

Technische Universität München
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Logistik
Univ.-Prof. Dr. Horst Wildemann

Ziele und Rahmenbedingungen der Instandhaltungslogistik
Systemanalyse und empirische Fallstudien aus der Luftfahrt

Arno Schieck

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften genehmigten Dissertation.

Vorsitzende: Univ.-Prof. Dr. Dr. A.-K. Achleitner

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. H. Wildemann

2. Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. R. Reichwald

Die Dissertation wurde am 02.09.2002 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Wirtschaftswissenschaften am 04.12.2002 angenommen.

Arno Schieck

**Ziele und Rahmenbedingungen der Instandhaltungslogistik
– Systemanalyse und empirische Fallstudien aus der Luftfahrt –**

Copyright by TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG 2003

1. Auflage 2003

Die Deutsche Bibliothek CIP-Einheitsaufnahme

Schieck,Arno:

**Ziele und Rahmenbedingungen der Instandhaltungslogistik
– Systemanalyse und empirische Fallstudien aus der Luftfahrt -**

1. Auflage

München: TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG 2003

ISBN 3-934155-84-7

Verlag:

TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, München

Alle Rechte, auch die der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form, auch nicht zum Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet werden.

INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel A. Grundlagen	S. 1
1. Die Bedeutung der Instandhaltung in der Wirtschaftspraxis	S. 1
2. Die Behandlung der Instandhaltung in der wissenschaftlichen Literatur	S. 5
3. Ziel und Vorgehensweise der Arbeit	S. 8
3.1. Fragestellung	S. 8
3.2. Empirische Referenz	S. 9
3.3. Wissenschaftstheoretische Einordnung	S. 10
3.4. Ablauf der Untersuchung	S. 11
4. Begriffe und Interpretationen	S. 12
4.1. Instandhaltung	S. 12
4.1.1. Aufgaben der Instandhaltung	S. 12
4.1.2. Zweck der Instandhaltung	S. 14
4.1.3. Objekte der Instandhaltung	S. 17
4.1.4. Kunden-/Lieferantenbeziehungen in der Instandhaltung	S. 20
4.1.5. Instandhaltung als Dienstleistung	S. 21
4.1.6. Instandhaltung als Fluß in Netzwerken	S. 22
4.1.7. Zusammenfassung	S. 24
4.2. Logistik	S. 25
4.2.1. Aufgaben der Logistik	S. 25
4.2.2. Zweck der Logistik	S. 27
4.2.3. Objekte der Logistik	S. 28
4.2.4. Kunden-/Lieferantenbeziehungen in der Logistik	S. 28
4.2.5. Logistik als Dienstleistung	S. 30
4.2.6. Logistik als Fluß in Netzwerken	S. 30
4.3. Instandhaltungslogistik	S. 32
4.3.1. Beziehungen von Instandhaltung und Logistik (I): Literatur	S. 32
4.3.2. Beziehungen von Instandhaltung und Logistik (II): Zweck, Leistungscharakter, Definitionen	S. 33
4.3.3. Instandhaltungslogistik: Instrumentelle und koordinative Funktionen	S. 34

Kapitel B.	Die Analyse von Instandhaltungssystemen – ein theoretischer Bezugsrahmen	S. 37
1.	Untersuchungsansatz	S. 37
1.1.	Systemtheorie und betriebswirtschaftliche Logistik	S. 37
1.2.	Systembegriff und Systemklassifikationen	S. 38
1.3.	Unternehmen als offene soziotechnische Systeme	S. 39
1.4.	Kategorien der Systemanalyse	S. 40
2.	Die Ziele des Aktionssystems Instandhaltung	S. 41
2.1.	Ziele erster Ordnung	S. 42
2.1.1.	Maximierung der Verfügbarkeit	S. 43
2.1.2.	Minimierung der Instandhaltungskosten	S. 47
2.1.3.	Minimierung der Ausfallfolgekosten	S. 49
2.2.	Ziele zweiter Ordnung	S. 51
2.2.1.	Maximierung der Kundenorientierung	S. 51
2.2.2.	Maximierung der Zeiteffizienz	S. 52
2.2.3.	Maximierung der Prozesseffizienz	S. 57
2.2.4.	Rückblick	S. 59
2.3.	Die Ziele selbständiger Instandhaltungsunternehmen	S. 60
3.	Der Kontext des Aktionssystems Instandhaltung	S. 61
3.1.	Kontextfaktor Unternehmensstrategie	S. 62
3.2.	Kontextfaktor Unternehmensprozesse	S. 63
3.3.	Kontextfaktor gesetzliche und vertragliche Auflagen	S. 66
3.4.	Kontextfaktor Objektsystem	S. 67
3.5.	Kontextfaktor Hersteller des Objektsystems	S. 72
3.6.	Kontextfaktor Ressourcenangebot	S. 73
3.7.	Rückblick	S. 75
4.	Die Elemente des Aktionssystems Instandhaltung	S. 77
4.1.	Die Elemente des Ausführungssystems	S. 81
4.1.1.	Menschliche Aktionsträger	S. 81
4.1.2.	Sachliche Aktionsträger	S. 84
4.2.	Die Elemente des Führungssystems	S. 87
4.3.	Rückblick	S. 90

