

# HANSER



## Leseprobe

zu

## Instandhaltungslogistik

von Kurt Matyas

Print-ISBN: 978-3-446-46932-7

E-Book-ISBN: 978-3-446-47009-5

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446469327>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# Inhalt

<b>Vorwort zur 8. Auflage</b> .....	1
<b>1 Logistik</b> .....	3
1.1 Begriffsabgrenzung, Geschichte .....	3
1.2 Logistik, heute .....	4
1.3 Funktionsbereiche der Logistik .....	5
1.4 Logistik und Instandhaltung .....	7
1.5 Logistikkosten .....	11
1.5.1 Gesamtkostendenken in der Logistik .....	11
1.5.2 Zielkonflikt .....	12
1.6 Supply Chain Management .....	13
1.6.1 Traditionelle Supply Chain .....	14
1.6.2 Integrierte Supply Chain .....	14
1.6.2.1 Partnerschaftliche, unternehmensübergreifende Kooperation .....	16
1.6.2.2 Re-Design der Kernprozesse .....	17
1.6.2.3 IT-System .....	17
1.6.3 Supply Chain vs. Supply Network .....	17
1.6.4 Logistik-Prozessentwicklung anhand von Referenzmodellen am Beispiel des SCOR-Modells .....	18
1.6.4.1 Aufbau des SCOR-Modells .....	18
1.6.4.2 Prozesstypen im SCOR-Modell .....	19
1.6.4.3 Prozessebenen .....	20
1.7 Der Beitrag der Logistik zur Erreichung der Unternehmensziele .....	23
<b>2 Instandhaltung</b> .....	27
2.1 Kosten und Nutzen der Instandhaltung .....	27
2.2 Instandhaltung im Wandel .....	29

2.3	Ziele der Instandhaltung .....	32
2.4	Begriffe der Instandhaltung .....	33
2.4.1	Inspektion .....	35
2.4.2	Wartung .....	38
2.4.3	Instandsetzung .....	39
2.4.4	Verbesserung .....	40
2.5	Ausfallrate .....	42
2.5.1	Badewannenkurve .....	42
2.5.2	Ausfallrate bei komplexen Anlagen .....	43
2.5.3	Ausfallursachen .....	45
2.6	Kostenminimierung durch Instandhaltung .....	48
2.6.1	Bestimmung der optimalen Instandhaltungsintensität .....	49
2.6.2	Berücksichtigung der Instandhaltungskosten beim Anlagenkauf .....	49
2.6.3	Ermittlung und Budgetierung des Instandhaltungsaufwands .....	50
2.6.4	Produktionsausfallkosten .....	53
2.6.5	Ermittlung der Eigeninstandhaltungskosten mit Hilfe der Prozesskostenrechnung .....	55
2.6.5.1	Grundlagen der Prozesskostenrechnung .....	55
2.6.5.2	Vorteile der Prozesskostenrechnung .....	57
2.6.6	Ermittlung und Darstellung der Instandhaltungsprozesse .....	58
2.6.6.1	Grundgedanken zur Prozessorientierung .....	58
2.6.6.2	Merkmale eines Prozesses .....	58
2.6.6.3	Darstellungsformen von Prozessen .....	59
2.6.6.4	Vorgangsweise bei der Prozessdefinition .....	60
2.6.6.5	Ermittlung der Prozesszeiten .....	61
2.6.6.6	Prozesskosten als Basis für Verbesserungen oder Outsourcingentscheidungen .....	62
<b>3</b>	<b>Instandhaltungsmanagement .....</b>	<b>63</b>
3.1	Organisation der Instandhaltung .....	63
3.1.1	Aufbauorganisation der Instandhaltung .....	64
3.1.1.1	Linienorganisation .....	65
3.1.1.2	Stab-Linienorganisation .....	66
3.1.1.3	Matrix-Organisation .....	66
3.1.1.4	Kombination der Organisationsformen .....	67
3.1.2	Prozessorientiertes Instandhaltungsmanagement .....	68
3.1.2.1	Prozessorientierung und Prozessmanagement .....	68
3.1.2.2	Prozessorientiertes Anlagen- und Instandhaltungs- management .....	71
3.1.3	Ablauforganisation .....	71

3.2	Die Organisation der Instandhaltung im Wandel .....	74
3.3	Zentrale/Dezentrale Instandhaltung .....	76
3.4	Outsourcing oder Re-Insourcing? .....	77
3.4.1	Outsourcing in der Instandhaltung .....	77
3.4.2	Gründe für das Outsourcing von Instandhaltungstätigkeiten ....	79
3.4.3	Voraussetzungen im eigenen Unternehmen .....	80
3.4.4	Mögliche Risiken durch das Outsourcing .....	81
3.4.5	Kriterien für die Auswahl von Dienstleistungsunternehmen ....	81
3.4.6	Durchführung eines Instandhaltungs-Outsourcingprojekts .....	83
3.5	Make-or-Buy? Ermittlung der Kerneigenleistungstiefe der Instandhaltung .....	83
3.5.1	Konzentration auf Kernkompetenzen .....	83
3.5.2	Verfahrensbeschreibung .....	85
3.5.2.1	Verfahrensziel .....	85
3.5.2.2	Erster Schritt: Erfassung der Rahmenbedingungen .....	86
3.5.2.3	Zweiter Schritt: Erfassung eines unternehmens- spezifischen Anforderungsprofils .....	86
3.5.2.4	Darstellung möglicher Leistungsklassen und Bestimmung der sicheren Fremdleistung .....	87
3.5.2.5	Dritter Schritt: Bestimmung des Leistungsindex .....	88
3.5.2.6	Vierter Schritt: Bestimmung des Anlagenindex .....	90
3.5.2.7	Fünfter Schritt: Bestimmung der Kerneigenleistungstiefe: Einordnung der Einzelleistungen je Anlage und Visualisierung im Portfolio .....	91
3.5.3	Zusammenfassung und Ausblick .....	93
3.6	Zusammenarbeit mit Dienstleistern – Instandhaltungsnetzwerke .....	94
<b>4</b>	<b>Kennzahlen und Controlling in der Instandhaltung .....</b>	<b>97</b>
4.1	Kennzahlen in der Instandhaltung .....	97
4.1.1	Nutzen und Gefahren der Kennzahlenanwendung .....	97
4.1.2	Von Kennzahlen zu Kennzahlensystemen .....	98
4.1.3	Kategorien von Kennzahlen in der Instandhaltung .....	99
4.2	Die Balanced Scorecard in der Instandhaltung .....	103
4.3	Instandhaltungs-Controlling .....	105
4.3.1	Instandhaltungs-Controlling-System .....	105
4.3.2	Fehlerquellen .....	106
4.3.3	Erstellung von Instandhaltungsbudgets .....	107
4.4	Benchmarking in der Instandhaltung .....	108
4.4.1	Was ist Benchmarking? .....	108

