

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Handlungsbedarf.....	2
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	4
1.3 Einordnung der Arbeit	5
2 Stand der Forschung und Technik	7
2.1 Robust Design	7
2.1.1 Robust Design in der Produktentwicklung	8
2.1.2 Robust Design Optimierung.....	10
2.1.3 Robust Design für Mechanismen	12
2.1.4 Ishikawa-Diagramm	14
2.1.5 Klassifizierung von Unsicherheiten.....	15
2.2 Toleranzmanagement.....	16
2.2.1 Statistische Grundlagen	18
2.2.2 Rechnerinterne Erzeugung von Zufallszahlen	20
2.2.3 Toleranzspezifikation	21
2.2.4 Toleranzanalyse	23
2.2.5 Toleranzrepräsentation	27
2.2.6 Beitragsleisteranalyse	29
2.2.7 Einbindung fertigungsspezifischer Abweichungsinformationen	33
2.2.8 Metamodellierung	34
2.3 Validierung und Verifikation	35
2.3.1 Vorgehen bei der Validierung.....	36
2.3.2 Ähnlichkeitskennzahlen.....	39
2.3.3 Validierung im Kontext des Robust Design.....	42
2.3.4 Messtechnische Grundlagen	44
3 Ableitung des Handlungsbedarfs	47
3.1 Fazit zum Stand der Forschung	47
3.2 Handlungsbedarf aus industrieller Sicht	48
3.3 Handlungsbedarf für den Einsatz und die Validierung virtueller Absicherungsmethoden für Mechanismen im Kontext des Robust Design	54

4	Einsatz und Validierung virtueller Absicherungsmethoden für Mechanismen	57
4.1	Einflussanalyse	59
4.2	Nennmaßoptimierung für abweichungsbehaftete Mechanismen	61
4.2.1	Formulierung des Optimierungsproblems	61
4.2.2	Auswahl und Anwendung eines Optimierungsalgorithmus.....	63
4.2.3	Auswertung der Ergebnisse.....	66
4.3	Durchführung der Toleranzanalysen	67
4.3.1	Eingangsgrößen der Toleranzanalyse	68
4.3.2	Hybride Toleranzrepräsentation	70
4.3.3	Ergebnisinterpretation und Handlungsmöglichkeiten....	71
4.4	Validierung von Toleranzanalysen für Mechanismen	73
4.4.1	Entwicklung eines Validierungsprüfstands	75
4.4.2	Vorgehen bei der Validierung.....	77
4.4.3	Aufbereitung der Primärdaten.....	79
4.4.4	Auswahl und Bestimmung einer geeigneten Ähnlichkeitskennzahl zur Quantifizierung der Vorhersagegüte	81
4.4.5	Anpassung des ToleranzanalysemODELLS.....	83
4.5	Einbindung spezifischer Abweichungsinformationen.....	84
4.6	Beitragsleisteranalyse	88
4.7	Zielabgleich und weitere Schritte	89
5	Praktische Umsetzung des Vorgehens	91
5.1	Einflussanalyse	92
5.2	Nennmaßoptimierung der Röntgenblendekinematik	94
5.2.1	Formulierung des Optimierungsproblems	94
5.2.2	Anwendung eines Optimierungsalgorithmus und Ergebnisinterpretation	97
5.3	ToleranzanalysemODELLe der Röntgenblendekinematik	99
5.3.1	Hybrides ToleranzanalysemODELL	100
5.3.2	Hybrides ToleranzanalysemODELL mit Lochspiel	102
5.3.3	ToleranzanalysemODELL auf Basis von Skin Model Shapes	102

5.4	Validierung der Toleranzanalyse	105
5.4.1	Beschreibung des Prüfstands	105
5.4.2	Bestimmung der Messunsicherheit des Prüfstands	107
5.4.3	Ergebnisse und Interpretation der Prüfstanduntersuchungen	108
5.4.4	Vergleich der Ergebnisse und Bestimmung der Ähnlichkeitskennzahlen	111
5.4.5	Gegenüberstellung der Ähnlichkeitskennzahlen und Bewertung der Toleranzanalysemodelle	114
5.5	Abgleich mit den geforderten Qualitätszielen und potentielle Maßnahmen zur Zielerreichung	115
5.6	Diskussion der Ergebnisse und des Vorgehens	119
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	123
7	Summary and outlook.....	127
8	Anhang.....	131
8.1	Messwerte und Kombinationen der Hebel	131
8.2	Standardunsicherheit der Wiederholversuche	136
8.3	Ähnlichkeitskennzahlen und deren Korrelationen	137
8.3.1	Ähnlichkeitskennzahlen für unterschiedliche Simulationen	137
8.3.2	Korrelationen der Ähnlichkeitskennzahlen	143
8.4	Eingesetzte Hard- und Software	146
8.5	Ausgewählte Prüfstandskomponenten	147
	Literaturverzeichnis	149