

# Lebensdauerabschätzung im Antriebsstrang unter hochdynamischer Belastung

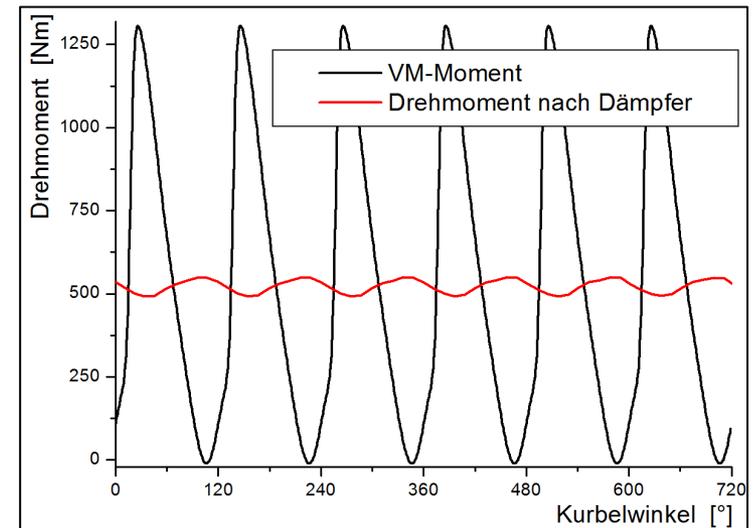
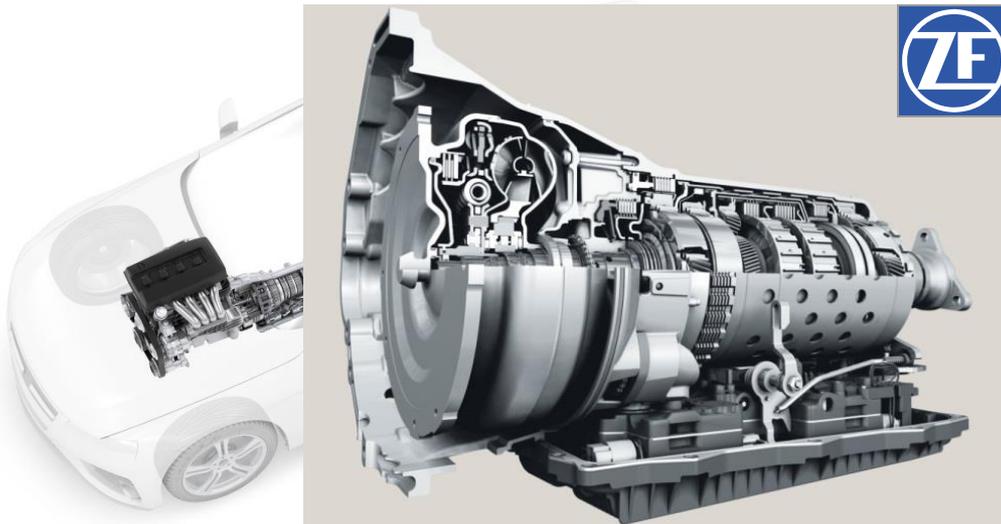
J. Häckh, G. Willmerding (Steinbeis Transferzentrum)  
Ch. Hollmann, R. Fischer (ZF Friedrichshafen AG)

# AGENDA

1. DREHSCHWINGUNGSDÄMPFUNG IM ANTRIEBSSTRANG
2. AUSWIRKUNG AUF DIE BETRIEBSFESTIGKEITSBEWERTUNG
3. ALGORITHMUS ZUR ERFASSUNG NICHTLINEARER EFFEKTE
4. BEISPIEL SCHRAUBENDRUCKFEDER
5. ZUSAMMENFASSUNG