4.4.2	Benchmarking-Definitionen	109
4.4.3	Arten des Benchmarking	110
4.4.4	Allgemeine Vorgangsweise beim Benchmarking	112
4.4.5	Benchmarkingprojekt in der Instandhaltung	115
<b>5</b>	<b>Instandhaltungsstrategien</b>	<b>119</b>
5.1	Instandhaltung als „Verteidigungssystem gegen Schäden“	119
5.2	Arten von Instandhaltungsstrategien	120
5.3	Ausfallbehebung	121
5.4	Zeitgesteuerte periodische Instandhaltung	122
5.4.1	Mittlere Zeit zwischen zwei Schäden (Mean Time Between Failures – MTBF)	123
5.4.2	Streuung der Nutzungsdauer	123
5.4.3	Schadensdokumentation	123
5.4.4	Unzureichende statistische Erfahrung	124
5.5	Zustandsorientierte Instandhaltung	124
5.5.1	Condition Monitoring (Zustandsüberwachung)	128
5.5.1.1	Zustandsüberwachung durch den Menschen	128
5.5.1.2	Condition Monitoring mit Sensoren	128
5.5.1.3	Online- und Offline-Überwachung	129
5.5.1.4	Einflussgrößen auf den Anlagenzustand	130
5.5.2	Einführung eines Condition Monitoring-Systems	131
5.5.3	Techniken für die Zustandsüberwachung	132
5.5.3.1	Dynamische Effekte	133
5.5.3.2	Temperatureffekte	133
5.5.3.3	Chemische Effekte	133
5.5.3.4	Physikalische Effekte	133
5.5.3.5	Elektrische Effekte	134
5.5.3.6	Partikeleffekte	134
5.5.4	Ferndiagnose von Werkzeugmaschinen	134
5.5.4.1	Ferndiagnose und Ferninstandhaltung	134
5.5.4.2	Videodiagnose in der Instandhaltung	135
5.6	Vorausschauende Instandhaltung	136
5.7	Instandhaltung 4.0 – „Smart Maintenance“	138
5.7.1	Industrie 4.0	138
5.7.2	Mit „Smart Maintenance“ zur antizipativen Qualitäts- und Instandhaltungsplanung	139
5.7.3	Unterstützung durch Data-Mining	143
5.7.4	Nutzen der „Smart Maintenance“	143

5.8	Welche Strategie ist die Richtige? – Methode der risikoorientierten Strategieauswahl .....	144
5.8.1	Rahmenbedingungen .....	144
5.8.2	5-Schritte-Analyse der Anlagen .....	145
5.8.3	Schritt 1: Vergleich der Anforderungen an die Anlage mit den möglichen Leistungen .....	147
5.8.4	Schritt 2: Klassifizierung kritischer Anlagen durch Bewertung der Ausfallwirkungen (Wertstromfokus) .....	148
5.8.5	Schritt 3: Erfassung der Schadensmöglichkeiten an den kritischen Anlagen .....	150
5.8.6	Schritt 4: Risikobewertung der kritischen Anlagen – Quantifizierung der Ausfallwirkungen durch Berechnung des Risikos mittels der SMEA .....	151
5.8.6.1	Definition des Begriffs Risiko .....	152
5.8.6.2	Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit .....	152
5.8.6.3	Systematisches Durchführen einer Risikoanalyse .....	153
5.8.6.4	SMEA (Schadensmöglichkeits- und Einflussanalyse) zur risikobasierten Strategieauswahl .....	156
5.8.7	Schritt 5: Systematische Verringerung des Risikos durch richtige Strategieauswahl .....	157
5.8.8	Ausblick .....	158
<b>6</b>	<b>Instandhaltungslogistik .....</b>	<b>159</b>
6.1	Verknüpfung der Logistik- und Instandhaltungsprozesse .....	159
6.2	Aufgaben und Ziele der Instandhaltungslogistik .....	161
6.3	Ersatzteilbewirtschaftung zur Verfügbarkeitssicherung .....	163
6.3.1	Ersatzteilorganisation als Querschnittsfunktion zwischen Logistik und Instandhaltung .....	163
6.3.2	Aufgaben und Ziele der Ersatzteilbewirtschaftung .....	164
6.3.3	Ersatzteil-Management .....	165
6.3.4	Definition des Ersatzteils .....	166
6.3.5	Ersatzteilauswahl .....	166
6.3.6	Vorgangswise für eine effiziente Ersatzteilbewirtschaftung beim Abnehmer .....	168
6.3.7	Unternehmensmodelle der Ersatzteillogistik .....	169
6.3.8	Arten der Ersatzteilbevorratung .....	169
6.4	Dimensionierung der Ersatzteillager .....	172
6.4.1	Ersatzteilbedarfsermittlung .....	172
6.4.2	Instrumente zur Bestandsführung .....	172
6.4.2.1	ABC-Analyse .....	173

6.4.2.2	XYZ-Analyse .....	174
6.4.2.3	Kombination von XYZ-Analyse und ABC-Analyse .....	175
6.4.3	Komponenten des Lagerbestandes .....	175
6.4.4	Lagerkennzahlen und -begriffe .....	177
6.4.5	Lagerdurchlaufdiagramm .....	177
6.4.6	Gesamtkosten der Lagerhaltung .....	178
6.4.6.1	Beschaffungskosten .....	179
6.4.6.2	Lagerkosten .....	179
6.4.6.3	Fehlmengenkosten .....	180
6.4.7	Stochastisches Modell – Lagerhaltungsstrategien .....	180
6.4.7.1	Strategien mit Bestellbestand .....	181
6.4.7.2	Strategien mit Bestellzyklus .....	181
<b>7</b>	<b>Lean Maintenance</b> .....	<b>183</b>
7.1	„Lean Production“ als Zustand .....	183
7.1.1	Grundlagen .....	183
7.1.2	Vermeidung von Verschwendung .....	184
7.2	Wie wird meine Instandhaltung „lean“? .....	185
7.3	Verschwendung in der Instandhaltung .....	186
7.3.1	Interpretation der 7 Arten der Verschwendung im Instandhaltungsbereich .....	187
7.3.1.1	Überproduktion und Blindleistung .....	187
7.3.1.2	Wartezeiten .....	187
7.3.1.3	Unnötiger Transport .....	187
7.3.1.4	Nicht sachgerechter Technologieeinsatz oder nicht sachgerechter Arbeitsprozess .....	187
7.3.1.5	Bestände .....	188
7.3.1.6	Unnötige Bewegung .....	188
7.3.1.7	Mängel .....	188
7.3.2	„Lean Thinking“ im Instandhaltungsbereich .....	188
7.4	Standardisierung von Instandhaltungsprozessen .....	189
7.4.1	Instandhaltung in 8 Schritten .....	189
7.4.1.1	Auslöser .....	191
7.4.1.2	AV-Planung .....	191
7.4.1.3	AV-Durchführung .....	191
7.4.1.4	Manuelle Durchführung .....	191
7.4.1.5	Wiederinbetriebnahme .....	192
7.4.1.6	Funktionscheck .....	192
7.4.1.7	Freigabe .....	192
7.4.1.8	Abschluss .....	192
7.4.2	Vorteile der Standardisierung .....	194

