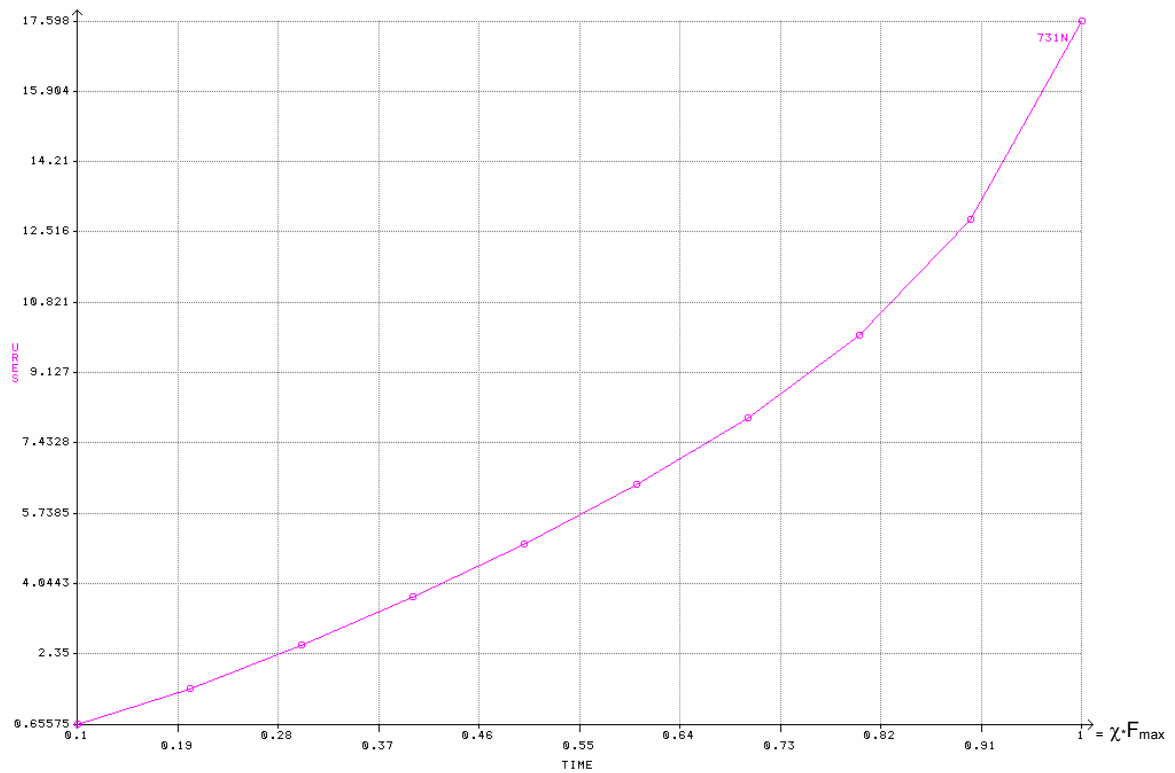


Abbildung 11: Verformungsverlauf (Modell B/-20°C)

