



HELMUT SCHMIDT
UNIVERSITÄT

Universität der Bundeswehr Hamburg

Projekt InnoRad

Dr. Gunnar Rückner

Einsatz-& Belastungsanalyse FFZ

- Vor Ort Untersuchungen & Fernbefragung
- Bewertung in Form von Clusteranalyse
 - Aufteilung in verschiedene Clustergruppen (Wegstrecken & Zeitabhängigkeit, Umwelteinfluss, Hindernisse, Bodenbelag, Bediener Einfluss)
 - Exemplarische Ergebnisse: Radschädigungsschwerpunkte bei Strecken > 200m Rückwärtsfahrten Häufigen Fahrtrichtungswechseln auch bei kurzen Wegstrecken
- Exemplarischer Beleg:
nicht künstlich aufgerauter Bodenbelag → erhöhter Radausfall
- Übersichtsbericht an Herrn Manthey

Werkstoffdaten Polyurethan

Materialparameter Simulation	Stand / Umfang	Beurteilung	Vergleichsdaten (20°C)			
			V 27	Luft	PUR	Edel- stahl
Mechanische Daten						
Dyn. Schermodule [MPa]	T: -40-+ 120/200°C F: 10 ⁻² -10 ³ Hz	☺: Temperatur & Frequenz ☹: Belastungsumfang	G' 44-56 G'' 2.4-6.2			
Dyn. E-Module	1.) T:-150-+250°C F:1-100Hz 2.) T: -40-+ 120°C F: 10 ⁻² -10 ³ Hz	☹: Erste Messung verworfen, da Zweifel an Brauchbarkeit ☺: Zweite Messung: in Arbeit. (vor. Anfang Dezember)				
Querkontraktionsdaten	-----	☹ : Zu teuer & aufwändig. Geht direkt ins Modell ein.				
Thermische Daten						
	7.11.-13.11.2007					
Spez. Wärmekapazität [kJ/kgK]	T: -100-+200	☺: vor. hinr. Datenmenge Beachte: Hohe Lasten ??	0.83-2.01 1.62	1.0	1.4	0.5
Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	T: 22°C	☺ / ☹???	0.219	0.024	0.025	15E ³
Wärmeausdehnung [1/K]	T: -100-+200	☺: konstant vor und nach Glasübergangsbereich	199E ⁻⁶		24 E ⁻⁶	15E ⁻⁶

