

# Inhalt

<b>1 Gegenstand, Ziele und Entwicklung betrieblicher Instandhaltung . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Stand und Entwicklungsaspekte der Instandhaltung . . . . .	1
1.1.1 Grundsätzliches . . . . .	1
1.1.2 Arbeitsgegenstand der Instandhaltung . . . . .	2
1.1.3 Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Instandhaltung . . . . .	4
1.1.4 Die unternehmensbezogene Bedeutung der Instandhaltung . . . . .	7
1.1.5 Veränderungstreiber in der Instandhaltung . . . . .	9
1.2 Aufgaben und Funktionsbereiche der Instandhaltung . . . . .	11
1.2.1 Situationsanalyse . . . . .	11
1.2.2 Aufgaben der Instandhaltung . . . . .	13
1.2.3 Funktionen, Verantwortungsbereiche und Tätigkeitsschwerpunkte . . . . .	14
1.3 Produktionsfunktion der Instandhaltung . . . . .	17
1.4 Zielgrößen, Zielfunktionen und Zielkonflikte der Instandhaltung . . . . .	19
1.4.1 Allgemeines . . . . .	19
1.4.2 Zielgrößen . . . . .	20
1.4.3 Zielkonzepte . . . . .	23
1.5 Methoden und Hilfsmittel . . . . .	24
1.6 Qualitätsmanagement und Instandhaltung . . . . .	24
1.7 Entwicklung der Instandhaltung . . . . .	27
1.8 Zusammenfassung . . . . .	31
1.9 Übungs- und Kontrollfragen . . . . .	32
Quellenverzeichnis . . . . .	34
<b>2 Die Elemente betrieblicher Instandhaltung . . . . .</b>	<b>37</b>
2.1 Begriffe . . . . .	37
2.2 Grundlegende Strategien zur Produktion von Abnutzungsvorrat . . . . .	37
2.3 Aufgabenbereiche der Instandhaltung . . . . .	41
2.4 Wartung, Pflege, Inspektion und Instandsetzung . . . . .	42
2.4.1 Allgemeine Grundsätze der Wartung und Pflege . . . . .	42
2.4.2 Allgemeine Wartungs- und Pflegemaßnahmen . . . . .	44

2.4.3 Filterpflege .....	45
2.4.4 Abstellen .....	46
<b>2.5 Wartungs- und Inspektionsplanung .....</b>	<b>46</b>
2.5.1 Grundbegriffe .....	46
2.5.2 Allgemeine Aspekte .....	47
2.5.3 Schritte zur Erstellung eines Wartungs- und Inspektionsplans (VDI 2890) .....	51
2.5.4 Schmierstoffe .....	53
<b>2.6 Instandsetzung .....</b>	<b>67</b>
2.6.1 Begriffe und Definitionen .....	67
2.6.2 Instandhaltungsgrundstrategien .....	69
<b>2.7 Verbesserung .....</b>	<b>69</b>
<b>2.8 Anforderungen an eine instandhaltungsgerechte Konstruktion .....</b>	<b>72</b>
2.8.1 Allgemeine Vorbemerkungen .....	72
2.8.2 Bewertungsgrundlagen .....	72
2.8.3 Grundbegriffe instandhaltungsgerechter Konstruktion .....	75
2.8.4 Instandhaltbarkeit und Produktsicherheit .....	76
2.8.5 Instandhaltbarkeit und Umweltverträglichkeit .....	76
2.8.6 Instandhaltbarkeit und Wirtschaftlichkeit .....	78
2.8.7 Instandhaltungsstrategien und -ebenen .....	78
2.8.8 Gestaltungsrichtlinien .....	79
2.8.9 Kennzahlen in der Instandhaltung .....	80
2.8.10 Instandhaltbarkeitsnachweis .....	85
2.8.11 Instandhaltbarkeitsdatensysteme .....	86
2.8.12 Vertragliche Regelungen .....	87
2.8.13 Zusammenfassung .....	87
<b>2.9 Übungs- und Kontrollfragen .....</b>	<b>88</b>
<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>91</b>
<b>3 Schadensanalyse und Schwachstellenbeseitigung .....</b>	<b>95</b>
3.1 Begriffe .....	95
3.2 Grundlagen der Tribologie und der Theorie der Schädigung .....	96
3.2.1 Tribotechnische Systeme .....	96
3.2.2 Gebrauchswertmindernde Prozesse .....	99
3.3 Abnutzungseffekte .....	100
3.3.1 Allgemeiner Überblick .....	100
3.3.2 Tribologische Beanspruchungen .....	101
3.3.3 Reibung .....	106
3.3.4 Verschleiß .....	112
3.3.5 Korrosion .....	122
3.4 Schadensanalyse (Instandhaltungsorientierte Analyse der Schädigung) .....	151
3.4.1 Bedeutung der Schadensanalyse .....	151
3.4.2 Ziel und Inhalt der instandhaltungsorientierten Schadensanalyse .....	152

