

Neuartige Berechnungs- und Prüfverfahren für Räder und Rollen von FFZ

Konsortium BMBF-Projekt Innorad:

Dipl.- Ing. Christian Vorwerk
Dipl.-Ing. Markus Schröppel
Dipl.-Ing. Manuel Weber

IFT, Universität Stuttgart

FFZ-Hersteller



Forschungsinstitute



Räderhersteller



Kunststoffhersteller

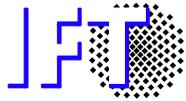


Bayer MaterialScience

Anwender

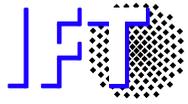


BOSCH



Agenda

- **Ausgangssituation, Stand der Technik**
- **Systematische Konstruktion eines Laborprüfstandes**
- **Messtechnik und Kalibrierung**
- **Prüfläufe und Ergebnisse**
- **Zusammenfassung und Ausblick**



Ausgangssituation

Immer weiter verschärfte Belastungen führen zu verkürzten Standzeiten der Räder von wenigen Monaten oder sogar Wochen.

Ursachen

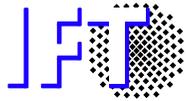
- **Abrollverschleiß**
- **Abrieb** durch Schubbelastung aus der Reibpaarung Rad/Boden
- **Thermische Überlastung** durch hohe Walkarbeit, infolge hoher Fahr- und Lenkgeschwindigkeiten
- **Radversagen** durch schlagartig auftretende Stöße (bis 50g)



Anforderungen

- sehr hohe **Radaufstandskräfte**
- sehr hohe **Seitenführungskräfte**
- sehr hohe **Umfangskräfte** beim Antreiben und Bremsen
- Sehr hohe **Lenkmomente** und **-geschwindigkeiten**





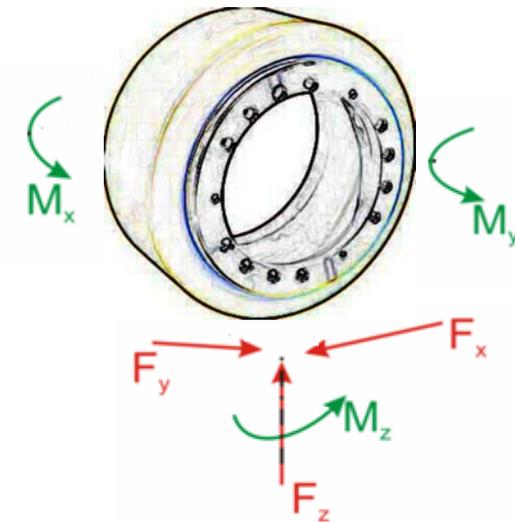
Zielsetzung

Die **Lebensdauer** des Basiselements Rad/Laufrolle unter Beibehaltung der Produktionskosten um **mindestens 20 % zu verlängern.**

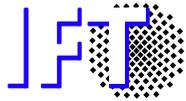
Entwicklung von reproduzierbaren:
**Auslegungs-,
Berechnungs- und,
Testverfahren**



Bestehende Zielkonflikte:
Lebensdauer Rad / Boden
Traktion
Schonung Boden
Fahrkomfort



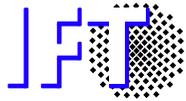
Quelle: MTL, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg



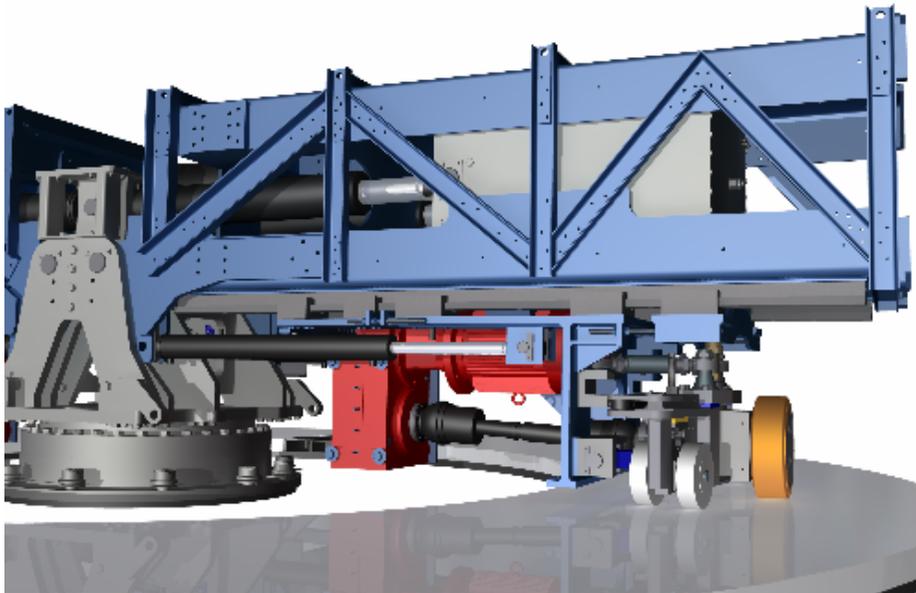
Kreisaktuatorprüfstand zur Untersuchung von Rädern und Rollen am IFT



