

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>19</b>
1.1	Instandhaltung ist nicht gleich Instandhaltung.....	19
1.2	Fachbezogene instandhaltungsrelevante Besonderheiten.....	21
1.3	Gesetzliche Vorschriften, Normen und Randbedingungen.....	22
1.4	Instandhaltungsprozesse / Instandhaltungstechnologie.....	23
1.5	Instandhaltungsorganisation.....	24
1.6	Instandhaltungskosten.....	25
1.6.1	Instandhaltungsaufwand.....	25
1.6.2	Controlling.....	25
1.6.3	Reduzierung der Instandhaltungskosten.....	26
1.7	Personalanforderungen.....	27
1.8	Prioritäten.....	28
1.9	Systematische Schwachstellenverhütung und -bekämpfung.....	28
1.10	Methodik der Instandhaltungsplanung.....	29
<b>2</b>	<b>Vom Handwerk zur professionellen industriellen Anlageninstandhaltung.....</b>	<b>30</b>
2.1	Kontinuierlicher Prozess ohne Nebenzeiten als Ziel.....	30
2.2	Entwicklung einer industriellen Instandhaltung.....	32
<b>3</b>	<b>IH-Objekt, IH-Objektklasse.....</b>	<b>34</b>
3.1	Individuelle IH-Objekte – instandhaltungsrelevante IH-Objektklassen.....	34
3.2	Instandhaltungsrelevante Stammdaten.....	34
3.3	Strukturierung von IH-Objekten.....	36
3.4	IH-Objekte mit möglichen Primärschaden.....	37
3.5	Instandhaltungsrelevante IH-Objekte stromführender Geräte und Anlagen.....	38
3.6	Aufwand und Nutzen einer instandhaltungsrelevanten betriebsbezogenen Klassifikation.....	42
3.6.1	Aufwand der Klassifizierung.....	42
3.6.2	Einsparungen bei Erfassung und Nutzung der Daten.....	42
3.6.3	Verwendung von Stammdaten zur Planung.....	42
3.6.4	Nutzen bei Gefährdungsbeurteilung.....	43

3.6.5	Nutzen für die strategische Planung.....	43
3.6.6	Nutzen in der Schwachstellenbekämpfung.....	44
3.6.7	Nutzen für die Erstellung der Leistungsverzeichnisse der Instandhaltungstechnologien.....	44
3.6.8	Nutzen für Einsparungen in der Materialwirtschaft.....	44
3.6.9	Aufwandsabschätzung der Dateneingabe.....	44
<b>4</b>	<b>Schäden.....</b>	<b>45</b>
4.1	Schadensmodell.....	45
4.2	Qualitätsmerkmale.....	45
4.3	Schädigungsprozess.....	46
4.4	Schadensbeschreibung.....	47
4.5	Beanspruchungen.....	48
4.6	Schadensursachen.....	48
4.7	Schadensquellen.....	49
4.8	Unternehmensbezogener Schadenskatalog.....	51
<b>5</b>	<b>Technologie von Instandhaltungsmaßnahmen.....</b>	<b>53</b>
5.1	Probleme und Bedingungen.....	53
5.2	Auftragsdokumentation und Leistungsverzeichnis.....	55
5.3	Instandhaltungsmaßnahmen.....	56
5.3.1	Begriffliche Einordnung.....	56
5.3.2	Periodische Instandhaltungsmaßnahmen.....	56
5.3.2.1	Inspektionsmaßnahmen.....	57
5.3.2.2	Wartung.....	58
5.3.3	Instandsetzungsmaßnahmen.....	59
5.4	Planung komplexer Instandsetzungsmaßnahmen.....	59
5.4.1	Planungsgrundlagen.....	59
5.4.2	Planungsdaten für Instandhaltungsaufträge.....	60
5.4.2.1	Identifikationsangaben.....	60
5.4.2.2	Zugänglichkeit und Arbeitsbedingungen vor Ort.....	61
5.4.2.3	Arbeitsbedingungen vor Ort.....	61
5.4.2.4	Personelle Bedingungen und Gefährdungen.....	61
5.4.2.5	Bedingungen des Instandhaltungsauftrags.....	61