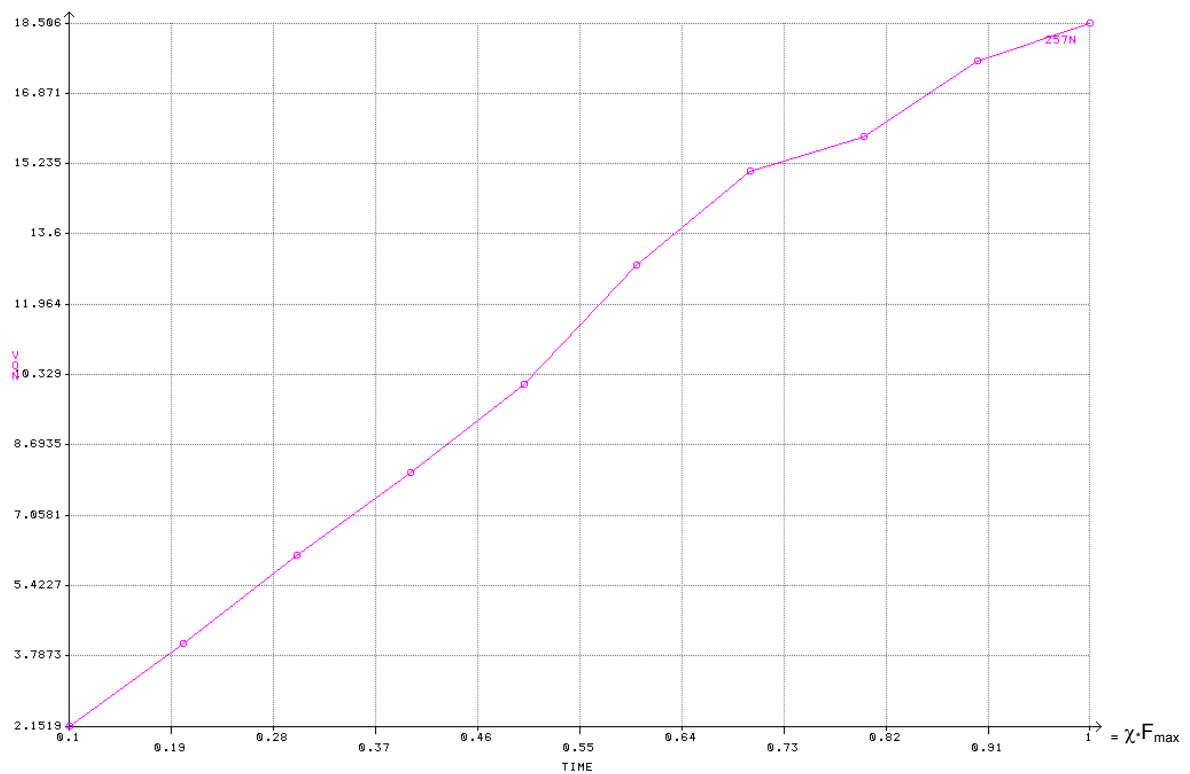


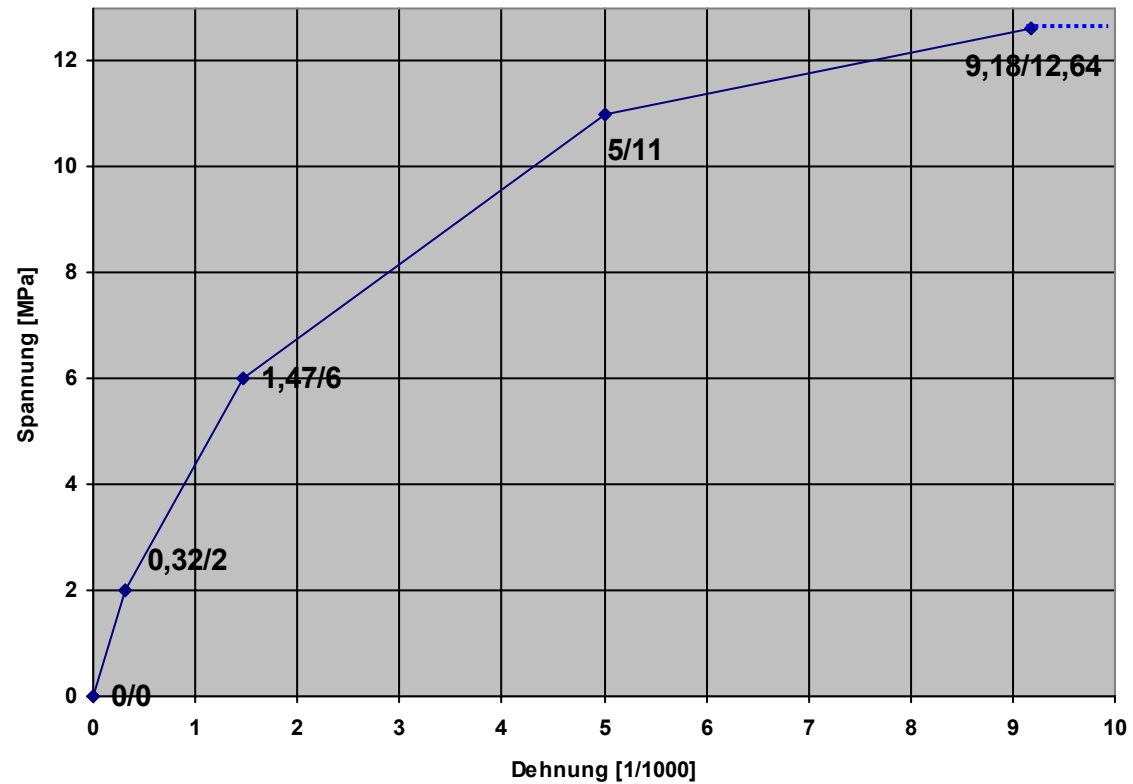
Abbildung 12: Spannungsverlauf (Modell B/-20°C)

## 5.2 Temperatur 23°C

### 5.2.1 Materialkurve

23°C		
	e	s
	[1/1000]	[MPa]
P1	0	0
P2	0,32	2
P3	1,47	6
P4	5	11
Streckgrenze	9,18	12,64
Zugfestigkeit	9,18	12,64

Tabelle 9: Materialdaten 23°C



5.2.2 Spannungsauswertung Modell A

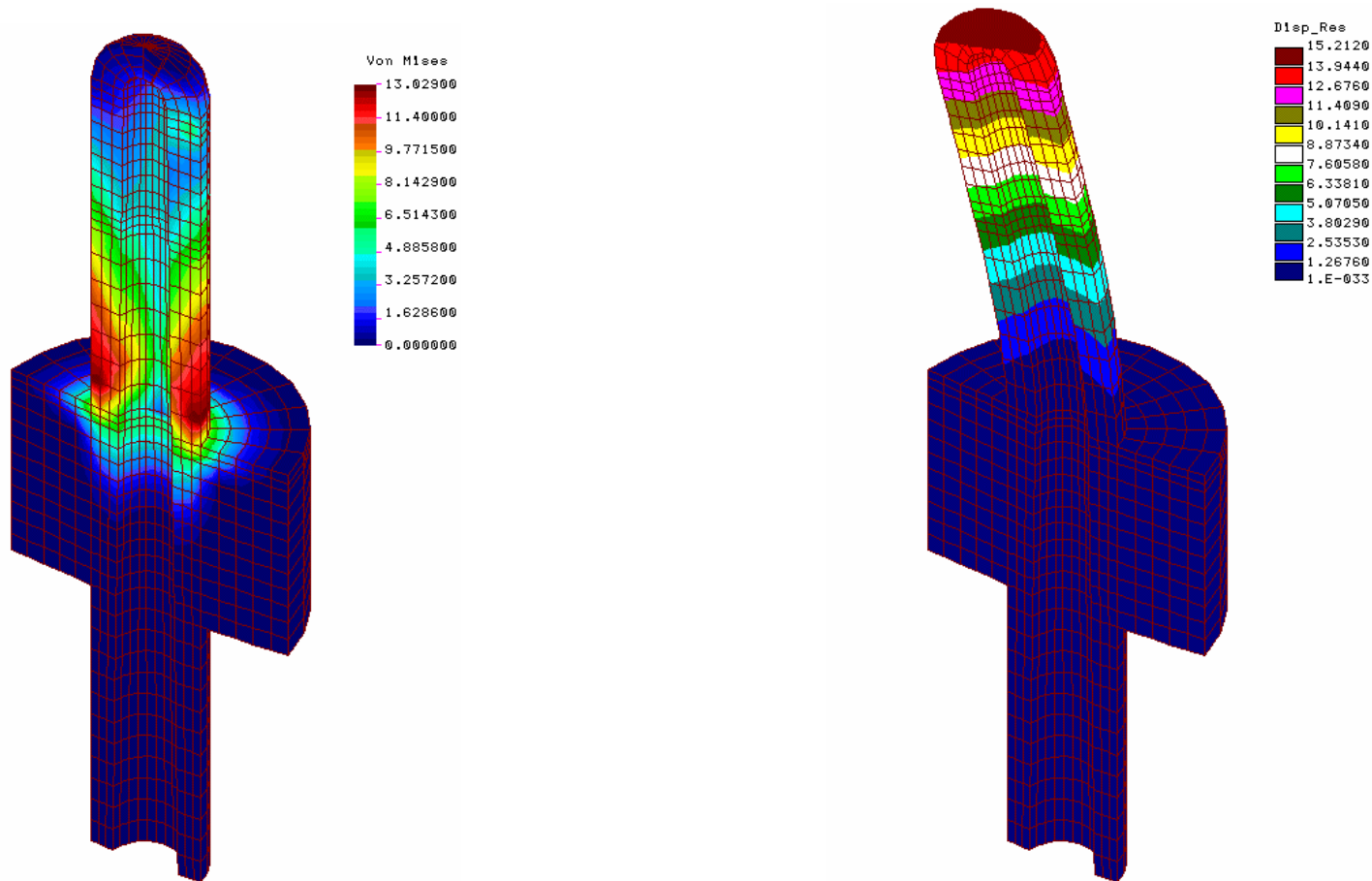


Abbildung 14: Spannungsverteilung Modell A (23°C)

Abbildung 13: Verformungen Modell A (23°C)

A031114-1 R1 Abschlussbericht Hahn Poller.