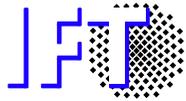
Prüfbare Radgrößen:	200 mm bis 400 mm
Laufbahndurchmesser:	dynamisch verstellbar zwischen 4 und 6 m
Radgeschwindigkeit:	bis 10 m/s
Antriebsleistung:	je Rad bis zu 30 kW
Prüfkraft:	dynamisch verstellbar bis 50 kN
Lenkwinkel:	dynamisch lenkbar $\pm 25^\circ$
Sturzwinkel:	bis 10°



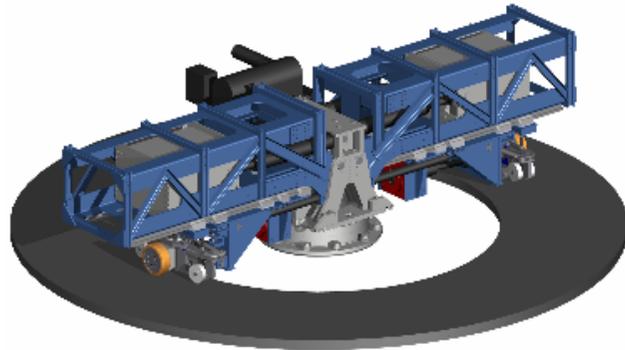
Funktionsweise Prüfstand



- Ein Prüfrad je Arm welches sich auf Kreisbahn bewegt
- Mittelteil ist drehbar gelagert
(hier erfolgt kein Antrieb!)
- Jedes Rad wird einzeln angetrieben
- Prüflast ist in Form von Gewichten über dem Rad angebracht, hydraulisch verschiebbar zur Variation der Last
- Eigenmasse der Arme trägt ebenfalls zur Prüflast bei
- Bahnradius des Prüfrades hydraulisch verstellbar
- Belastungssituation wie sie in ähnlicher Form bei Staplern auftritt
- Reale Bodenbeläge können realisiert werden



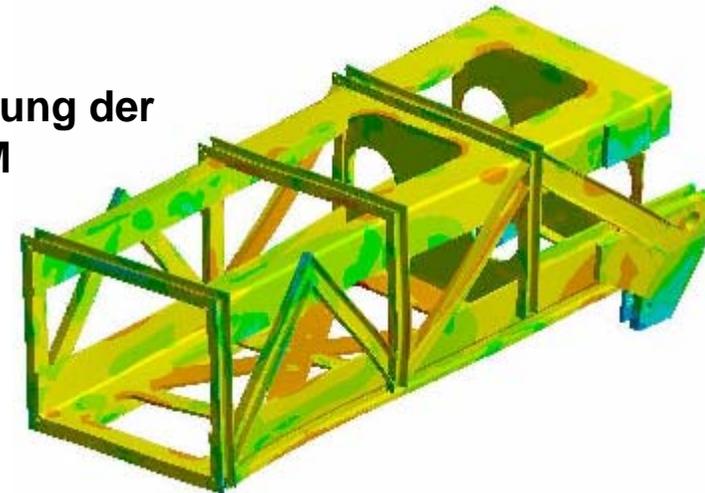
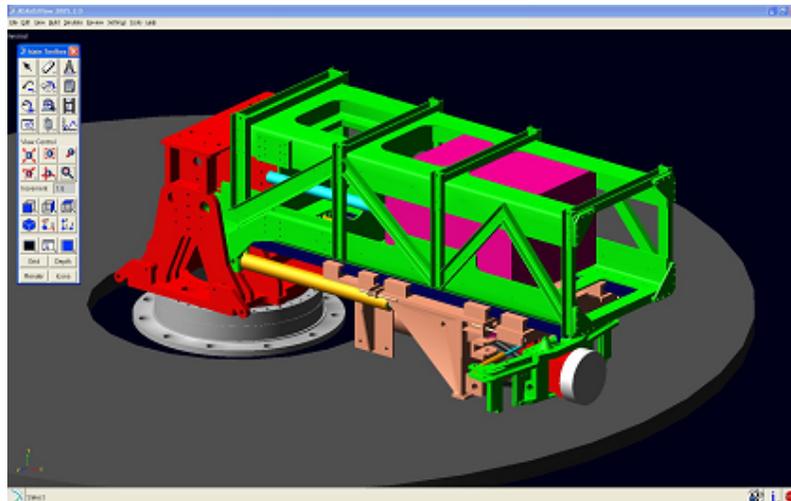
Entwicklung Prüfstand mittels CAD, MKS, FEM am IFT



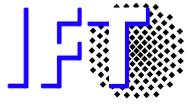
Entwicklung des Prüfstandes in 3D CAD
am IFT

Fertigung größtenteils in eigener
mechanischen Werkstatt

Berechnung und Optimierung der
Komponenten mittels FEM

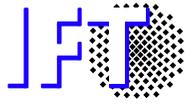


Mehrkörpersimulation des Prüfstandes
zur schwingungstechnischen
Optimierung



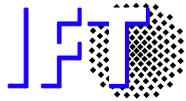
Prüfbodenbelag





Prüfbodenbelag





Messtechnik am Prüfstand

Messtechnik komplette Eigenentwicklung des IFT



Optimierung der Bauteile zur Messung

Zielkonflikt:

hohe Bauteilfestigkeit ↔ ausreichende Verformung

Messverstärker für 2 Kanäle DMS

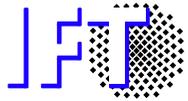
sehr hohe Präzision ($<0,1\%$)
und kompakte Bauform