5.4.2.6	Ressourcen zur Auftragserfüllung.....	62
5.5	Maximaler Ablaufplan.....	63
5.6	Elektrisches Freischalten.....	66
5.7	Zeitbedarfsplanung von Instandhaltungsmaßnahmen.....	66
5.7.1	Differenzierte Zeitplanung nach REFA.....	66
5.7.2	Zeit-/Aufwandsklassifizierung von Instandhaltungsmaßnahmen.....	67
5.8	Demonstrationsbeispiel für ein Leistungsverzeichnis (LV).....	68
5.9	Hinweise zur Informationstechnik (IT).....	70
<b>6</b>	<b>Schadensklärung als Bestandteil der Instandhaltungstechnologie.....</b>	<b>72</b>
6.1	Demontagelose Überwachung des Abnutzungszustands von IH-Objekten.....	72
6.2	Ermittlung der Schadensursache bei bekanntem Schadensteil.....	75
6.2.1	Informationssicherung in der Vorbereitung der Schadensklärung.....	75
6.2.2	Arbeitsmittel zur Schadensklärung vor Ort.....	76
6.2.3	Ursachenermittlung bei bekanntem Schadensteil.....	76
6.3	Primärschaden einer Schadensfolge und zugeordnetes Schadensteil sind unbekannt.....	77
6.3.1	Problembehandlung.....	77
6.3.2	Fehlerbaummethode.....	78
6.3.3	Fehler-Möglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA).....	80
6.3.4	Funktionsstranganalyse.....	81
<b>7</b>	<b>Organisation der Instandhaltungsprozesse.....</b>	<b>88</b>
7.1	Zielstellung und Bedingungen einer Organisation des Instandhaltungsbereichs..	88
7.2	Struktur von Instandhaltungsbereichen.....	88
7.3	Organisation der Instandhaltungsmaßnahmen.....	89
7.4	Aufgaben eines Instandhaltungsbereichs.....	94
7.4.1	Aufgabenspektrum in einem Instandhaltungsbereich.....	94
7.4.2	Aufgaben der Leitung eines Instandhaltungsbereichs.....	95
7.4.3	Aufgaben der Verwaltung des Instandhaltungsbereichs.....	95
7.4.4	Aufgaben der strategischen Planung und Steuerung der Instandhaltungsprozesse.....	95

7.4.5	Aufgaben der Erstellung betrieblicher Arbeitsmittel zur Planung, Steuerung und Analyse.....	96
7.4.6	Operative Planung und Steuerung der Instandhaltungsprozesse.....	96
<b>8</b>	<b>Instandhaltungsstrategien.....</b>	<b>97</b>
8.1	Gegenstand einer Instandhaltungsstrategie.....	97
8.2	Strategie periodischer Maßnahmen.....	97
8.3	Strategie aperiodischer Maßnahmen.....	97
8.3.1	Auswahlkriterien.....	97
8.3.2	Schadensbezogene Instandsetzungsstrategie.....	98
8.3.3	Risikostrategie.....	98
8.3.4	Strategie einer vorbeugenden Schadensbekämpfung.....	99
8.3.5	TPM-Strategie.....	100
8.3.6	Zuwis-Strategie.....	100
8.3.7	Strategie der Ressourcenverteilung.....	101
8.4	Kapazitäts- und Terminplanung.....	101
8.5	Erfassung und Auswertung von Ereignisdaten – Lebenslaufakte.....	103
<b>9</b>	<b>Prioritäten der Instandhaltungsaufträge eines Unternehmens.....</b>	<b>104</b>
9.1	Wozu Prioritätskriterien?.....	104
9.2	Prioritätskriterien für unterschiedliche Instandhaltungsobjekte eines Unternehmens.....	104
9.3	Prioritätskriterien für Großanlagen.....	106
9.4	Prioritätskriterien für Instandhaltungsmaßnahmen an IH-Objekten von Infrauktursystemen.....	108
9.4.1	Elektroenergieversorgung als Beispiel für Infrauktursystem mit Schutzgütern.....	108
9.4.2	Ermittlung der Maßnahmendringlichkeit für betroffene Schutzgüter.....	110
9.4.3	Normativwerte für die Gefährdungsparameter.....	112
9.4.4	Methodik der Bearbeitung am fiktiven Beispiel.....	114
<b>10</b>	<b>Bereitstellung von Ersatzteilen, Material, Werkzeugen und Dokumentation pro Auftrag.....</b>	<b>118</b>
10.1	Besonderheiten und Bedingungen.....	118
10.2	System der materiellen Versorgung und Arbeitsvorbereitung.....	119
10.3	Konsequenzen für die Arbeitsvorbereitung der Instandhaltungsmaßnahmen....	120