Seite 20

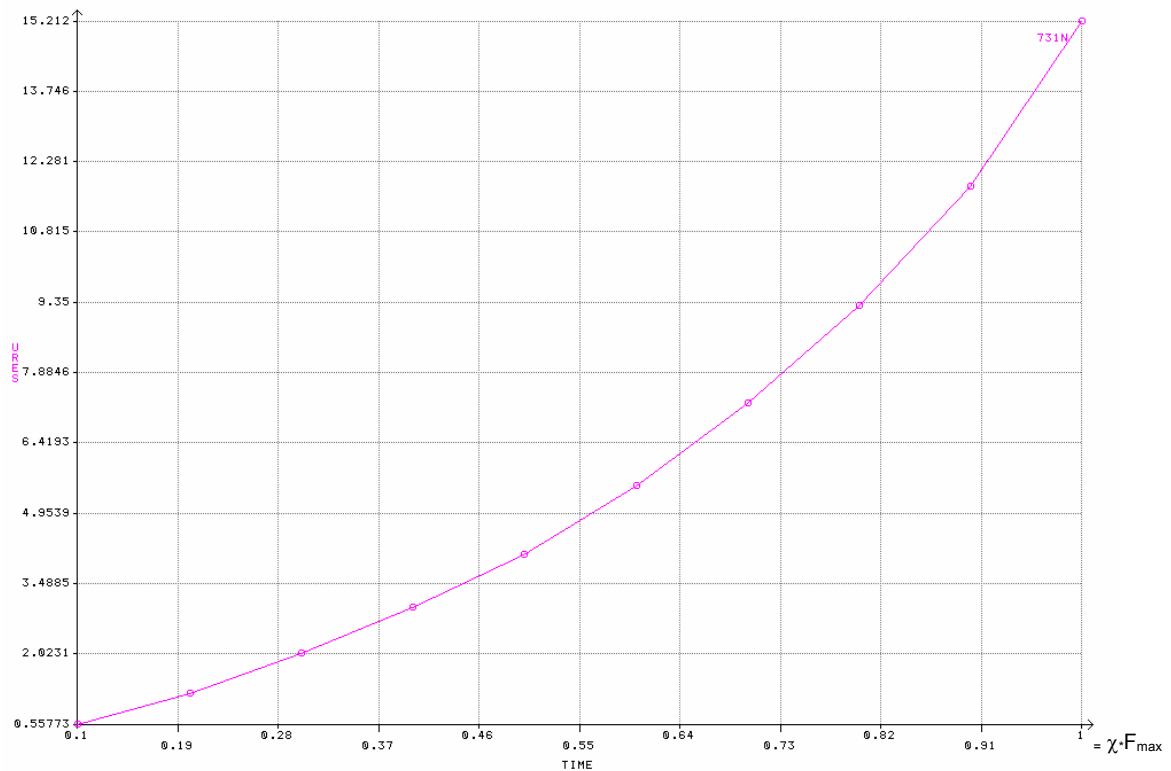


Abbildung 17: Verformungsverlauf (Modell A/23°C)

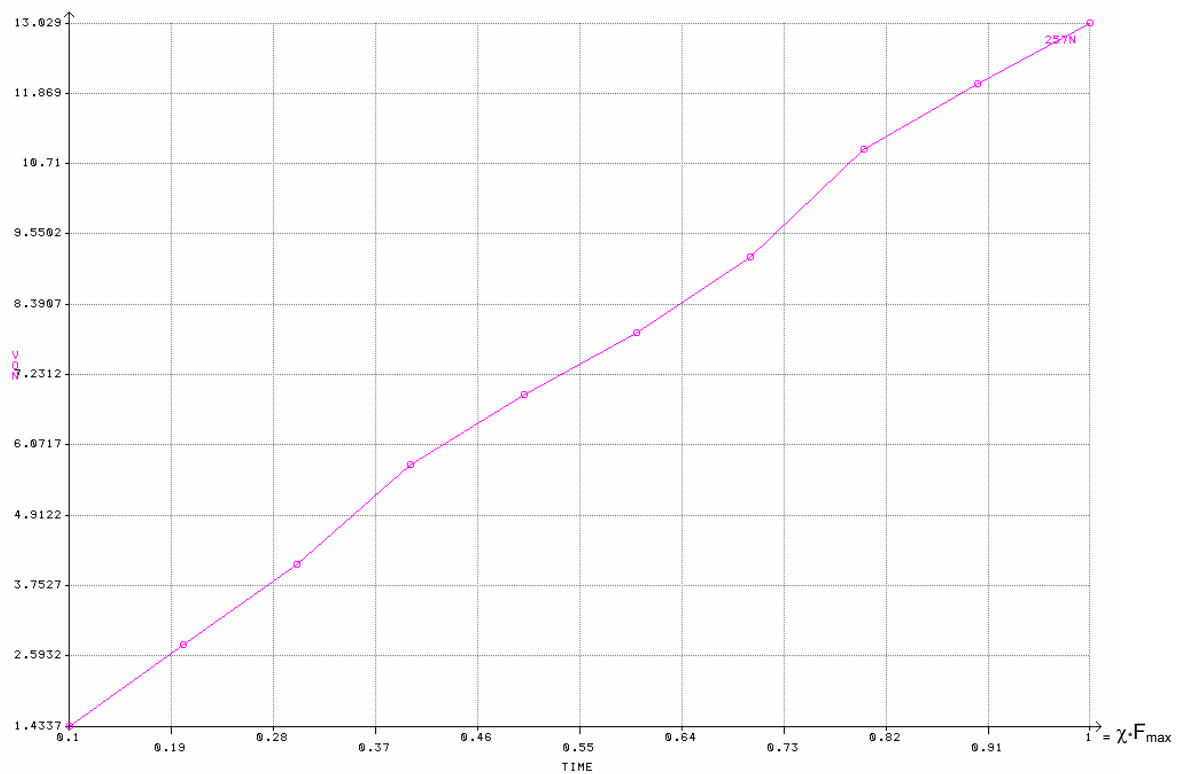


Abbildung 18: Spannungsverlauf (Modell A/23°C)

