

*Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer
Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur
experimentellen Validierung von
Prozesssimulationen*

*Dr. Michael Twickler, Dr. Gerhard H. Arfmann
CPM GmbH, Herzogenrath*

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

*Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein
Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen*

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

*Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein
Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen*

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

B) Softwareanwender (User)

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen

B) Softwareanwender (User)

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements

B) Softwareanwender (User)

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

B) Softwareanwender (User)

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

B) Softwareanwender (User)

- Erhöhung der Akzeptanz der Simulation als Hilfsmittel zur Prozessauslegung

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

B) Softwareanwender (User)

- Erhöhung der Akzeptanz der Simulation als Hilfsmittel zur Prozessauslegung
- Vertiefung des Verständnisses der globalen und lokalen Ergebnisgrößen

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

B) Softwareanwender (User)

- Erhöhung der Akzeptanz der Simulation als Hilfsmittel zur Prozessauslegung
- Vertiefung des Verständnisses der globalen und lokalen Ergebnisgrößen
- Verbesserung des Prozessverständnisses
- etc.

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

- durch Vergleiche mit analytischen Lösungen (für einfachste Anwendungen)

B) Softwareanwender (User)

- Erhöhung der Akzeptanz der Simulation als Hilfsmittel zur Prozessauslegung
- Vertiefung des Verständnisses der globalen und lokalen Ergebnisgrößen
- Verbesserung des Prozessverständnisses
- etc.

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

- durch Vergleiche mit analytischen Lösungen (für einfachste Anwendungen)
- durch geeignete interne Datenprotokollierung

B) Softwareanwender (User)

- Erhöhung der Akzeptanz der Simulation als Hilfsmittel zur Prozessauslegung
- Vertiefung des Verständnisses der globalen und lokalen Ergebnisgrößen
- Verbesserung des Prozessverständnisses
- etc.

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

- durch Vergleiche mit analytischen Lösungen (für einfachste Anwendungen)
- durch geeignete interne Datenprotokollierung
- durch Verknüpfung mit Tabellenkalkulationsprogrammen und ähnlichen Hilfsprogrammen
- etc.

B) Softwareanwender (User)

- Erhöhung der Akzeptanz der Simulation als Hilfsmittel zur Prozessauslegung
- Vertiefung des Verständnisses der globalen und lokalen Ergebnisgrößen
- Verbesserung des Prozessverständnisses
- etc.

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

- durch Vergleiche mit analytischen Lösungen (für einfachste Anwendungen)
- durch geeignete interne Datenprotokollierung
- durch Verknüpfung mit Tabellenkalkulationsprogrammen und ähnlichen Hilfsprogrammen
- etc.

B) Softwareanwender (User)

- Erhöhung der Akzeptanz der Simulation als Hilfsmittel zur Prozessauslegung
- Vertiefung des Verständnisses der globalen und lokalen Ergebnisgrößen
- Verbesserung des Prozessverständnisses
- etc.

- durch Vergleich globaler Ergebnisgrößen mit entsprechenden Messgrößen

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

- durch Vergleiche mit analytischen Lösungen (für einfachste Anwendungen)
- durch geeignete interne Datenprotokollierung
- durch Verknüpfung mit Tabellenkalkulationsprogrammen und ähnlichen Hilfsprogrammen
- etc.

B) Softwareanwender (User)

- Erhöhung der Akzeptanz der Simulation als Hilfsmittel zur Prozessauslegung
- Vertiefung des Verständnisses der globalen und lokalen Ergebnisgrößen
- Verbesserung des Prozessverständnisses
- etc.

- durch Vergleich globaler Ergebnisgrößen mit entsprechenden Messgrößen
- durch Überprüfung der Volumenkonstanz bzw. Volumenschwankung

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

- durch Vergleiche mit analytischen Lösungen (für einfachste Anwendungen)
- durch geeignete interne Datenprotokollierung
- durch Verknüpfung mit Tabellenkalkulationsprogrammen und ähnlichen Hilfsprogrammen
- etc.

B) Softwareanwender (User)

- Erhöhung der Akzeptanz der Simulation als Hilfsmittel zur Prozessauslegung
 - Vertiefung des Verständnisses der globalen und lokalen Ergebnisgrößen
 - Verbesserung des Prozessverständnisses
 - etc.

 - durch Vergleich globaler Ergebnisgrößen mit entsprechenden Messgrößen
 - durch Überprüfung der Volumenkonstanz bzw. Volumenschwankung
- durch**

Vergleiche mit vermessenen Bauteilen

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Validierung: Durch wen? Warum? Wie?

A) Softwareentwickler (Developer)

- zur Überprüfung der korrekten softwaretechnischen Umsetzung der Basisalgorithmen
- zur Überprüfung des internen Datenmanagements
- zur Überprüfung neuer Ansätze für z.B. Materialbeschreibung, Reibung, Schädigung
- etc.

- durch Vergleiche mit analytischen Lösungen (für einfachste Anwendungen)
- durch geeignete interne Datenprotokollierung
- durch Verknüpfung mit Tabellenkalkulationsprogrammen und ähnlichen Hilfsprogrammen
- etc.

B) Softwareanwender (User)

- Erhöhung der Akzeptanz der Simulation als Hilfsmittel zur Prozessauslegung
- Vertiefung des Verständnisses der globalen und lokalen Ergebnisgrößen
- Verbesserung des Prozessverständnisses
- etc.

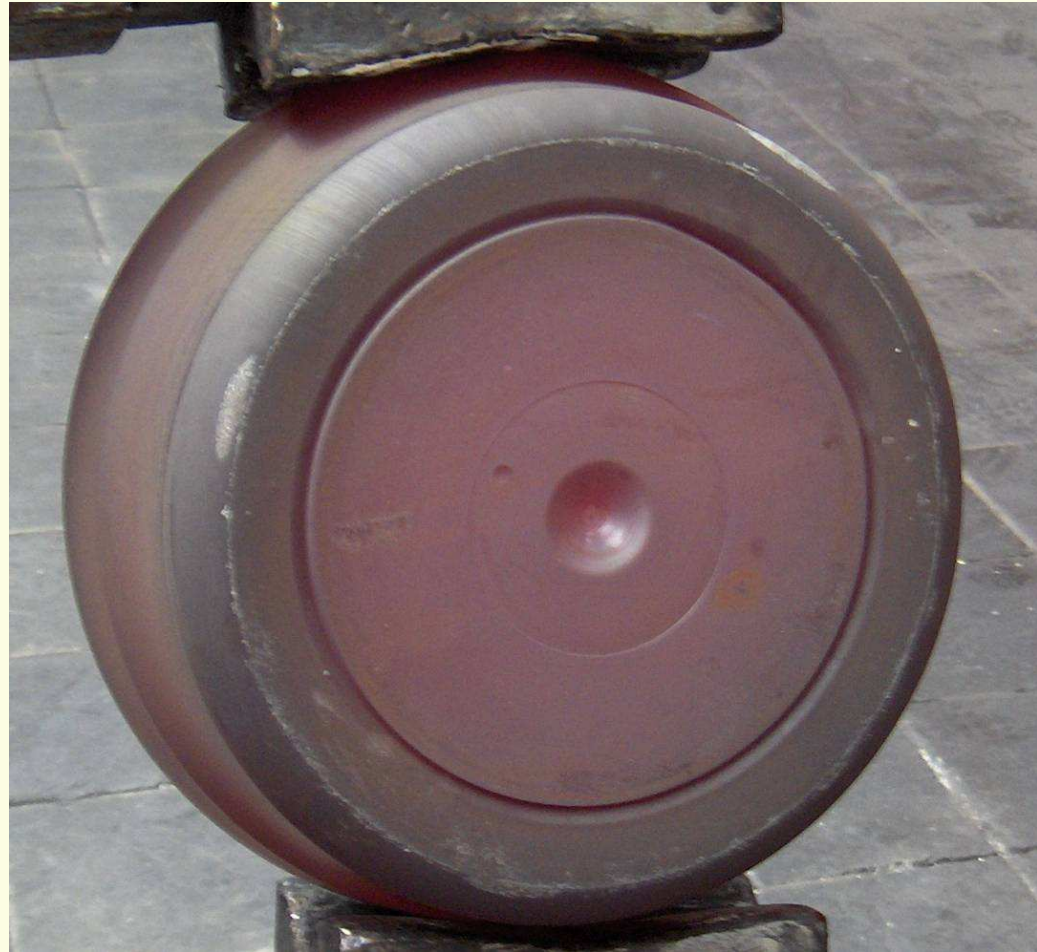
- durch Vergleich globaler Ergebnisgrößen mit entsprechenden Messgrößen
- durch Überprüfung der Volumenkonstanz bzw. Volumenschwankung

Vergleiche mit vermessenen Bauteilen

- **durch Vergleiche mit lokalen Erscheinungen wie z.B. Falten, Markierungen**
- etc.

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte

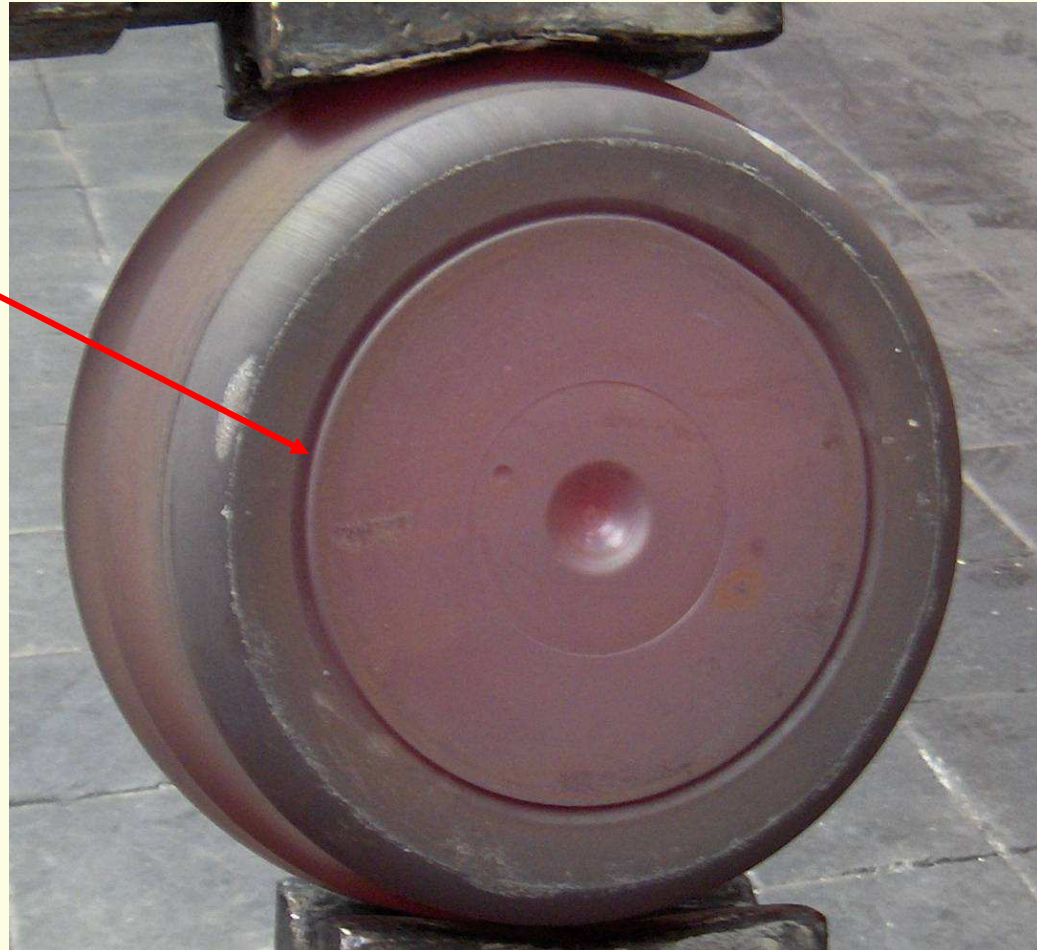


(c) Dr. Michael Twickler - 12. Workshop Simulation in der Umformtechnik - 26./27. März 2009 -
Technische Universität Dortmund

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte

Problem:
Umlaufende Kerbe (Falte) an der Unterseite der Scheibe nach der zweiten Umformoperation.

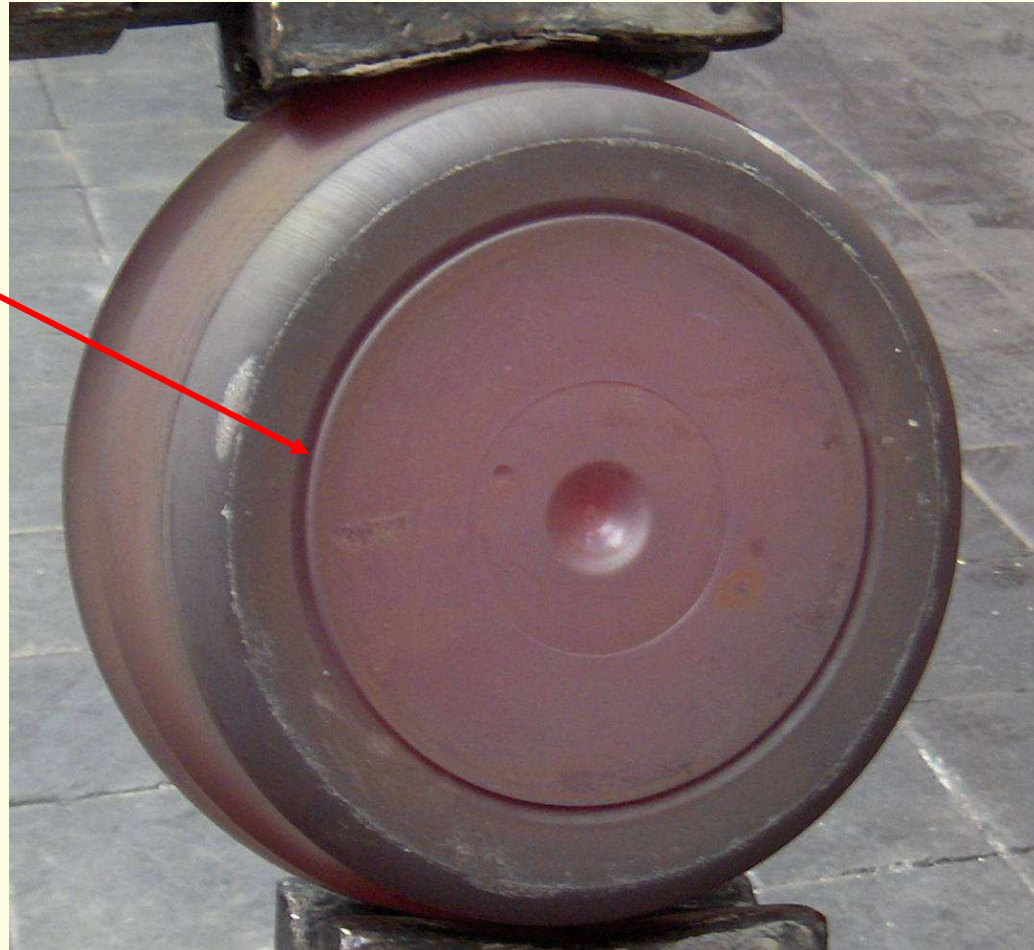


Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte

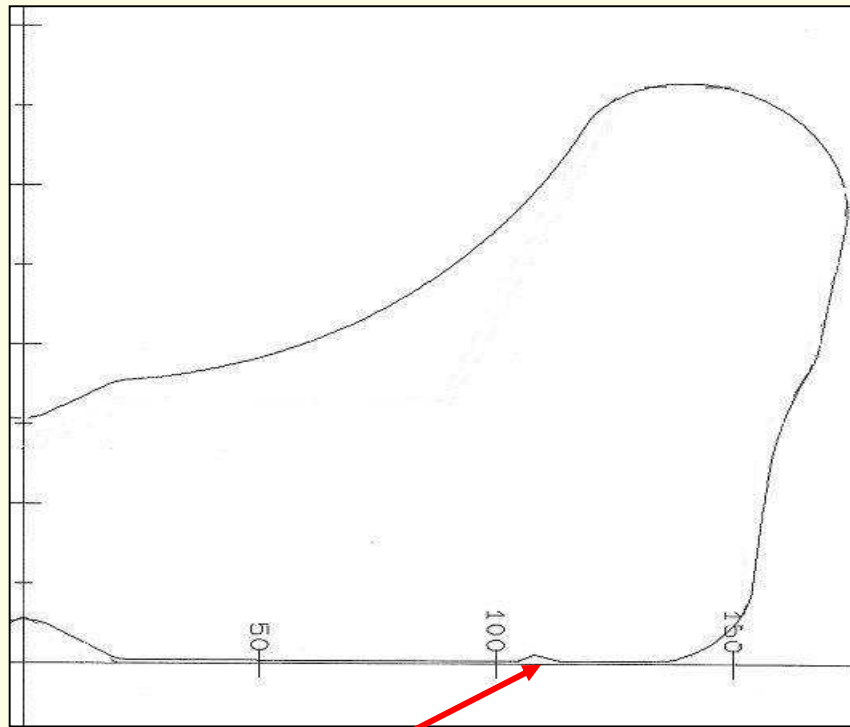
Problem:
Umlaufende Kerbe (Falte) an der Unterseite der Scheibe nach der zweiten Umformoperation.

Fragestellung:
Zeigt die Simulation den gleichen Schmiedefehler um dann darauf aufbauend eine Prozessoptimierung anzugehen?



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

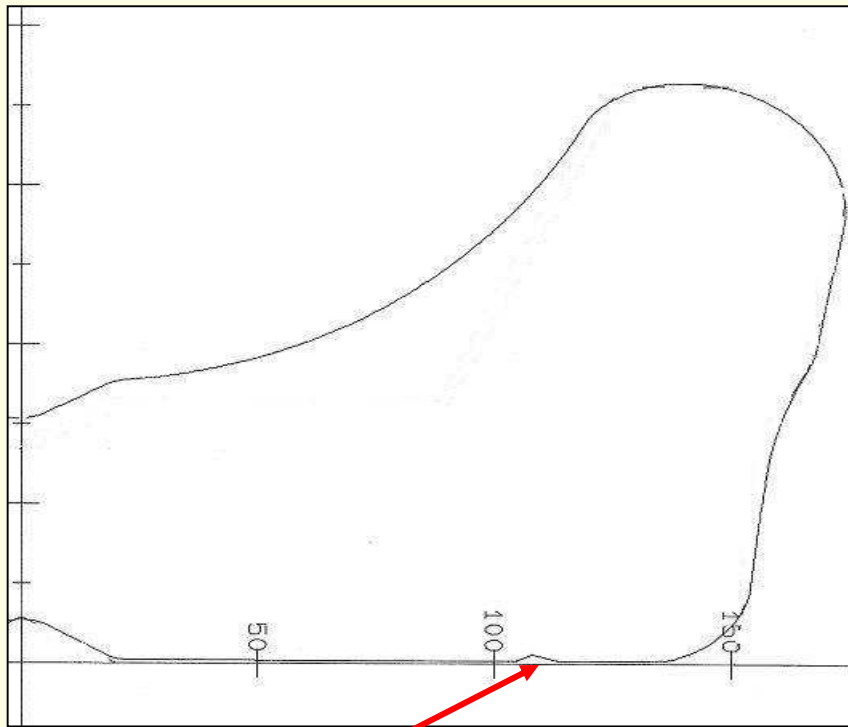
Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte



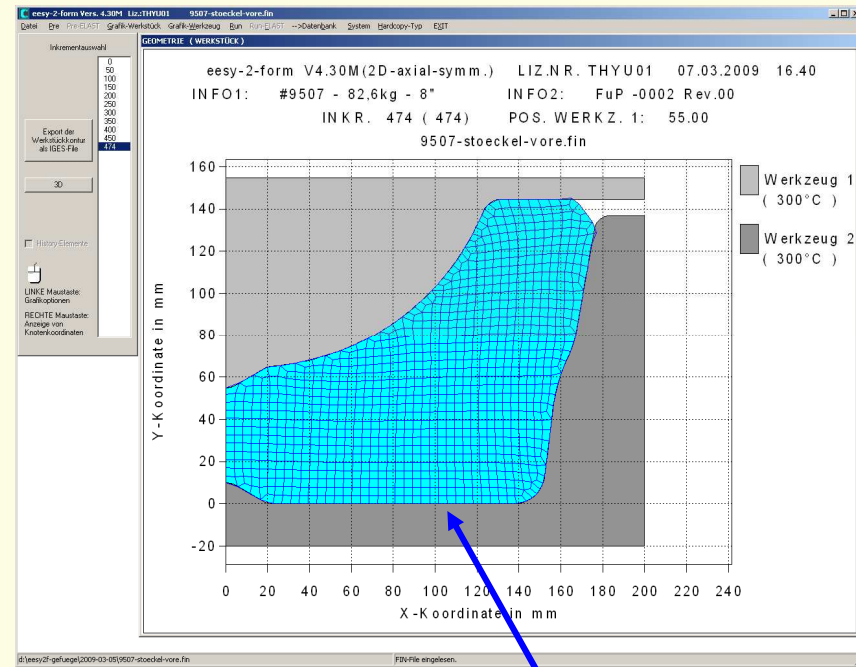
Vermessenes Profil mit umlaufender Kerbe (Falte)

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte



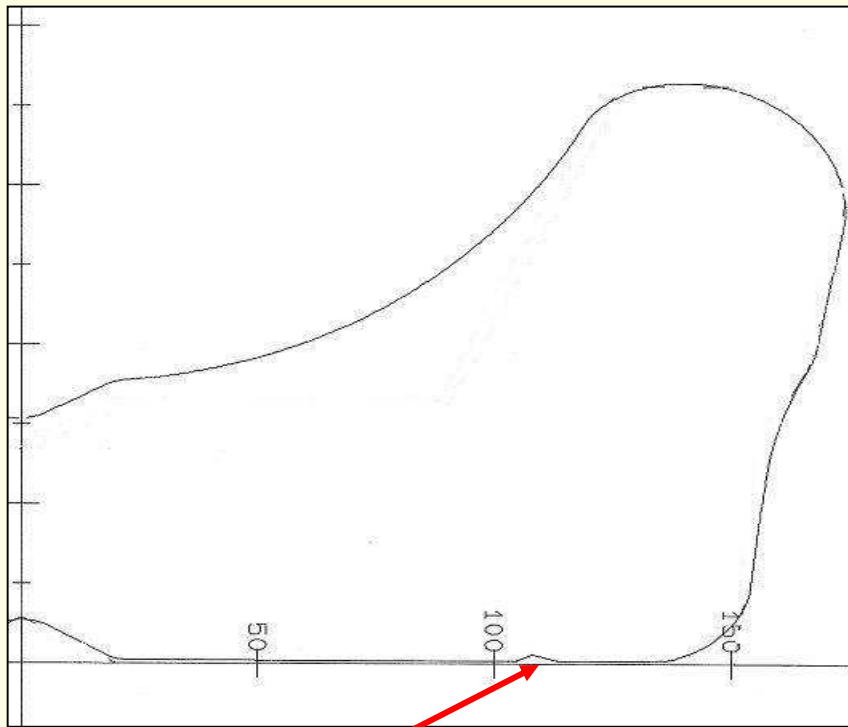
Vermessenes Profil **mit** umlaufender Kerbe (Falte)



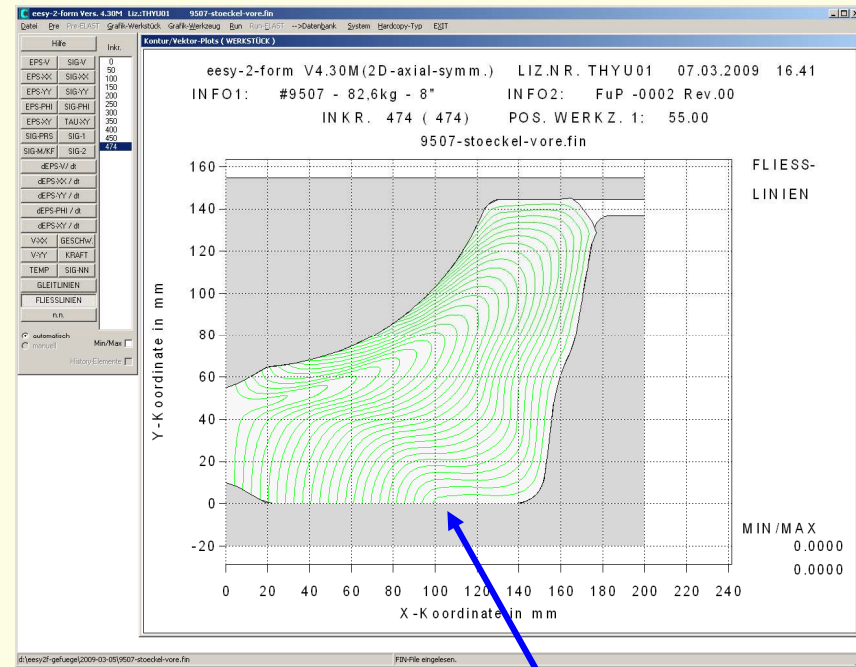
Simulationsergebnis (Geometrie) **ohne** umlaufende Kerbe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte



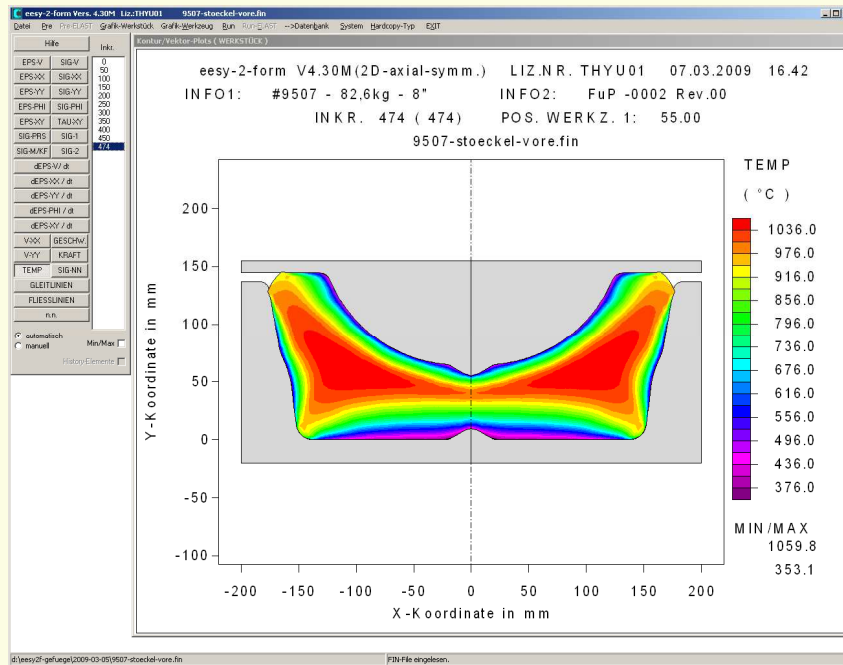
Vermessenes Profil **mit** umlaufender Kerbe (Falte)



Simulationsergebnis (Fließlinien) **ohne** umlaufende Kerbe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte



Temperaturverteilung mit deutlich abgesenkten Temperaturen an der Unterseite (< 500°C)

Materialdaten Definition

MATERIAL: 2.4668, Inconel 718, 950-1070 [°C], 0.1-10 [1/sec], D0=ASTM 6 (c)
(max. 80 Char.)