7.5	Optimierung der Instandhaltungsprozesse durch Wertstromdesign . . .	194
7.5.1	Auswahl des Wertstroms . . . . .	195
7.5.2	Zeichnung des Ist-Zustandes . . . . .	196
7.5.3	Vorgehensweise bei der Zeichnung des Soll-Zustandes . . . . .	202
7.5.4	Umsetzungsprojekte . . . . .	203
7.6	Vorteile des Wertstromdesigns für Instandhaltungsprozesse . . . . .	203
<b>8</b>	<b>Total Productive Management (TPM)</b> . . . . .	<b>205</b>
8.1	Von Total Productive Maintenance zu Total Productive Management . .	205
8.1.1	Definition und Kennzeichen . . . . .	205
8.1.2	Geschichte von TPM . . . . .	206
8.1.3	Der TPM-Award . . . . .	207
8.2	Erhöhung der Gesamtanlageneffizienz (OEE-Analyse) . . . . .	208
8.2.1	Die 6 großen Verluste . . . . .	208
8.2.2	Erkennen von Verlusten – Grafische Aufbereitung der OEE . . . . .	210
8.2.3	Wie beeinflusst man die OEE positiv? . . . . .	213
8.3	Säulen und Leitlinien von TPM . . . . .	216
8.3.1	Säule 1: Beseitigung von Schwerpunktproblemen – Anlagenmanagement . . . . .	217
8.3.2	Säule 2: Autonome Instandhaltung . . . . .	218
8.3.3	Säule 3: Geplantes Instandhaltungsprogramm . . . . .	220
8.3.4	Säule 4: Instandhaltungsprävention . . . . .	221
8.3.5	Säule 5: Schulung und Training . . . . .	221
8.4	Einführung und Organisation von TPM . . . . .	222
8.4.1	Die 4 Phasen der TPM-Einführung . . . . .	222
8.4.2	TPM auf der Managementseite . . . . .	224
8.4.3	TPM auf der Maschinenarbeiterseite – die 6 Schritte zu TPM . . .	227
8.4.4	TPM auf der Anlagenseite . . . . .	232
8.5	Auswirkungen von TPM . . . . .	234
<b>9</b>	<b>Weitere Methoden zur Erhöhung von Produktivität und Anlagenverfügbarkeit</b> . . . . .	<b>235</b>
9.1	Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit durch Rüstzeit-Minimierung . . . . .	235
9.1.1	Grundsätzliche Vorgangsweise beim Rüsten . . . . .	235
9.1.2	Was ist SMED? . . . . .	236
9.1.3	Einführung von SMED . . . . .	237
9.2	Konstruktion und Instandhaltung . . . . .	241
9.2.1	Die Bedeutung der Konstruktion für die Instandhaltung . . . . .	241
9.2.2	Instandhaltungsarme Konstruktion . . . . .	241



9.2.3	Instandhaltungsgerechte Konstruktion .....	242
9.2.4	Berücksichtigung der Lebenszykluskosten .....	243
9.2.5	Simultaneous Engineering .....	246
<b>10</b>	<b>Qualitäts- und Prozessmanagement .....</b>	<b>247</b>
10.1	Qualitätsmanagement und Instandhaltung .....	247
10.2	Die prozessorientierte Sichtweise .....	249
10.3	Der Begriff „Qualität“ .....	250
10.4	Qualitätsmanagement .....	252
10.4.1	Der prozessorientierte Ansatz .....	252
10.4.2	Das Prozessmodell der ISO 9001:2015 .....	253
10.5	Bedeutung der IATF 16949:2016 für die Instandhaltung .....	254
10.6	Prozessmanagement .....	256
10.6.1	Prozessmanagement-System .....	256
10.6.2	Prozess-Lifecycle – Lebensweg eines Prozesses .....	257
10.6.2.1	Prozessaufnahme in die Prozesslandschaft .....	257
10.6.2.2	Prozessdefinition .....	258
10.6.2.3	Prozessausführung/-regelung .....	258
10.6.2.4	Prozessmonitoring .....	258
10.6.2.5	Prozesse außer Betrieb nehmen .....	259
10.7	Total Quality Management – TQM .....	259
10.8	Excellence .....	262
10.8.1	Begriffsbestimmungen .....	262
10.8.2	Das EFQM-Modell für Excellence .....	263
10.8.3	RADAR-Logik .....	264
10.9	Der Unternehmerische Regelkreis .....	265
10.10	Resümee .....	267
<b>11</b>	<b>Abnahme und Qualifikation von Fertigungseinrichtungen ....</b>	<b>269</b>
11.1	Einleitung .....	269
11.2	Geometrische Prüfverfahren .....	270
11.2.1	Geradheit .....	271
11.2.2	Ebenheit .....	271
11.2.3	Parallelität und Rechtwinkligkeit von Führungen und Achsen ..	272
11.2.4	Rundlauf .....	272
11.2.5	Spezialprüfungen .....	272
11.3	Prüfverfahren mit Musterwerkstücken .....	273

11.4	Fähigkeitsuntersuchungen .....	274
11.4.1	Was bedeuten Maschinenfähigkeit und Prozessfähigkeit? .....	274
11.4.1.1	Maschinenfähigkeit .....	275
11.4.1.2	Prozessfähigkeit .....	275
11.4.1.3	Fähigkeitsindizes .....	276
11.4.1.4	Vorgangsweise für Fähigkeitsuntersuchungen .....	277
11.4.2	Gültigkeit und Einflussgrößen der Fähigkeitsuntersuchungen ..	279
11.4.2.1	Gültigkeit der Untersuchungen .....	279
11.4.2.2	Randbedingungen .....	279
11.4.2.3	Messmittelfähigkeit .....	279
11.4.2.4	Einheitliche Richtlinien .....	280
11.5	Maßnahmen zur Erhöhung der Maschinenfähigkeit und der Prozessfähigkeit .....	280
11.6	Zusammenfassung .....	281
<b>12</b>	<b>Digitale Transformation in der Instandhaltung</b> .....	<b>283</b>
12.1	Innovative Trends und Technologien im Bereich Instandhaltungs- planung .....	283
12.1.1	Überblick zu aktuellen Trends in der Instandhaltung .....	283
12.1.2	Internet of Things (IoT) .....	286
12.1.3	Mixed & Virtual Augmented Reality .....	289
12.1.4	Digital Twin in der Instandhaltung .....	294
12.1.5	Datengetriebene Instandhaltungsplanung .....	297
12.1.6	Digitale Geschäftsmodelle und Innovative Servicekonzepte .....	302
12.2	Knowledge-based Maintenance .....	305
12.2.1	Charakteristik der Problemlösung in der Instandhaltung: Der Rubik's Würfel der Instandhaltung .....	305
12.2.2	Wissensgenerierung aus Big Data: Sind Daten das Öl der Zukunft? .....	308
12.2.3	Instandhaltung vor dem Hintergrund der Industrie 4.0: Ist die Öl-Gewinnung ausreichend? .....	311
12.2.4	Wissensbasierte Instandhaltung: Anforderungen an die Instandhaltung der Zukunft .....	313
12.2.5	Präskriptives Instandhaltungs-Model (PRIMA) .....	318
12.2.6	Text Mining in der wissensbasierten Instandhaltung .....	321
12.2.7	Anwendungsbeispiel für Knowledge-based Maintenance in der industriellen Praxis .....	325
12.2.7.1	Problemstellung und Methodisches Vorgehen .....	325
12.2.7.2	Anforderungsspezifikation und Definition des Prognoseproblems .....	326

12.2.7.3	Bereitstellung und Harmonisierung der Daten . . . . .	327
12.2.7.4	Explorative Daten- und Korrelationsanalyse . . . . .	328
12.2.7.5	Modellierung und Evaluierung des Prognosemodells . . .	329
12.2.7.6	Überführen der Prognoseergebnisse in die Instandhaltungsplanung . . . . .	331
12.2.7.7	Tools und Werkzeuge zur Anwendung von maschinellen Lernalgorithmen im Bereich Instandhaltung . . . . .	332
12.2.8	Zukünftige Herausforderungen der Wissensbasierten Instandhaltung . . . . .	333
<b>13</b>	<b>Verzeichnisse . . . . .</b>	<b>335</b>
13.1	Glossar . . . . .	335
13.2	Abbildungsverzeichnis . . . . .	336
13.3	Tabellen . . . . .	342
13.4	Checklisten . . . . .	342
13.5	Leitfäden . . . . .	343
13.6	Literaturverzeichnis . . . . .	344
13.7	Stichwortverzeichnis . . . . .	351
13.8	Autor . . . . .	354

# Vorwort zur 8. Auflage

Ich freue mich über die seit der Erstauflage im Jahr 1999 unvermindert hohe Nachfrage nach dem Buch „Instandhaltungslogistik“. Das zeigt mir, dass die Themen und das Leitbild des Buches – Qualität und Produktivität steigern – in den letzten 20 Jahren sogar noch an Relevanz gewonnen haben.

