

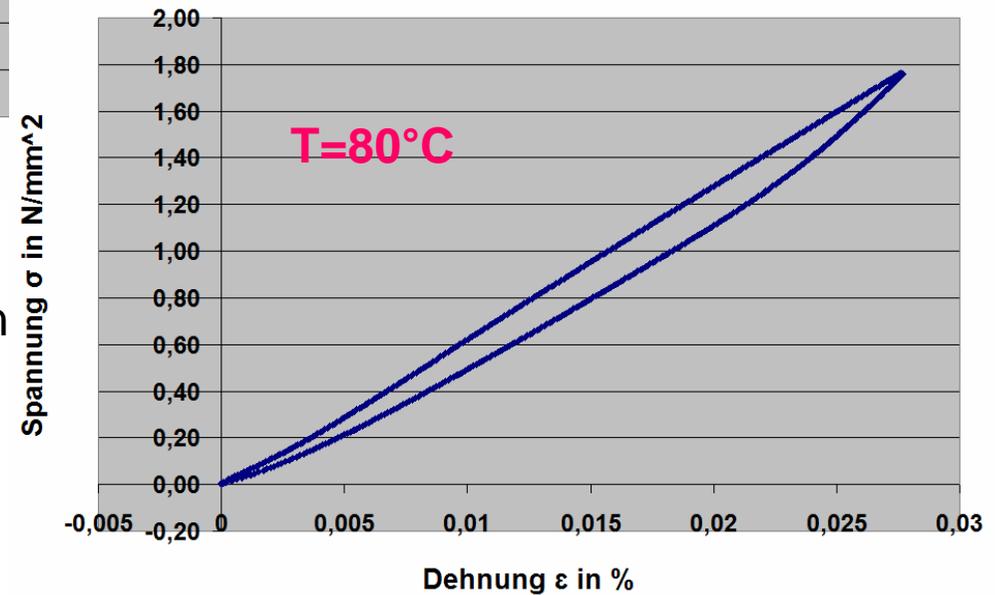
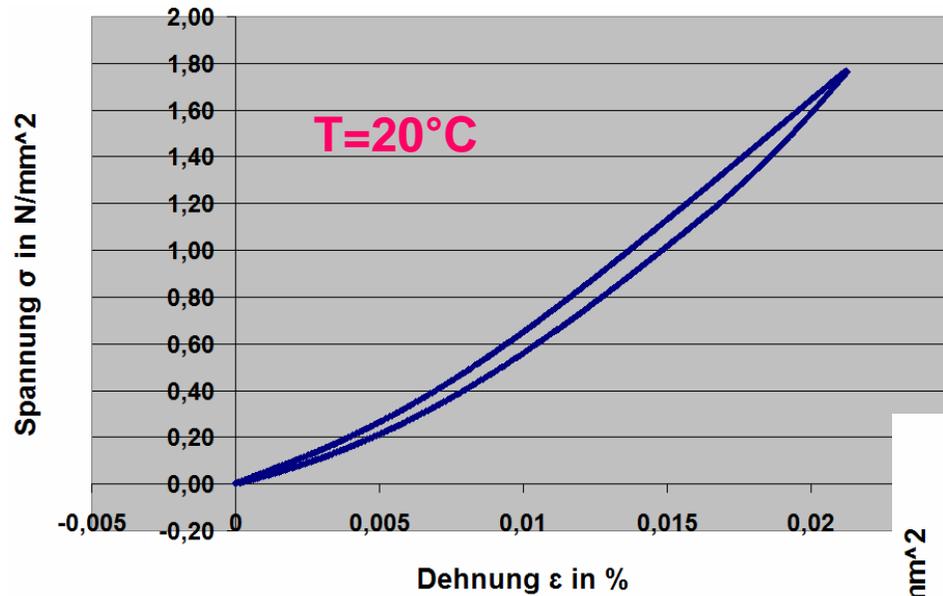
Projekt InnoRad