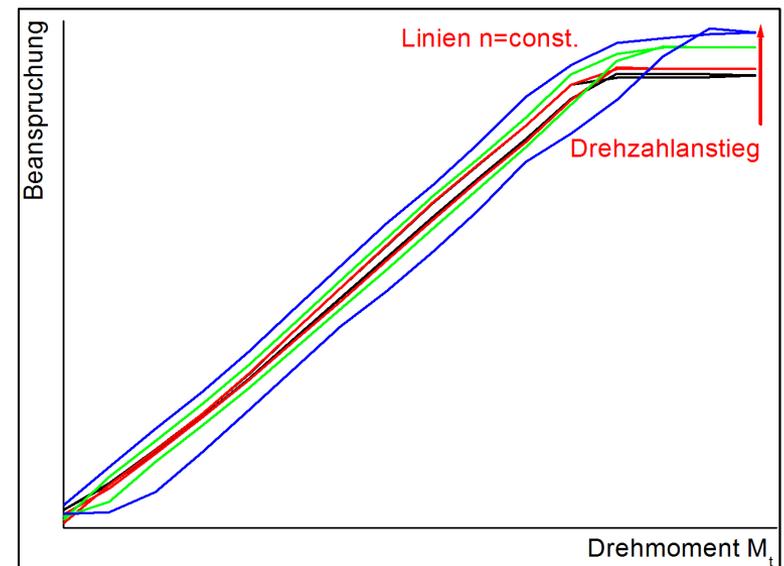
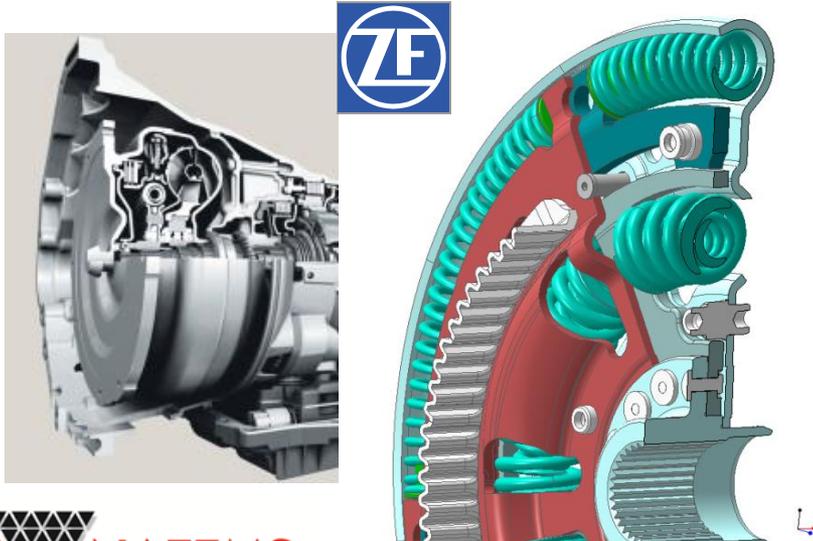
# Drehschwingungsdämpfer im Antriebsstrang

- moderne Pkw-Antriebsstränge
  - automatisiert; komplexe Funktionalität
  - Anforderungen Betriebsfestigkeit und Fahrkomfort (NVH)
  - Drehschwingungsdämpfer unverzichtbar
  - Energieeffizienz (downsizing, -speeding, Leichtbau)



# Drehschwingungsdämpfer im Antriebsstrang

- komplexe Dämpferbaugruppe
- nichtlineare Charakteristik durch:
  - gestufte Kennlinie – konstruktive Nichtlinearität
  - Fliehkraft/Reibung
    - Wechselwirkung Drehzahl/Drehmoment – gekoppelte Abh.
    - relevante Hystereseffekte



# AGENDA

1. DREHSCHWINGUNGSDÄMPFUNG IM ANTRIEBSSTRANG
2. **AUSWIRKUNG AUF DIE BETRIEBSFESTIGKEITSBEWERTUNG**
3. ALGORITHMUS ZUR ERFASSUNG NICHTLINEARER EFFEKTE
4. BEISPIEL SCHRAUBENDRUCKFEDER
5. ZUSAMMENFASSUNG

# Beanspruchungs-Zeit-Funktion (BZF) für Betriebsfestigkeitsbewertung

## konventionell

- lineares Bauteilverhalten
- Bestimmung konstanter Proportionalitätsfaktoren möglich
- linear unabhängig, global gültig
- geringer Aufwand

$$\sigma(t) = \sum_{i=0}^n c_i \cdot L_i(t)$$
$$c_i = \frac{\sigma_{FEM,i}}{L_{FEM,i}} = const.$$