3.4.3	Durchführung der Schadensanalyse .....	153
3.4.4	Schwachstellenermittlung und Schadensbeseitigung .....	157
3.4.5	Methodik zur optimalen tribotechnischen Werkstoffauswahl, dargestellt an einem Beispiel .....	164
3.5	Übungs- und Kontrollfragen .....	170
	Quellenverzeichnis .....	174
<b>4</b>	<b>Arbeitssicherheit und Umweltverträglichkeit als Instandhaltungsziele</b> .....	177
4.1	Rechtsbeziehungen zum Instandhaltungsobjekt .....	177
4.2	Gefahren- und Sicherheitsanalyse für Arbeitsplätze in der Anlageninstandhaltung .....	183
4.3	Sicherheits- und Umweltschutzmanagement als Aufgabe der Integrierten add Instandhaltung. ....	186
4.4	Sicherheitsmanagement in Dienstleistungsverträgen .....	191
4.5	Übungs- und Kontrollfragen .....	192
	Quellenverzeichnis .....	194
<b>5</b>	<b>Grundlagen der Zuverlässigkeitstheorie</b> .....	197
5.1	Einführung .....	197
5.1.1	Wahrscheinlichkeitsfunktion und Wahrscheinlichkeitsdichte .....	197
5.1.2	Definitionen und Grundbegriffe des Ausfallgeschehens .....	199
5.1.3	Bewertung von Ausfällen .....	201
5.1.4	Grundmodell der induktiven Statistik .....	203
5.1.5	Klassifizierung von Merkmalen .....	203
5.1.6	Klassifizierung von Verteilungen .....	205
5.1.7	Definition des Vertrauensbereichs .....	206
5.1.8	Definition des Zufallsstrebereichs .....	207
5.1.9	Aufgabe der Wahrscheinlichkeitsfunktion .....	207
5.1.10	Statistische Kenngrößen .....	208
5.1.11	Lebensdauerstatistiken, Bestimmung und Kennwerte des Ausfallverhaltens .....	219
5.2	Wichtige Verteilungen .....	220
5.2.1	Diskrete Verteilungen .....	220
5.2.2	Wichtige kontinuierliche Verteilungen .....	225
5.3	Verteilungsfreie Korrelationsrechnung .....	241
5.4	Quantitative Zuverlässigkeitskenngrößen .....	245
5.4.1	Ausfallwahrscheinlichkeit .....	245
5.4.2	Überlebenswahrscheinlichkeit (Zuverlässigkeit) .....	247
5.4.3	Ausfallhäufigkeitsdichte der Lebensdauer .....	250
5.4.4	Ausfallrate .....	250
5.4.5	Verfügbarkeit .....	252
5.5	Eigenschaften und Berechnung der Zuverlässigkeit .....	253
5.5.1	Eigenschaften der Zuverlässigkeit .....	253
5.5.2	Ausfallarten .....	254