Dr. Gunnar Rückner

Agenda

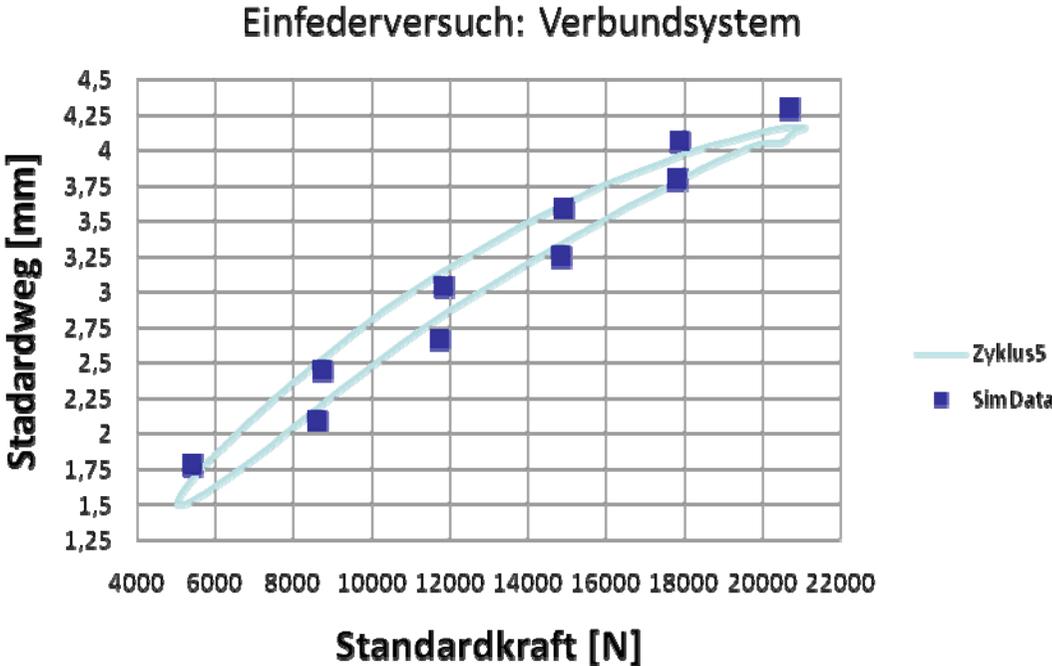
- 1. Werkstoffverhalten/Materialmodell**
- 2. Experimente**
 - 1. Große Dehnungen**
 - 2. Validierungsexperimente Gesamtrad**
- 3. Numerik**
- 4. Zeitplanung & Finanzplanung (MTL)**

1. Materialkennndaten Vulkollan



Belastungsgeschwindigkeit: $v=6\text{mm/min}$
Belastung: 0-0.5t
Probe: 60x40mm

Numerische & experimentelle Einfeder-versuche am Verbundsystem Rad



Große Dehnungen – Hyperelastische Materialmodelle

Elastisches Potential (Energiedichte)

$$U = f(\bar{I}_1 - 3, \bar{I}_2 - 3) + g(J_{el} - 1).$$

Arbeit = Kraft * Weg

→ Kraft = Arbeit / Weg

→ Spannungs-Dehnungsbeziehungen

Beispiel: Neo Hooke (kompressibel)

$$U = C_{10}(\bar{I}_1 - 3) + \frac{1}{D_1}(J_{el} - 1)^2, \quad J_{el} = \frac{J}{J_{th}}, \quad J_{th} = (1 + \varepsilon_{th})^3,$$

Anfangs Scher & Bulk Module

$$\mu_0 = 2C_{10}, \quad K_0 = \frac{2}{D_1}.$$

2.1 Experimente MTL : Große Dehnungen – Hyperelastische Materialmodelle

- **(quasi)-statische Druck- & Scherversuche**
- **Versuchsplanung abgeschlossen**
- **experimentelles Equipment & Proben in Fertigung**
- **teilweise im Rahmen einer Studienarbeit**