5.	Die Beziehungen des Aktionssystems Instandhaltung	S. 92
5.1.	Systeminterne Beziehungen	S. 93
5.1.1.	Aufbauorganisatorische Beziehungen	S. 94
5.1.1.1.	Aufbauorganisatorische Synthese der Kernaufgaben der Instandhaltung	S. 95
5.1.1.2.	Aufbauorganisatorische Synthese der angelagerten logistischen Aufgaben	S. 97
5.1.2.	Ablauforganisatorische/zeitliche Beziehungen	S. 99
5.2.	Systemexterne Beziehungen	S. 101
5.3.	Rückblick	S. 102
6.	Verhalten und Steuerung des Aktionssystems Instandhaltung	S. 103
6.1.	Strategien zur Gestaltung von Ressourcen und Abläufen bei vorgegebenem Kontext: "Instandhaltungsstrategien"	S. 103
6.1.1.	Instandhaltungsstrategien bei unbekanntem Ausfallverhalten der Objekte	S. 106
6.1.2.	Instandhaltungsstrategien bei bekanntem Ausfallverhalten der Objekte	S. 106
6.1.3.	Rückblick	S. 109
6.2.	Strategien zur Gestaltung der Beziehungen zwischen dem Aktionssystem Instandhaltung und seiner Umwelt "Kontextstrategien"	S. 110
7.	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	S. 114
7.1.	Der Bezugsrahmen im Zusammenhang	S. 114
7.2.	Die Rolle der Instandhaltungslogistik	S. 116
7.2.1.	Die Bedeutung der "angelagerten logistischen Aufgaben"	S. 116
7.2.2.	Objekte, Prozesse und Systemcharakter der Instandhaltungslogistik	S. 117
7.2.3.	Ziele der Instandhaltungslogistik	S. 118
7.2.4.	Bedingungsräume der Instandhaltungslogistik	S. 119
7.3.	Fragen für den weiteren Gang der Untersuchung	S. 120

Kapitel C.	Ziele und Bedingungsräume von Systemen der Instandhaltungslogistik - dargestellt am Beispiel der Instandhaltung in luftfahrzeugbetreibenden Betrieben	S. 123
1.	Luftfahrtbetreibende Betriebe und die Instandhaltung ihrer Luftfahrzeuge	S. 123
1.1.	Überblick	S. 123
1.2.	Luftverkehrsgesellschaften	S. 125
1.2.1.	Anzahl und Produkte	S. 125
1.2.2.	Bestände, Alter und Entwicklung der Flotten	S. 126
1.2.3.	Bedeutung der Instandhaltung	S. 128
1.3.	Luftstreitkräfte	S. 128
1.3.1.	Anzahl und Produkte	S. 128
1.3.2.	Bestände, Alter und Entwicklung der Flotten	S. 130
1.3.3.	Bedeutung der Instandhaltung	S. 131
1.4.	Verschiedenheiten zwischen Luftverkehrsgesellschaften und Luftstreitkräften	S. 132
2.	Die Systemziele	S. 133
2.1.	Ziele erster Ordnung	S. 133
2.1.1.	Maximierung der Verfügbarkeit	S. 133
2.1.2.	Minimierung der Instandhaltungskosten	S. 135
2.1.3.	Minimierung der Ausfallfolgekosten	S. 138
2.1.4.	Rückblick	S. 141
2.2.	Ziele zweiter Ordnung	S. 141
2.3.	Konsequenzen für die Instandhaltungslogistik	S. 143
3.	Bedingungsräume (I): Die allgemeinen Kontextfaktoren	S. 144
3.1.	Kontextfaktor Strategien	S. 144
3.1.1.	Luftverkehrsgesellschaften	S. 145
3.1.2.	Luftstreitkräfte	S. 146
3.2.	Kontextfaktor Prozesse	S. 147
3.2.1.	Die Bedeutung von Luftfahrzeugen in den betrieblichen Prozessen von Luftverkehrsgesellschaften und Luftstreitkräften	S. 148
3.2.2.	Nutzungsverläufe in Luftverkehrsgesellschaften	S. 148
3.2.3.	Nutzungsverläufe in Luftstreitkräften	S. 149