## Dämpferbaugruppe

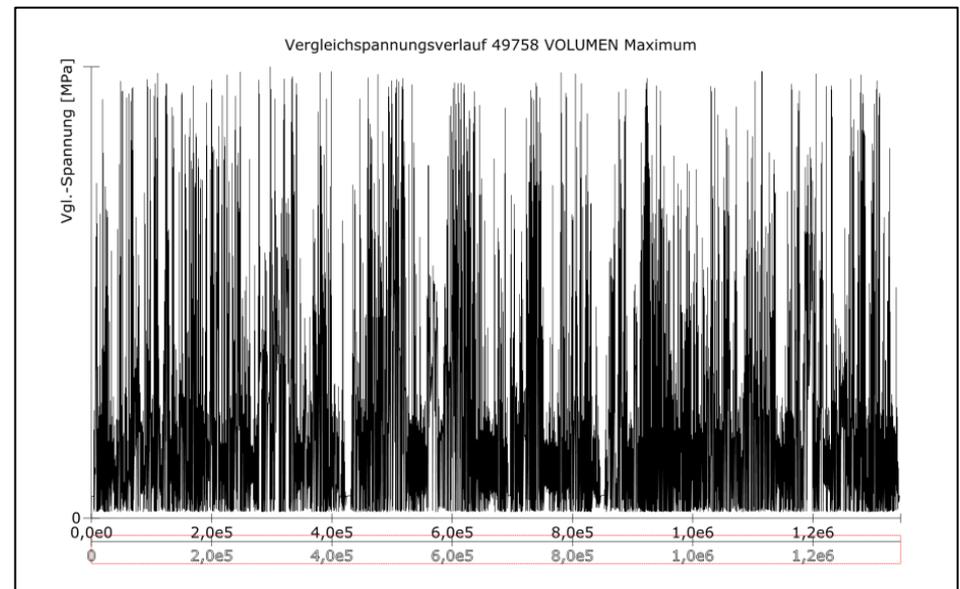
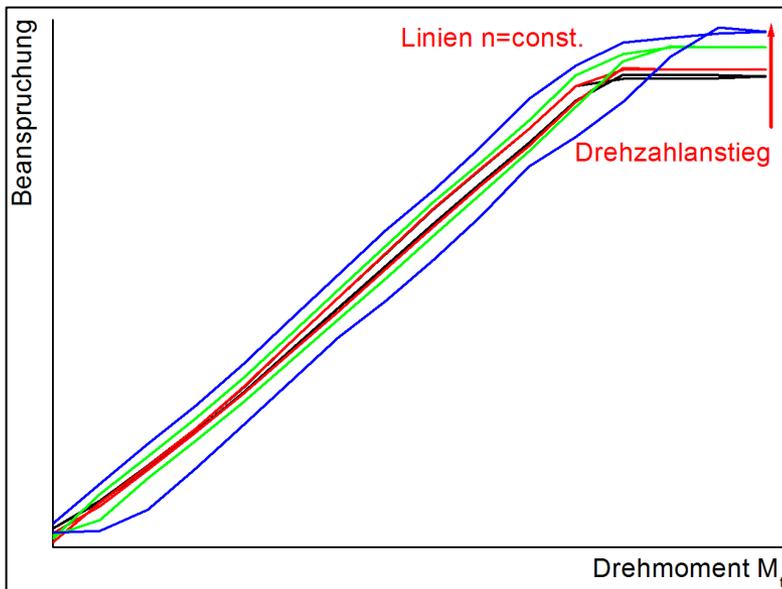
- komplex nichtlineares Bauteilverhalten
- Wechselwirkung der Lastgrößen bezüglich Beanspruchung
- vereinfachte Approximation nur für einfache Fälle
- Aufwand, Nutzen und Zuverlässigkeit in fraglichem Verhältnis - inakzeptabel

$$\sigma(t) = f(L_1(t); L_2(t); Reihenfolge; \dots)$$

$f \neq const.; stetig; lin. unabh.$

# Rechnerischer Betriebsfestigkeitsnachweis

- Beanspruchungs-Zeit-Funktion (BZF) essentiell
- Nichtlinearitäten mit kommerzieller software qualitativ und quantitativ nicht befriedigend zu erfassen
- große Modelle, lange Lastfolgen; nicht mit FEM nachzubilden qualitativ höherwertige Methode notwendig