2.2 Experimente MTL: Validierungsexperimente Gesamtrad (statisch)

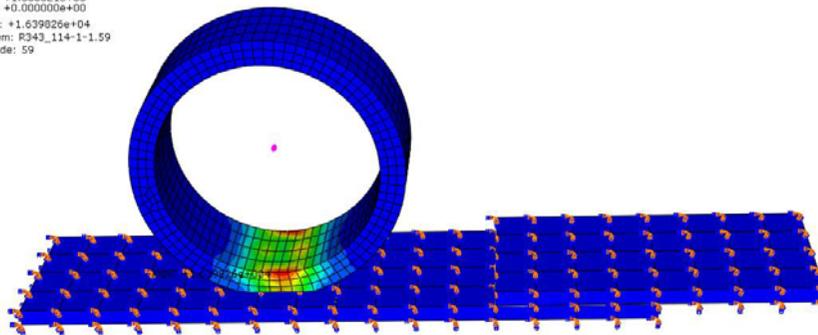
Übersicht:

- **Einfederkurven bei unterschiedlichen Kurven und/oder Reibeinflüssen (Sturz & Reibung)**
- **Geometrie: Radaufstandsfläche**
- **Torsionsfederversuche**
- **Querdehnungen**
- **Rotation unter Belastung bei Untergrundvariation**

STAND: Planungsphase

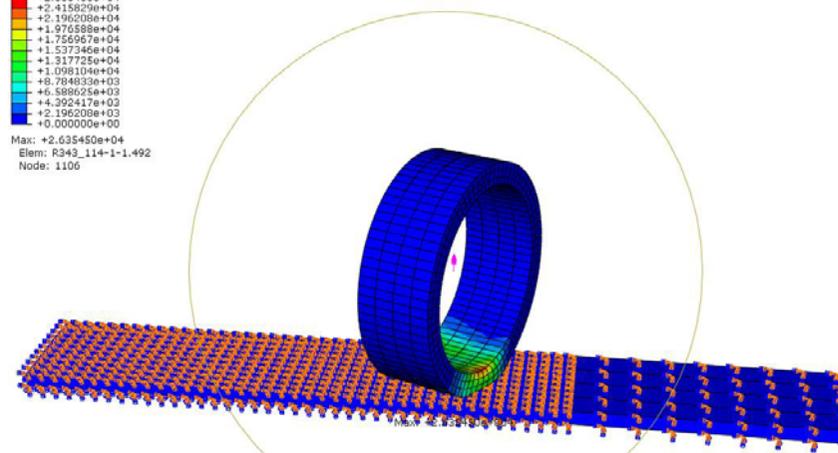
3. Numerik: Rollende Räder & Kante – Vergleich Explizit/Implizit

S, Mises
(Avg: 75%)
+1.639806e+04
+1.503174e+04
+1.366521e+04
+1.229809e+04
+1.092217e+04
+9.55650e+03
+8.199129e+03
+6.832607e+03
+5.466086e+03
+4.099564e+03
+2.733043e+03
+1.366521e+03
+0.000000e+00
Max: +1.639806e+04
Elem: R343_114-1-1.59
Node: 59



Step: Step-1
Increment 13548; Step Time = 4.0000E-02
Primary Var: S, Mises
Deformed Var: U, Deformation Scale Factor: +1.000000e+00

S, Mises
(Avg: 75%)
+2.635450e+04
+2.415823e+04
+2.196208e+04
+1.976588e+04
+1.756967e+04
+1.537346e+04
+1.317725e+04
+1.098104e+04
+8.784833e+03
+6.588625e+03
+4.392417e+03
+2.196208e+03
+0.000000e+00
Max: +2.635450e+04
Elem: R343_114-1-1.492
Node: 1106



Step: Step-3
Increment 71484; Step Time = 0.1400
Primary Var: S, Mises
Deformed Var: U, Deformation Scale Factor: +1.000000e+00

Numerik: Historie

- Start: impliziter Solver (Modellentwicklung)
- Wechsel Expliziter Solver (Besser für Kontaktrechnungen & hohe Dynamik) → rollendes Rad
- Thermische Rechnungen zwangsweise zurück zum impliziten Solver