5.2.3 Auswertung Modell B

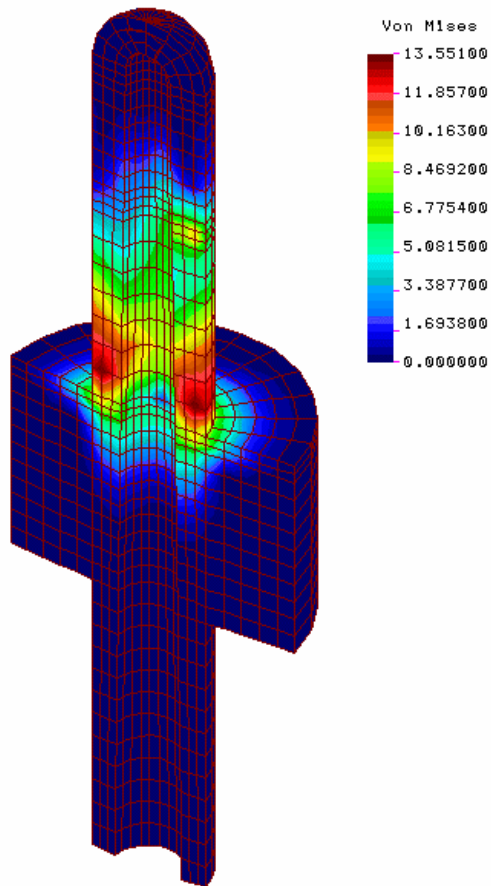


Abbildung 19: Spannungsverteilung Modell B (23°C)

A031114-1 R1 Abschlussbericht Hahn Poller.

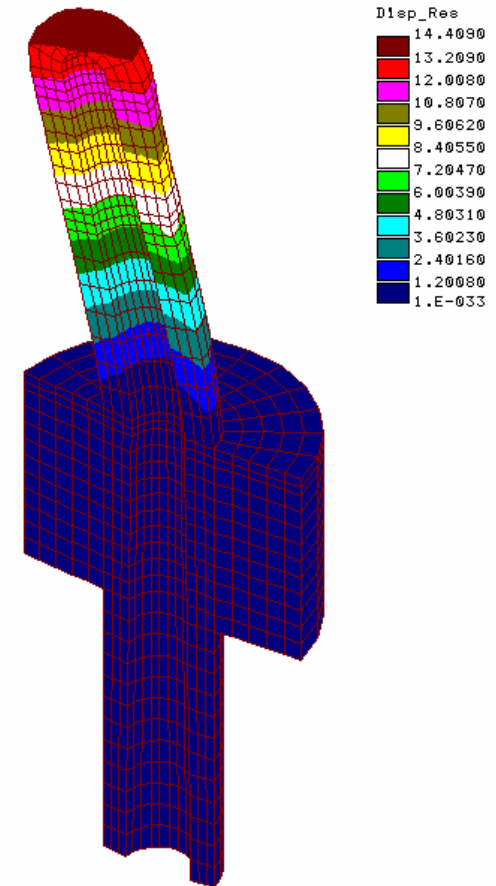


Abbildung 20: Verformungen Modell B(23°C)

Seite 22

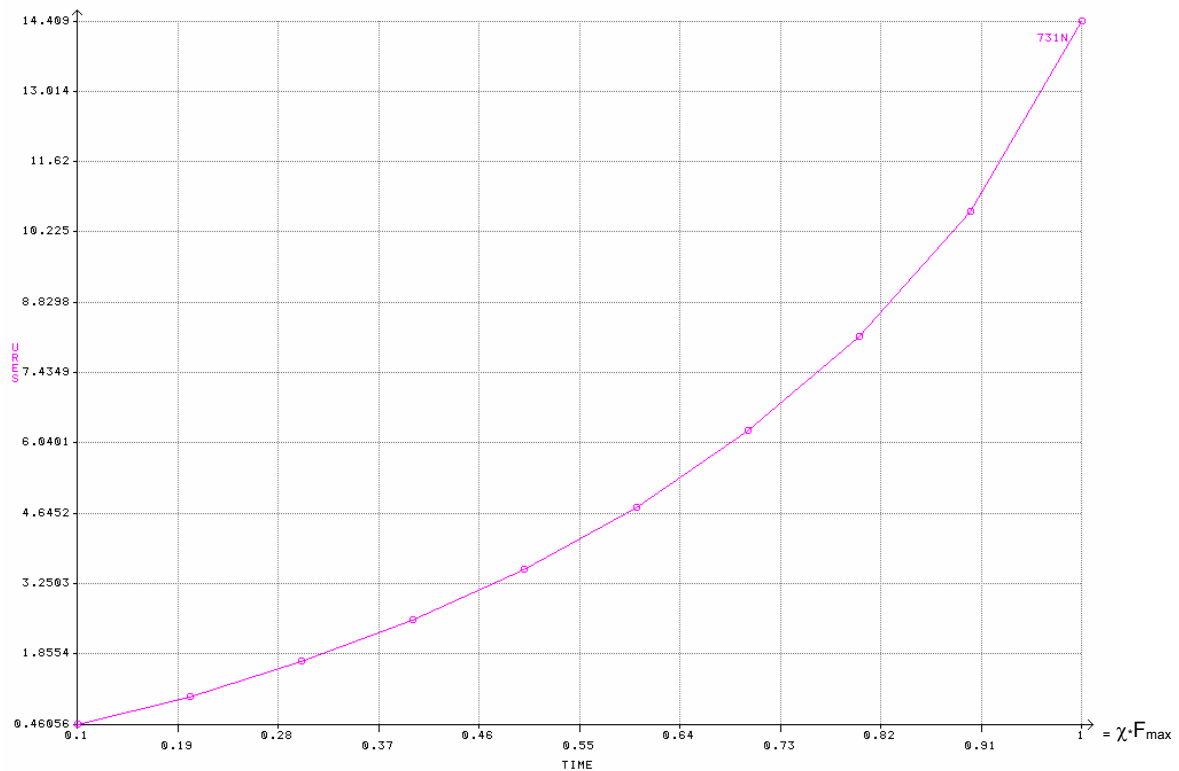


Abbildung 21: Verformungsverlauf (Modell B/23°C)