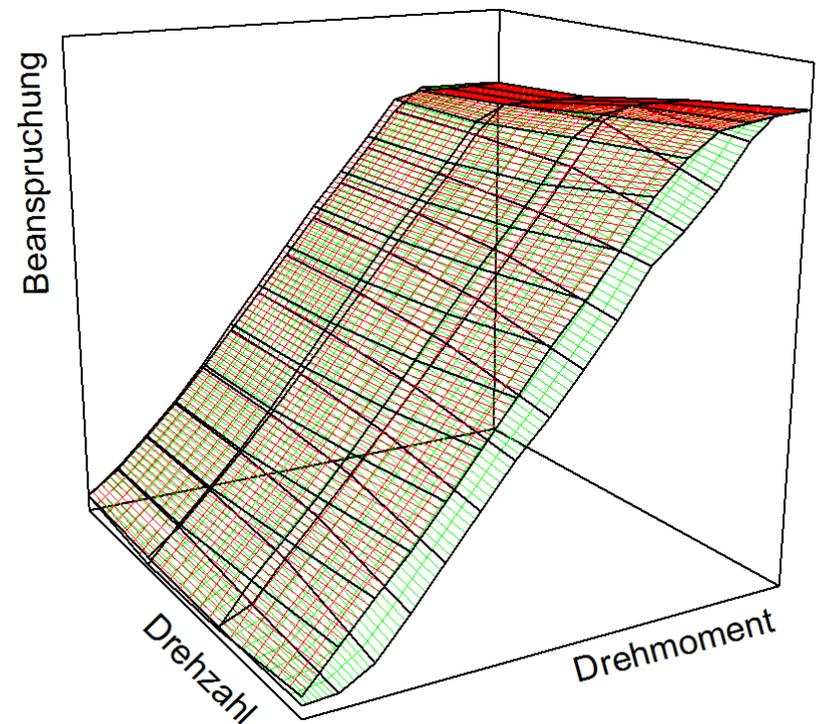


# AGENDA

1. DREHSCHWINGUNGSDÄMPFUNG IM ANTRIEBSSTRANG
2. AUSWIRKUNG AUF DIE BETRIEBSFESTIGKEITSBEWERTUNG
3. ALGORITHMUS ZUR ERFASSUNG NICHTLINEARER EFFEKTE
4. BEISPIEL SCHRAUBENDRUCKFEDER
5. ZUSAMMENFASSUNG

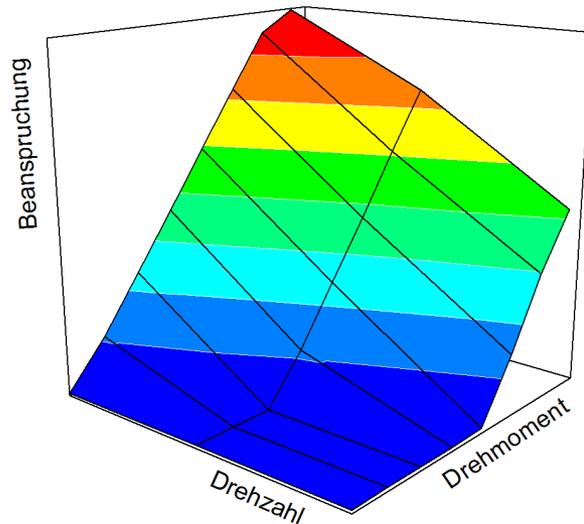
# Lösungsansatz zur Erfassung Nichtlinearitäten

- numerische Lösung notwendig:
  - direkte Zuweisung der Beanspr. aus Lasten notwendig
  - mögliche Lastkombinationen mittels FEM abdecken
  - konstruktive Nichtlinearität und Kopplung erfasst
  - Allgemeingültigkeit – Verzicht auf Modellvorgabe
  - „lokale“, „diskrete“ Methode
  - Algorithmus zur Hystereseerfassung ableiten



# Umsetzung des Konzeptes in winLIFE

- Auslesen Beanspruchung – Zuordnungsmatrix:
  - FEM-Beanspruchung mittels Drehzahl/Drehmoment zugeordnet
  - frei wählbare Stützstellen der Matrix
  - Interpolation von Zwischenwerten
- große Dateimengen – automatisierte Erstellung von
  - FEM-Ergebnisdateien und
  - Zuordnungsmatrix (Namensidentifikation)