3.2.4.	Die besondere Bedeutung des Faktors Zeit	S. 150
3.3.	Kontextfaktor Gesetzliche und Vertragliche Auflagen	S. 150
3.3.1.	Luftfahrttypische Regulierungsbereiche	S. 151
3.3.2.	Praktische Umsetzung	S. 152
3.3.3.	Konsequenzen für die Instandhaltungslogistik	S. 153
3.4.	Kontextfaktor Objektsystem	S. 153
3.4.1.	Kontextdimensionen Bedienungsfreundlichkeit und Beweglichkeit	S. 154
3.4.2.	Kontextdimension Instandhaltungsbedarf	S. 155
3.4.2.1.	Historischer Rückblick: Wege zur Beeinflussung und Messung des Instandhaltungsbedarfs im Luftfahrtbereich	S. 155
3.4.2.2.	Das MSG/RCM-Verfahren	S. 159
3.4.2.2.1.	Erste analytische Schritte	S. 159
3.4.2.2.2.	RCM-Entscheidungslogik	S. 164
3.4.2.2.3.	Kategorien von Instandhaltungsmaßnahmen	S. 166
3.4.2.2.3.1	Prädiktive Instandhaltung	S. 167
3.4.2.2.3.2	Präventive Instandhaltung	S. 169
3.4.2.2.3.3	Korrektive Instandhaltung	S. 170
3.4.2.2.4.	Praktische Anwendung und Kritik des MSG/RCM-Verfahrens	S. 171
3.4.3.	Kontextdimension Instandhaltungsfreundlichkeit	S. 173
3.4.4.	Konsequenzen für die Instandhaltungslogistik	S. 175
3.5.	Kontextfaktor Originalhersteller	S. 177
3.5.1.	Die Bedeutung der Originalhersteller in den Entwicklungs-, Beschaffungs- und Nutzungsphasen von Luftfahrtgerät	S. 177
3.5.2.	Marktstruktur und Leistungsangebot	S. 178
3.5.3.	Konsequenzen für die Instandhaltungslogistik	S. 180
3.6.	Kontextfaktor Ressourcenangebot	S. 181
3.6.1.	Kontextdimensionen Bedienungspersonal und betriebseigene Instandhaltungsressourcen	S. 181
3.6.2.	Kontextdimension betriebsfremde Instandhaltungsressourcen	S. 183
3.6.2.1.	Übersicht: Markt und Anbieter	S. 183
3.6.2.2.	Kernleistung und Nebenbedingungen	S. 187
3.6.2.3.	Marktentwicklung und Marktvolumen	S. 190

3.6.3.	Konsequenzen für die Instandhaltungslogistik	S. 192
3.7.	Rückblick: Die allgemeinen Kontextfaktoren	S. 193
4.	Bedingungsräume (II): Elemente und Beziehungen des Aktionssystems Instandhaltung als spezielle Kontextfaktoren des instandhaltungslogistischen Subsystems	S. 194
4.1.	Vorüberlegungen	S. 194
4.2.	Der Instandhaltungsbedarf als die Grundlage der organisatorischen Gestaltung des Aktionssystems Instandhaltung	S. 195
4.2.1.	Vorgaben für die Ermittlung des Instandhaltungsbedarfs	S. 195
4.2.2.	Erste Abschätzung des Instandhaltungsbedarfs	S. 197
4.2.3.	Die Strukturierung des Instandhaltungsbedarfs	S. 198
4.3.	Die Ermittlung der Instandhaltungsressourcen	S. 203
4.4.	Die Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung	S. 206
4.4.1.	Entscheidungsfaktoren	S. 208
4.4.1.1.	Flottengröße	S. 208
4.4.1.2.	Anlaufkosten	S. 208
4.4.1.3.	Spezialisierungsvorteile	S. 209
4.4.1.4.	Ungewißheitsvermeidung	S. 210
4.4.1.5.	Beschäftigungsgrad der eigenen Instandhaltungsressourcen	S. 210
4.4.1.6.	Transaktionskosten	S. 210
4.4.2.	Die Wahl des Fremdinstandhalters	S. 212
4.4.3.	Empirie: Outsourcing von Instandhaltungsleistungen in der Luftfahrt	S. 212
4.5.	Etablierte Aktionssysteme Instandhaltung als Referenzmodelle der aufbau- und ablauforganisatorischen Modellierung	S. 214
4.5.1.	Die etablierten Strukturen in der Übersicht	S. 214
4.5.2.	Die etablierten Strukturen im Detail	S. 218
4.5.2.1.	Die Organisation der Kernaufgaben der Instandhaltung	S. 218
4.5.2.2.	Die Organisation der angelagerten logistischen Aufgaben	S. 222
4.6.	Konsequenzen für die Instandhaltungslogistik	S. 224