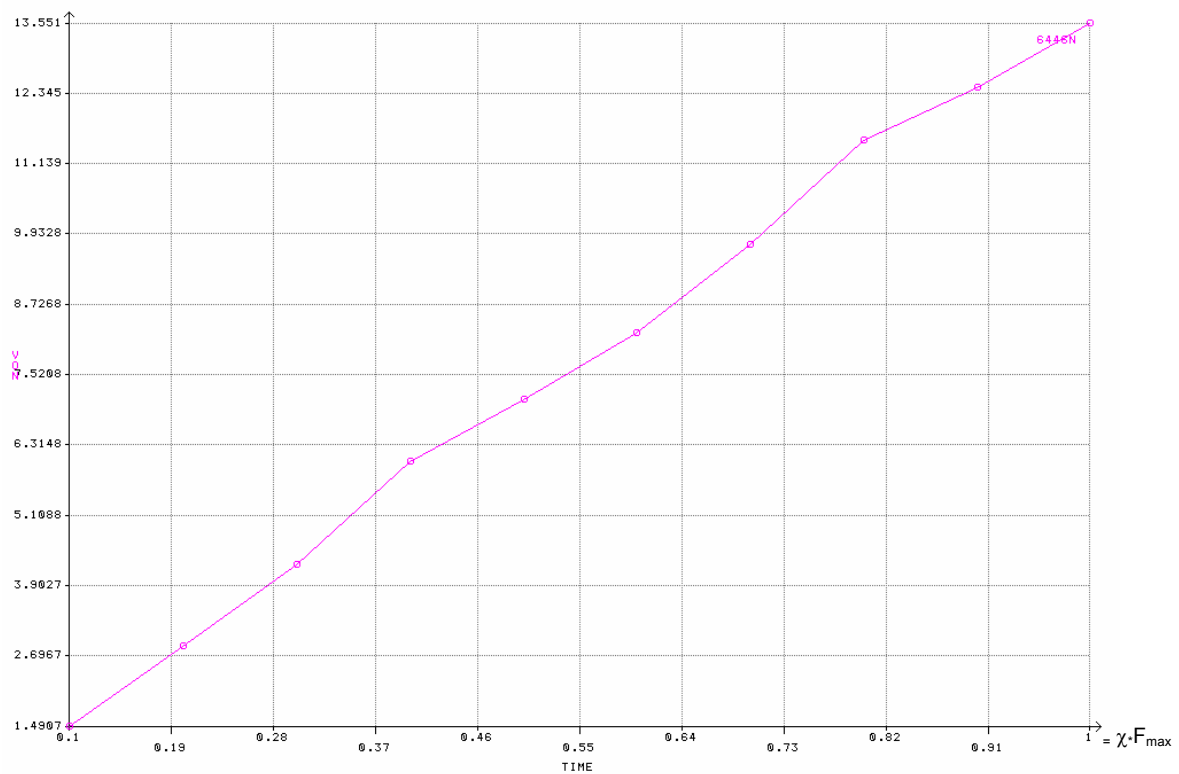


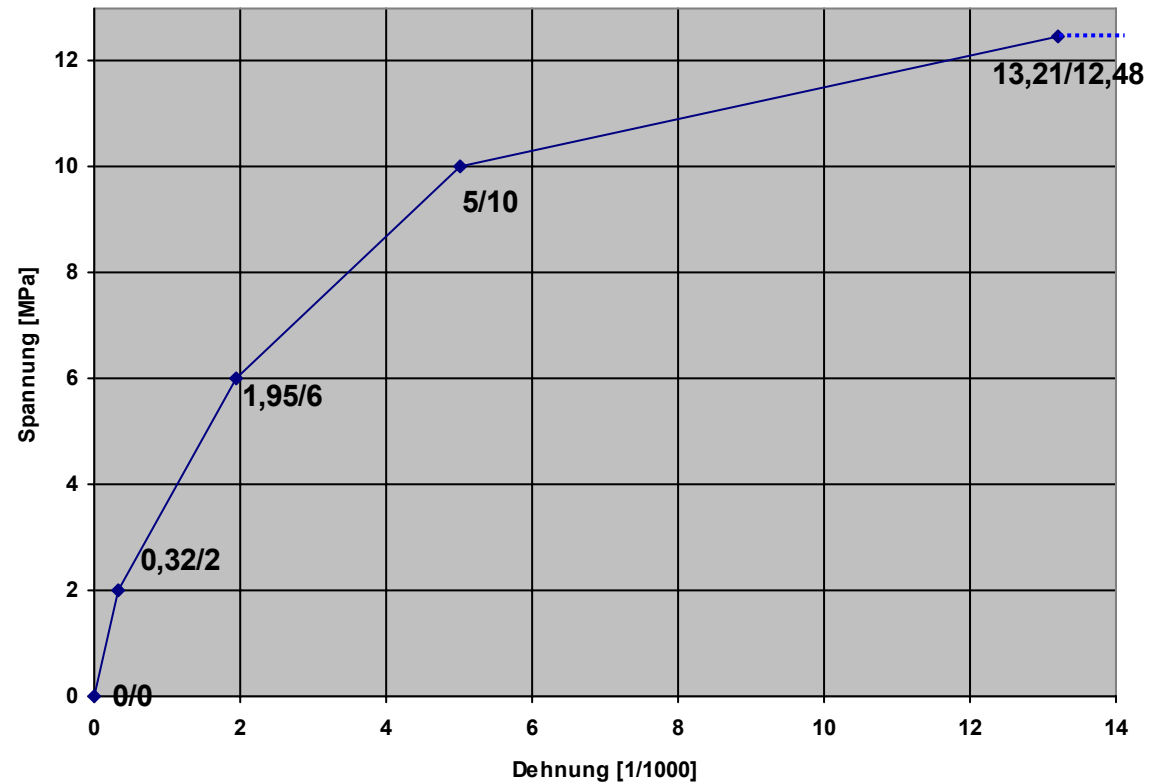
Abbildung 22: Spannungsverlauf (Modell B/23°C)

### 5.3 Temperatur 40°C

#### 5.3.1 Materialkurve

40°C		
	e	s
	[1/1000]	[MPa]
P1	0	0
P2	0,32	2
P3	1,95	6
P4	5	10
Streckgrenze	13,21	12,48
Zugfestigkeit	13,21	12,48
Bruch	15	10,61