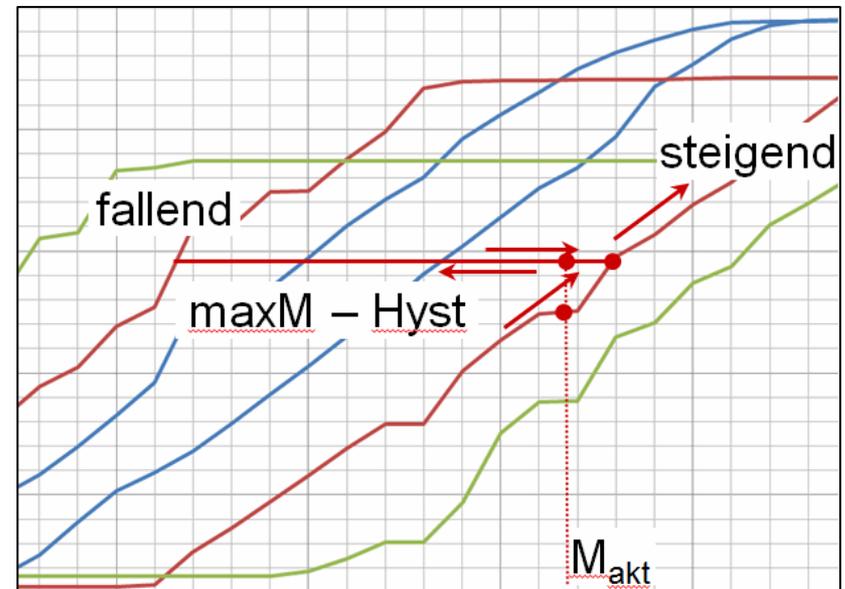
The screenshot shows a window titled 'Zuordnungsmatrix'. It contains two columns of values on the left, 'Wert Spalte' and 'Wert Spalte 2', and a large grid of values on the right. The grid has 6 columns and 6 rows. The values are as follows:

	-220	-176	-132	-44	0
0	+7;-3	+6;-2	+5;-1	+8;-4	+24;12
1500	+45;-41	+44;-40	+43;-39	+46;-42	+62;31
2900	+83;-79	+82;-78	+81;-77	+84;-80	+100;51
4100	+121;-117	+120;-116	+119;-115	+122;-118	+138;71
5300	+159;-155	+158;-154	+157;-153	+160;-156	+176;91
7200	+197;-193	+196;-192	+195;-191	+198;-194	+214;111

# Umsetzung des Konzeptes in winLIFE

- Reibungshysterese durch Algorithmus nachbilden
  - Gradientenabhängigkeit der Beanspruchung: Daten für steigendes und fallendes Moment in Zuordnungsmatrix hinterlegt
  - Vorgabe konstanter Beanspruchung innerhalb Hysterese
  - Algorithmus deckt Reibungs-Sondereffekte ab

		Wert Spalte		
		-220	-176	-132
W e r t  S p a	0	+7;-3	+6;-2	+5;-1
	1500	+45;-41	+44;-40	+43;-39
	2900	+83;-79	+82;-78	+81;-77
	4100	+121;-117	+120;-116	+119;-115
	5300	+159;-155	+158;-154	+157;-153
	7200	+197;-193	+196;-192	+195;-191

