

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Formelzeichen . . . . .	13
Verzeichnis der Formelzeichen und Symbole . . . . .	15
<b>1 Einleitung</b>	<b>15</b>
1.1 Verfügbarkeit und Instandhaltungskosten . . . . .	15
1.2 Getriebe im Antriebsstrang . . . . .	17
1.3 Wälzlager . . . . .	18
1.4 Condition Monitoring Systeme in WEA . . . . .	19
<b>2 Theoretische Grundlagen</b>	<b>21</b>
2.1 Signaltheorie . . . . .	21
2.1.1 Signalentstehung . . . . .	21
2.1.2 Amplitudenmodulation . . . . .	23
2.1.3 Amplitudendemodulation . . . . .	25
2.1.4 Frequenzmodulation . . . . .	31
2.1.5 Ordnungsanalyse . . . . .	32
2.1.6 Fourier-Transformation . . . . .	33
2.1.7 Übertragungsverhalten der Struktur . . . . .	35
2.1.8 Schadensmusterzuordnung im Hüllkurvenspektrum .	37
2.2 Sensorik . . . . .	39
2.2.1 Piezoelektrische Schwingungssensoren . . . . .	41
2.2.2 Sensoranbindung . . . . .	42
2.2.3 Allgemeine maschinenakustische Messkette zur Kör- perschallmessung . . . . .	43
<b>3 Condition Monitoringgeräte in WEA</b>	<b>45</b>
3.1 Aufbau von CMS in WEA . . . . .	45
3.2 Überwachte Kennwerte . . . . .	48
3.2.1 Statistische Kennwerte der Schwingungszeitsignale .	48

3.2.2	Kennwerte aus dem Hüllkurvenordnungsspektrum . . . . .	49
3.2.3	Kennwerte aus dem Ordnungsspektrum . . . . .	50
3.2.4	Kinematische Zuordnung der Überrollordnungen . . . . .	51
3.2.5	Weitere Möglichkeiten der Kennwertbildung . . . . .	53
<b>4</b>	<b>Hüllkurvenordnungsspektren ohne Gleichrichtung/Tiefpassfilterung</b>	<b>55</b>
4.1	Grenzen der zeitbasierten Filtermethoden . . . . .	55
4.2	Anwendung der parameterfreien Hilberttransformation . . . . .	56
4.3	Numerische Umsetzung der Hilberttransformation . . . . .	57
<b>5</b>	<b>Grundlagenuntersuchungen am Vierlagerprüfstand im IMKT</b>	<b>61</b>
5.1	Das Forschungsprojekt „Wälzlager - Windgetriebe“ . . . . .	61
5.2	Der Vierlagerprüfstand . . . . .	62
5.3	Lagerschäden . . . . .	66
5.4	Schwingungsüberwachung des Prüfstandes . . . . .	68
5.4.1	Innenringschaden . . . . .	70
5.4.2	Außenringschaden . . . . .	72
5.5	Vergleich mit Gleichrichtung/Tiefpassfilterung . . . . .	74
5.5.1	Gesamtschwingungsverhalten des Prüfstandes . . . . .	78
5.5.2	Systemvergleich . . . . .	80
<b>6</b>	<b>Verifizierung der Berechnungsmethode</b>	<b>87</b>
6.1	Datenursprung . . . . .	87
6.2	Innenringschaden Zwischenwelle . . . . .	88
6.2.1	Sensor Zwischenwelle . . . . .	90
6.2.2	Sensor Schnelle Welle . . . . .	96
6.2.3	Sensor Sonnenwelle . . . . .	98
6.2.4	Zusammenfassung . . . . .	102
6.3	Innenringschaden Generator A-Lager . . . . .	103
6.3.1	Sensor Generator A-Lager . . . . .	103
6.3.2	Sensor Generator B-Lager . . . . .	108
6.3.3	Sensor Schnelle Welle . . . . .	109
6.3.4	Zusammenfassung . . . . .	110
6.4	Planetenlagerschaden CM System . . . . .	111
6.4.1	CM-System Sensor Sonnenwelle . . . . .	111

---

6.4.2 Zusammenfassung . . . . .	114
6.5 Planetenlagerschaden Einzelmessung . . . . .	114
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>119</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>126</b>
<b>Anhang</b>	<b>129</b>
Abbildungsverzeichnis . . . . .	134
Tabellenverzeichnis . . . . .	135