

Inhalt

Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen	III
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 NVH-Phänomene am Fahrzeug.....	3
2.1.1 Schwingungen des Antriebsstranges	4
2.1.2 Übertragungswege.....	4
2.2 Schwingungsanregung in Fahrzeuggetrieben	5
2.2.1 Beschreibung der Hauptanregungsquellen	5
2.2.2 Geräusche in Fahrzeuggetrieben	8
2.2.3 Klappern und Rasseln.....	9
2.2.4 Heulen und Pfeifen	10
2.3 Verzahnungssteifigkeiten	11
2.3.1 Mechanisches Ersatzmodell der Zahnpaarung	11
2.3.2 Erweiterungen des mechanischen Ersatzmodells.....	13
2.3.3 Einflüsse auf die variable Gesamtfedersteifigkeit.....	14
2.4 Dämpfungsverhalten von Zahnrädern	16
2.4.1 Modell der einseitig anliegenden Verzahnung.....	16
2.4.2 Modell der spielbehafteten Verzahnung	17
2.5 Simulation.....	18
2.5.1 Simulationstechnik	18
2.5.2 Getriebesimulation	20
2.6 Eingrenzungen und Zieldefinition.....	22
3 Vorbetrachtungen	25
3.1 Aufbau und Funktion Antriebsstrang.....	25
3.2 Berechnung und Aufbereitung der Zahnsteifigkeitsverläufe	29
3.2.1 Arbeitsweise des Programms <i>STIRAK</i>	29
3.2.2 Aufbau des Modells in <i>STIRAK</i> und Berechnung	31
3.2.3 Aufbereitung der Daten.....	36
3.2.4 Validierung der berechneten Verzahnungssteifigkeiten	41
3.3 Abgleich der Torsionssteifigkeiten	42
3.3.1 Nachgiebigkeit aufgrund eines axialen Versatzes.....	44
3.3.2 Nachgiebigkeit aufgrund der Wellendurchbiegung	45
4 Modellaufbau des Antriebsstranges	47
4.1 Reduktion	47
4.2 Komponenten vor und nach dem Getriebe	48

4.3	Getriebe.....	51
4.3.1	Berücksichtigung der variablen Verzahnungssteifigkeiten	52
4.3.2	Berücksichtigung der Losteilschwingungen.....	55
4.3.3	Berücksichtigung der Lagerreibung	56
4.4	Validierung der Simulationssoftware.....	57
5	Abstimmung des Simulationsmodells.....	58
5.1	Prüfstands Aufbau	58
5.2	Ergebnisse der Prüfstandsversuche	58
5.3	Berechnete Eigenfrequenzen und Eigenschwingformen.....	59
5.4	Simulation im Zeitbereich.....	63
5.4.1	Anpassung der Dämpfung	63
5.4.2	Verzahnungskräfte der Zahnradstufen	65
5.4.3	Kontrolle der Schleppmomente.....	67
6	Simulation des gesamten Antriebsstranges.....	68
6.1	freier Drehzahlhochlauf.....	68
6.2	Hochlauf mit definierter Drehzahlvorgabe.....	69
6.2.1	Motoranregung.....	69
6.2.2	Entkopplung Zweimassenschwungrad	70
6.2.3	Verdrehwinkel der Wellen	71
6.2.4	Verzahnungskräfte der Zahnradstufen	72
6.2.5	Verdrehwinkel und Verzahnungskräfte der Losräder	73
7	Abbildungsgenauigkeit von 1D-Rädertriebssimulationen.....	75
8	Schlussbetrachtungen	76
8.1	Zusammenfassung.....	76
8.2	Ausblick.....	77
	Literaturverzeichnis	78
	Bildverzeichnis	81
	Tabellenverzeichnis	84
	Anlagenverzeichnis.....	85