

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	8
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Formelzeichen	9
1 Einleitung	13
1.1 Problemstellung.....	13
1.2 Notwendigkeit der statistischen Auswertung von Simulationsdaten ...	14
1.3 Auswahl geeigneter statistischer Verfahren	15
1.4 Abgrenzung der Problematik.....	17
1.5 Ziel und Aufbau der Arbeit.....	18
2 Stand der Technik	22
2.1 Analyse des Stands der Technik.....	22
2.2 Begriffsbestimmungen.....	22
2.3 Produktionssimulation, Digitale Fabrik und Digitale Produktion	24
2.4 Simulationstechnik im industriellen Einsatz.....	26
2.5 Statistische Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.....	27
2.6 Ziele und Aufgaben der statistische Auswertung	28
2.6.1 Bestimmung der Stationarität.....	30
2.6.2 Autokorrelation und Unabhängigkeit der Stichproben.....	31
2.6.3 Schätzen von Kennzahlen mit Güteindikator	31
2.6.4 Vergleich von Systemalternativen.....	31
2.7 Stand der Forschung	32
2.7.1 Verfahren für Teilaufgaben	32
2.7.2 Auswertungsmethodiken.....	36
2.7.3 Rechnerunterstützte Auswertungswerkzeuge.....	43
2.8 Statistische Auswertung bei kommerziellen Werkzeugen	46
2.8.1 Simulationssysteme	48
2.8.2 Statistikwerkzeuge	51
2.9 Stand der Praxis	53
2.10 Ableitung des Anforderungsprofils	55
2.10.1 Robustheit	55
2.10.2 Plausibilität	56
2.10.3 Integration	56
2.10.4 Anforderungsprofil.....	57

2.11	Zusammenfassung der Bewertung des Stands der Technik.....	57
3	Konzeption des integrierten Verfahrens	60
3.1	Integriertes Vorgehensmodell	60
3.2	Trennung von Modell und Experimentierumgebung	61
3.3	Einbindung in die Simulationsmethodik.....	62
3.3.1	Modellierung der Eingangsgrößen	64
3.3.2	Verifikation eines Modells	64
3.3.3	Validierung der Simulation	64
3.3.4	Versuchsplanung	65
3.3.5	Optimierung.....	65
3.4	Einbindung des Anwenders.....	65
3.4.1	Visualisierung	66
3.4.2	Entscheidungskompetenz	66
3.4.3	Sensitivitätsanalyse.....	66
3.5	Konzeption des integrierten Auswertungsprozesses mit Teilaufgaben	67
3.5.1	Schätzung der Leistungskennzahl eines Modells mit Qualitätsangabe.....	67
3.5.2	Vergleich von Systemalternativen.....	71
3.6	Auswahl und Integration der Verfahren.....	75
3.6.1	Robustheit	75
3.6.2	Einfachheit und Plausibilität	76
3.6.3	Vorgehensweise zur Auswahl und Integration der Verfahren	77
3.6.4	Monte-Carlo-Verfahren	77
3.6.5	Die Monte-Carlo-Studien zur Evaluation der Verfahren.....	78
3.7	Konzept des Auswertungsprozesses	80
3.8	Sonstige Aufgaben bei der Auswertung	82
4	Vorgehensweise zur Auswertung eines Modells.....	84
4.1	Zielsetzung und Rahmenbedingungen.....	84
4.2	Bestimmung der stationären Phase	84
4.3	Eliminierung der Autokorrelation der Stichproben mit Batch Means	86
4.4	Schätzung einer Kennzahl und Bewertung der Ergebnisqualität	88
4.4.1	Lageparameter der Verteilung	89
4.4.2	Anzahl und Verteilung der Stichproben.....	89

4.4.3	Beurteilung und Klassifizierung der Verteilungsform	90
4.4.4	Geringe Abweichung von der Normalverteilung:.....	96
4.4.5	Symmetrische Abweichungen von der Normalverteilung.....	96
4.4.6	Schiefe Abweichungen von der Normalverteilung	97
4.5	Integration der Vorgehensweise zur Auswertung eines Modells.....	99
4.6	Zusammenfassung	102
5	Vorgehensweise zum Vergleich von mehreren Simulationsmodellen.....	103
5.1	Zielsetzung und Rahmenbedingungen.....	103
5.2	Auswahl der geeigneten Verfahren der Mehrfachen Mittelwertvergleiche	104
5.2.1	Anzahl der Stichproben	104
5.2.2	Varianzunterschiede	105
5.2.3	Abweichung von der Normalverteilung	106
5.3	Empfohlene Verfahren der Multiplen Mittelwertvergleiche	107
5.3.1	Vereinfachte Darstellung und Auswahl	110
5.3.2	Sensitivitätsanalyse und weitere Beobachtungen	111
5.4	Integration der Vorgehensweise zum Vergleich mehrerer Simulationsmodelle.....	111
5.5	Zusammenfassung	114
6	Anwendung des integrierten Verfahrens	115
6.1	Anwendung des integrierten Verfahrens im industriellen Umfeld.....	115
6.2	Beschreibung der Anwendungsszenarien	115
6.3	Simulations- und Auswertungsumgebung	116
6.4	Simulation einer Produktion für Fertigbauteile	117
6.4.1	Aufgabenstellung	117
6.4.2	Beschreibung der Anwendung des integrierten Verfahrens.....	118
6.4.3	Bewertung	123
6.5	Simulation einer Schuhproduktion.....	124
6.5.1	Aufgabenstellung	124
6.5.2	Beschreibung der Anwendung des integrierten Verfahrens.....	125
6.5.3	Bewertung	129
6.6	Zusammenfassung	129
7	Evaluation und Diskussion des integrierten Verfahrens	131

7.1	Evaluation.....	131
7.1.1	Robustheit	131
7.1.2	Plausibilität	131
7.1.3	Integration	132
7.1.4	Allgemeine Anforderungen.....	132
7.1.5	Zusammenfassung der Evaluation.....	132
7.2	Diskussion	133
7.2.1	Aufwand	133
7.2.2	Effizienz versus Plausibilität und Robustheit.....	134
7.2.3	Anwendungsbereich und Übertragbarkeit.....	134
7.2.4	Erweiterbarkeit	135
8	Ausblick.....	137
9	Zusammenfassung	139
10	Abstract	141
11	Literaturverzeichnis	143
12	Anhang.....	155
12.1	Methoden.....	155
12.2	Simulationsergebnisse	165