

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 Prüfselle 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