Auswahl einer Fließkurvenbeschreibung Hensel-Spittel

Tabellarische Definition von PHI / KF

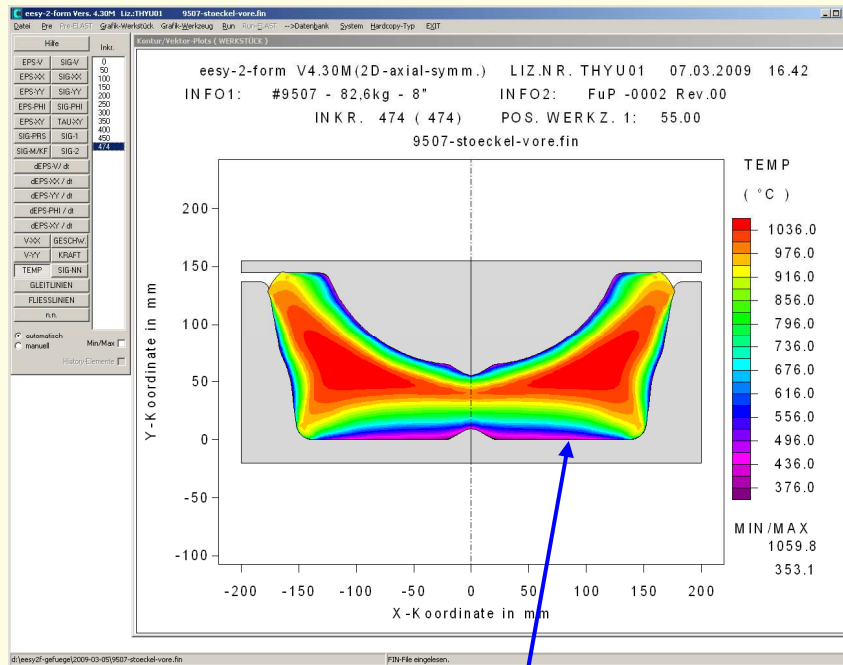
PHIPKT	0.100	1.00	10.0	0.00	0.00
Anzahl Temperaturen	4	5	4	0	0
Temp. 1:	950.00	950.00	950.00		
Temp. 2:	980.00	980.00	980.00		
Temp. 3:	1010.00	1010.00	1010.00		
Temp. 4:	1070.00	1040.00	1040.00		
Temp. 5:		1070.00			
Temp. 6:					

Cancel OK

Verwendete Fließkurven **ohne** den tieferen Temperaturbereich, **niedrigste Temperatur: 950°C**

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte



Temperaturverteilung mit deutlich abgesenkten Temperaturen an der Unterseite (< 500°C)

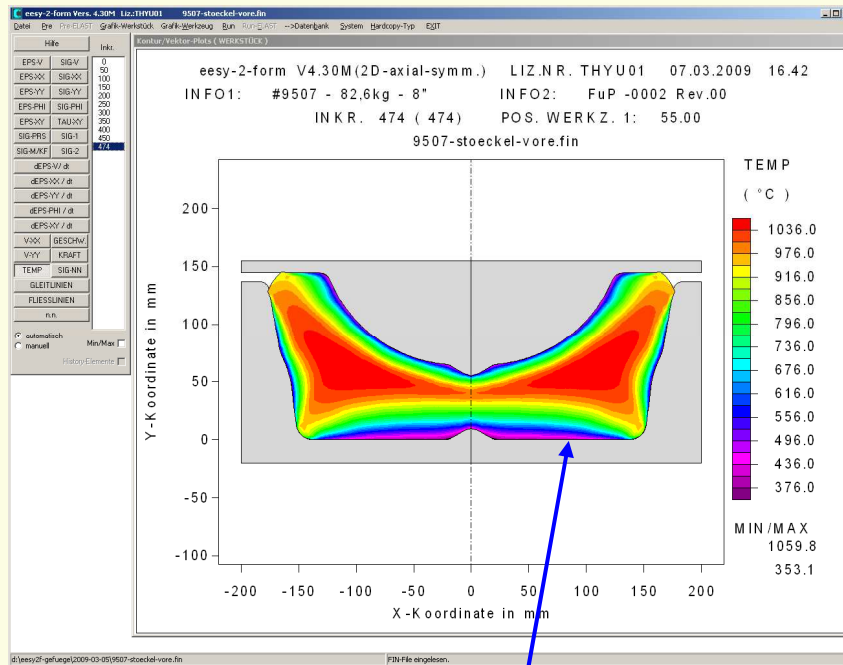
The screenshot shows the 'Materialdaten Definition' dialog box. The 'MATERIAL:' field is set to '2.4668, Inconel 718, 950-1070 [°C], 0.1-10 [1/sec], D0=ASTM 6 (c)'. The 'Auswahl einer Fließkurvenbeschreibung' dropdown is set to 'Hensel-Spittel'. The 'Tabellarische Definition von PHI / KF' section is active, showing a table of flow curve data points.

PHIPKT	0.100	1.00	10.0	0.00	0.00
Temp. 1:	950.00	950.00	950.00		
Temp. 2:	980.00	980.00	980.00		
Temp. 3:	1010.00	1010.00	1010.00		
Temp. 4:	1070.00	1040.00	1040.00		
Temp. 5:		1070.00			
Temp. 6:					

Verwendete Fließkurven **ohne** den tieferen Temperaturbereich, **niedrigste Temperatur: 950°C**

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte



Temperaturverteilung mit deutlich abgesenkten Temperaturen an der Unterseite (< 500°C)

Materialdaten Definition

MATERIAL: 2.4668, Inconel 718, 950-1070 [°C], 0.1-10 [1/sec], D0=ASTM 6 (c)

Auswahl einer Fließkurvenbeschreibung: Hensel-Spittel

Tabellarische Definition von PHI / KF

PHIPKT	0.100	1.00	10.0	0.00	0.00
Anzahl Temperaturen	4	5	4	0	0
Temp. 1:	950.00	950.00	950.00		
Temp. 2:	980.00	980.00	980.00		
Temp. 3:	1010.00	1010.00	1010.00		
Temp. 4:	1070.00	1040.00	1040.00		
Temp. 5:		1070.00			
Temp. 6:					

Cancel OK

Verwendete Fließkurven ohne den tieferen Temperaturbereich, niedrigste Temperatur: 950°C

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte

Materialdaten Definition

MATERIAL: INCO 718 erweitert um tiefere Temperaturen (max. 80 Char.)

Auswahl einer Fließkurvenbeschreibung Hensel-Spittel

0.00000	0.00000
0.00000	0.00000
0.00000	0.00000
0.00000	0.00000

Tabellarische Definition von PHI / KF

PHIPKT	0.100	1.00	10.0	0.00	0.00
Anzahl Temperaturen	10	5	5	0	0
Temp. 1:	316.00	900.00	900.00		
Temp. 2:	472.00	950.00	950.00		
Temp. 3:	538.00	1000.00	1000.00		
Temp. 4:	650.00	1100.00	1100.00		
Temp. 5:	760.00	1150.00	1150.00		
Temp. 6:	900.00				

Cancel OK

Fließkurvenbeschreibung **erweitert** um **tiefere Temperaturbereich**

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte

Materialdaten Definition

MATERIAL: INCO 718 erweitert um tiefere Temperaturen (max. 80 Char.)

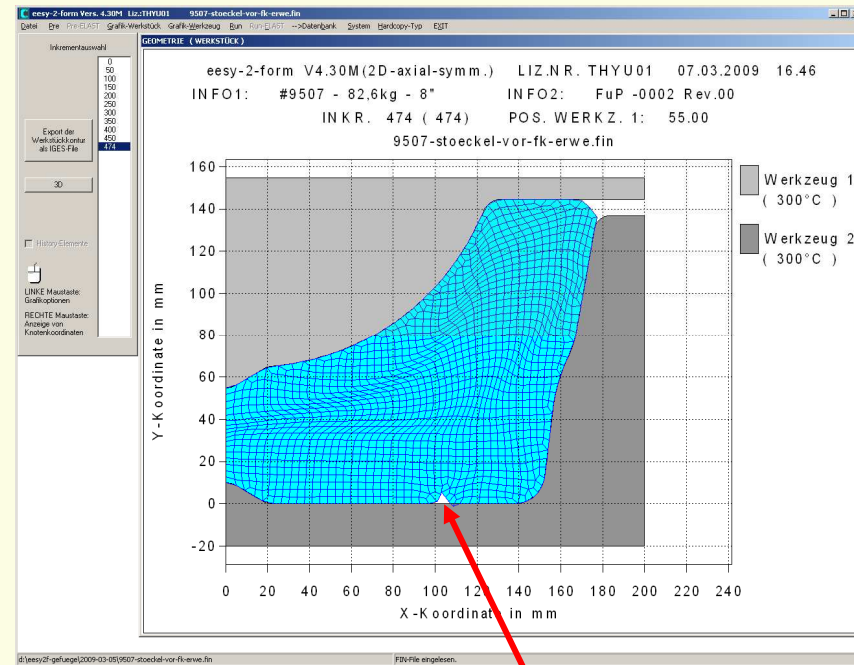
Auswahl einer Fließkurvenbeschreibung Hensel-Spittel

Tabellarische Definition von PHI / KF

PHIPKT	0.100	1.00	10.0	0.00	0.00
Anzahl	10	5	5	0	0
Temperaturn					
Temp. 1:	316.00	900.00	900.00		
Temp. 2:	472.00	950.00	950.00		
Temp. 3:	538.00	1000.00	1000.00		
Temp. 4:	650.00	1100.00	1100.00		
Temp. 5:	760.00	1150.00	1150.00		
Temp. 6:	900.00				

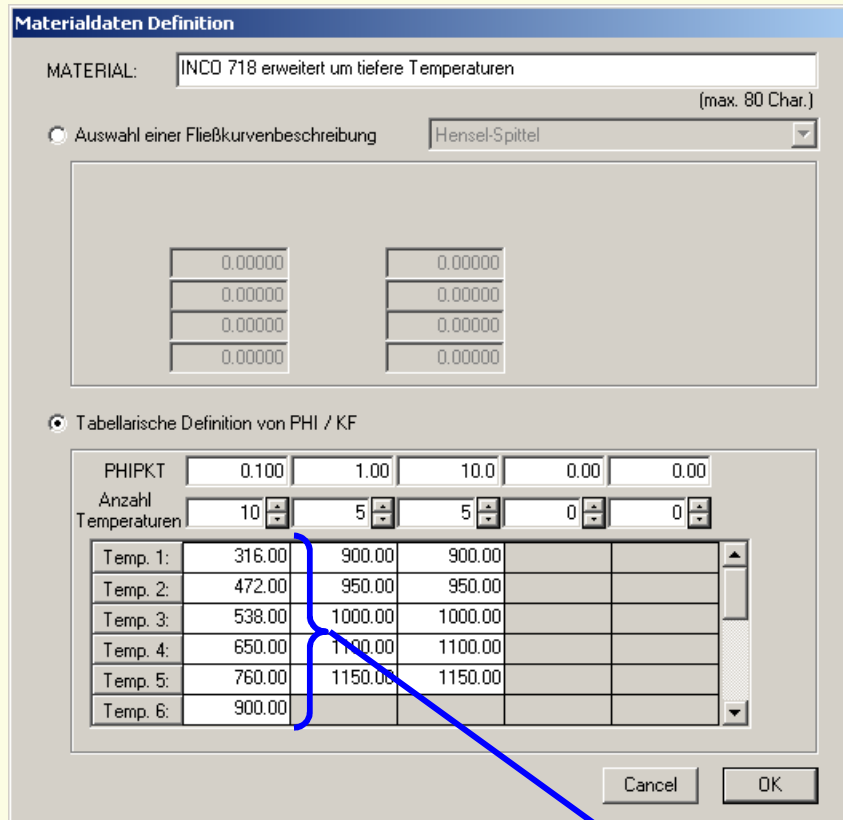
Cancel OK

Fließkurvenbeschreibung **erweitert** um **tiefere** Temperaturbereich

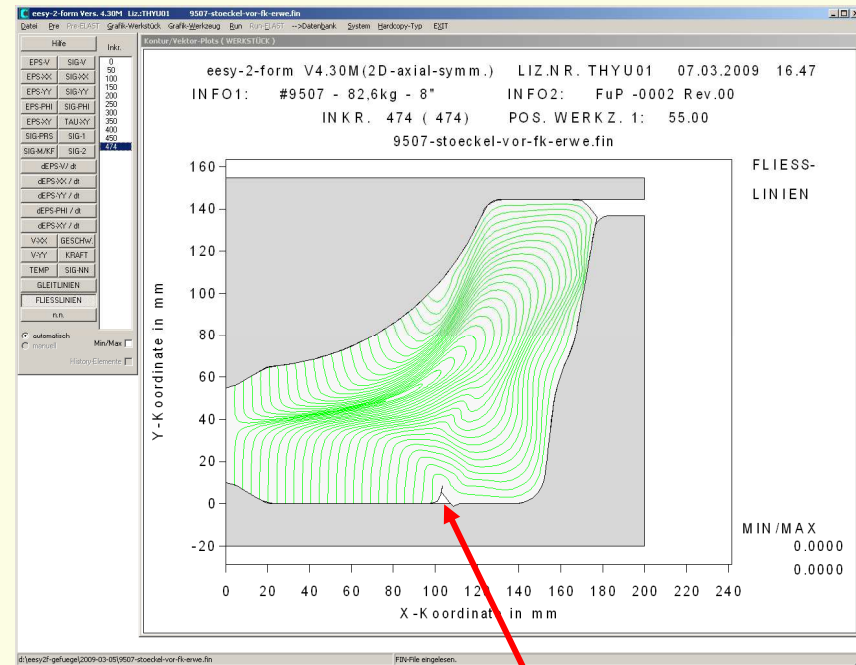


Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte



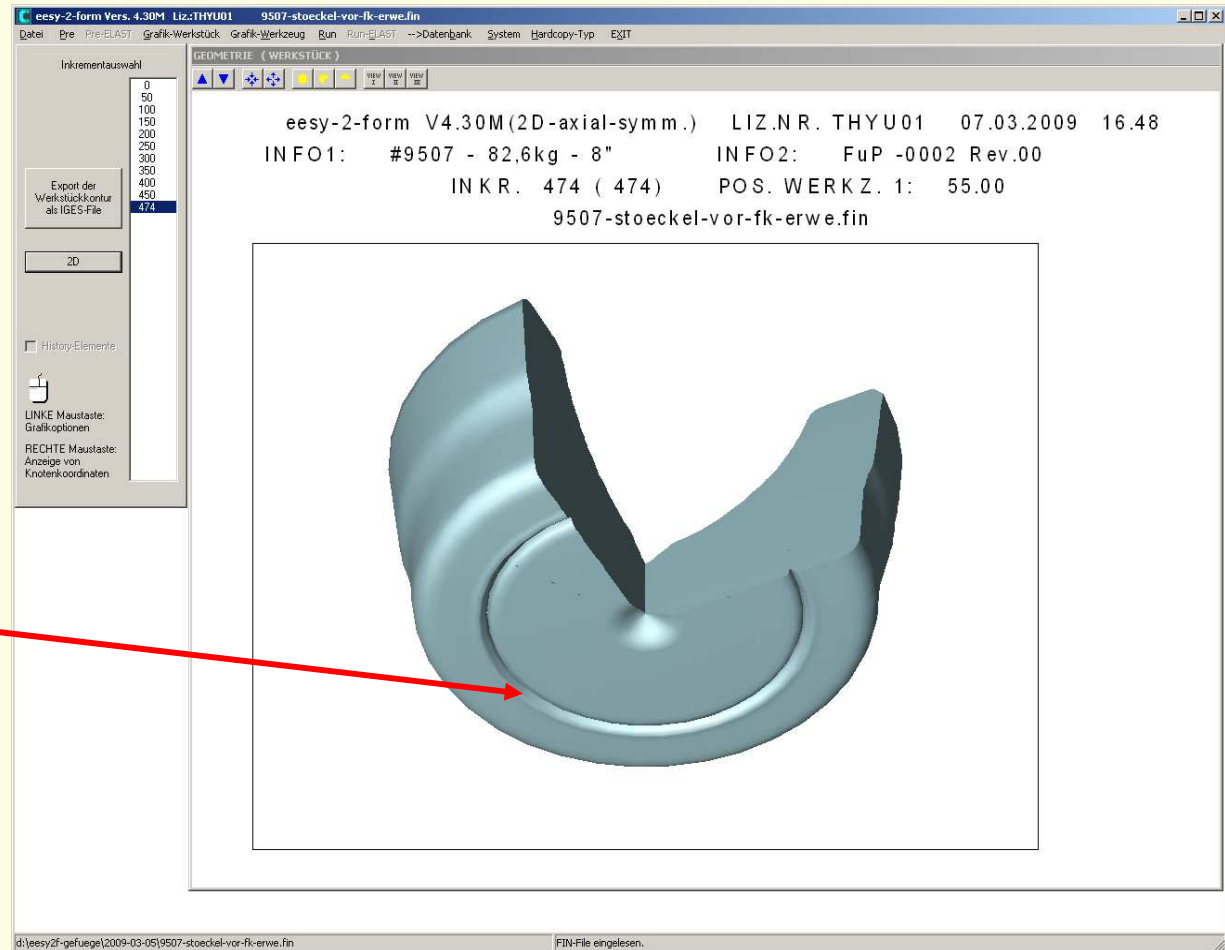
Fließkurvenbeschreibung **erweitert** um **tiefere Temperaturbereich**



Simulationsergebnis (Fließlinien) **mit** umlaufender Kerbe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

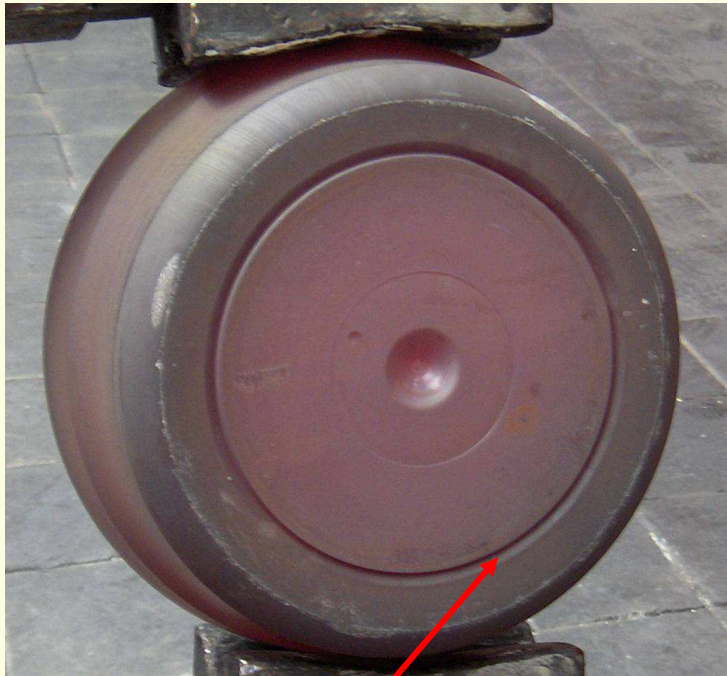
Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte



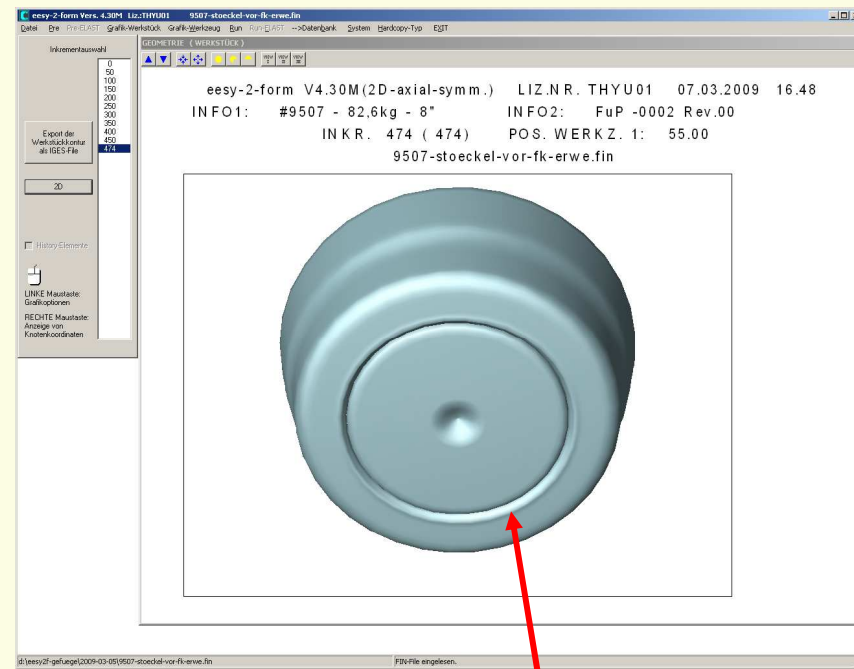
Simulationsergebnis (Geometrie)
mit umlaufender Kerbe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte



Geschmiedete Scheibe mit umlaufender Kerbe



Simulationsergebnis (Geometrie) mit umlaufender Kerbe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 1: Scheibe aus Inconel 718 mit umlaufender Falte

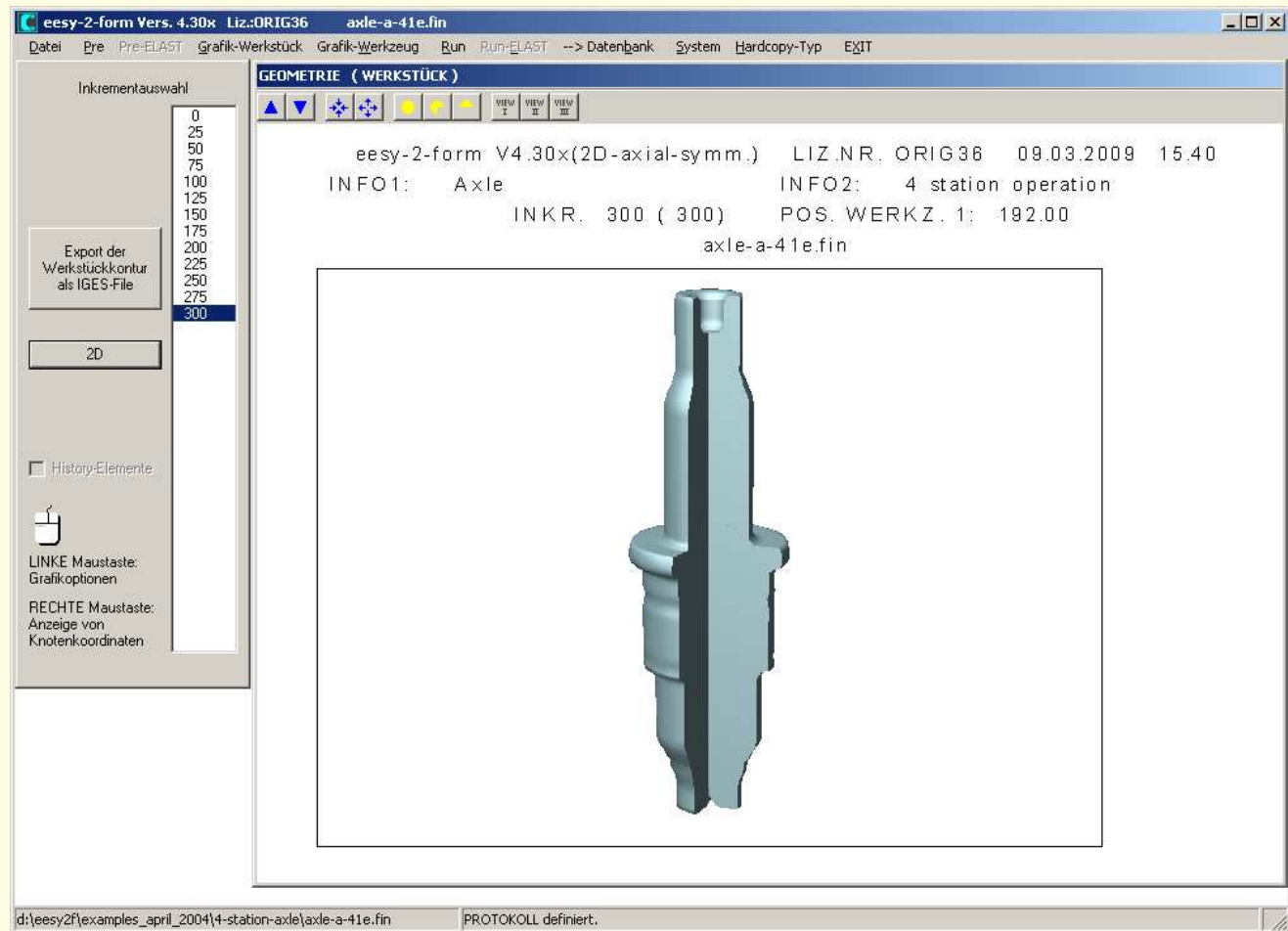
Fazit:

Die Umformsimulation ist sensibel genug, um auf die unzureichende Materialbeschreibung zu reagieren.