5.6	Erneuerungsprozesse . . . . .	254
5.6.1	Zuverlässigkeitssprozess mit und ohne Erneuerung . . . . .	254
5.6.2	Arten von Erneuerungsprozessen . . . . .	256
5.6.3	Herleitung der Erneuerungsgleichung . . . . .	259
5.6.4	Spezielle Erneuerungsfunktionen . . . . .	260
5.6.5	Charakteristische Funktionen . . . . .	262
5.7	Systemzuverlässigkeits- und Schwachstellenermittlung von Produktionssystemen . . . . .	266
5.7.1	Problemstellung . . . . .	266
5.7.2	Zuverlässigkeitssanalysen für Systeme . . . . .	266
5.7.3	Zuverlässigkeitstheoretische Grundstrukturen . . . . .	268
5.7.4	Möglichkeiten der Schwachstellenermittlung . . . . .	269
5.7.5	Berechnungsvorschriften zur Ermittlung der Systemzuverlässigkeit . . . . .	269
5.7.6	Ermittlung von Schwachstellen . . . . .	272
5.8	Zuverlässigkeit und Redundanz . . . . .	275
5.9	Übungs- und Kontrollfragen . . . . .	277
5.10	Übungsaufgaben . . . . .	279
	Quellenverzeichnis . . . . .	289
6	<b>Planung und Optimierung von Instandhaltungsstrategien für Elemente und Systeme . . . . .</b>	291
6.1	Grundlagen der Strategieentwicklung . . . . .	291
6.1.1	Festlegung des Untersuchungsbereichs . . . . .	291
6.1.2	Grundsätzliche Methoden der Instandhaltung . . . . .	293
6.1.3	Instandhaltungsstrategische Begriffe und Definitionen . . . . .	294
6.1.4	Grundstrategien . . . . .	294
6.1.5	Vor- und Nachteile geplanter Instandhaltung . . . . .	296
6.2	Bestimmung der optimalen Instandhaltungsmethode für Elemente . . . . .	301
6.2.1	Planung der Instandhaltung für eine Betrachtungseinheit (Einzelteil oder Baugruppe) . . . . .	301
6.2.2	Bestimmung der Weibull-Parameter . . . . .	309
6.2.3	Verfahren zur Ermittlung der Parameter der Weibull-Verteilung . . . . .	312
6.2.4	Bestimmung der Anpassungsgüte m. H. parameterfreier statistischer Tests . . . . .	343
6.3	Instandhaltungsmodelle . . . . .	348
6.3.1	Definition der Planungsbasis . . . . .	348
6.3.2	Ermittlung der Instandhaltungskosten . . . . .	359
6.3.3	Bestimmung optimaler Instandhaltungsstrategien für Elemente von Produktionssystemen . . . . .	362
6.3.4	Planung und Optimierung von Instandhaltungsstrategien für Maschinen bzw. Anlagensysteme . . . . .	389
6.4	Übungs- und Kontrollfragen . . . . .	395

6.5 Übungsaufgaben .....	400
Quellenverzeichnis .....	406
<b>7 Strukturierung und Dimensionierung von Instandhaltungswerkstätten .....</b>	<b>409</b>
7.1 Planungsgrundsätze .....	409
7.2 Flexibilität von Instandhaltungswerkstätten als Gestaltungsaufgabe .....	411
7.3 Strukturansatz für Instandhaltungswerkstätten .....	419
7.3.1 Definition .....	419
7.3.2 Funktionsbestimmung .....	419
7.3.3 Morphologie von Instandhaltungswerkstätten .....	420
7.4 Planungsansätze zur Dimensionierung von Instandhaltungswerkstätten .....	423
7.4.1 Definition .....	423
7.4.2 Deterministische Ansätze .....	424
7.4.3 Bedienungstheoretische Ansätze .....	428
7.5 Simulation versus analytische Modellierung .....	435
7.5.1 Simulationsmodelle .....	435
7.5.2 Analytische Modelle .....	436
7.6 Dimensionierung von Instandhaltungswerkstätten add m. H. bedienungstheoretischer Modelle .....	436
7.6.1 Markov-Ketten zur Abbildung von Geburts- und Todesprozessen .....	436
7.6.2 Grundsätzliche Einteilung .....	438
7.6.3 Modellierung von Werkstätten als offene Bedienungssysteme .....	439
7.6.4 Instandhaltungswerkstätten als geschlossene Wartesysteme .....	461
7.7 Strukturierung von Instandhaltungswerkstätten .....	475
7.7.1 Grundlegendes .....	475
7.7.2 Ermittlung des Ausrüstungsbedarfs .....	476
7.7.3 Einkauf von Werkstattbedarf .....	477
7.8 Gestaltung .....	478
7.8.1 Die Kompetenzzelle als Denkansatz .....	479
7.8.2 Instandhaltungswerkstatt als Kompetenzzelle .....	482
7.8.3 Layout-Planung .....	483
7.9 Ressourcenplanung von externen Instandhaltungsstrukturen add in Produktionsnetzwerken .....	499
7.9.1 Dimensionierungsproblematik .....	499
7.9.2 Lösungsansatz .....	504
7.10 Grundlagen der Gestaltung von Instandhaltungsarbeitsplätzen .....	509
7.10.1 Gefährdungs- und Belastungsfaktoren mit instandhaltungstypischen Ursachen .....	509
7.10.2 Ergonomische Anforderungen .....	513
7.10.3 Arbeitsplatzanforderungen .....	514