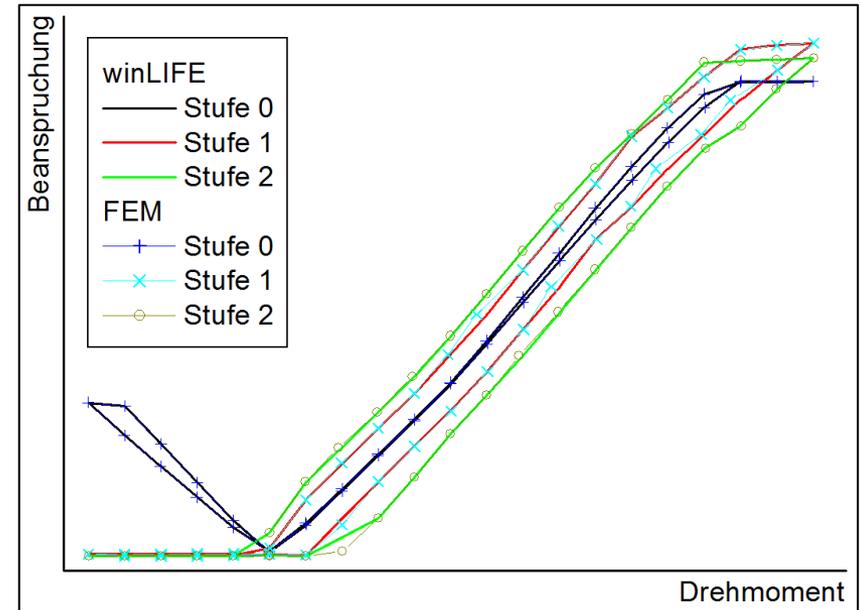
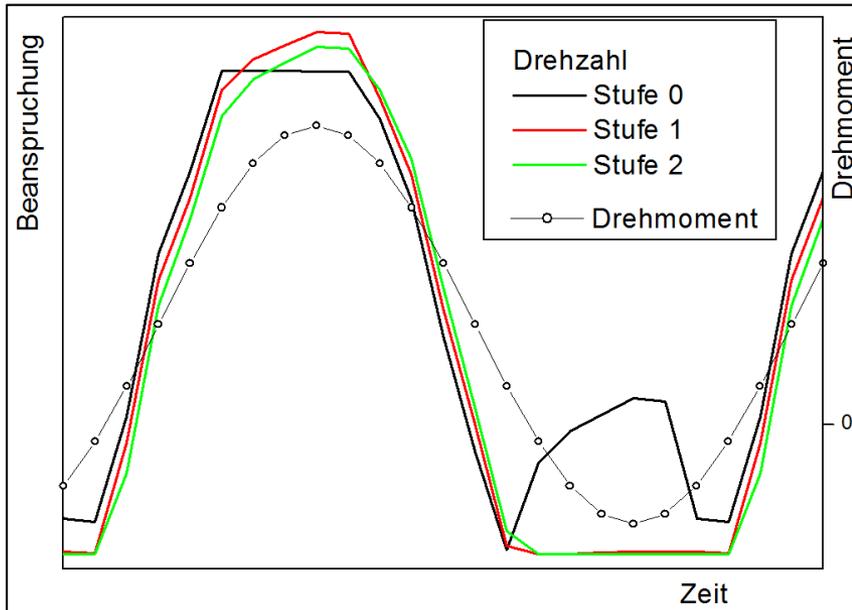
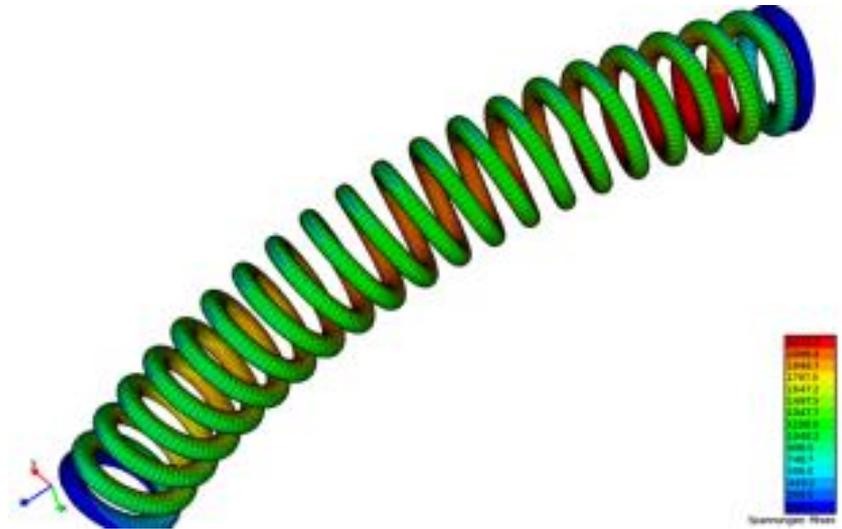


# AGENDA

1. DREHSCHWINGUNGSDÄMPFUNG IM ANTRIEBSSTRANG
2. AUSWIRKUNG AUF DIE BETRIEBSFESTIGKEITSBEWERTUNG
3. ALGORITHMUS ZUR ERFASSUNG NICHTLINEARER EFFEKTE
4. **BEISPIEL SCHRAUBENDRUCKFEDER**
5. ZUSAMMENFASSUNG