Bei korrigierter/erweiterter Materialbeschreibung wird die Größe und die Position der Falte in sehr guter Übereinstimmung mit der realen Schmiedung vorhergesagt.

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

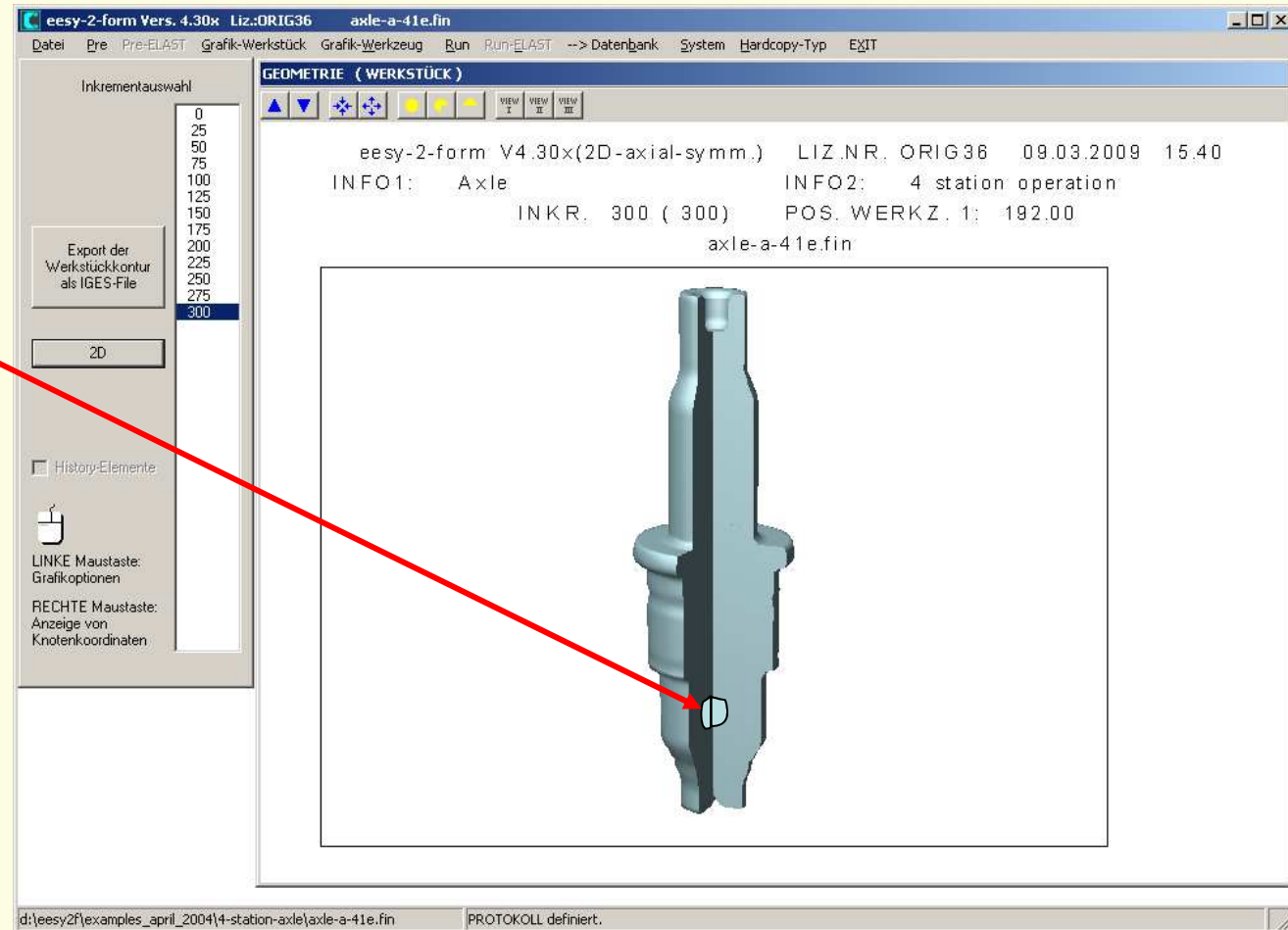
Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)

Problem:
Härtemessung ergab einen daumen-nagel großen Bereich unzureichender Härte im unteren Bereich.

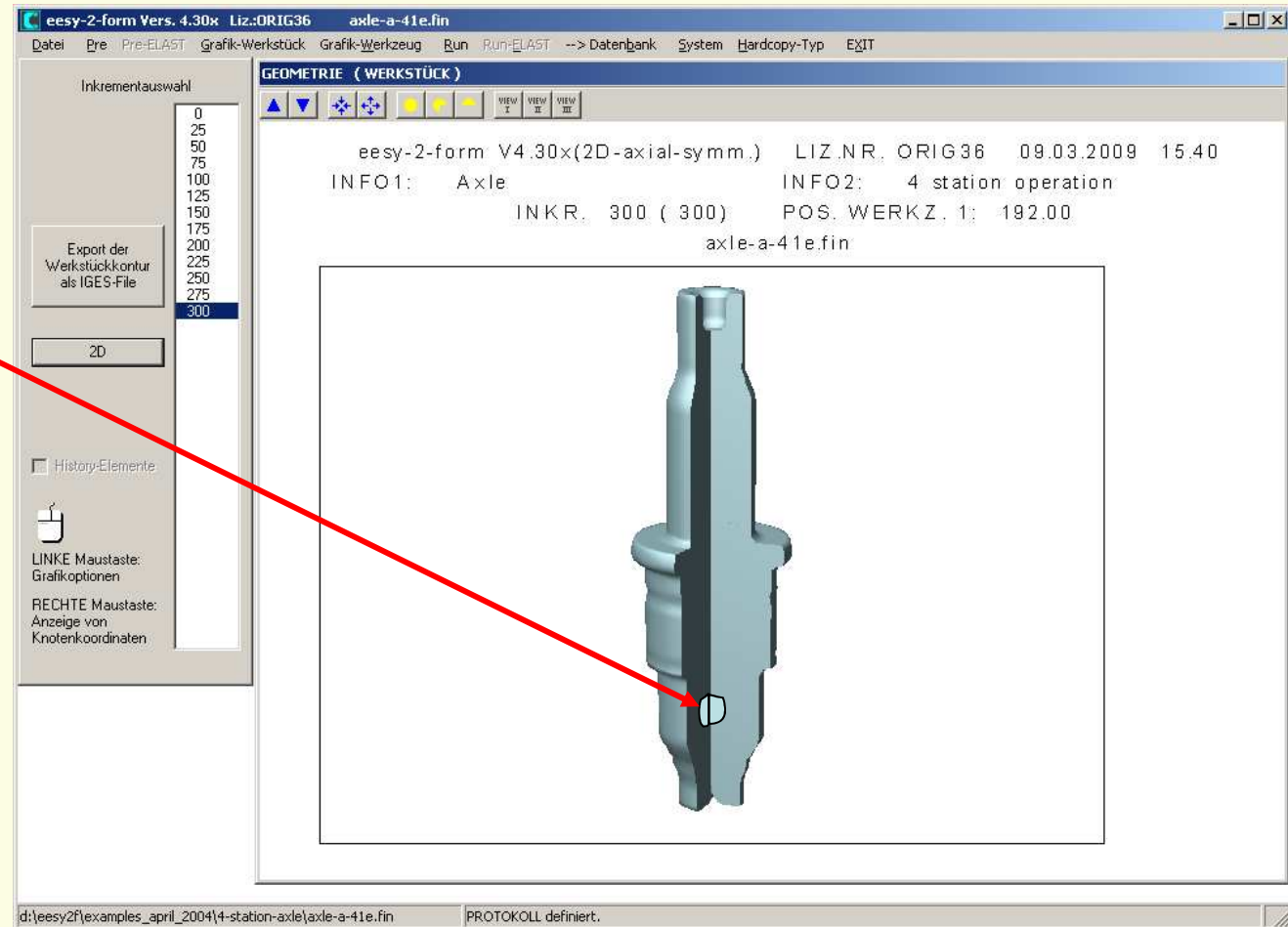


Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)

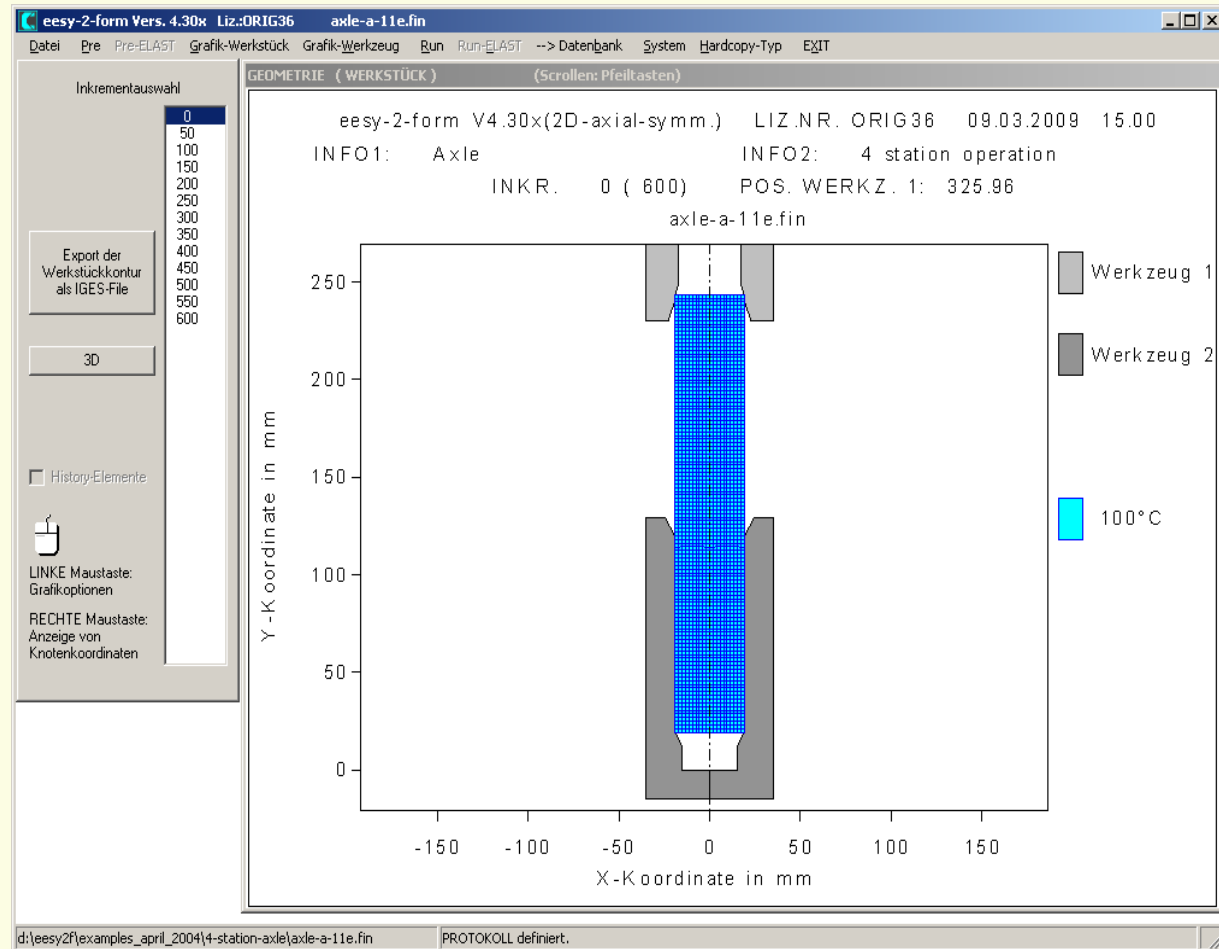
Problem:
Härtemessung ergab einen daumen-nagel großen Bereich unzureichender Härte im unteren Bereich.

Fragestellung:
Periodische Fehlstellen im Ausgangsdraht oder auslegungsbedingter Mangel an plastischer Verformung und damit zu geringe Härte nach der Wärmebehandlung?



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

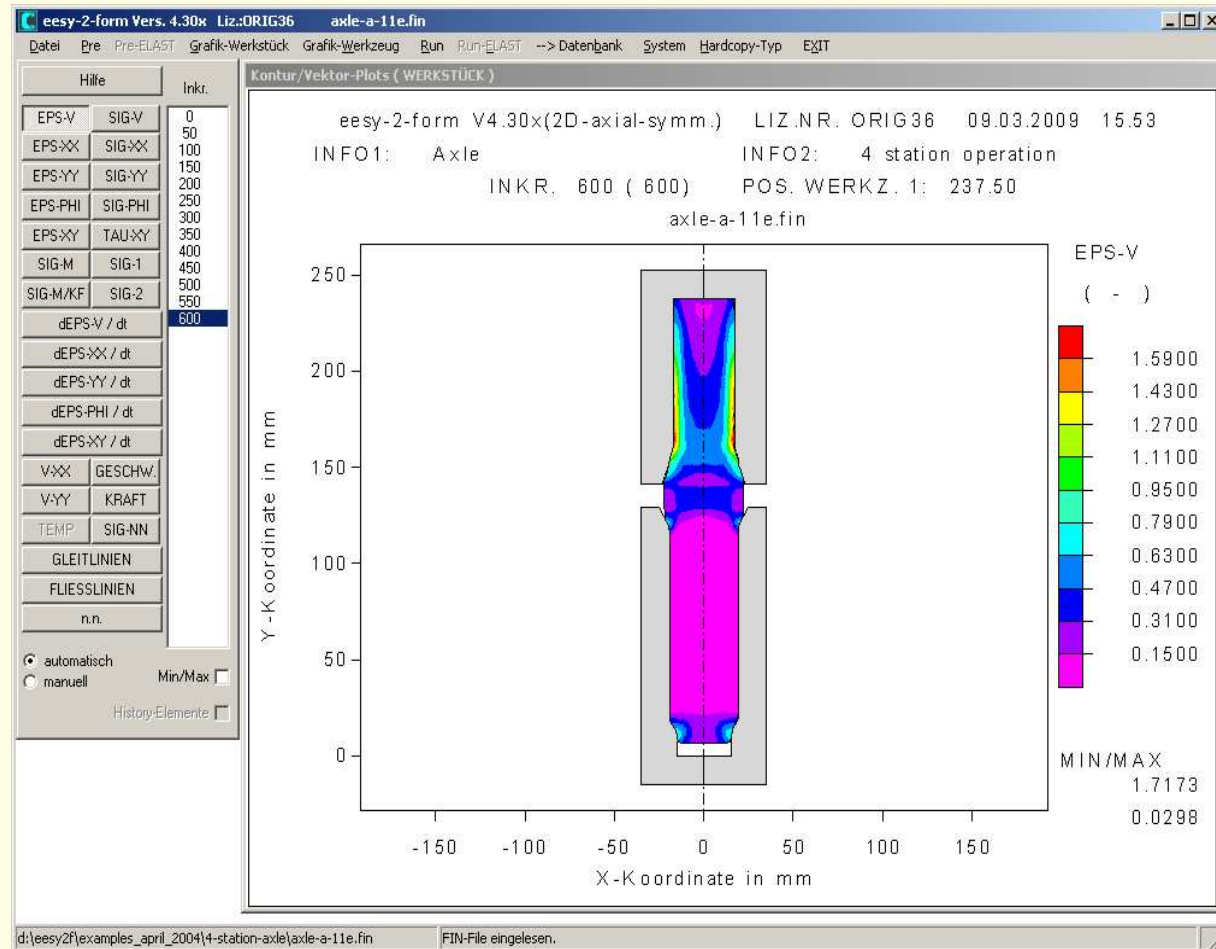
Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)



Ausgangsgeometrie
1. Umformstufe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)



Umformgradverteilung nach 1. Umformstufe

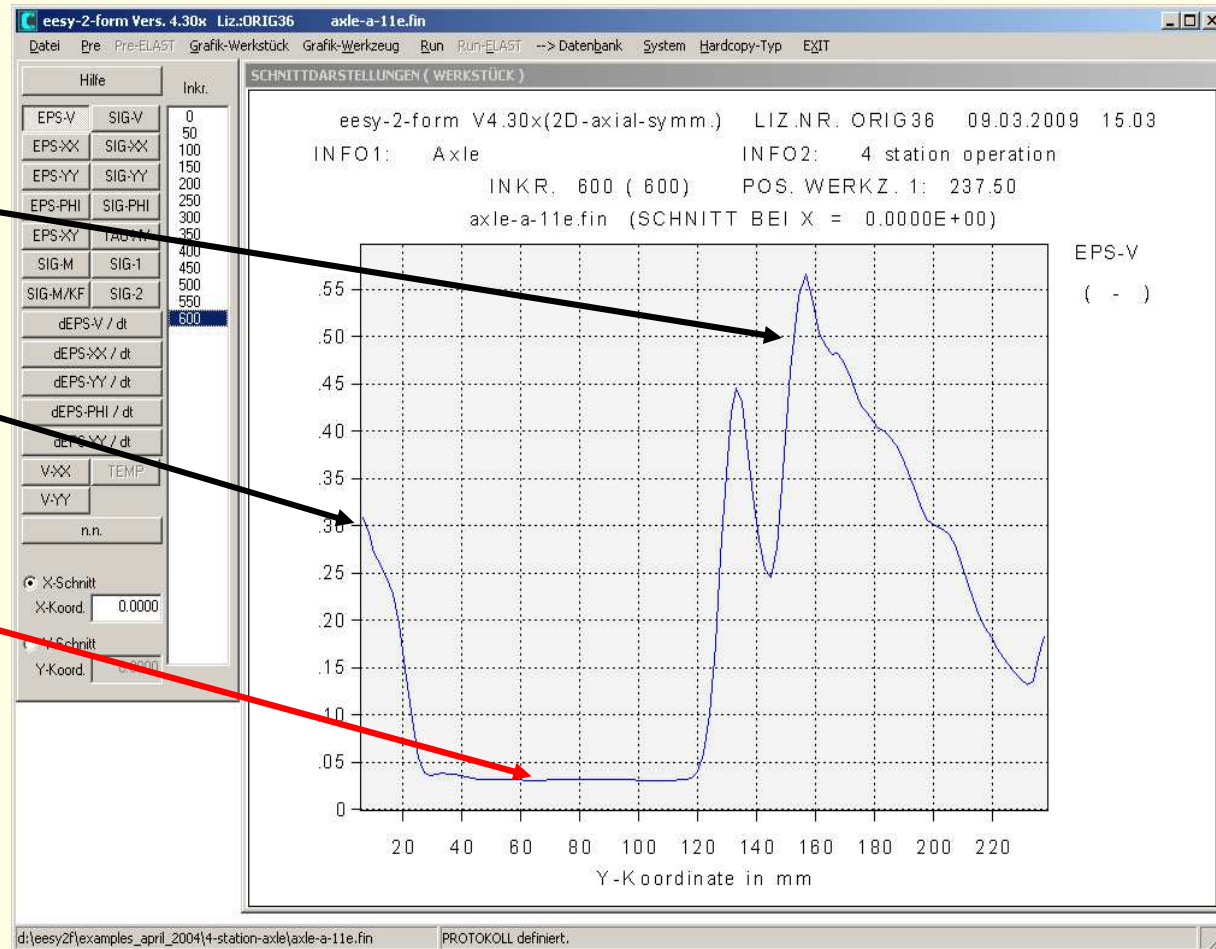
Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)

Verformung und damit Verfestigung durch Rückwärtsreduzieren in den Stempel und durch Einförmung der Zentrierung.

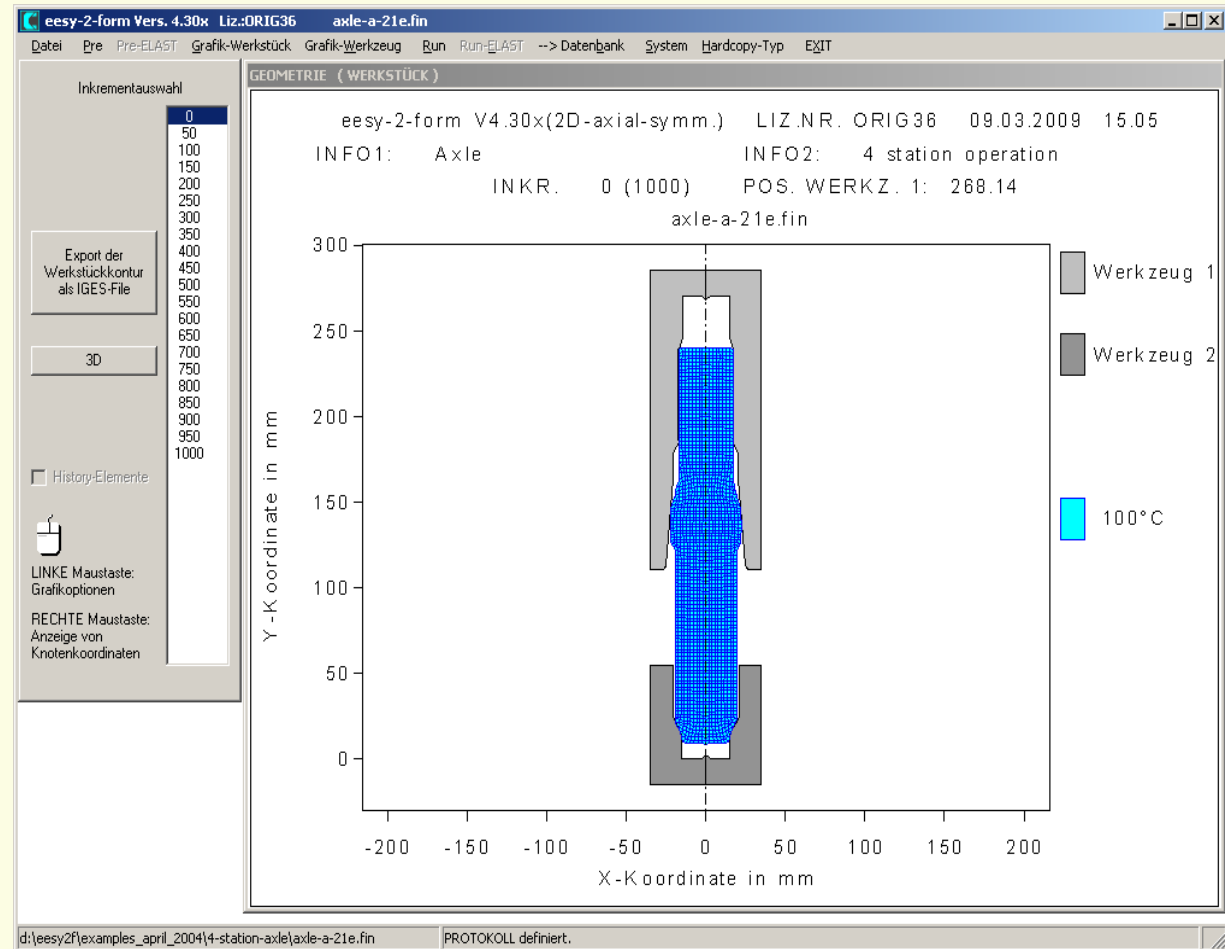
Keine nennenswerte Verformung im unteren Schaftbereich.

