

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation und Problemstellung	1
1.2	Stand der Wissenschaft	3
1.2.1	Analysen des realen Unfallgeschehens	4
1.2.2	Robustheit in der Entwicklung technischer Systeme	9
1.2.3	Zusammenfassung der Literaturrecherche	16
1.3	Zielsetzung und Vorgehensweise	18
2	Theoretische Grundlagen	23
2.1	Robustheit in Wissenschaft und Praxis	23
2.1.1	Begriffsdefinitionen	23
2.1.2	Robustheitsmethoden	28
2.1.3	Robustheit in Abgrenzung zu Resilienz und Zuverlässigkeit	32
2.2	Verkehrsunfallforschung	34
2.2.1	Wissenschaftliche Unfalldatenerhebung	36
2.2.2	Aspekte der Unfalldatenanalyse	38
2.3	Aspekte der nichtlinearen Finite-Elemente-Methode	41
2.3.1	Geometrische Nichtlinearitäten	42
2.3.2	Nichtlineares Materialverhalten	42
2.3.3	Kontakt	44
2.4	Stochastische Struktursimulation	45
2.4.1	Wahrscheinlichkeitsverteilungen	45
2.4.2	Stochastische Stichprobenverfahren	50
2.4.3	Statistische Auswertung von Stichproben	54
2.4.4	Korrelation und Approximation	58
3	Neuer Ansatz zur Bewertung der Robustheit crashbelasteter Fahrzeugstrukturen	63
3.1	Holistische Robustheitsbetrachtung durch Erweiterung der berücksichtigten Eingangsstreuungen	63
3.1.1	Robustheit der Anforderungen der Fahrzeugsicherheit in Bezug auf das reale Unfallgeschehen	65

3.1.2	Robustheit crashbelasteter Fahrzeugstrukturen in Bezug auf die Anforderungen der Fahrzeugsicherheit	70
3.2	Einführung eines neuen Robustheitsindexes	72
3.2.1	Bewertung der Zielerreichung	73
3.2.2	Bewertung der Ergebnisstreuung um den Mittelwert.....	74
3.2.3	Bewertung der Variationsbreite.....	76
3.2.4	Bewertung der Entfernung nichtzulässiger Einzelergebnisse vom Auslegungsgrenzwert.....	77
3.2.5	Eigenschaften des Robustheitsindexes.....	78
4	Felddatenbasierte Robustheitsanalyse der Anforderungen der Fahrzeugsicherheit	82
4.1	Unfalldatenanalyse schräger Frontalkollisionen	84
4.1.1	Aufbereitung des Analysedatensatzes	85
4.1.2	Variablenerweiterung zur generischen Beschreibung der Deformation.....	88
4.1.3	Technische Auswertung durch deskriptive Statistik.....	90
4.2	Verletzungsrisikofunktionen schräger Frontalkollisionen	97
4.2.1	Allgemeine Herleitung des Verletzungsrisikos.....	98
4.2.2	Verletzungsrisiko unter Berücksichtigung ausgewählter Kontrollvariablen	109
4.2.3	Einordnung gegenüber dem Verletzungsrisiko in Frontalkollisionen im Allgemeinen	114
5	Virtuelle Robustheitsanalyse crashbelasteter Fahrzeugstrukturen .	117
5.1	Abbildung von Eingangsstreuungen	117
5.1.1	Eingangsparameter aus den Bereichen Fahrzeug und Versuch.....	118
5.1.2	Überprüfung der Annahme normalverteilter Eingangsparameter	122
5.2	Anwendung der Robustheitskennzahl auf crashbelastete Strukturen.....	129
5.2.1	Axial belasteter Längsträger	129
5.2.2	T-Stoß unter Impaktbelastung.....	144
5.3	Untersuchung des Einflusses von Streuparametern auf die Ergebnisse virtueller Robustheitsanalysen	152
5.3.1	Vorderwagenmodell	153

5.3.2	Ergebnisse.....	158
6	Integration von Robustheitsanalysen in den automobilen Produktentstehungsprozess	163
6.1	Anforderungen des automobilen Produktentstehungsprozesses.....	163
6.2	Robustheitsbewertungen in der Vorentwicklung und Serienentwicklung.....	164
6.2.1	Felddatenbasierte Robustheitsanalyse.....	164
6.2.2	Virtuelle Robustheitsanalyse	166
7	Resümee.....	173
7.1	Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse	173
7.2	Implikationen für Wissenschaft und Praxis	174
7.3	Kritische Reflexion der Ergebnisse.....	176
7.4	Ansätze für zukünftige Forschung	178
8	Literaturverzeichnis.....	181
9	Notation	215
10	Anhang	223
10.1	Ergänzungen zur felddatenbasierten Robustheitsanalyse ..	223
10.2	Ergänzungen zur virtuellen Robustheitsanalyse	242