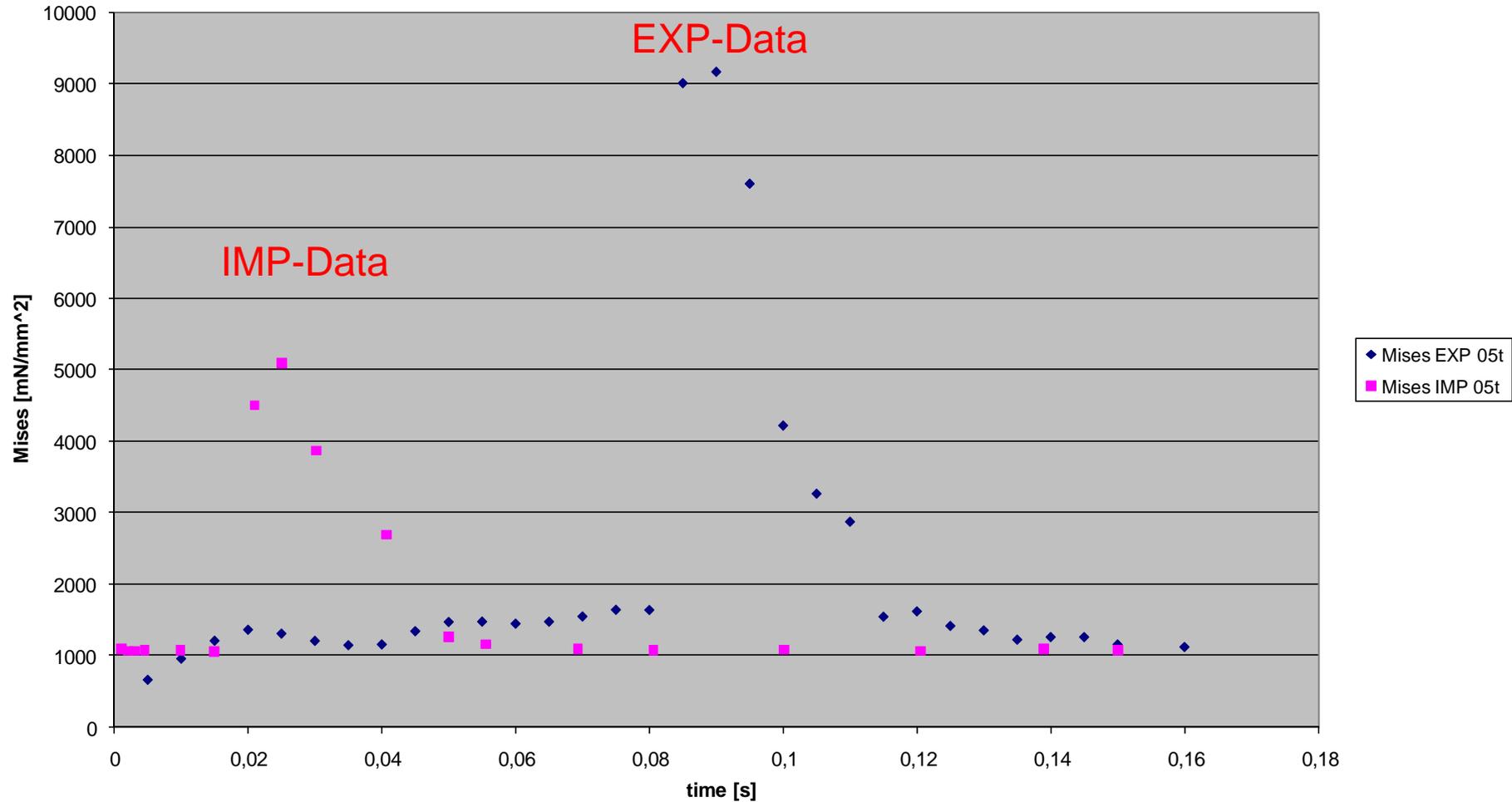
Zitat Abaqus Support:

„There is currently no possibility to consider heating by viscous dissipation in Abaqus / (Explicit).“

