

Dipl.-Ing. Rudolf Barwinek, Augsburg

**Analyse von
Wälzlagerdiagnosen
unter praxisnahen
Einsatzbedingungen**

Reihe **1**: Konstruktionstechnik/
Maschinenelemente

Nr. **284**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung und Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	3
2	Heutiger Wissensstand	6
2.1	Stand der Technik	6
2.1.1	Begriffe, Normen und Richtlinien	6
2.1.2	Theoretische Lebensdauerberechnung	8
2.1.3	Geometrie und Kinematik	12
2.1.4	Entstehung von Wälzlagerschwingungen	14
2.2	Stand der Forschung	16
2.2.1	Schwingungsanalysen	16
2.2.2	Reibleistung und Wärmeentwicklung	20
2.2.3	Verschleiß- und Schmierstoffanalysen	22
2.2.4	Oberflächenanalysen	25
2.2.5	Wissensbasierte Systeme / Expertensysteme	27
2.2.6	Fuzzy-Logik und neuronale Netze	29
2.2.7	Simulation und Modellbildung	38
3	Versuchsstand	42
3.1	Prinzipieller Aufbau eines Wälzlagerversuchsstandes	42
3.1.1	Anordnung des Versuchslagers	43
3.1.2	Anordnung der Baugruppen	45
3.2	Anforderungen an den Versuchsstand	47
3.3	Beschreibung des Versuchsstandes	50
3.3.1	Versuchsvorrichtungen	50
a.	Wellenlagerversuchskopf	50
b.	Nabenlagerversuchskopf	52

3.3.2	Axialbelastungsvorrichtungen	55
a.	Wellenlagerversuchskopf	55
b.	Nabenlagerversuchskopf	56
3.3.3	Radialbelastungsvorrichtung	57
3.3.4	Antriebseinheit	60
3.3.5	Schmieranlage	61
4	Meßtechnik und elektronische Datenverarbeitung	63
4.1	Installierte Meßtechnik	63
4.2	Verarbeitung der Meßwerte	67
4.2.1	Analoge Aufnahme und Speicherung	68
4.2.2	Digitale Aufbereitung und Speicherung	69
a.	Personal Computer	69
b.	Workstation	71
5	Analyseverfahren	74
5.1	Verfahren zur Wälzlagerdiagnose im Betrieb	74
5.1.1	Kennwertbildung	74
a.	Stoßimpulsmethode (SPM)	74
b.	K(t)-Verfahren	76
c.	Kurtosisverfahren	77
5.1.2	Frequenzselektive Verfahren	79
a.	Spektralanalyse	79
b.	Cepstrumanalyse	81
c.	Hüllkurvenextraktion	82
5.1.3	Rainflowverfahren	83
5.1.4	Fuzzy-Logik	87
5.1.5	Neuronale Netze	88
5.1.6	Verifizierende Verfahren	90
a.	Lagerspiel	91
b.	Temperatur/Reibmoment-Verhalten	91
c.	Geräuschmessung	92

5.2	Zustandsdiagnose am ausgebauten Lager	93
5.2.1	Lagerluft	93
5.2.2	Messung des Abriebs	93
5.2.3	Mikroskopische Untersuchungen	94
5.2.4	Oberflächenprofil	94
5.2.5	Sichtprüfung	94
6	Versuchsdurchführung und -auswertung	95
6.1	Versuchsprogramm und -parameter	95
6.2	Charakteristische Lagerkennwerte	100
6.3	Versuchsergebnisse	106
6.3.1	Diagnosekennwerte	106
6.3.2	Frequenzanalyse	114
6.3.3	Rainflowverfahren	123
6.3.4	Fuzzy-Logik	128
6.3.5	Neuronale Netze	131
6.3.6	Ergänzende Diagnosemethoden	137
6.4	Vergleichende Betrachtungen	144
7	Zusammenfassung und Ausblick	148
8	Literaturverzeichnis	151