

Ein Neuer Radsensor zur Erfassung des multiaxialen Belastungsgeschehens an schienenengebundenen Nahverkehrsfahrzeugen

M. Kieninger^{*}, A. Rupp^{}, T. Gerlach^{***}**

*** Fraunhofer LBF;**

**** FH Kempten,**

***** Gutehoffnungshütte Radsatz GmbH, Oberhausen**



Fraunhofer



Institut
Betriebsfestigkeit
Systemzuverlässigkeit



Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

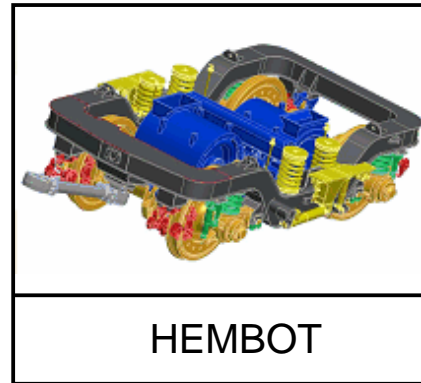
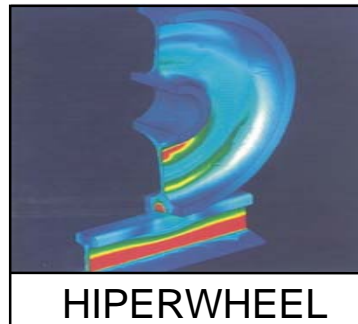
- 1938 Gründung als „Laboratorium für Betriebsfestigkeit“
- 1962 Aufnahme in die Fraunhofer-Gesellschaft
- 1973 Namensänderung in „Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit LBF“
- 1999 Evaluierung, kommissarische Leitung Prof. G. Müller , Konzept für Neuausrichtung

2001 Neuberufung und Kooperation mit TUD Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka



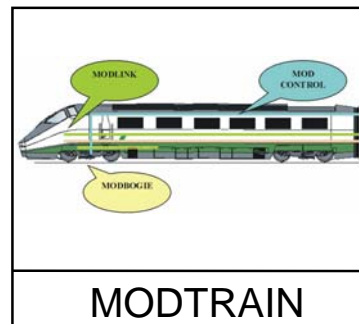
2004 Namenserweiterung in „Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF“

LBF-Beteiligung an Europäischen Forschungsvorhaben



5. Rahmenprogramm

6. Rahmenprogramm



7. Rahmenprogramm

Methodik zur zuverlässigen Entwicklung von aktuellen und zukünftigen Straßenbahnfahrwerken

Wo liegen die Herausforderungen?

- Niederflurfahrzeuge => neue Straßenbahnkonzepte
- Erhöhung Achslasten
- Fahrzeuge werden breiter und länger
- Leichtbau
- Lärm und Vibrationsreduzierung
- Verschleißreduzierung
- Minimierung Instandhaltung
- Kostendruck

=> Wie können die Herausforderungen gelöst werden?

Heutige Auslegungsvorgaben für schienengebundene Nahverkehrsfahrzeuge



UIC



TRF



DIN EN



DIN



ORE



BoStrab

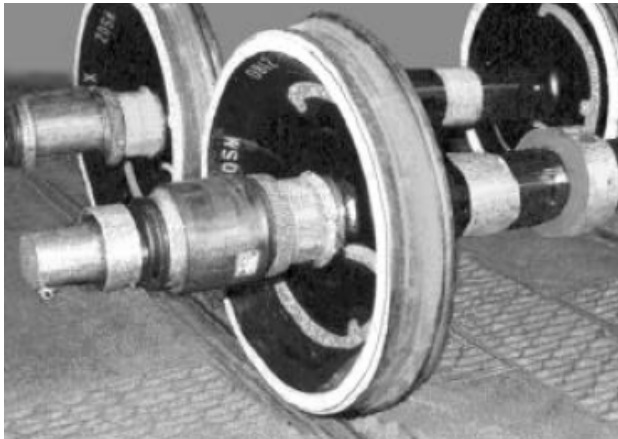


VDV 152

070417 - 37. SFT Graz

Aktuelle Technologien zur Messung von Rad-Schiene Kontaktkräften

Kanada



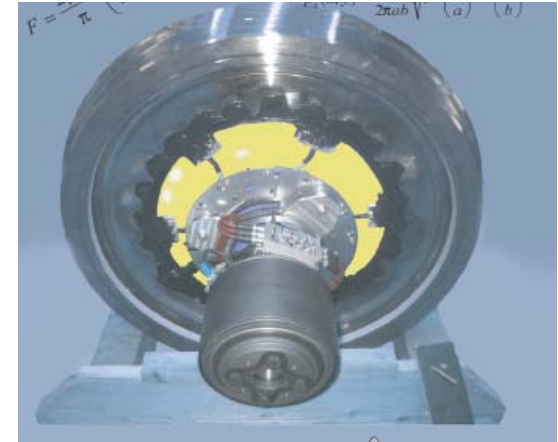
Quelle: Internet

USA



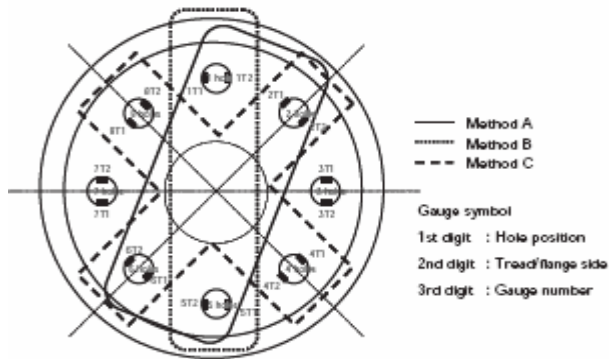
Quelle: Internet

Schweden



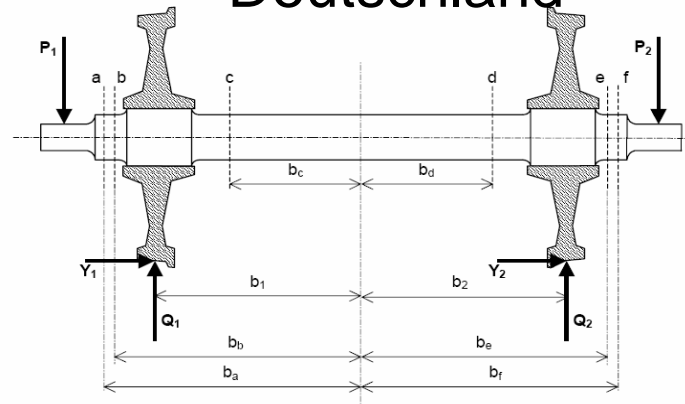
Quelle: Interfleet SFT Graz 2005

Japan



Quelle: Internet

Deutschland



Quelle: Internet

Italien
UK
...

070417 - 37, SFT Graz



Fraunhofer
Institut
Betriebsfestigkeit
Systemzuverlässigkeit



Wozu eine weitere Technologie zur Rad-Schiene Kontaktkrafterfassung ?



Höhere Ergebnisgüte (Genauigkeit, Übersprechen)



Messung von allen 6 Größen



Erhöhung der Anwendungsfreundlichkeit



Messungen mit gummigefederten Rädern

417 - 37. SFT Graz

Messräder für Nutzfahrzeuge



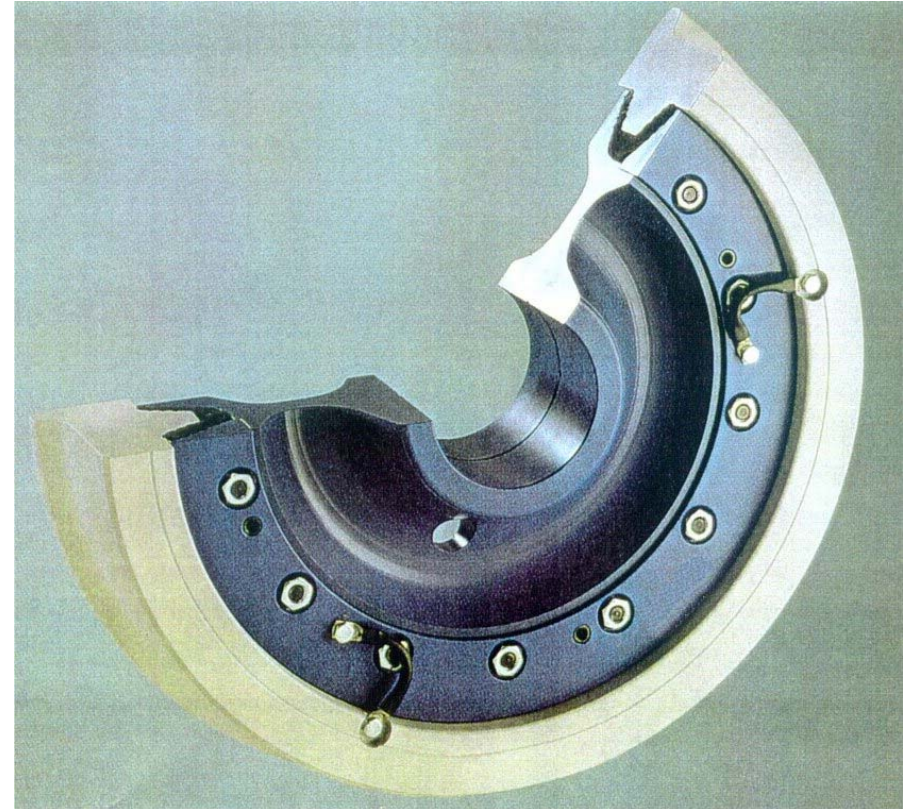
Quelle: Messrad zur zuverlässigen Erfassung der Belastungsbedingungen im Betrieb, A.Rupp

070417 - 37, SFT Graz

Das Projekt Schienenmessrad am LBF

Ziel:

**Entwicklung und Realisierung
eines Schienenmessrads zur
Messung von Radlasten
(3 Kräfte und 3 Momente)
an einer Straßenbahn in einer
deutschen Großstadt**



Quelle: Gute Hoffnungshütte Radsatz GmbH

Auswahl eines Fahrzeugtyps



Duewag / Siemens
Baujahr 1993/1997, Personen 59/111
Länge: 27,60 m, Breite: 2,35 m, Höhe: 3,37 m
Gewicht: 36,88 t, Motor: 8 x 50 kW
Anzahl Fahrzeuge: 38