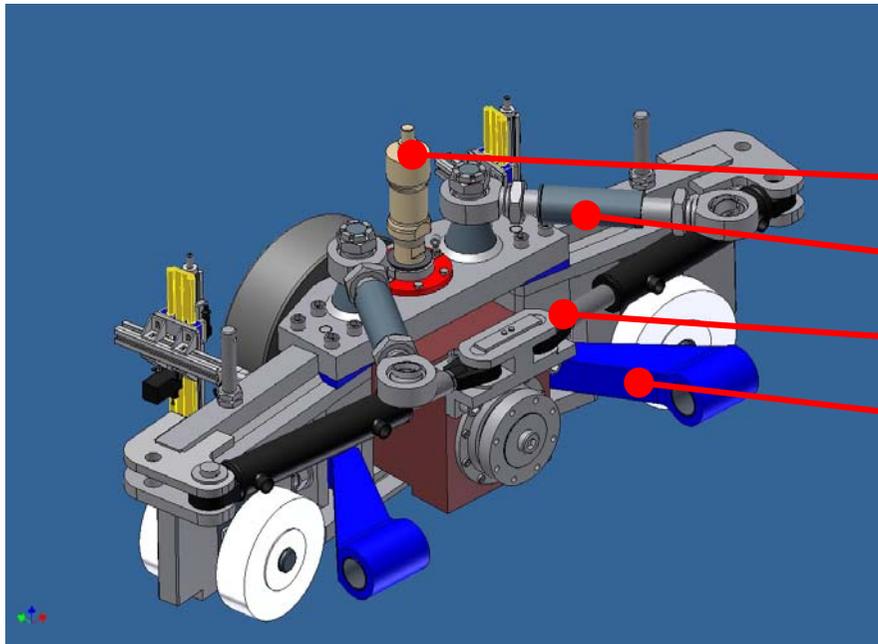
Modul zur Temperaturerfassung am Rad

durch Funkübertragung direkte Messung

(4 Messstellen) am rotierenden Rad



Messtechnik am Prüfstand



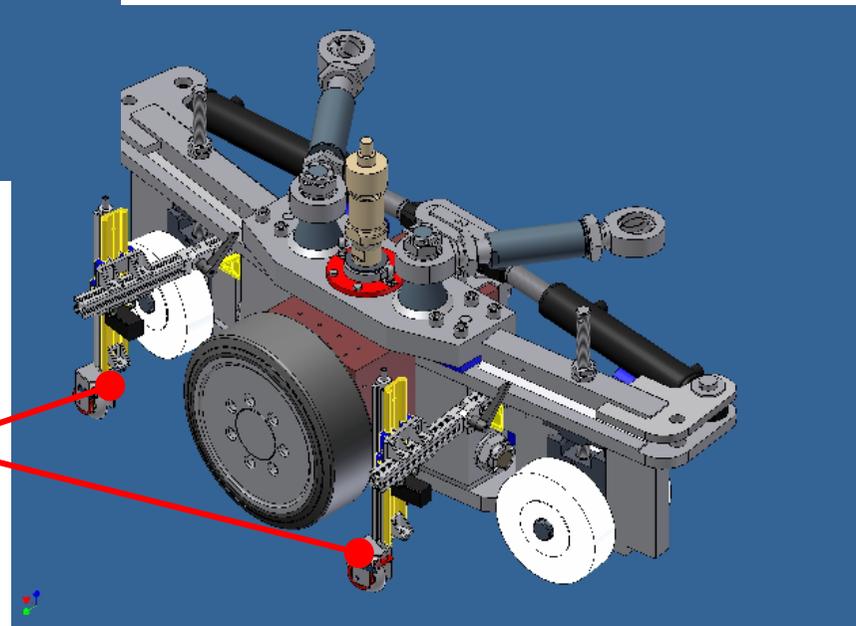
Messung der am Prüfrad angreifenden Belastungen mittels DMS:

Normalkraft auf Prüfrad

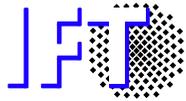
Stützkraft Oberlenker

Lenkkraft

Stütz- und Querkraft Unterlenker



Messräder zur Erfassung der Einfederung und der Absolutgeschwindigkeit des Prüfrades