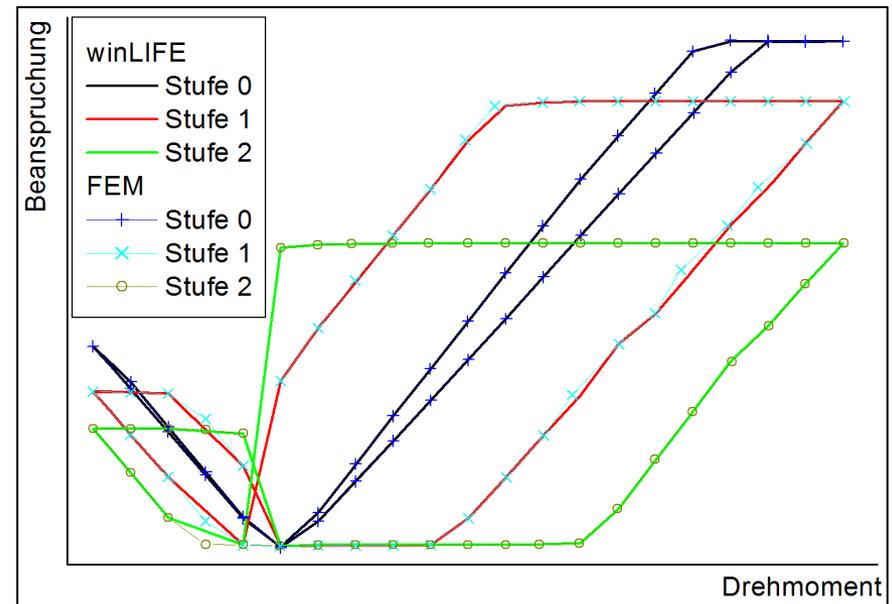
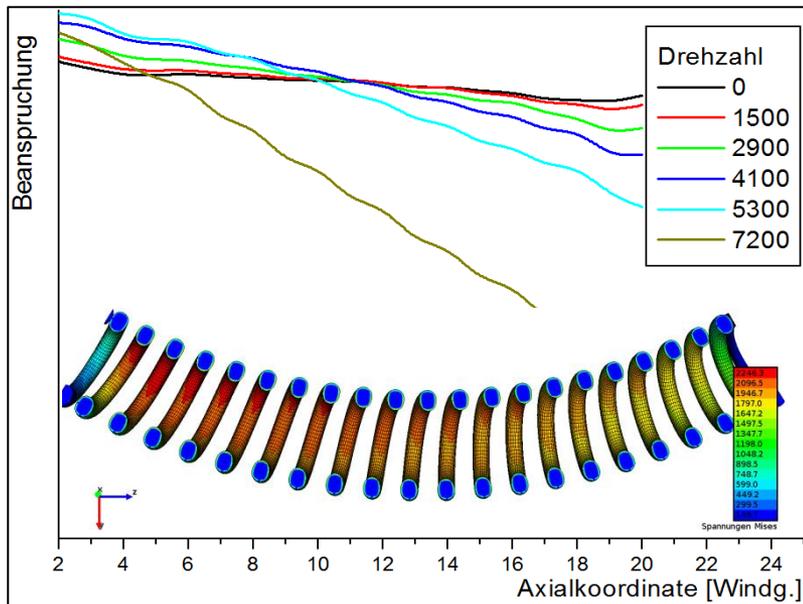
# Fallbeispiel I

- Methode bildet bauteiltypische Nichtlinearitäten ab
- korrektes Auslesen (Zuordnung) der genutzten FEM-Daten