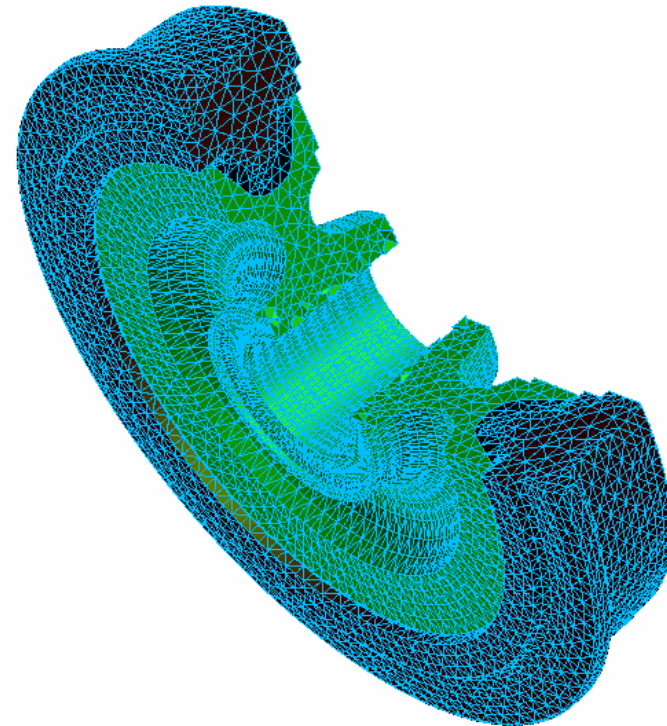
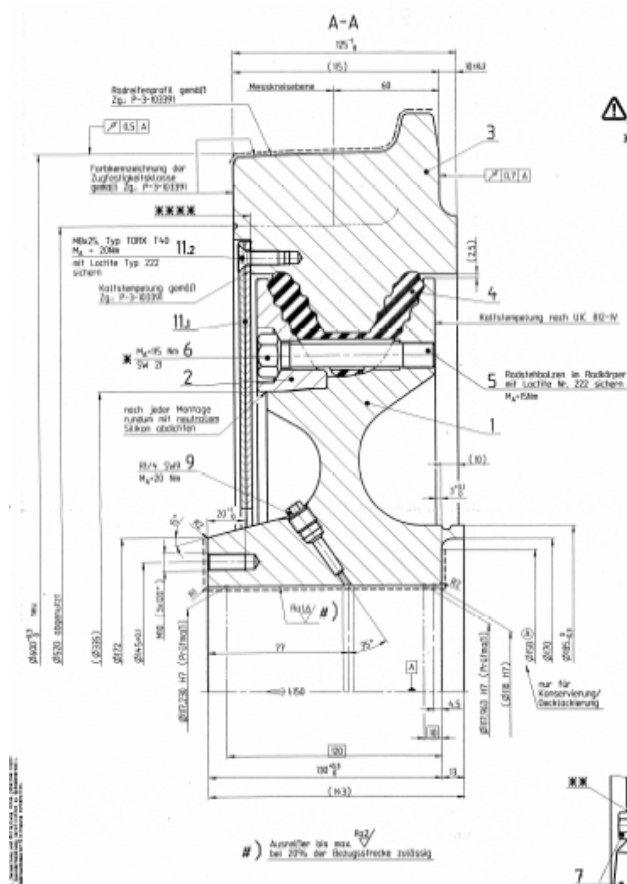


Bombardier Transportation
Baujahr 2003 bis 2007
Personen 64 (+6) / 115
Länge: 30,04 m, Breite: 2,40 m, Höhe: 3,49 m
Gewicht: 40,50 t, Motor: 4 x 105 kW
Anzahl Fahrzeuge: 65

070417 - 37. SFT Graz

Quelle: <http://www.vgf-ffm.de/vgf/501.jsp>

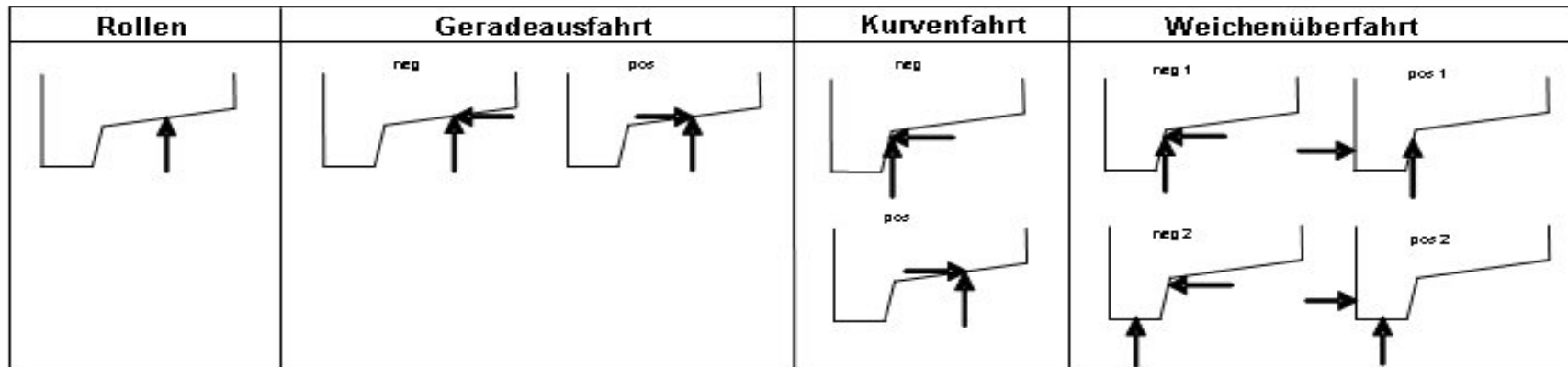
Gummigefederte V60 Rad für Nahverkehrsfahrzeuge (Gutehoffnungshütte Radsatz GmbH, Oberhausen)



070417 - 37. SFT Graz

Lastdaten - Rechnerische Betriebsfestigkeitsuntersuchung

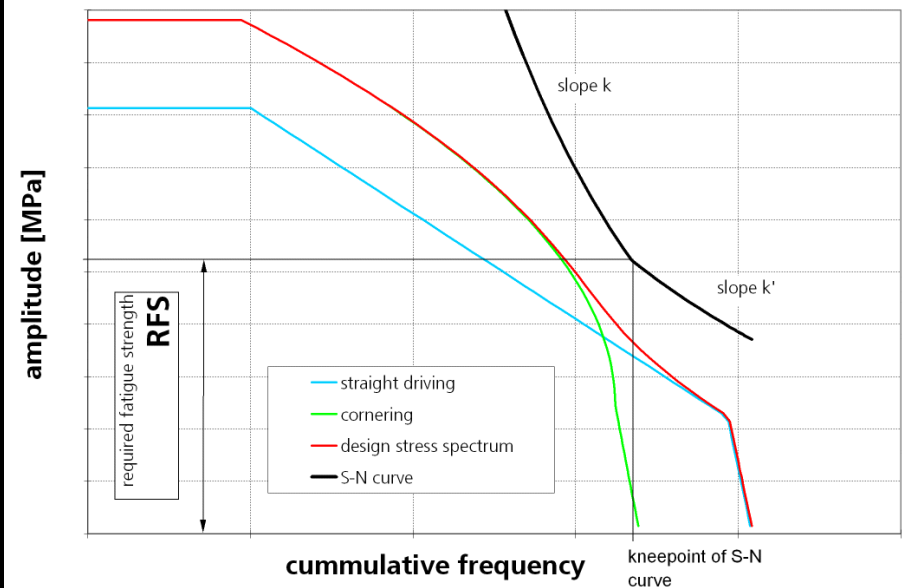
Physikalisch Lastfälle	Vertikallast	Laterallast
Ideales Rollen	$F_{v,stat} = 46,0 \text{ kN}$	
Geradeausfahrt	$F_{v,sr} = 91,0 \text{ kN}$ ($n = 1,98$)	$F_{l,cor} = + 36,3 \text{ kN}$ ($n = 0,79$)
Bogenfahrt	$F_{v,cor} = 72,7 \text{ kN}$ ($n = 1,58$)	$F_{l,cor} = + 36,3 \text{ kN}$ ($n = 0,79$)
Weichenüberfahrt	$F_{v,ps} = 91,0 \text{ kN}$ ($n = 1,98$)	$F_{l,sh} = + 50,1 / - 36,3 \text{ kN}$ ($n = + 1,09 / - 0,79$)



Kollektiv - Rechnerische Betriebsfestigkeitsuntersuchung

Einsatzprofil - Bemessungslebensdauer: 360.000 km

Physikalische Lastfälle	Häufigkeiten	Verteilung
Geradeausfahrt	$H/H_t = 0,58$ $H_n/H_t = 0,29$ $H_e/H = 5e-7$	Linear
Bogenfahrt	$H/H_t = 0,42$ $H_n/H_t = 0,21$ $H_e/H = 2,5e-5$	Gauss
Weichenüberfahrt	$H/H_t = 0,0015$ $H_n/H_t = 0,0$ $H_e/H = 0,00033$	Gauss

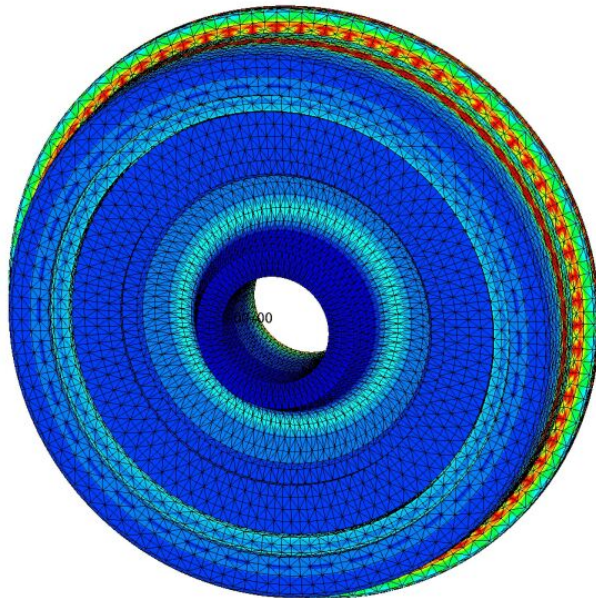


Ergebnisse RFS-Werte – Gesamt Sichtseite

neu

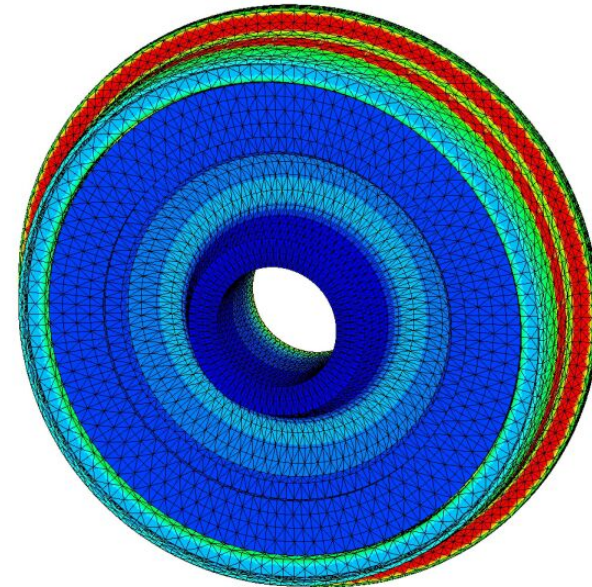
abgenutzt

MSC.Patran 2005 06-Jun-05 10:43:53
Fringe: RFS_1_rad, LBF.WheelStrength 1.08, VONM_SIGN, , (NON-LAYERED)








default_Fringe :
Max 3.33+02 @Nd 9300
Min 3.00+00 @Nd 1413

MSC.Patran 2005 06-Jun-05 10:26:23
Fringe: RFS_1_rad, LBF.WheelStrength 1.08, VONM_SIGN, , (NON-LAYERED)