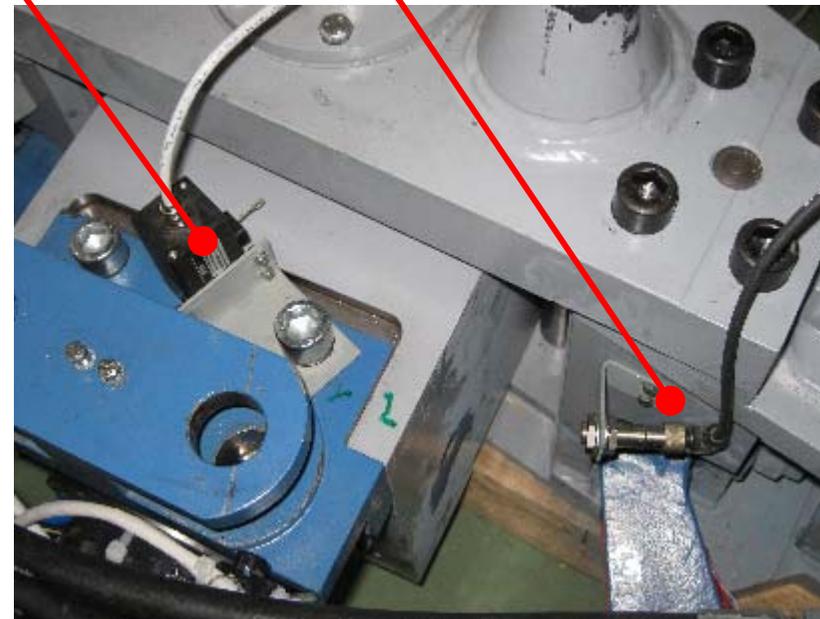
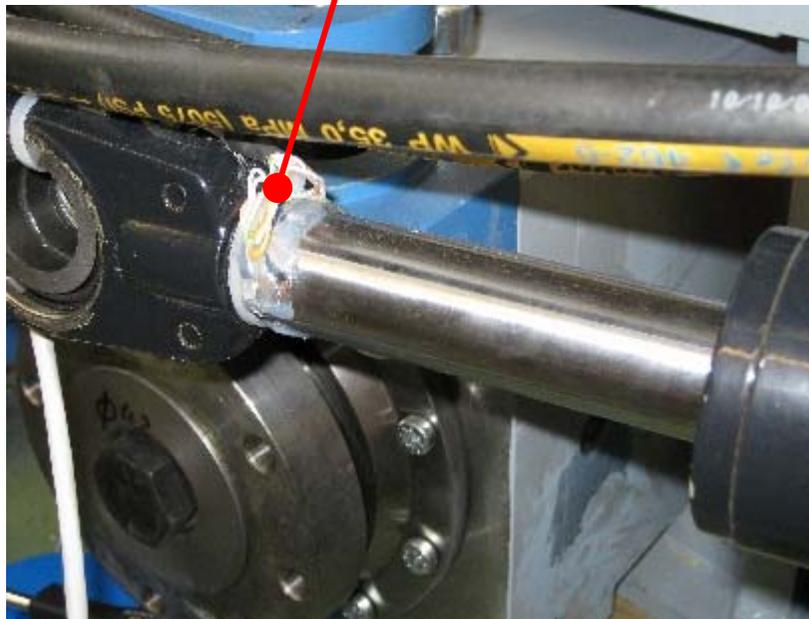
BMBF-Projekt Innorad: Messtechnik Radaufhängung

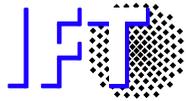
DMS

**Lenkzylinder
(Normalkräfte)**