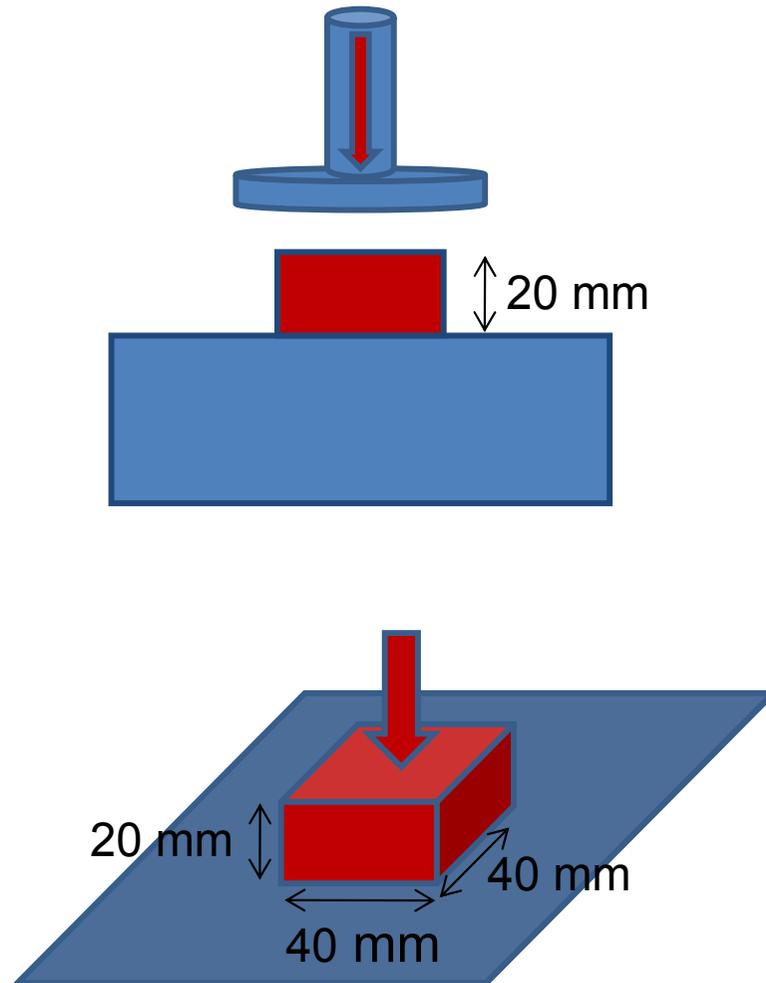
Externe Versuche

Materialparameter Simulation	Stand	Bemerkung
IFT (Roll-&		
Dehnungen / Volumenänderungen Reifen		Vergleichswerte für hohe Belastungen stationär & im Fahrbetrieb. In Simulation meistens kraftgesteuert
Kontaktflächenspannungen		Abgleich Simulation mit realen Belastungsbedingungen (Frequenz / Höhe Belastung / Längs- & Querbelastrungen)
Querkontraktionsdaten		Realisierbar ?
Einfederzeiten:		E^{-1} - $E^{-4}s$
Wicke/Räder Vogel/ Bayer		
Radbelastungsversuche mit Temperaturmessung	Durchgeführt	Erweiterung mit weiteren Kerntemperaturen möglich ?

Aktuelle MTL Versuche - Quaderproben

Materialparameter Simulation	Stand	Bemerkung
Zug-Druck-Versuche		
Messung Temperatur an Materialprobe (Außen/Innen)	Versuche laufen	Zyklen: 50000, Belastung 0.5-2t 100, Belastung 0.5-2t
		Abgleich Simulation mit realen Belastungsbedingungen (Frequenz / Höhe Belastung)
Hydropulserversuche	Versuche laufen	Variation Untergründe (Wärmeabfuhr), Geplant: Frequenzen bis vor. max 10Hz, maximale Belastung 0.5t. Incremental-Step-Versuche & mit konstanter Amplitude
Temperierkammer	Fertigstellung voraussichtlich Ende 50. KW	Versuchsplanungen laufen. Beginn Versuche vor. 02/2008.

Aktuelle MTL Versuche - Quaderproben



Probe: 40 x 40 x 20 mm

Belastung: 0,5 bis 2 t

Messreihen A:

Zyklen: 50.000

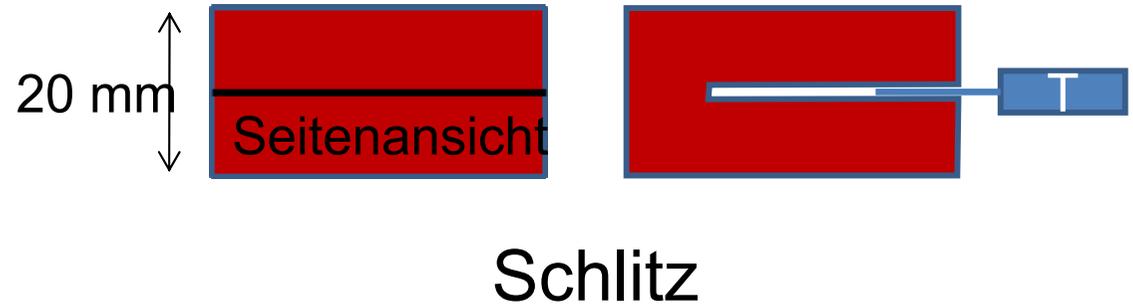
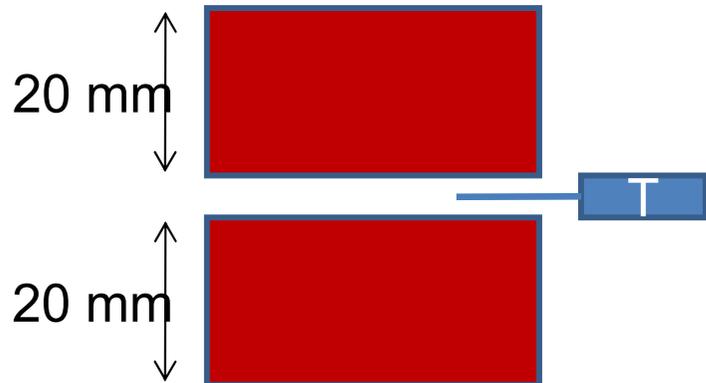
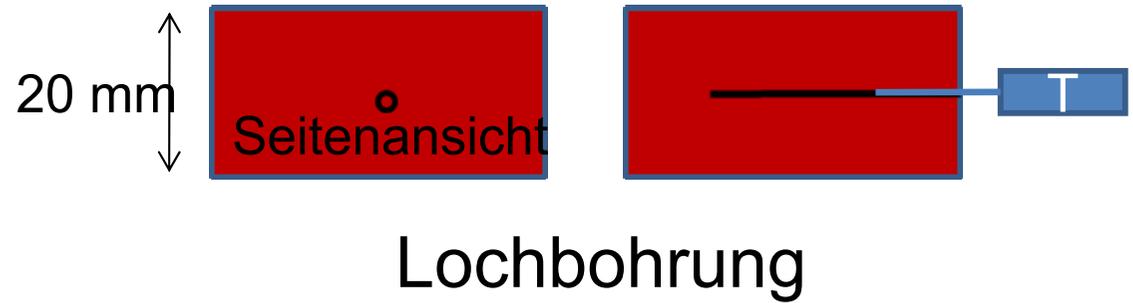
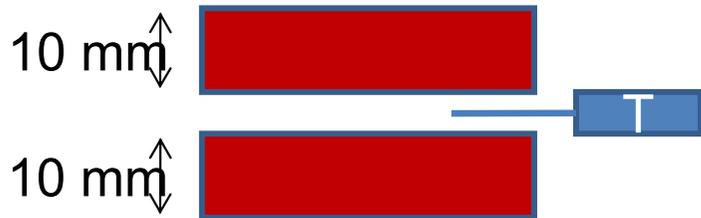
Frequenz: 0,5 Hz

Messreihen B:

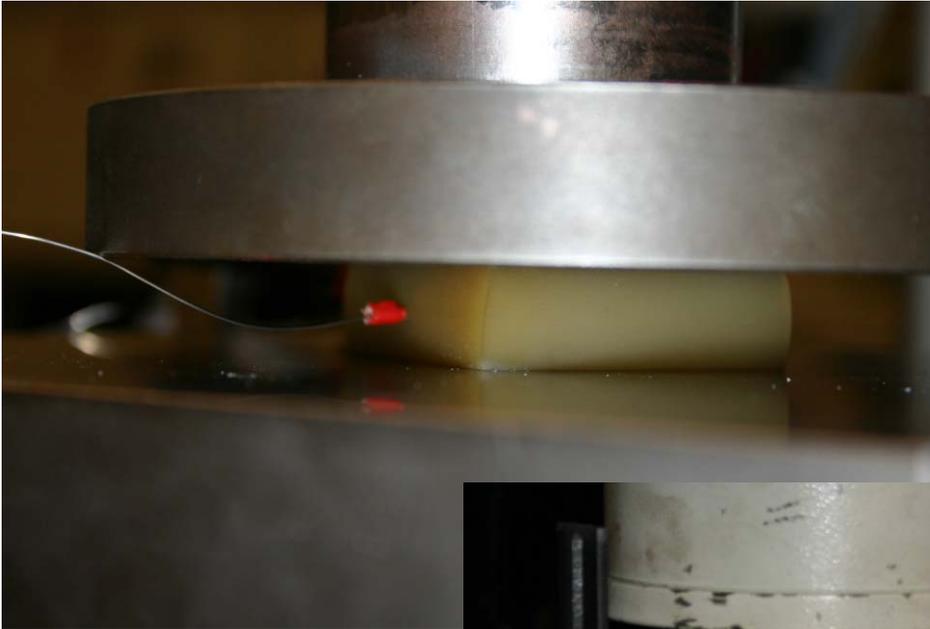
Zyklen: 100

Belastungsgeschwindigkeiten:
20 bis 650 mm/min

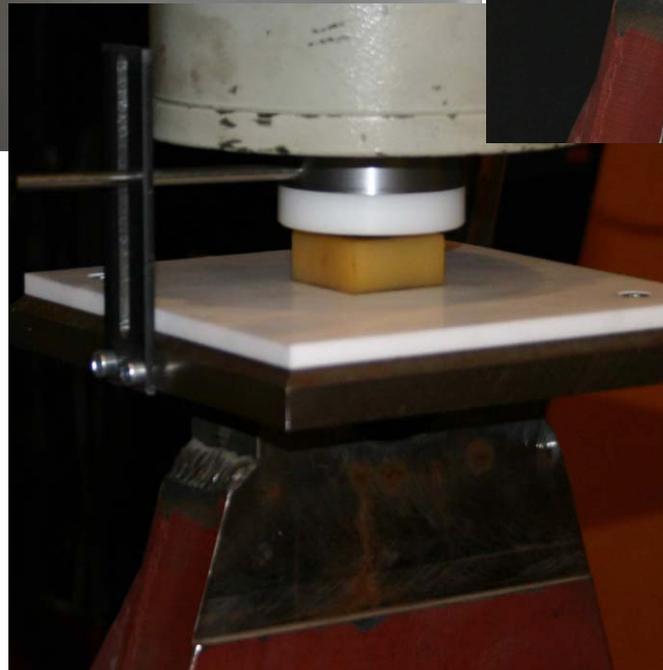
Aktuelle MTL Versuche - Quaderproben



Aktuelle MTL Versuche - Quaderproben



PVC-Dämmung



Teflon-Dämmung

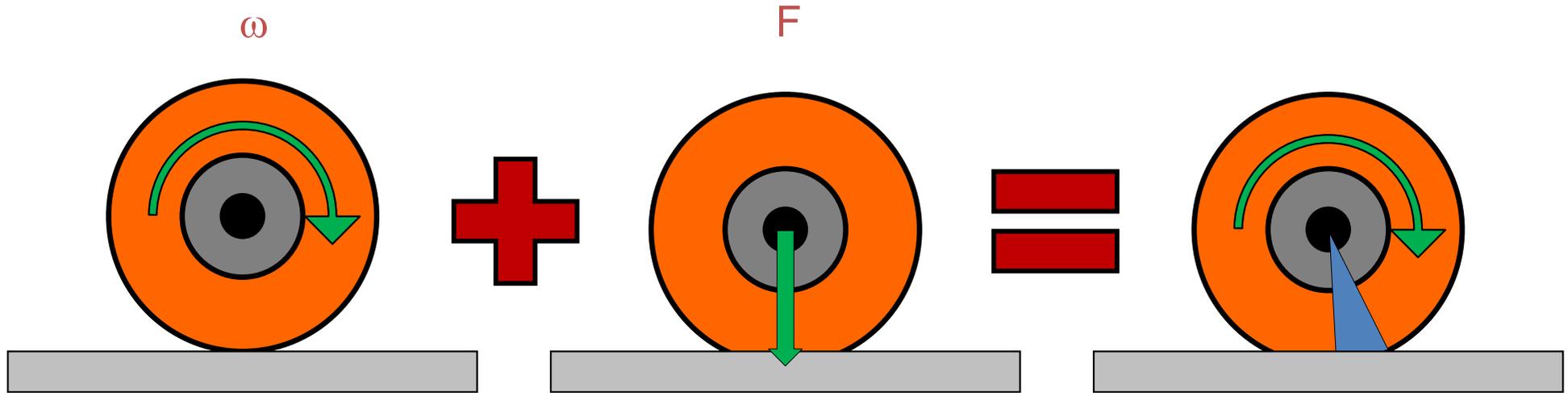
Darstellung von durchgeführten Abaqus Numeriktestserien

1. Rotations-/Rollversuche
2. Kraftgesteuerte Einfelderversuche
3. Kombination von Rotationsversuchen mit Krafteinfederung
4. 1.-3.mit zusätzlichen Haltephasen (gleich bleibende Rotation / Kraftwirkung über einen definierten Zeitraum)

Anmerkung:

Wichtig sind die Zeitskalen, wie in den Tabellen dargestellt, in denen die Kräfte bei den jeweiligen Fahrgeschwindigkeiten dem Rad aufgeprägt werden. Diese liegen im Bereich E^{-1} - E^{-4} s.