Die Ereignisse der letzten zweieinhalb Jahre haben auch die Industrie erheblich beeinflusst. Die COVID-19-Pandemie, in der wir uns bei Redaktionsschluss dieses Buches noch befinden und der Krieg in der Ukraine haben – neben der Verursachung von menschlichem Leid – auch einige Wirtschaftszweige sehr in Mitleidenschaft gezogen. Vor allem Ressourcenknappheit und steigende Preise bei verschiedenen Rohstoffen und Energie stellen die Unternehmen und Lieferketten vor besondere Herausforderungen.

In dieser bereits 8. Auflage werden nach der umfassenden Erweiterung in der letzten Auflage durch das Kapitel „Digitale Transformation in der Instandhaltung“ mit den neuesten Erkenntnissen der Forschung der innovativen Trends und Technologien im Bereich Instandhaltungsplanung und der wissensbasierten Instandhaltung jetzt weitere Ergänzungen und Aktualisierungen vorgenommen. Sowohl die digitalen Geschäftsmodelle und innovativen Servicekonzepte als auch neue Methoden und Chancen durch Künstliche Intelligenz und Text-Mining, die in dieser Auflage neben einigen kleineren Aktualisierungen und Bereinigungen vorgestellt werden, sind keine Science-Fiction mehr, sondern Konzepte und Technologien, die auch schon in der Praxis eingesetzt werden können.

Die technischen Möglichkeiten und die rasante Entwicklung in der Digitalisierung, vor allem der künstlichen Intelligenz und die Möglichkeit, große Datenmengen zu verarbeiten, eröffnen vollkommen neue Perspektiven im Hinblick auf die Vorhersagegenauigkeit von Fehlern und den damit verbundenen neuen Strategien, die auf dem dabei generierten Wissen basieren. Die „richtige“ Instandhaltungsstrategie bewirkt nicht nur eine Effizienzsteigerung der Anlagen mit einer Wirtschaftlichkeitsverbesserung und Sicherung der Produktqualität, sondern erhöht auch die Nachhaltigkeit durch Ressourcenschonung bei Material und Energie.

Zielgruppen dieses Buches sind auf der einen Seite Instandhaltungsleiter\_innen, die seit Jahrzehnten im Spannungsfeld „Kosteneinsparung versus Verfügbarkeits-sicherung“ stehen und die Leistung der Instandhaltung intern „verkaufen“ müssen. Die in diesem Buch vorgestellten Methoden, Anleitungen und Checklisten sollen Instandhaltungsmitarbeiter\_innen und Führungskräfte dabei unterstützen.

Außerdem vermittelt dieses Buch ein umfassendes Wissen über die Zusammenhänge und Hintergründe des Instandhaltungsmanagements sowie der zugehörigen Methoden und neueste Erkenntnisse aus der Forschung in diesem Bereich. Damit richtet es sich auch an Studierende des Maschinenbaus und des Wirtschaftsingenieurwesens bzw. ähnlicher technischer Universitäts- und Fachhochschulstudienrichtungen.

Ich danke meinen Kolleginnen und Kollegen, die mich bei der Erstellung des Buches durch ihre Arbeit im Forschungsteam massiv unterstützt haben und das Thema Instandhaltung zu einem wichtigen Eckpfeiler unseres Forschungsbereichs gemacht haben. In dieser Auflage hat dieses Team bestehend aus Fazel Ansari, Robert Glawar, Tanja Nemeth, Klaudia Kovacs und Theresa Madreiter als Autor\_innen der oben erwähnten neuen Beiträge die Ergebnisse unserer Forschungsprojekte einerseits und der Kooperationsprojekte mit unseren Industriepartnern andererseits beschrieben und den Nutzen für die industrielle Anwendung aufgezeigt.

Vor allem aber danke ich den wichtigsten Menschen in meinem Leben, meiner Frau Sabina, die schon seit vielen Jahren mein Rückhalt und meine Inspiration ist und mich in allen Lebenslagen verständnisvoll unterstützt und meinen Töchtern Nina und Marie.

Wien, im Juni 2022

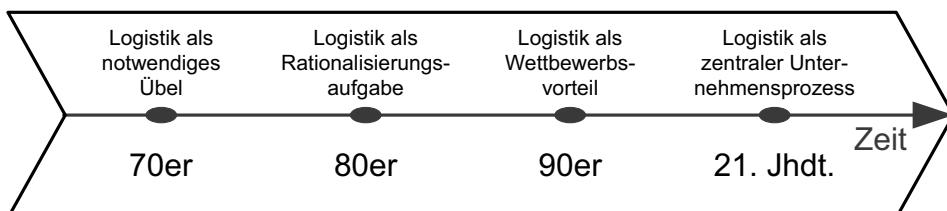
Kurt Matyas

## ■ 1.1 Begriffsabgrenzung, Geschichte

Im Gegensatz zur mathematischen Logistik, deren Begriff sich aus dem griechischen Wort „Logistika“ herleitet, was so viel wie „praktische Rechenkunst“ bedeutet, kommt der Begriff der betrieblichen Logistik vom französischen Verb „loger“ – was so viel wie hineinbringen, unterbringen, unterstützen, versorgen, bzw. bereitstellen bedeutet.

Der Begriff Logistik stammt ursprünglich aus dem militärischen Bereich wo er im 19. Jhd. erstmals verwendet wurde. Damals beinhaltete Logistik die systematische Versorgung der Armee. Auch für einen modernen Produktionsbetrieb ist die Versorgung mit Material von entscheidender Bedeutung für den Erfolg.

Der Begriff „Business Logistics“ wurde in den 50er Jahren in den USA geprägt und bezeichnete damals die „Transport-, Lager- und Umschlagstätigkeiten im Realgüterbereich“. Der Begriff wird seit ca. 1970 auch im deutschsprachigen Raum verwendet und hat seither eine große Verbreitung sowie schnell wachsende Bedeutung gefunden. Heute umfasst die Logistik nicht nur die klassischen Transport-, Umschlags- und Lageraufgaben, sondern sie beinhaltet auch eine entsprechende Ausrichtung des gesamten Unternehmens.



