
Emrah Yigit

Reaktives FE-Menschmodell im Insassenschutz

Simulation der Insassenkinematik
in der Pre-Crash-Phase

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XV
Tabellenverzeichnis	XVII
Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	XIX
1 Einleitung	1
1.1 Unfallstatistik	1
1.2 Integrale Fahrzeugsicherheit	1
1.3 Virtuelle Menschmodelle in der Fahrzeugsicherheit.....	2
1.4 Abbildbarkeit der Insassenkinematik	3
1.5 Zielsetzung der Arbeit	5
2 Grundlagen	7
2.1 Diskretisierungsverfahren	7
2.1.1 Finite-Differenzen- Methode.....	7
2.1.2 Finite-Elemente-Methode.....	8
2.2 Muskelphysiologie	10
2.2.1 Aufbau der Muskelfaser	11
2.2.2 Muskelkontraktion.....	12
2.2.3 Kontraktionsarten	12
2.3 Muskelcharakteristik	13
2.4 Motorische Steuerung.....	14
2.5 Muskelaktivitätsmessungen.....	15
2.6 Numerische Ersatzmodelle des Muskels.....	16
2.7 Hillsche Gleichung	16
2.8 Equilibrium Point-Hypothese.....	17
2.8.1 Funktion.....	17
2.8.2 Mathematische Betrachtung der EPH	18
3 Stand der Technik	21
3.1 Aktive Menschmodelle.....	21
3.2 Gesteuerte Muskelaktivierung.....	21
3.3 Optimierungsstrategien	22
3.4 Geregelte Muskelaktivierung	23
3.4.1 Aktor.....	23
3.4.2 Linienelemente (Hill-type).....	24

4 Methode zur geregelten Muskelaktivierung	27
4.1 Hill-type-Modell.....	27
4.2 λ -Regelung	30
5 Parametrierung der λ-Regelung für aktive FE-Muskelmodelle	33
5.1 Armmodell.....	33
5.2 Lastfall.....	34
5.2.1 Variation des Regelparameters κl	34
5.2.2 Variation des Regelparameters δl	36
5.2.3 Variation des Regelparameters σl	39
5.3 Zusammenfassung	41
6 Untersuchung der Armkinematik	43
6.1 Versuchsaufbau zur Untersuchung der Armkinematik	43
6.1.1 Auswertung der Versuchsdaten	45
6.1.2 Betrachtung der Versuchsergebnisse.....	46
6.1.3 Vorgehensweise bei der Verwendung der Versuchsdaten	47
6.2 Modellaufbau zur Untersuchung der Armkinematik	50
6.2.1 Lastfalldefinitionen Arm-Modell	52
6.2.2 Muskelparameter	52
6.2.3 Vergleich des Armmodells mit/ohne Regelung	52
6.2.4 Einfluss der Masse auf das Reglerverhalten.....	54
6.3 Reglererweiterung für geplante Bewegungen	55
6.4 Vergleich zwischen Simulation und Versuch der Armkinematik	59
6.4.1 Betrachtung der Aktivierungslevel.....	59
6.4.2 Probandenvergleich	61
6.4.3 Zusammenfassung	65
7 Untersuchung der Insassenkinematik bei Pre-Crash-Manövern	67
7.1 Studien zur experimentellen Untersuchung der Insassenkinematik.....	67
7.1.1 Frontal-Lastfälle	67
7.1.2 Lateral-Lastfälle	69
7.2 Pre-Crash-Fahrversuche im Rahmen des OM4IS-Projektes.....	69
7.3 Experimentelle Untersuchung der Muskelaktivität bei Notbremsmanöver	72

8 Modellerweiterung des THUMS	75
8.1 Anpassung der Materialeigenschaften des THUMS	77
8.2 Erweiterung des THUMS durch aktivierbare Muskelemente	78
8.3 Untersuchung der Insassenkinematik verschiedener Insassenmodelle	79
8.4 Zusammenfassung	83
9 THUMS-Kinematik bei vorgegebenen Muskelaktivierungen	85
9.1 Aktivierung mittels konstantem Muskelaktivierungslevel	85
9.2 Aktivierung mittels nichtlinearer Muskelaktivierungsfunktion	87
9.3 Zusammenfassung	89
10 Pre-Crash-Insassensimulation mit reaktivem THUMS	91
10.1 Validierung der Insassenkinematik beim Notbremslastfall	92
10.1.1 Ergebnisse Lastfall ,12 km/h mit Beckengurt‘	93
10.1.2 Ergebnisse Lastfall ,50 km/h mit Dreipunktgurt‘	97
10.2 Zusammenfassung	102
11 Untersuchung der Insassenvorverlagerung infolge einer RGS-Straffung	103
11.1 Simulation der Notbremsung aus 80 km/h in Fahrzeugumgebung	104
11.2 Ergebnisse der Insassenvorverlagerung infolge der RGS-Straffung	104
11.3 Zusammenfassung	108
12 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick	109
Literaturverzeichnis	113
Anhang	123