Umformgradverteilung auf der Mittelachse nach 1. Umformstufe



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

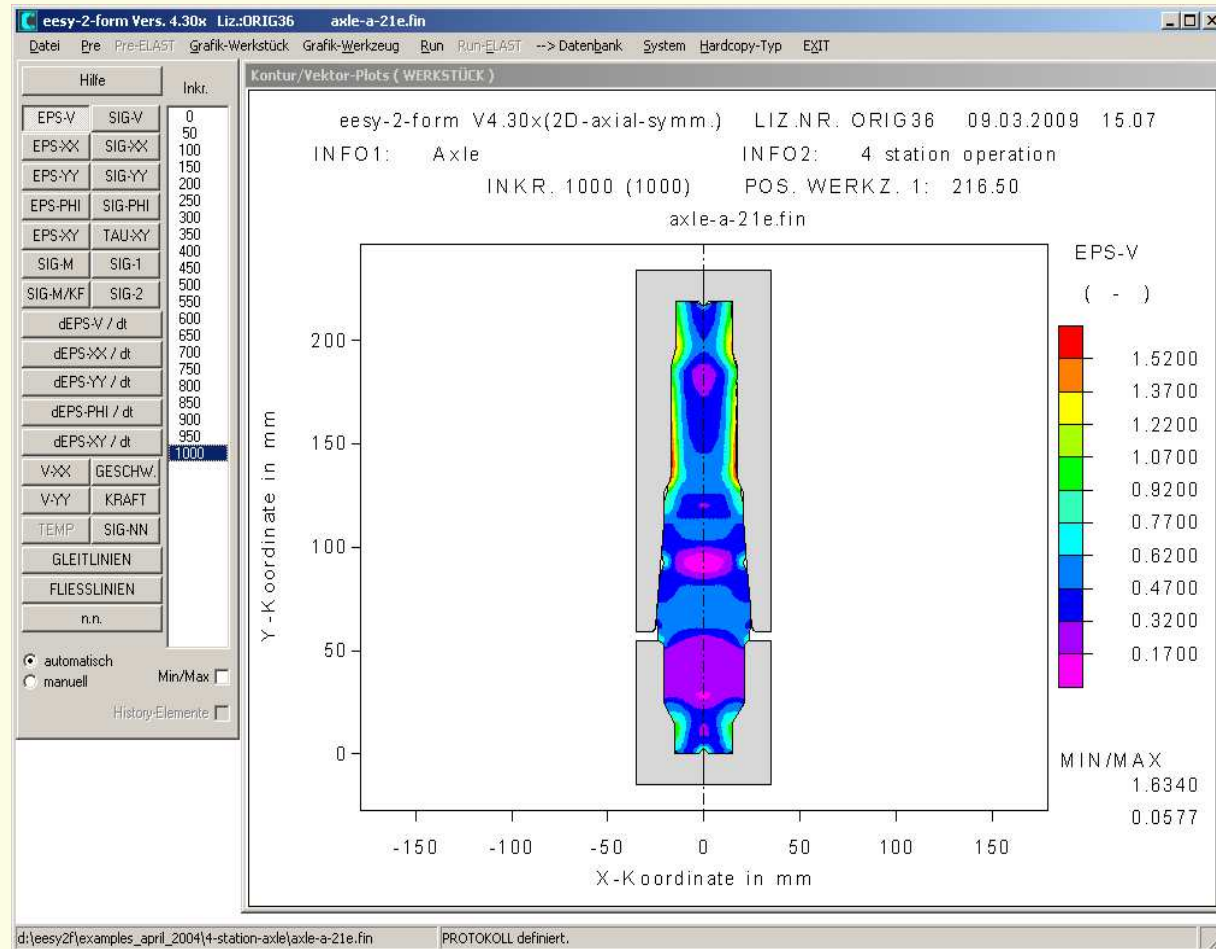
Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)



Ausgangsgeometrie
2. Umformstufe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)



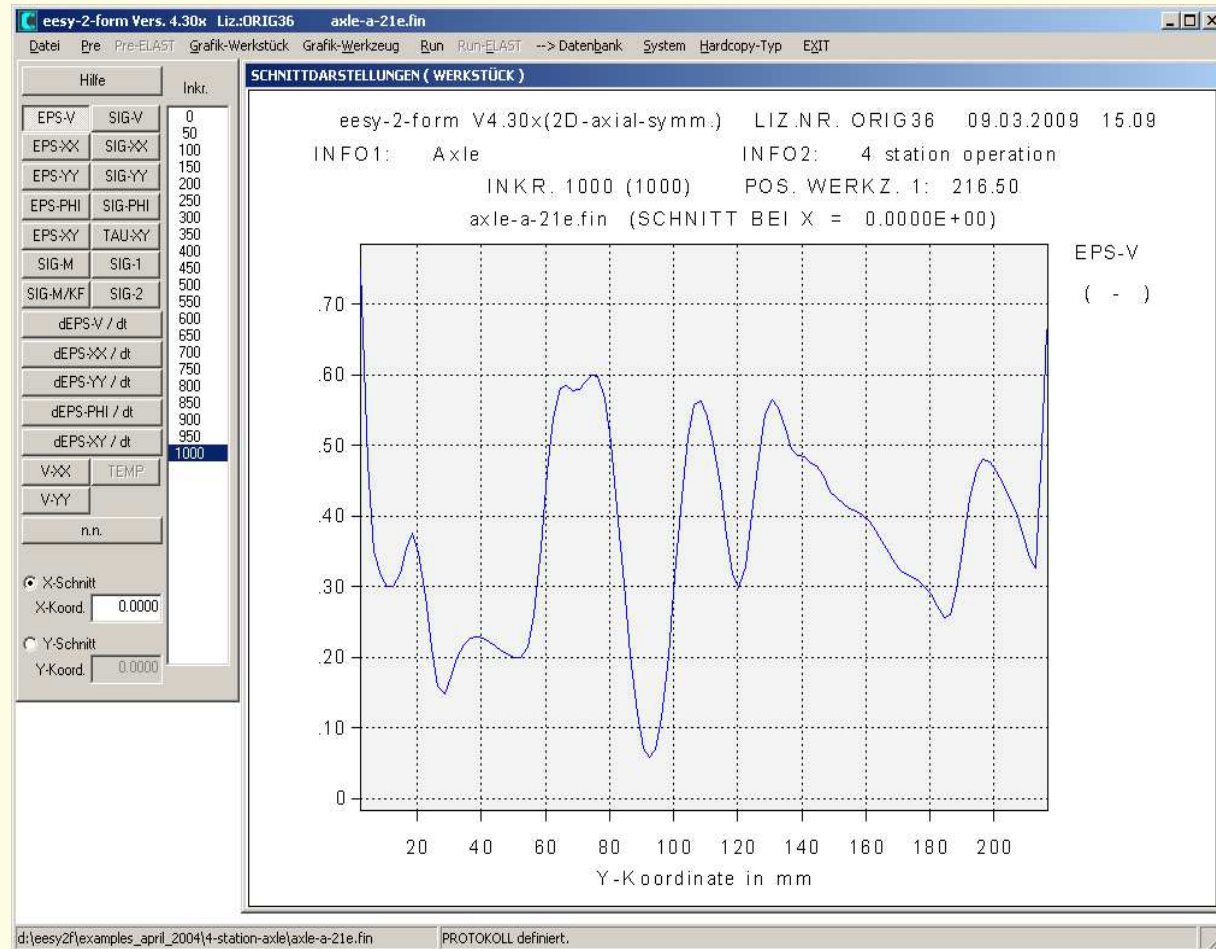
Umformgradverteilung nach 2. Umformstufe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)

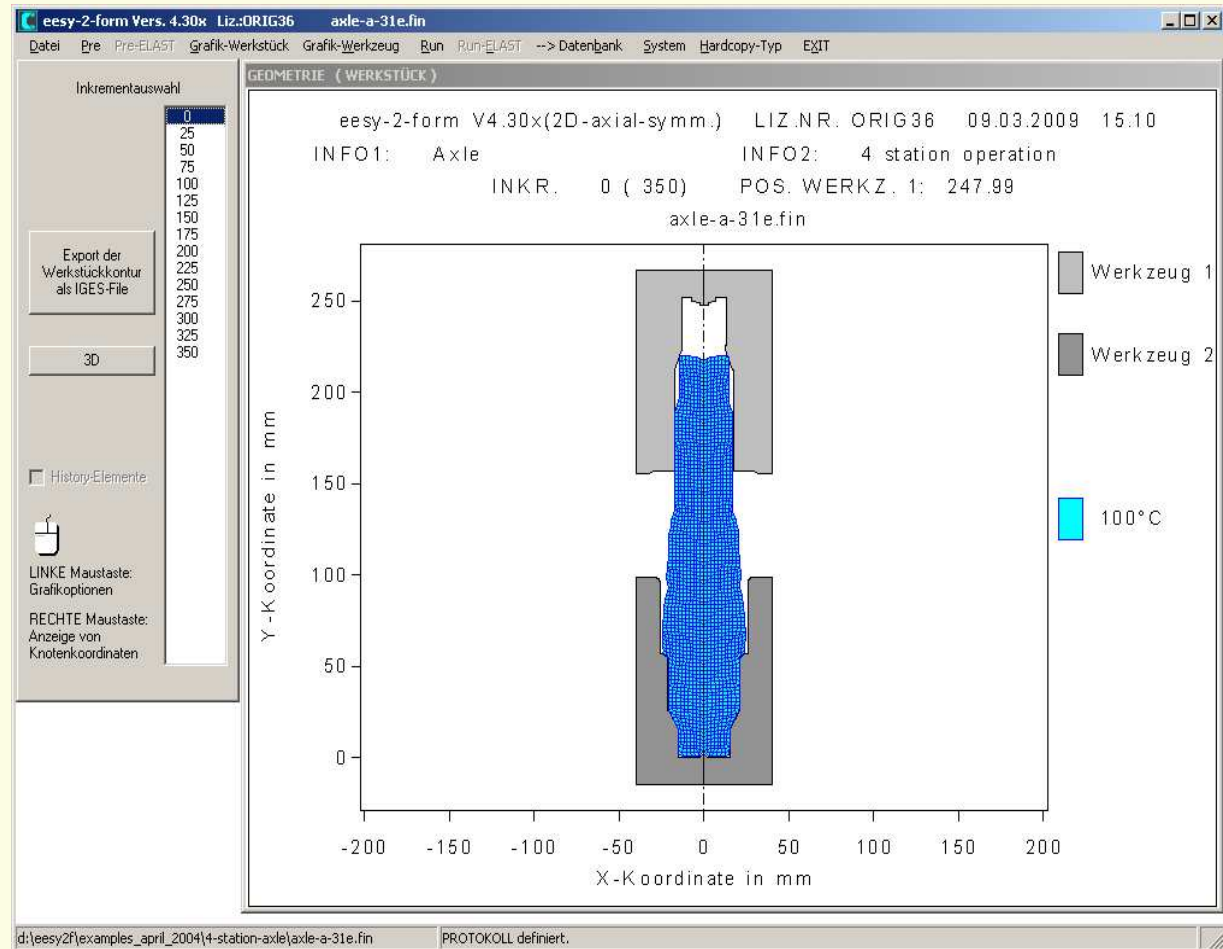
Generelle leichte Anhebung des Verformungsniveaus durch weiteres Reduzieren in den Stempel und leichtes Aufstauchen im unteren Bereich.

Umformgradverteilung auf der Mittelachse nach 2. Umformstufe



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

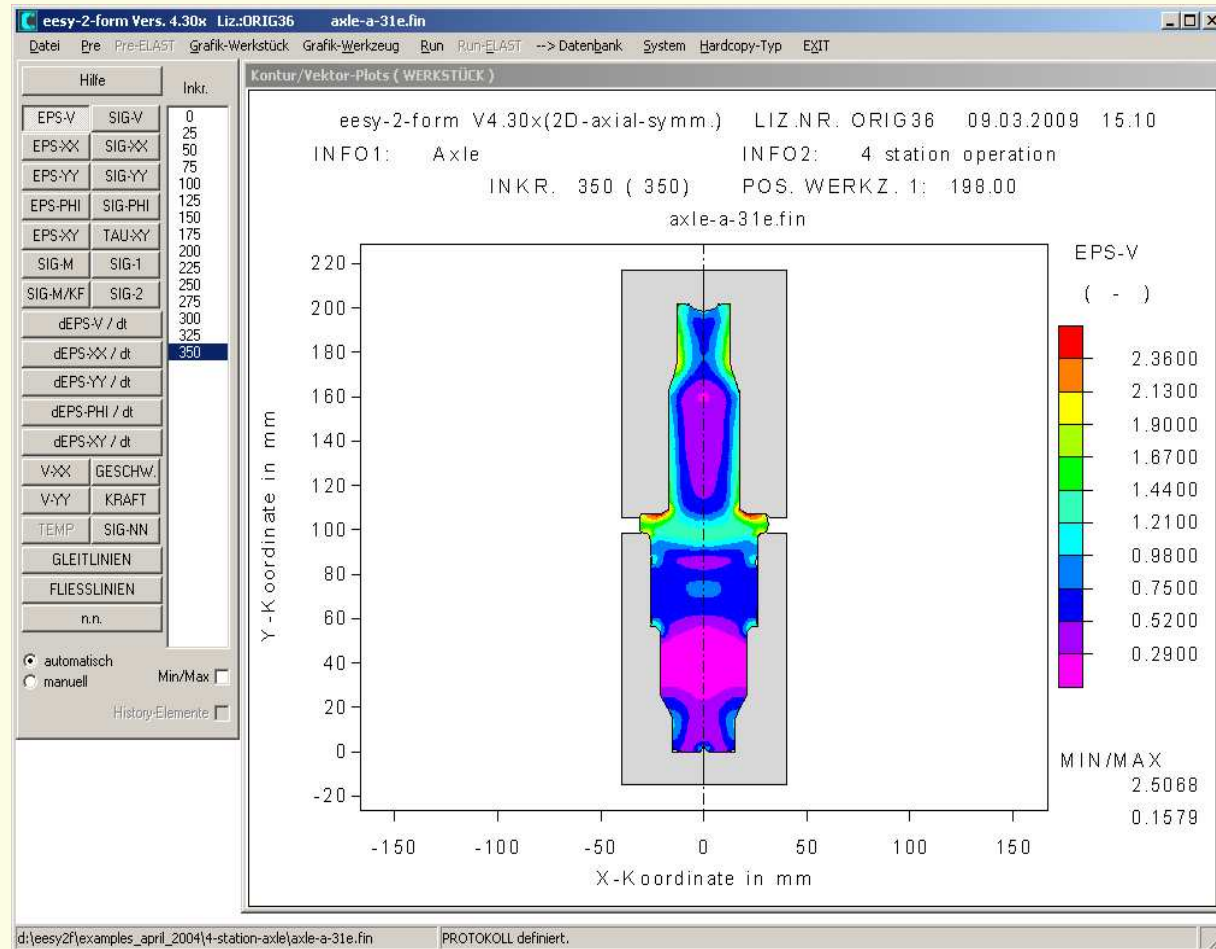
Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)



Ausgangsgeometrie
3. Umformstufe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)



Umformgradverteilung nach 3. Umformstufe

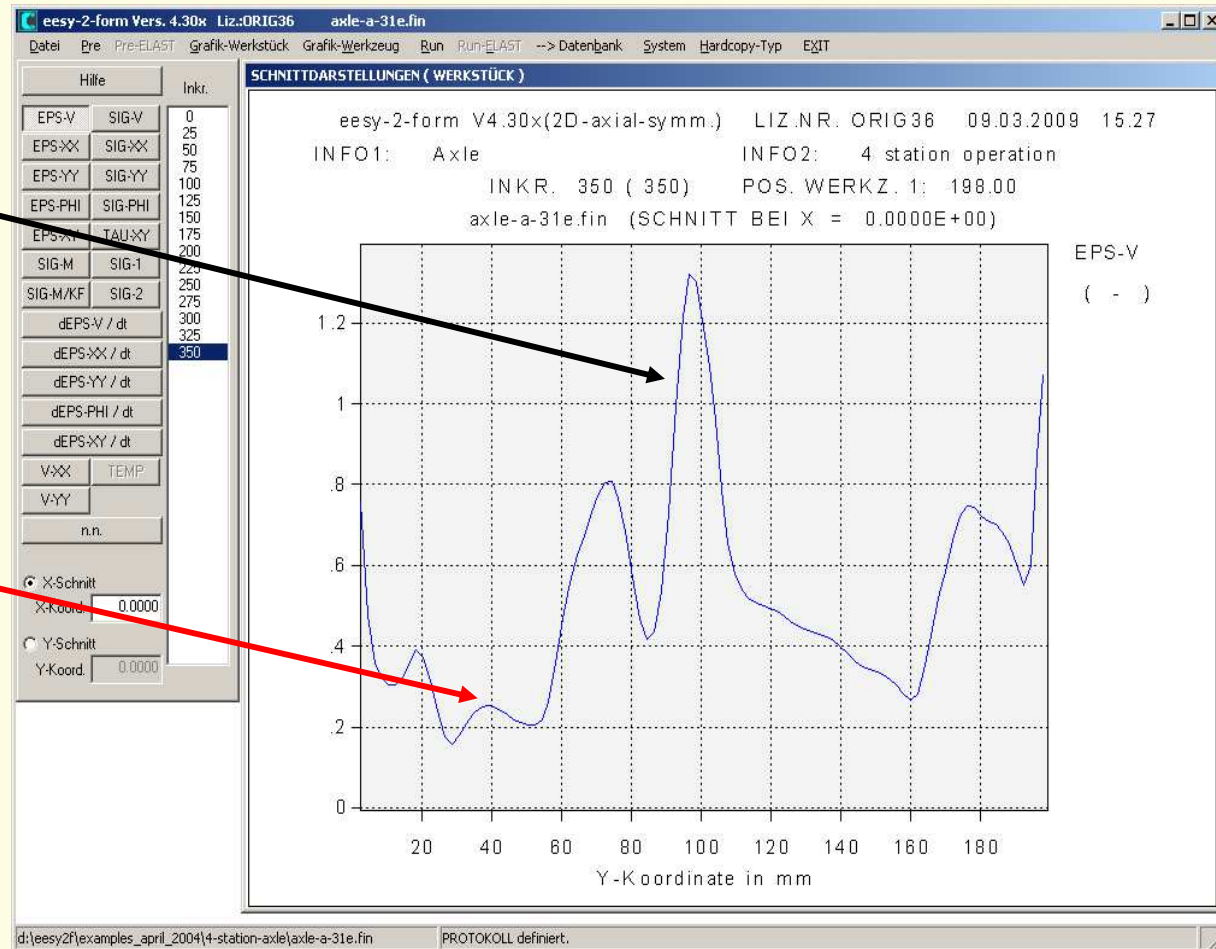
Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)

Erneutes Reduzieren in den Stempel und deutliches Aufstauchen des Mittelteils.

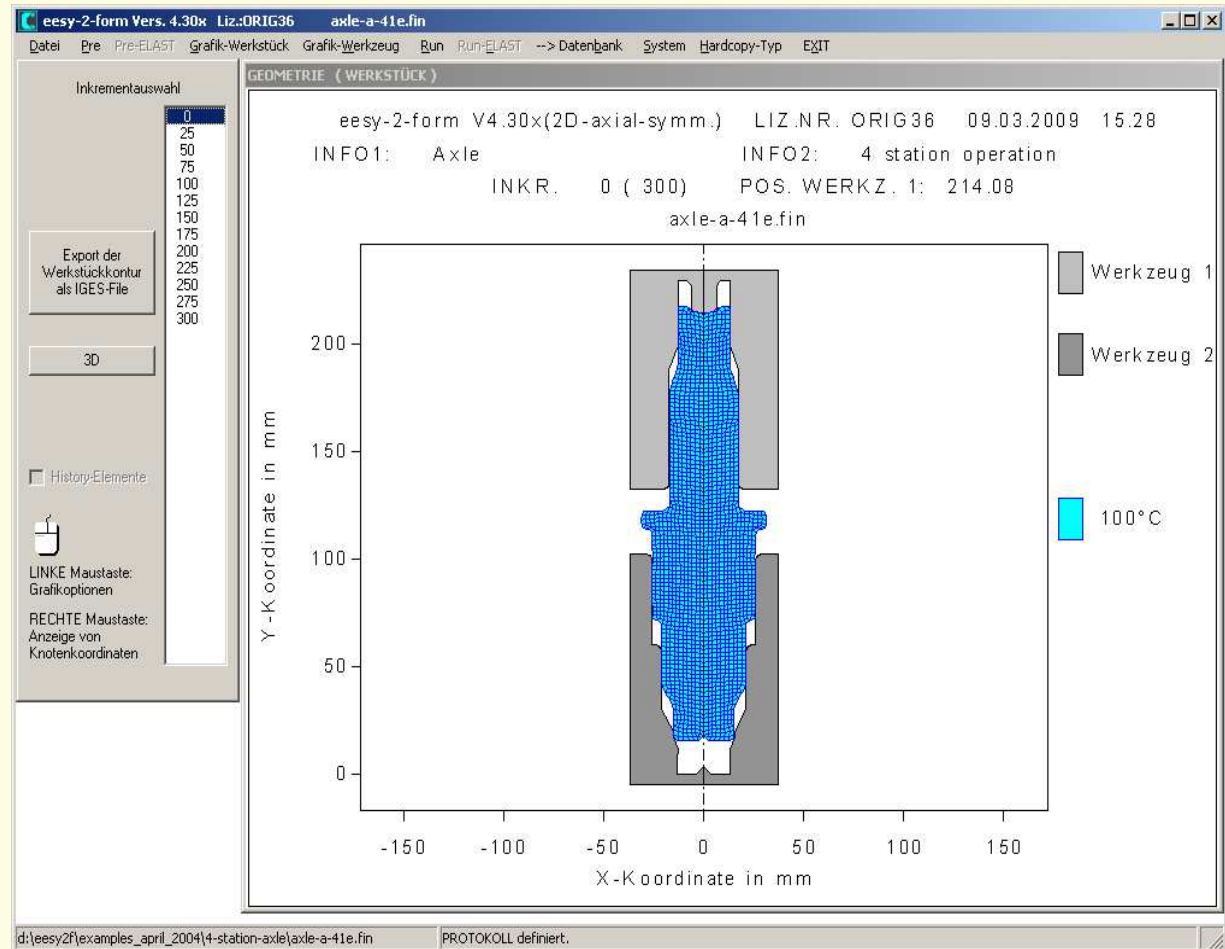
Keine weitere Verformung im unteren Schaftbereich.