**Bild 1.1** Schwerpunkte der europäischen Logistikentwicklung [53]

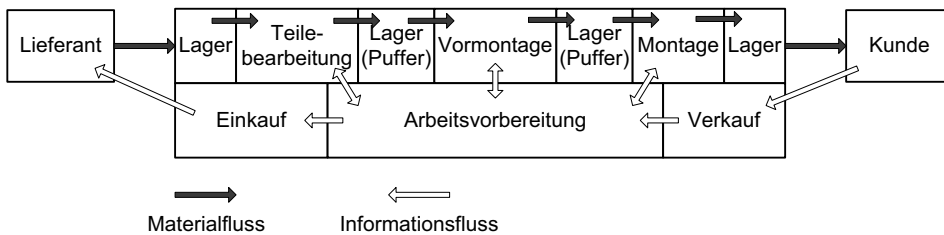
In den Anfängen ist die Logistik unter geringer Beachtung als zwangsläufig notwendiges Mittel zum Zweck des Warenverkaufs angesehen worden. Der im Laufe der Zeit steigende Rationalisierungsdruck hat in den 80er Jahren ein hohes Optimierungspotential im Logistikbereich zum Vorschein gebracht, wobei dieses häufig relativ leicht umzusetzen gewesen ist, wie beispielsweise eine Bestandssenkung. Der steigende Wettbewerb am Markt sowie steigende Kundenanforderungen haben die Suche nach Differenzierungsmöglichkeiten von den Konkurrenten mit sich gebracht. So ist es in den 90er Jahren unter anderem zur Entwicklung von innovativen Logistiksystemen gekommen [28] [53].

## ■ 1.2 Logistik, heute

In der heutigen Zeit wird die wirtschaftliche Entwicklung zunehmend rascher und unvorhersehbarer. Das erfordert immer schnellere Reaktionen auf geänderte Marktanforderungen in immer kürzeren Zeitabständen. Außerdem werden die internationale Konkurrenz und die internationale Zusammenarbeit immer intensiver. Der Markt wird von den Käufern dominiert, d.h. diese haben immer mehr Sonderwünsche, fragen in immer kürzeren Intervallen nach neuen Produkten, wollen eine rasche Belieferung und stellen immer höhere Qualitätsansprüche. Weiters verschärft sich auch die Preissituation ständig, woraus der Kostendruck auf fast alle Unternehmensbereiche ansteigt.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, erfordert das von den Unternehmen eine große Flexibilität, starke Reaktionsbereitschaft, ständige Innovationsbereitschaft sowie eine sehr gute Organisation [27] [28]. Es erfolgt eine Ausrichtung des Unternehmens nach dem Flussprinzip. Das gilt einerseits für die Materialien und Waren, wobei deren Weg durch das Unternehmen so gestaltet sein muss, dass er möglichst wirtschaftlich erfolgt, wie beispielsweise ohne unnötigen Wartezeiten sowie einer optimalen Anordnung der einzelnen Stationen.

Andererseits erfolgt auch beim Führungssystem ein Übergang von einem Denken in Funktionen zu einem Denken in Prozessen, um bei den Waren- und Materialflüssen einen reibungsloseren Ablauf zu gewährleisten, weil beispielsweise Abstimmungsprobleme an den Abteilungsgrenzen entfallen bzw. reduziert werden sollen. Aufgrund dieser Ziele wird die Logistik als Querschnittsfunktion und somit prozessbegleitend in das Unternehmen eingegliedert. Dies wirkt sich auch auf verbesserte Reaktionsmöglichkeiten aus [27].



**Bild 1.2** Wertschöpfungskette [58]

Bild 1.2 zeigt die prinzipiellen Verläufe des Material- und Informationsflusses durch einen Produktionsbetrieb. Als Wertschöpfungsprozess oder Wertschöpfungskette wird die betriebliche Leistungserstellung mit allen Funktionen vom Einkauf über die Entwicklung, Arbeitsvorbereitung und Produktion bis zum Verkauf verstanden.

In einem integrierten und kontrollierten Fluss-System sollen die Transport-, Handhabungs-, Produktions-, Montage-, Prüf-, Lagerungs- und Umschlagsvorgänge aller Materialien und Waren vom ersten Lieferanten durch den Betrieb und zwischen den Betrieben bis zum letzten Kunden gesteuert und koordiniert werden.

Vom Begriff her ist damit die seinerzeitige Bezeichnung „**Materialfluss**“ (VDI 3300: „... Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie bei der Verteilung von stofflichen Gütern innerhalb festgelegter Bereiche.“) um seine Steuerung – den so genannten „**Informationsfluss**“ – erweitert worden.

Zusammenfassend kann der Begriff Logistik wie folgt definiert werden:



## LOGISTIK

ist die Gestaltung des Material- und Informationsflusses aus ganzheitlicher Sicht in Richtung eines wirtschaftlichen Optimums.

## ■ 1.3 Funktionsbereiche der Logistik

Logistik sollte nicht nur als interne Dienstleistungs- oder Servicefunktion verstanden werden, sondern als eine Grundfunktion der Unternehmensorganisation mit Regelaufgaben:

- Logistik ist ein Instrumentarium zur Gewährleistung, Steuerung und Kontrolle der vom Markt geforderten Flexibilität der Unternehmensproduktivität.



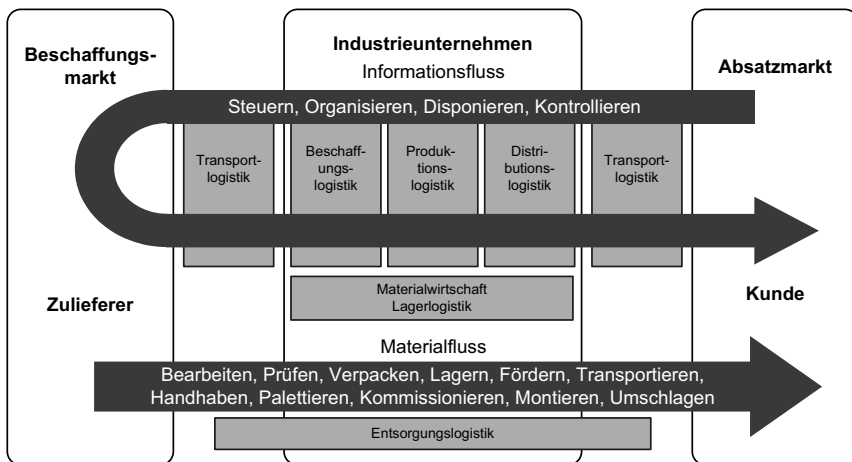
- Logistik umfasst die optimale Planung, Steuerung und Kontrolle aller Lager- und Transportvorgänge und beinhaltet damit die optimale Gestaltung aller Wertflüsse (Material-, Information-, Energie-, Hilfsmittelflüsse) zum, im und vom Unternehmen.

Die Logistik wird im Wesentlichen in die **Funktions-/Aufgabenbereiche**

- Beschaffungslogistik
- Produktionslogistik
- Distributionslogistik
- Entsorgungslogistik und
- Transportlogistik

untergliedert.

Unterstützend sind die **Lagerlogistik** und die **Materialwirtschaft** weitere wesentliche Funktionen in der Logistik (Bild 1.3).



**Bild 1.3** Funktionsbereiche der Logistik [82]

Die **Beschaffungslogistik** umfasst die komplexe Planung, Steuerung und physische Behandlung des Material- und Kaufteilflusses von den Lieferanten bis zur Bereitstellung für die Produktion einschließlich der dazu erforderlichen Informationsflüsse mit dem Ziel der Beschleunigung der Flüsse und der Minimierung der Aufwendungen für den gesamten Beschaffungsprozess.