4.6.1.	Instrumentelle Aspekte	S. 224
4.6.2.	Koordinative Aspekte	S. 226
Kapitel D.	Operative und strategische Instandhaltungslogistik luftfahrzeugbetreibender Betriebe	S. 227
1.	Vorüberlegungen	S. 227
1.1.	Rückblick	S. 227
1.2.	Weiteres Vorgehen	S. 228
2.	Instrumentelle Instandhaltungslogistik	S. 231
2.1.	Beschaffungslogistik	S. 231
2.2.	Instandhaltungslogistik im engeren Sinne	S. 234
2.2.1.	Die Grundfälle der Off- und On-Aircraft Instandhaltung	S. 237
2.2.1.1.	Off-Aircraft Maintenance	S. 237
2.2.1.2.	On-Aircraft Maintenance	S. 238
2.2.2.	Vor- und Endkombinationen in der Luftfahrzeuginstandhaltung und deren Auflösung	S. 239
2.2.2.1.	Die Instandhaltungslogistik bei kleinen On-Aircraft Ereignissen	S. 239
2.2.2.2.	Die Instandhaltungslogistik bei großen On-Aircraft Ereignissen	S. 240
2.2.3.	Die Instandhaltungslogistik der Off-Aircraft Ereignisse	S. 245
2.3.	Entsorgungslogistik	S. 246
3.	Koordinative Instandhaltungslogistik	S. 248
3.1.	Erarbeitung und Fortschreibung der Führungsgrundlagen	S. 248
3.1.1.	Erfassung und Fortschreibung des Instandhaltungsbedarfs	S. 251
3.1.2.	Erfassung und Fortschreibung der Struktur des Aktionsystems	S. 253
3.1.3.	Ordnung der Objekte und Prozeßparameter der Instandhaltungslogistik	S. 253
3.2.	Planung und Steuerung der instrumentellen Instandhaltungslogistik	S. 256
3.2.1.	Planung und Steuerung der Beschaffungslogistik	S. 256
3.2.1.1.	Sourcingkonzepte	S. 257

3.2.1.1.1.	Übersicht: Markt und Anbieter	S. 257
3.2.1.1.2.	Qualitätssicherung	S. 259
3.2.1.1.3.	Kaufverhalten	S. 260
3.2.1.2.	Versorgungskonzepte	S. 261
3.2.1.3.	Material- und Informationsflußgestaltung	S. 263
3.2.2.	Planung und Steuerung der Entsorgungslogistik	S. 264
3.2.3.	Integrierte Planung und Steuerung der instrumentellen Instandhaltungslogistik	S. 266
3.2.3.1.	Zur Bedeutung von Planung und Steuerung der instrumentellen Instandhaltungslogistik im engeren Sinne	S. 266
3.2.3.2.	Aufgabenstellung und Lösungsansatz	S. 269
3.2.3.3.	Der Planungs- und Steuerungsvorgang	S. 271
3.2.3.3.1.	Die Definition des einzelnen Instandhaltungsereignisses	S. 271
3.2.3.3.2.	Die Sicherung der Verfügbarkeit von Objektsystemen und Instandhaltungsressourcen	S. 272
3.2.3.4.	Die Dokumentation und Auswertung der Ergebnisse	S. 274
3.3.	Kontextstrategische Aktivitäten	S. 275
3.3.1.	Das Verhalten des Aktionssystems Instandhaltung gegenüber betrieblichen Strategien	S. 276
3.3.2.	Das Verhalten des Aktionssystems gegenüber den betrieblichen Prozessen	S. 277
3.3.3.	Das Verhalten des Aktionssystems Instandhaltung gegenüber dem vertraglichen und gesetzlichen Kontext	S. 279
3.3.4.	Das Verhalten des Aktionssystems Instandhaltung bei der Entstehung und Nutzung der Objektsysteme	S. 280
3.3.5.	Das Verhalten des Aktionssystems Instandhaltung bei der Wahl der Originalhersteller	S. 281
3.3.6.	Das Verhalten des Aktionssystems bei der Gestaltung seiner Ressourcen	S. 282
3.4.	Das Verhalten des Aktionssystems gegenüber den Systemzielen	S. 283

Kapitel E. Schlußbetrachtungen	S. 287
1. Determinanten und Aktionsparameter der Instandhaltungslogistik	S. 287
2. Instandhaltungslogistik in Luftverkehrsgesellschaften und Luftstreitkräften	S. 289
3. Betriebswirtschaftliche Logistik und Instandhaltung	S. 291
Literaturverzeichnis	S. 293
Abbildungsverzeichnis	S. XI
Tabellenverzeichnis	S. XV

