

# Inhaltsverzeichnis

## Content

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Technik in Forschung und Industrie</b>	<b>3</b>
2.1	Theoretische Betrachtung des Anregungsverhaltens von Getrieben	3
2.1.1	Geräuscentstehung und Anregungsmechanismen	3
2.1.2	Methoden zur Berechnung des Einsatzverhaltens	9
2.1.3	Vorgehensweise zur Auslegung des Anregungsverhaltens	11
2.1.4	Drehzahlabhängige Verzahnungsanregung	14
2.2	Beschreibung von genormten Verzahnungsabweichungen	16
2.2.1	Kurzwellige Abweichungen	16
2.2.2	Langwellige Abweichungen	19
2.3	Experimentelle Erfassung des Anregungs- und Geräuschverhaltens von Getrieben	26
2.3.1	Prüfverfahren zur Untersuchung des Anregungs- und Geräuschverhaltens	26
2.3.2	Auswirkungen von kurz- und langwelligen Verzahnungsabweichungen auf das Anregungsverhalten	29
2.4	Fazit	34
<b>3</b>	<b>Zielsetzung, Aufgabenstellung und Vorgehensweise</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>Prüfmethodik zur Analyse des Anregungs- und Geräuschverhaltens</b>	<b>39</b>
4.1	Prüfverzahnungen	39
4.2	Prüfstände und Messzelle zur Untersuchung des Anregungs- und Geräuschverhaltens	40
4.2.1	Universal-Getriebeprüfstand	41
4.2.2	Elektrischer Verspannungsprüfstand	41
4.2.3	Stirnradmesszelle	42
4.3	Zahnkontaktanalysen zur Berechnung des Anregungsverhaltens	44
<b>5</b>	<b>Einsatz der Verschränkung zur gezielten Beeinflussung des kurzwelligen Anregungsverhaltens von Stirnradgetrieben</b>	<b>47</b>
5.1	Beschreibung der Verschränkung und des Einflusses auf die Kontaktverhältnisse	47
5.2	Optimierung des Anregungsverhaltens durch gezielte Auslegung der Verschränkung	49
5.3	Verzahnungsfertigung und Qualitätsprüfung	51
5.4	Versuchsaufbau und -durchführung	53
5.5	Einfluss der Verschränkung auf das Anregungsverhalten	54
5.5.1	Anregungsverhalten bei gleicher Abweichungsfläche	55
5.5.2	Verifizierung des Verschränkungseinflusses	56
5.6	Validierung der Zahnkontaktanalyse für kurzwellige Abweichungen	57
5.7	Fazit	58

<b>6</b>	<b>Auswirkungen von langwelligen Abweichungen auf das Anregungs- und Geräuschverhalten von Stirnradverzahnungen.....</b>	<b>61</b>
6.1	Einfluss von langwelligen Abweichungen auf die Kontaktgeometrie.....	61
6.2	Messergebnisse zum Einfluss langwelliger Verzahnungsabweichungen...	64
6.3	Quasistatische Drehfehleruntersuchung von langwelligen Abweichungen	67
6.3.1	Exzentrizität .....	68
6.3.2	Taumel.....	69
6.3.3	Teilungsabweichung .....	71
6.4	Versuchsaufbau zur Hochdrehzahluntersuchung .....	73
6.5	Versuchsplan und Fertigung der Prüfteile.....	75
6.6	Einfluss von langwelligen Abweichungen auf das Geräuschverhalten bei höheren Drehzahlen .....	77
6.7	Fazit.....	81
<b>7</b>	<b>Transfer der Erkenntnisse auf einen Anwendungsfall aus der industriellen Praxis .....</b>	<b>83</b>
7.1	Versuchsgetriebe .....	83
7.2	Versuchsplan und Fertigung der Prüfteile.....	84
7.3	Versuchsaufbau – Stirnradmesszelle, Getriebe, Fahrzeug .....	89
7.4	Einfluss der Abweichungen auf das Anregungs- und Geräuschverhalten	93
7.4.1	Stirnradmesszelle: Einflanken- und Betriebs-Wälzprüfung .....	93
7.4.2	Stirnradmesszelle: Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus der Quasistatik auf die Dynamik .....	96
7.4.3	Getriebeuntersuchungen .....	100
7.4.4	Fahrzeuguntersuchungen.....	102
7.5	Fazit.....	107
<b>8</b>	<b>Ableitung von Toleranzgrenzen für langwellige Abweichungen.....</b>	<b>109</b>
8.1	Methode zur Beschreibung der Kontaktbedingungen und des Anregungsverhaltens in Abhängigkeit von langwelligen Abweichungen..	109
8.1.1	Exzentrizität .....	110
8.1.2	Teilungsabweichung .....	112
8.1.3	Kreuzeinflüsse von Exzentrizität und Teilungsabweichung.....	113
8.1.4	Taumel.....	117
8.1.5	Überlagerung aller Abweichungen und Verifizierung des Ansatzes .....	122
8.2	Ableitung und Definition von funktionalen Abweichungsgrenzwerten .....	123
8.3	Fazit.....	127
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>129</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>133</b>
<b>11</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>143</b>