

**fhS**

Fachhochschule  
Schmalkalden

**Mirko Pfaff**

**Entwicklung strukturierter  
FEM-Modelle und deren  
beispielhafte Anwendung auf  
eine fahrzeugtechnische Baugruppe**

**fhS-prints 3/2008**

Schriftenreihe der  
Fachhochschule Schmalkalden

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Die Finite-Elemente-Methode - Stand von Wissenschaft und Technik.....</b>	<b>2</b>
2.1	Einordnung der FEM in den Produktentwicklungsprozess.....	2
2.2	FEM in der Strukturmechanik.....	5
2.3	Grundgedanke der Finiten-Elemente-Methode.....	5
2.4	Leistungsumfang von FEM-Software in der Strukturmechanik.....	6
2.5	Durchführung einer FEM-Analyse.....	8
2.5.1	Theoretische Vorarbeit.....	8
2.5.2	Ablauf einer FEM-Analyse mit Hilfe einer FEM-Software.....	9
2.5.3	Darstellung der Fehler- und Problemarten bei der FEM-Modellerstellung.....	10
<b>3</b>	<b>Zielstellung der Arbeit.....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Strategie der Modellerstellung.....</b>	<b>12</b>
4.1	Vorgehensbeschreibung.....	12
4.2	Analyse der Berechnungsaufgabe.....	14
4.3	Modellfindungsprozess – Frühe Phase.....	15
4.4	Vorgehensmodell - Strategie der Modellerstellung.....	17
4.4.1	Abhängigkeit der Modellbildung von der Abstraktionsebene.....	17
4.4.2	Modellerstellung eines FEM-Teilmodells.....	18
4.4.3	Unterschied zwischen FEM-Teilmodellen und FEM-Untersystemen.....	20
4.4.4	Verknüpfung der FEM-Teilmodelle zu FEM-Gesamtmodellen.....	20
4.4.5	Auswirkungen der Modellierungsmethode auf die FEM-Modellerstellung.....	21
4.5	Praktische Empfehlungen.....	23
4.5.1	Dokumentierte Arbeitsweise.....	23
4.5.2	Vernetzung.....	24
4.5.3	Berechnungsverifizierung.....	26
4.5.4	Randbedingungen.....	28
4.5.5	Geometrieübertragung.....	29
<b>5</b>	<b>Übertragung auf ein spezielles Problem – Modell Hinterachswelle.....</b>	<b>33</b>
5.1	Motivation zum Einsatz einer FEM-Berechnung am Beispiel einer Hinterachswelle.....	34

5.2	FEM-Modellstruktur einer Hinterachswelle .....	35
5.3	Bereitstellung von Materialdaten .....	37
5.4	Darstellung der Torsionsspannung über dem Querschnitt eines Torsionsstabes bei elastischer/nichtelastischer Torsion.....	42
5.4.1	Zielstellung FEM-Modell elastischer/nichtelastischer Torsionsstab .....	42
5.4.2	Arbeitsablauf für die Erstellung des FEM-Modells „Torsionsstab“ .....	42
5.4.3	FEM-Modell „Torsionsstab“ .....	43
5.4.4	Analytische Betrachtung .....	46
5.4.5	Vergleich der Berechnungsergebnisse des FEM-Modells „Torsionsstab“ und der analytischen Lösung.....	53
5.4.6	Ermittlung der Bruchtorsionsmomente und Vergleich mit Versuchsergebnissen aus der Praxis.....	55
5.4.7	Ursachen für abweichende Ergebnisse von FEM-Modell und analytischer Lösung gegenüber den Versuchswerten.....	57
5.4.8	Empfehlungen für die Erstellung des FEM-Gesamtmodells aus den Erkenntnissen des Teilmodells.....	58
5.4.9	Einbeziehung spezifischer Hinterachsgeometrie .....	58
5.5	Einfluss des Richtens .....	62
5.5.1	Zielstellung FEM-Modell „Richten“ .....	62
5.5.2	Arbeitsablauf für die Erstellung des FEM-Modells „Richten“ .....	62
5.5.3	Aufbau des effektiven FEM-Modells „Richten“ (A) .....	64
5.5.4	Analytische Verifizierung des effektiven FEM-Modells „Richten“ .....	65
5.5.5	Analyse der Richteigenspannungen in der Hinterachswelle .....	69
5.6	Verhalten der Hinterachswelle unter Eigengewicht.....	73
5.7	FEM-Teilmodell „Befestigung“ .....	77
5.8	Gesamtmodelle der Hinterachswelle.....	81
5.8.1	FEM-Gesamtmodell „Hinterachswelle-Schaft“ .....	81
5.8.2	FEM-Gesamtmodell „Hinterachswelle-Flansch“ .....	83
5.9	Einfluss der Oberflächenrauheit.....	88
5.10	Lebensdauerberechnung.....	92
5.10.1	Zielstellung der Lebensdauerberechnung.....	92
5.10.2	Arbeitsablauf für die Erstellung des Lebensdauermodells.....	92
5.10.3	Materialdaten.....	92
5.10.4	Torsionsmoment als wechselnde Belastung.....	93

5.10.5	Einbeziehung der Oberflächenrauheit .....	94
5.10.6	Eigenspannungen durch den Arbeitsgang „Richten“ .....	95
5.10.7	Zusammenfassende Aussagen zur Lebensdauerberechnung.....	98
5.11	Übersicht der für die Hinterachswelle genutzten FEM-Modelle .....	99
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>100</b>
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>106</b>