

Masterarbeit

Analyse und Prädiktion der Lastanforderung aus Routen-Daten

Autor: Alexander Schnörch
Betreuer: Luigi del Re
 Harald Waschl
 Philipp Polterauer
Fertiggestellt: Oktober 2016

Kurzfassung

In Zeiten von zunehmendem Umweltbewusstsein und den damit verbundenen Auflagen sind natürlich die Hersteller von Kraftfahrzeugen zur Handlung gezwungen. Trotz der komplexen Anforderung - der Prädiktion der zukünftigen Lastanforderung - wird in diesem Bereich den vorausschauenden Regelsystemen sehr viel Potential zugesprochen. Die Ausstattung moderner Fahrzeuge und die Verfügbarkeit von topographischen Daten bieten einen innovativen Zugang zu diesem Gebiet, nämlich die Berechnung des deterministischen Anteils der Lastanforderung.

Die deterministische Lastanforderung liefert mit dem Mittelwert der gemessenen Lastprofile vergleichbare Ergebnisse - natürlich mit dem Vorteil nie wirklich auf der Strecke gefahren zu sein. Für die Verifikation der Simulationsergebnisse wurden zusätzlich die Haupteinflussfaktoren der Prädiktion analysiert und ein Vergleich mit einer Referenzsimulation angestellt.

Einführung

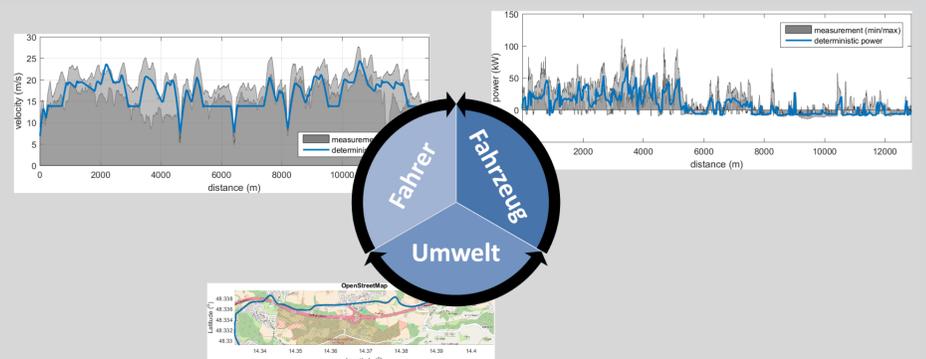
Die stetig voranschreitende Innovation in der Automobilindustrie ermöglicht den Einzug von prädiktiven Regelsystemen im Serienfahrzeug. Innovative vorausschauende Assistenzsysteme lassen zukünftig auf große Einsparungen im Treibstoffverbrauch und Schadstoffausstoß hoffen. Die Integration der angesprochenen Regelsysteme in Fahrzeugen erfordert jedoch die Prädiktion des exakten zukünftigen Geschwindigkeitsverlaufs und der damit verbundenen Leistungsanforderung an den Motor. Aus der Analyse der Lastanforderung kann abgeleitet werden, dass dieser deterministische Einflüsse zu Grunde liegen - welchen stochastische Komponenten überlagert sind. In anderen Worten ausgedrückt bedeutet dies, ein gewisser Anteil der Lastanforderung gilt schon vor Antritt der Fahrt als definiert und kann mit Hilfe von topographischen Karten und Streckeninformationen berechnet werden.

Theorie

Grundsätzlich stellen sich die Fragen: Wie groß ist der deterministische Anteil der Lastanforderung und inwiefern ist dieser dazu geeignet als Prädiktion eingesetzt zu werden? Um in weiterer Folge qualitative Aussagen darüber treffen zu können, wird der Fahrwiderstand analysiert.

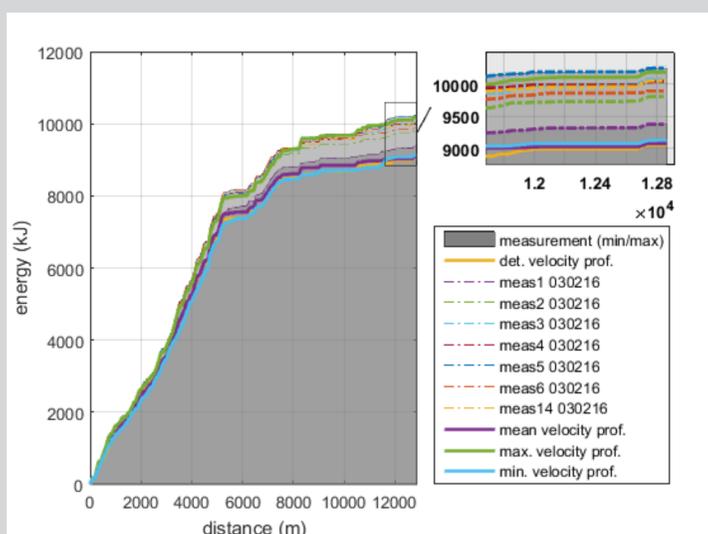
$$F_{Rad} = f_R \cdot m \cdot g + c_W \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 + \lambda(i) \cdot m \cdot \dot{v} + m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$$

Umgebungs- und Fahrzeugparameter werden in weiterer Folge als bekannt angenommen. Dementsprechend stellen der Geschwindigkeitsverlauf, das Beschleunigungsprofil, das Steigungsprofil und der eingelegte Gang die deterministischen Haupteinflussgrößen der Lastanforderung dar.