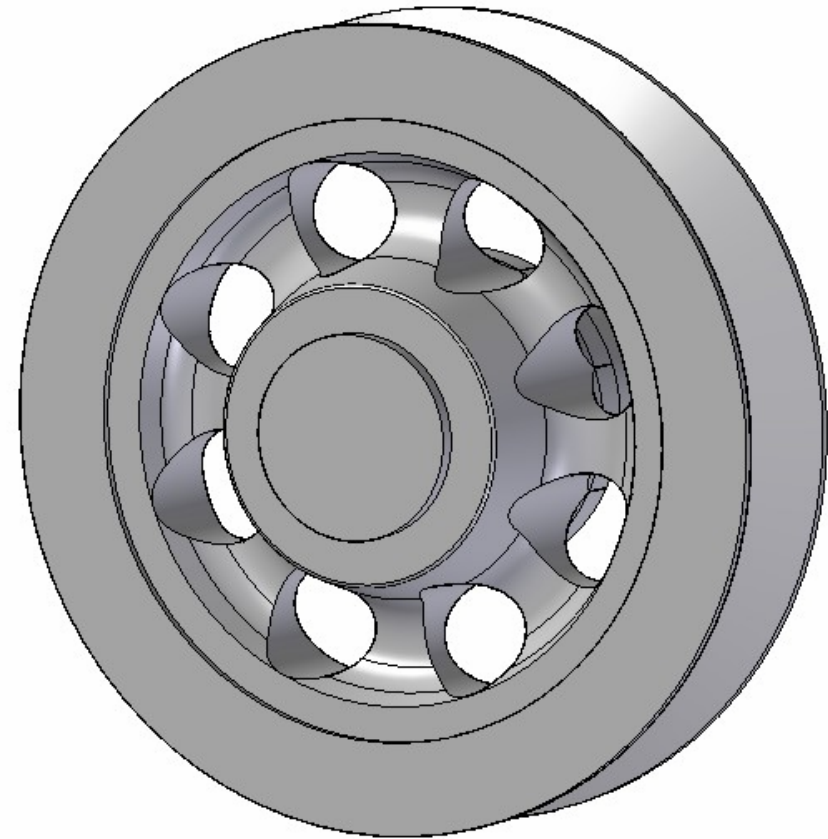
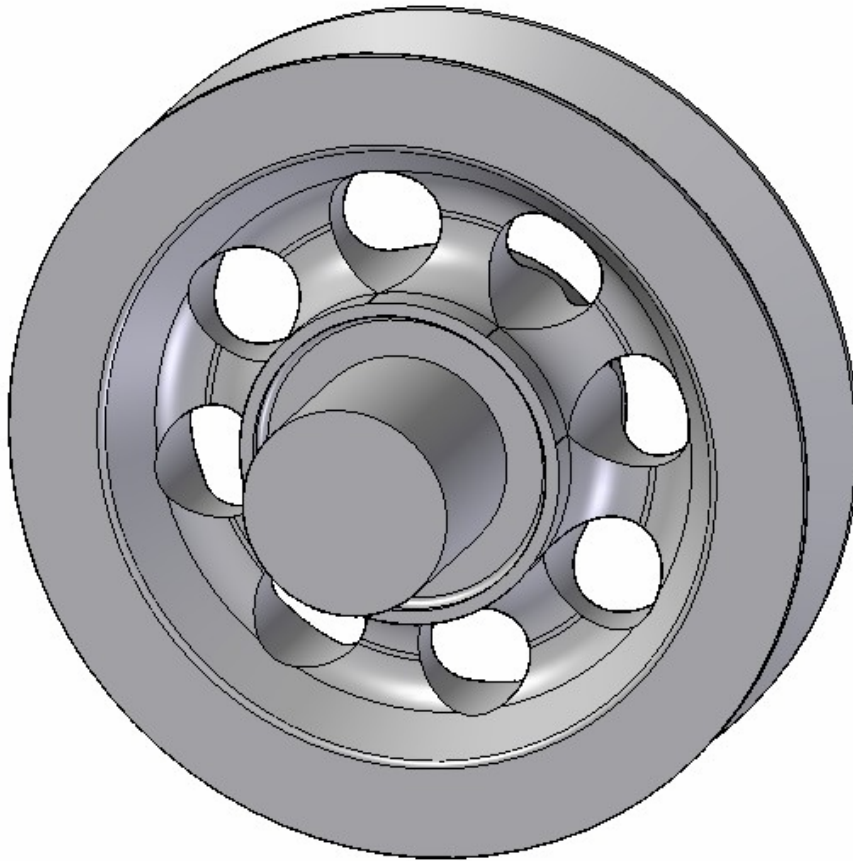
default_Fringe :
Max 2.67+02 @Nd 379808
Min 2.00+00 @Nd 2373

Wissenschaftliche Herausforderungen

-  Schwächung der Struktur zur Erhöhung der messbaren Dehnungen
optimale Geometrie für Fertigung,
-  Sicheres Design des Messrades,
-  Optimale Positionierung der Sensoren zur Messung von Vertikal-,
Lateral- und Longitudinalkräften und der Momente sowie der
Position des Rad-Schiene Kontaktes,
-  Optimale Position der Sensoren zur Minimierung von Übersprechen
-  Optimale Verschaltung der Dehnungsmessstreifen in Wheatstone
Brücken

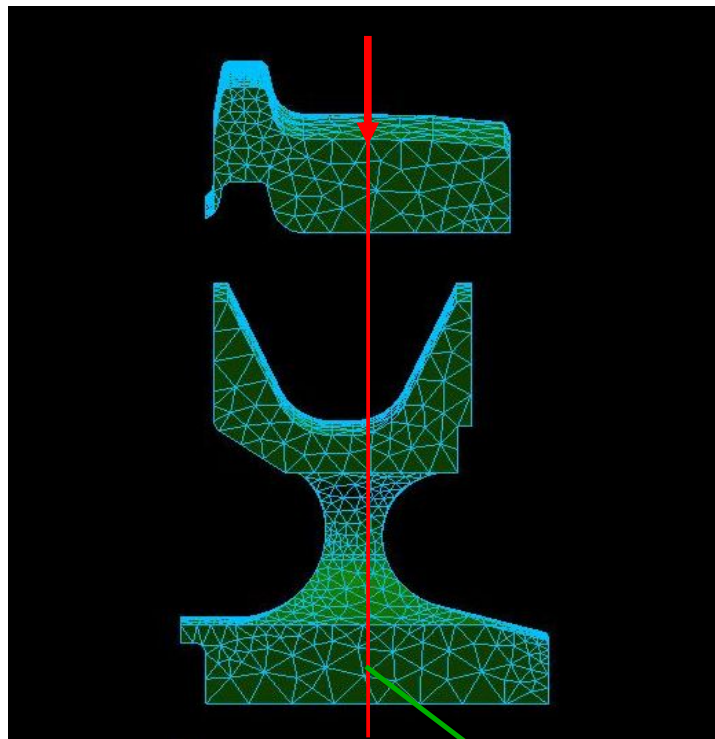
7-37 SFT Graz

Vorder- und Rückansicht der Messradgeometrie



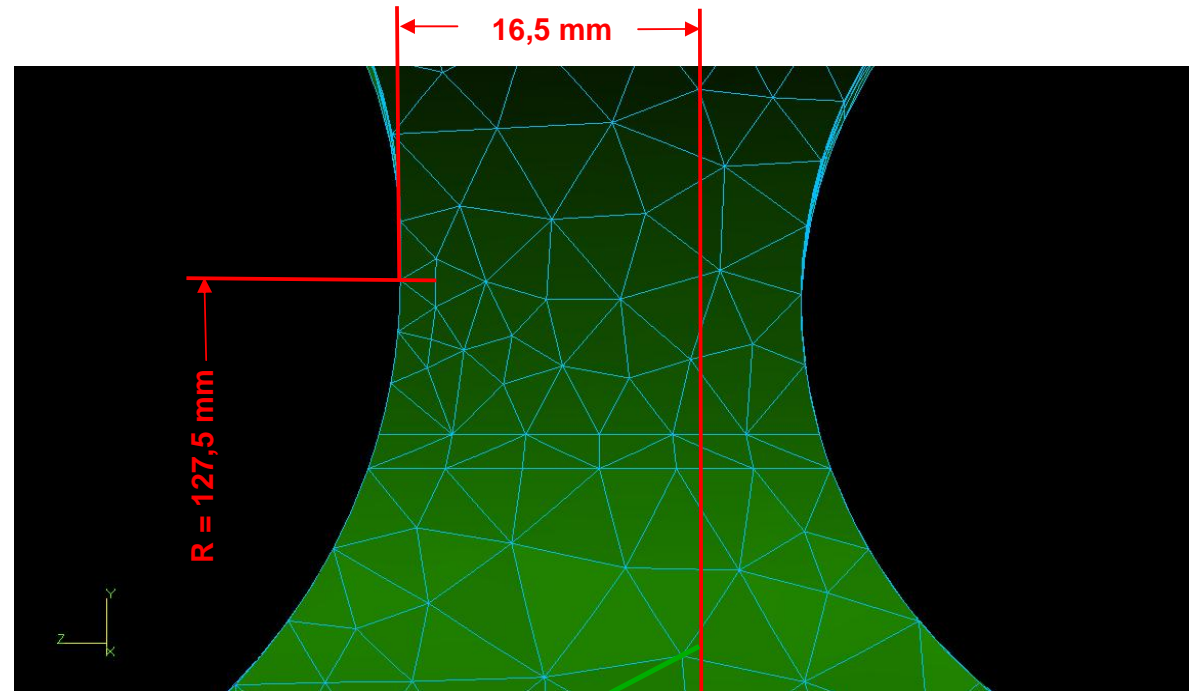
070417 - 37, SFT Graz

Wirkungslinie der vertikalen Kraft



Rückseite

Sichtseite



Rückseite

Sichtseite

Wirkungslinie der vertikalen Kraft

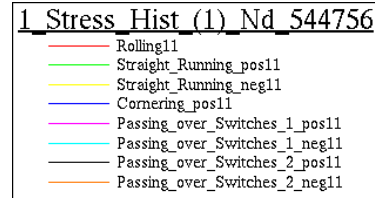
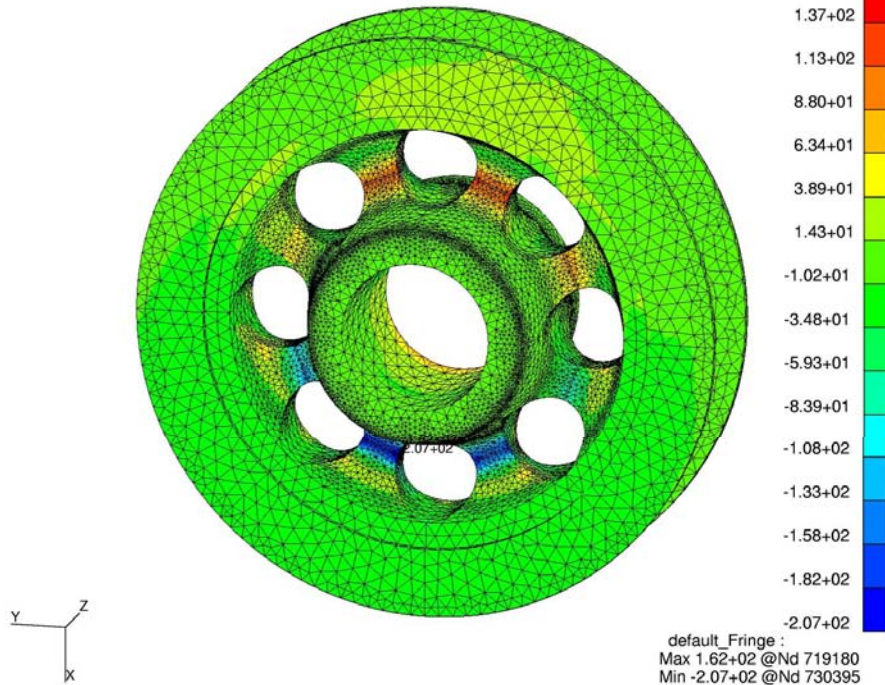
070417 - 37, SFT Graz