Abaqus Numeriktestserien

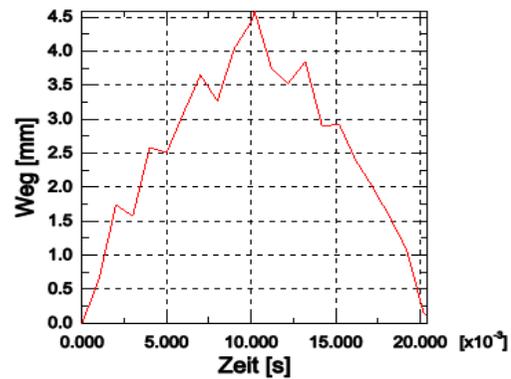


Ø 343 mm			
v (km/h)	f (Hz)	t (s)	TΔ(s)
1	0,258	3,88	E ¹ -E ⁻²
5	1,289	0,776	E ⁻³
10	2,578	0,388	E ⁻³
15	3,876	0,259	E ⁻³
20	5,156	0,194	E ⁻³

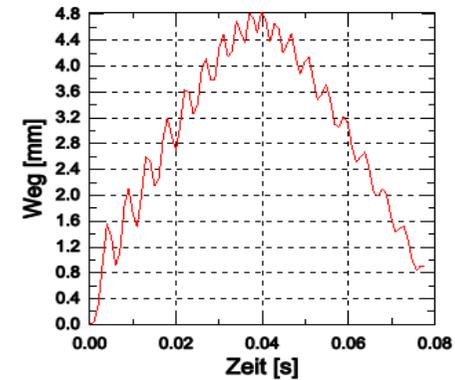
Ø 85 mm			
v (km/h)	f (Hz)	t (s)	TΔ(s)
1	0,983	1,02	E ¹ -E ⁻²
5	4,913	0,204	E ⁻³
10	9,826	0,102	E ⁻³
15	14,739	0,0678	E ⁻⁴
20	19,652	0,0509	E ⁻⁴

Abaqus Numeriktestserien (Auswahl)