Umformgradverteilung auf der Mittelachse nach 3. Umformstufe



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

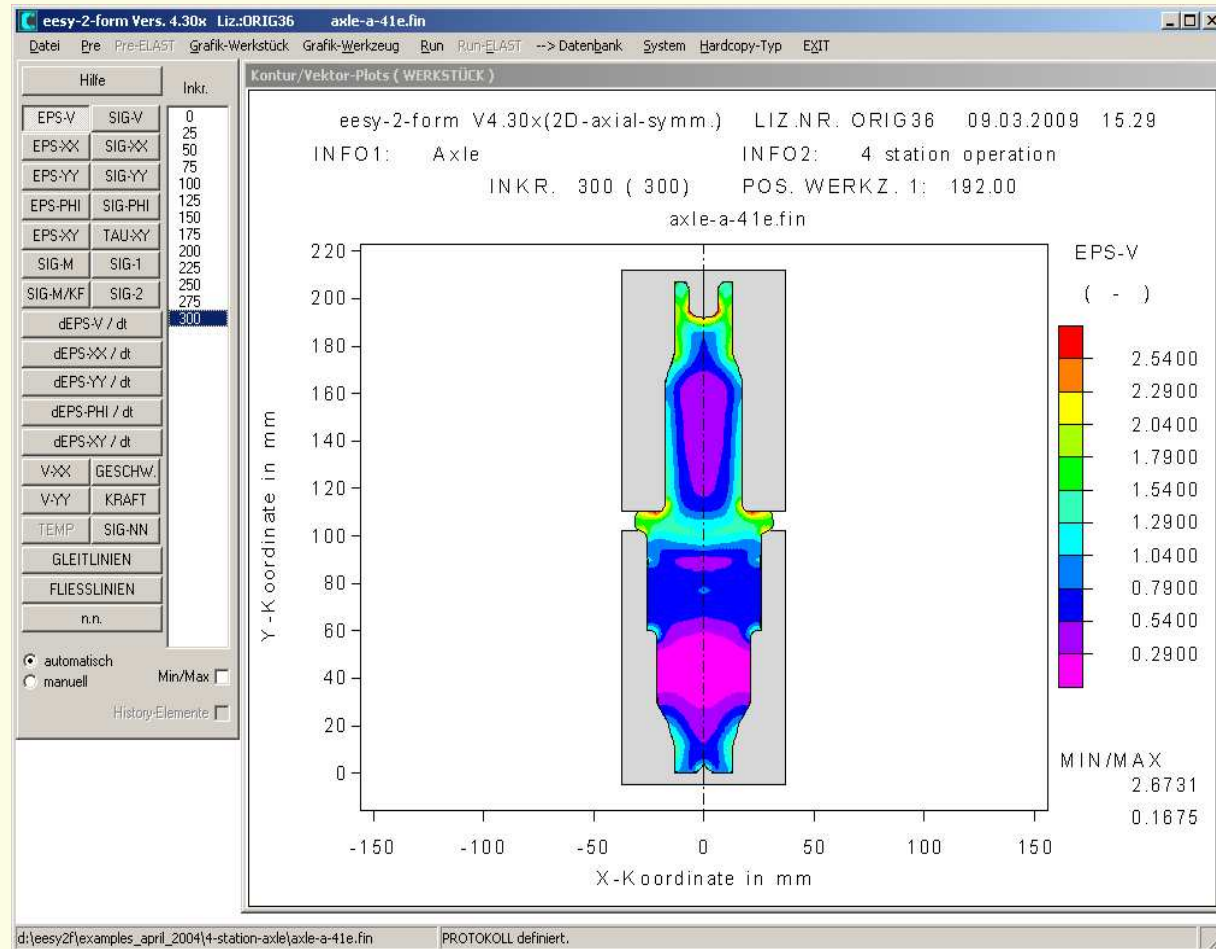
Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)



Ausgangsgeometrie
4. Umformstufe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)



Umformgradverteilung nach 4. Umformstufe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

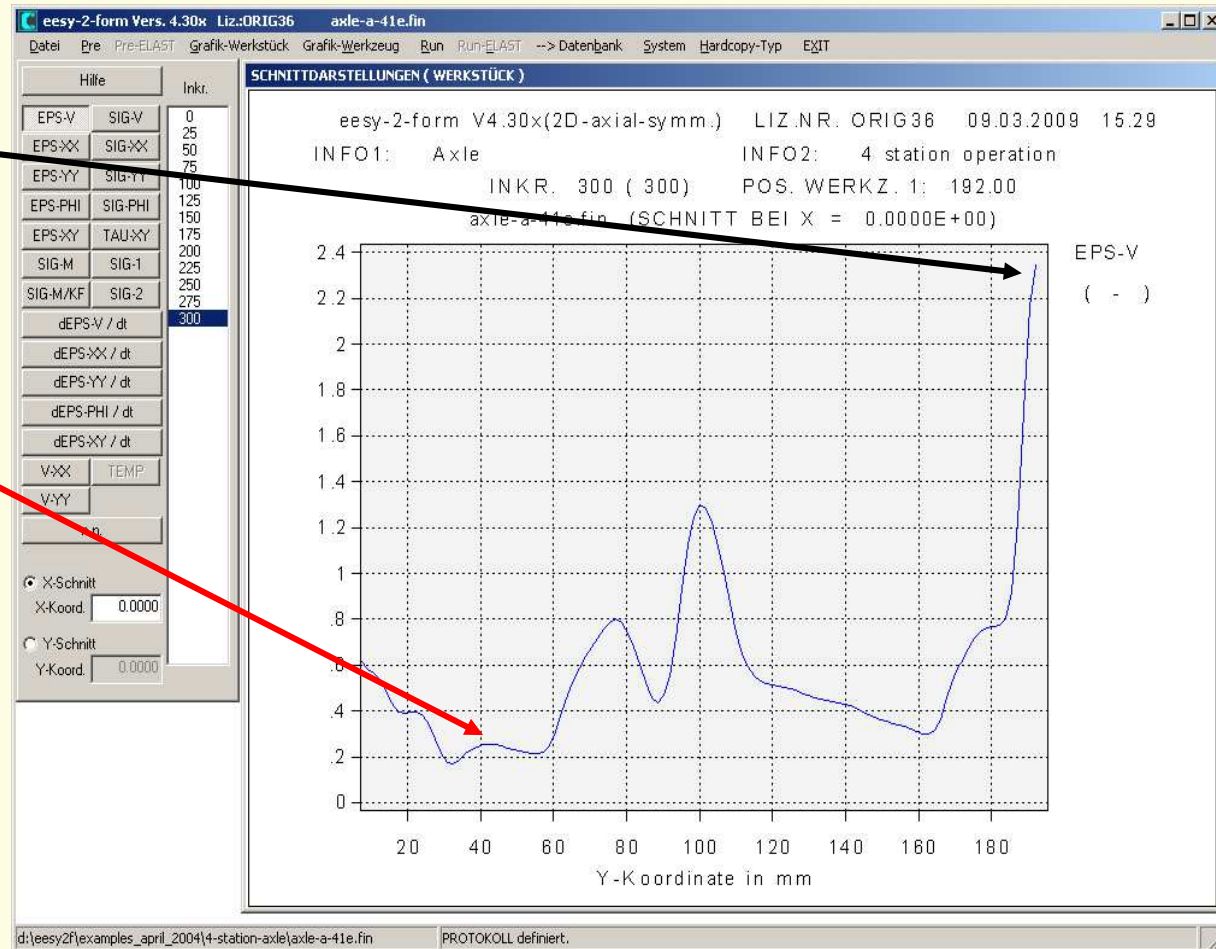
Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)

Hohe Verformung durch Einformen der stempelseitigen Bohrung.

Verformung im unteren Schaftbereich wie schon in der 2. Umformstufe eingebracht.

=> unzureichende Härte nach Wärmebehandlung

Umformgradverteilung auf der Mittelachse nach 4. Umformstufe



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 2: Achse mit unzureichender Festigkeit (Härte)

Fazit:

Die Umformsimulation liefert eine plausible Erklärung für den experimentellen Befund unzureichender Härte.

Die Auswertung der Umformgradverteilung längs der Mittelachse kann somit bei einer nachfolgenden Prozessoptimierung herangezogen werden, den Fehler zu vermeiden.

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

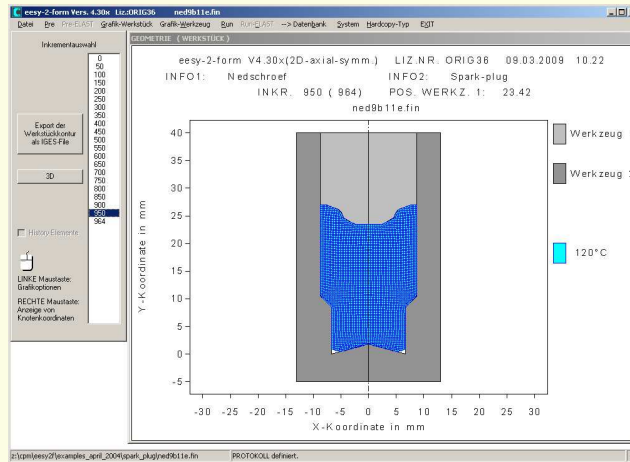
4 Umformstufen mit anschließender Lochoperation



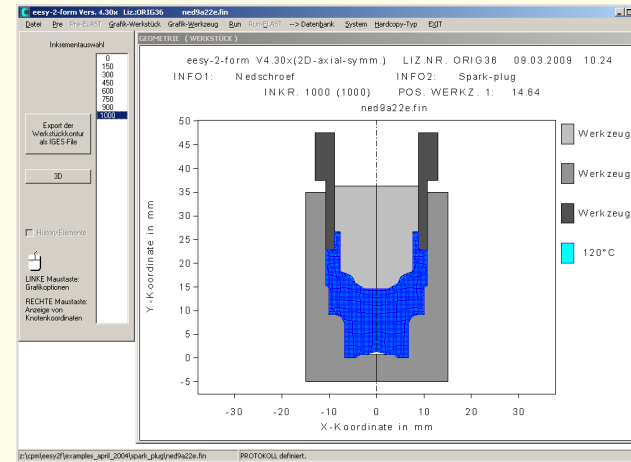
Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

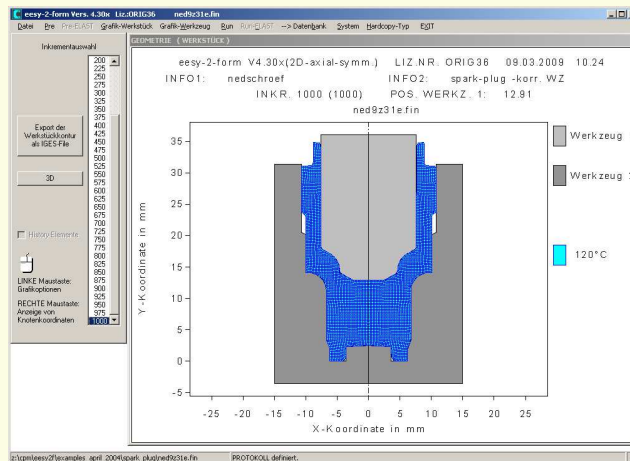
1.



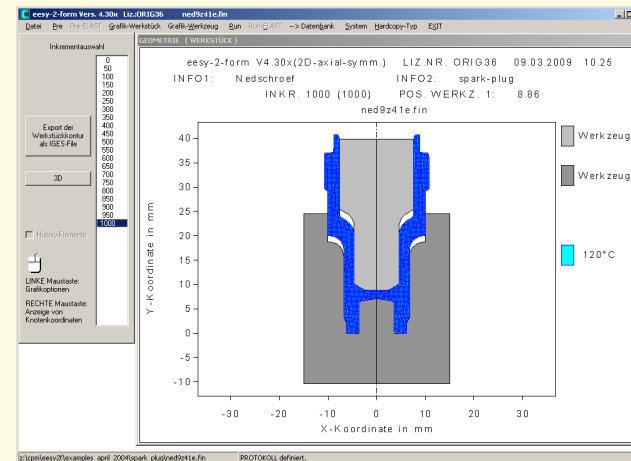
2.



3.



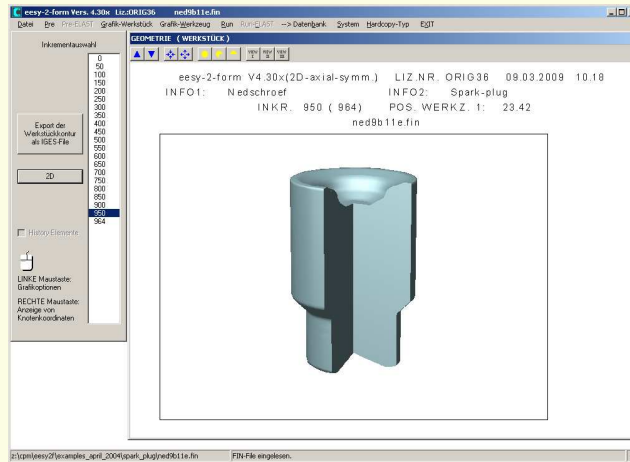
4.



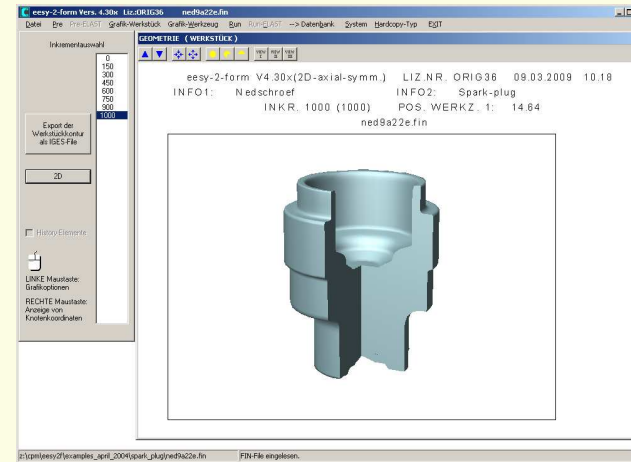
Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

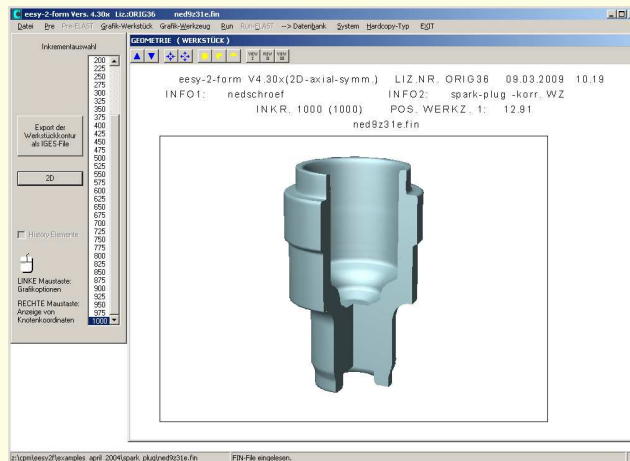
1.



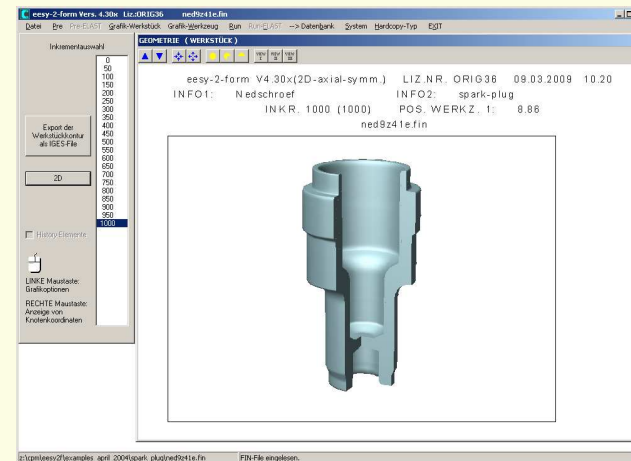
2.



3.



4.



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

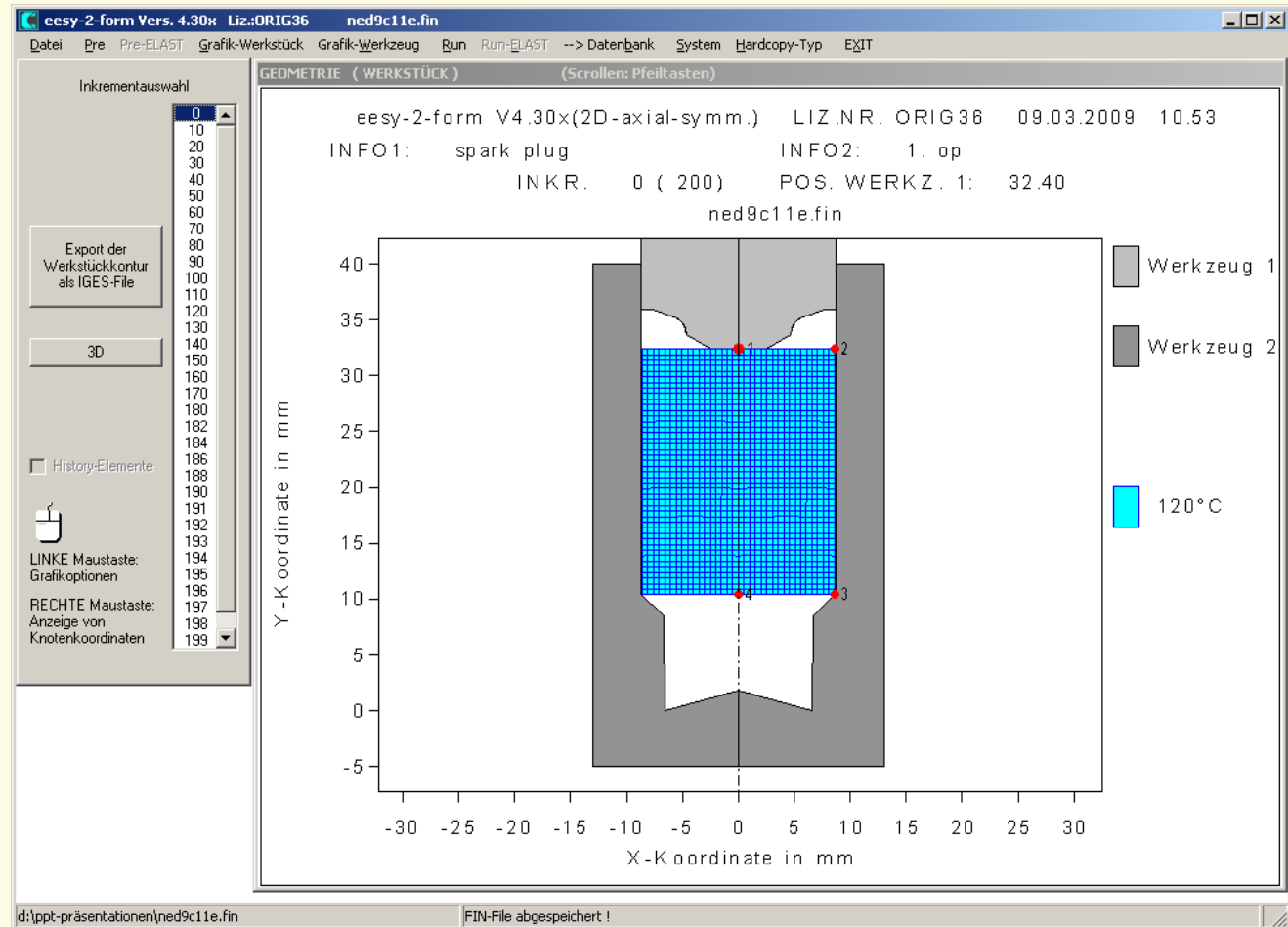
Untere Scherfläche des ursprünglichen Drahtabschnittes bildet sich nach dem Reduzieren in der ersten Umformstufe an der Außenfläche des Schaftes als umlaufender blanker Ring ab.



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

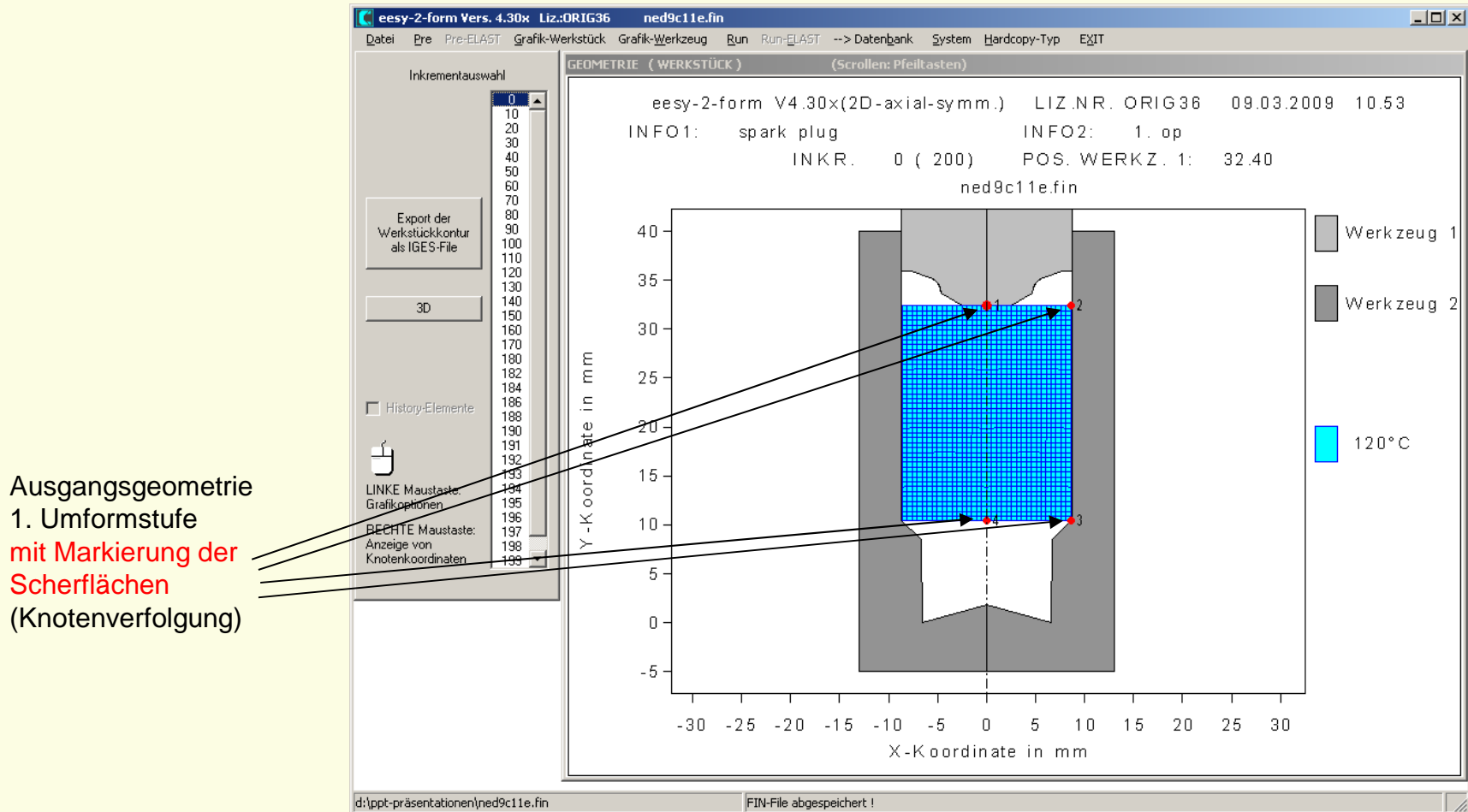
Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

Ausgangsgeometrie
1. Umformstufe



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

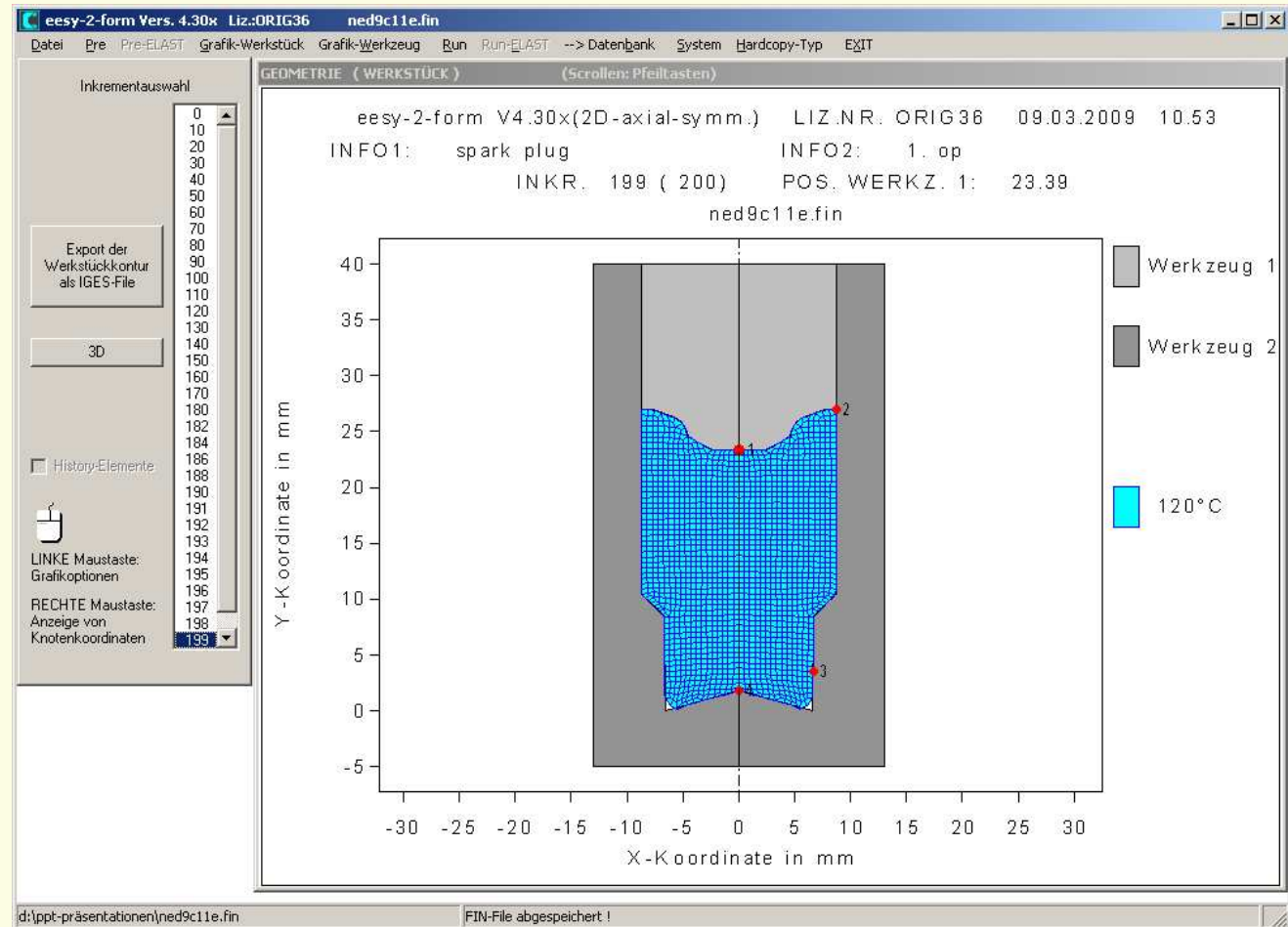
Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