Die **Produktionslogistik** umfasst die komplexe Planung und Steuerung der Produktions-, innerbetrieblichen Transport-, Umschlags- und Zwischenlagerungsprozesse einschließlich der dazu erforderlichen Informationsprozesse mit dem Ziel

<sup>1</sup> Die Begriffe „Produktion“ und „Fertigung“ werden synonym verwendet.

der Beschleunigung der Flüsse und der Minimierung der Aufwendungen für den Produktionsprozess.

Die **Distributionslogistik** umfasst die komplexe Planung, Steuerung und physische Behandlung des Fertigwaren-/Erzeugnisflusses von der Warenübernahme aus der Produktion bis hin zum Abnehmer einschließlich der dazu erforderlichen Informationsflüsse mit dem Ziel der Beschleunigung der Flüsse und Minimierung der Aufwendungen für den gesamten Absatzprozess.

Die **Entsorgungslogistik** umfasst die komplexe Planung, Steuerung und physische Behandlung des Flusses der Produktionsabfälle und Altprodukte vom Ort des Aufkommens bis hin zur umweltgerechten Deponie und zum Recycling einschließlich der dazu erforderlichen Informationsflüsse mit dem Ziel der Beschleunigung der Flüsse und Minimierung der Aufwendungen für den gesamten Entsorgungsprozess.

Die **Transportlogistik** umfasst die komplexe Planung, Steuerung und Durchführung der Material-, Teile-, Erzeugnis-, Ver- und Entsorgungstransporte einschließlich der dazu erforderlichen Informationsflüsse unter Einbeziehung aller Verkehrsträger mit dem Ziel der Minimierung des Aufwandes für die Gesamtheit der Transportprozesse und der Beschleunigung der materiellen Flüsse.

Die **Lagerlogistik** umfasst die komplexe Planung, Steuerung und das Handling von Gütern in einem Lager einschließlich der erforderlichen Informationsflüsse mit dem Ziel der optimierten Gestaltung der Gesamtheit und des Zusammenwirkens der Lager-, Kommissionier-, und Transportsysteme.

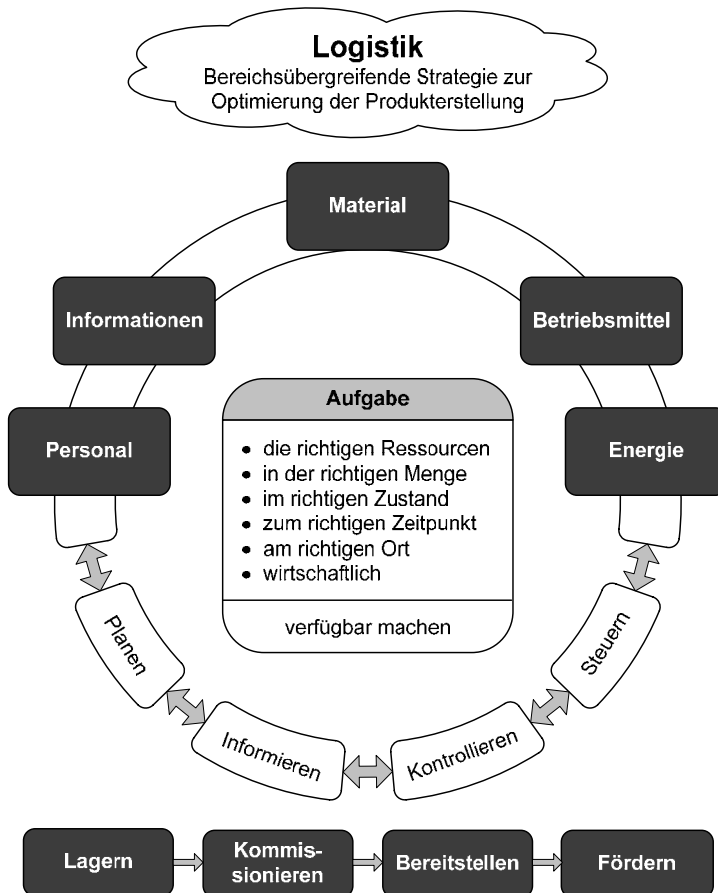
Die **Materialwirtschaft** umfasst die komplexe Planung und Steuerung der Ermittlung der Bedarfe und des Führens von Beständen einschließlich der erforderlichen Informationsflüsse mit dem Ziel die für die Leistungserstellung notwendigen Materialien in richtiger Qualität und Menge zum richtigen Zeitpunkt am rechten Ort zu geringsten Kosten bereitzustellen.

## ■ 1.4 Logistik und Instandhaltung

Die Logistik kann als bereichsübergreifende Strategie zur Optimierung der Produkterstellung bezeichnet werden (Bild 1.4). Um die Ziele der Logistik zu erreichen, und zwar die richtigen Produkte und Informationen in den richtigen Mengen, im richtigen Zustand, zum richtigen Zeitpunkt auf möglichst wirtschaftliche Weise am richtigen Ort verfügbar zu machen, muss der Einsatz von Material, Information, Personal, Betriebsmittel und Energie geplant, gesteuert und kontrolliert werden.

Die in Bild 1.4 dargestellten Lagersysteme, Kommissioniersysteme, Bereitstellungssysteme, Informationssysteme, Planungs- und Steuerungssysteme sind Logistikelemente, die einzeln betrachtet und auch optimiert werden können. Allerdings reicht die Optimierung einzelner Logistikelemente für eine ganzheitliche Betrachtungsweise nicht aus, da auch die Beziehungen zwischen den Elementen berücksichtigt werden müssen.

Das heißt, sämtliche Unternehmensbereiche sind von der bereichsübergreifenden Logistikstrategie betroffen. Teilbereiche der Logistik, wie Beschaffungslogistik, Distributionslogistik, Entsorgungslogistik, Transportlogistik, Informationslogistik, Anlagenlogistik und Instandhaltungslogistik ermöglichen es, die erwähnten Ziele zu erreichen.



**Bild 1.4** Logistik als bereichsübergreifende Strategie [40]

Die **Verfügbarkeit** ist somit das zentrale Anliegen der Logistik, aus dem sich wiederum der **Zusammenhang mit der Instandhaltung** ergibt.

Eine große Bedeutung in der Instandhaltung haben die folgenden Logistikaufgaben:

- Gewährleistung der Verfügbarkeit von Anlagen
- Gewährleistung der Verfügbarkeit von Personal zur Durchführung der Instandhaltungsaufgaben
- Gewährleistung der Verfügbarkeit von Information (Störungsmeldungen, Ersatzteilbestellungen, Ferndiagnose)
- Gewährleistung der Verfügbarkeit von Material (Ersatzteilbeschaffung, Ersatzteilbereitstellung, Ersatzteiltransport zur Maschine)
- Gewährleistung der instandhaltungsgerechten Anordnung von Maschinen und Anlagen (Betriebsstättenplanung unter Berücksichtigung der Erfordernisse der Instandhaltung)

Eine integrierte Betrachtung von Aufgaben aus Logistik und Instandhaltung ist jedoch nur möglich, wenn in beiden Bereichen einheitliche Datenkonzepte vorliegen, die über definierte Schnittstellen miteinander verbunden werden.