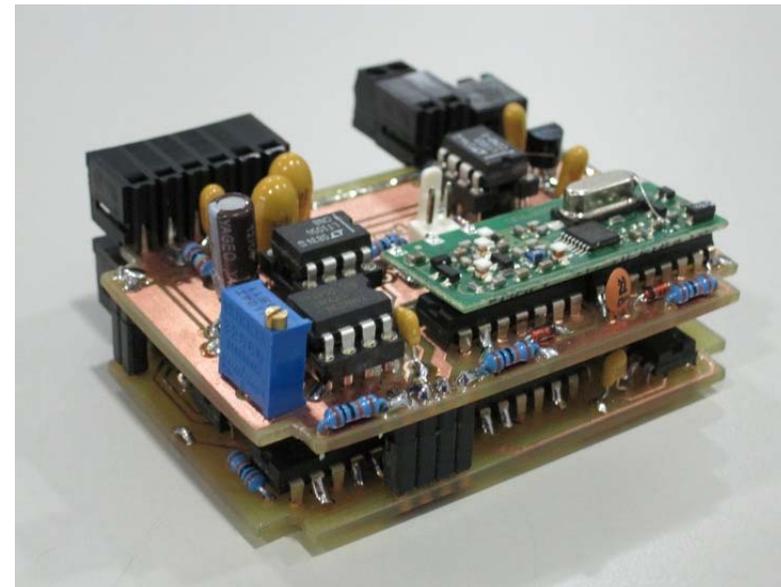
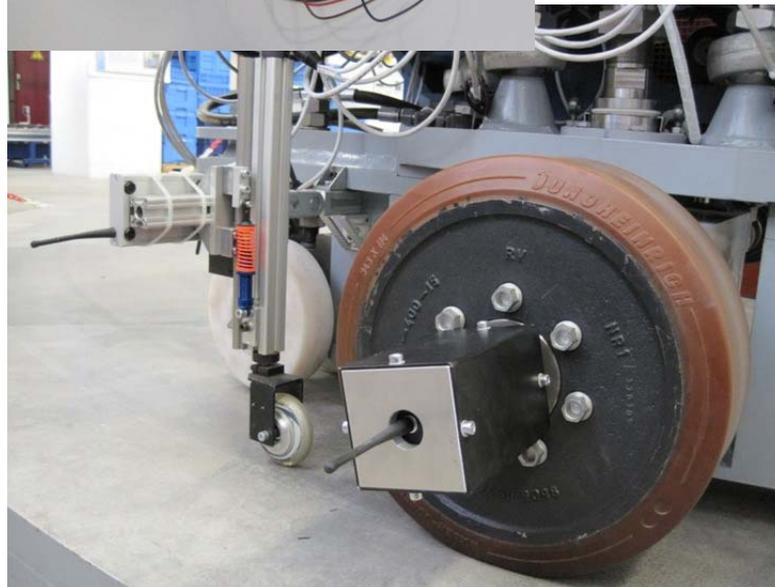
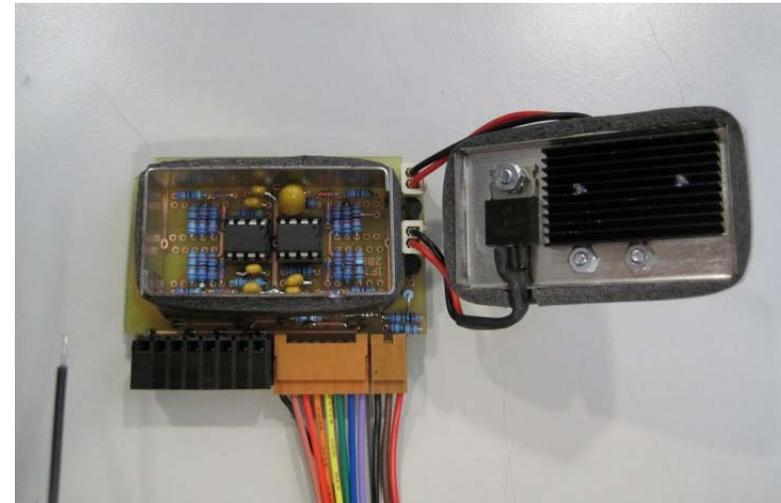
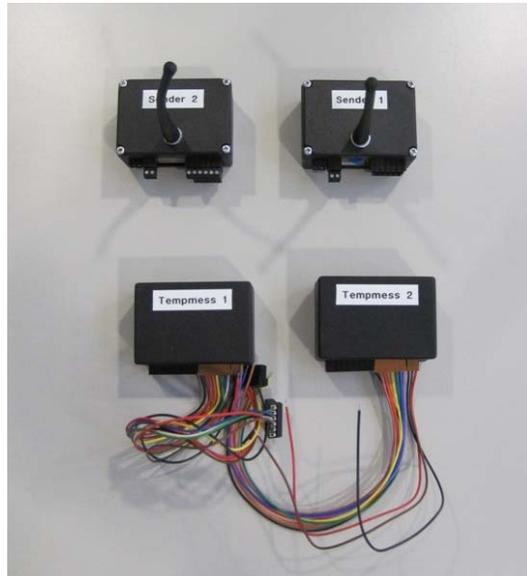
Seilzugsensor