---

<b>11</b>	<b>Personaleinsatz.....</b>	<b>122</b>
11.1	Leistungsfähigkeit des Instandhaltungspersonals.....	122
11.1.1	Planung der Leistung.....	122
11.1.2	Einsatz des Personals.....	122
11.1.3	Ausstattung der Mitarbeiter.....	123
11.2	Allgemeine Qualifikations- und Verantwortungsanforderungen.....	123
11.3	Spezifische Qualifikations- und Verantwortungsanforderungen an das Personal.....	123
11.3.1	Befähigte Personen nach BetrSichV und TRBS 1203.....	123
11.3.2	Spezifische Anforderungen an Verantwortung des Personals für die Instandhaltung von elektrotechnischen Anlagen.....	124
11.3.2.1	Sachkundiger.....	125
11.3.2.2	Arbeitsverantwortlicher.....	125
11.3.2.3	Anlagenverantwortlicher.....	125
11.3.2.4	Elektrofachkraft.....	125
11.3.2.5	Elektrotechnisch unterwiesene Person.....	126
11.4	Anforderungen an Unternehmen.....	126
11.4.1	Personalverwaltung.....	126
11.4.2	Unterweisung am Arbeitsplatz.....	127
11.4.3	Anforderungen an Unternehmen, die Instandhaltungsarbeiten an Elektroanlagen durchführen.....	127
11.4.3.1	Verantwortliche Elektrofachkraft.....	127
11.4.3.2	Schaltberechtigung.....	128
<b>12</b>	<b>Werkstätten und Arbeitsplätze im Instandhaltungsprozess.....</b>	<b>129</b>
12.1	Instandhaltungswerkstätten.....	129
12.1.1	Werkstattarten.....	129
12.1.1.1	Ausrüstungsbedarf.....	129
12.1.1.2	Werkstattgestaltung.....	129
12.2	Arbeitsplätze der Instandhaltung.....	130
12.2.1	Anforderung an elektrische Betriebsräume.....	131

<b>13</b>	<b>Einsatz von Fremdunternehmen für Instandhaltungsaufgaben.....</b>	<b>133</b>
13.1	Warum Fremdfirmen?.....	133
13.2	Anforderungen an auftragnehmende Unternehmen.....	133
13.3	Vertragsbedingungen.....	134
13.4	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB).....	135
<b>14</b>	<b>Betriebswirtschaftliche Einflüsse, Bedingungen und Bewertungen.....</b>	<b>137</b>
14.1	Vorbetrachtungen.....	137
14.2	Wertschöpfung durch Instandhaltung.....	137
14.3	Was sind Instandhaltungskosten?.....	139
14.4	Wozu und wie erfolgt eine Kostenrechnung?.....	141
14.4.1	Kostenartenrechnung.....	141
14.4.2	Kostenstellenrechnung.....	142
14.4.3	Kostenträgerrechnung.....	142
14.4.4	Betriebsergebnisrechnung.....	142
14.5	Beeinflussbarkeit der Instandhaltungskosten.....	142
14.5.1	Kostenwirksame Systemeigenschaften von Instandhaltungsprozessen an Elektrizitätsversorgungssystemen.....	142
14.5.2	Technisch-organisatorische Maßnahmen der Kostenbeeinflussung.....	143
14.5.3	Strukturelle Kostentreiber der Instandhaltungsprozesse.....	144
14.5.4	Kostentreiber der Kernprozesse.....	144
14.6	Kostentreiber der Neben- und Hilfsprozesse.....	146
14.7	Vermeidung von kostensteigernden Fehlern und Schwachstellen im Geschäftsablauf.....	146
14.8	Instandhaltungsbudget.....	147
14.9	Instandhaltungsrelevante Investitionsoptimierung.....	147
14.9.1	Statische Investitionsentscheidung.....	148
14.9.1.1	Minimale Kosten.....	148
14.9.1.2	Rentabilität.....	148
14.9.1.3	Minimalste Amortisationszeit.....	148
14.9.1.4	Beispiel.....	149
14.9.2	Dynamische Investitionsrechnung als Entscheidungsgrundlage.....	150
14.9.2.1	Berechnung der Kapitalwerte von Investitionen.....	150