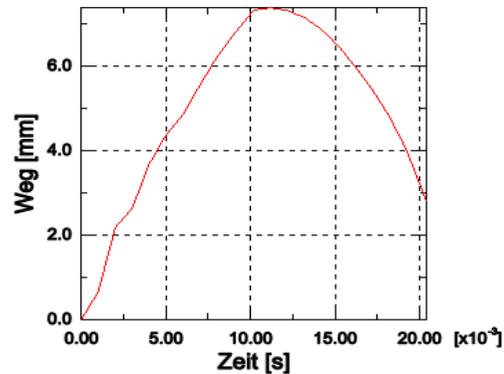
Einfederung 85-85 Rad 1km/h



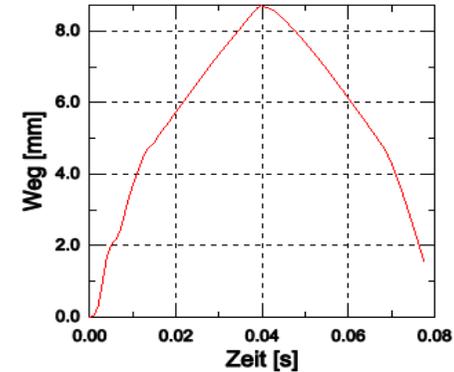
Einfederung 343-114 Rad 1km/h



Einfederung 85-85 Rad 1km/h



Einfederung 343-114 Rad 1km/h



Zyklische Kraft: 0-45kN

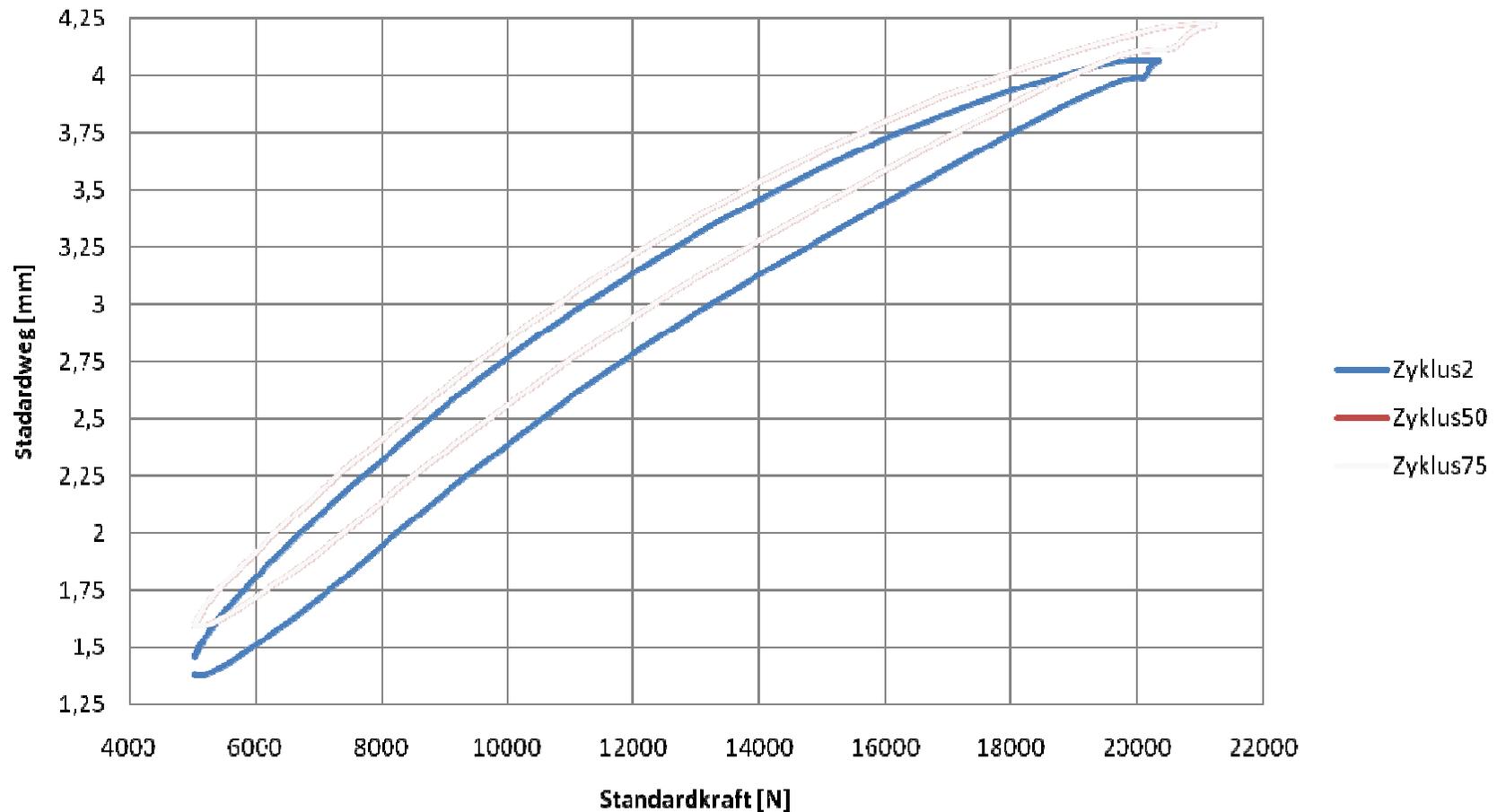
Einfederzeit entspricht der eines mit 1km/h rollendem Rad: E⁻¹-E⁻²s