7.10.4 Probleme von Alleinarbeit bei der Instandhaltung, Wartung und Inspektion .....	520
7.10.5 Umweltschutz für Instandhaltungswerkstätten .....	525
7.11 Übungs- und Kontrollfragen .....	529
7.12 Übungsaufgaben .....	531
Quellenverzeichnis .....	532
<b>8 Organisationsstrukturen von Instandhaltungsbereichen im Unternehmen .....</b>	<b>539</b>
8.1 Ziele und Prinzipien der Organisationsgestaltung in der Instandhaltung .....	539
8.1.1 Ziel der Aufbauorganisation .....	539
8.1.2 Prinzipien einer effizienten Instandhaltungsaufbauorganisation .....	540
8.1.3 Organisationsmodelle .....	541
8.1.4 Ablauforganisation .....	545
8.2 Fremdvergabe .....	546
8.3 Make-or-Buy-Entscheidungen .....	547
8.4 Anforderungen an eine zweckmäßige Organisationsstruktur in der Instandhaltung .....	551
8.4.1 Lösungsansätze in den KMU .....	551
8.4.2 Übertragung von Instandhaltungsaufgaben an Produktionsteams .....	554
8.4.3 Gestaltung von Dienstleistungsverträgen .....	555
8.5 Planung und Abrechnung von Instandhaltungsprojekten .....	559
8.5.1 Grundsätze für die Instandhaltungsplanung .....	559
8.5.2 Vorbereitungsmanagement von Instandhaltungsprojekten ..	561
8.5.3 Abrechnung von Instandhaltungsprojekten im Unternehmen .....	562
8.5.4 Personalmanagement in Instandhaltungsprojekten .....	563
8.6 Vergleichende Betrachtung der Organisationsformen .....	565
8.7 Übungs- und Kontrollfragen .....	565
Quellenverzeichnis .....	568
<b>9 Ersatzteilmanagement .....</b>	<b>569</b>
9.1 Grundlagen .....	569
9.1.1 Definitionen .....	569
9.1.2 Aufgabe und Zielstellung des Ersatzteilmanagements .....	570
9.1.3 Leistungsebenen im Rahmen des Ersatzteilmanagements ..	572
9.1.4 Grundproblem der Ersatzteillogistik .....	573
9.1.5 Ersatzteiletypisierung .....	574
9.2 Ersatzteilorganisation .....	575
9.2.1 Verantwortlichkeiten und Voraussetzungen .....	575
9.2.2 Ersatzteilmanagement .....	576
9.2.3 Klassifizierung von Ersatzteilen .....	585

9.2.4 Ersatzteilverzeichnisse .....	585
9.2.5 Ersatzteillisten .....	586
9.2.6 Ersatzteilverwendungsnachweis .....	586
9.3 Ersatzteilplanung .....	587
9.3.1 Informationen der Ersatzteilewirtschaft zum Ausfallverhalten als Entscheidungsgrundlage .....	587
9.3.2 Informationsbasis .....	589
9.4 Ersatzteilebewirtschaftung .....	591
9.4.1 Lagerhaltungssysteme .....	591
9.4.2 Bestellmengenverfahren zur logistischen Ersatzteilebewirtschaftung .....	596
9.5 Ersatzteilewirtschaftliche Analyseinstrumente und Effektivitätsmaße .....	612
9.5.1 Algorithmus zur Ersatzteilebewirtschaftung .....	612
9.5.2 Randbedingungen .....	612
9.5.3 Berechnung von Effektivitätskenngrößen .....	614
9.5.4 Kennziffern zur Erfolgsmessung .....	617
9.6 Übungs- und Kontrollfragen .....	619
9.7 Übungsaufgaben .....	619
Quellenverzeichnis .....	620
<b>10 Kennzahlen zur Beurteilung der Instandhaltung .....</b>	<b>623</b>
10.1 Ausgangssituation .....	623
10.2 Aufgabencluster der Instandhaltung .....	624
10.2.1 Die Instandhaltung als Wertschöpfungsintegrator .....	624
10.2.2 Die Instandhaltung als technischer Dienstleister an der Wertkette mit Modernisierungs- und Anpassungsfunktion ..	625
10.2.3 Die Instandhaltung als proaktiv agierende Wertschöpfungsstruktur .....	627
10.2.4 Die Instandhaltung als integrierte Wertschöpfungsstruktur .....	628
10.2.5 Die Instandhaltung als Reparaturbereich .....	628
10.3 Geeignete Kennzahlen zur Beurteilung der Instandhaltung .....	630
10.3.1 Gesamtanlageneffektivität .....	630
10.3.2 Instandhaltungskenngrößen .....	637
10.3.3 Wirtschaftliche Kennziffern .....	641
10.4 Methoden zur Erschließung von Verschwendungs potenzialen .....	651
10.5 Übungs- und Kontrollfragen .....	655
10.6 Übungsaufgaben .....	656
Quellenverzeichnis .....	658
<b>Anhang .....</b>	<b>659</b>
<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>707</b>