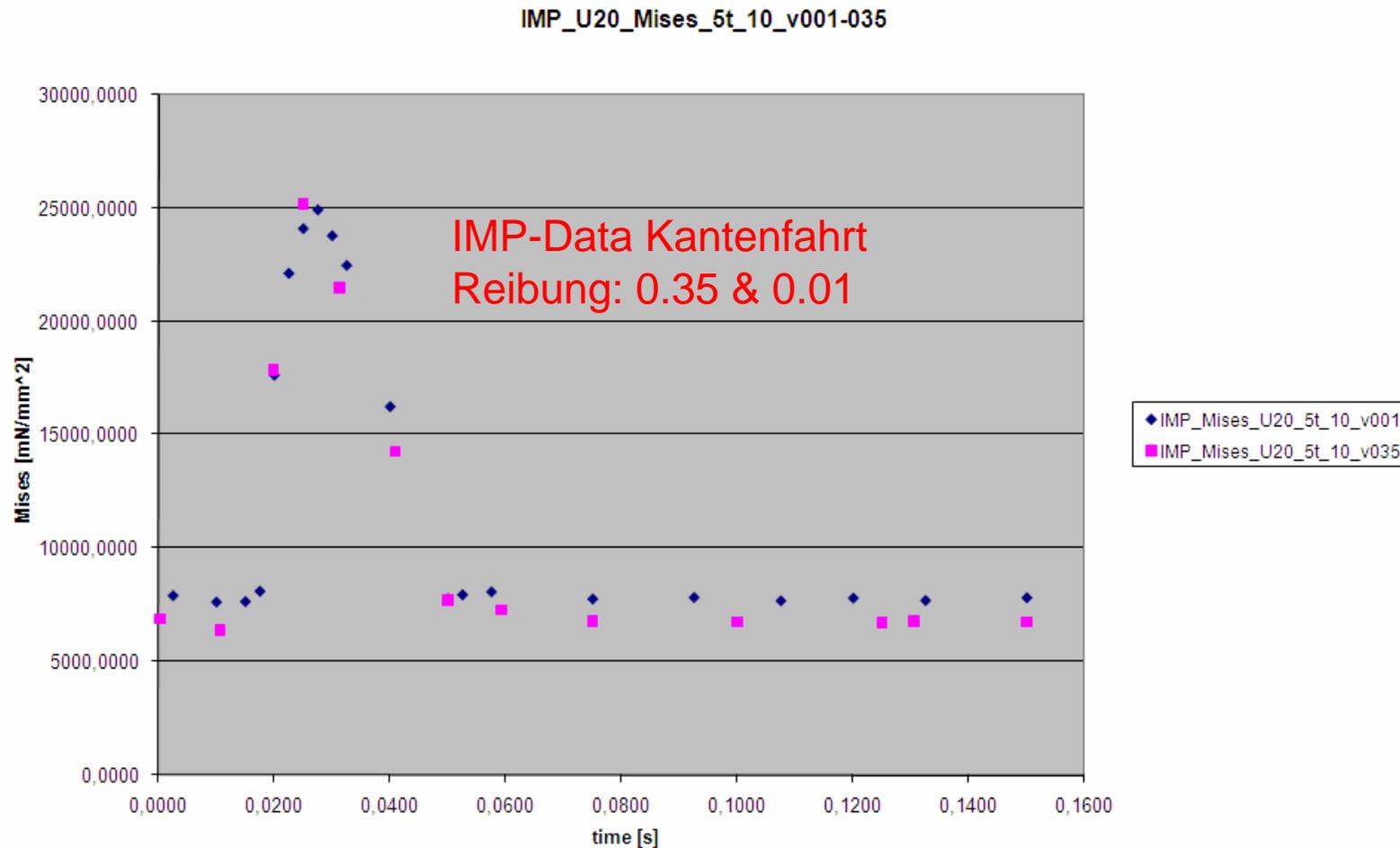
- Unterschiedliche Solvereigenschaften (Kontakt) & nicht identisches setting