Ergebnisse Vergleichsspannung (Von Mises +/-)

Sichtseite Scheibe – Lastfall „Bogenfahrt positiv“ 2. Rechenschritt

Auswertung Bereich 1

MSC.Patran 2005 24-Aug-05 17:08:06
Fringe: Cornering_pos11_2, LBF.WheelStrength 1.09.002 BETA, VONM_SIGN, ., (NON-LAYERED)



Equivalent stress [MPa]

LBF.WheelStrength 1.09.002 BETA

Equivalent Stress: VON MISES SIGN

Required Fatigue Strength: 127 MPa

Damage Straight_Running: 0 %

Damage Cornering: 92 %

Damage Passing_over_Switches: 8 %

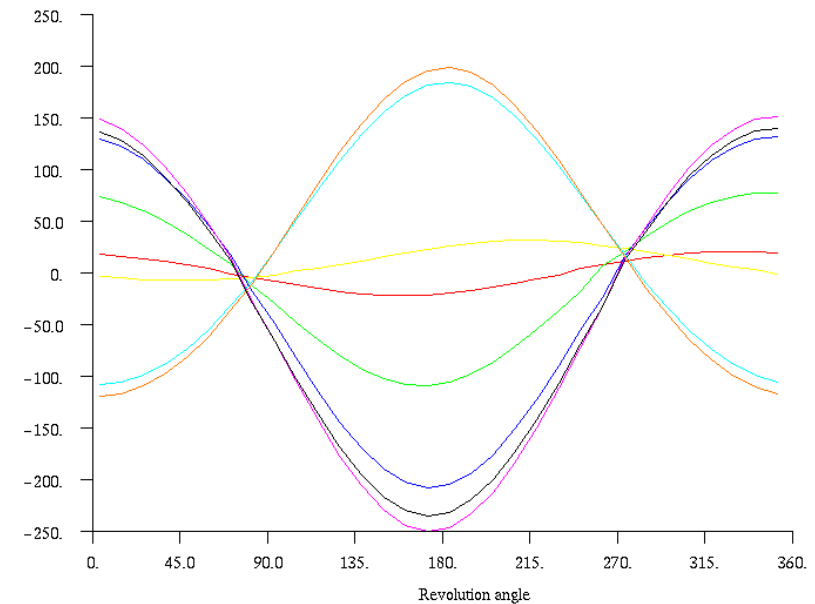
Stress: Min / Max / Ampl(tr)

Rolling: -23 / 20 / 21 MPa

Straight_Running: -110 / 76 / 92 MPa

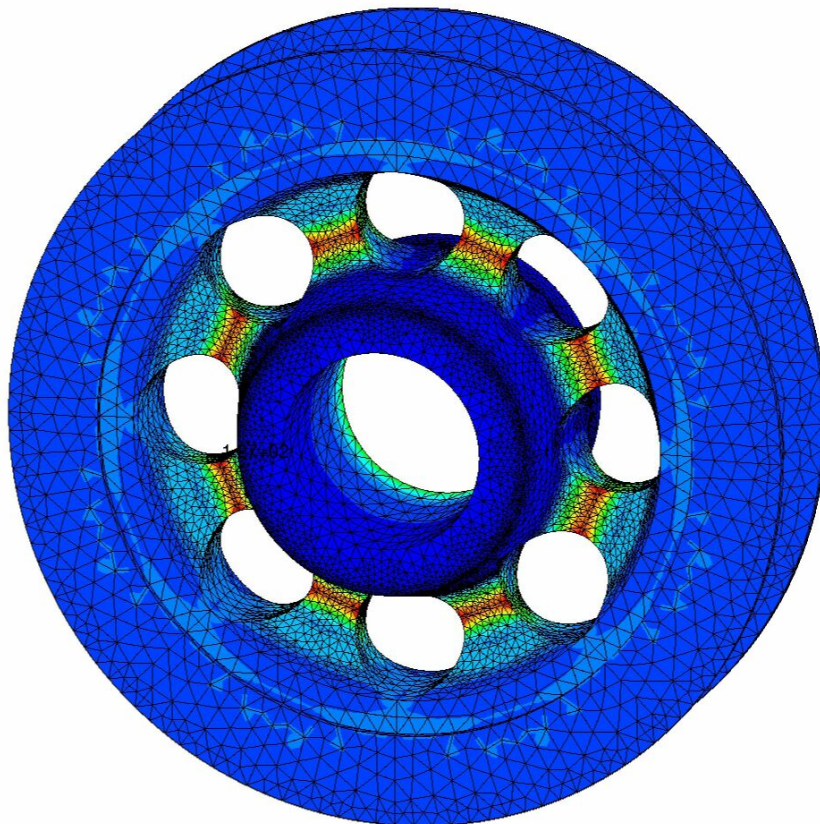
Cornering: -208 / 132 / 168 MPa

Passing_over_Switches: -250 / 198 / 223 MPa

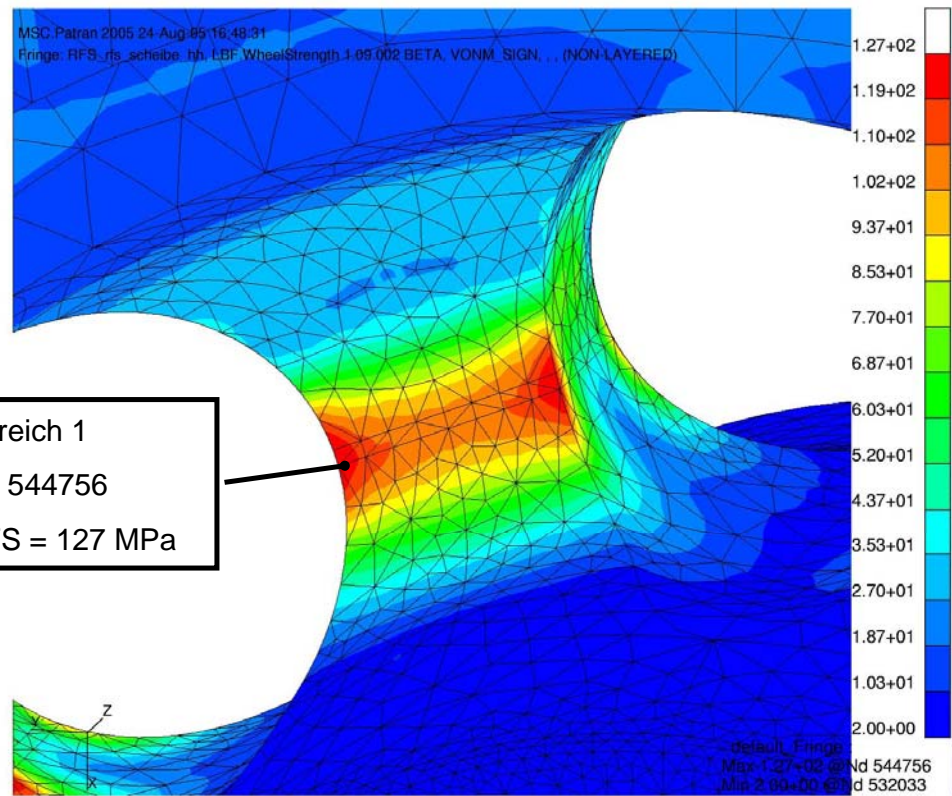


Ergebnisse RFS Werte

Sichtseite Scheibe

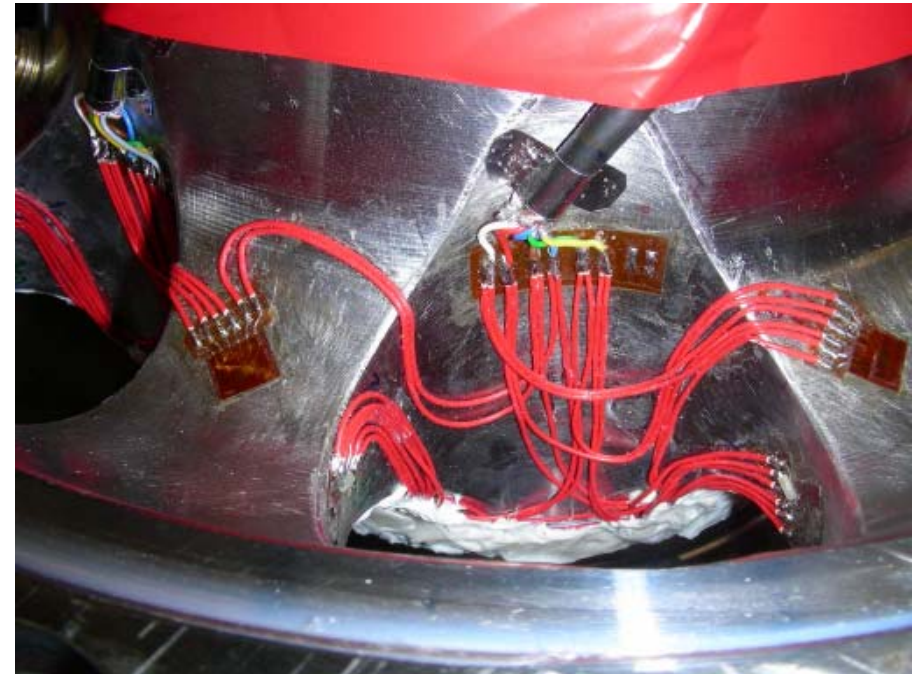
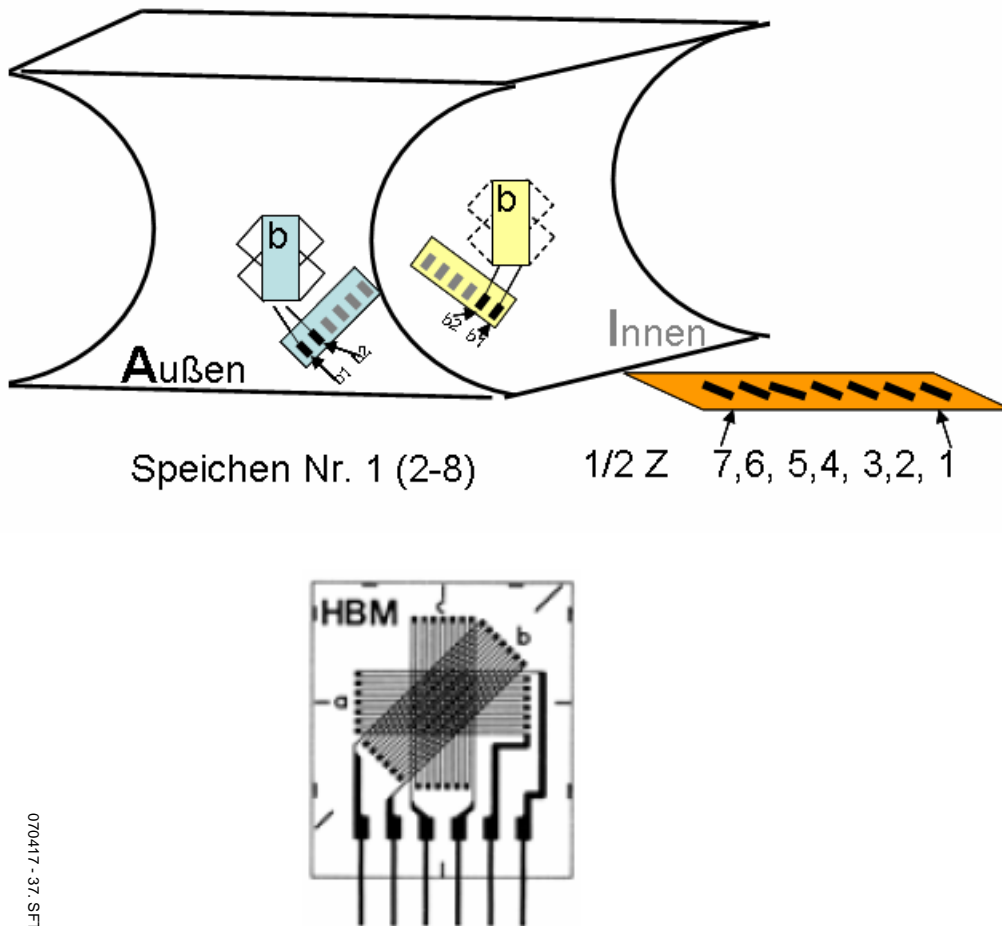


