

Inhaltsverzeichnis

Content

1 Einleitung	1
2 Stand der Technik in Forschung und Industrie	5
2.1 Einführung von Planetengetrieben	5
2.2 Auslegung von anregungsarmen Getrieben	9
2.2.1 Getriebegeräusche und Geräuschentstehung	9
2.2.2 Anregungsmechanismen in Planetengetrieben	11
2.2.3 Anregungsmechanismen im Zahneingriff	14
2.2.4 Vorgehensweise bei der Auslegung anregungsarmer Verzahnungen	17
2.3 Methoden zur Beschreibung des Anregungsverhaltens von Getrieben	21
2.3.1 Methoden der Zahnkontaktanalyse	22
2.3.2 Methoden der dynamischen Betriebssimulation	24
2.4 Methoden zur Erfassung des Anregungsverhaltens von Getrieben	28
2.4.1 Methoden zur Erfassung der Anregung von Verzahnungen	28
2.4.2 Methoden zur Erfassung der Anregung von Planetengetrieben	31
2.4.3 Auswirkung von Zahnflankenmodifikationen und Verzahnungsabweichungen	32
2.5 Fazit	33
3 Zielsetzung und Vorgehensweise	35
4 Ansatz zur Berechnung der Phasenverschiebung	37
4.1 Phasenverschiebung an den Zentralrädern	37
4.2 Phasenverschiebung durch das Planetenrad	38
4.3 Phasenverschiebung durch axialen Versatz	41
4.4 Fazit	43
5 Experimentelle Untersuchung des Anregungsverhaltens von Planetengetrieben	45
5.1 Entwicklung einer Prüfmethode auf Grundlage einer Messzelle	45
5.1.1 Modulare Gestaltung der Planetengetriebemesszelle	45
5.1.2 Beurteilung der Anregung mittels Drehfehlermessungen	50
5.2 Vorstellung der untersuchten Radsätze und der aufgebrachten Modifikationen	52
5.3 Untersuchung des Verlagerungsverhaltens der Messzelle	55
5.3.1 Statisches Verlagerungsverhalten	55
5.3.2 Dynamisches Verlagerungsverhalten	59
5.4 Beurteilung des Anregungsverhaltens auf Basis der Betriebswälzprüfung	63
5.5 Beurteilung des dynamischen Anregungsverhaltens auf Basis von Drehzahlhochläufen	69

5.6 Fazit	75
6 Methode zur Berechnung des Anregungsverhaltens von Planetengetrieben.....	77
6.1 Konzeption der Methode	77
6.2 Entwicklung der Methode	78
6.2.1 Quasistatische Zahnkontaktanalyse.....	79
6.2.2 Dynamisches Grundmodell	81
6.3 Anwendung der Methode auf die Messzelle zur Analyse des Drehfehlerverhaltens.....	86
6.4 Fazit	94
7 Erweiterung der Methode zur Auslegung von Zahnflankenmodifikationen auf Basis des Einzeleingriffsverhaltens	97
7.1 Beschreibung der Methode zur Auslegung von Modifikationen.....	98
7.2 Strategien zur Auswahl von geeigneten Modifikationen	99
7.3 Diskussion einer Auslegung am Beispiel eines 2 MW Windkraftgetriebes	102
7.4 Fazit	107
8 Analyse des Einsatzverhaltens einer Planetenstufe eines 2 MW Windkraftgetriebes	109
8.1 Vorstellung und Modellaufbau der Planetenstufe	109
8.2 Diskussion von Simulations- und Messergebnissen	111
8.3 Parameterstudie zum Einfluss der Phasenverschiebung	113
8.4 Fazit	116
9 Zusammenfassung und Ausblick.....	119
9.1 Zusammenfassung.....	119
9.2 Ausblick.....	120
10 Literaturverzeichnis.....	123
11 Anhang	139