Tabelle 10: Materialdaten 40°C



5.3.2 Auswertung Modell A

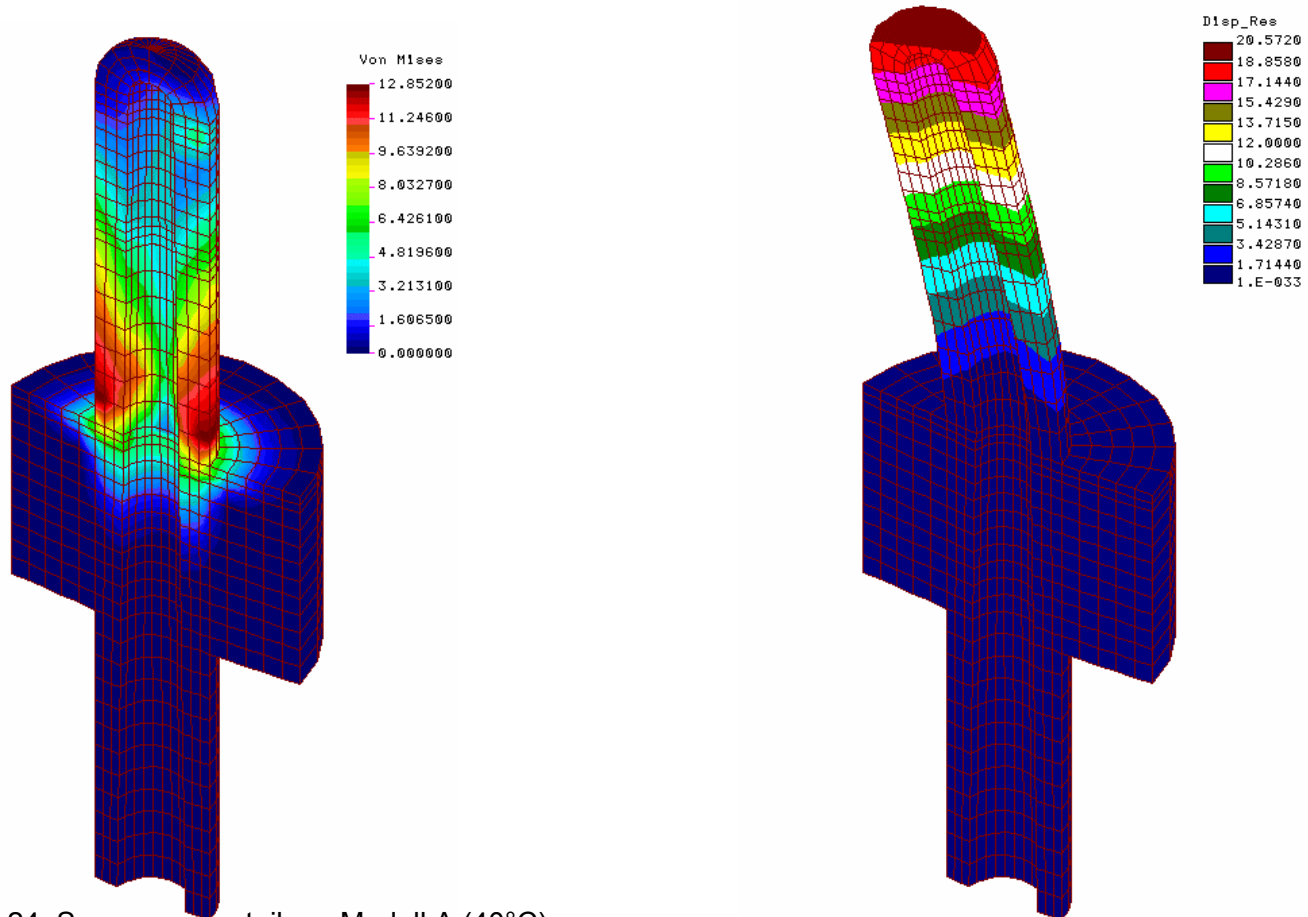


Abbildung 24: Spannungsverteilung Modell A (40°C)

Abbildung 23: Verformungen Modell A (40°C)

A031114-1 R1 Abschlussbericht Hahn Poller.

Seite 25

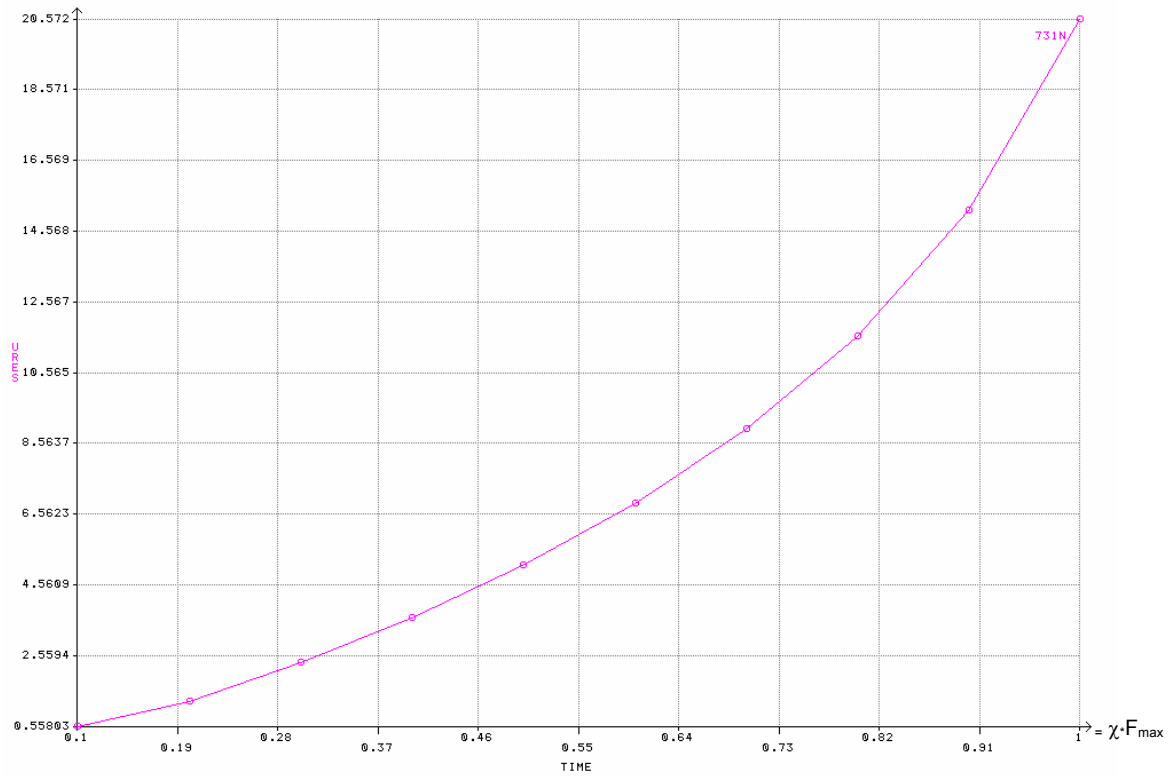


Abbildung 25: Verformungsverlauf (Modell A/40°C)