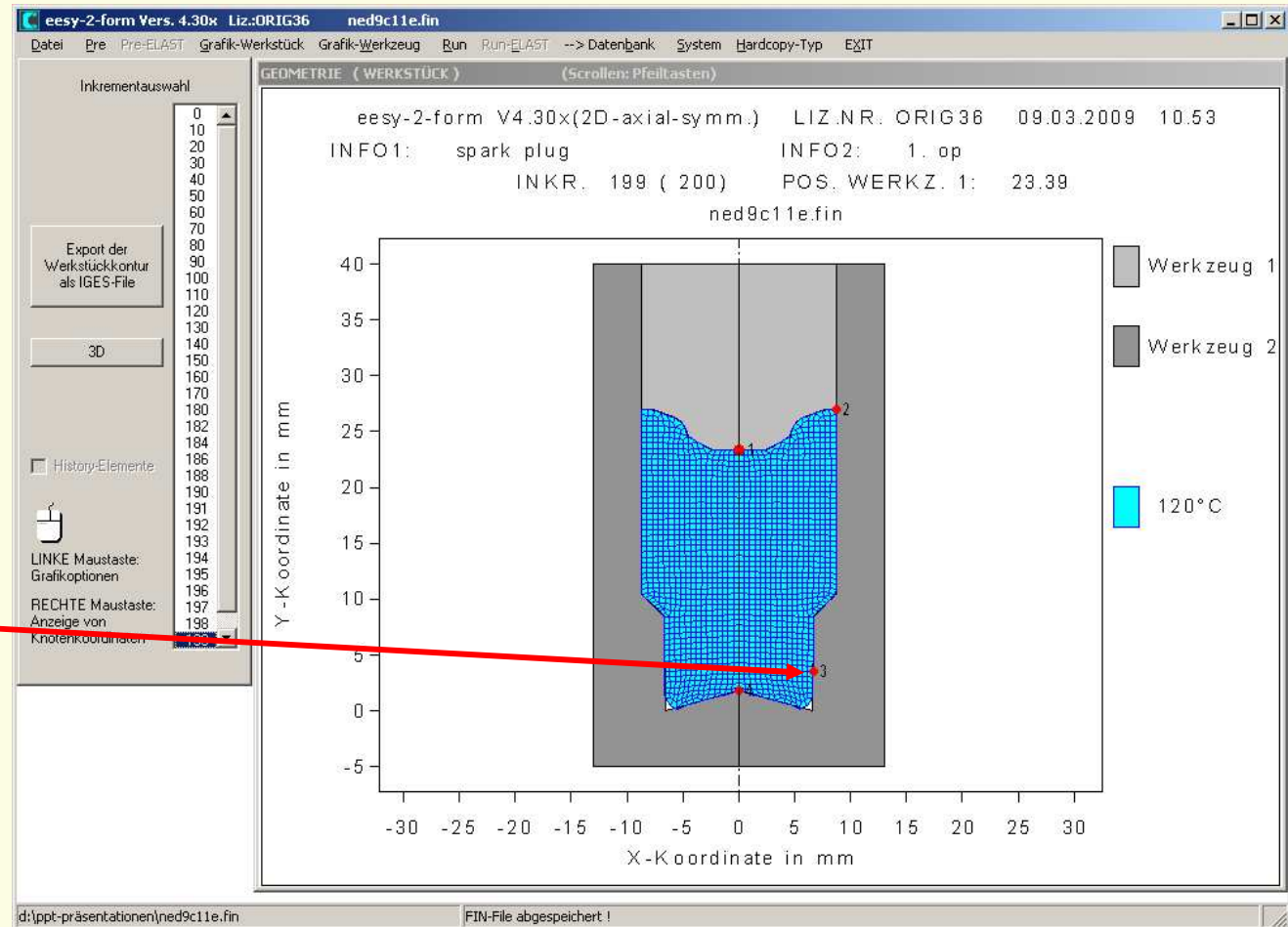
Geometrie nach der 1. Umformstufe



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

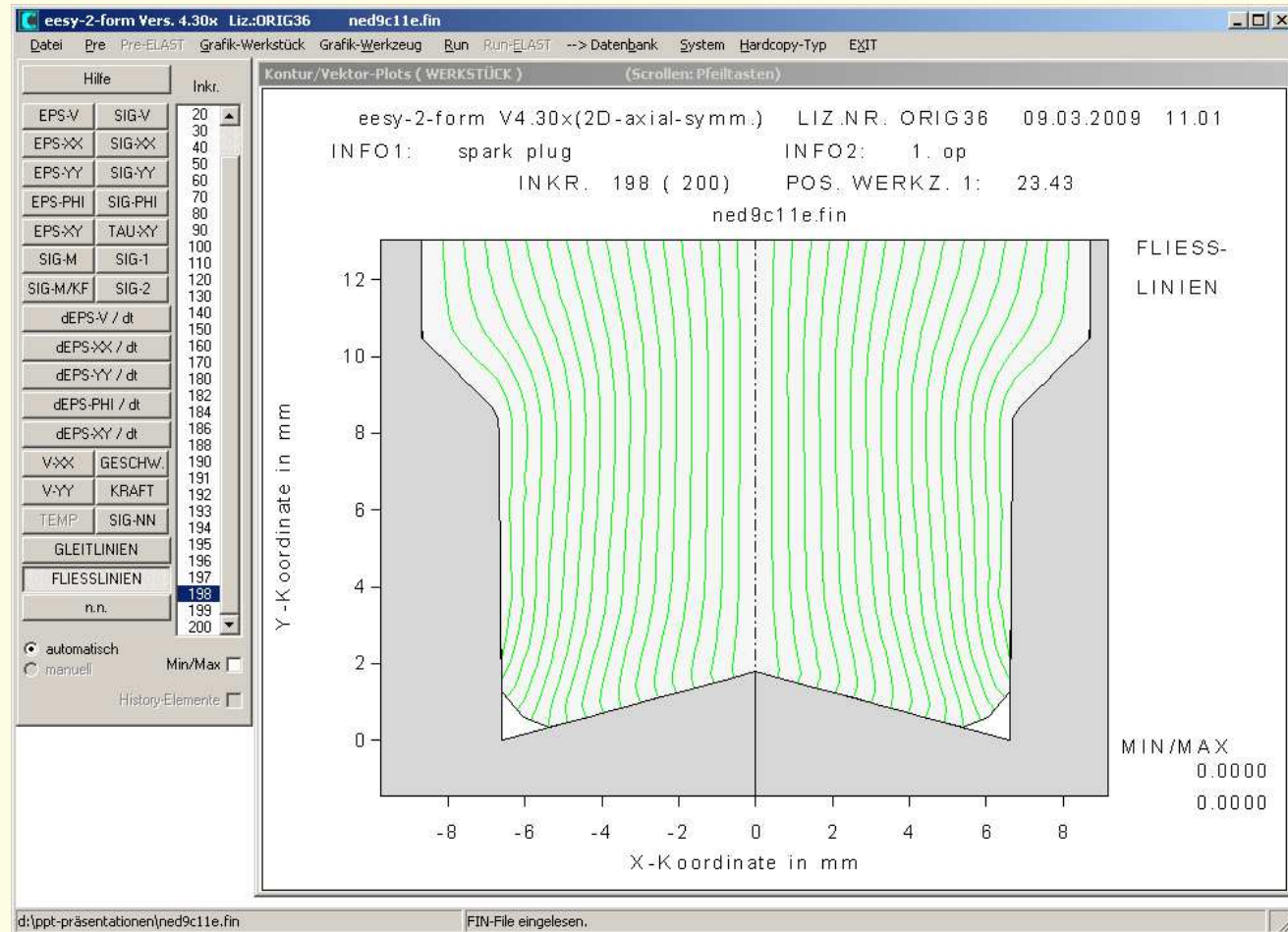
Geometrie nach der
1. Umformstufe
mit Scherflächenanteil
am reduzierten Schaft



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

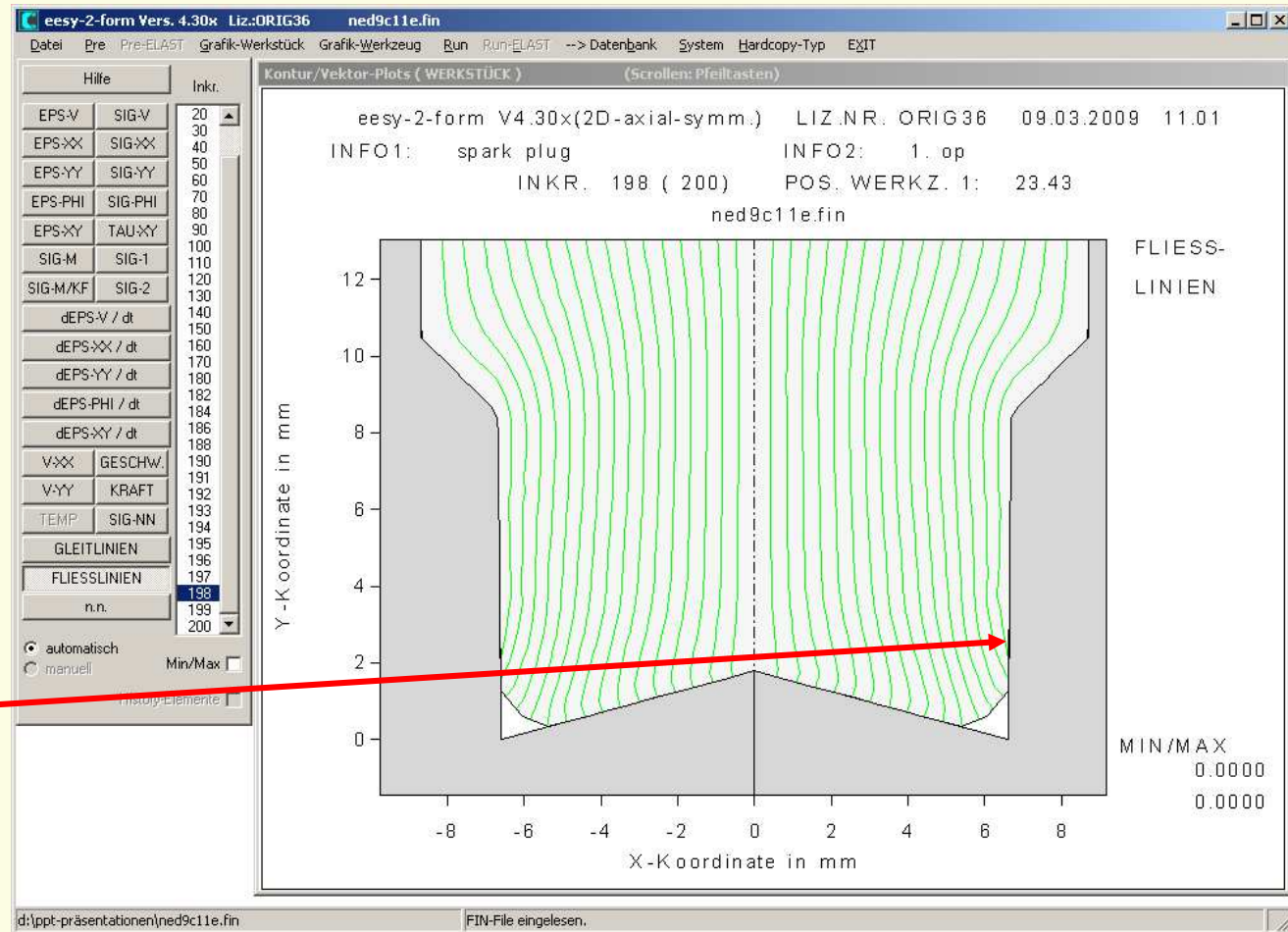
Fließlinienverteilung nach der 1. Umformstufe



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

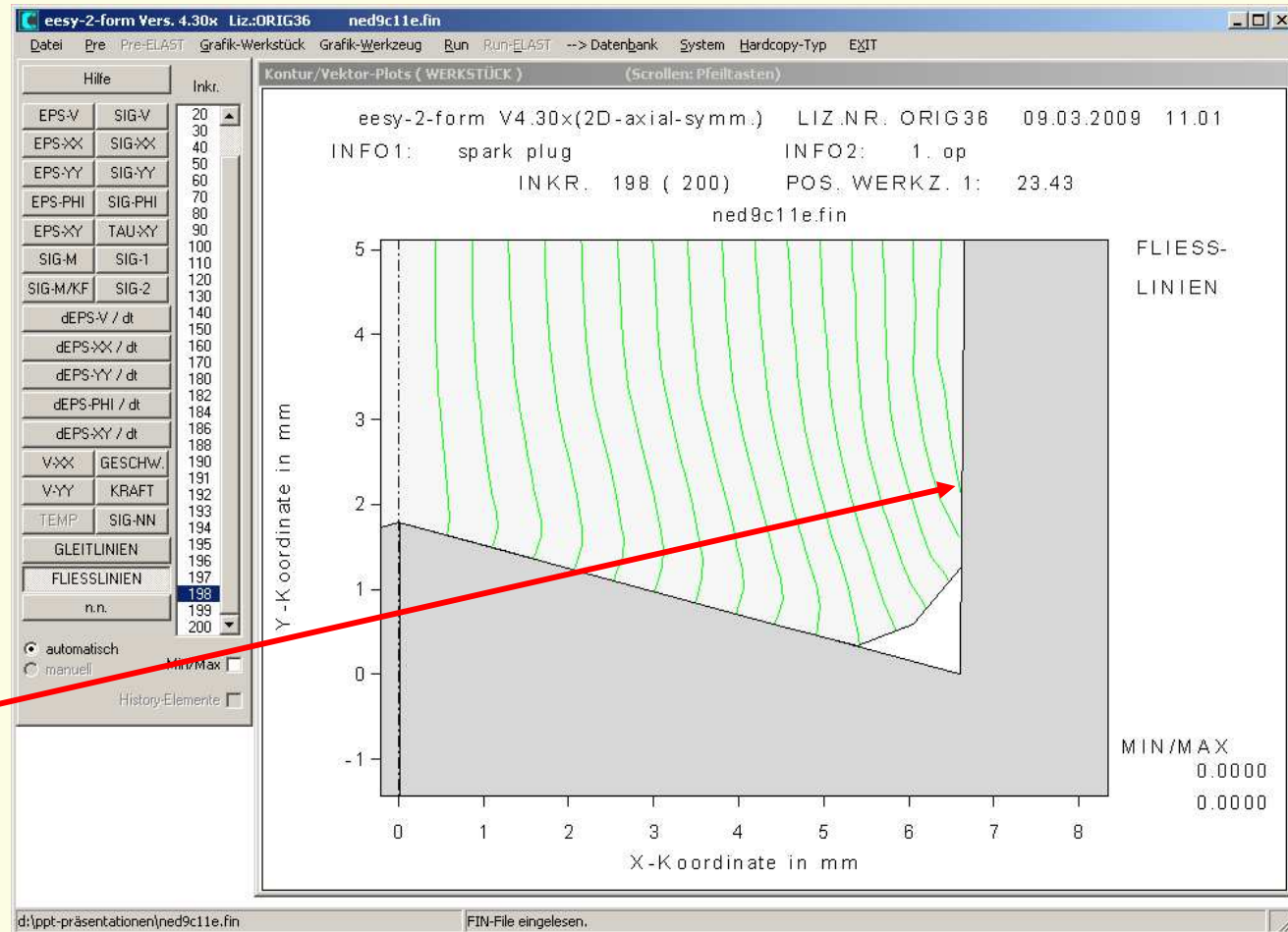
Fließlinienverteilung nach der 1. Umformstufe mit Scherflächenanteil am reduzierten Schaft (äußerste Fließlinie endet im unteren Schaftbereich)



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

Fließlinienverteilung nach der 1. Umformstufe mit Scherflächenanteil am reduzierten Schaft (äußerste Fließlinie endet im unteren Schaftbereich)



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 3: Zündkerzenkörper, Überprüfung des lokalen Stoffflusses

Fazit:

Die Umformsimulation erweist sich hier als ausreichend präzise, den lokalen Stofffluss und die daraus resultierende „Wanderung“ der Scherfläche wiederzugeben.

Damit kann auch für andere aus dem lokalen Stofffluss resultierende Details eine entsprechende Genauigkeit erwartet werden.

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 4: „Inner Race“ mit typischen Unterfüllungen



(c) Dr. Michael Twickler - 12. Workshop Simulation in der Umformtechnik - 26./27. März 2009 -
Technische Universität Dortmund

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 4: „Inner Race“ mit typischen Unterfüllungen

Problem:
„Inner Race“ zeigt sowohl nach der ersten als auch nach der zweiten (letzten) Umformstufe typische Unterfüllungen, besonders im unteren Bereich.



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 4: „Inner Race“ mit typischen Unterfüllungen

Problem:

„Inner Race“ zeigt sowohl nach der ersten als auch nach der zweiten (letzten) Umformstufe typische Unterfüllungen, besonders im unteren Bereich.

Fragestellung:

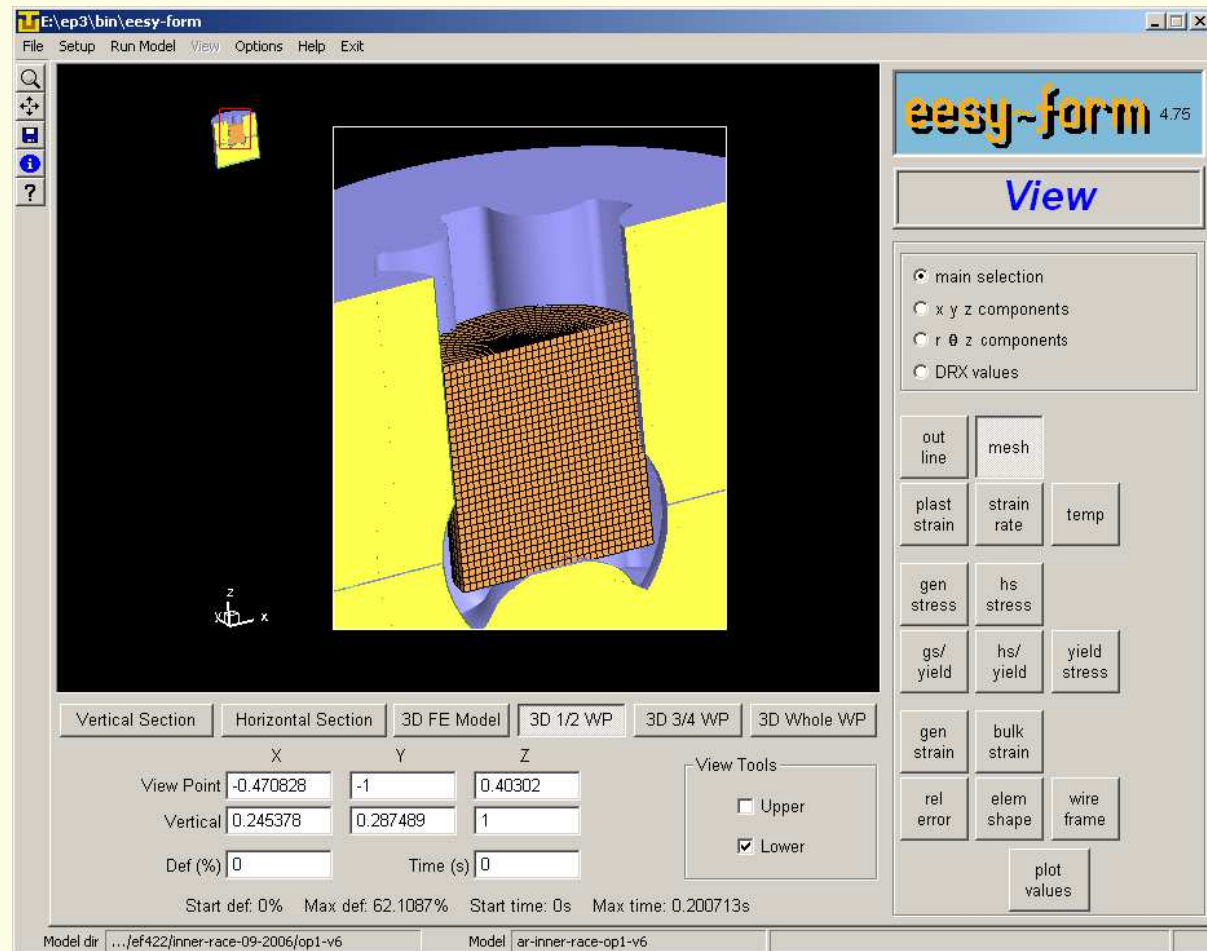
Ist die Simulation in der Lage, diese Unterfüllungen anzuzeigen?



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

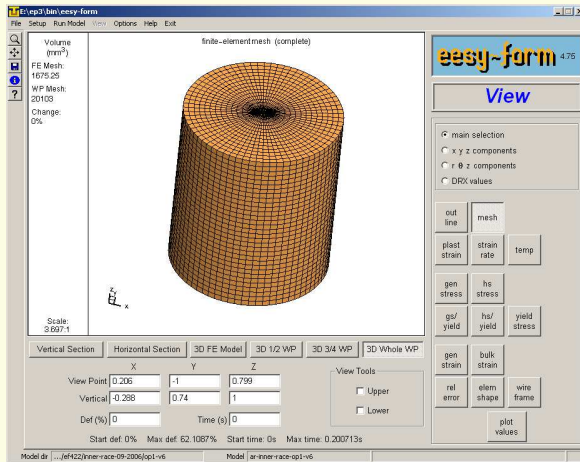
Beispiel 4: „Inner Race“ mit typischen Unterfüllungen

Bauteilgeometrie
im Unterwerkzeug
(Ausgangszustand)

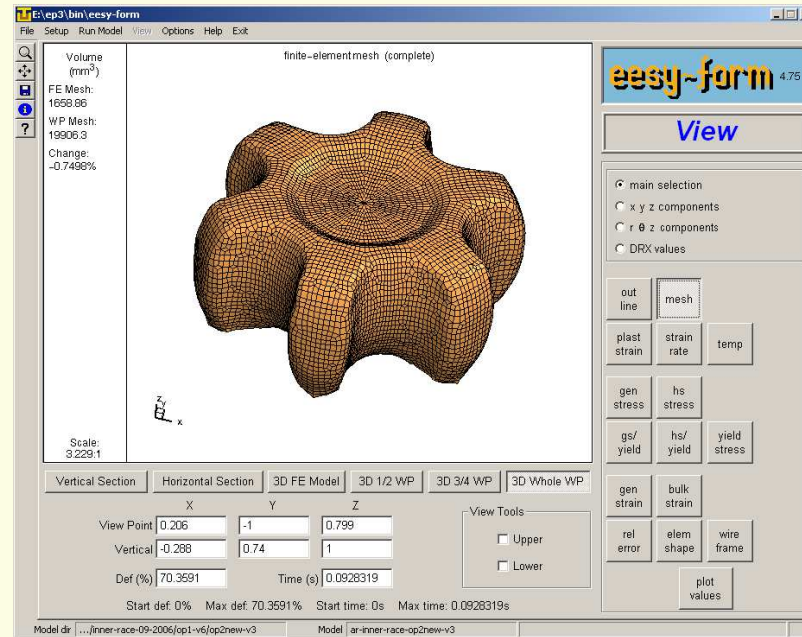


Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

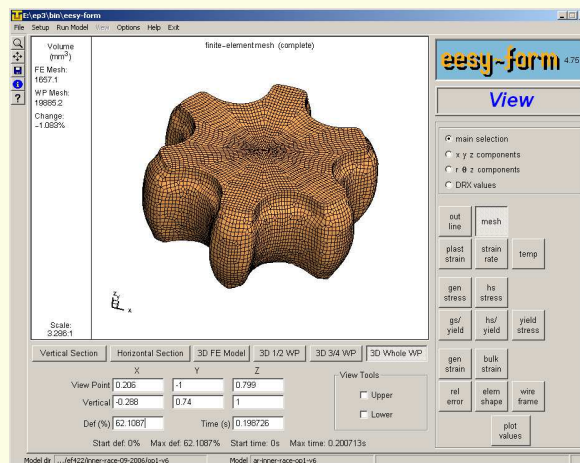
Beispiel 4: „Inner Race“ mit typischen Unterfüllungen



Ausgangsgeometrie



Geometrie nach der 2. Umformstufe

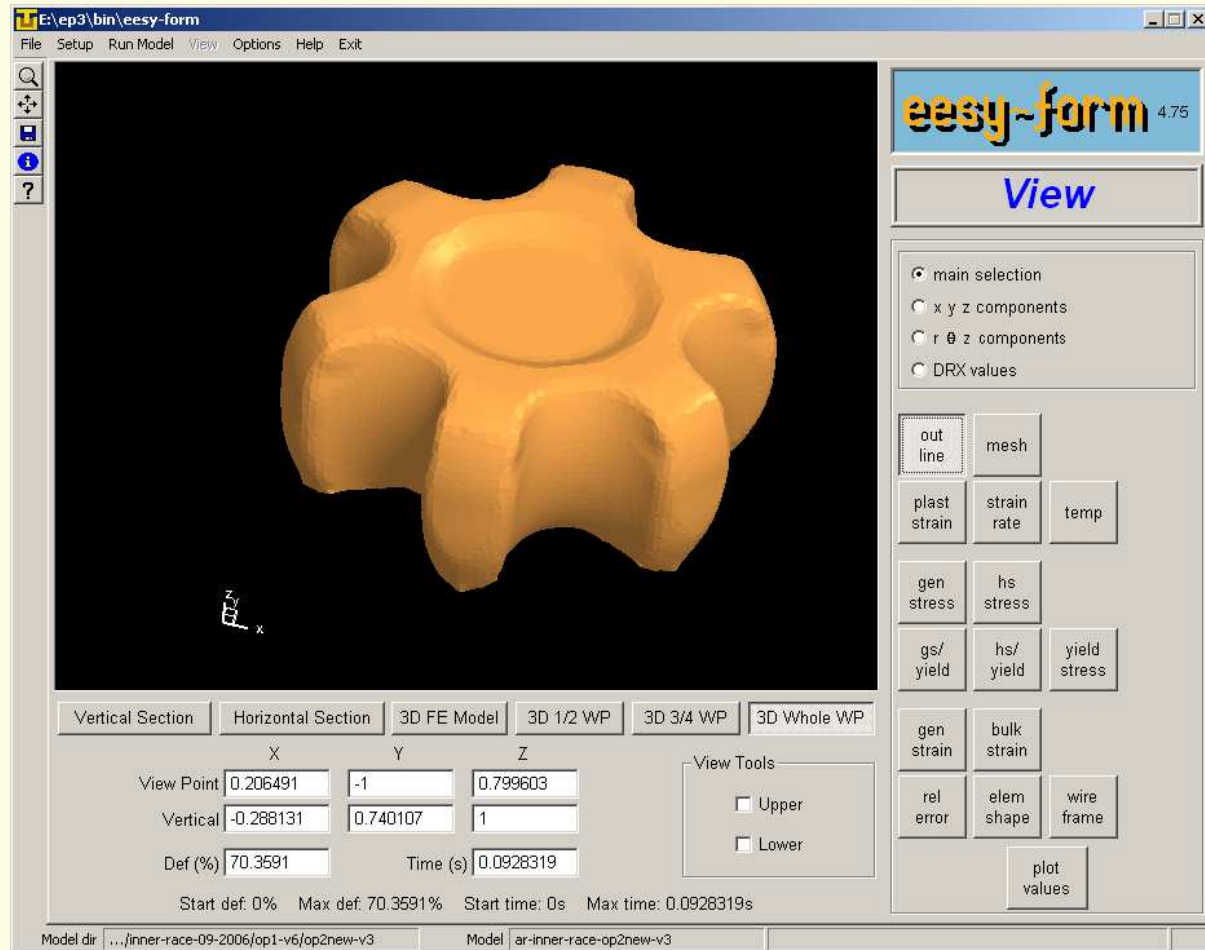


Geometrie nach der 1. Umformstufe

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 4: „Inner Race“ mit typischen Unterfüllungen