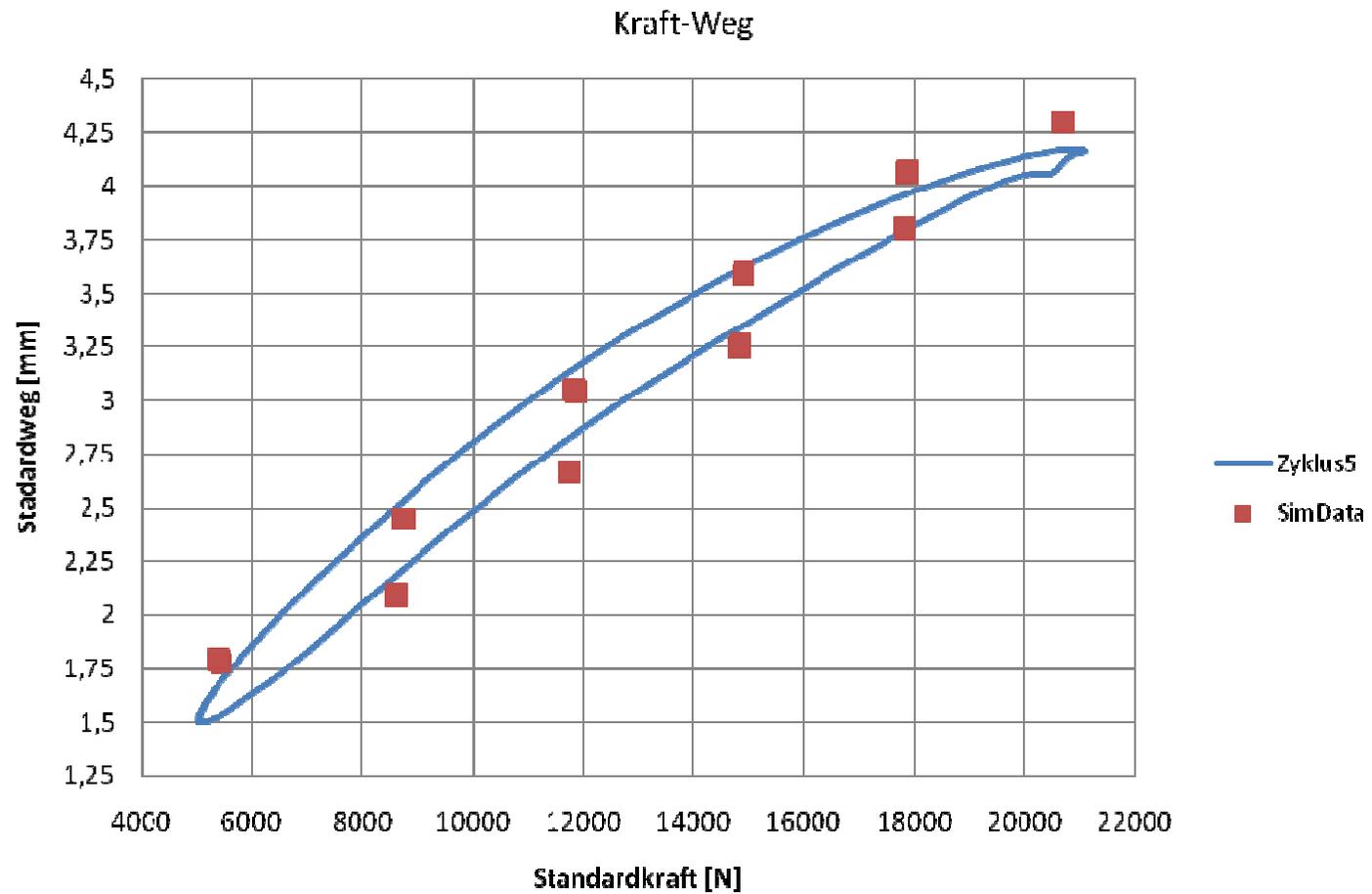
Aktuelle Numeriktestserien

- **Einbau der Thermischen Eigenschaften**
- **Numerische Stabilisierung ☹️**
- **Abgleich Werkstoffdaten thermischer und mechanischer Art & Probenverhalten an**
ausgewählten Probengeometrien (Quadergeometrien & Zylindergeometrien)

Aktuelle Numeriktestserien

Kraft-Weg-Diagramm Quaderprobe Vulkollan 650mm/min





Ausblick

- Weitere Einpflege von Versuchsdaten
(Dyn. E-Modul, Hydropulserversuche
[Temperaturdaten], Temperierkammer, IFT-Daten,...)
- Einbinden des Temperaturverhaltens & Abgleich mit
Versuchsdaten
- Übertragung der numerischen/experimentellen
Erkenntnisse auf Radgeometrien

CEMAT 2008: ca. 3Minuten MTL-Video

**Wunsch: Bildmaterial Räder, Rollen & FFZ
oder
Drehmöglichkeiten**