Numerik: Rollende Räder & Kante – Vergleich Explizit/Implizit

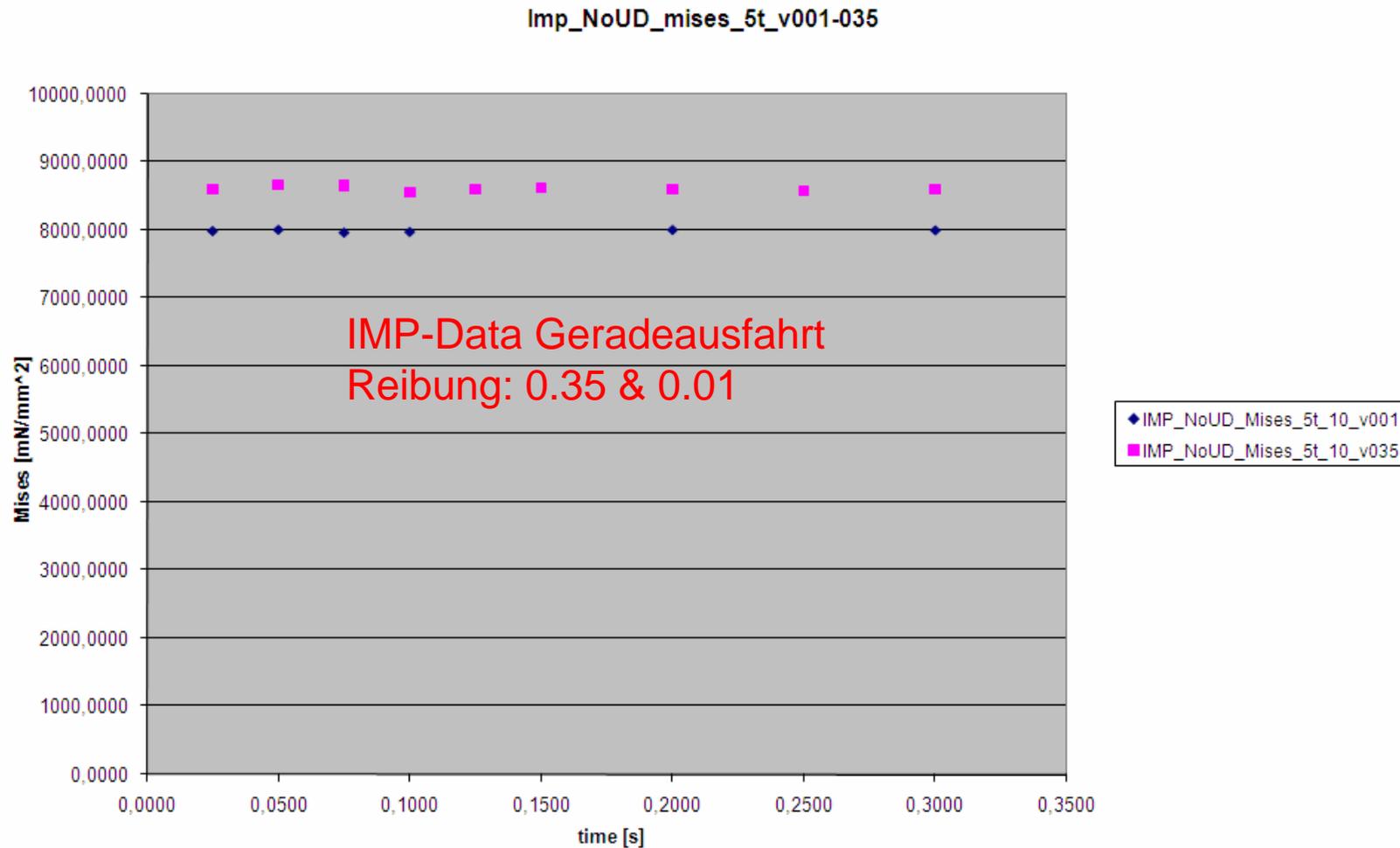
Exp-Imp U20 Mises 10kmh 05t



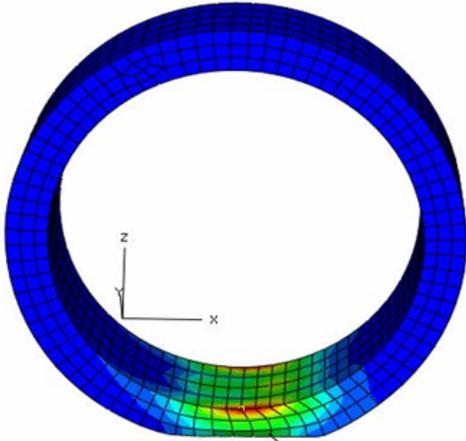
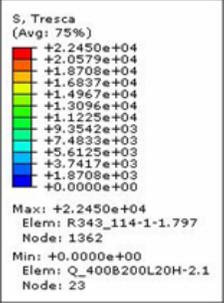
Numerik: Rollende Räder & Kante – Vergleich von Reibkoeffizienten



