

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Motivation für das Low-Cost CMS .....	1
1.2	Motivation zur schwingungsbasierten Drehmomentbestimmung .....	3
2	Grundlagen der zustandsorientierten Instandhaltung und der schwingungsbasierten Zustandsüberwachung .....	4
2.1	Instandhaltungsarten und Strategien .....	4
2.2	Restlebensdauerabschätzung für die voraussagende Instandhaltung .....	6
2.3	Einführung in die Zustandsüberwachung von Maschinen .....	9
2.4	Ursachen von Schwingungen in Maschinen und Anlagen .....	11
2.4.1	Wälzlager und deren Ursachen von Schwingungen .....	12
2.4.2	Zahneingriffe und deren Ursachen von Schwingungen .....	14
2.5	Schwingungsausbreitung .....	15
2.5.1	Körperschall .....	18
2.5.2	Acoustic Emission .....	18
2.5.3	Luftschall .....	19
2.6	Auswerteverfahren .....	20
2.6.1	Analyse mittels Kennwerten .....	21
2.6.2	Spektralanalyse .....	23
2.6.3	Hüllkurvenanalyse .....	26
3	Messungen an Prüfständen und Anlagen .....	28
3.1	Messung an einem kleinen Lagerprüfstand .....	28
3.2	Messung an einem mittelgroßen Lagerprüfstand .....	39
3.3	Messungen im Wasserkraftwerk .....	53
3.3.1	Messung am Gleitlager .....	54
3.3.2	Messungen am Planetengetriebe .....	60

3.4	Ergebnisse der einzelnen Messungen und Schlussfolgerungen.....	65
4	Schwingungsbasierte Drehmomentmessung .....	71
4.1	Grundlagen von Drehmoment und Torsion .....	71
4.2	Übersicht der Drehmomentmessmethoden .....	73
4.3	Verfahren der Drehmomentmessung mittels Phasenverschiebung.....	74
4.4	Funktionsweise einer schwingungsbasierten Drehmomentmessung.....	75
4.5	Messung am Getriebe eines Schaufelradbaggers .....	80
4.6	Fehleranalyse der dargestellten Messung.....	87
4.7	Schlussfolgerungen.....	89
5	Die ersten Schritte zur Zustandsüberwachung von kleinen Wasserkraftwerken mittels kostengünstiger Mikrocontroller .....	91
5.1	Randbedingungen für die Zustandsüberwachung von Klein- und Kleinstwasserkraftwerken .....	91
5.1	Realisierung eines ersten Demonstrators .....	93
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	98
7	Abkürzungsverzeichnis.....	101
8	Literaturverzeichnis .....	103
9	Abbildungsverzeichnis .....	111
10	Anhang .....	118
11	Schriftenreihe des Instituts für Maschinentechnik der Rohstoffindustrie.....	139