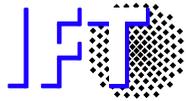
Bero





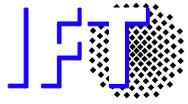
BMBF-Projekt Innorad: Temperaturerfassungssystem





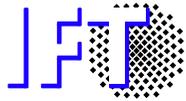
BMBF-Projekt Innorad: Kalibrierung Messung Oberlenker



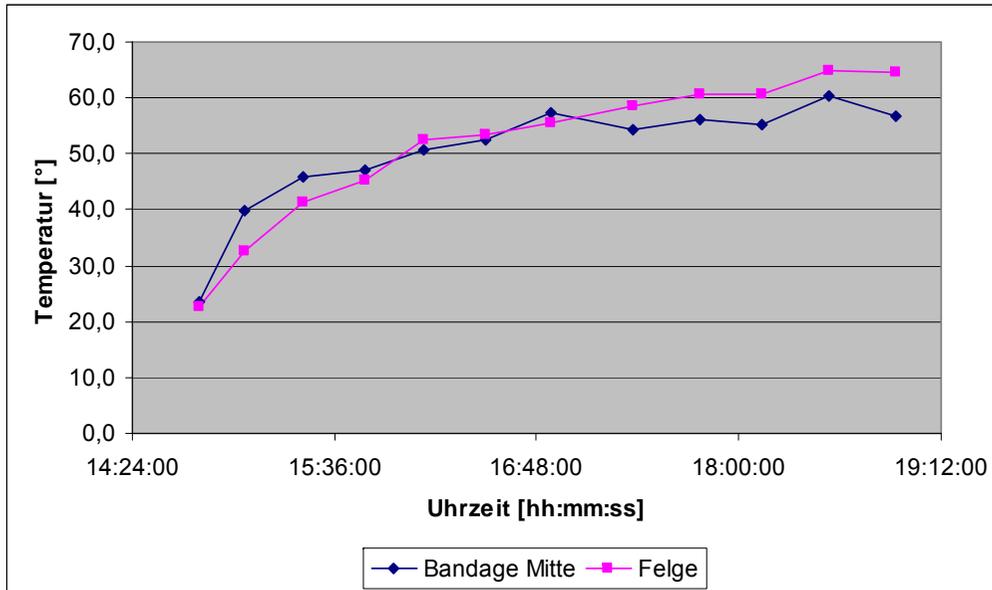


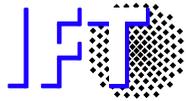
Prüfläufe





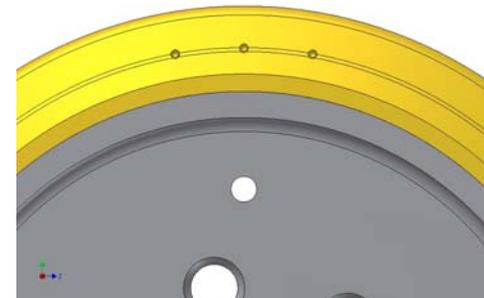
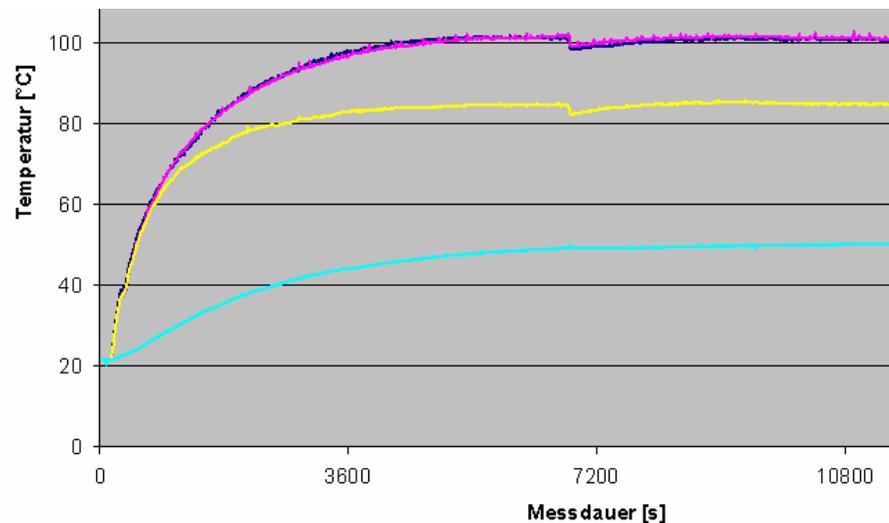
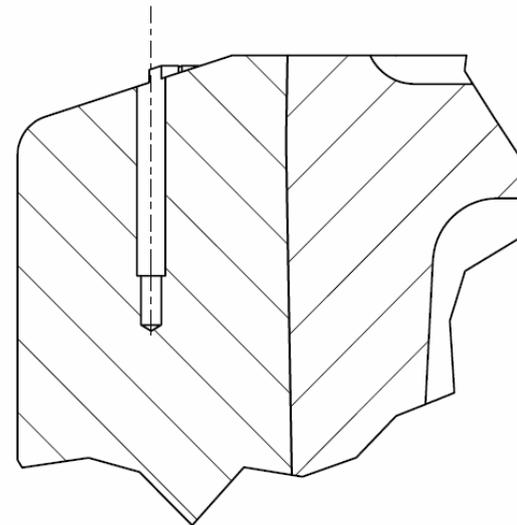
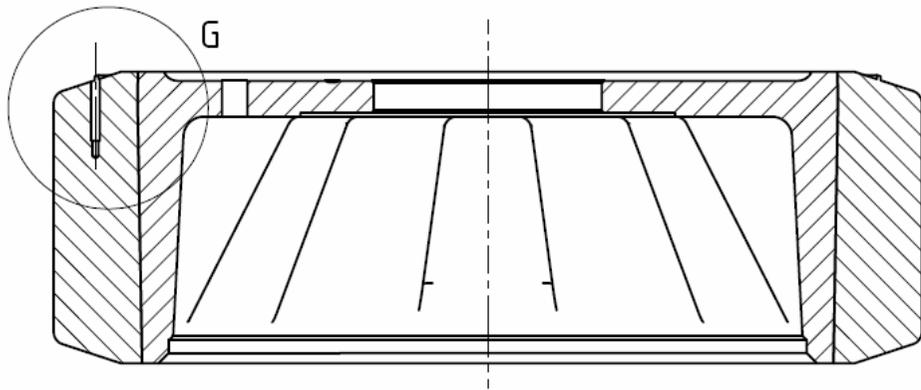
Prüfläufe

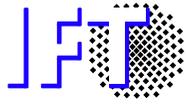




BMBF-Projekt Innorad: Temperaturerfassung

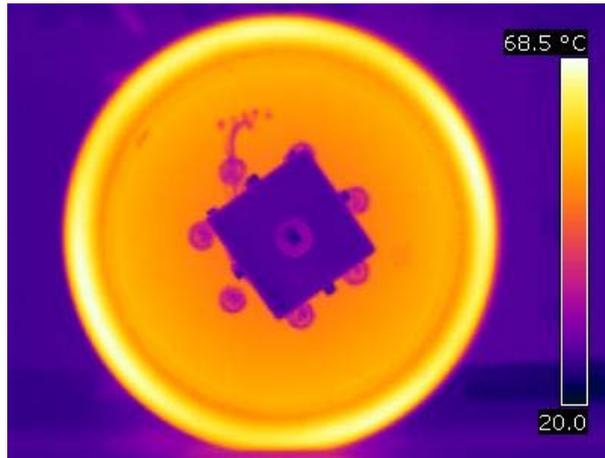
z.B. durch Querbohrungen in der Bandage zum Einbringen der PT-1000 Sensoren:



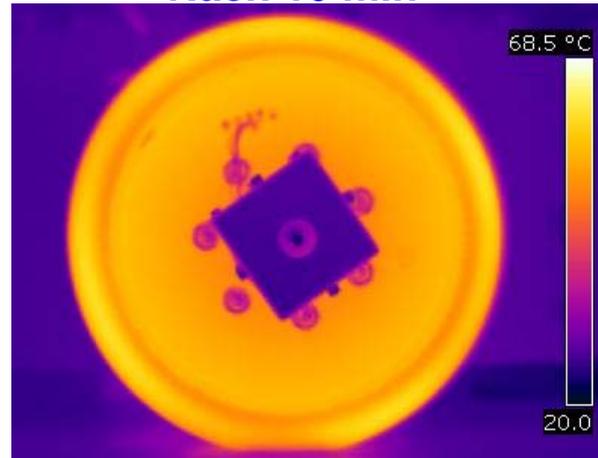


BMBF-Projekt Innorad: Bilder von Abkühlvorgang mit Wärmebildkamera

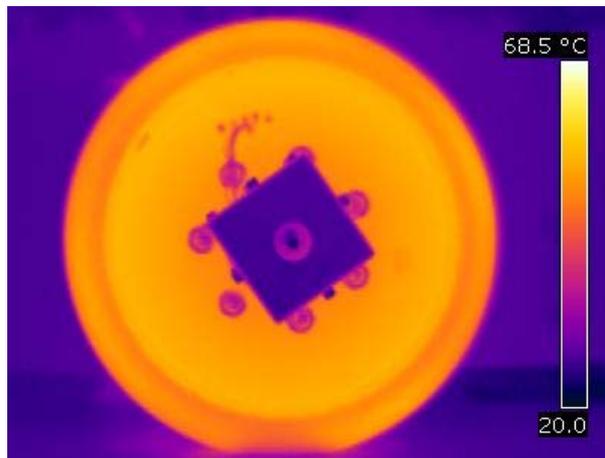
Ende Versuch



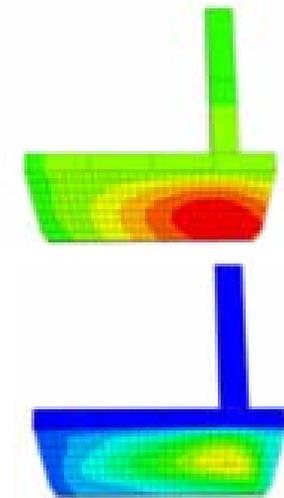
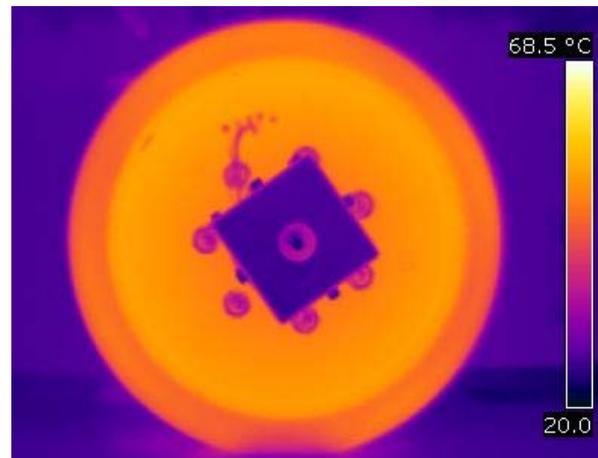
Nach 10 min