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1: Ursachen für die zunehmende Bedeutung der Instandhaltung	S. 4
Abb. 2: Instandhaltung als Teil der Anlagenwirtschaft	S. 7
Abb. 3: Instandhaltung als Teil des Kundendienstes	S. 8
Abb. 4: Kernaufgaben der Instandhaltung	S. 13
Abb. 5: Der Zusammenhang zwischen Abnutzungsvorrat und Wartung, Inspektion und Instandsetzung	S. 16
Abb. 6: Systematik von Betriebsmitteln	S. 18
Abb. 7: Kunden- / Lieferantenbeziehungen in der Instandhaltung	S. 20
Abb. 8: Phasen und Strukturen der Dienstleistungsproduktion	S. 22
Abb. 9: Instandhaltung als Fluß in Netzwerken	S. 23
Abb. 10: Kunden- / Lieferantenbeziehungen in der Logistik	S. 29
Abb. 11: Instandhaltungslogistik	S. 34
Abb. 12: Determinanten von Verfügbarkeiten und Nutzungsgrad	S. 44
Abb. 13: Probleme der Abgrenzung des Begriffs Instandhaltungskosten	S. 48
Abb. 14: Systematik der Instandhaltungskosten (Beispiel)	S. 49
Abb. 15: Überblick über die möglicherweise aus Anlagenausfällen resultierenden wirtschaftlichen Nachteile	S. 50
Abb. 16: Durchlaufzeiten (DLZ) bei planbaren Instandhaltungsaktivitäten	S. 54
Abb. 17: Durchlaufzeiten (DLZ) bei nicht planbaren Instandhaltungsaktivitäten	S. 56
Abb. 18: Typische Verläufe der Zuverlässigkeitskenngrößen	S. 71
Abb. 19: Zuverlässigkeitskenngrößen bei unterschiedlichen Verteilungstypen	S. 71
Abb. 20: Trennungslinien zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung	S. 79
Abb. 21: Betriebsmittelarten der Instandhaltung	S. 85
Abb. 22: Instandhaltungsmaterialien	S. 86
Abb. 23: Dimensionale Analyse der Elemente des Aktionssystems	S. 90
Abb. 24: Generalisierter Ablauf von Instandhaltungsvorgängen	S. 100
Abb. 25: Instandhaltungsstrategien	S. 105
Abb. 26: Strategien zur Gestaltung der System-/Umwelt-Beziehungen ("Kontextstrategien")	S. 111

Abb. 27: Bezugsrahmen zur Analyse von Instandhaltungssystemen	S. 115
Abb. 28: Ziele und Bedingungsräume instandhaltungslogistischer Subsysteme	S. 118
Abb. 29: Altersstruktur der weltweiten Kampfflugzeugflotten	S. 131
Abb. 30: Typische Verteilung direkter Luftfahrzeugbetriebskosten	S. 136
Abb. 31: Gründe für Totalverluste strahlgetriebener Verkehrsflugzeuge (Welt 1988-1997)	S. 140
Abb. 32: Typische Ausfallcharakteristika. Häufigkeiten der Luftfahrtindustrie	S. 159
Abb. 33: Grobablauf des RCM-Verfahrens	S. 160
Abb. 34: RCM-Entscheidungslogik	S. 165
Abb. 35: P-F Diagramm	S. 168
Abb. 36: Anbieterseitige Struktur der Luftfahrtindustrie	S. 179
Abb. 37: In Luftverkehrsgesellschaften vorgehaltene eigene Instandhaltungskapazitäten (N=246)	S. 182
Abb. 38: Marktvolumen und -entwicklung für luftfahrtbezogene Instandhaltungsleistungen	S. 192
Abb. 39: Strukturierung des Instandhaltungsbedarfs je Luftfahrzeug und Planungsperiode	S. 203
Abb. 40: Ermittlung der Instandhaltungsressourcen nach Art und zeitlicher Inanspruchnahme	S. 205
Abb. 41: Gründe von Luftverkehrsgesellschaften für das Vorhalten eigener Instandhaltungskapazitäten (N=246)	S. 208
Abb. 42: Kriterien für die Auswahl von Fremdinstandhaltern im Luftfahrtbereich (N=246)	S. 214
Abb. 43: Etablierte Aktionssysteme Instandhaltung (Übersicht)	S. 216
Abb. 44: Instandhaltungsebenen, Instandhaltungsorte, Einsatz fremder Ressourcen	S. 219
Abb. 45: Etablierte Aktionssysteme Instandhaltung (Infrastrukturen)	S. 220
Abb. 46: Etablierte Aktionssysteme Instandhaltung (Werkstätten)	S. 222
Abb. 47: Etablierte Aktionssysteme Instandhaltung (Logistische Elemente)	S. 224

Abb. 48: Kernaufgaben und logistische Aktivitäten im Aktionssystem Instandhaltung	S. 229
Abb. 49: Grundmuster instrumenteller Instandhaltungslogistik	S. 236
Abb. 50: Instrumentelle Instandhaltungslogistik in den Phasen eines großen On-Aircraft Ereignisses	S. 242
Abb. 51: Grundlagen der koordinativen Instandhaltungslogistik	S. 250
Abb. 52: Sourcing- und Versorgungskonzepte der Instandhaltungslo- gistik	S. 261
Abb. 53: Integrierte Planung und Steuerung der Instandhaltungslogi- stik	S. 268
Abb. 54: Wirkungszusammenhänge von Kontextfaktoren und Zielen der Instandhaltungslogistik	S. 284