Bereich 1
Nd 544756
RFS = 127 MPa



Z
Graz

DMS Applikation – nach dem numerisch entwickelten Messstellenkonzept



070417 - 37. SFT Graz

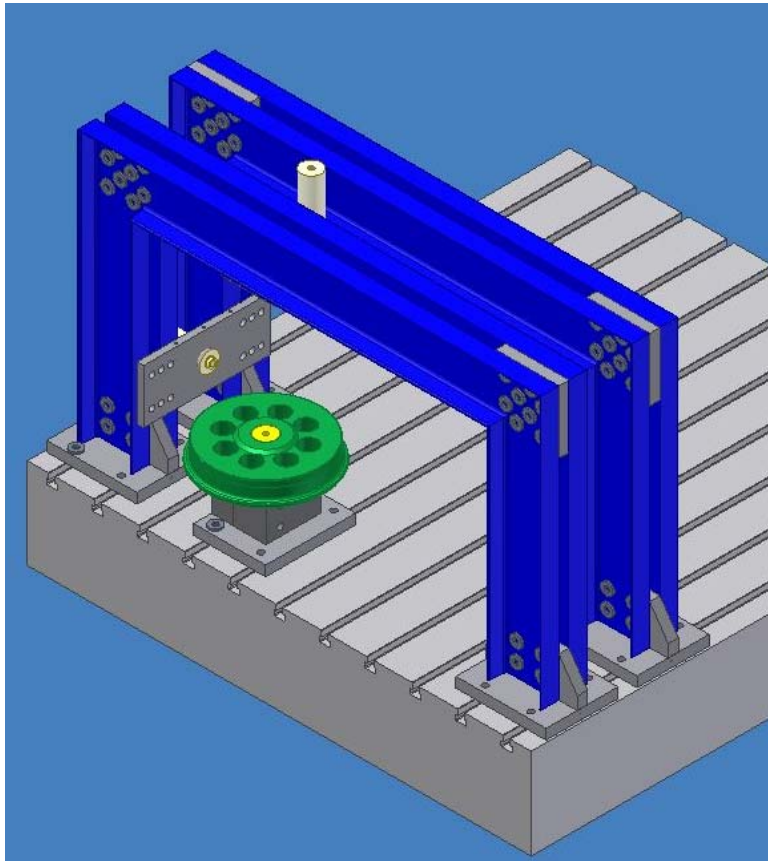
Instrumentiertes Schienenmessrad mit Verstärkerbox und Schleifringübertrager



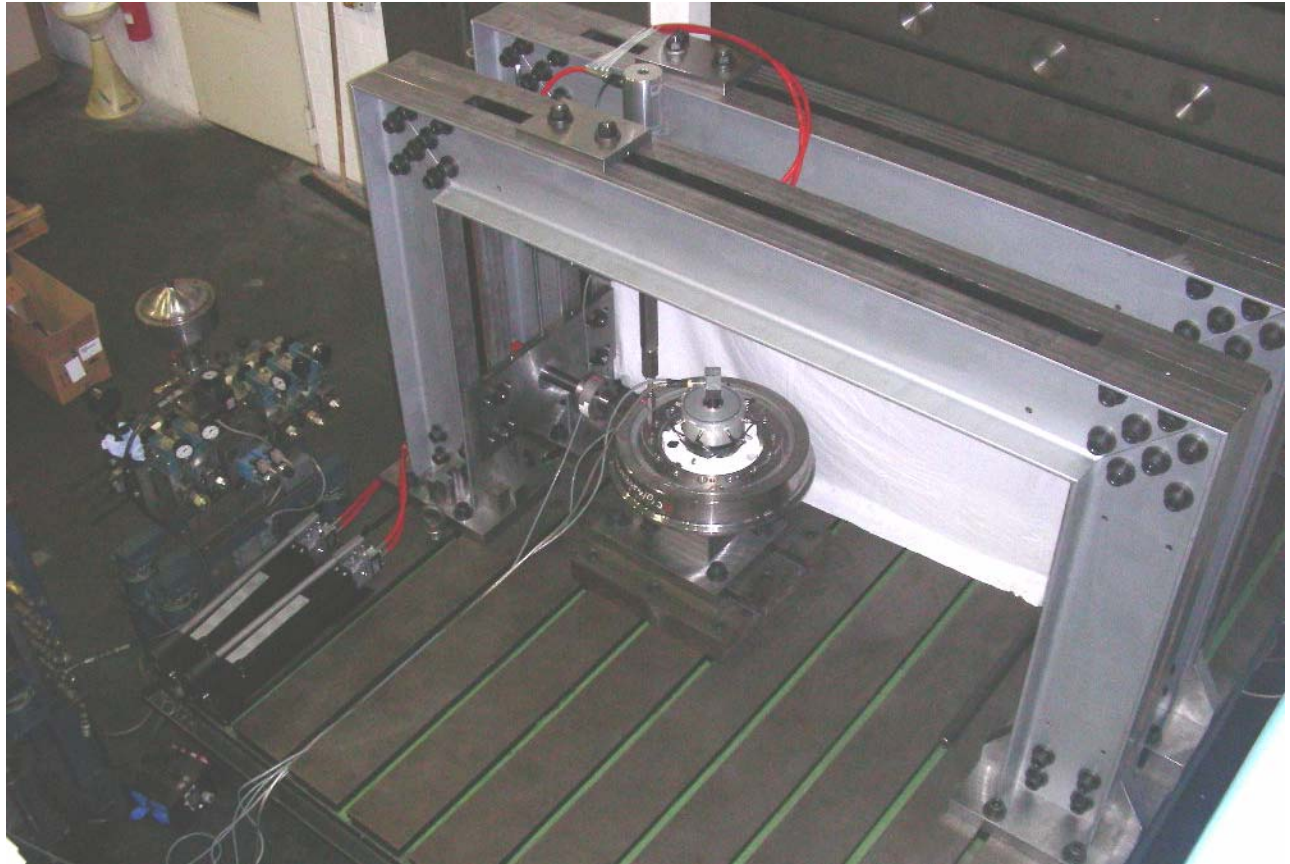
070417 - 37. SFT Graz

Schienenmessrad-Kalibrierstand




Kalibrierprozedur entsprechend Nutzfahrzeugmessrädern



Z. SFT Graz



Kalibrierprozedur angelehnt an Nfz-Messradkalibrierungen

-  Seitenkraft auf Radius 310mm der kleinen Bohrungen des Radreifens von außen in mindestens 4 (besser 8) Winkelpositionen in 5 Laststufen bis ca. 40kN 3 mal
-  Radialkraft möglichst weit außen FRa und weit innen FRi in mindestens 8 Winkelpositionen in 5 Laststufen bis ca. 80kN 3 mal
-  Umfangskraft in mindestens 4 Winkelpositionen über Verschraubung an Radreifen eingeleitet in 5 Laststufen bis ca. 10kN 3 mal

