

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation	1
1.1.1 Bedeutung der Kommissionierung als logistischer Prozess	1
1.1.2 Notwendigkeit der Vermeidung und prozessintegrierten Erkennung von Kommissionierfehlern	2
1.1.3 Flexibilität manueller Kommissioniersysteme	3
1.1.4 Unterstützung des Kommissionierers durch informationstechnische Hilfsmittel	4
1.2 Problemstellung und Zielsetzung	5
1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	6
<b>2 Stand der Technik und der Wissenschaft</b>	<b>9</b>
2.1 Kommissionierung	9
2.1.1 Begriffsdefinition und Systemaufbau	9
2.1.2 Arbeitsmittel in manuellen Kommissioniersystemen	14
2.1.2.1 Technische Funktionselemente	14
2.1.2.2 Informationstechnische Funktionselemente	16
2.1.3 Prozessmodell der manuellen Person-zur-Ware-Kommissionierung	21
2.1.4 Charakteristika manueller Kommissioniertätigkeiten aus ergonomischer Sicht	23
2.1.5 Kommissionierqualität und Kommissionierfehler	24
2.1.6 Logistische Kennzahlen	26
2.1.6.1 Fehlerquote	26
2.1.6.2 Kommissionierzeit	27
2.1.6.3 Kommissionier- und Pickleistung	29
2.2 Mobile Informationsbereitstellung mittels Augmented Reality	30
2.2.1 Begriffsdefinition und Einordnung der Augmented Reality	30
2.2.2 Funktionsweise und Systemaufbau	31
2.3 Kommissioniertechnologie Pick-by-Vision	33
2.3.1 Begriffsdefinition	33
	<b>V</b>

2.3.2	Systemaufbau und Varianten	33
<b>3</b>	<b>Entstehung von Kommissionierfehlern und Maßnahmen zu deren Reduzierung</b>	<b>39</b>
3.1	Entstehung von Kommissionierfehlern	39
3.2	Ursachen von Kommissionierfehlern	41
3.2.1	Übersicht	41
3.2.2	Leistungsvoraussetzungen des Menschen	42
3.2.3	Kommissionieraufgabe	43
3.2.4	Arbeits- und Umgebungsbedingungen	45
3.3	Strategien im Umgang mit Fehlhandlungen und Kommissionierfehlern	48
3.4	Maßnahmen zur Fehlerreduzierung	49
3.5	Fehlerprävention und -detektion mit konventionellen informationstechnischen Hilfsmitteln	51
3.5.1	Belegkommissionierung	51
3.5.2	Beleglose Kommissioniertechnologien	53
3.5.3	Barcodescanner	54
3.5.4	Wägetechnik	55
3.5.5	Sensoren zur Überprüfung des Greifvorgangs	55
<b>4</b>	<b>Informationstechnische Unterstützung auf Basis von Pick-by-Vision</b>	<b>57</b>
4.1	Beitrag bisheriger Pick-by-Vision-Systeme zur Fehlervermeidung und -erkennung	57
4.1.1	Informationsbereitstellung	57
4.1.2	Quittierung	59
4.1.3	Kontrolle	59
4.2	Subsysteme aus funktionaler Sicht	60
4.3	Abhängigkeiten zwischen informatorischen Vorgängen	62
4.4	Anforderungen	65
<b>5</b>	<b>Lösungsraum und Vorgehensweise für die Auswahl von Prüfmechanismen</b>	<b>71</b>
5.1	Lösungsraum möglicher Prüfmechanismen	71
5.1.1	Lösungssuche und Strukturierung des Lösungsraums	71
5.1.2	Prüfplanung und Prüfdimensionen	72
5.1.3	Prüfinstanz	75
5.1.4	Prüfzeitpunkt	80
5.1.5	Prüfmerkmal	82

5.1.6	Prüfmittel/Prüfmethode	88
5.1.6.1	Sensorische und kognitive Fähigkeiten des Menschen	89
5.1.6.2	Identifikationstechnologien	91
5.1.6.3	Lasermesstechnik	102
5.1.6.4	Trackingtechnologien	105
5.1.7	Prüfumfang	115
5.1.8	Prüfort	115
5.2	Einflussfaktoren auf die Auswahl von Prüfmechanismen	117
5.3	Vorgehensweise zur Auswahl von Prüfmechanismen	120
<b>6</b>	<b>Systemdesign eines erweiterten Pick-by-Vision-Systems</b>	<b>123</b>
6.1	Exemplarisch ausgewähltes Einsatzszenario	123
6.2	Auswahl von Prüfmechanismen	125
6.2.1	Identifikation von fehleranfälligen Prozessschritten	125
6.2.2	Überprüfung auf Fehlhandlungen und Fehler resultierend aus dem Entnahmevorgang	125
6.2.3	Überprüfung auf Fehlhandlungen während der Fortbewegung zum Entnahmeort	130
6.3	Integration der Prüfmechanismen in Pick-by-Vision	131
6.3.1	Interaktionskonzept	131
6.3.2	Detaillkonzept für die Realisierung der Prüfmechanismen und der Fehlerbehandlung	135
6.3.3	Systemaufbau	142
6.4	Prototypische Umsetzung und Funktionstest	146
6.4.1	Spezifikation des Funktionsmusters	146
6.4.2	Ergebnisse des Funktionstests	149
<b>7</b>	<b>Evaluierung im Rahmen einer Probandenstudie</b>	<b>151</b>
7.1	Untersuchungsart	151
7.2	Versuchsvariablen	153
7.2.1	Untersuchungsaspekte	153
7.2.2	Kommissioniertechnologien	154
7.3	Versuchsaufbau und -durchführung	155
7.3.1	Lagerumgebung	155
7.3.2	Versuchsablauf	157
7.3.3	Auftragsstruktur	160
7.4	Versuchshypothesen und Erhebungsmethodik	161

7.4.1	Logistische Kennzahlen	161
7.4.2	Subjektive Beurteilung	163
7.5	Ergebnisse der Laboruntersuchung	173
7.5.1	Auswertung	173
7.5.2	Probandenstruktur	174
7.5.3	Kommissionierfehler	175
7.5.4	Kommissionierzeit	177
7.5.5	Subjektive Beurteilung des Gesamtsystems	180
7.5.6	Subjektive Beurteilung der Hardware	184
7.6	Vergleich mit einem bisherigen Pick-by-Vision-System	186
7.7	Fazit Evaluierung	188
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>191</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>195</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>209</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>213</b>
	<b>Anhang A Kommissionierliste der Laboruntersuchung</b>	<b>A-1</b>
	<b>Anhang B Fragebogen der Laboruntersuchung</b>	<b>B-1</b>