

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einführung | 11 |
| 1.1 | Aufbau der Arbeit | 13 |
| 1.2 | Stand der Technik | 15 |
| 1.2.1 | Aktive und semi-aktive Fahrwerke | 15 |
| 1.2.2 | Regelungskonzepte ohne Vorausschau | 19 |
| 1.2.3 | Regelungskonzepte mit Vorausschau | 22 |
| 1.2.4 | Sensoren und Algorithmen zur Ermittlung des Straßenhöhenprofils | 30 |
| 2 | Modellbildung | 35 |
| 2.1 | Dynamisches Modell der Fahrzeugvertikaldynamik | 35 |
| 2.1.1 | Herleitung der Bewegungsgleichungen | 36 |
| 2.1.2 | Modellreduktion | 40 |
| 2.1.3 | Modelllinearisierung | 41 |
| 2.1.4 | Kompensation der nichtlinearen Dampferkennlinie | 43 |
| 2.1.5 | Berücksichtigung der Aktordynamik | 44 |
| 2.2 | Experimentelle Modellvalidierung | 44 |
| 2.2.1 | Referenzierung auf höhenprofilvermessenen Strecken | 45 |
| 2.2.2 | Vergleich von Fahrzeugmessungen mit Simulationsergebnissen | 46 |
| 3 | Regelungsentwurf | 51 |
| 3.1 | Modellprädiktiver Optimierungsalgorithmus für die Stellsignale | 51 |
| 3.1.1 | Formulierung des Optimierungsproblems | 52 |
| 3.1.2 | Berücksichtigung der Aktorbeschränkungen | 53 |
| 3.1.3 | Erweiterung auf nicht-äquidistante Schritte | 57 |
| 3.2 | Modellprädiktiver Optimierungsalgorithmus für Referenztrajektorien des Aufbaus | 58 |
| 3.2.1 | Nicht-äquidistante B-Splines | 59 |
| 3.2.2 | Aufstellen des Gütemaßes | 59 |
| 3.2.3 | Quadratisches Programm mit Beschränkungen | 61 |
| 3.3 | Störgrößenkompensation mit einem inversen Modell | 63 |
| 3.4 | Gesamtkonzept der Regelung | 64 |
| 4 | Erstellung und Aufbereitung des Straßenhöhenprofils | 67 |
| 4.1 | Definition des gewünschten Straßenhöhenprofils | 67 |
| 4.2 | Konzepte zur Erstellung des Straßenhöhenprofils | 68 |
| 4.2.1 | Höhenprofil durch Transformation der älteren Sensordaten in die jeweils aktuellen Sensormessweite | 68 |
| 4.2.2 | Höhenprofil im inertialen Koordinatensystem | 71 |
| 4.3 | Simulation zur Erstellung des Straßenhöhenprofils | 72 |
| 4.4 | Algorithmen zur Akkumulation der Höhenprofildaten | 76 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4 5 | Transformation der Sensordaten | 80 |
| 4 5 1 | Transformation durch <i>Matching</i> der Sensordaten | 81 |
| 4 5 2 | Prädiktor-Korrektor Verfahren zur Ermittlung der Transformation der Sensordaten | 83 |
| 4 6 | Methoden zur Filterung des Straßensignals | 86 |
| 4 6 1 | Kontinuierliche Filterung | 86 |
| 4 6 2 | Erkennung definierter Unebenheiten | 90 |
| 4 7 | Gesamtkonzept Höhenprofilschätzung und Regelung | 94 |
| 5 | Ergebnisse der Simulationsuntersuchungen | 97 |
| 5 1 | Aufbau der Simulation | 97 |
| 5 2 | Simulation mit gegebenem Höhenprofil | 97 |
| 5 2 1 | Reglermodell entspricht Streckenmodell | 98 |
| 5 2 2 | Simulation mit nichtlinearem Simulationsmodell | 103 |
| 5 3 | Gesamtsimulation der Einstellung des Höhenprofils und der Fahrwerksansteuerung | 115 |
| 6 | Ergebnisse der Fahrzeugimplementierung | 121 |
| 6 1 | Fahrzeugimplementierung mit GPS-basiertem Höhenprofil | 121 |
| 6 2 | Fahrzeugimplementierung mit Umfellsensordaten | 127 |
| 6 3 | Entwurf eines Beobachters des Straßenhöhenprofils | 131 |
| 7 | Schlussfolgerung und Zusammenfassung | 137 |
| 7 1 | Bewertung der entwickelten Konzepte und Empfehlung | 137 |
| 7 2 | Zusammenfassung | 139 |
| A | Erweitertes Gütemaß für optimalen vorausschauenden Regler | 141 |
| B | Berechnung der Matrizen zur Prädiktion der Systemzustände | 143 |
| C | Herleitung der B-Spline Darstellung in Matrix Form | 145 |
| D | Berechnung der Fouriertransformation | 147 |
| | Abbildungsverzeichnis | 149 |
| | Abkürzungsverzeichnis | 153 |
| | Literaturverzeichnis | 161 |