

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	XV
Häufige Indizes	XVII
Abkürzungen	XIX
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Zielstellung	1
1.2 Aufbau der Arbeit	3
2 Grundlagen und Stand der Technik	5
2.1 Lkw-Platooning	5
2.1.1 Vorteile und Herausforderungen	5
2.1.2 Technische Umsetzung	8
2.1.3 Luftwiderstandsbeiwertreduktion und Kraftstoff einsparung	10
2.2 Modellprädiktive Regelung	14
2.2.1 Grundsätzliche Funktionsweise und Vorteile	14
2.2.2 Optimalsteuerungsproblem und Lösungsansätze	15
2.3 Längsdynamikregelverfahren für Lkw-Kolonnen	18
2.3.1 Unterscheidung nach dem Sollwert der Regelung	19
2.3.2 Dezentrale Ansätze der Kolonnenlängsregelung	19
2.3.3 Zentrale Ansätze der Kolonnenlängsregelung	21
2.3.4 Fazit zu energieeffizienten Kolonnenlängsdynamikregelansätzen	22
3 Zielsetzung, Methodik und Vorgehen	24
3.1 Steigerung der Energieeffizienz von Lkw-Kolonnen	24
3.2 Simulatives Testen unterschiedlicher Regelansätze	27
4 Entwicklung energieeffizienter Längsdynamikregler für Lkw-Kolonnen	30
4.1 Modellprädiktive Regelung für Lkw-Kolonnen	30
4.2 Grundlegende Annahmen und Definitionen	32
4.2.1 Wichtige geometrische Zusammenhänge in Fahrzeugkolonnen	32
4.2.2 Betrachtete Fahrzeugantriebskonzepte	33
4.3 Regelstreckenmodell und Optimierungsproblem	35
4.3.1 Allgemeine längsdynamische Zusammenhänge für Fahrzeugkolonnen	35

4.3.2	Vereinfachtes Modell zur Abbildung der Kolonnenlängsdynamik	37
4.3.3	Nebenbedingungen des Optimierungsproblems	39
4.3.4	Kostenfunktion des Optimierungsproblems	40
4.4	Lösungsverfahren für die modellprädiktive Kolonnenregelung	44
4.4.1	Dynamische Programmierung	44
4.4.2	Direkte Methoden	48
4.5	Forderung nach stetiger Differenzierbarkeit	49
4.5.1	Hyperbelfunktion Tangens hyperbolicus	49
4.5.2	Streckensteigung	50
4.5.3	Geschwindigkeit und Abstand der Kolonnenfahrzeuge	51
4.5.4	Energieverbrauch der Kolonnenfahrzeuge	52
5	Simulationsergebnisse zu Lkw-Kolonnenfahrten	54
5.1	Simulationsumgebung	54
5.2	Grundlegende Simulationsszenarien	58
5.3	Gegenüberstellung der entwickelten Regelverfahren	60
5.3.1	Parametrierung der Reglervorausschau	60
5.3.2	Auswahl des besten modellprädiktiven Lösungsansatzes	63
5.3.3	Plausibilisierung des ausgewählten Regelverfahrens	65
5.3.4	Validierung des ausgewählten Regelverfahrens	67
5.3.5	Vergleich von dynamischer Programmierung und direkten Methoden	69
5.4	Parametrierung batterieelektrisch betriebener Kolonnen	71
5.5	Nachweis der angestrebten Effizienzsteigerung	72
5.5.1	Zentraler Regelansatz	72
5.5.2	Bremsenergierückgewinnung batterieelektrischer Lkw	75
5.6	Quantifizierung der tatsächlich möglichen Effizienzsteigerung	79
5.6.1	Realitätsnahe Simulationsrandbedingungen	79
5.6.2	Zentraler Regelansatz	80
5.6.3	Bremsenergierückgewinnung batterieelektrischer Lkw	82
6	Fazit und praktischer Nutzen	83
6.1	Aussagekraft der Erkenntnisse zur Energieeffizienzsteigerung	83
6.2	Anwendbarkeit der Regelmethode für reale Kolonnen	85
7	Zusammenfassung	87
	Literaturverzeichnis	89