

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Ausgangssituation	9
1.2	Motivation und Problemstellung	10
1.3	Zielsetzung und Vorgehensweise	10
2	Materialflusssteuerung im Internet der Dinge	13
2.1	Stand der Automatisierung von Materialflusssystemen	13
2.1.1	Eingrenzung des Anwendungsbereiches	13
2.1.2	Architekturen der Materialflusssteuerung	15
2.1.3	Ausprägungen der Hardwarekomponenten	17
2.2	Das Internet der Dinge	19
2.2.1	RFID-Systeme	19
2.2.2	Evolution funkgestützter Identifikationstechnologien	22
2.2.3	Phänomenologie in der Wissenschaft	24
2.3	Evolution der Materialflusssteuerung	25
2.3.1	Bewertung der RFID-Technologie	25
2.3.2	Technische Varianten	28
2.3.3	Wissenschaftliche Fragestellungen	30
3	Planung der Steuerung von Fördersystemen	33
3.1	Gepäckumschlag an Flughäfen	33
3.1.1	Verkehrsaufkommen in der Personenluftfahrt	33
3.1.2	Flughafeneinrichtungen	36
3.1.3	Aufbau von Gepäckfördersystemen	38
3.2	Methoden der Materialflussplanung	41
3.2.1	Ablauf der Planung	41
3.2.2	Flussberechnung in Graphen	44
3.2.3	Elemente der Bedientheorie	45
3.3	Ausprägung und Effekte einer Dezentralisierung	48
3.3.1	Funktionale Anforderungen der Materialflusssteuerung	48
3.3.2	Agentensysteme	49
3.3.3	Komplexität der Steuerung	52
4	Simulation von Materialflusssystemen	55
4.1	Methodische Grundlagen	55
4.1.1	Einordnung und Begriffe	56
4.1.2	Anwendungsphasen	59
4.1.3	Visualisierung	61

4.2	Agentenorientierte Simulationsmodelle	65
4.2.1	Anwendungsdomänen	65
4.2.2	Klassifikation agentenorientierter Modelle	67
4.2.3	Verteilte Algorithmen	69
4.3	Hybrider zellulärer Automat	72
4.3.1	Zustandsmaschinen	72
4.3.2	Aufbau zellulärer Automaten	74
4.3.3	Modellierung von Materialflusssystemen	75
5	Ortsdiskrete Modellierung und Simulation	79
5.1	Gegenüberstellung mit ereignisdiskreten Systemen	79
5.1.1	Systemtheoretischer Hintergrund	79
5.1.2	Architektur ereignisdiskreter Simulatoren	81
5.1.3	Vergleich der Ablaufsteuerungen	84
5.2	Ortsdiskrete Transformation von Abfertigungsstrategien	87
5.2.1	Simulative Untersuchung der ortsdiskreten Abfertigung	87
5.2.2	Abweichungen zwischen zeit- und ereignisdiskretem Modell	88
5.2.3	Bestimmung der Kompetitivität	90
5.3	Modellbasierte Analyse des Laufzeitverhaltens	92
5.3.1	Analytisches Modell	92
5.3.2	Empirisches Modell	95
5.3.3	Modellsynthese und Skalierung	97
6	Evaluierung der Anwendbarkeit	101
6.1	Abbildungsgenauigkeit in der Simulation	101
6.1.1	Dimensionen der Abbildung	101
6.1.2	Einflussgrößen auf Abweichungen	102
6.1.3	Metriken zur Quantifizierung	103
6.2	Modellierung am Beispiel	107
6.2.1	Vorbild und Modell	107
6.2.2	Angaben zum Modellausschnitt	110
6.2.3	Simulationsumgebung	112
6.3	Experimentelle Prüfung der Anwendbarkeit	114
6.3.1	Bewertung der Abbildungsgenauigkeit	114
6.3.2	Validierung des Laufzeitmodells	118
6.3.3	Weiterführende Betrachtungen	120
7	Zusammenfassung und Ausblick	123
7.1	Ergebnisse der Arbeit	123
7.1.1	Agentenbasierte Materialflusssimulation	123
7.1.2	Laufzeitkomplexität	124
7.1.3	Dezentrale Steuerungslogik	124
7.2	Modellerweiterungen	124
7.2.1	Integration technologischer und physikalischer Merkmale	124
7.2.2	Technologiebewertung	125

Verwendete Formelzeichen	126
Abkürzungsverzeichnis	129
Glossar	132
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	135
Literaturverzeichnis	137
Anhang	I
A1 Personenverkehr in Deutschland	I
A2 Zeitdiskretisierung einer Abfertigung – Ergebnisse	II
A3 Messwerte	III
A4 Wahrheitstabelle und Minimierung	IV