

1.	Einführung und Überblick	1
1.1	Der Materialfluß in Produktion und Vertrieb	1
1.2	Aufgaben der Materialflußlehre	1
1.3	Typisches Beispiel eines Materialflußsystems	4
2.	Grundelemente der Materialflußsysteme	11
2.1	Förderstrecken	11
2.1.1	Durchsatz	11
2.1.2	Grenzdurchsatz, Auslastungsgrad	13
2.1.3	Taktzeit	13
2.1.4	Zwischenankunftszeit	14
2.1.5	Erwartungswert stetig verteilter Zwischenankunftszeiten	16
2.1.6	Praktische Ermittlung des Erwartungswerts	17
2.1.7	Streuung der Zwischenankunftszeiten	19
2.2	Verzweigungen	21
2.2.1	Teilstetige Verzweigungen für zwei Richtungen	23
2.2.2	Teilstetige Verzweigungen für beliebig viele Richtungen	25
2.2.3	Unstetige Verzweigungen für zwei und mehr Richtungen	25
2.2.4	Partieller Grenzdurchsatz der stetigen und der unste- tigen Richtungen	26
2.2.5	Stetige Verzweigungen für zwei Richtungen	28
2.2.6	Stetige Verzweigungen für beliebig viele Richtungen...	32
2.3	Zusammenführungen	33
2.3.1	Abfertigungsregeln für die Zusammenführungen	34
2.3.2	Die Zeitlücken im Hauptstrom	35
2.3.3	Durchsatzbedingungen der Zusammenführungen mit Vorfahrt	37
2.4	Universelles Materialflußelement	42
2.5	Literaturempfehlungen zu Kapitel 2	46
3.	Abbildung von Materialflußsystemen in Modellen	47
3.1	Modellarten	47
3.2	Flußdiagramme, Groblayout	49
3.3	Graphen	51

3.3.1	Struktur	51
3.3.2	Pfeil- und Knotenbewertung	53
3.4	Materialflußmatrizen	53
3.4.1	Adjazenzmatrix	53
3.4.2	Bewertungsmatrix	54
3.4.3	„Kürzeste-Wege“-Matrix	55
3.4.4	Belastungsmatrix	65
3.4.5	Transportmatrix	68
3.4.6	Leerfahrtenmatrix	70
3.4.7	Benutzung der Matrizen zur Bestimmung der Fördermittelanzahl	78
3.5	Verteilungen zur Beschreibung des dynamischen Verhaltens von Materialflußprozessen	81
3.5.1	Diskrete Verteilungen	82
3.5.2	Stetige Verteilungen	88
3.5.3	Stetige Gleichverteilung	88
3.5.4	Exponentialverteilung	90
3.5.5	Erlangverteilung	91
3.5.6	Normalverteilung	93
3.6	Statistische Schätz- und Prüfmethode zur Beurteilung des stochastischen Verhaltens von Materialflußprozessen	94
3.6.1	Punktschätzung	94
3.6.2	Bereichsschätzung	95
3.6.3	Vertrauensbereich der Varianz	101
3.6.4	Testen von Hypothesen	101
3.7	Literaturempfehlungen zu Kapitel 3	109
Warten und Bedienen im Materialfluß		111
4.1	Wartesystem-Modelle	112
4.2	Das $M M 1$ -Modell	115
4.3	Das $D D 1$ -Modell	123
4.4	Das $M D 1$ -Modell	124
4.5	Das $M E_k 1$ -Modell	124
4.6	Das $M G 1$ -Modell	125
4.7	Das $G G 1$ -Modell	128
4.8	Das $M M m$ -Modell	130
4.9	Geschlossene Systeme am Beispiel des $M M 1 K$ -Systems	132
4.10	Vernetzte Wartesysteme	134
4.10.1	Berechnung von Kennwerten für offene Netzwerke mit Exponentialverteilungen	136
4.10.2	Berechnung von Kennwerten für geschlossene Netzwerke mit exponentialverteilten Bedienzeiten	139
4.10.3	Die Mittelwertanalyse	141
4.11	Beispiel zur Anwendung von elementaren Wartesystemen	145
4.12	Zeitdiskrete Modelle von Materialflußelementen	148

4.13	Exkurs: Zufällige Irrfahrt und Leiterhöhenverteilung	156
4.14	Zeitdiskrete G G 1-Wartesysteme als zufällige Irrfahrt	158
4.14.1	Berechnung der Warte- und Brachverteilung	159
4.14.2	Bestimmung der Zwischenabgangszeit	163
4.14.3	Bestimmung der Verweilzeit einer Fördereinheit	167
4.14.4	Bestimmung der Verteilung der Zahl von Fördereinheiten im System im Ankunftsmoment	169
4.15	Literaturempfehlungen zu Kapitel 4	171
5.	Lagern und Kommissionieren	173
5.1	Lagerbestand	173
5.2	Lagerkapazität und Füllungsgrad	176
5.2.1	Lagerdimensionierung bei normalverteilten Artikelbeständen	179
5.2.2	Lagerdimensionierung bei beliebig verteilten Artikelbeständen	182
5.3	Lagerbauarten	189
5.4	Zugriffszeit	196
5.5	Einzel- und Doppelspiel	197
5.6	Mittlere Spielzeit der Einzelspiele	202
5.7	Mittlere Spielzeit der Doppelspiele	208
5.8	Mittlere Spielzeiten in Abhängigkeit von der Lage des Übergabeplatzes	211
5.9	Kommissionieren	212
5.9.1	Drei Grundkonzepte für Kommissioniersysteme	213
5.9.2	Die Kommissionierzeit	217
5.10	Literaturempfehlungen zu Kapitel 5	224
6.	Planung von Materialflußsystemen	225
6.1	Aufnahme des Ist-Zustands	226
6.1.1	Parameter der Ist-Aufnahme	227
6.1.2	Ablaufstudien	234
6.1.3	Belastungsstudien	236
6.1.4	Kostenstudien	242
6.1.5	Darstellung des Ist-Zustands	243
6.1.6	Wertstromanalyse	251
6.2	Planungsstufen	261
6.2.1	Grobplanung	263
6.2.2	Idealplanung	265
6.2.3	Realplanung	266
6.2.4	Detailplanung	266
6.3	Beurteilung von Planungsvarianten	267
6.3.1	Nutzwertanalysen	267
6.3.2	Wirtschaftlichkeitsanalysen	276
6.3.3	Risikoanalysen	278

6.4	Layoutplanung	281
6.4.1	Das Optimierungsproblem	281
6.4.2	Das Dreieck-Verfahren	283
6.4.3	Rechnergestützte Layoutplanungsverfahren	286
6.4.4	Ein vektorbasiertes Layoutplanungsverfahren	289
6.5	Verfügbarkeit	293
6.5.1	Definition und Bestimmungsgrößen der Verfügbarkeit .	294
6.5.2	Verbesserung der Verfügbarkeit von Systemen durch die Anordnung ihrer Elemente	297
6.5.3	Die Problematik des Nachweises der Verfügbarkeit	299
6.6	Simulation	301
6.6.1	Simulation der Arbeitsweise eines Regalbediengeräts im Hochregallager	302
6.6.2	Simulation eines Warteprozesses	304
6.6.3	Simulation vernetzter Materialflußsysteme in der Pla- nungsphase	307
6.6.4	Charakteristische Arbeitsphasen und typische Proble- me bei der Durchführung einer Simulation	309
6.6.5	Analyse der Simulationsergebnisse	315
6.7	Literaturempfehlungen zu Kapitel 6	320
Literaturverzeichnis		321
Sachverzeichnis		329