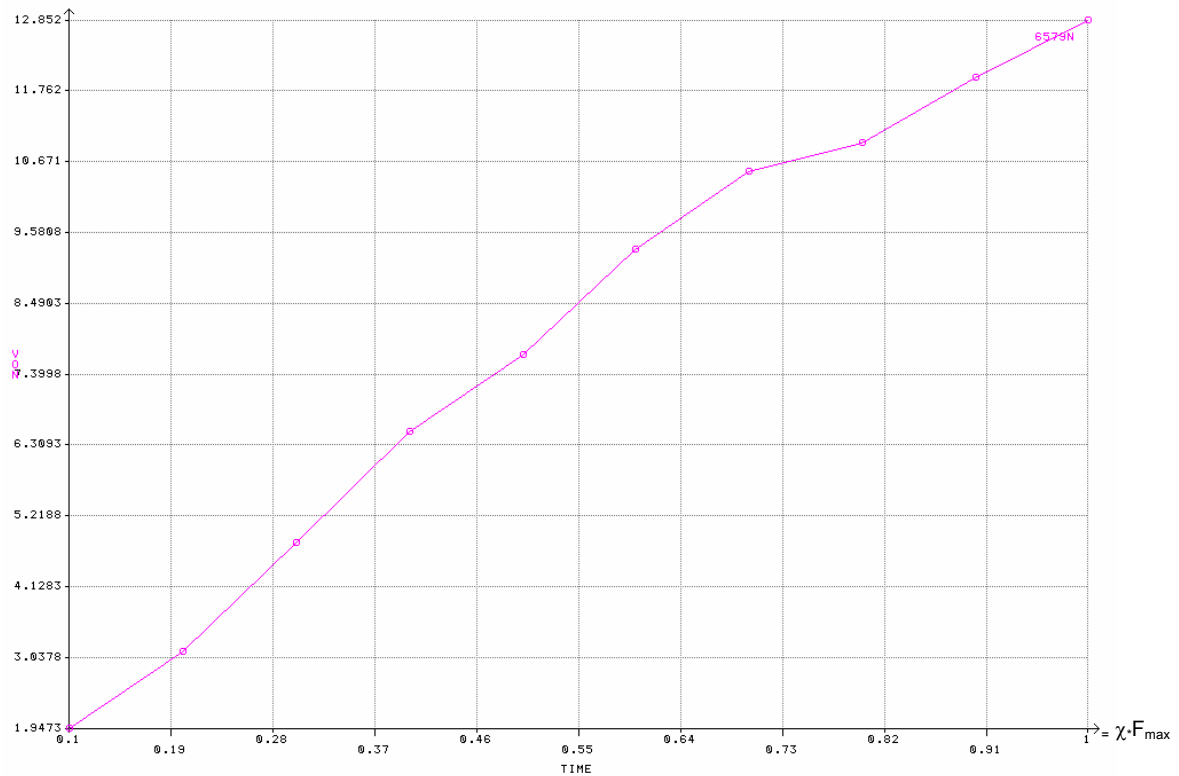


Abbildung 26: Spannungsverlauf (Modell A/40°C)

5.3.3 Auswertung Modell B

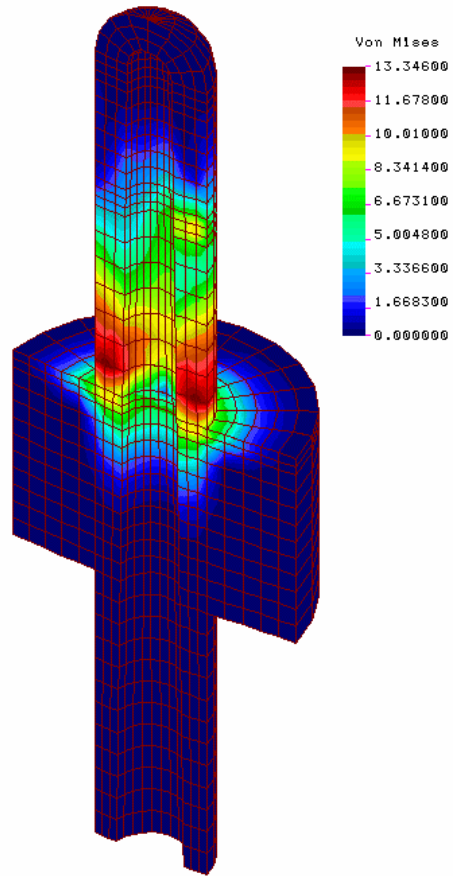


Abbildung 28: Spannungsverteilung Modell B (40°C)

A031114-1 R1 Abschlussbericht Hahn Poller.

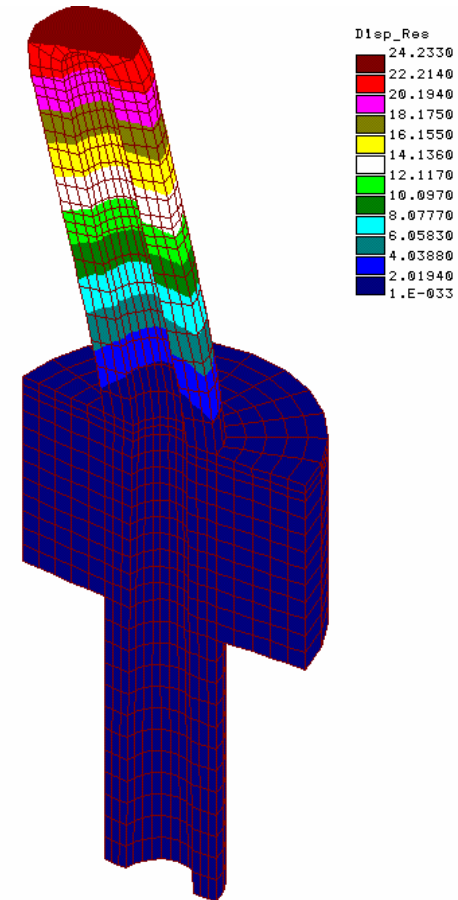


Abbildung 27: Verformungen Modell B (40°C)