Tabellenverzeichnis

Tab.1	Definitionen des Begriffs Logistik (I)	S. 26
Tab.2	Definitionen des Begriffs Logistik (II)	S. 31
Tab.3	Übliche Verfügbarkeitswerte	S. 46
Tab.4	Ziele des Aktionssystems Instandhaltung	S. 61
Tab.5	Betrachtungsebenen des Objektsystems	S. 68
Tab.6	Ursachen von Schädigungsprozessen	S. 68
Tab.7	Ausfallarten	S. 69
Tab.8	Herleitung stetiger Zuverlässigkeitsgrößen	S. 70
Tab.9	Kontextfaktoren des Aktionssystems Instandhaltung	S. 76
Tab.10	Dispositive Funktionen im Aktionssystem Instandhaltung	S. 89
Tab.11	Gestaltungsinhalte des Integrated Logistic Support	S. 112
Tab.12	Ordnungen von Luftfahrzeugen	S. 124
Tab.13	Flottendurchschnittsalter ausgewählter Luftverkehrsgesellschaften (Angaben in Jahren)	S. 127
Tab.14	Systematisierungsschemata für den gedanklichen Aufbruch von Luftfahrzeugsystemen	S. 161
Tab.15	Einstufungen der Schwere von Versagenswirkungen in der Kritikalitätsanalyse	S. 163
Tab.16	Inspektionssysteme	S. 173
Tab.17	Dienstleistungen von Luftfahrzeug Originalherstellern	S. 180
Tab.18	Anbieter von Instandhaltungsleistungen im Luftfahrtbereich	S. 184
Tab.19	Die 30 größten Anbieter von luftfahrtbezogenen Instandsetzungsleistungen	S. 187
Tab.20	Angebotsstandard für Instandhaltungsleistungen im Luftfahrtbereich	S. 189
Tab.21	Ebenen der Instandhaltung im Luftfahrtbereich	S. 201
Tab.22	Struktur- und Prozeßparameter des Aktionssystems Instandhaltung	S. 289

A. Grundlagen

1. Die Bedeutung der Instandhaltung in der Wirtschaftspraxis

Die Ursachen für die Bedeutung der Instandhaltung in der Wirtschaftspraxis sind vielfach dokumentiert. ¹

Aus *volkswirtschaftlicher* Sicht gilt immer noch der von dem Deutschen Komitee für Instandhaltung (DKIN) 1980 konstatierte Zusammenhang zwischen Bruttosozialprodukt und Instandhaltungskosten, demzufolge 10% des BSP für Instandhaltung ausgegeben werden. ²

Es gibt zwar weder allgemein vereinbarte Messkonventionen zur Erfassung des volkswirtschaftlichen Instandhaltungsbedarfs über der Zeit ³, noch hat sich das Statistische Bundesamt des Themas angenommen ⁴, jedoch wird in der Literatur ein gegenüber dem BSP überproportionales Wachstum der Instandhaltungsleistungen in der Volkswirtschaft vermutet. ⁵

Instandhaltung gilt allgemein als lohnintensiv ⁶, wobei auch für den Anteil der Erwerbstätigen in der Instandhaltung ein überproportionales Wachstum dokumentiert wird. ⁷

Die hinter diesen Symptomen liegenden tieferen Gründe des Aufwuchses an Instandhaltungsbedarf sind in den Wirkungen des technischen Fortschritts, der daraus folgenden hohen Kapitalintensität einer entwickelten Volkswirtschaft, sowie – als dazu gegenläufige Entwicklung – der in vielen Bereichen festzustellenden Verschlechterung der Alterstruktur des Sachanlagevermögens zu suchen. ⁸

Aus der desaggregierten *einzelwirtschaftlichen* Sicht sind die gleichen Symptome – Zunahme des Instandhaltungsaufwandes und des Instandhaltungspersonals – und die gleichen Gründe – Wirkungen des technischen Fortschritts, Erhöhung der Anlagenintensität, Alterung der Betriebsmittelausstattung – festzustellen.

1) Vgl. z.B. Herzig 1975, S. 15 ff, Malsch et al. 1982, S. 14 f, Klein 1988, S. 1 ff, Warnecke 1992, S. 3 ff, Bloß 1995, S. 3 und die jeweils dort zitierte Literatur

2) Warnecke 1992, S. 5

3) Diesen Mangel beklagen schon Malsch et al. 1982, S.14

4) Statistisches Bundesamt 2001

5) Vgl. z.B. Klein 1988, S.2

6) Herzog 1975, S.20; Mickler et al. 1977, S.539

7) Klein, ebenda

8) Straube 1988, S. 6, Warnecke 1992, S. 5

Wiederum gibt es auf der Kostenseite wegen unterschiedlicher Erhebungsmethoden keine in sich schlüssige Datenbasis. Die Instandhaltungskosten, bezogen auf den Anschaffungswert der Anlagen, werden in der Bandbreite von 2 – 10% ¹ bzw. 8 – 16% ² gesehen. Je nach Quelle betragen die Instandhaltungskosten pro Jahr 2 – 14% vom Umsatz ³ oder 3 – 12% der Herstellkosten ⁴ oder 5 – 25% der Gesamtkosten ⁵ der Unternehmung.

