

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Ziel der Arbeit	2
2	Automatische Kommissioniersysteme	4
2.1	Begriffsbestimmung	4
2.1.1	Kommissionieren	4
2.1.2	Handhaben, Fördern und Lagern	6
2.1.3	Kommissionierroboter und Kommissionierrobotersysteme	7
2.2	Stand der Technik	10
2.2.1	Kommissioniersystem nach dem Prinzip "Güter stationär und Roboter mobil"	10
2.2.2	Kommissioniersystem nach dem Prinzip "Güter mobil und Roboter stationär"	13
2.2.3	Kommissioniersystem nach dem Prinzip "Güter und Roboter mobil"	14
2.2.4	Kommissioniersystem nach dem Prinzip "Güter und Roboter stationär"	15
2.3	Entwicklungstendenzen	16
3	Grundlagen automatischer Kommissioniersysteme	18
3.1	Abgrenzung eines Kommissioniersystems	18
3.2	Materialflußtechnische Funktionen und Funktionselemente	19
3.2.1	Materialflußtechnische Grundfunktionen	19
3.2.2	Funktionselemente	23
3.3	Bestimmung der Wirtschaftlichkeit	29
3.4	Strategie bei der Kommissionierung	31
4	Einführung in die neuen Kommissioniersysteme	33
4.1	Einsatz von mobilen Robotern	33
4.2	Mathematische Modelle für die neuen Kommissioniersysteme	37
4.3	Beschreibung der Kommissioniervorgänge in den neuen Kommissioniersystemen	44

## Inhaltsverzeichnis

5	Anforderungen an die Gestaltung neuer Kommissionierrobotersysteme	47
5.1	Übersicht und Grundanforderungen	47
5.2	Anforderungen an das Fördermittel	50
5.3	Anforderungen an das Handhabungsmittel	51
5.4	Anforderungen an das Speichermittel	51
6	Gestaltungskonzeptionen neuer Kommissionierrobotersysteme	53
6.1	Baueinheiten neuer Kommissionierrobotersysteme	53
6.1.1	Handhabungseinheit	53
6.1.2	Fördereinheit	56
6.1.3	Speichereinheit	58
6.2	Konzeptfindungen neuer Kommissionierrobotersysteme	61
6.2.1	Gestaltung auf Flurförderzeugbasis	63
6.2.1.1	Systemdarstellung	63
6.2.1.2	Einsatz zur Kommissionierung	64
6.2.2	Gestaltung auf Regalförderzeugbasis	64
6.2.2.1	Systemdarstellung	64
6.2.2.2	Einsatz zur Kommissionierung	65
6.2.3	Gestaltung auf Verteilfahrzeugbasis	67
6.2.3.1	Systemdarstellung	67
6.2.3.2	Einsatz zur Kommissionierung	69
6.2.4	Gestaltung auf Trägerfahrzeugbasis	70
6.2.4.1	Systemdarstellung	70
6.2.4.2	Einsatz zur Kommissionierung	72
6.2.5	Gestaltung auf Hubeinrichtungsbasis	73
6.2.5.1	Systemdarstellung	73
6.2.5.2	Einsatz zur Kommissionierung	74
6.2.6	Gestaltung auf Basis flurfreier Fördermittel	74
6.2.6.1	Systemdarstellung	74
6.2.6.2	Einsatz zur Kommissionierung	77
6.3	Konzeptionen der Stromversorgung für die neuen Kommissionierrobotersysteme	78
6.3.1	Stromversorgungsart für mobile Robotersysteme	78
6.3.2	Auswahl der Stromversorgungsart für die neuen Kommissionierrobotersysteme	80
7	Rechnergestützte Analyse neuer Kommissionierrobotersysteme	84
7.1	Einführung in die rechnergestützte Analyse	84
7.1.1	Ausgangssituation	84
7.1.2	Mathematische Verfahren zur Analyse eines Kommissioniersystems	85
7.2	Untersuchung der Kommissionierzeiten	87
7.2.1	Programm zur Beschreibung und Analyse eines Kommissioniersystems	87

## Inhaltsverzeichnis

7.2.2	Mathematische Ausdrücke der Kommissionierzeit	89
7.2.3	Ablauf des Programms	92
7.2.4	Zusammenfassung der Simulationsergebnisse	94
7.3	Untersuchung der Wartezeiten	98
7.3.1	Einführung in die Warteschlangentheorie	99
7.3.2	Ankunft und Arbeitszeit	101
7.3.3	Bedienungszeit	103
7.3.4	Beschreibung des Warteschlangenmodells	104
7.3.5	Mathematische Verfahren zur Ermittlung der wichtigen Parameter der Warteschlangensysteme	105
7.3.6	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	106
7.3.7	Verbesserung der Systemleistung durch Einsatz mehrerer Bedienungsgeräte	109
8	Zusammenfassung	115
9	Literaturverzeichnis	118
10	Bildverzeichnis	123
11	Abkürzungsverzeichnis	127