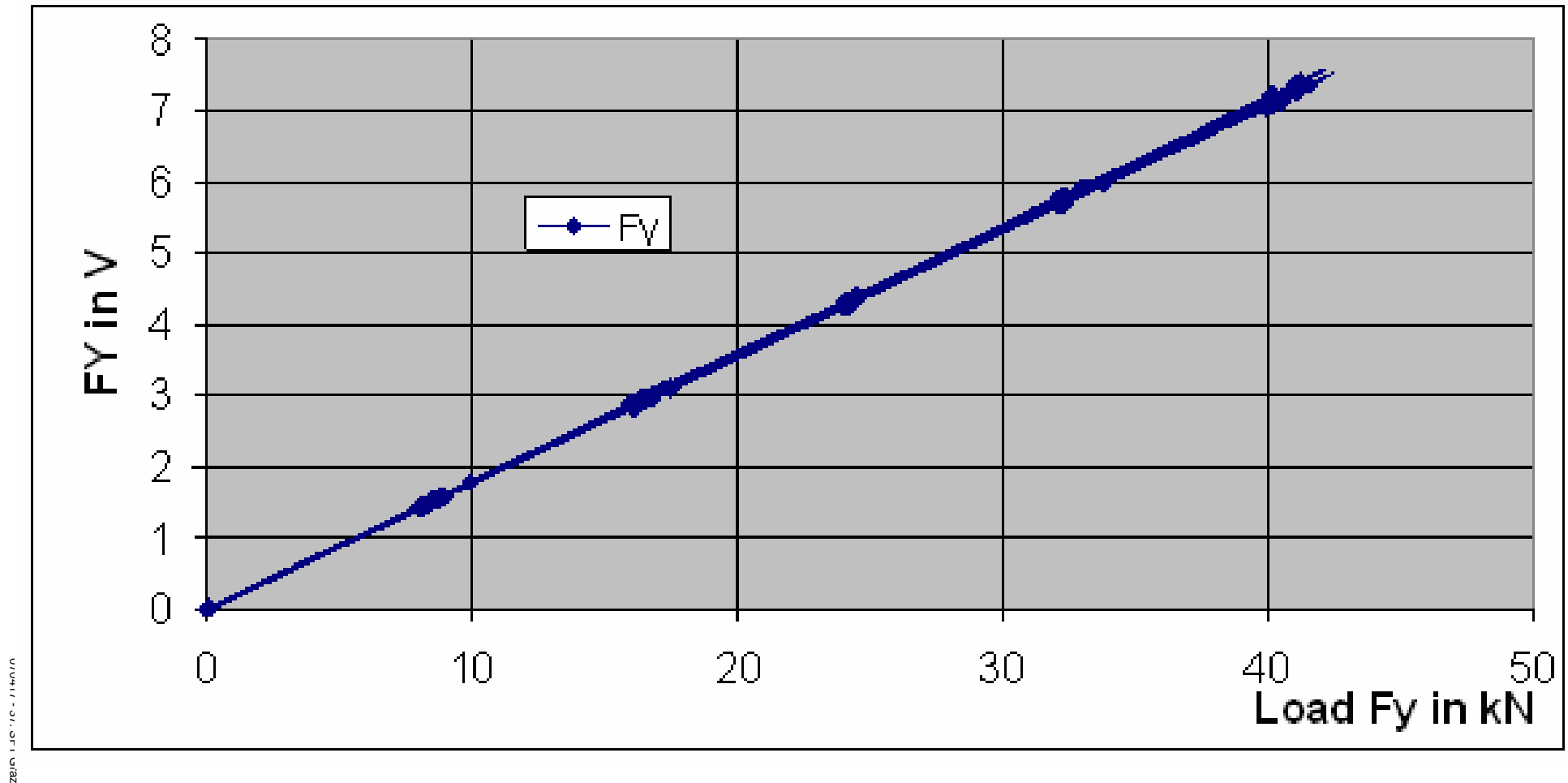
070417 - 37. SFT Graz

Calibration of the measuring wheel



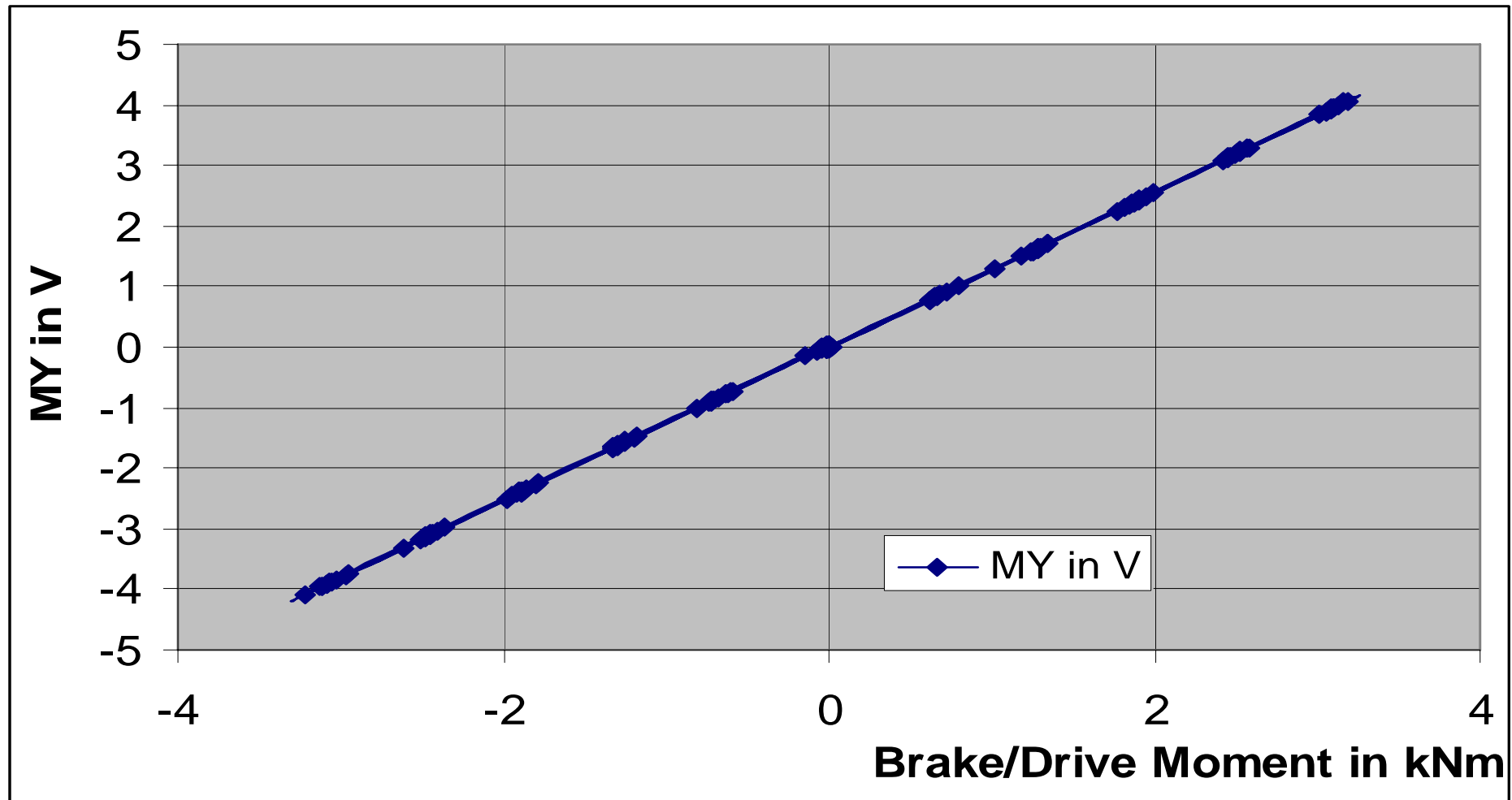
070417 - 37. SFT Graz

Kalibrierung der Seitenkraft



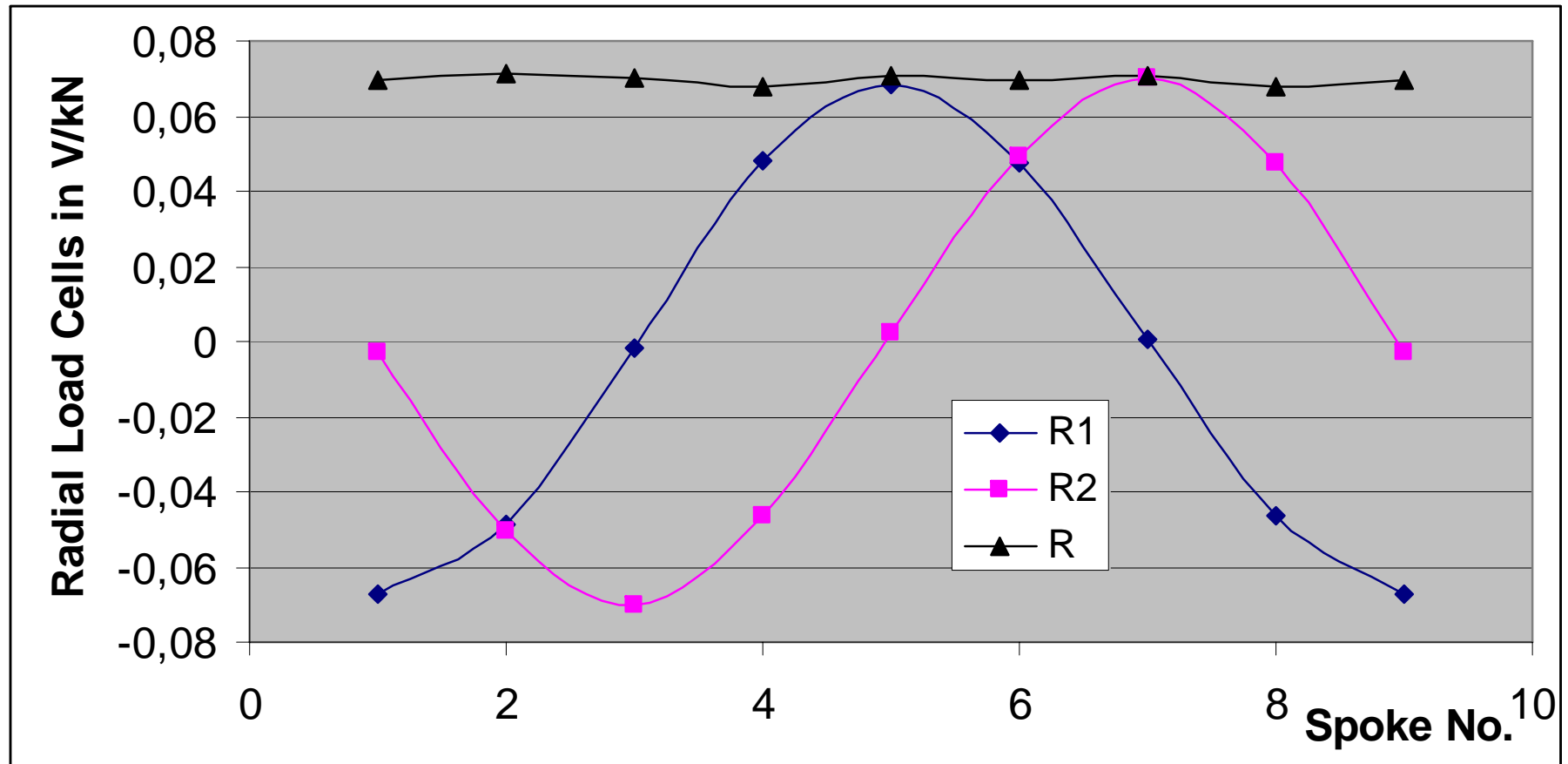
00001-01-011-0102

Brems- und Antriebsmomentkalibrierung



070417 - 37, SFT Graz

Radialkraftkalibrierung - Gleichförmigkeit



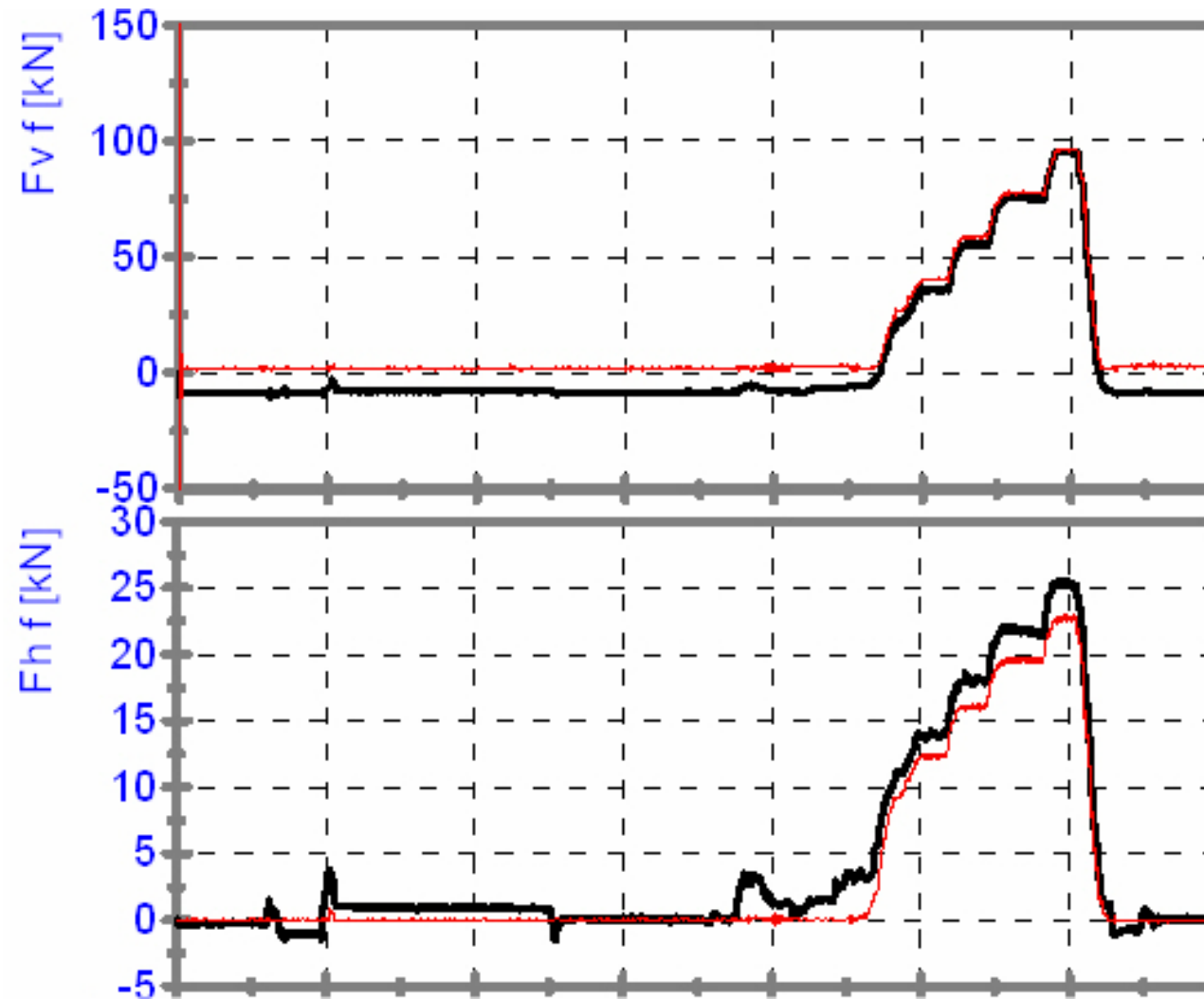
070417 - 37, SFT Graz

Straßenbahnschienenmessrad im Radsatzprüfstand



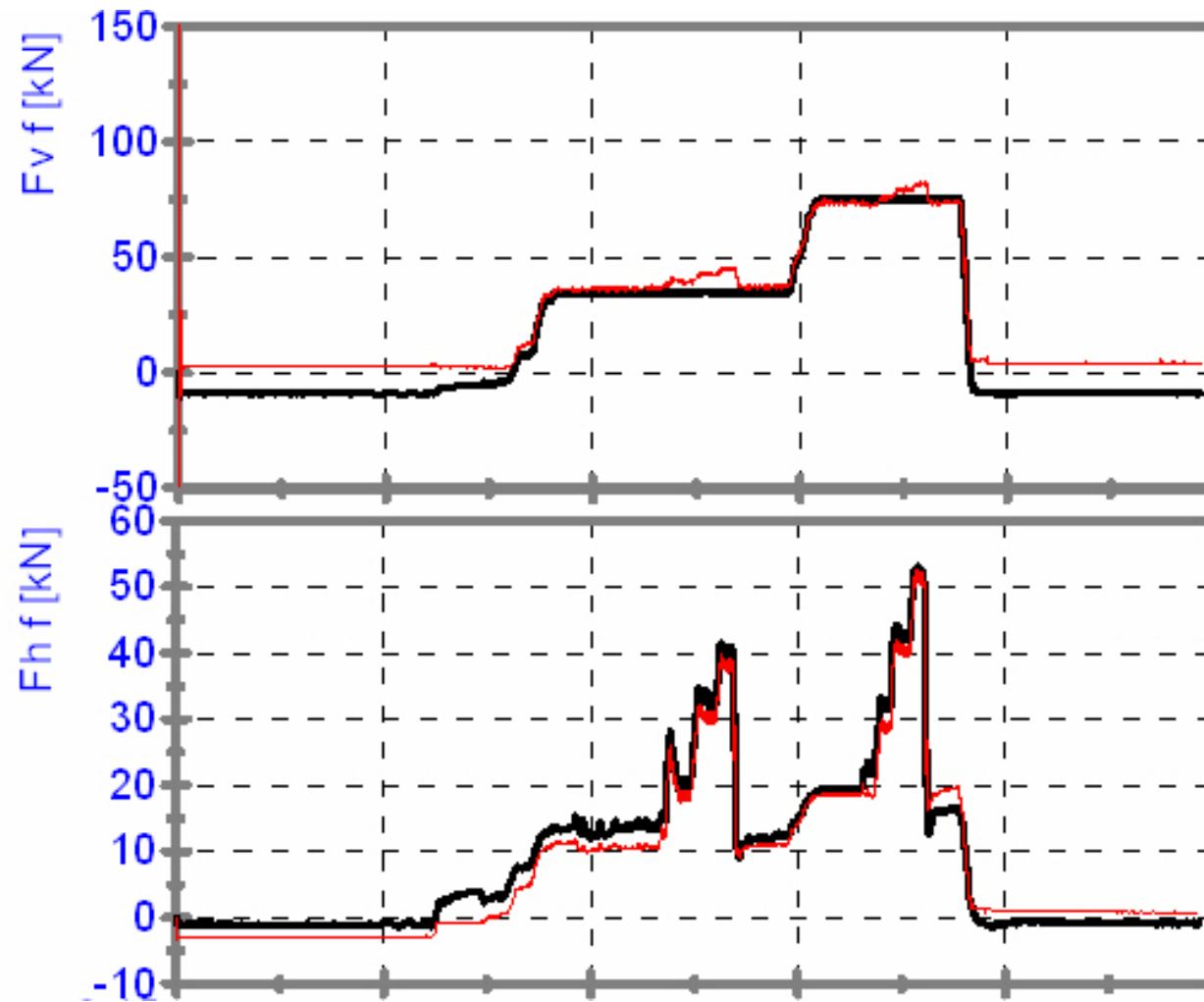
raz

Vergleich Maschinenkräfte und Messradkräfte im LBF Radsatzprüfstand



070417 - 37, SFT Graz

Vergleich Maschinenkräfte und Messradkräfte im LBF Radsatzprüfstand



070417 - 37, SFT Graz

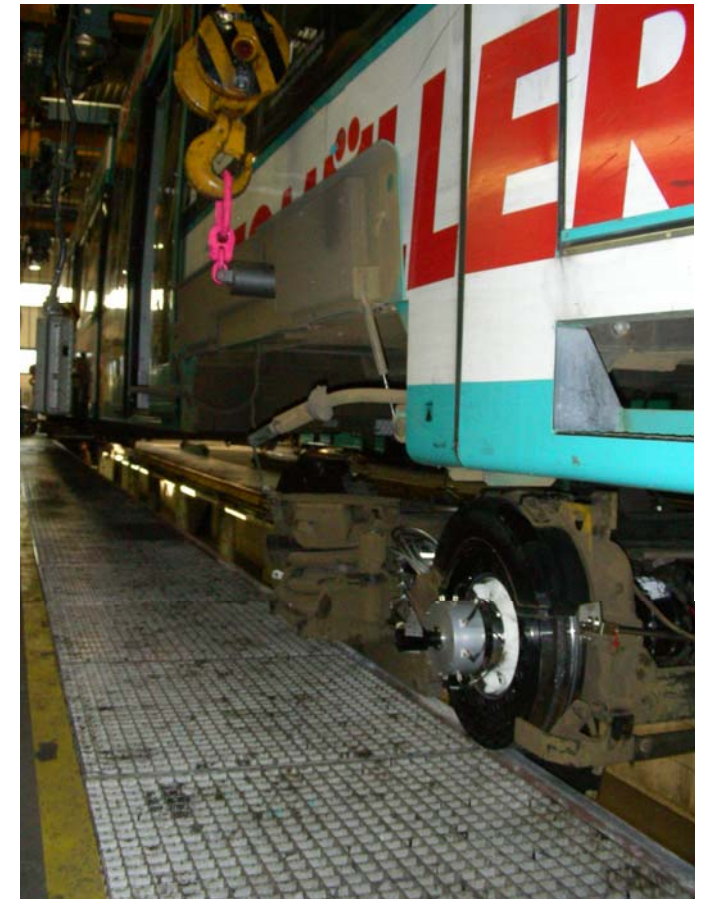
Fahrbetriebsmessungen

Fahrbetriebs-
messungen werden
Im April/Mai 2007