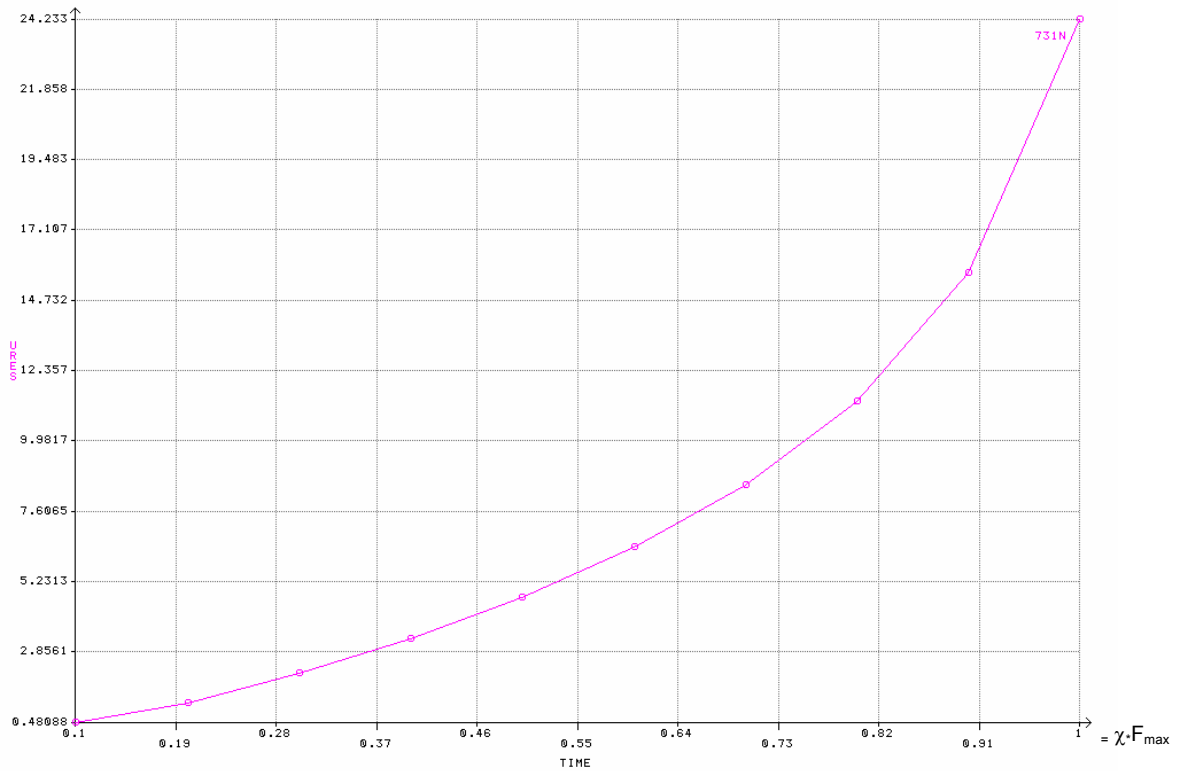


Abbildung 29: Verformungsverlauf (Modell B/40°C)

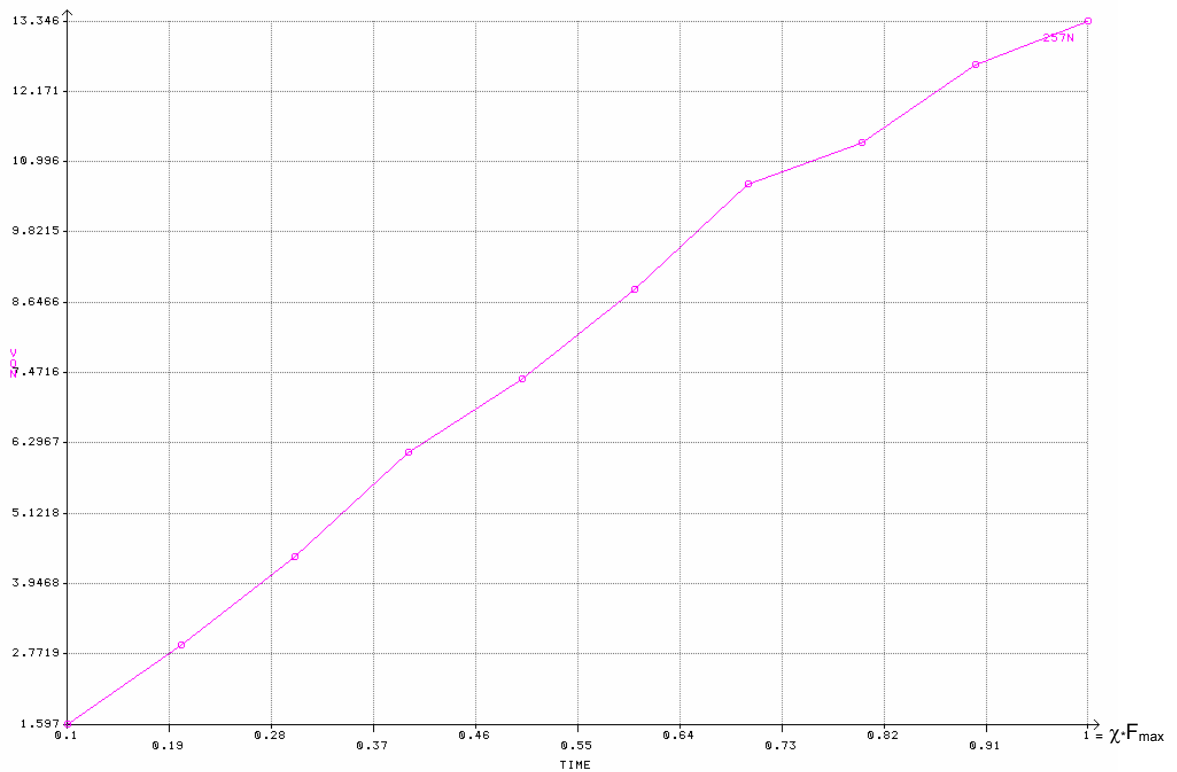


Abbildung 30: Spannungsverlauf (Modell B/40°C)