Bei der näheren Betrachtung der Abhängigkeiten wird klar, dass sich äußere Umwelteinflüsse - wie Strecken-Attribute und Wetteränderungen - nicht nur auf die Umgebungsparameter auswirken, sondern vielmehr direkt über die Reaktion des Fahrers in das System eingebracht werden. Als Beispiele dafür können die Anpassung der Kurvengeschwindigkeit an die Kurvenradien sowie an die sich ändernden Witterungsbedingungen angeführt werden. Grundsätzlich weist die Wahl der Fahrzeuggeschwindigkeit eine Vielzahl an Abhängigkeiten und - aufgrund des Einflusses des Fahrers - auch großen individuellen Charakter auf. Mit Hilfe von Fahrerhaltensanalysen und der Ableitung von Fahrprofilen konnten diese Auswirkungen auf zwei deterministische Haupteinflüsse reduziert werden, die **Kurvengeschwindigkeiten** und die **gesetzlichen Geschwindigkeitsbeschränkungen**. Mit Hilfe dieser Beschränkungen und dem Fahrerprofil können letztendlich das deterministische Geschwindigkeits- und Beschleunigungsprofil präzisiert werden.

Vergleich zwischen deterministischer und tatsächlicher Lastanforderung



Die deterministische Lastanforderung kann - mittels der prädizierten Fahrprofile - über das inverse Längsdynamikmodell des Fahrzeugs berechnet werden. In weiterer Folge ergibt sich der Energieaufwand aus der Integration der angesprochenen Lastprofile, wobei der Motorschleppbetrieb dabei nicht berücksichtigt wird. Für die deterministische Fahrzeugführung beläuft sich der Energieaufwand zu 9054.6 kJ. Relativ betrachtet entspricht dies einer Abweichung von 0.35 % zu jenem Energieaufwand, welcher aus der Fahrt mit dem mittleren Geschwindigkeitsprofil resultiert. In Bezug auf alle Messfahrten beträgt die mittlere Abweichung in etwa 9.62 %.

Zusammengefasst geht aus dieser Gegenüberstellung hervor, dass sich sowohl für die deterministische Fahrzeugführung als auch für die Fahrt mit dem mittleren Geschwindigkeitsprofil eine Abweichung von ungefähr 10 % im Energieaufwand ergibt. Im Falle der deterministischen Fahrprofile jedoch mit dem großen Vorteil die Strecke nicht im Vorhinein fahren zu müssen. Zusätzlich ist ersichtlich, dass sich für die beiden angesprochenen Profile die geringsten Energieaufwände ergeben. Dies kann auf die Vermeidung von unnötigen Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgängen zurückgeführt werden.

	kJ	det.	mean	
		9036.4	9086.1	
meas1	9377.07	103.77	103.20 %	
meas2	9804.15	108.49	107.90 %	
meas3	10069.64	111.43	110.82 %	
meas4	10039.19	111.09	110.49 %	
meas5	10247.67	113.40	112.78 %	
meas6	9890.44	109.45	108.85 %	
meas14	10051.44	111.23	110.62 %	

Erkenntnisse

- Sowohl kurzfristige größere Abweichungen als auch kontinuierliche kleinere Abweichungen in der Fahrzeuggeschwindigkeit wirken sich weniger stark auf die Lastanforderung aus als anfänglich erwartet.
- Die Kurvengeschwindigkeiten und das Steigungsprofil haben im Verhältnis zu den anderen Einflüssen den größten deterministischen Einfluss auf die Lastanforderung.
- Für die Ableitung des Fahrerprofils sollte eine Strecke mit einem breiten Spektrum an Kurvenradien verwendet werden.
- Die Bebauung der Straße und die Einsehbarkeit von Kurven wirken sich ebenfalls auf die Fahrgeschwindigkeit aus, können momentan aber nur in abgeschwächter Form über eine konservative Parametrierung des Fahrerprofils berücksichtigt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es eine Abschätzung über den deterministischen Anteil der Lastanforderung zu bekommen. Dazu wurden tatsächliche Lastprofile aufgenommen und analysiert - um anschließend Teilen der Lastanforderung deterministische Einflüsse zuzuordnen zu können. All jene dieser Einflüsse, welche aus den Routen-Daten erfasst werden konnten, wurden in weiterer Folge im Prädiktionsmodell nachgebildet.

Aus dem Vergleich zwischen der simulierten und der tatsächlichen Lastanforderung kann die stochastische Unsicherheit abgeschätzt werden. Im Falle der vorliegenden Messdaten kann daraus abgeleitet werden, dass ein Großteil der stochastischen Komponenten durch den Einfluss anderer Verkehrsteilnehmer sowie durch Unaufmerksamkeiten des Fahrers in das System eingebracht wurden. Der Grad der notwendigen Prädiktionsgenauigkeit ist grundsätzlich sehr stark von der jeweiligen Anwendung abhängig, wonach die stochastischen Einflüsse in vielen Fällen nicht einfach vernachlässigt werden dürfen. Die deterministische Lastanforderung kann aber trotzdem die Basis bilden, welche mit zusätzlichen Messgrößen verfeinert wird.