durchgeführt



070417 - 37. SFT Graz

Einbau des Schienenmessrads in die Straßenbahn



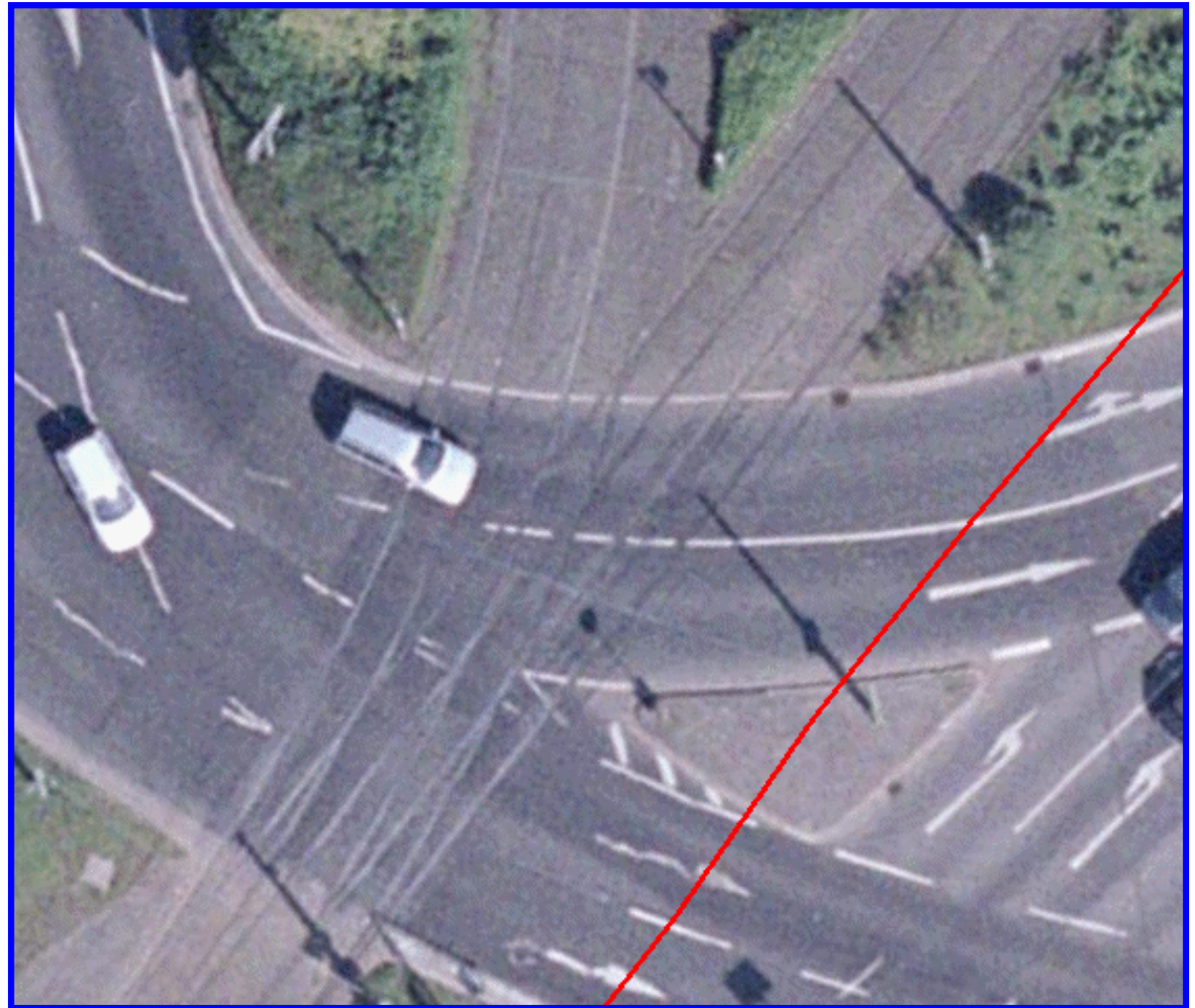
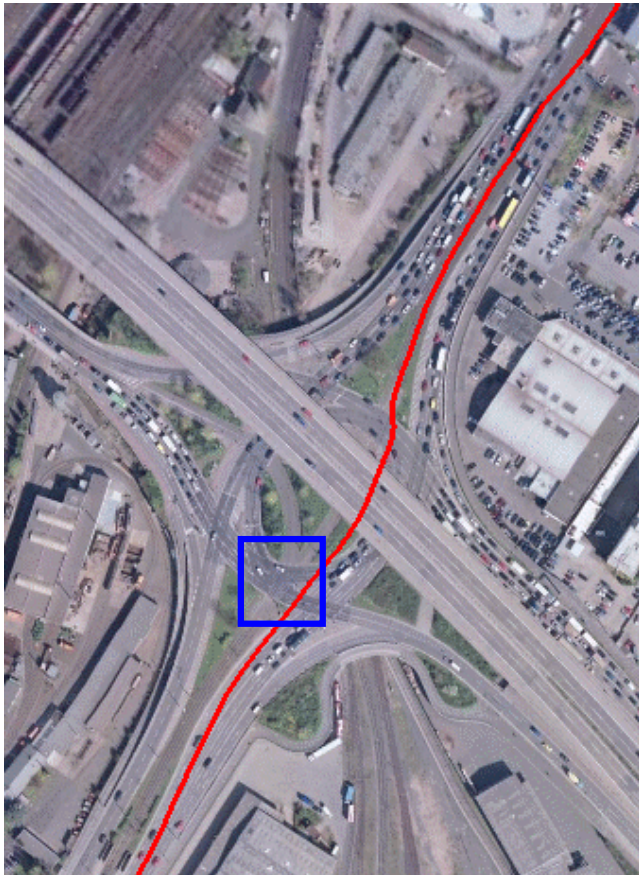
070417 - 37. SFT Graz

Linie 17 Rebstockbad-Pforzheimerstr. Draufsicht



070417 - 37. SFT Graz

Weiche



070417 - 37. SFT Graz

Was soll erfasst werden?



Typische Manöver –

Bogenfahrten, Weichenüberfahrten, Geradeausfahrten,
Brückenüberfahrten, Bremsen, Beschleunigen, ...



Sensitivitätsanalysen – Variation

Geschwindigkeit,

Beladung,

Spurkranz neu, verschlissen

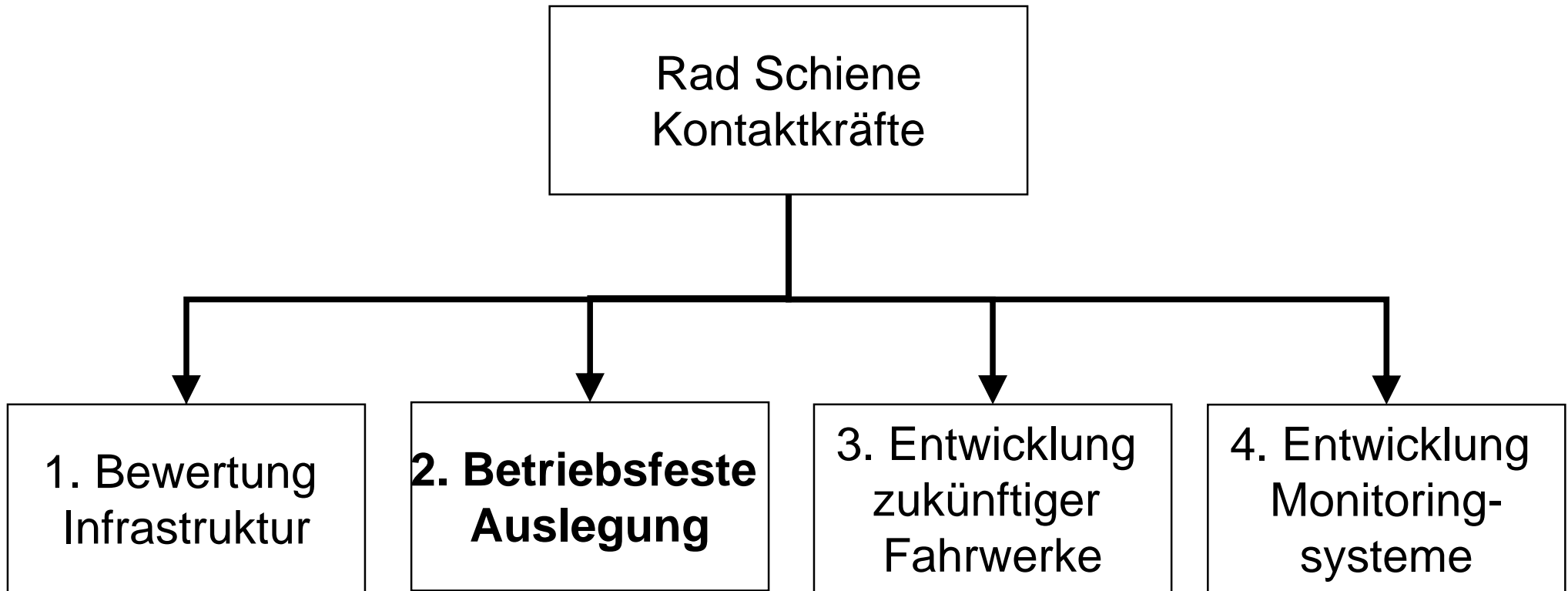


Straßenbahnnetz –

reguläre Linien







Fahrten im und zum Betriebshof, ...

Potenziale direkt gemessener Rad Schiene Kontaktkräfte

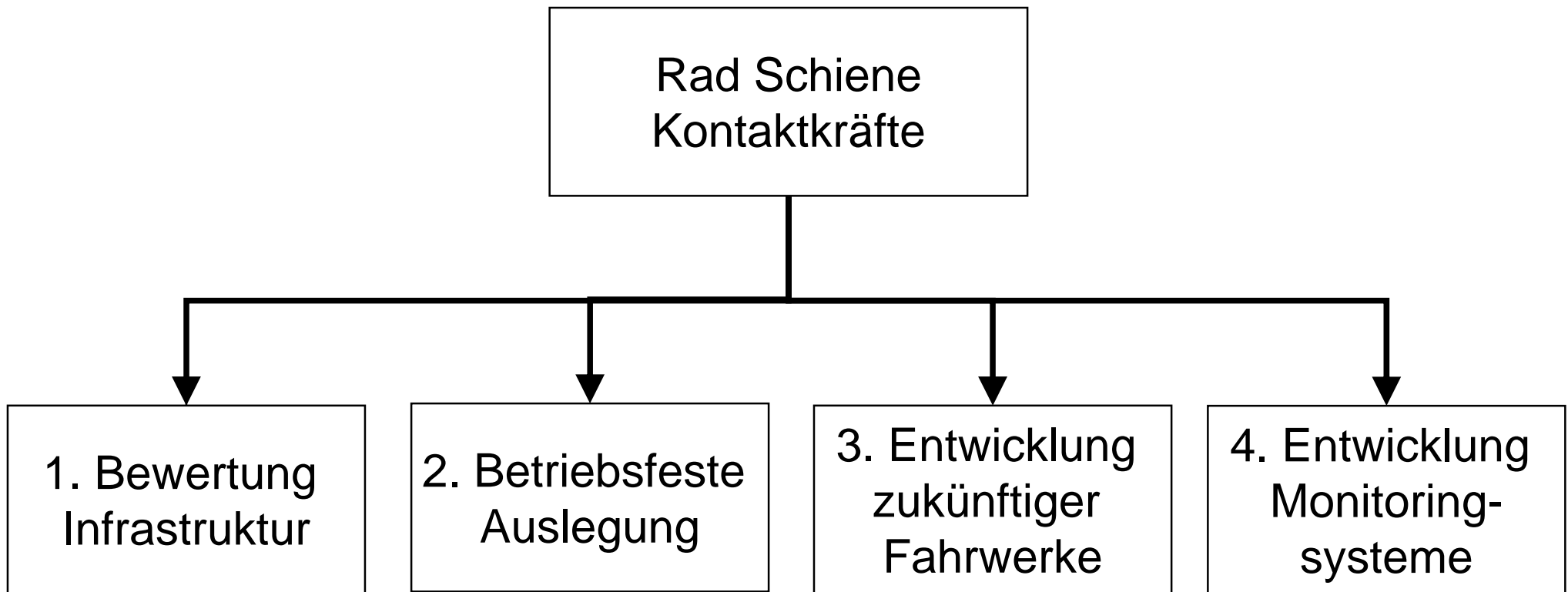


070417 - 37, SFT Graz

Lastannahmen für Rad-Schiene Kontaktkräfte








-  Auslegung Fahrwerks- und drehende Komponenten
-  Auslegung Wagenkasten
-  Überprüfung und Optimierung Fahrwerksabstimmung
-  Eingangsgrößen für die numerische Simulation
-  Verifikation der numerischen Simulation
-  Eingangsgrößen für Standards

Potenziale direkt gemessener Rad Schiene Kontaktkräfte



070417 - 37. SFT Graz

Zusammenfassung

-  Erstmalige Entwicklung eines gummigefederten Schienenmessrads
-  Erfassung aller drei Kräfte und aller drei Momente
-  Erprobung im Fahrbetrieb im April/Mai 2007
-  Schneller und unkomplizierter Einbau des Messrads
-  Lastannahmen für dauerfeste und betriebsfeste Auslegungskonzepte
-  Überwachung und Bewertung der Infrastruktur
-  Werkzeug zur zuverlässigen Entwicklung zukünftiger Fahrzeugkonzepte

070417 - 37. SFT Graz



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!