Diese Beziehungen entstehen beim Informations- und Materialfluss

- zu den Lieferanten
- zur Beschaffung
- zur Produktion
- zum Absatz
- zur Entsorgung
- zu logistischen Dienstleistern (z. B. Speditionen)
- zu den Kunden

Darüber hinaus existieren weitere Schnittstellen zum Finanz- und Rechnungswesen sowie zum Personalwesen eines Unternehmens.

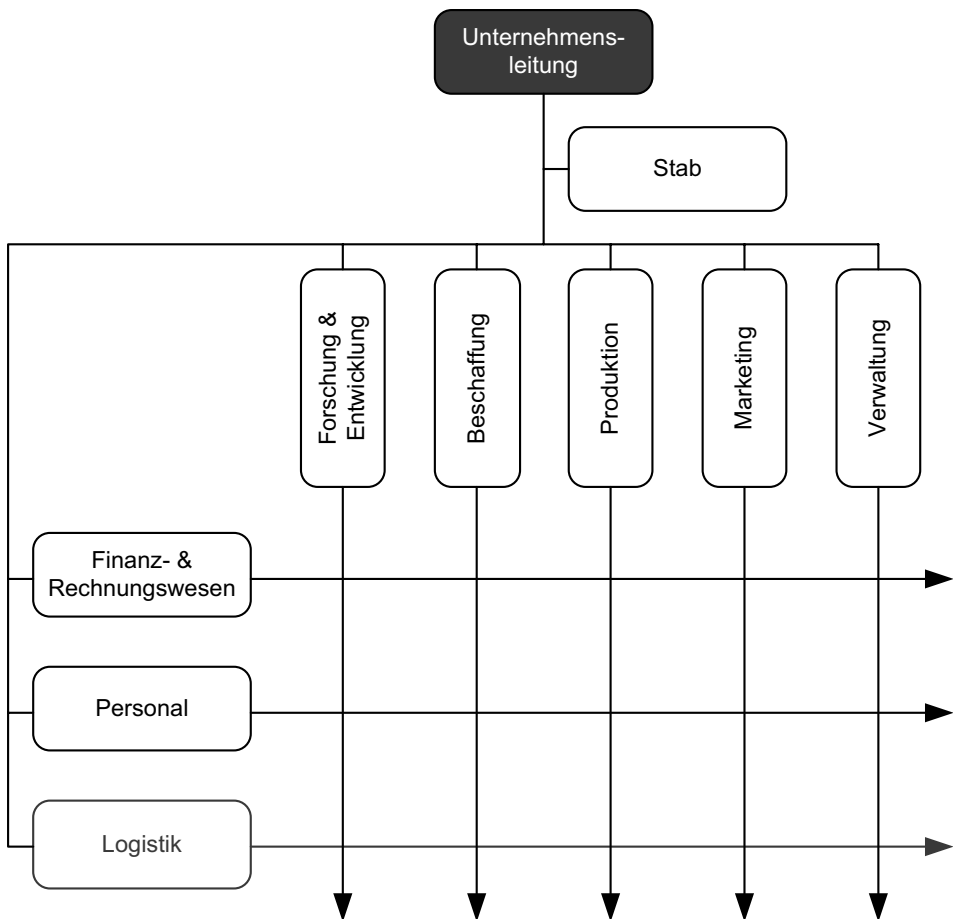
Die Logistik ist eine typische Querschnittsfunktion (Bild 1.5) im Unternehmen, ähnlich wie das Personalwesen und das Finanzwesen. Das Problem aller Querschnittsfunktionen besteht darin, dass eine Vielzahl von Schnittstellen existieren, an denen, falls eine Optimierung versäumt wird, Reibungen entstehen. Schnittstellen entstehen beim Informations- und Güterfluss der Logistik zu den Lieferanten, zur Beschaffung, zur Produktion beim Industrieunternehmen, zum Absatz, zur Entsorgung, zu logistischen Dienstleistern (z. B. Speditionen) und zu den Kunden. Darüber hinaus existieren weitere Schnittstellen zum Finanz- und Rechnungswesen sowie zum Personalwesen eines Unternehmens.

Infolge des Querschnittcharakters der Logistik sind logistische Betrachtungsweisen weniger an einzelnen **Funktionen**, sondern am **Gesamtprozess** orientiert. Die ganzheitliche, prozessorientierte Sichtweise begann sich Mitte der 80er Jahre, ausgehend von der Thematik der Qualitätsbetrachtungen, durchzusetzen und wurde in den letzten Jahren im Zuge der Umsetzung der Qualitätsmanagement-Norm ISO 9000:2000 in vielen Unternehmen zum Standard.

Unter der integrierenden Betrachtungsweise ist im Falle der Logistik die

*durchgängige Gestaltung der gesamten Informations- und Materialflüsse über die gesamte Logistikkette, also vom ersten Lieferanten bis zum letzten Kunden*

zu verstehen.



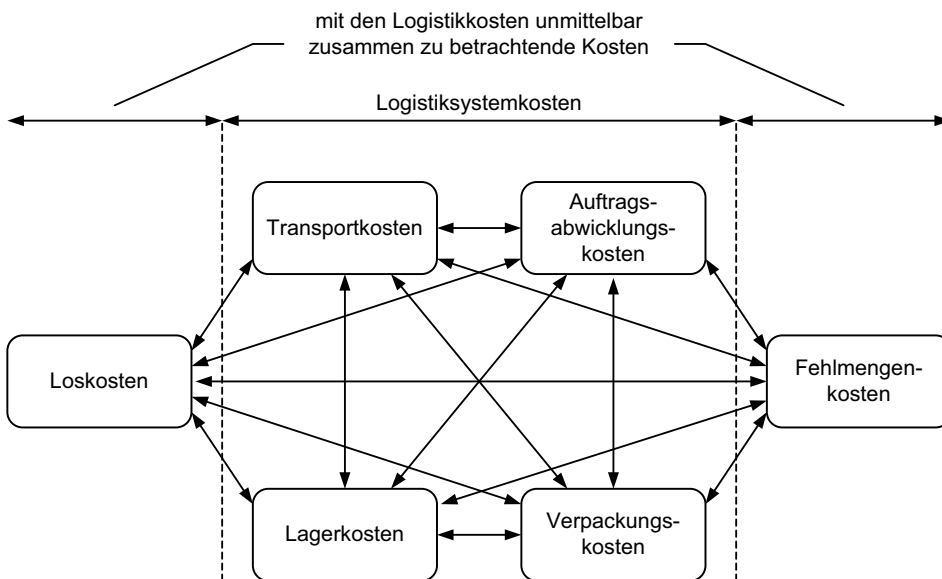
**Bild 1.5** Logistik als Querschnittsfunktion [27]

## ■ 1.5 Logistikkosten

### 1.5.1 Gesamtkostendenken in der Logistik

Die zwischen den Elementen eines Logistiksystems bestehenden Interdependenzen sind auch bei den Kosten vorhanden, die durch diese Elemente verursacht werden [78]. Die Senkung der Kosten in einem logistischen Teilsystem kann zu einem Ansteigen der Kosten in anderen Teilsystemen und – wenn die Kostensenkung geringer ist als die Kostensteigerungen – zu einem Kostenanstieg für das gesamte Logistiksystem führen.