14.9.2.2	LCC-Optimierung.....	153
14.10	Betriebswirtschaftliche Kenngrößen.....	154
14.11	Wiederbeschaffungswert.....	154
<b>15</b>	<b>Controlling der Instandhaltung.....</b>	<b>156</b>
15.1	Ziel eines Controlling.....	156
15.2	Methodische Regeln für ein Controlling im Instandhaltungsbereich.....	156
<b>16</b>	<b>Instandhaltungsrelevante Versicherungen.....</b>	<b>158</b>
16.1	Was kann versichert werden?.....	158
16.2	Empfehlenswerte Versicherungen für die Instandhaltung.....	158
<b>17</b>	<b>Instandhaltungsrelevantes Dokumentationsmanagement.....</b>	<b>161</b>
17.1	Was sind Dokumente?.....	161
17.2	Anforderung an ein digitales Dokumentationsmanagement (DMSI).....	161
17.3	Strukturierung instandhaltungsrelevanter Dokumentation.....	162
17.4	Allgemeine Anforderungen an einzelne Dokumente.....	164
17.4.1	Inhaltliche Anforderungen.....	164
17.4.2	Formale Anforderungen.....	165
<b>18</b>	<b>Instandhaltungsgerechte Konstruktion.....</b>	<b>167</b>
18.1	Betriebswirtschaftliche Einordnung.....	167
18.2	Technische Möglichkeiten.....	167
<b>19</b>	<b>Systematische Schwachstellenbekämpfung.....</b>	<b>169</b>
19.1	Problemstellung.....	169
19.2	Ermittlung von Schwachstellen und deren Ursachen.....	170
19.3	Bekämpfung von Schwachstellen durch technische Maßnahmen.....	171
19.4	Konzeption einer nachhaltigen Störungsvermeidung (NSV).....	171
19.4.1	Verwendete Begriffe.....	171
19.4.2	Grundlagen.....	172
19.4.3	Wirkungspotenziale.....	173
19.4.4	Funktionelle Arbeitsplätze.....	175
19.4.5	Mängel als Störungsursachen.....	177
19.4.6	Bearbeitungskonzept.....	177
19.4.7	Methodik.....	178

19.4.8	Organisation.....	179
19.4.9	Demonstrationsszenarium.....	179
19.4.10	Nutzeffekt der NSV.....	180
<b>20</b>	<b>Gesetze und Vorschriften zum Arbeits- und Umweltschutz.....</b>	<b>182</b>
20.1	Wichtige Gesetze und Verordnungen für den Arbeits- und Umweltschutz.....	182
20.1.1	Allgemeines.....	182
20.1.2	Arbeitsschutzgesetz.....	183
20.1.3	Produktsicherungsgesetz.....	183
20.1.4	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts – Wasserhaushaltsgesetz (WHG)....	183
20.2	Instandhaltungsrelevante Vorschriften.....	184
20.2.1	Einführung.....	184
20.2.2	Gefährdungsbeurteilung.....	184
20.2.3	Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen – Gefahrstoffverordnung (GefstoffV).....	185
20.2.4	Überwachungsbedürftige Anlagen.....	186
20.2.5	Arbeitsstättenverordnung.....	186
20.3	Arbeitsschutzverordnungen.....	187
20.4	Instandhaltungsrelevante Normen.....	187
<b>21</b>	<b>AUDIT von Instandhaltungsbereichen.....</b>	<b>188</b>
21.1	Technisch-technologische Bewertung der Effizienz eines Instandhaltungsbereichs.....	188
<b>22</b>	<b>Instandhaltung 4.0.....</b>	<b>190</b>
22.1	Was bedeutet Instandhaltung 4.0?.....	190
22.2	Konzeption von Instandhaltung 4.0.....	190
22.3	Technologische Umsetzung der Konzeption.....	193