Der Anteil des Instandhaltungspersonals an den Unternehmensbelegschaften unterliegt noch größeren Spannweiten. Eine Untersuchung aus dem Jahre 1986 bei 36 Unternehmen, zeigt einen Mittelwert von 9%, mit den Untergrenzen bei 1,5% und den Obergrenzen bei 50% ⁶

In dem Maße, in dem einerseits die Wirkungen der Instandhaltung auf die Kostenstruktur der Unternehmen erkennbar wurden und in dem – andererseits - die Rationalisierungspotentiale in den direkten Fertigungsbereichen ausgeschöpft waren, ist die Instandhaltung immer mehr "aus dem Schatten der Produktion herausgetreten" ⁷ und selbst zum Ziel betrieblicher Rationalisierungsbemühungen geworden. ⁸ Dieses Rationalisierungspotential wird auf 0,8% bis 3% der Gesamtkosten einer Unternehmung geschätzt. ⁹ Es weist damit sowohl auf das Vorhandensein von Gestaltungsfreiräumen der Instandhaltung, als auch auf dabei erschließbare substantielle Profitabilitätsreserven der Unternehmen hin.

Als Ziel- und Meßgrößen für die erfolgreiche Gestaltung der Instandhaltungsfunktion im Unternehmen wird vor allem die Erhöhung der Verfügbarkeit ¹⁰ des Betriebsmittelbestandes sowie die Vermeidung von Ausfallfolgekosten ¹¹ gesehen, die beide durch den möglichst effizienten Einsatz der Instandhaltungsressourcen erreicht werden sollen.

1) Warnecke 1992, S. 5 Anm. 4

2) Hackstein 1986, S. 55

3) Straube 1988, S. 7, Bloß 1995, S. 3 und die dortige Literatur

4) Straube 1988, S. 7, Kalaitzis 1990, S. 9

5) Straube 1988, S. 7 Stübiger 1991, S. 173

6) Klein 1988, S. 2. Schon frühere Studien diskutieren branchenbedingte Unterschiedlichkeiten. Vgl. Corder 1976, S. 10, Mickler et al. 1976, S. 351 ff

7) Klein 1988, S.1

8) Hackstein 1984, S. 1. Zu Rationalisierungsansätzen in der Instandhaltung liegt umfangreiche Literatur vor, vgl. z.B. bei Herzig 1975, S. 19, Kalaitzis 1990, S. 9f, Bloß 1995

9) Bloß 1995, S. 4; ähnlich bereits für einen Teilaspekt der Instandhaltung: VDI (Hrsg.) 1960, S. 7 (zitiert nach Herzig 1975, S. 21)

10) Vgl. z.B. Jacobi 1992, S. 36; Schuppert 1994, S. 1; Bloß 1995, S. 49

11) Vgl. z.B. Jandt 1986, S. 71ff; Männel 1989, S. 235

Aus *technologischer* Sicht wird die wachsende Bedeutung der Instandhaltungsfunktion zunächst aus der zunehmenden Anlagenintensität hergeleitet, in der sich der technische Fortschritt konkretisiert.¹

Mit diesem Fortschritt sind zwei weitere Entwicklungen verbunden, die auf der technologischen Betrachtungsebene die Bedeutung der Instandhaltung erhöhen.

Zum einen hat die üblicherweise mit dem technischen Wandel einhergehende höhere Komplexität von Anlagen, auch meist eine höhere Störanfälligkeit zur Folge.²

Der zweite Aspekt ergibt sich aus den immer höheren Stufen der Prozeßintegration, die das moderne betriebliche Geschehen kennzeichnen. Auf der Ebene des Betriebsmittels bedeutet dies, daß der Output einer Anlage in einem direkten, sachlichen und zeitlichen - zuweilen sogar in einem direkten physikalisch-technischem - Zusammenhang mit dem Input der im Prozeß nachgelagerten nächsten Anlage steht. Durch diese Verkettung kann der Ausfall eines Betriebsmittels die Wertschöpfung von den ihm im Prozeß nachfolgenden Anlagen, obwohl diese technisch verfügbar sind, verhindern.³

Diesen Entwicklungen, die tendenziell die Anforderungen an die Instandhaltungsfunktion erhöhen, stehen - ebenfalls durch den technologischen Wandel begründete - andere, gegenläufige Entwicklungen entgegen. Zum einen verkürzt sich häufig die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Anlagen⁴, so daß der vollständige Anlagenersatz an die Stelle von Instandhaltungsmaßnahmen tritt. Daneben kann der Instandhaltungsaufwand auch durch die Entwicklung instandhaltungsfreundlicher Betriebsmittel vermindert werden.⁵

