

Kurzfassung

Aufgrund der ambitionierten Klimaschutzziele Deutschlands stehen die steigenden Treibhausgasemissionen des Verkehrs – vor allem aus schweren Nutzfahrzeugen, die bisher und in absehbarer Zukunft fast ausschließlich mit Dieselmotoren betrieben werden – zunehmend im Zentrum der politischen und wissenschaftlichen Diskussion. Daher sollten neben technischen Maßnahmen (höhere Energieeffizienz und alternative Antriebe) auch sofort umsetzbare Änderungen des Fahrverhaltens, wie z. B. das Fahren mit reduzierter Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen, sowohl durch die politischen Entscheidungsträger als auch durch die handelnden Akteure des Straßengüterverkehrs (Transport- und Logistikdienstleister) berücksichtigt und untersucht werden.

Um die realen Auswirkungen auf der physikalisch-technischen Ebene eines Fahrzeugs und der logistisch-betriebswirtschaftlichen Ebene eines Transportdienstleisters ganzheitlich und vorausschauend zu analysieren, wird in dieser Arbeit ein physikbasiertes Kraftstoffverbrauchsmodell mit einem Fahrtenkettenmodell verknüpft. Zuerst werden die aus einer Reduktionsmaßnahme resultierenden Durchschnittswerte des Verbrauchs (in l/100 km) und der Geschwindigkeit (in km/h) durch Simulationsexperimente mit einem Kraftstoffverbrauchsmodell auf MATLAB/Simulink-Basis ermittelt und als Nutzmassen-abhängige Funktion für jedes einzelne Fahrzeug beschrieben. Dabei wird eine reduzierte Höchstgeschwindigkeit durch entsprechend angepasste Fahrzyklen abgebildet, die aus HBEFA stammen und in dieser Arbeit mithilfe eines analytischen Verfahrens (Programm) modifiziert werden. Jedes Fahrzeug repräsentiert sämtliche Fahrzeuge in einer von insgesamt 15 Fahrzeugklassen, die im Jahr 2010 zusammen etwa 91 % des Dieserverbrauchs bzw. der THG-Emissionen aller schweren Nutzfahrzeuge in Deutschland verursachen. Dementsprechend lassen sich die Ergebnisse eines Fahrzeugs über den bekannten Bestand einer Fahrzeugklasse hochrechnen.

Anschließend werden die Auswirkungen einer geringeren Durchschnittsgeschwindigkeit auf den Zeitablauf aller Fahrten, die durch ein Fahrzeug innerhalb eines Jahres durchzuführen sind, mithilfe des Fahrtenkettenmodells (ereignisdiskretes Simulationsmodell auf Excel-VBA-Basis) analysiert. Da die konstanten Rahmenbedingungen des Fahrzeugs (u. a. Fahrverbotszeiten) und der Fahrer (u. a. Lenk- und Ruhezeiten) darin stets eingehalten werden, ergibt sich nicht nur eine zur Geschwindigkeit umgekehrt proportionale Erhöhung der Fahrzeit, sondern bei einem Teil der Fahrten sogar eine Verschiebung auf den nächsten Tag oder die nächste Woche, wofür die entsprechende Verspätungsdauer gegenüber der Ausgangssituation erfasst wird. Da außerdem der insgesamt höhere Personalaufwand (Arbeitszeit je Fahrzeug) erfasst und kostenmäßig bewertet wird, kann dieser mit den insgesamt eingesparten Kraftstoffkosten verrechnet werden, um schließlich die Wirtschaftlichkeit einer Reduktionsmaßnahme anhand der jährlichen Minder- oder Mehrkosten festzustellen. Hierzu wird auch das jeweilige Einsparpotential der THG-Emissionen von allen schweren Nutzfahrzeugen angegeben.

Abstract

Due to Germany's ambitious climate protection goals, the increasing greenhouse gas (GHG) emissions from the transport sector – especially from heavy duty vehicles which are currently and in the foreseeable future almost exclusively powered by diesel engines – are increasingly at the centre of political and scientific discussion. Consequently, not only technical measures (i. e. higher energy efficiency and alternative drive technologies) but also changes in driving behaviour that can be implemented immediately, such as driving at reduced maximum velocity on motorways, should be taken into account and investigated by both policy makers and the actors directly involved in road freight transport (i. e. transport and logistics service providers).

In order to analyse the real effects in a holistic and anticipatory manner on both the vehicle's physical-technical level and the transport service provider's logistic-economic level, this thesis links a physically-based fuel consumption model with a trip chain model. Firstly, the average values of both fuel consumption (in l/100 km) and velocity (in km/h) resulting from a reduction measure are determined by simulation experiments with a fuel consumption model based on MATLAB/Simulink. Secondly, these two variables are described as payload-dependent functions for each vehicle. A reduced maximum velocity is represented by correspondingly adapted driving cycles, which originate from HBEFA and are modified in this work with the help of an analytical procedure (programme). Each vehicle represents all vehicles in one of a total of 15 vehicle classes, which together account for around 91 % of diesel consumption and GHG emissions, respectively, of all heavy duty vehicles in Germany in 2010. Accordingly, the simulation results of one vehicle can be projected for all vehicles in each class with the given stock.

Afterwards, the effects of a decreased average velocity to the temporal sequence of different trips, which have to be carried out by one vehicle within a year, are analysed with the trip chain model (discrete-event simulation model based on Excel-VBA). Due to constant frame conditions for both the vehicle (i. a. driving ban periods) and the driver (i. a. driving and rest periods), which are always fulfilled in the model, the results are not only increasing trip times, which behave inversely proportional to the velocity, but also some trips which have to be shifted to the next day or even the next week. The corresponding delay time is calculated and recorded with respect to the baseline situation (i. e. without reduced velocity). By recording and evaluating the increasing total personnel expenditure (i. e. working time on each vehicle), the corresponding costs can be offset against the total amount of saved fuel costs. Thereby, the economic efficiency of a reduction measure is finally determined on the basis of the annually increased or decreased total costs. The corresponding amount of potentially reduced GHG emissions from all heavy duty vehicles is specified, too.