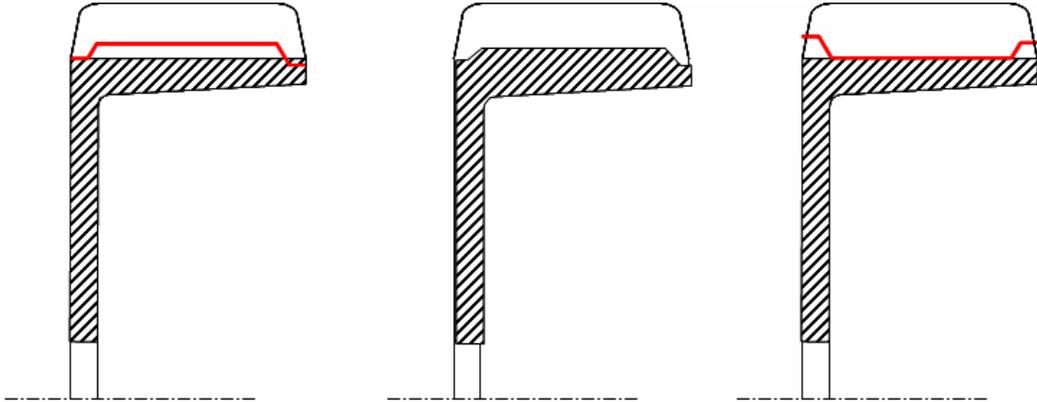
Numerik: Rollende Räder & Kante – Vergleich von Reibkoeffizienten



Numerik: Konstruktionsvorschlag



Max: +2.2450e+004



Programmierung Abaqus: Thermische Rechnungen

Zitat Abaqus Support:

„There is currently no possibility to consider heating by viscous dissipation in Abaqus / (Explicit).“

Herangehensweise:

Fortran Programmierung unter Ausnutzung von Hilfsroutinen zur thermischen Materialbeschreibung (impliziter Solver):

Berechnung Interne Energie (pro Element)

→ spezifische Wärmekapazität: (temperaturabhängige) exp. Daten vorhanden

→ numerische Integration bzgl. Temperaturabhängigkeit

→ Temperaturupdate (HETVAL / UMATH)