Mit Blick auf den eingangs dargestellten gesamtwirtschaftlichen Aufwuchs des Instandhaltungsbedarfs scheinen aber unverändert die Effekte des technischen Fortschritts zu dominieren, die die zunehmende Bedeutung der Instandhaltung betonen.⁶

1) Zu Einsparungen beim Faktor Arbeit durch den technischen Fortschritt, vgl. z.B. Ott 1959, S. 309

2) Dieser Zusammenhang ist mehrfach mathematisch bewiesen. Vgl. z.B. Herzig 1975, S. 17 und die dortige Literatur

3) Vgl. Schulte 1988, S. 15, Warnecke 1992, S. 14

4) Wie Schneider zeigt, ist dies nicht zwangsläufig der Fall: Schneider 1961, S. 60f

5) Vgl. z.B. Blanchard et al. 1995, S. 231 ff, sowie die Einzeldarstellungen in Warnecke (Hrsg.) 1992, Abschnitt 2

6) So argumentiert auch Herzig 1975, S. 18

Unter den *sonstigen Gründen* für die zunehmende Bedeutung von Instandhaltung ist die Verschärfung der Umwelt- und Arbeitsschutzvorschriften zu nennen. ¹ Nur durch regelmäßige Wartung und Inspektion der Betriebsmittel kann eine Gefährdung für das Bedienpersonal aber auch der weiteren sozialen und physikalischen Umwelt ausgeschlossen werden. Zugleich werden Anlagen des Umweltschutzes installiert, die selber Gegenstand von Instandhaltungsmaßnahmen werden. ²

Die Betrachtungen zur (wachsenden) Bedeutung der Instandhaltung in der Wirtschaftspraxis seien hier mit der Wiedergabe der Ergebnisse einer empirischen Befragung abgeschlossen, die Ende der 80er Jahre bei 50 deutschen Industrieunternehmen der verschiedensten Branchen durchgeführt worden ist. ³ Setzt man hier den Begriff Automatisierung mit der Summe aus Anlagenintensität und Komplexität gleich, so reflektieren diese Befragungsergebnisse noch einmal wesentliche Aussagen des vorangegangenen Abschnitts und stellen sie in ihrer praktischen Gewichtung zueinander in Beziehung. (Abb. 1)

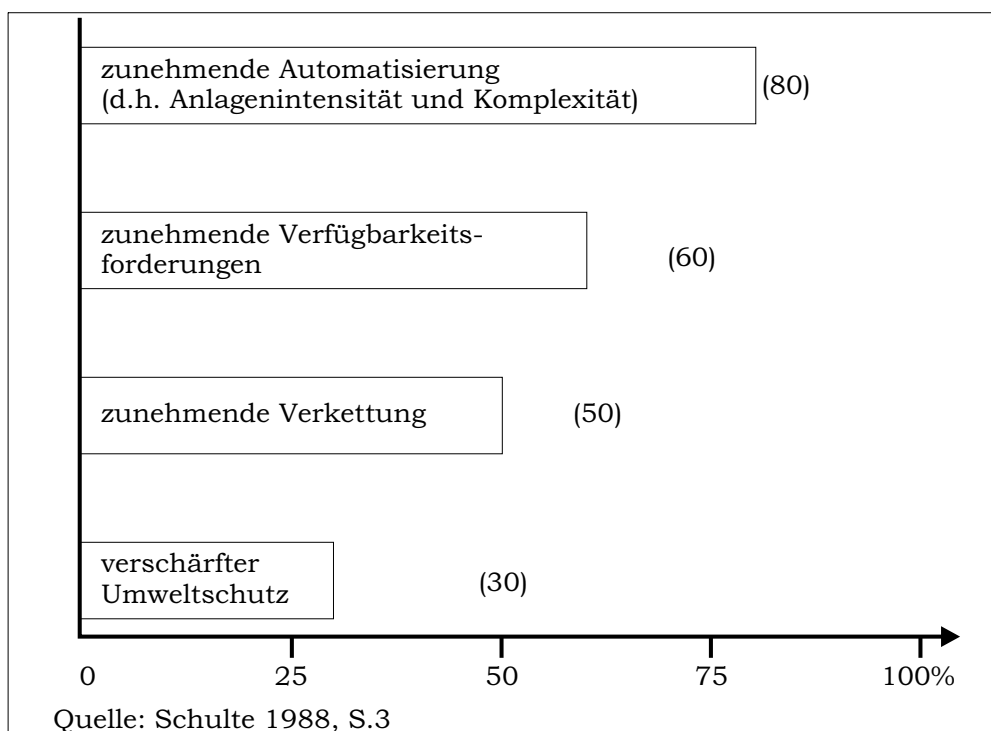


Abb.1: Ursachen für die zunehmende Bedeutung der Instandhaltung

-
- 1) Vgl. Klein 1988, S. 3
 - 2) Vgl. Schulte 1988, S. 15
 - 3) ebenda