

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung	3
1.2	Aufbau der Arbeit	5
2	Zusammenfassung	7
3	Grundlagen	11
3.1	CAN-Bus	12
3.2	Messtechnik in der Betriebsfestigkeit	12
3.3	Mathematische Methoden zur Parameteridentifikation	15
3.3.1	Lineare Regression	15
3.3.2	Unrestringierte mathematische Optimierung	16
3.3.3	Systemidentifikation	18
3.4	Fahrzeugdynamik	20
3.4.1	Längsdynamik	20
3.4.2	Vertikaldynamik	21
3.4.3	Querdynamik	22
3.5	Digitale Signalverarbeitung im Frequenzbereich	22
3.5.1	Fourier-Transformation	23
3.5.2	Übertragungsfunktion	25
3.6	Grundlagen der Betriebsfestigkeit	26
3.6.1	Wöhlerlinie	28
3.6.2	Lastkollektiv	29
3.6.3	Lineare Schadensakkumulationshypothesen	30

4	Stand der Technik: Dauerhafte Belastungsermittlung im Fahrbetrieb	33
4.1	Dauerhafte Belastungsermittlung zur Schädigungsüberwachung	33
4.2	Dauerhafte Belastungsermittlung zur Lastannahme	37
4.3	Vergleich der Methoden	39
5	Datenaufbereitung	43
5.1	Auswahl der belastungsrelevanten CAN-Signale	43
5.2	Sind die CAN-Abstraten ausreichend für die Belastungsermittlung?	45
6	Ermittlung belastungsrelevanter Parameter	49
6.1	Parameterabschätzung aus CAN-Daten	50
6.1.1	Fahrzeugmasse	50
6.1.2	Gangübersetzung	55
6.2	Parameterabschätzung aus Belastungsmessdaten	57
6.2.1	Fahrzeugschwerpunktlage	57
6.2.2	Bremskraftverteilung	60
6.2.3	Ungefederte Masse, Feder-, Dämpfer- und Stabilisatorkennung	62
7	Ermittlung des niederfrequenten Anteils der Fahrwerksbelastungen	65
7.1	Niederfrequenter Anteil der Fahrwerksbelastungen in Längsrichtung	66
7.1.1	Frontantrieb mit Handschaltgetriebe	68
7.1.2	Frontantrieb mit Doppelkupplungsgetriebe	71
7.1.3	Allradantrieb	75
7.1.4	Bremsung	78
7.2	Niederfrequenter Anteil der Fahrwerksbelastungen in Vertikalrichtung	86
7.3	Niederfrequenter Anteil der Fahrwerksbelastungen in Querrichtung	88
8	Ermittlung des hochfrequenten Anteils der Fahrwerksbelastungen	91
8.1	Hochfrequenter Anteil der Fahrwerksbelastungen in Längsrichtung	93
8.1.1	Ableitung der empirischen Übertragungsfunktion	96
8.1.2	Berechnung der hochfrequenten Radlängskraft mithilfe der empirischen Übertragungsfunktion	103

8.2	Hochfrequenter Anteil der Fahrwerksbelastungen in Vertikalrichtung	106
8.2.1	Empirische Übertragungsfunktion zur Abschätzung der Radvertikalkraft	107
8.2.2	Physikalisches Modell der Fahrwerksvertikalschwingung	110
8.2.3	Ableitung der kombinierten Übertragungsfunktion	113
8.2.4	Berechnung der Radvertikalkraft	114
8.3	Ermittlung der gesamten Fahrwerksbelastungen	115
9	Validierung der Algorithmen und Ermittlung der Prognosegüte	117
9.1	Validierung der Algorithmen und Prognosegüte für Anwendungsfall 1	119
9.1.1	Auswertung einer Beispielmessung	119
9.1.2	Statistische Auswertung mehrerer Messungen	125
9.2	Auswertungen für Anwendungsfall 2	129
9.2.1	Auswertung einer Beispielmessung	130
9.2.2	Statistische Auswertung mehrerer Messungen	132
9.3	Auswertungen für Anwendungsfall 3	135
9.3.1	Auswertung Beispielmessungen	136
9.3.2	Statistische Auswertung mehrerer Messungen	141
9.4	Sensitivitätsanalyse	144
10	Ausblick	149
	Literaturverzeichnis	151