

Inhalt

1. Einleitung	1
1.1 Motivation der Arbeit	1
1.2 Aufbau der Arbeit	1
1.3 Virtuelle Messdatenanalyse	3
1.3.1 Einleitung	4
1.3.2 Grundlagen der VMDA	4
1.3.3 Erzeugung, Speicherung und Nutzung der Messdaten	7
1.3.4 Reporting	8
1.4 Ziele der Arbeit	10
2. Grundlagen	13
2.1 Toleranzanalyse.....	13
2.1.1 Einleitung	13
2.1.2 Worst-case Toleranzanalyse	14
2.1.3 Statistische Toleranzanalyse.....	15
2.1.4 3D-Toleranzanalyse	16
2.2 Toleranzanalyse mit 3DCS	18
2.2.1 3DCS Variation Analyst.....	18
2.2.2 Sensitivitätsanalyse in 3DCS	20
2.2.3 3DCS Compliant Modeler.....	22
2.3 Messungen	24
2.4 Ausreißertest	25
2.4.1 Box-Plot Methode.....	27
2.4.2 Ausreißerererkennung nach Peirce	27
2.4.3 Maximum-Methode	28
2.4.4 Grubbs-Test – ein Ausreißer	29
2.4.5 Ausreißertest nach Dixon	29
2.4.6 David-Hartley-Pearson-Test.....	30
2.4.7 Ausreißertest nach Nalimov	31
2.4.8 Grubbs-Ausreißertest – zwei Ausreißer.....	31
2.4.9 Hampel-Test.....	32
2.4.10 Parameterfreier Ausreißertest nach Walsh.....	33
2.5 Statistische Prozesskontrolle	34
2.5.1 Prozessanalyse.....	34
2.5.2 Designphase	42
2.5.3 Kontrollphase	46

3. Entwicklung eines Leitfadens zum Aufbau eines VMDA-Projekts ...	47
3.1 Aufbau und Pflege des Simulationsmodells	47
3.1.1 Prüfmerkmalplan	47
3.1.2 Montage- und Einstellkonzept	49
3.1.3 Fugenplan	50
3.1.4 Messungen	50
3.1.5 Modellierung	52
3.1.6 Änderungsmanagement im Serienbetrieb	55
3.2 Verknüpfung von Simulationsmodell und VMDA-Reporter	57
3.2.1 Ausgangsdaten des Simulationsmodells	59
3.2.2 Deviation-Dateien	60
3.2.3 Init-Datei	61
3.2.4 Revital-Datei	62
3.2.5 PEGASUS-Datei	63
3.3 Funktionen des VMDA-Reporters	63
3.3.1 Bauteilerkennung	63
3.3.2 Differenzierung von Fertigungslinien	64
3.4 Fazit Leitfaden	65
4. Validierung der VMDA	67
4.1 Voraussetzungen und Anforderungen	67
4.2 Konzeptentwicklung	72
4.2.1 Auswahl des Messmittels	72
4.2.2 Vorgehensweise	73
4.2.3 Bewertung der Ergebnisse	76
4.3 Validierung des Heckends	81
4.3.1 Merkmale	81
4.3.2 Subjektive Bewertung	82
4.4 Validierung der Türen	83
4.4.1 Merkmale	83
4.4.2 Subjektive Bewertung	84
4.5 Validierung des Frontends	85
4.5.1 Merkmale	85
4.5.2 Subjektive Bewertung	86
4.6 Fazit Validierung	87
5. Messungen als Eingangsdaten	89
5.1 Qualität der Messungen	89
5.1.1 Ausrichtung der Bauteile bei Bauteilmessungen	89
5.1.2 Zählpunkt zur Durchführung der Bauteilmessungen	91

5.2 Anzahl der Messungen für eine Simulation	93
5.2.1 Ideale Simulationsbedingungen	94
5.2.2 Reale Bedingungen.....	95
5.3 Stellmaßnahmen am ZP5	115
5.4 Fazit Messungen als Eingangsdaten	118
6. Das Simulationsmodell	121
6.1 Compliant Modeler.....	121
6.1.1 Stirnwand	122
6.1.2 SBBR-Aufnahmeblech	128
6.1.3 Simulation des Kotflügels	132
6.1.4 Durchführen von Stellmaßnahmen an nachgiebigen Bauteilen	136
6.1.5 Fazit Compliant Modeler	143
6.2 Plausibilitätscheck für Simulationsmodelle.....	145
6.3 Betrachtung von Nichtlinearitäten	150
6.3.1 Nichtlinearitäten bei trigonometrischen Zusammenhängen ...	151
6.3.2 Nichtlinearitäten bei der Simulation von Komfortgrößen.....	154
6.3.3 Nichtlinearitäten durch die Änderung des Montagekonzeptes	157
6.3.4 Warnmaße	159
6.4 Fazit Plausibilitätscheck und Nichtlinearitäten.....	162
7. Objektives Fehlerfrüherkennungssystem im VMDA-Reporter	165
7.1 Ausgangslage	165
7.2 Konzept.....	166
7.3 Ermittlung der Eingriffsgrenzen	170
8. Weitere Einsatzmöglichkeit der VMDA	173
9. Zusammenfassung und Ausblick.....	175
10. Literatur	179
11. Anhang	185