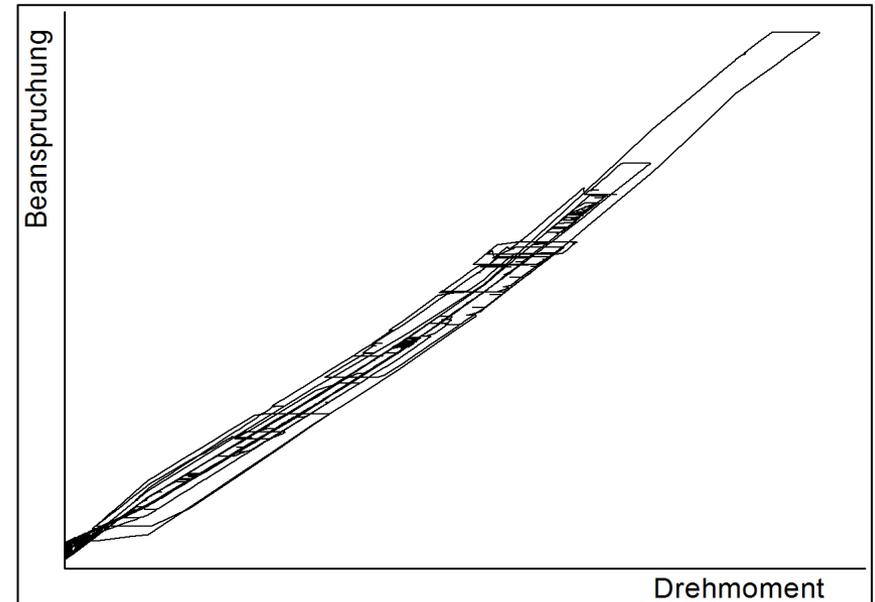
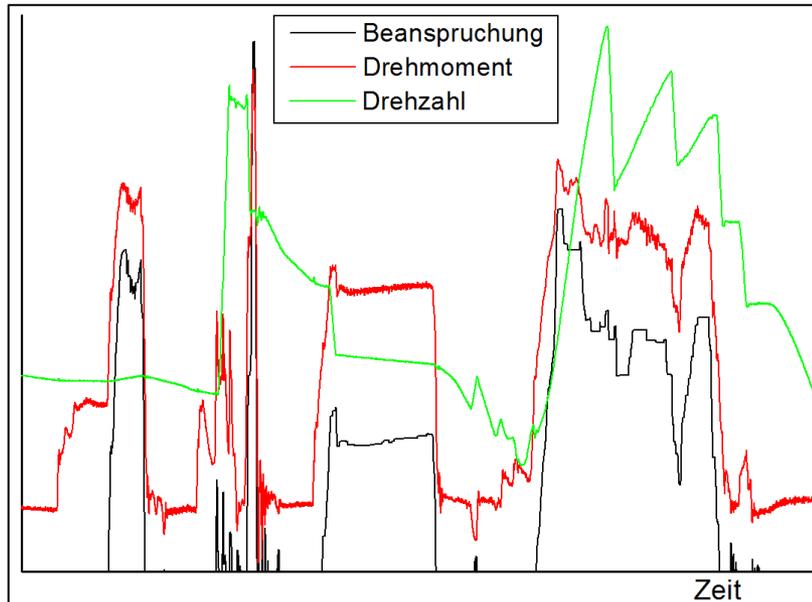
# Fallbeispiel II

- lokal variables Bauteilverhalten durch untersch. Empfindlichkeit
- Methode auch bei extremer Hysterese stabil
- Sondereffekte Reibung erfasst



# Fallbeispiel III

- Betriebslastsequenz
- deutlicher Einfluss aller identifizierter Typen der Nichtlinearität auf BZF
- quantitativ verbesserte Lebensdaueraussage erreicht



# Zusammenfassung

- Verfahren zur Erfassung typischer Nichtlinearität entwickelt
- allgemeine, nicht strukturgebundene, flexible Umsetzung, vollständig numerisch diskrete Behandlung der Last-Beanspruchungs-Abhängigkeit
- Schnittstellen zur effektiven, sicheren Handhabung entsprechend großer Datenmengen geschaffen
- erstmals komplexe nichtlineare Effekte ursächlich korrekt und numerisch leistungsfähig in Ermüdungs-postprozessor nachzubilden
- qualitativ und quantitativ höherwertige BZF für Ermüdungsrechnung abzuleiten

# Dank

Vielen Dank für die konstruktive Zusammenarbeit und professionelle Umsetzung der Ideen durch das STZ-Verkehr.

Dank an die Kollegen M. Pährisch u. T. Wermund sowie die Berechnungsgruppe Antriebsstrang der ZF in Schweinfurt für die Identifikation des Themas und Unterstützung bei der Arbeit.