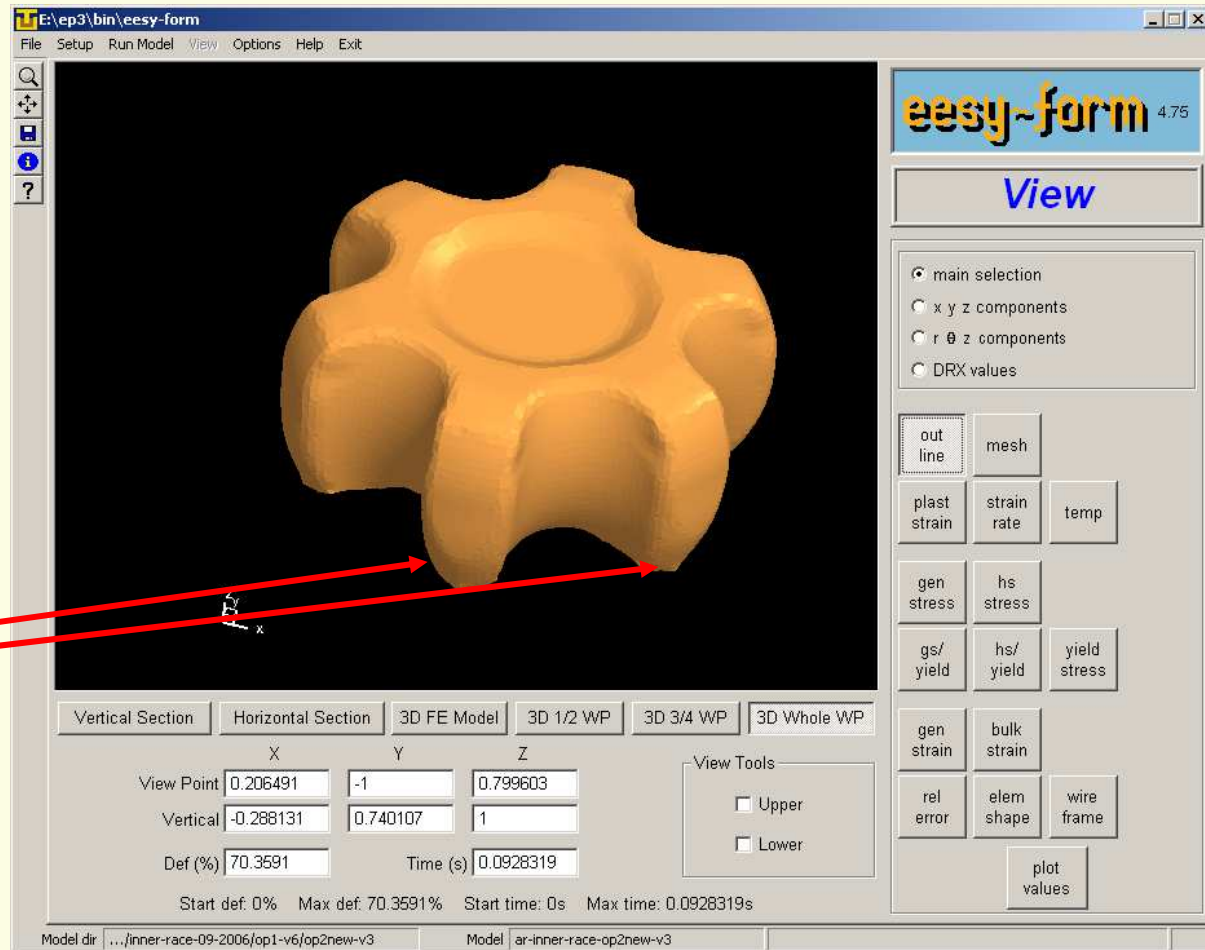
Geometrie nach der 2. Umformstufe



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

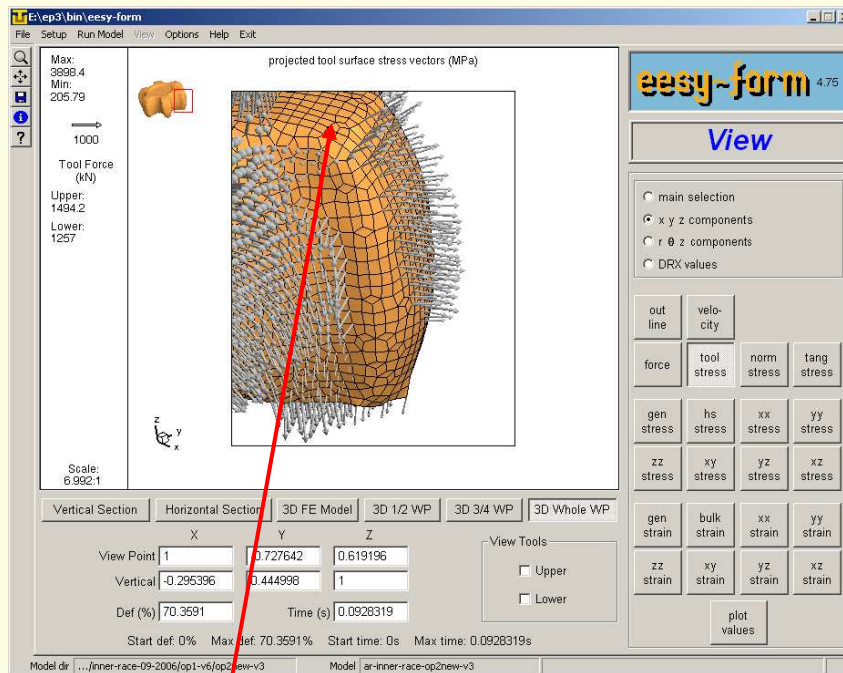
Beispiel 4: „Inner Race“ mit typischen Unterfüllungen

Geometrie nach der 2. Umformstufe mit **erkennbaren (?) Unterfüllungen** im unteren Bereich

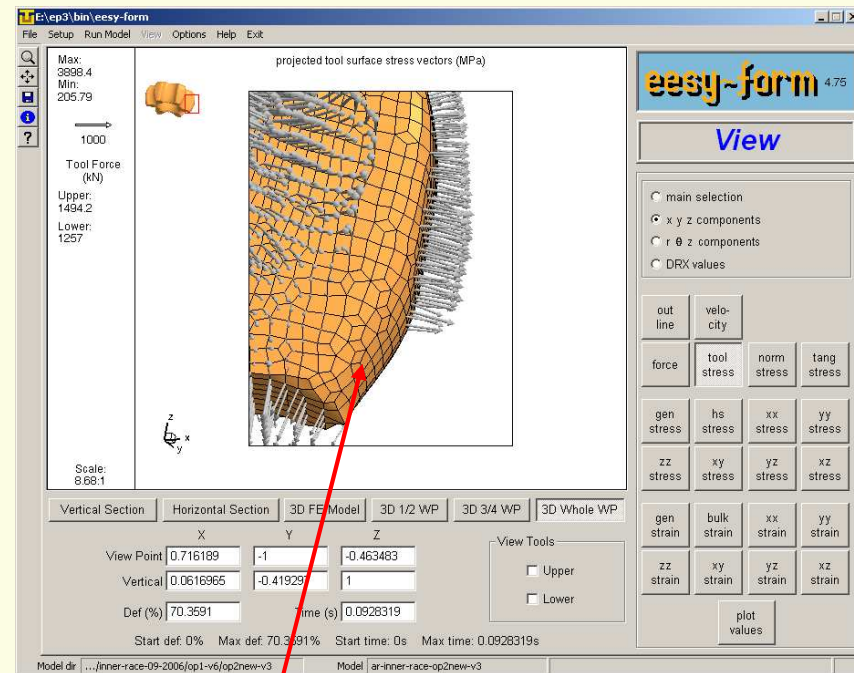


Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 4: „Inner Race“ mit typischen Unterfüllungen



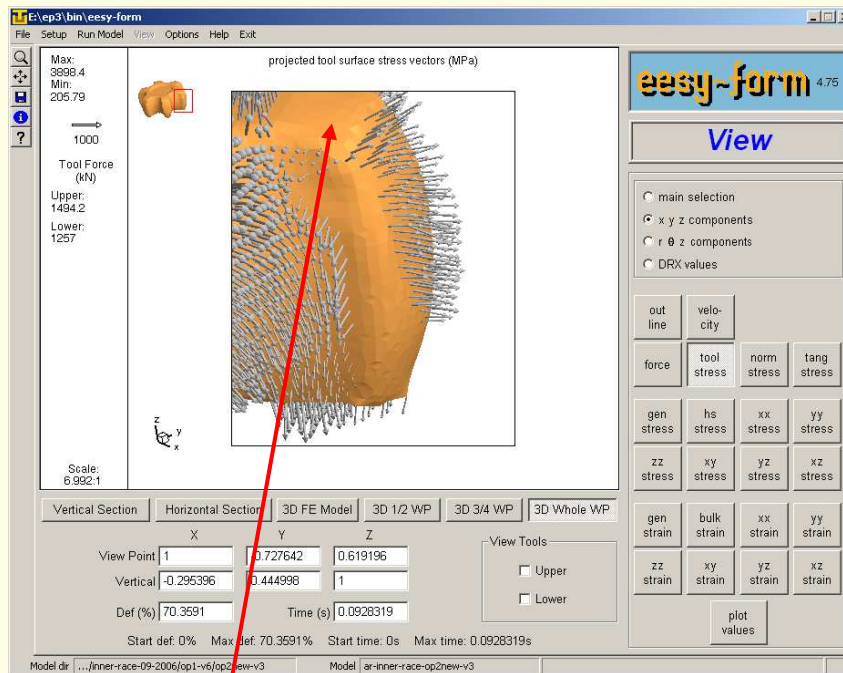
Werkzeugkontaktspannungen mit deutlicher Anzeige kontaktfreier Bereiche (= Unterfüllungen), mit Netztopologie



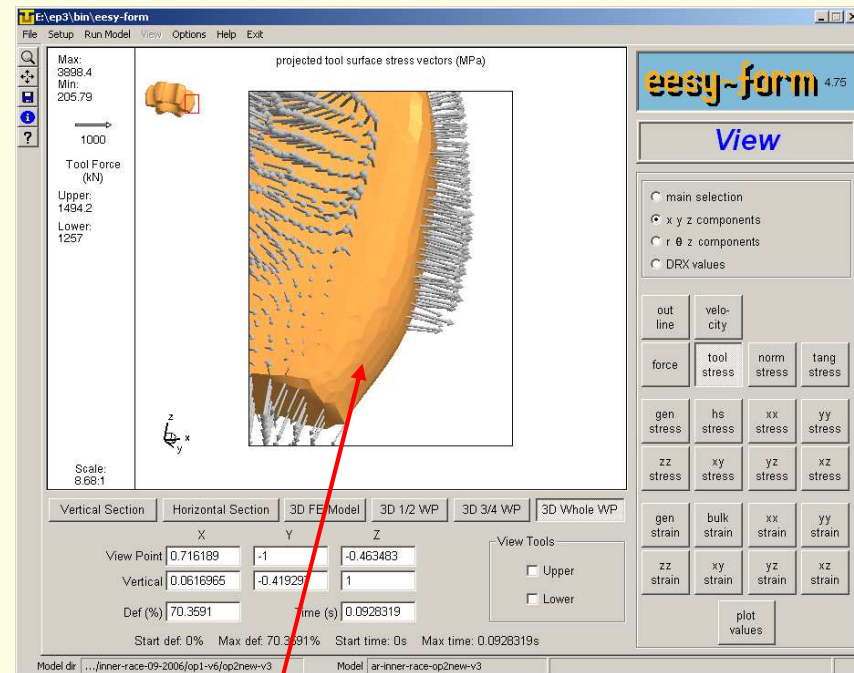
Werkzeugkontaktspannungen mit deutlicher Anzeige kontaktfreier Bereiche (= Unterfüllungen), mit Netztopologie

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 4: „Inner Race“ mit typischen Unterfüllungen



Werkzeugkontaktspannungen mit deutlicher Anzeige kontaktfreier Bereiche (= Unterfüllungen), ohne Netztopologie



Werkzeugkontaktspannungen mit deutlicher Anzeige kontaktfreier Bereiche (= Unterfüllungen), ohne Netztopologie

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 4: „Inner Race“ mit typischen Unterfüllungen

Fazit:

Die Umformsimulation erweist sich hier als ausreichend präzise, die zu erwartenden Unterfüllungen anzuzeigen.

Für nachfolgende Prozessoptimierungen hinsichtlich besserer Werkzeugfüllungen kann somit die Werkzeugkontaktspannung als geeignete Anzeige verwendet werden.

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch



(c) Dr. Michael Twickler - 12. Workshop Simulation in der Umformtechnik - 26./27. März 2009 -
Technische Universität Dortmund

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch

Problem:
Ausschmiedung der asymmetrischen
unteren Zahnenden und
Ausschmiedung des Zahnprofils.

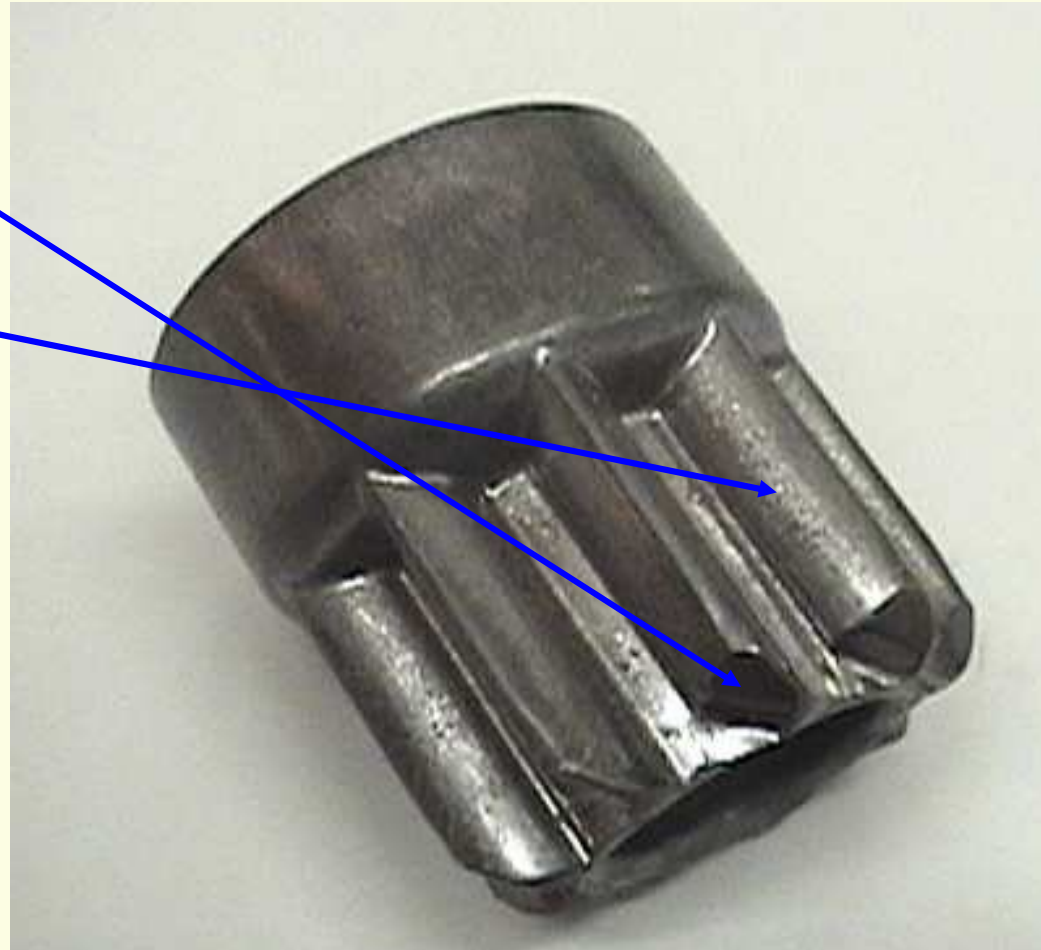


Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch

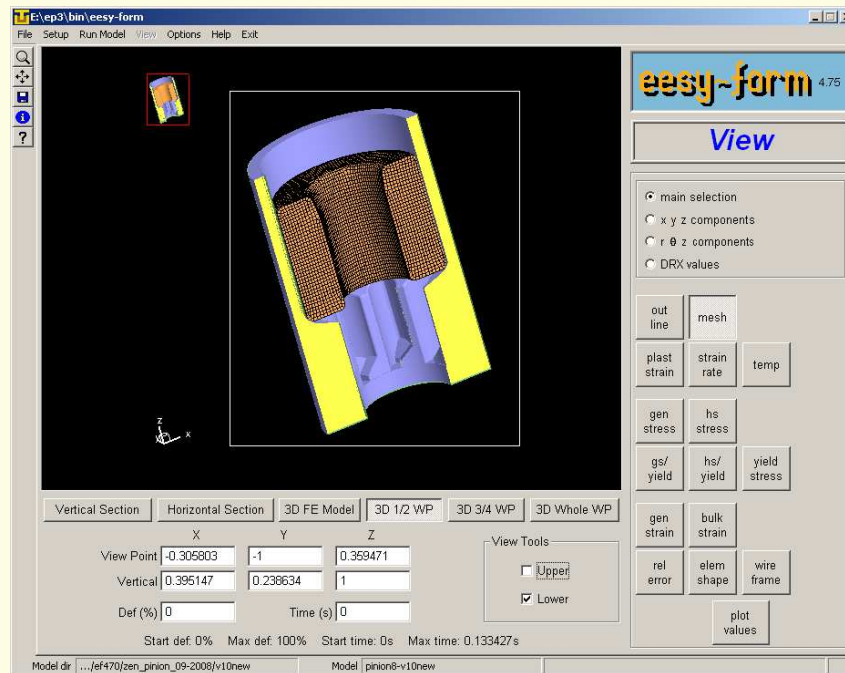
Problem:
Ausschmiedung der asymmetrischen unteren Zahnenden und Ausschmiedung des Zahnprofils.

Fragestellung:
Gibt die Simulation einen genügend genauen Eindruck bezüglich der zu erwartenden Ausschmiedung?

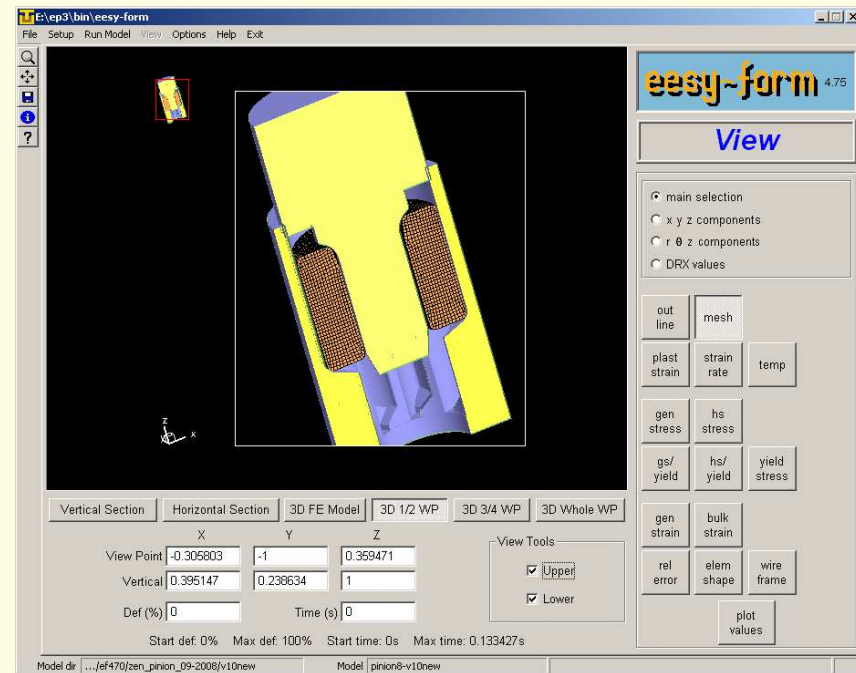


Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch



Bauteilgeometrie im Unterwerkzeug,
(Ausgangszustand)

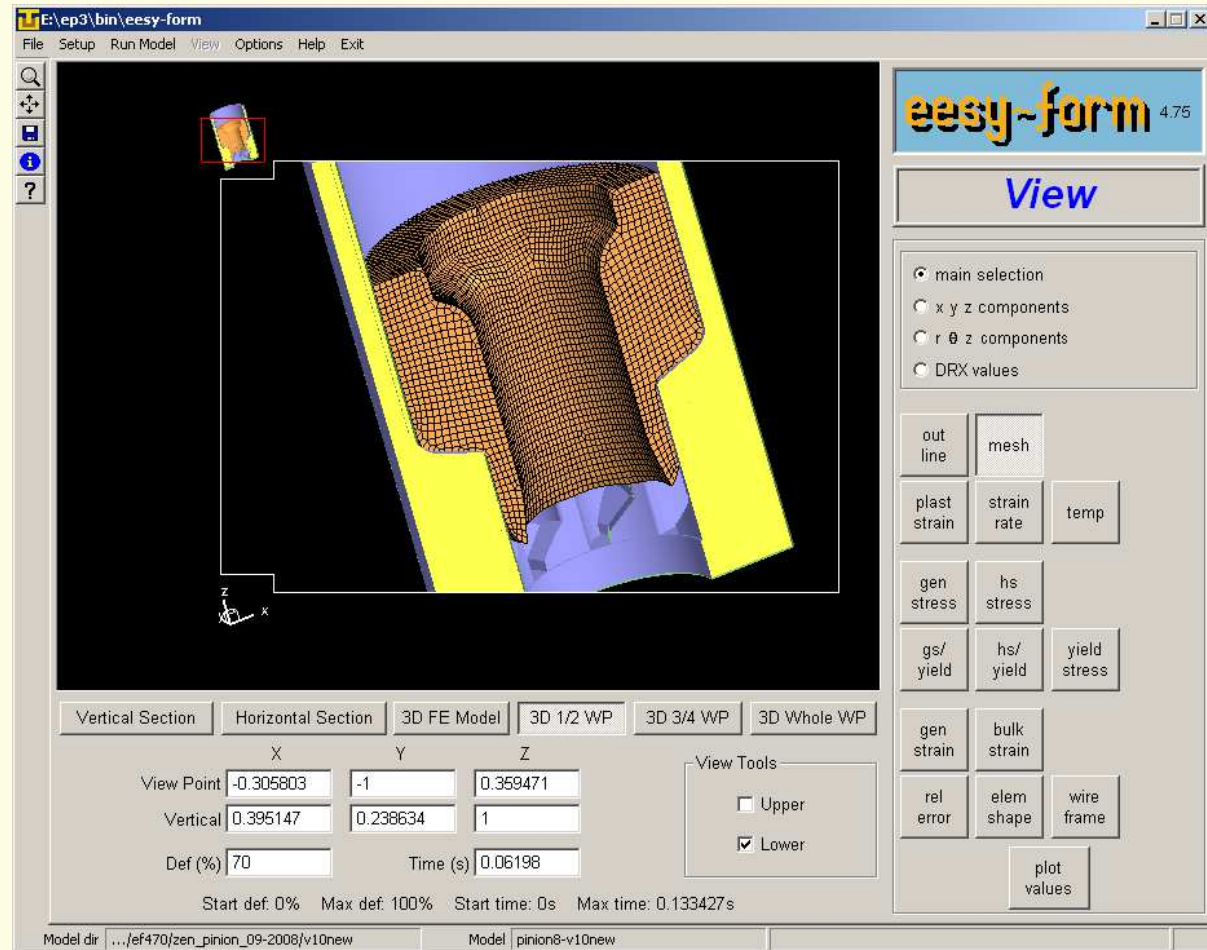


Bauteilgeometrie mit Unterwerkzeug und
Oberwerkzeug, (Ausgangszustand)