So könnte eine Transportkostensenkung ohne Berücksichtigung einer damit möglicherweise verbundenen Kostensteigerung bei der Verpackung oder Lagerhaltung ein Ansteigen der Auslieferungskosten zur Folge haben. Das Gesamtkostendenken fordert deshalb die Erfassung aller für eine Logistikentscheidung relevanten Logistikkosten. Bild 1.6 gibt einen Überblick über die Logistikgesamtkosten.



**Bild 1.6** Gesamtkosten [49]

Sie setzen sich zusammen aus den **Auftragsabwicklungskosten**, den **Transportkosten**, den **Versandkosten**, den **Lagerkosten**, den **Verpackungskosten**, sowie den **Fehlmengenkosten** und den **Loskosten**.

Unter **Fehlmengenkosten** werden Kosten verstanden, die durch einen zu geringen Servicegrad entstehen. Das können entgangene Deckungsbeiträge für nicht ver-

kaufte Produkte und verlorene Kunden sein, aber auch Kosten für Betriebsunterbrechungen oder außerplanmäßiges Umrüsten.

Unter **Loskosten** werden entweder die Rüstkosten (bei Produktionslosen) oder die stückzahlunabhängigen Bestellkosten (bei Bestelllosen) verstanden.

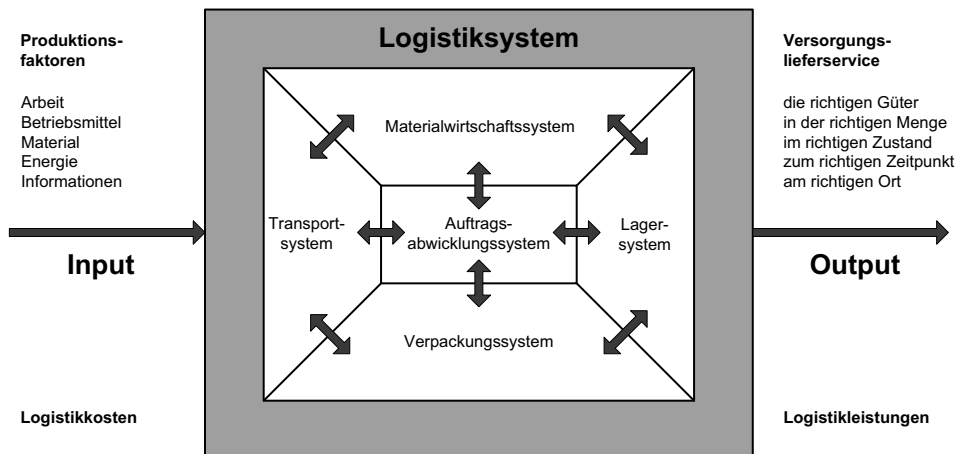
### 1.5.2 Zielkonflikt

Das Gesamtkostendenken ist gerade bei den Logistikkosten von großer Bedeutung, da es gerade hier eine Vielzahl von Kostenkonflikten gibt, deren Kenntnis Voraussetzung für logistisches Denken ist. Beispiele hierfür sind in Tabelle 1.1 angegeben:

**Tabelle 1.1** Kostenkonflikte in der Logistik [67]

Kostensenkungen im Bereich	bewirken	Kostensteigerungen im Bereich
Transportwesen	↔	Lagerstände
Verpackung	↔	Transportschäden
Auftragsabwicklung	↔	Transport
Lagerhaltung	↔	Produktion

Die Logistikkosten können durch den bewerteten Einsatz der Produktionsfaktoren im Logistiksystem dargestellt werden. Kosten sind als Systeminput aus betriebswirtschaftlicher Sicht immer nur dann gerechtfertigt, wenn ihnen entsprechende Leistungen als Systemoutput gegenüberstehen. Wie aus Bild 1.7 hervorgeht, ist logistisches Denken nicht nur Kosten- sondern auch Leistungsdenken. Das bedeutet, dass bei hohen Logistikkosten auch eine entsprechende Logistikleistung gefordert wird.



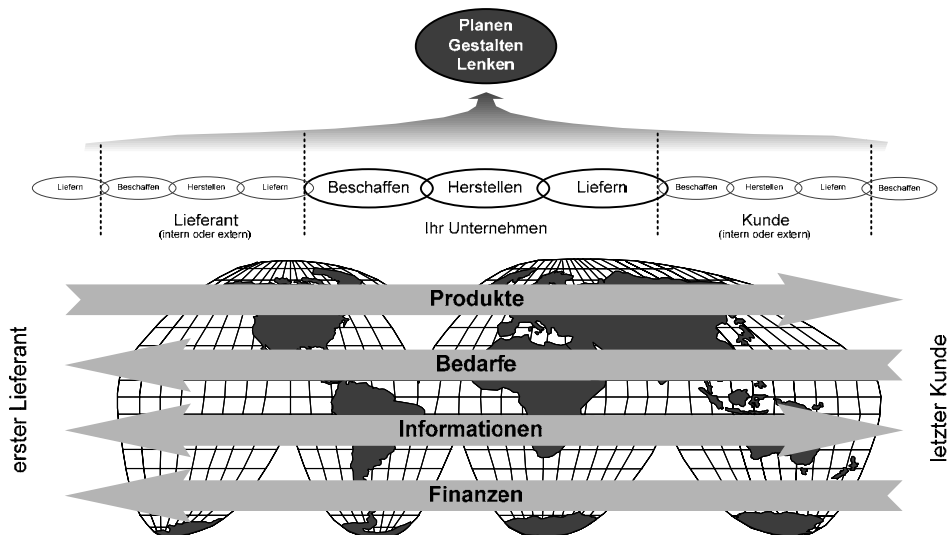
**Bild 1.7** Funktionelle Abgrenzung von Logistiksystemen [67]

## ■ 1.6 Supply Chain Management

Aus der immer geringeren Fertigungstiefe und der zunehmenden Flussorientierung der Unternehmen hat sich das Supply Chain Management – SCM – entwickelt, welches nicht nur ein einzelnes Unternehmen sondern die gesamte Wertschöpfungskette eines Produktes als Ganzes behandelt. Das SCM erfordert eine Kooperation der einzelnen Unternehmen mit dem Ziel, durch Koordination und Integration von Lieferanten, Produzenten und Handel den Markt bzw. den Kunden effizient zu befriedigen. Dabei werden hauptsächlich die unternehmensübergreifenden Vorgänge betrachtet und die häufig auftretenden Probleme an den Unternehmensschnittstellen optimiert [27] [28] [53].

Diese Entwicklung erfordert nun die Neuausrichtung der Informationsstrukturen und Informationsverarbeitung im Sinne der Dezentralisierung. Logistikketten bzw. Versorgungsketten (Supply Chains) stellen Wertschöpfungsverbunde mit verschiedenen Partnern dar. Aus Sicht des Unternehmens, das Güter für den Markt erstellt, können diese Partner Lieferanten, logistische Dienstleister oder Endkunden sein (Bild 1.8).

Der Ansatz von Supply Chain Management dient der Verbesserung der Kundenorientierung, der Synchronisation des Bedarfs mit der Versorgung, dem Abbau von Beständen entlang der Wertschöpfungskette, der Flexibilisierung und bedarfsgerechte Produktion sowie der Verkürzung der Lieferzeiten.



**Bild 1.8** Supply Chain Management [82]