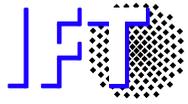
Nach 20 min



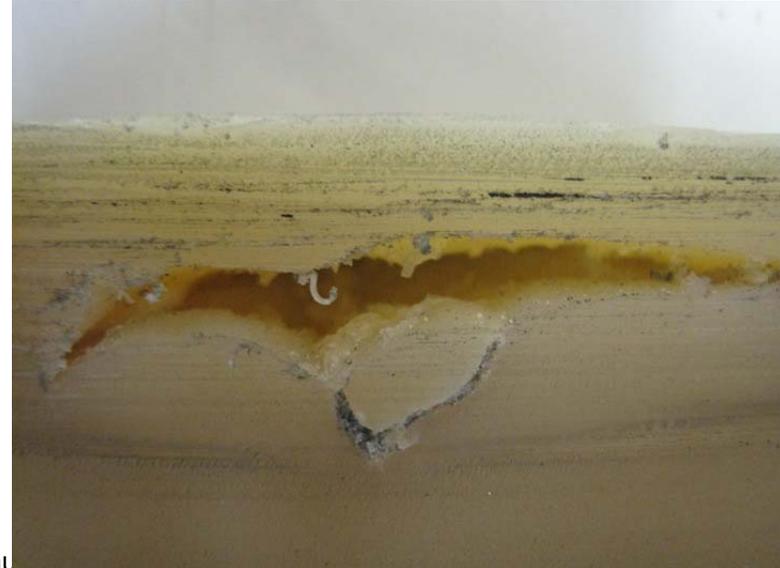
Nach 30 min

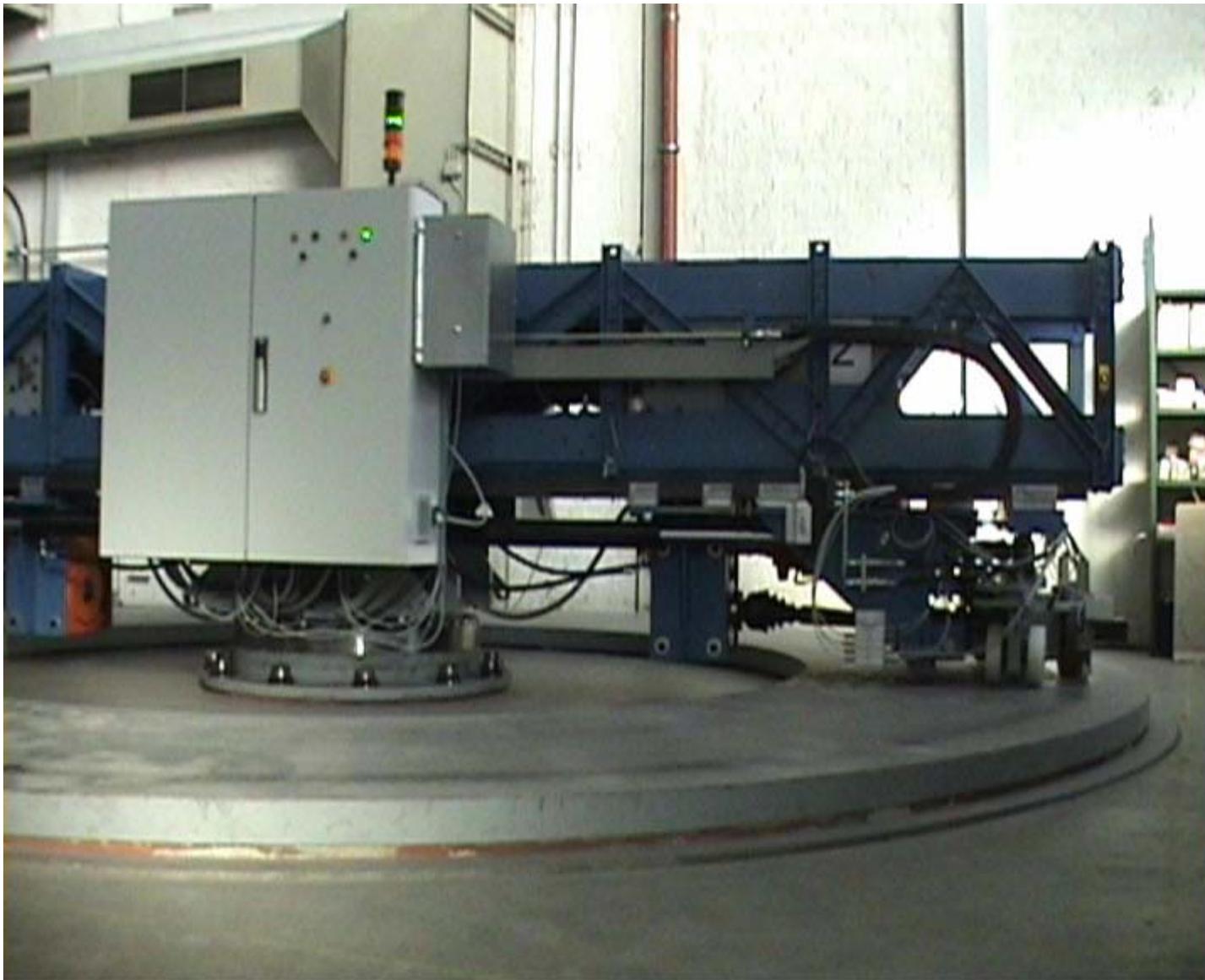
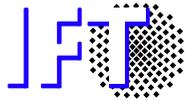


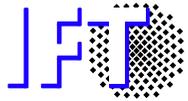
Quelle: MTL, HSU Hamburg



BMBF-Projekt Innorad: zerstörtes Rad

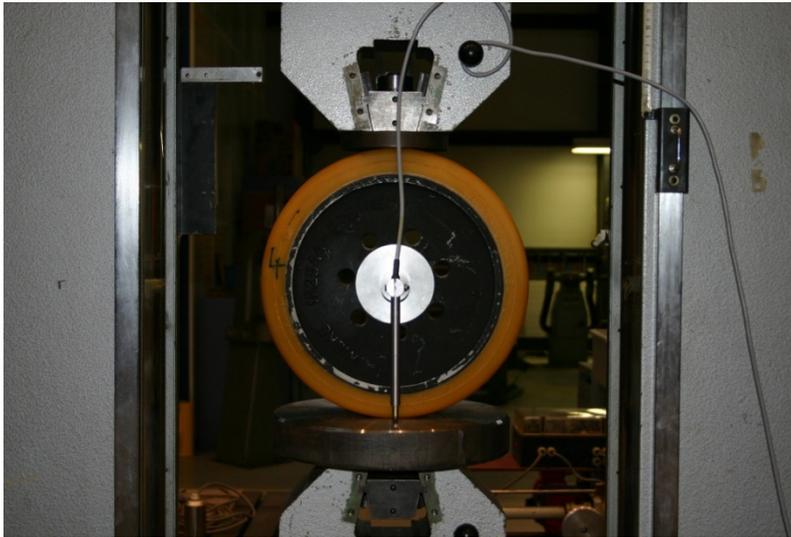
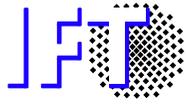






Zusammenfassung

- **Neuartiger Radprüfstand als Kreisaktuator**
- **Realitätsgetreuer, entkoppelter Bodenbelag**
- **Direkt angetriebene, lenkbare Räder mit variabler Radlast**
- **Dynamische Analyse aller am Rad wirkenden Kräfte**
- **Überprüfung von Radvariationen → Ausschluss ungünstiger Geometrien**
- **Optimierung von Konstruktionen, Werkstoffen, Fertigungsverfahren**
- **Entwicklung Auslegungs-, Berechnungs- und Testverfahren**



DANKE - Fragen und Anregungen



C.Vorwerk