---

<b>Anhang Daten und Tabellen für Instandhaltungsprozesse</b>		
<b>stromführender Geräte und Anlagen.....</b>	<b>194</b>	
<b>A</b>	<b>Allgemeingültige Elemente von Schadensprozessen.....</b>	<b>195</b>
A.1	Qualitätsmerkmale und zugeordnete Schäden.....	195
A.2	Schädigende Beanspruchungen.....	199
A.3	Schadensbezeichnungen.....	200
A.3.1	Allgemeine Bemerkungen.....	200
A.3.2	Schadensbezeichnungen und deren Synonyme.....	200
A.4	Allgemeingültige mögliche Schadensursachen.....	203
A.5	Typische Schadensquellen der IH-Objekterstellung.....	211
<b>B</b>	<b>Schäden elektrischer Geräte und Anlagen.....</b>	<b>213</b>
B.1	Einführung.....	213
B.2	Strukturierung der gesammelten Daten.....	213
B.3	Primärschäden und deren Bekämpfungsmöglichkeiten.....	215
B.4	Systembezogene Schäden.....	232
<b>C</b>	<b>Ziele technischer Lösungen einer instandhaltungsgerechten Konstruktion.....</b>	<b>235</b>
<b>D</b>	<b>Systematische Schwachstellenreduzierung.....</b>	<b>236</b>
D.1	Wirkungsfaktoren.....	236
D.2	Elemente funktioneller Arbeitsplätze.....	237
<b>E</b>	<b>Technisch-technologische Beschreibungen von Instandhaltungsobjekten und Maßnahmen.....</b>	<b>239</b>
E.1	Technische Beschreibung von IH-Objekten.....	239
E.2	Organisatorische Beschreibung von Instandhaltungsmaßnahmen.....	240
E.3	Stichpunkte für branchenunabhängige technologische Vorschriften der Instandhaltung.....	240
<b>F</b>	<b>Werkstätten.....</b>	<b>244</b>
F.1	Werkstattausrüstungen.....	244
F.2	Flächenbedarf.....	245
<b>G</b>	<b>Aufgaben der Instandhaltungsorganisation.....</b>	<b>247</b>
G.1	Leitung der Instandhaltungsorganisation.....	247
G.2	Verwaltungsaufgaben des Instandhaltungsbereichs.....	248
G.3	Strategische Planung und Steuerung.....	249

G.4	Erstellung betrieblicher Planungsmittel.....	250
G.5	Operative Maßnahmeplanung und Steuerung der Instandhaltungsprozesse.....	250
<b>H</b>	<b>Personalqualifikation und -verantwortung für IH-Fachkräfte.....</b>	<b>251</b>
<b>I</b>	<b>Instandhaltungskosten.....</b>	<b>253</b>
I.1	Einflussfaktoren auf Instandhaltungskosten und Anlagenverfügbarkeit.....	253
I.2	Instandhaltungsrate.....	257
I.3	Instandhaltungsrelevante betriebswirtschaftliche Kenngrößen.....	260
<b>J</b>	<b>Demonstrationsbeispiele instandhaltungsrelevante Controllingkennziffern.....</b>	<b>263</b>
<b>K</b>	<b>Auszug aus Arbeitsschutzgesetzen und –vorschriften.....</b>	<b>266</b>
K.1	Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG).....	266
K.2	Wasserhaushaltsgesetz – WHG § 62.....	271
K.3	Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV.....	272
K.4	Arbeitsstättenrichtlinien.....	275
K.5	Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV).....	276
K.6	TRBS 1112 – Instandhaltung-Anhang.....	281
K.7	DGUV Vorschrift 3.....	286
K.8	DGUV Vorschrift 3 DA – Ausführungsanweisung.....	289
<b>L</b>	<b>Instandhaltungsrelevante Normen.....</b>	<b>299</b>
L.1	VDE-Normen.....	299
L.2	Instandhaltungsrelevante DIN-Normen.....	301
L.3	VDI-Vorschriften.....	301
<b>M</b>	<b>AUDIT-Bewertungskriterien.....</b>	<b>304</b>
<b>N</b>	<b>Definition instandhaltungsrelevanter Begriffe.....</b>	<b>311</b>
<b>Lit</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>343</b>
<b>Reg</b>	<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>348</b>