

Inhaltsverzeichnis

Content

1	Einleitung.....	1
2	Stand der Technik in Forschung und Industrie.....	5
2.1	Besonderheiten des Einsatzverhaltens von Planetengetrieben	6
2.1.1	Drehzahlen und Übersetzungen.....	6
2.1.2	Kräfte und Momente im Planetengetriebe	7
2.1.3	Lastaufteilung.....	8
2.1.4	Anregungsverhalten	9
2.2	Einflüsse auf das Einsatzverhalten von Planetengetrieben.....	12
2.2.1	Planetenradanzahl	12
2.2.2	Phasenlage	14
2.2.3	Radkranzstärken	15
2.2.4	Verzahnungsumfeld	17
2.2.5	Modulationseffekte aufgrund von Verlagerungen.....	19
2.3	Methoden zur Vorhersage des Einsatzverhaltens von Planetengetrieben	21
2.3.1	Analytische Methoden.....	22
2.3.2	Numerische Methoden	23
2.4	Auslegung von Planetengetrieben	26
2.4.1	Vorgehensweise bei der Auslegung.....	26
2.4.2	Bestimmung der Tragfähigkeit	27
2.4.3	Berücksichtigung von Lastkollektiven.....	29
2.4.4	Bestimmung lokaler Schädigungen der Zahnflanke	30
2.4.5	Strukturoptimierung des Verzahnungsumfeldes.....	31
2.5	Fazit	34
3	Zielsetzung und Vorgehensweise	37
4	Analyse des Einflusses elastischer Verformungen auf die Lastaufteilung und -verteilung einer Windenergieanlage.....	41
4.1	Analyse der Lastverteilung in der FVA Gondel.....	43
4.2	Fazit	48
5	Untersuchung von Einflussgrößen auf das Einsatzverhalten von Planetengetrieben im elastischen Verzahnungsumfeld	49
5.1	Modulare Prüfzelle zur Messung des Anregungs- und Verformungsverhaltens	49

5.1.1 Vorstellung der Messzelle	50
5.1.2 Beschreibung der Messgrößen und Messpositionen	51
5.1.3 Charakterisierung der Prüfverzahnung	53
5.2 Prüfaufbau und Prüfprogramm.....	54
5.3 Einfluss der Planetenradanzahl.....	57
5.4 Einfluss von Achslageabweichungen des Planetenrades	62
5.5 Einfluss von Achslageabweichungen der Zentralelemente	68
5.5.1 Analyse des Anregungsverhaltens.....	69
5.5.2 Entstehung von Modulationen in Planetengetrieben	70
5.6 Einfluss der Radkranzsteifigkeit	73
5.7 Fazit	76
6 Methode zur Vorhersage des Einsatzverhaltens von Planetengetrieben im elastischen Verzahnungsumfeld	79
6.1 Einflusszahlenmethode zur Abbildung der Wechselwirkungen im Mehrfacheingriff	80
6.2 Federmodell zur Berechnung des Einsatzverhaltens von Planetengetrieben	82
6.3 Anbindung der Strukturelemente.....	84
6.3.1 Einbindung des Hohlradgehäuses in die Einflusszahlenberechnung	84
6.3.2 Berücksichtigung des Planetenträgers	86
6.4 Berücksichtigung von Verlagerungen der Zentralelemente.....	87
6.5 Bestimmung von Schädigungssummen auf der Zahnflanke für Lastkollektive.....	90
6.6 Fazit	91
7 Validierung der Methode zur Vorhersage des Einsatzverhaltens von Planetengetrieben im elastischen Umfeld	93
7.1 Validierung des Kontaktverhaltens.....	94
7.2 Validierung der Lastaufteilung.....	95
7.3 Validierung des Anregungsverhaltens.....	98
7.4 Fazit	103
8 Optimierung von Zahnflankenmodifikationen für Lastkollektive an einer Windenergieanlage	105
8.1 Ermittlung der lokalen Schädigung.....	105
8.2 Vorgehen bei der Auslegung.....	109
8.3 Ergebnisse und Vergleich	112
8.4 Fazit	114
9 Methode zur kombinierten Auslegung von Verzahnung und Struktur.....	117
9.1 Einfluss der Gehäusestruktur auf das Einsatzverhalten der Planetenstufe einer Windenergieanlage	117
9.2 Optimierungsansatz	120

9.3 Ergebnis der Optimierung der Gehäusestruktur.....	122
9.4 Fazit	124
10 Zusammenfassung	127
11 Ausblick.....	129
12 Literaturverzeichnis.....	135
13 Anhang.....	145