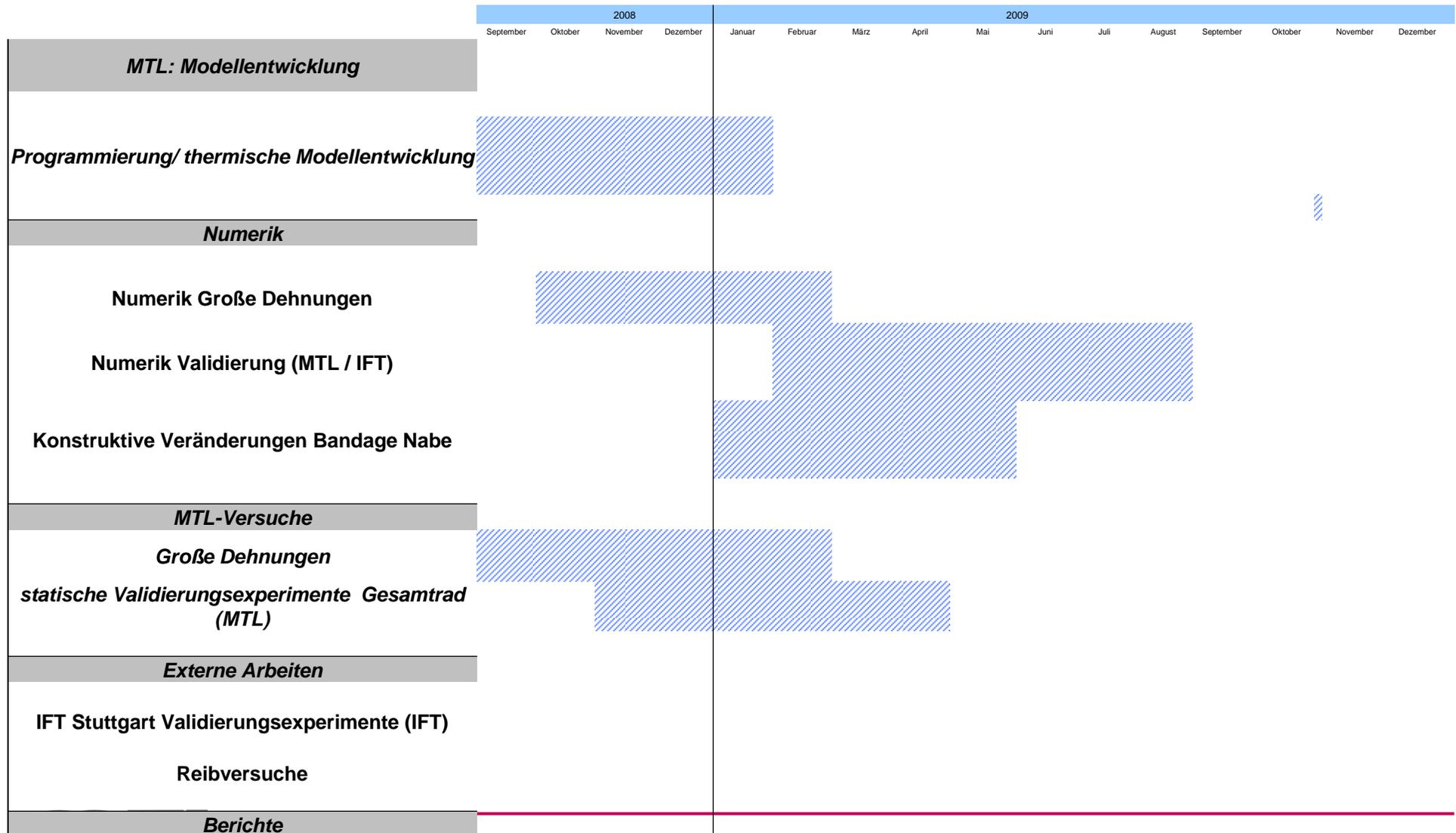
Direkt Wärmeflüsse (pro Element)

(DFLUX) (Wärmeleitfähigkeit \leftrightarrow konstant ??? (1 Messwert bei 21°C)

→ Benutzung weiterer Hilfsroutinen nötig (UFIELD, USDFLD unter Nutzung SDV)

Kalte Rechnungen mit Rotation (explizit / für hohe Lasten (Überlastfälle) Stufe down → Kontaktproblem \leftrightarrow impliziter Solver)

4. Zeitplanung



Finanzplanung

Mittel und Abruf 2008

ZE	Zuwendung	Abruf bis	Rest
KION Group	151.869,00	ZN	79.014,63
Räder Vogel	105.773,00	ZN	93.819,73
Bosch	103.548,00	ZN	93.803,85
Wicke	91.366,00	1. Qu.	70.078,90
Jungheinrich	109.529,00	1. Qu.	72.034,66
Bayer Mat.S	113.526,00	2Qu.	8.405,00
BW Uni HH	280.698,72	Jul 08	73.872,90
Uni Stuttgart	482.840,00	Jun 08	100.500,71
	1.439.149,72		591.530,38

MTL-Finanzplanung 2008/2009

Geldmittel MTL: 56667,51

2008

PK 28000

SK/RK 3000

Externe Arbeiten 5000

**Voraussichtlicher REST (2008):
21667,51**

2009

PK (WMA + St. HK) 72000

SK/RK 10000

Externe Arbeiten 10000

Saldo benötigte Geldmittel 2009: 72000

Danke