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch

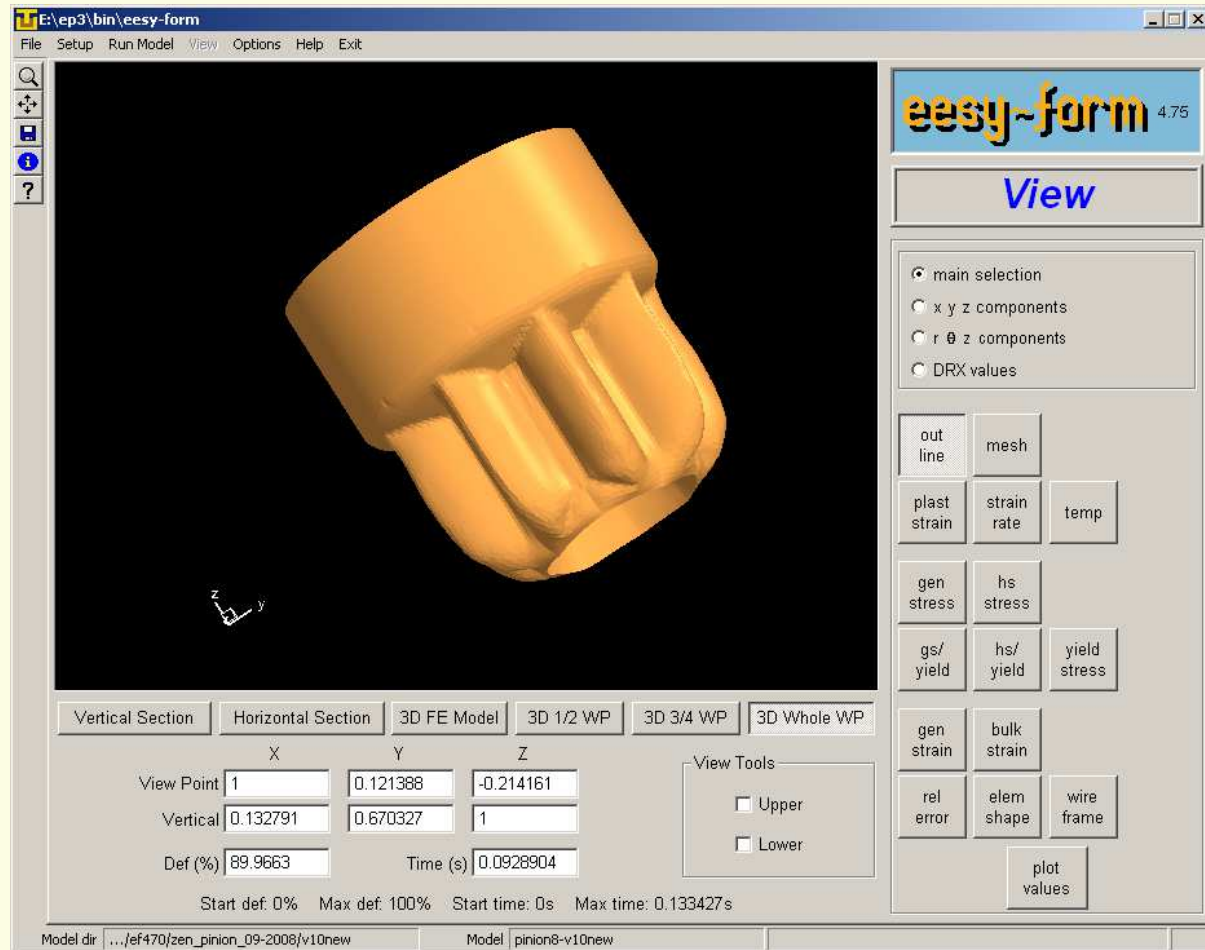
Bauteilgeometrie im Unterwerkzeug, (Zwischenzustand bei 70%)



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch

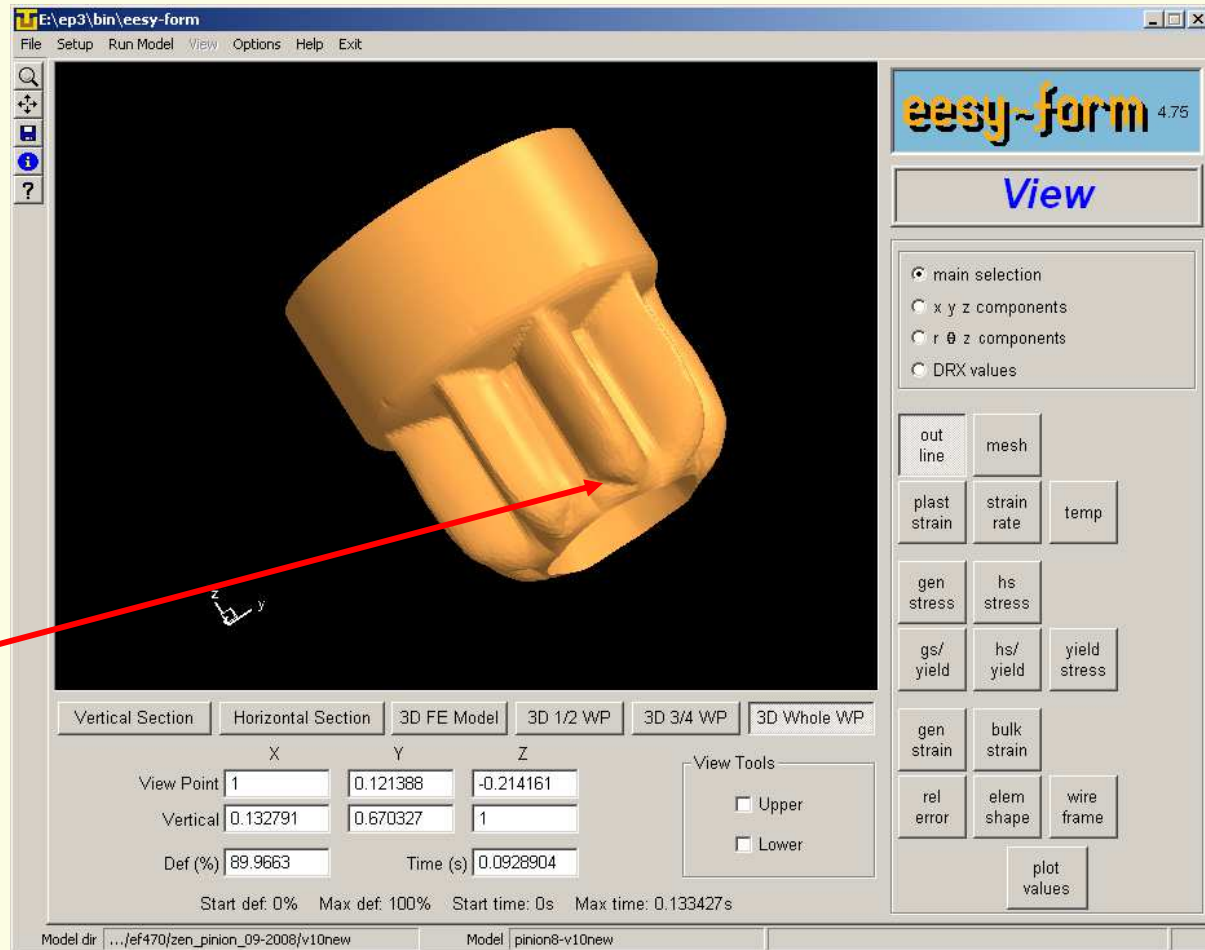
Simulationsergebnis (Geometrie)



Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

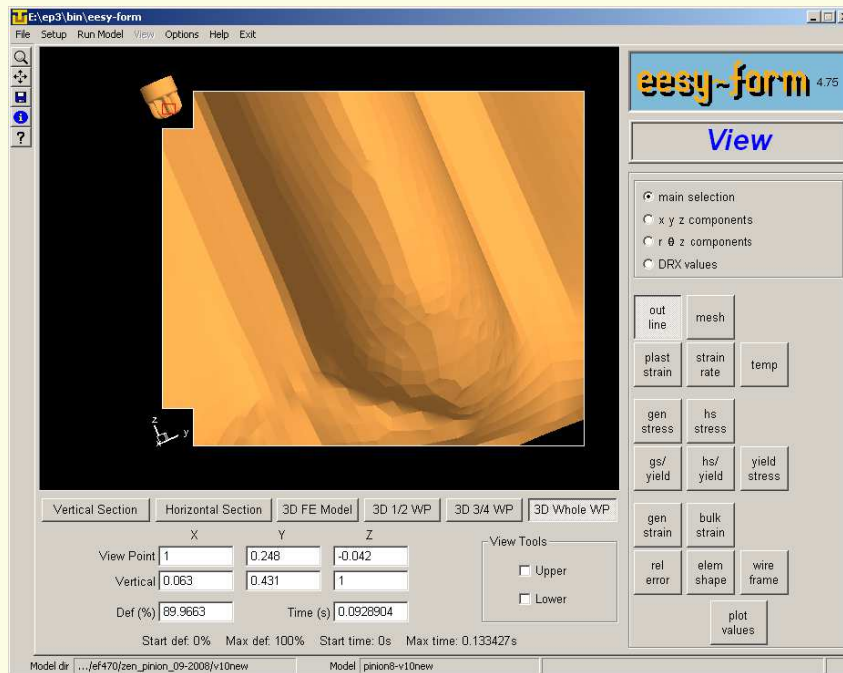
Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch

Simulationsergebnis (Geometrie) mit bereits erkennbarer Ausbildung der asymmetrischen Zahnenden

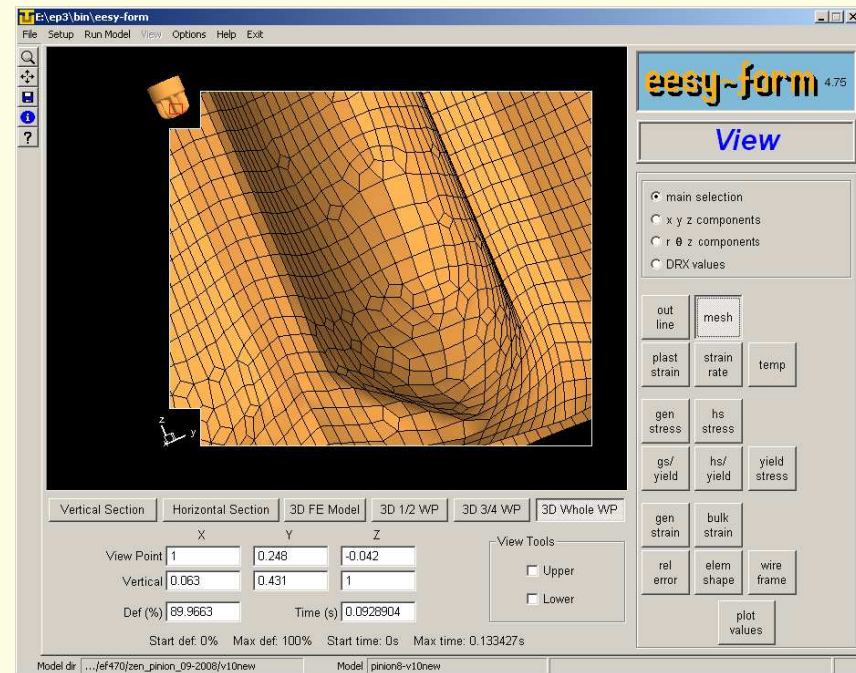


Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch



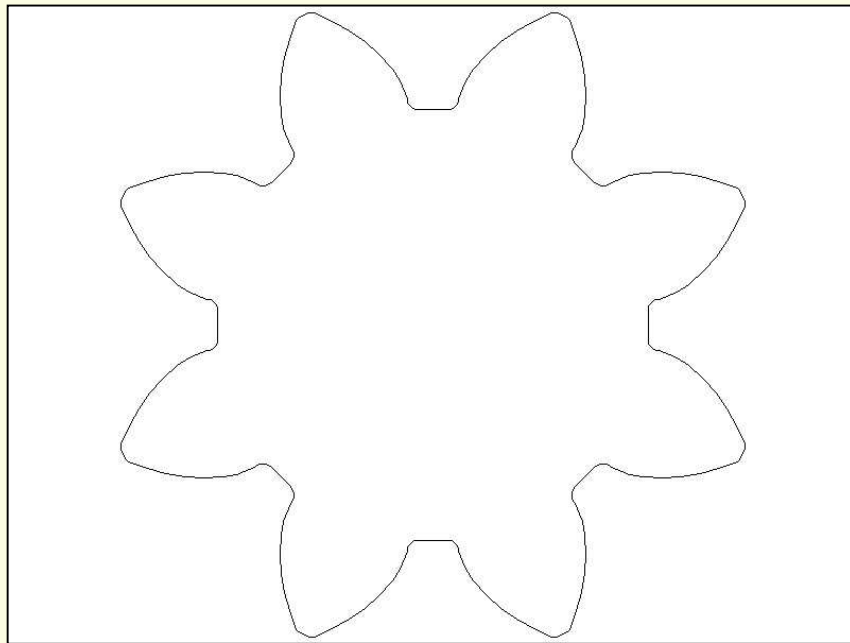
Geometrie (Detailansicht des unteren Zahnendes),
ohne Netztopologie



Geometrie (Detailansicht des unteren Zahnendes),
mit Netztopologie

*Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein
Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen*

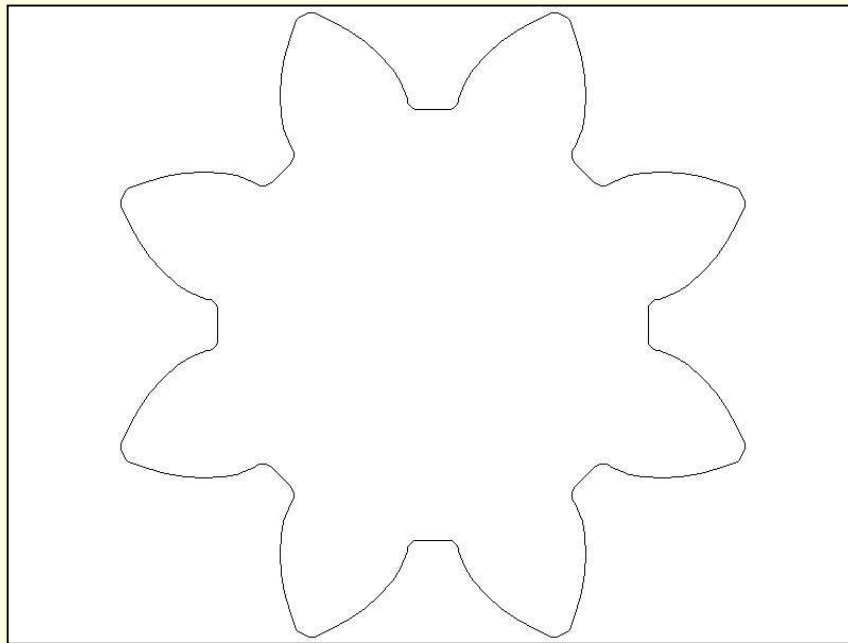
Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch



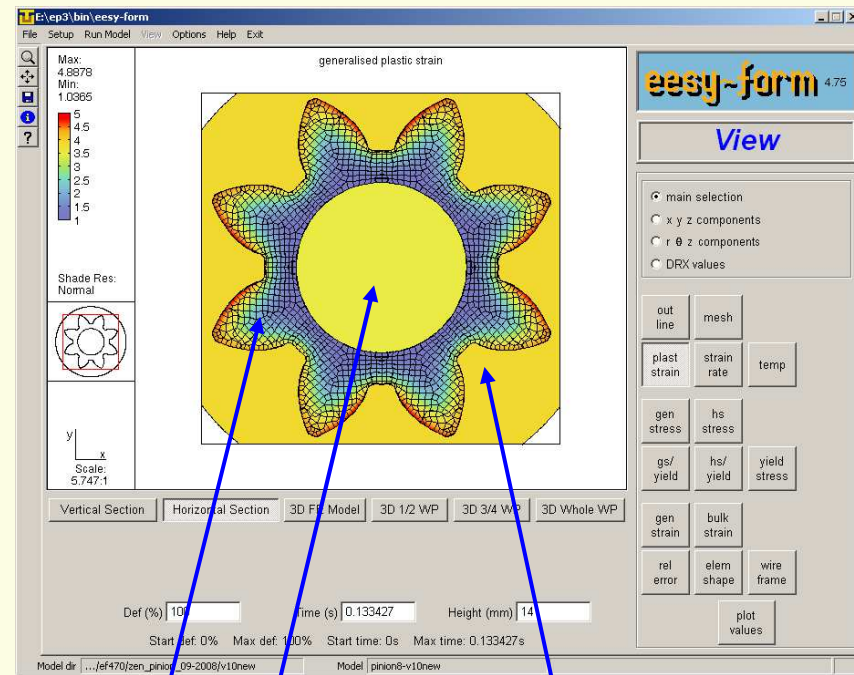
Vermessenes Zahnprofil

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch



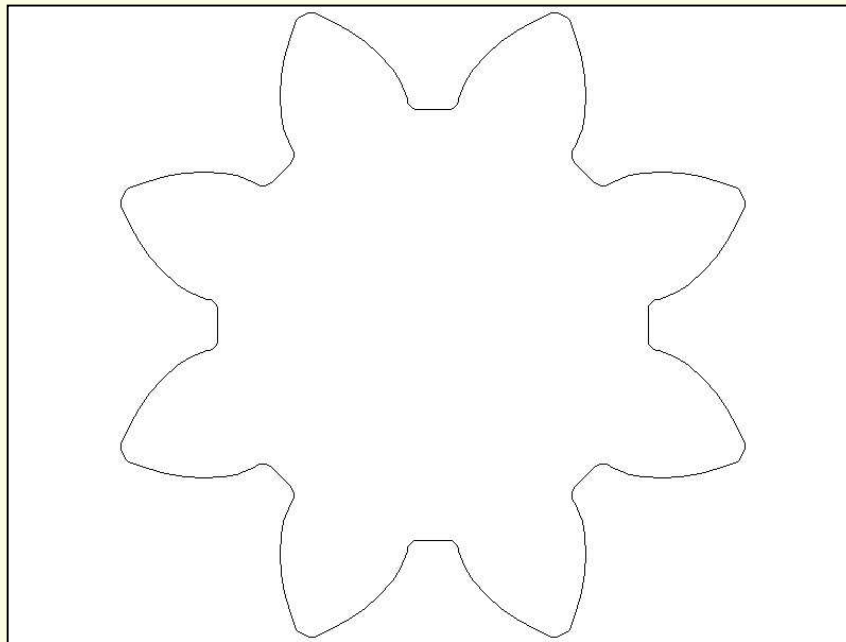
Vermessenes Zahnprofil



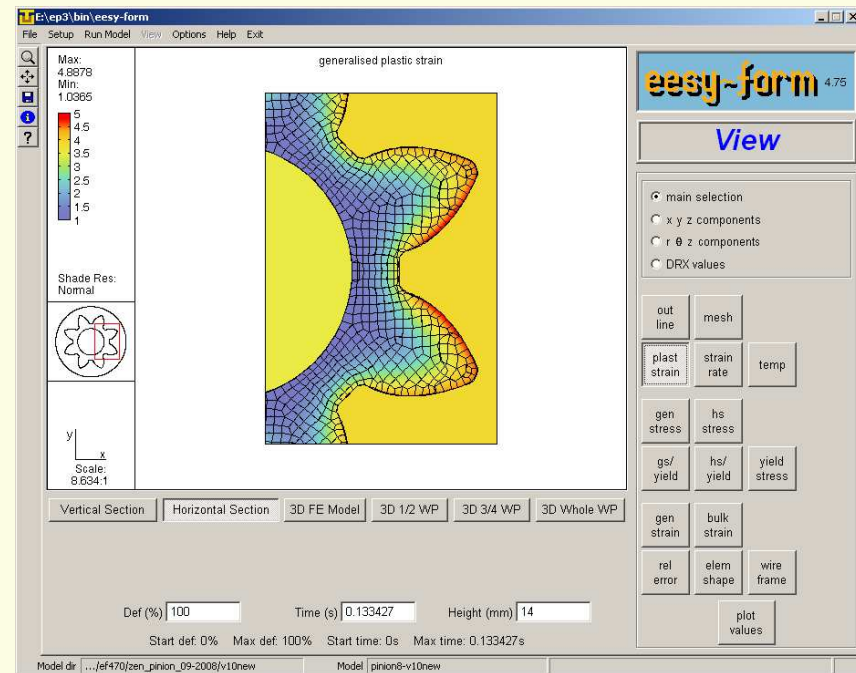
Querschnittsansicht (horizontaler Schnitt durch Bauteil, Oberwerkzeug und Unterwerkzeug), hier: Umformgradverteilung

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch



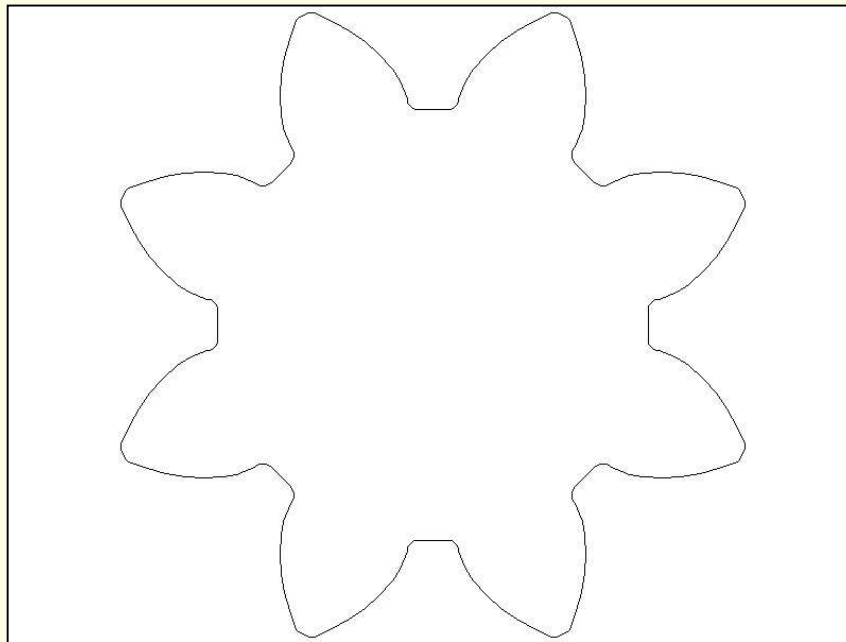
Vermessenes Zahnprofil



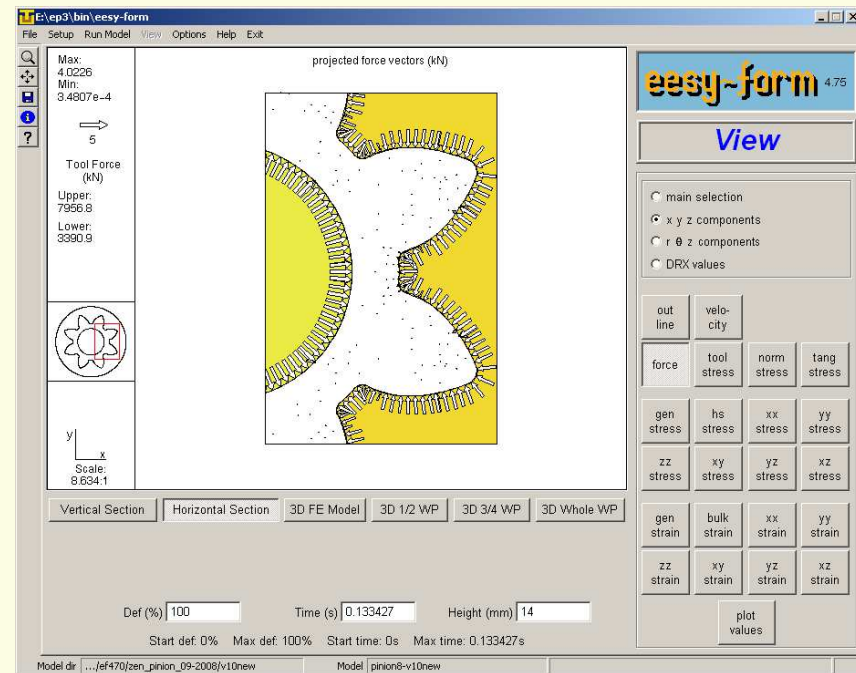
Querschnittsansicht (horizontaler Schnitt durch Bauteil, Oberwerkzeug und Unterwerkzeug),
hier: Umformgradverteilung

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch



Vermessenes Zahnprofil



Querschnittsansicht (horizontaler Schnitt durch Bauteil, Oberwerkzeug und Unterwerkzeug),
hier: Werkzeugkontaktkräfte

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch

Fazit:

Die Umformsimulation liefert sowohl bezüglich der Ausbildung der unteren Zahnenden als auch bezüglich der Ausschmiedung des Zahnprofils ausreichend präzise Informationen.

Soll-Ist-Vergleiche einfacher und komplexer Schmiedesimulationen als ein Beitrag zur experimentellen Validierung von Prozesssimulationen

Beispiel 5: Ritzel („Pinion“), untere Zahnenden asymmetrisch

Fazit:

Die Umformsimulation liefert sowohl bezüglich der Ausbildung der unteren Zahnenden als auch bezüglich der Ausschmiedung des Zahnprofils ausreichend präzise Informationen.

***Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit***