INFORMATIONEN ZUR UMWELTPOLITIK

Lkw-Tempolimits und Emissionen

Auswirkungen der Einhaltung der Lkw-Tempolimits auf Autobahnen auf Emissionen und Lärm

184

ÖSTERREICH

Wien, 2011
ISBN 978-3-7062-0116-2

Informationen zur Umweltpolitik
Nr 184

Lkw-Tempolimits und Emissionen

Auswirkungen der Einhaltung der Lkw-Tempolimits auf Autobahnen auf Emissionen und Lärm

AK ÖSTERREICH

Autoren: Dipl-Ing Dr Martin Rexeis
Ao UnivProf Dipl-Ing Dr Stefan Hausberger

Heinz Steven

Layout: Christine Schwed (AK Wien)

Zu beziehen bei: Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien
1040 Wien, Prinz-Eugen-Straße 20-22
Tel.: ++43 (0) 1 -501 65/ 2698
Fax: ++43 (0) 1 –501 65/ 2105
E-Mail: christine.schwed@akwien.at

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

© 2011, by Bundeskammer für Arbeiter und Angestellte, 1041 Wien, Prinz-Eugen-Straße 20-22

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich

Medieninhaber, Herausgeber, Vervielfältiger: Bundeskammer für Arbeiter und Angestellte, Prinz-Eugen-Straße 20-22, 1041 Wien. Die in den "Informationen zur Umweltpolitik" veröffentlichten Artikel geben nicht notwendigerweise die Meinung der Bundeskammer für Arbeiter und Angestellte wieder.

Vorwort

Die Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien hat jüngst vom Kuratorium für Verkehrssicherheit das „Lkw-Geschwindigkeitsverhalten auf Autobahnen“ (Studienreihe Verkehr und Infrastruktur Nr 44; erschienen 2011) erheben lassen. Während das Geschwindigkeitsverhalten von Pkw nämlich einigermaßen gut erforscht ist, gibt es zu den tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten von Lkw in Österreich kaum eine verlässliche Datenbasis und auch verkehrsbezogene Klimaschutzmaßnahmenvorschläge konzentrieren sich bislang ausschließlich auf den Pkw-Verkehr. Diese Studie hat klar ergeben, dass das derzeit gültige Tempolimit von 80 km/h für Lkw eindeutig nicht eingehalten wird. Lkw mit einem Gesamtgewicht zwischen 3,5 und 7,5 Tonnen fahren demnach im Durchschnitt rund 94 km/h, Lkw über 7,5 Tonnen etwa 88 km/h. Die Anzahl der Geschwindigkeitsüberschreiter liegt bei der ersten Kategorie bei 95 % aller Fahrzeuge, bei den schwereren Lkw aber ebenfalls sehr hoch bei rund 91 %.

Um das Vermeidungspotential bei Abgas- und Lärmemissionen durch eine strikte Einhaltung des gesetzlichen Geschwindigkeitslimits abschätzen und daraus effektive Maßnahmen entwickeln zu können, hat die AK DI Dr Martin Rexeis und Ao UnivProf DI Dr Stefan Hausberger von der TU Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik in Bezug auf die Abgasemissionen sowie Heinz Steven vom Forschungsinstitut für Datenanalysen und Gutachten in Heinsberg in Bezug auf Lärmemissionen ersucht, entsprechende Berechnungen zu erstellen, die mit dieser Studie der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden sollen. Die Studie zeigt klar, dass eine effektive Durchsetzung der bestehenden Geschwindigkeitslimits für den Schwerverkehr einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und auch zur Entlastung der AnrainerInnen durch eine Lärmreduktion leisten kann, der im Sinne einer ausgewogenen Belastung von Lkw und Pkw unverzichtbar ist und aus Sicht der AK auch tatsächlich realisiert werden sollte.

Sylvia Leodolter

(AK Wien)

Inhaltsverzeichnis

Auswirkungen eines strikten Tempolimits von 80 km/h auf Autobahnen für Lkw > 3,5t auf Kraftstoffverbrauch und Emissionen
(Martin Rexeis, Stefan Hausberger) 1

Abkürzungsverzeichnis 3

1. Aufgabenstellung 5

2. Erstellung der Fahrzyklen 7

3. Aufteilung der Lkw-Klasse 3,5t bis 7,5t hzG 11

4. Flottenzusammensetzung 13

5. Ergebnisse 15

6. Zusammenfassung 21

7. Literatur 23

Auswirkungen eines strikten Tempolimits von 80 km/h auf Autobahnen für Lkw > 3,5t auf Geräuschemissionen
(Heinz Steven) 25

8. Einleitung und Aufgabenstellung 27

9. Vorgehensweise und Ergebnisse 29

10. Zusammenfassung 39

11. Literatur 41

Auswirkungen eines strikten Tempolimits von 80 km/h auf Autobahnen für Lkw > 3,5t auf Kraftstoffverbrauch und Emissionen

Dipl-Ing Dr Martin Rexeis

Ao UnivProf Dipl-Ing Dr Stefan Hausberger

Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität
INSTITUT FÜR
VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN
UND THERMODYNAMIK

Inffeldgasse 21A, 8010 Graz

Tel: +43 (0) 316 873 7200

Email: institut@vkma.tugraz.at

Abkürzungsverzeichnis

CO	Kohlenmonoxid
CO_2	Kohlendioxid
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
HC	Kohlenwasserstoffe
hzG	höchstzulässiges Gesamtgewicht
Kfz	Kraftfahrzeug
LKW	Lastkraftwagen
LZ/SZ	Last- und Sattelzüge
LNF	leichtes Nutzfahrzeug (Lkw mit einem höchstzulässigem Gesamtgewicht kleiner gleich 3,5t)
NEDC	New European Driving Cycle
NO_x	Stickoxide
PHEM	„Passenger car and Heavy duty Emission Model"; Detailliertes Simulationsmodell entwickelt am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik zur Berechnung von Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen von Straßenfahrzeugen
PM	„Particulate Matter"; gravimetrische Partikelemissionen bestimmt nach Messvorschrift in der Abgasgesetzgebung
PN	Partikelanzahlemissionen
v_85	jene Geschwindigkeit, die von 85% aller erfassten Kfz an einem bestimmten Messquerschnitt bzw. in 85% der Fahrzeit eines Fahrzeuges unterschritten wird

1. Aufgabenstellung

Trotz des derzeit gültigen Tempolimits von 80 km/h für Lkw größer 3,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht fahren diese Fahrzeuge auf Autobahnen zu einem überwiegenden Anteil mit höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten. In einer Studie des Kuratoriums für Verkehrssicherheit [Pumberger et al., 2010] wurden für Lkw >7,5t Durchschnittsgeschwindigkeiten im Bereich von 85 bis 87 km/h erhoben. Lkw in der Klasse zwischen 3,5 und 7,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht wurden im Durchschnitt sogar mit deutlich über 90 km/h gemessen.

In der vorliegenden Studie wurden die Auswirkungen dieser Geschwindigkeitsüberschreitungen auf Kraftstoffverbrauch und Emissionen ermittelt. Dazu wurden mit dem am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik entwickelten Emissionsmodell PHEM Simulationsrechnungen durchgeführt. In den Berechnungen wurde die Lkw-Flotte für das Bezugsjahr 2012 abgebildet. Simuliert wurden Kraftstoffverbrauch und Emissionen für den Referenzfall (d.h. Geschwindigkeitsverteilung wie in [Pumberger et al., 2010] ermittelt) sowie für den Fall eines strikt eingehaltenen Tempolimits von 80 km/h. Die Berechnungen wurden getrennt nach Lkw-Klassen (Lkw-Typ, Gewichts-Klasse sowie Emissionsstandard) durchgeführt. Methodik und im Modell hinterlegte Datensätze sind in [Rexeis, 2009] dokumentiert. Die Datensätze und Methodik wurden auch zur Erstellung aller Emissionsfaktoren im aktuellen HBEFA V3.1 verwendet. Damit sind alle Ergebnisse der vorliegenden Studie mit diesem „offiziellen“ Datensatz kompatibel.

Die Flottenzusammensetzung im gewählten Bezugsjahr 2012 wurde ebenfalls der aktuellen Version des Handbuchs Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) entnommen. Damit konnten die flottendurchschnittlichen Emissionen und Kraftstoffverbrauchswerte berechnet werden. Die Flottenzusammensetzung im HBEFA weicht jedoch im Hinblick auf den Fahrleistungsanteil der Lkw kleiner 7,5t hzG stark von den in [Pumberger et al., 2010] beobachteten Werten ab. In der Studie wurden daher die flottendurchschnittlichen Werte für Kraftstoffverbrauch und Emissionen für zwei verschiedene Szenarien zur Flottenzusammensetzung ermittelt. Durch Umlegung dieser Werte auf die Jahresfahrleistung von Lkw >3.5t auf österreichischen Autobahnen ergibt sich dann die gesuchte Maßnahmenwirkung.

Weiters wurden auch die Auswirkungen eines strikten Tempolimits von 80 km/h auf Geräuschemissionen ermittelt. Diese Untersuchung wurde von der Fa. Datenanalysen und Gutachten (Heinz Steven) durchgeführt und ist in einem eigenen Bericht dokumentiert.

2. Erstellung der Fahrzyklen

Ausgangspunkt der Studie ist das in [Pumberger et al., 2010] veröffentlichte Geschwindigkeitsverhalten von Lkw auf österreichischen Autobahnen. An insgesamt fünf Zählstellenstandorten wurde im Jahr 2010 mithilfe von Radarmessgeräten die Fahrzeuggeschwindigkeit erfasst. Die Untergliederung der vermessenen Lkw nach Gewichtsklassen erfolgte aufgrund optischer Einschätzung der geschulten Erhebungspersonen. Es wurden lediglich frei fahrende Lkw erfasst, d.h. Fahrzeuge im Kolonnenverkehr wurden nicht in das Ergebnis mitaufgenommen.

Tabelle 2.1 fasst die Ergebnisse der Untersuchungen in [Pumberger et al., 2010] zusammen. Lkw größer als 7,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht sowie alle Arten von Sattel- und Lastzügen weisen recht ähnliche Durchschnittsgeschwindigkeiten im Bereich von 85 bis 87 km/h auf. Die v_85 (jene Geschwindigkeit, die von 85% der erfassten Kfz unterschritten wird) liegt im Bereich von 88 bis knapp 91 km/h. Diese Kennwerte stimmen sehr gut mit dem Fahrzyklus überein, der im HBEFA für die Verkehrssituationen auf Autobahnen mit flüssigem Verkehrsgeschehen hinterlegt ist (HBEFA Zyklus „6360“, v_mittel = 86,3 km/h; v_85 = 89,0 km/h)[1]. Dieser Zyklus ist in Abb. 2.1 (dunkelblau) dargestellt. Die Daten dieses Geschwindigkeitsverlaufes beschreiben eine Fahrtdauer von 2603 Sekunden bzw. eine Fahrstrecke von 62,4 Kilometern. Sehr gut zu sehen ist der Einfluss des elektronischen Geschwindigkeitsbegrenzers, der die Fahrzeuggeschwindigkeit im Bereich von ca. 88 km/h abregelt. Aufgrund der guten Übereinstimmung mit den gemessenen Geschwindigkeitsverteilungen für Lkw größer 7,5t hzG wurde dieser HBEFA Zyklus als Referenzzyklus für diese Lkw-Klassen gewählt.

Basierend auf dem Referenzzyklus wurde ein Fahrzyklus für den Fall eines strikten Tempolimits von 80 km/h erarbeitet (siehe Abb. 2.1, hellblaue Kurve). Dabei wurde davon ausgegangen, dass der Geschwindigkeitsbegrenzer bereits bei 80 km/h (statt den 88 km/h im Referenzzyklus) abregelt. Andere Störungen aus dem Verkehrsgeschehen, die eine zusätzliche Reduktion bzw. eine Schwankung der Fahrgeschwindigkeit um den Begrenzwert verursachen, wurden aus dem Referenzzyklus übernommen. Durch die Absenkung der Durchschnittsgeschwindigkeit gegenüber dem Basiszyklus ergibt sich unter der Rahmenbedingung gleicher Fahrstrecken für diesen Zyklus eine Gesamtdauer von knapp mehr als 2800 Sekunden.

---

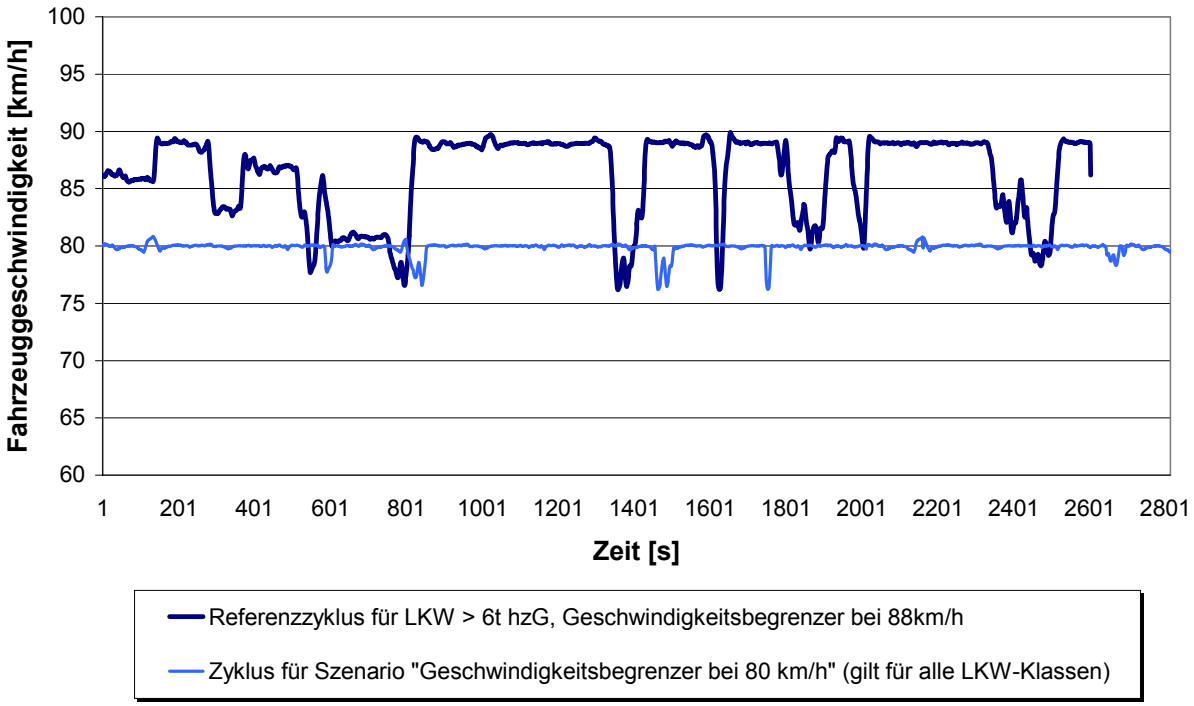
[1] Es wird hier davon ausgegangen, dass sich die Geschwindigkeitsverteilung der Fahrzeuge am Messquerschnitt auf die Geschwindigkeitsverteilung eines repräsentativen Fahrzyklus für ein Durchschnittsfahrzeug umlegen lässt.

Tabelle 2.1 Ergebnis der Untersuchungen aus [Pumberger et al., 2010]: Anzahl der erhobenen Lkw, mittlere Geschwindigkeiten, v_85 und Überschreiter nach Gewichtsklassen untergliedert nach Lkw-Gewichtsklassen

Lkw-Klasse	Anzahl LKW	v_mittel [km/h]	v_85 [km/h]	Anzahl Über-schreiter (1)	Überschreiter [%]
Lkw ≤ 3,5t	*736*	*106.6*	*123.6*	*47*	*6.4%*
Lkw > 3,5t und ≤ 7,5t	612	93.6	105.8	580	94.8%
Lkw > 7,5t	398	87.6	90.9	363	91.2%
Lkw 3 Achsen	461	85.4	88.0	409	88.7%
Lkw 4 Achsen	152	85.6	89.0	134	88.2%
Lkw 5 Achsen	249	85.1	89.0	225	90.4%
Sattelzug mit Anhänger	2760	85.5	88.0	2534	91.8%
Sattelzug ohne Anhänger	13	86.0	89.4	12	92.3%
Lastzug mit Anhänger	958	85.0	88.0	850	88.7%
Klasse unbekannt	1				
Summe	**6340**			**5154**	**81.3%**

(1) Überschreiter des Tempolimits von 80 bzw. 130 km/h

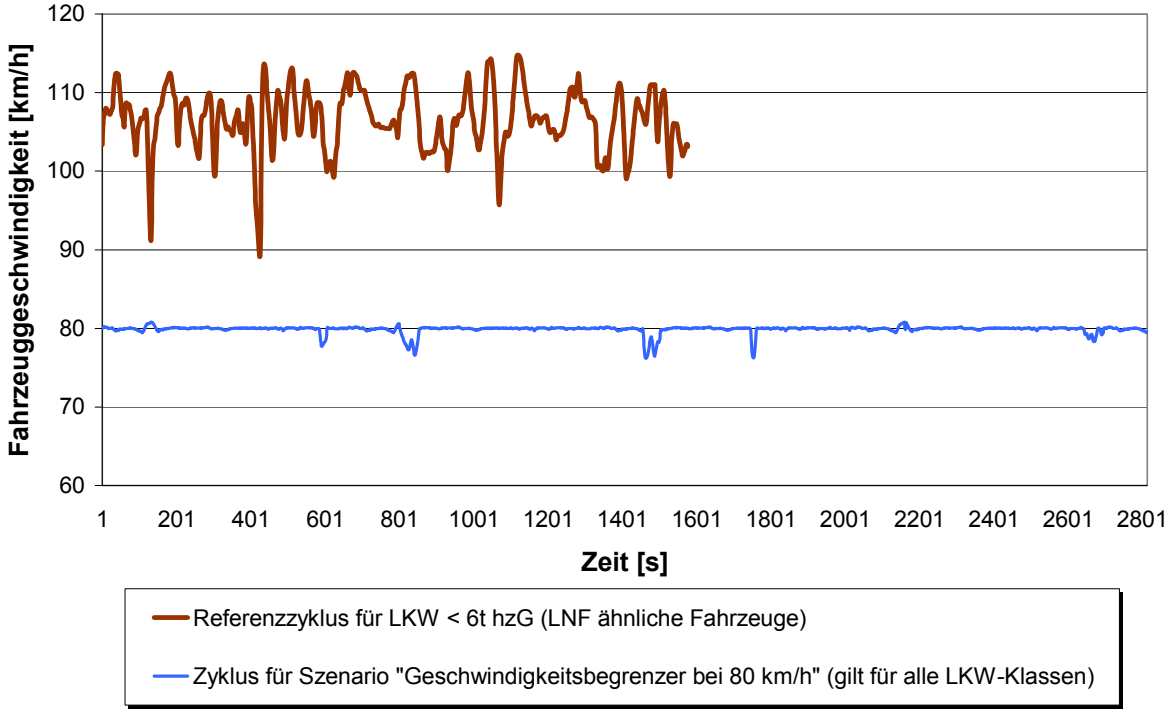
Abb. 2.1 In der Studie verwendete Fahrzyklen für Lkw > 6t hzG



Für Lkw der Gewichtsklasse zwischen 3,5 und 7,5 Tonnen hzG wurde im Vergleich zu den größeren Lkw-Klassen in [Pumberger et al., 2010] ein signifikant höheres Geschwindigkeitsniveau ermittelt. Im Durchschnitt wurde diese Fahrzeuggruppe mit 93,6 km/h vermessen, die v_85 lag bei knapp 106 km/h. Damit überschritten knapp 95% aller Fahrzeuge diese Klasse die gesetzlich erlaubte Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h. Diese Lkw-Gruppe ist sehr heterogen in der eingesetzten Motoren- und Fahrzeugtechnologie, da diese Fahrzeuge sowohl nach dem Verfahren für leichte Nutzfahrzeuge als auch wie schwere Nutzfahrzeuge >7.5t zertifiziert werden können. Dementsprechend sind ein Teil der Lkw der Gewichtsklasse zwischen 3,5 und 7,5 Tonnen hzG technisch an leichte Nutzfahrzeuge (LNF) angelehnt, der andere Teil der Fahrzeuge ähnelt konstruktiv Lkw der nächst größeren Gewichtsklasse (zwischen 7,5 und 12 Tonnen hzG).

In der Studie wurde nun – wie in Kapitel 3 im Detail beschriebenen – eine Aufteilung der Lkw-Klasse 3,5 bis 7,5t hzG in LNF- und Lkw-ähnliche Fahrzeuge vorgenommen. Unter der Annahme, dass die Lkw-ähnlichen Fahrzeuge ein identisches Fahrverhalten wie die größeren Lkw-Klassen aufweisen, lässt sich aus den Daten aus [Pumberger et al., 2010] für die LNF-ähnlichen Fahrzeuge eine Durchschnittsgeschwindigkeit von rund 105 km/h ableiten. Dieser Wert liegt sehr nahe an der ermittelten Durchschnittsgeschwindigkeit für LNF (106,6 km/h für Lkw ≤ 3,5t hzG, siehe Tabelle 2.1). Diese Übereinstimmung wurde als Indiz für die Plausibilität der getroffenen Aufteilung gedeutet. Als Ausgangspunkt für die Erstellung des Referenzzyklus für die LNF-ähnlichen Fahrzeuge wurden somit die kinematischen Kennwerte der Geschwindigkeitsverteilungen für LNF verwendet. Der entsprechende Referenzzyklus wurde abgeleitet aus dem HBEFA Zyklus „6391“, der für das Fahrverhalten von PKW und LNF auf Autobahnen mit einem Tempolimit von 100 km/h und flüssigem Verkehrsaufkommen steht. Dabei wurde das Geschwindigkeitsprofil auf die Durchschnittsgeschwindigkeit von 106,6 km/h angehoben. Dieser Referenzzyklus für die LNF-ähnlichen Lkw hat eine Dauer von 1577 Sekunden (entsprechend einer Fahrstrecke von 46,7 Kilometern) und ist in Abb. 2.2 dargestellt. Der Fahrzyklus für den Fall eines strikten Tempolimits von 80 km/h für diese Fahrzeuge identisch zum Geschwindigkeitsprofil im Maßnahmenfall für die größeren Lkw-Klassen.

Abb. 2.2 Referenzzyklus für die LNF-ähnlichen Lkw innerhalb der Klasse 3,5 bis 7,5t hzG



3. Aufteilung der LKW-Klasse 3,5t bis 7,5t hzG

Die in [Pumberger et al., 2010] für die Fahrzeugklasse von 3,5 bis 7,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht erhobenen Geschwindigkeiten deutlich über 90 km/h lassen sich mit den derzeit im Simulationsmodell PHEM fahrzeug- und motorentechnisch abgebildeten Lkw nicht aussagekräftig abbilden. Daher wurde diese Fahrzeuggruppe in den Berechnungen in LNF-ähnliche und Lkw-ähnliche Kfz aufgeteilt. Basis für die Aufteilung ist eine im Rahmen dieser Studie vorgenommene Internetrecherche, in der konstruktive Ähnlichkeiten wie Fahrgestell oder Motorisierung der Fahrzeuge dieser Gewichtsklasse mit LNF-Konzepten (d.h. Lkw ≤ 3,5t hzG) beziehungsweise mit Lkw der Klasse 7,5t bis 12t hzG desselben Fahrzeugherstellers untersucht wurden. Anhand der Ergebnisse wurde dann in einem zweiten Schritt eine Zuordnung getroffen, bis zu welchem höchstzulässigen Gesamtgewicht die Fahrzeuge der untersuchten Klasse konstruktiv an LNF angelehnt sind. Diese Grenze wurde mit ca. 6t hzG ermittelt, d.h. es wird in den Berechnungen angenommen, dass alle Lkw bis zu dieser Grenze deutlich höhere Fahrzeuggeschwindigkeiten als 90 km/h fahren können. Lkw-Konzepte größer 6t hzG dürften tendenziell eher an Fahrzeugkonfigurationen der 12t Klasse orientiert sein und damit sich auch ähnlich in Bezug auf die erreichbaren Fahrzeuggeschwindigkeiten verhalten. Aufgrund der geringen zur Verfügung stehenden Ressourcen erhebt diese Recherche keinen Anspruch repräsentativ für alle Fahrzeughersteller zu sein. Die anhand der hier getroffenen Aufteilung durchgeführte Analyse der Geschwindigkeitsdaten (siehe vorhergehender Abschnitt) liefert jedoch auch einen Hinweis auf die grundsätzliche Plausibilität der Aufteilung.

Um die Bestandsanteile der Fahrzeuge kleiner gleich bzw. größer als 6t hzG zu ermitteln wurde eine Analyse der österreichischen Bestandstatistik (Jahr 2009) vorgenommen. Demnach haben knapp mehr als 40% der Lkw der Klasse 3,5t bis 7,5t ein hzG kleiner als 6 Tonnen (Tabelle 3.1). Für die Simulationsrechnungen waren weiters die durchschnittlichen Fahrzeuggewichte (Leergewicht, höchstzulässiges Gesamtgewicht, Beladung) der beiden Fahrzeugkonzepte vorzugeben. Die durchschnittliche Beladung wurde in Ermangelung von detaillierten Daten unter Annahme eines identischen Beladungsgrades von 44% sowohl für die LNF-ähnlichen als auch für Lkw-ähnliche Lkw der Klasse 3,5t bis 7,5t hzG ermittelt.

Tabelle 3.1 Aufteilung der Lkw-Klasse 3,5t bis 7,5t hzG in LNF- und Lkw-ähnliche Fahrzeuge

Klasse ÖSTAT [kg]	zugelassene Kfz ÖSTAT (2009)	Bestandsanteil *2	*Fahrzeugtechnologie*	*Ø hzG [kg] (Annahme)*	Ø hzG [kg]	Ø Leergewicht [kg]	Ø Beladung [kg]
3501 bis 5000	1 234	42%	LNF-ähnlich	*3550*	4418	2405	885
5001 bis 6000	990			*5500*			
6001 bis 7000	1 109	58%	Lkw-ähnlich	*6500*	7139	4026	1370
7001 bis 7500 *1	2 019			*7490*			

*1 ÖSTAT enthält nur einen Gesamtwert für die Klasse 7001 – 8000 kg hzG (4037 Fzge). Nachdem einige Hersteller auch Fahrzeuge mit 8t hzG im Programm haben, wurde angenommen, dass 50% dieser Fahrzeuge ein hzG kleiner gleich 7,5t aufweisen.

*2 In der Berechnung der Maßnahmenwirkung wurde davon ausgegangen, dass das Verhältnis der Fahrleistung der beiden Kfz-Kategorien identisch zum Verhältnis der Bestandszahlen ist.

In der Berechnung der gesamte Maßnahmenwirkung eines strikten Tempolimits von 80 km/h für den Flottenmix aller Lkw >3,5t hzG hat die hier vorgenommene Aufteilung der Lkw-Klasse 3,5t bis 7,5t hzG nur eine geringe Auswirkung auf des Gesamtergebnis. Dies resultiert aus der Tatsache, dass gemäß der Daten zur Flottenzusammensetzung aus dem HBEFA3.1 bzw. aus [Pumberger et al., 2010] diese Klasse einen Anteil zwischen 2% und 10% an den insgesamt von der Lkw >3,5t hzG auf Autobahnen zurückgelegten Kilometern hat. Die Anteile dieser kleinsten Lkw-Klasse am Kraftstoffverbrauch bzw. Emissionsausstoß aller Lkw sind demgegenüber noch kleiner.

4. Flottenzusammensetzung

Für die Berechnung der flottendurchschnittlichen Werte für Kraftstoffverbrauch und Emissionen wird die Flottenzusammensetzung für das untersuchte Jahr (hier: 2012) benötigt. Dazu sind die Fahrleistungsanteile der verschiedenen Lkw-Gewichtsklassen, Motor-Konzepte bzw. -Generationen sowie Beladungsgrade erforderlich. Diese Werte wurden der aktuellen Version 3.1 des HBEFA entnommen. Vergleicht man die Daten aus dem HBEFA mit den in [Pumberger et al., 2010] erfassten Lkw, so treten speziell für Lkw kleiner 7,5t hzG deutliche Differenzen auf (Tabelle 4.1). Während das Handbuch nur rund 2% Fahrleistungsanteil für diese Lkw-Klasse vorhersagt, entfielen mehr als 10% der Fahrzeuge an den Messquerschnitten in diese Kategorie. Diesen Mehrfahrten der kleinsten Lkw-Klasse stehen in [Pumberger et al., 2010] vor allem ein im Vergleich zum HBEFA kleinerer Anteil an Last- und Sattelzügen gegenüber. Ob diese Diskrepanz zwischen den beiden verfügbaren Datenquellen auf die Umstände bei den Geschwindigkeitsmessungen (Standorte, Tatsache dass nur frei fahrende Lkw erfasst wurden etc.) zurückzuführen ist oder ein Hinweis auf mangelnde Repräsentativität der HBEFA Daten ist, ist nicht bekannt.

Tabelle 4.1 Szenarien für Fahrleistungsanteile nach Lkw-Kategorien

	Datenquelle	
	HBEFA 3.1	**Pumberger**
Lkw > 3,5t und ≤ 7,5t	1.82%	10.9%
Lkw > 7,5t	9.48%	7.3%
Lkw 3 Achsen	8.18%	8.2%
Lkw 4 Achsen	2.16%	2.7%
Lkw 5 Achsen	0.11%	4.4%
Last- & Sattelzüge	78.25%	66.4%
Summe	*100.000%*	*100.000%*

Aufgrund dieser Diskrepanzen wurden in der vorliegenden Studie die flottendurchschnittlichen Emissionen und Kraftstoffverbrauchswerte für zwei verschiedene Szenarien zur Flottenzusammensetzung ("HBEFA" und "Pumberger") ermittelt[2].

[2] Dabei wurden im Szenario Pumberger innerhalb der Lkw-Klassen aus Tabelle 3 die Verhältnisanteile nach hzG, Motorkonzepten sowie Beladungsgraden aus dem HBEFA übernommen.

5. Ergebnisse

In Summe wurden mit dem Modell PHEM Simulationsrechnungen für 304 verschiedene Fahrzeugkonfigurationen bestimmt durch Lkw-Klasse, Motorkonzept (definiert durch Emissionsstandard und Emissionsminderungstechnologie) sowie Beladungsgrad (leer, halb- und vollbeladen) durchgeführt. Berechnet wurden Kraftstoffverbrauch und Emissionsausstoß jeweils für den Referenzfall (Status Quo wie in [Pumberger et al., 2010] erhoben) sowie für den Maßnahmenfall eines strikten Tempolimits von 80 km/h, in dem alle Lkw-Klassen größer 3,5t hzG mit einem Geschwindigkeitsbegrenzer ausgerüstet sind und auch bei genau 80 km/h abgeregelt werden. Tabelle 5.1 enthält die Berechnungsergebnisse für die verschiedenen Lkw-Gewichtsklassen. Aus Übersichtlichkeitsgründen wurden die Einzelergebnisse für die verschiedenen Motorkonzepte und Beladungsgrade innerhalb der einzelnen Lkw-Klassen aggregiert dargestellt. Tabelle 5.2 stellt schließlich die Ergebnisse für den Flottenmix aller Lkw größer 3,5t hzG in den beiden Varianten der Flottenzusammensetzung dar. Die Berechnungsergebnisse für die beiden Varianten unterscheiden sich nur minimal, deshalb wird im Folgenden auf eine getrennte Diskussion der Ergebnisse je nach verwendeter Flottenzusammensetzung verzichtet.

Die berechneten Maßnahmenwirkungen sind für alle Lkw-Kategorien mit einem hzG größer als 14t sehr ähnlich. Auf diese Lkw-Klassen entfällt mit ca. 93% auch der Großteil der Lkw-Fahrleistung auf Autobahnen. Die Maßnahme bewirkt hier eine Reduktion der Durchschnittsgeschwindigkeit um ca. 7% bzw. eine Verlängerung der Fahrzeit um 8%. Der Kraftstoffverbrauch bzw. der CO_2-Ausstoß wird durch die Maßnahme um 6 bis 8% vermindert. Bei NO_x-Emissionen ist durch die strikte Exekution des Tempolimits keine signifikante Änderung des Emissionssaustoßes zu erwarten. Bei modernen Lkw mit SCR-Abgasnachbehandlung könnte sich – je nach Beladungsgrad – durch die reduzierten Motorlasten und die damit verbundenen geringeren Temperaturen in der Abgasnachbehandlung sogar ein erhöhtes NO_x-Niveau ergeben. Für den Flottenmix des Jahres 2012 sind die simulierten Auswirkungen bezüglich NO_x allerdings kleiner als die Modellgenauigkeit. Ebenso hat das strikte Tempolimit von 80 km/h nur geringe Auswirkungen auf den Ausstoß der restlichen regulierten Schadstoffkomponenten HC, CO sowie Partikelmasse (PM) und Partikelanzahl (PN). Für die Schadstoffkomponente CO wurde zwar für den Flottenmix ein Anstieg der Emissionen durch die Maßnahme um 12% berechnet, das absolute Emissionsniveau dieser Abgaskomponente ist aber bereits auf einem äußerst niedrigen Niveau.

Für die kleineren Lkw-Klassen mit einem hzG größer als 6t und kleiner gleich 14t ergibt sich ein geringfügig anderes Bild durch den im Vergleich zu den großen Lkw-Klassen älteren Fuhrpark. Für diese Lkw ist durch die Maßnahme im Bezugsjahr 2012 mit einer etwas deutlicheren Abnahme von Kraftstoffverbrauch und CO_2-Emissionen um ca. 10% sowie auch mit einer leichten Abnahme der NO_x-Emissionen um ca. 6% zu rechnen. Diese Maß-

nahmenwirkung dürfte sich durch die Flottenerneuerung in den Folgejahren jedoch an das Niveau bei den größeren Lkw-Klassen angleichen.

Einen Sonderfall stellen die LNF-ähnlichen Lkw der Gewichtsklasse zwischen 3,5t und 6t dar. Für diese Fahrzeuge bedeutet die strikte Überwachung des Tempolimits von 80 km/h eine Reduktion der derzeitigen Durchschnittsgeschwindigkeit um rund 25% bzw. eine Fahrzeitverlängerung um ca. ein Drittel. Dadurch kann der (streckenbezogene!) Kraftstoffverbrauch bzw. CO_2-Ausstoß um knapp 20% gesenkt werden. Noch höher fällt die berechnete Maßnahmenwirkung für diese Fahrzeugklasse bei NO_x-Emissionen aus: Hier kann durch die Maßnahme mit einem Rückgang von rund 45% gerechnet werden. Diese Reduktion erklärt sich durch den signifikanten Rückgang der erforderlichen Motorlast (die auch die Ursache für die Reduktion des Kraftstoffverbrauchs ist) sowie zusätzlich durch die spezielle Motorabstimmung von Fahrzeugen, die nach der derzeitigen Gesetzgebung für PKW und LNF zertifiziert sind. Diese Gesetzgebung sieht eine Überprüfung des Fahrzeuges im NEDC auf dem Rollenprüfstand vor. Der NEDC deckt allerdings nur geringe Motorlasten und Drehzahlen ab. Die so zertifizierten Fahrzeuge zeigen im Flottendurchschnitt bei Motorlasten und Drehzahlen höher als im NEDC geprüft deutlich erhöhte NO_x-Niveaus[3]. Durch die Maßnahme des strikten Tempolimits verschiebt sich das Motorlastkollektiv zur Gänze innerhalb des vom NEDC erfassten Kennfeldbereiches, was eine überproportionale Reduktion der NO_x Emissionen zur Folge hat. Als Maßnahmenwirkung auf die restlichen regulierten Schadstoffkomponenten wurden für die LNF-ähnlichen Lkw der Gewichtsklasse zwischen 3,5t und 6t nur geringe Effekte (d.h. innerhalb des Signifikanzbereiches der Modellgenauigkeit) ermittelt.

Die hier angeführten Maßnahmenwirkungen gelten allerdings nur unter der Randbedingung von flüssigem Verkehrsgeschehen und weitgehend ebenen Fahrbahnverhältnissen (ca. kleiner als +/-3% Fahrbahnlängsneigung). Treten stärkere Steigungs- bzw. Gefällepassagen auf, was gemäß Daten im HBEFA bei rund 5% der Fahrleistung auf Österreichs Autobahnen der Fall ist, wird das Fahr- und Emissionsverhalten praktisch ausschließlich durch die Fahrbahnlängsneigung und nicht durch das Tempolimit bestimmt. Ähnliches gilt für Verkehrssituationen mit hohen Verkehrsdichten: hier bestimmt vorwiegend das Verkehrsgeschehen und nicht das Tempolimit die Fahrgeschwindigkeit. Laut Daten zur Fahrleistungsverteilung aus dem HBEFA entfallen rund 20% der Lkw-Fahrleistung auf Autobahnen auf Verkehrssituationen mit hohen Verkehrsdichten („gesättigt“ bzw. „Stop&Go-Verkehr“). In Summe dürften sich damit die oben diskutierten bzw. in Tabelle 3 angeführten Maßnahmenwirkungen eines strikten Tempolimits von 80 km/h in der Umlegung auf die gesamte Fahrleistung von Lkw auf Österreichs Autobahnen um rund 25% reduzieren.

Somit ergeben sich als wesentliche Maßnahmenwirkungen eines strikten Tempolimits von 80 km/h für alle Lkw mit einem hzG größer als 3,5t eine Reduktion des Kraftstoffverbrauches bzw. des CO_2-Ausstoßes für den Flottenmix der betroffenen Fahrzeuggruppe um rund 5% verbunden mit einer Verlängerung der durchschnittlichen Fahrzeit von ca. 6%. In Abso-

[3] Siehe z.B. [Hausberger et al., 2009] und [Hausberger., 2010]

lutwerten ist dies eine Einsparung von etwa 110 000 Tonnen CO_2 pro Jahr bzw. 0,75% der gesamten CO_2-Emissionen des Straßenverkehrs in Österreich.

Tabelle 5.1 Maßnahmenwirkung eines strikten Tempolimits von 80 km/h auf Kraftstoffverbrauch und Emissionen
(Fortsetzung nächste Seite)

LKW-Klasse (hzG)	Fahrleistungsanteil Autobahn		Szenario	v_mittel	Kraftstoff-verbrauch	CO2	NOx	HC	CO	PM	PN
	Flottenmix HBEFA3.1	Flottenmix abgeleitet aus [Pumberger et al., 2010]		[km/h]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[#/km]
LKW < 6t (LNF ähnl.)	0.8%	4.5%	Referenz	106.5	83.6	263.2	1.50	0.021	0.074	0.080	7.35E+13
			TL80 strikt	79.9	68.4	215.4	0.79	0.024	0.064	0.073	8.65E+13
				-25%	*-18%*	*-18%*	*-47%*	*12%*	*-14%*	*-8%*	*18%*
LKW 6-7,5t	1.1%	6.4%	Referenz	86.3	124.5	392.1	2.22	0.127	0.530	0.055	3.00E+13
			TL80 strikt	79.9	112.9	355.8	2.12	0.149	0.522	0.052	2.96E+13
				-7%	*-9%*	*-9%*	*-5%*	*17%*	*-2%*	*-4%*	*-1%*
LKW 7,5-12t	4.3%	3.3%	Referenz	86.3	146.1	460.1	2.93	0.113	0.636	0.056	4.38E+13
			TL80 strikt	79.9	129.7	408.5	2.76	0.106	0.609	0.057	4.66E+13
				-7%	*-11%*	*-11%*	*-6%*	*-6%*	*-4%*	*2%*	*7%*
LKW 12-14t	0.8%	0.6%	Referenz	86.3	149.1	469.8	3.20	0.135	0.700	0.064	4.78E+13
			TL80 strikt	79.9	133.6	421.0	3.00	0.136	0.691	0.066	5.15E+13
				-7%	*-10%*	*-10%*	*-6%*	*1%*	*-1%*	*3%*	*8%*
LKW 14-20t	4.4%	3.4%	Referenz	86.3	165.2	520.2	3.78	0.214	0.909	0.089	7.15E+13
			TL80 strikt	79.9	151.9	478.5	3.87	0.231	0.965	0.089	7.17E+13
				-7%	*-8%*	*-8%*	*2%*	*8%*	*6%*	*-1%*	*0%*
LKW 20-26t	8.2%	8.2%	Referenz	86.3	186.9	588.7	3.70	0.147	0.961	0.076	8.13E+13
			TL80 strikt	79.9	172.7	544.0	3.92	0.149	1.041	0.071	8.16E+13
				-7%	*-8%*	*-8%*	*6%*	*1%*	*8%*	*-6%*	*0%*
LKW 26-28t	0.4%	0.6%	Referenz	86.3	194.9	614.0	3.51	0.133	0.966	0.069	7.89E+13
			TL80 strikt	79.9	180.2	567.5	3.68	0.134	1.030	0.066	8.02E+13
				-7%	*-8%*	*-8%*	*5%*	*1%*	*7%*	*-4%*	*2%*
LKW 28-32t	1.7%	2.2%	Referenz	86.3	229.6	723.3	4.10	0.151	1.057	0.080	8.95E+13
			TL80 strikt	79.9	210.8	663.9	4.04	0.149	1.078	0.080	9.12E+13
				-7%	*-8%*	*-8%*	*-2%*	*-1%*	*2%*	*1%*	*2%*

LKW-Klasse (hzG)	Fahrleistungsanteil Autobahn: Flottenmix HBEFA3.1	Fahrleistungsanteil Autobahn: Flottenmix abgeleitet aus [Pumberger et al., 2010]	Szenario	v_mittel [km/h]	Kraftstoff-verbrauch [g/km]	CO2 [g/km]	NOx [g/km]	HC [g/km]	CO [g/km]	PM [g/km]	PN [#/km]
LKW >32t	0.1%	4.4%	Referenz	86.3	214.4	675.2	4.13	0.153	1.098	0.081	9.08E+13
			TL80 strikt	79.9	198.6	625.6	4.35	0.155	1.205	0.078	9.22E+13
				-7%	*-7%*	*-7%*	*5%*	*1%*	*10%*	*-4%*	*2%*
LZ/SZ 20-28t	7.7%	6.6%	Referenz	86.3	155.7	490.6	2.22	0.076	0.754	0.039	5.04E+13
			TL80 strikt	79.9	144.5	455.2	2.34	0.078	0.799	0.038	5.14E+13
				-7%	*-7%*	*-7%*	*5%*	*2%*	*6%*	*-4%*	*2%*
LZ/SZ 28-34t	1.8%	1.5%	Referenz	86.3	206.2	649.5	3.03	0.096	0.976	0.054	6.61E+13
			TL80 strikt	79.9	189.7	597.7	3.02	0.096	0.994	0.054	6.93E+13
				-7%	*-8%*	*-8%*	*-1%*	*0%*	*2%*	*0%*	*5%*
LZ/SZ 34-40t	68.7%	58.3%	Referenz	86.3	223.3	703.3	3.09	0.093	1.143	0.053	7.22E+13
			TL80 strikt	79.9	209.2	659.1	3.26	0.093	1.285	0.051	7.37E+13
				-7%	*-6%*	*-6%*	*6%*	*1%*	*12%*	*-4%*	*2%*

Tabelle 5.2 Maßnahmenwirkung eines strikten Tempolimits von 80 km/h auf Kraftstoffverbrauch und Emissionen im Flottenmix

Flottenmix	Szenario	v_mittel [km/h]	Kraftstoff-verbrauch [g/km]	CO2 [g/km]	NOx [g/km]	HC [g/km]	CO [g/km]	PM [g/km]	PN [#/km]
aus HBEFA3.1	Referenz	86.4	206.2	649.4	3.10	0.104	1.043	0.057	6.96E+13
	TL80 strikt	79.9	192.1	605.2	3.23	0.105	1.152	0.055	7.11E+13
		-7.6%	*-6.8%*	*-6.8%*	*4.3%*	*1.3%*	*10.5%*	*-3.5%*	*2.1%*
aus Pumberger 2010	Referenz	87.2	197.5	622.2	3.04	0.104	0.980	0.059	6.89E+13
	TL80 strikt	79.9	183.5	578.0	3.14	0.107	1.078	0.057	7.07E+13
		-8.4%	*-7.1%*	*-7.1%*	*3.1%*	*2.4%*	*10.0%*	*-3.8%*	*2.6%*

6. Zusammenfassung

Trotz des derzeit gültigen Tempolimits von 80 km/h für Lkw größer 3,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht fahren diese Fahrzeuge auf Autobahnen zu einem überwiegenden Anteil mit höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten. In einer Studie des Kuratoriums für Verkehrssicherheit [Pumberger et al., 2010] wurden für Lkw >7,5t Durchschnittsgeschwindigkeiten im Bereich von 85 bis 87 km/h erhoben. Lkw in der Klasse zwischen 3,5 und 7,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht wurden im Durchschnitt sogar mit deutlich über 90 km/h gemessen.

In der vorliegenden Studie wurden die Auswirkungen dieser Geschwindigkeitsüberschreitungen auf Kraftstoffverbrauch und Emissionen ermittelt. Dazu wurden mit dem am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik entwickelten Emissionsmodell PHEM Simulationsrechnungen durchgeführt. In den Berechnungen wurde die Lkw-Flotte für das Bezugsjahr 2012 abgebildet. Simuliert wurden Kraftstoffverbrauch und Emissionen für den Referenzfall (d.h. Geschwindigkeitsverteilung wie in [Pumberger et al., 2010] ermittelt) sowie für den Fall eines strikt eingehaltenen Tempolimits von 80 km/h. Die Berechnungen wurden getrennt nach Lkw-Klassen (Lkw-Typ, Gewichts-Klasse sowie Emissionsstandard) durchgeführt.

Die berechneten Maßnahmenwirkungen sind für alle Lkw-Kategorien mit einem hzG größer als 14t sehr ähnlich. Auf diese Lkw-Klassen entfällt mit ca. 93% auch der Großteil der Lkw-Fahrleistung auf Autobahnen. Die Maßnahme bewirkt hier eine Reduktion der Durchschnittsgeschwindigkeit um ca. 7% bzw. eine Verlängerung der Fahrzeit um 8%. Der Kraftstoffverbrauch bzw. der CO_2-Ausstoß wird durch die Maßnahme um 6 bis 8% vermindert. Bei NO_x-Emissionen ist durch die strikte Exekution des Tempolimits keine signifikante Änderung des Emissionssaustoßes zu erwarten. Bei modernen Lkw mit SCR-Abgasnachbehandlung könnte sich – je nach Beladungsgrad – durch die reduzierten Motorlasten und die damit verbundenen geringeren Temperaturen in der Abgasnachbehandlung sogar ein erhöhtes NO_x-Niveau ergeben. Für den Flottenmix des Jahres 2012 sind die simulierten Auswirkungen bezüglich NO_x allerdings kleiner als die Modellgenauigkeit. Ebenso hat das strikte Tempolimit von 80 km/h nur geringe Auswirkungen auf den Ausstoß der restlichen regulierten Schadstoffkomponenten HC, CO sowie Partikelmasse (PM) und Partikelanzahl (PN) haben.

Für die kleineren Lkw-Klassen mit einem hzG größer als 6t und kleiner gleich 14t ergibt sich ein geringfügig anderes Bild durch den im Vergleich zu den großen Lkw-Klassen älteren Fuhrpark. Für diese Lkw ist durch die Maßnahme im Bezugsjahr 2012 mit einer etwas deutlicheren Abnahme von Kraftstoffverbrauch und CO_2-Emissionen um ca. 10% sowie auch mit einer leichten Abnahme der NO_x-Emissionen um ca. 6% zu rechnen. Diese Maßnahmenwirkung dürfte sich durch die Flottenerneuerung in den Folgejahren jedoch an das Niveau bei den größeren Lkw-Klassen angleichen.

Einen Sonderfall stellen die LNF-ähnlichen Lkw der Gewichtsklasse zwischen 3,5t und 6t dar. Für diese Fahrzeuge bedeutet die strikte Überwachung des Tempolimits von 80 km/h eine Reduktion der derzeitigen Durchschnittsgeschwindigkeit um rund 25% bzw. eine Fahrzeitverlängerung um ca. ein Drittel. Dadurch kann der Kraftstoffverbrauch bzw. CO_2-Ausstoß um knapp 20% gesenkt werden. Noch höher fällt die berechnete Maßnahmenwirkung für diese Fahrzeugklasse bei NO_x-Emissionen aus: Hier kann durch die Maßnahme mit einem Rückgang von rund 45% gerechnet werden. Als Maßnahmenwirkung auf die restlichen regulierten Schadstoffkomponenten wurden für die LNF-ähnlichen Lkw der Gewichtsklasse zwischen 3,5t und 6t nur geringe Effekte (d.h. innerhalb des Signifikanzbereiches der Modellgenauigkeit) ermittelt. Diese Fahrzeuggruppe hat allerdings nur einen sehr geringen Anteil an der Lkw-Fahrleistung auf Autobahnen.

Die hier angeführten Maßnahmenwirkungen gelten allerdings nur unter der Randbedingung von flüssigem Verkehrsgeschehen und weitgehend ebenen Fahrbahnverhältnissen. Durch diese Einschränkungen dürfte die hier untersuchte Maßnahme bei rund 25% der Lkw-Kilometer keine Auswirkungen auf Fahrverhalten sowie Kraftstoffverbrauch und Emissionen haben. Somit ergeben sich als wesentliche Maßnahmenwirkungen eines strikten Tempolimits von 80 km/h für alle Lkw mit einem hzG größer als 3,5t eine Reduktion des Kraftstoffverbrauches bzw. des CO_2-Ausstoßes für den Flottenmix der betroffenen Fahrzeuggruppe um rund 5% verbunden mit einer Verlängerung der durchschnittlichen Fahrzeit von ca. 6%. In Absolutwerten ist dies eine Einsparung von etwa 110 000 Tonnen CO_2 pro Jahr bzw. 0,75% der gesamten CO_2-Emissionen des Straßenverkehrs in Österreich.

7. Literatur

Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA); Version 3.1, Jänner 2010 www.hbefa.net

Hausberger S., Rexeis M., Zallinger M., Luz R.: Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3. Report Nr. I-20/2009 Haus-Em 33/08/679 from 07.12.2009

Hausberger S.: Fuel Consumption and Emissions of Modern Passenger Cars; Carried out under contract of BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft); Report Nr. I-25/10 Haus-Em 07/10/676 from 29.11.2010

Pumberger A., Fessl T. Authried N.: Lkw-Geschwindigkeitsverhalten auf Autobahnen. Erstellt vom Kuratorium für Verkehrssicherheit im Auftrag der Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien und der ASFINAG. Wien, 1. Dezember 2010.

Rexeis M.: Ascertainment of Real World Emissions of Heavy Duty Vehicles. Dissertation, Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics, Graz University of Technology. October 2009

Steven H., e.al.: ROTRANOMO, Development of a Microscopic Road Traffic Noise Model for the Assessment of Noise Reduction Measures, Project no. GRD2-2001-50091, funded by the European Community under the ‘Competitive and Sustainable Growth’ Programme (1998-2002)

Auswirkungen eines strikten Tempolimits von 80 km/h auf Autobahnen für Lkw > 3,5t auf Geräuschemissionen

Heinz Steven

Datenanalysen und Gutachten

Dorath 1

D-52525 Heinsberg

Email: FiGEGmbH@aol.com

8. Einleitung und Aufgabenstellung

Trotz des derzeit gültigen Tempolimits von 80 km/h für Lkw größer 3,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht fahren diese Fahrzeuge auf Autobahnen zu einem überwiegenden Anteil mit höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten. In einer Studie des Kuratoriums für Verkehrssicherheit [Pumberger, 2010] wurden für Lkw >7,5t Durchschnittsgeschwindigkeiten im Bereich von 85 bis 87 km/h erhoben. Lkw in der Klasse zwischen 3,5 und 7,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht wurden im Durchschnitt sogar mit deutlich über 90 km/h gemessen.

In der vorliegenden Studie sollen die Auswirkungen dieser Geschwindigkeitsüberschreitungen auf Kraftstoffverbrauch und Emissionen sowie auf die Geräuschemissionen ermittelt werden.

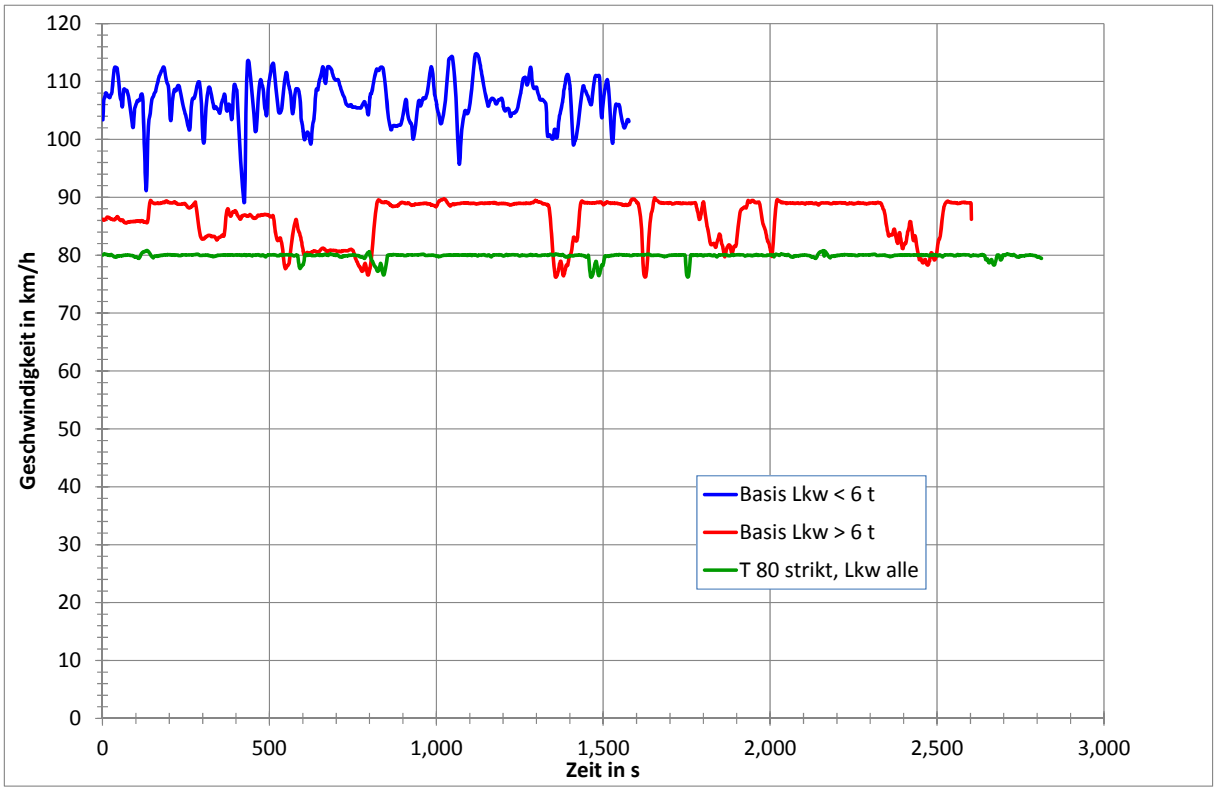
Die Untersuchungen zum Kraftstoffverbrauch und den Emissionen wurden vom Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz durchgeführt. Die Ergebnisse sind in einem separaten Bericht dargestellt. Dieser Bericht befasst sich mit der Auswirkung eines strikten Tempolimits auf die Geräuschemissionen.

Die Geräuschemissionen werden mit dem Modell ROTRANOMO abgeschätzt. Dieses Modell ist das Pendant des Modells PHEM im Geräuschbereich. Es wurde im Rahmen eines EU-Forschungsprojekts entwickelt mit der Zielsetzung, die Ergebnisse von mikroskopischen Verkehrssimulationsmodellen um die Bestimmung der Geräuschemission zu erweitern ([1]). Für die Geräuschberechnung werden dieselben Fahrzyklen verwendet wie für die Berechnung der Schadstoffemissionen. Die Ergebnisse werden sowohl für die einzelnen Fahrzeugklassen als auch aggregiert für die Fahrzeugkategorie schwere Nutzfahrzeuge ausgewiesen.

9. Vorgehensweise und Ergebnisse

Die der Abschätzung zugrunde liegenden Fahrverläufe sind in Abb. 9.1 dargestellt. Wie schon im Bericht der TU Graz ausgeführt, lassen sich die in [2] für die Fahrzeugklasse von 3,5 bis 7,5t Gesamtgewicht erhobenen Geschwindigkeiten deutlich über 90 km/h mit den derzeit im PHEM-Modell für schwere Nutzfahrzeuge fahrzeug- und motorentechnisch abgebildeten Lkw nicht aussagekräftig abbilden. Daher wurde diese Fahrzeuggruppe in Lkw (> 6t – 7,5t) und LNFz-ähnliche Kfz (<= 6t) gesplittet. Die Lkw werden mit den identischen Fahrzyklen wie die Fahrzeuge >7.5t zu simuliert. Die LNFz-ähnlichen werden als leichte Nutzfahrzeuge N1-III mit Dieselmotoren simuliert, wobei Zyklen mit höheren Geschwindigkeiten als Basis vorgegeben werden.

Abb. 9.1 Fahrverläufe für Lkw bis 6 t und über 6 t mit und ohne striktes Tempolimit von 80 km/h



Die Kategorie der schweren Nutzfahrzeuge über 3 500 kg zul. Gesamtmasse ist für die Berechnung der Auspuffemissionen in folgende Klassen hinsichtlich der zul. Gesamtmasse unterteilt:

- Lkw bis 7,5t,

- Lkw >7,5-12t
- Lkw >12-14t
- Lkw >14-20t
- Lkw >20-26t
- Lkw >26-28t
- Lkw >28-32t
- Lkw >32t
- LZ/SZ >20-28t
- LZ/SZ >28-34t
- LZ/SZ >34-40t

Die erste Klasse wurde entsprechend dem vorher gesagten in Lkw bis 6t und über 6 t unterteilt, die Lkw bis 6 t wurden hinsichtlich der Fahrzyklen wie die leichten Nutzfahrzeuge N1-III behandelt. LZ/SZ bedeutet Last- und Sattelzüge.

Zusätzlich ist jede Unterkategorie noch mal in die verschiedenen Abgasstufen von vor EURO I bis EURO V unterteilt.

Das Geräuschmodell ROTRANOMO beinhaltet die folgenden Gesamtmassenklassen:

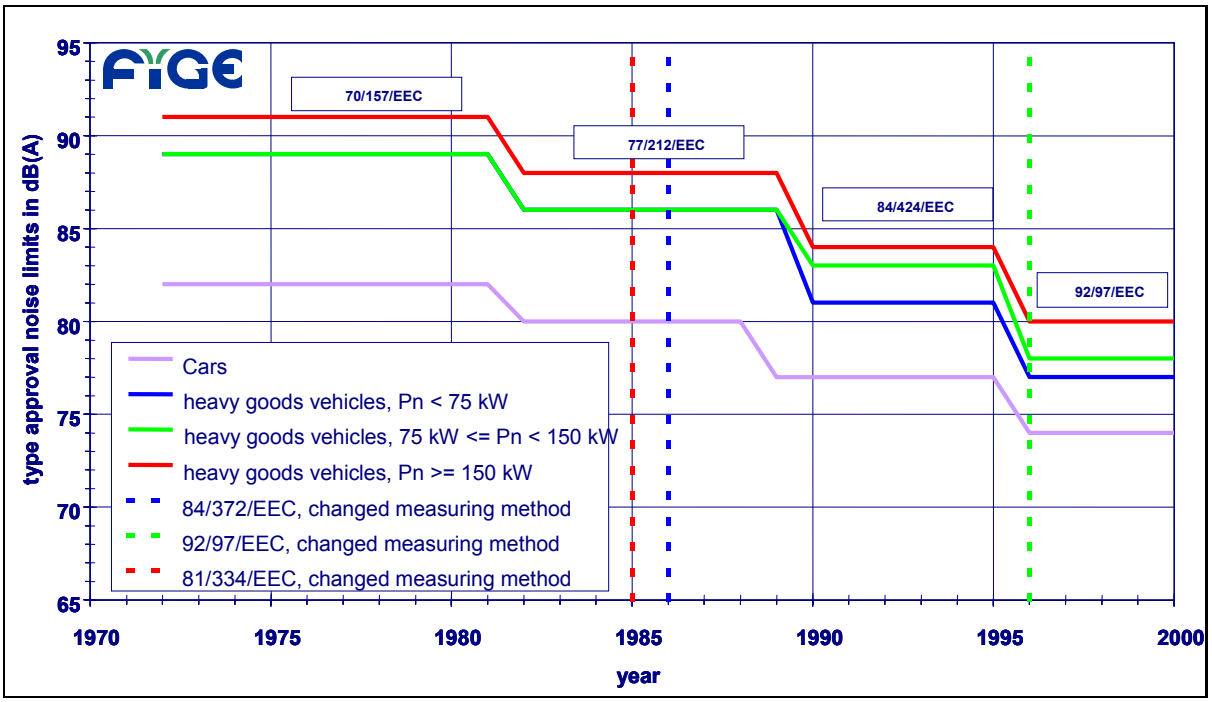
- Lkw bis 7,5t,
- Lkw >7,5-12t
- Lkw >12-14t
- Lkw >14-20t
- Lkw >20t
- LZ/SZ <=32t
- LZ/SZ >32t

Das bedeutet eine etwas gröbere Einteilung als bei den Schadstoffemissionen. Die meisten Klassengrenzen liegen so, dass Gesamtgewichtsklassen aus dem Schadstoffemissionsmodel für die gröbere Klassierung des Geräuschmodells zusammengefasst werden können. Einzig bei Last- und Sattelzügen gibt es eine Abweichung. Die Klassengrenze zwischen der höchsten Klasse liegt beim Schadstoffemissionsmodell bei 34 t, beim Geräuschmodell bei 32 t. Daher wurden die Wichtungen für die Klasse 28 – 34t aus dem

Schadstoffemissionsmodell zu 2/3 der Klasse <= 32t und zu 1/3 der Klasse > 32t des Geräuschmodells zugeordnet.

Analog zu den Schadstoffminderungsstufen EURO I bis EURO V gibt es auch Geräuschemissionsminderungsstufen, die sich aus Grenzwertsenkungen für die Geräuschmessung bei der Typprüfung ergeben (siehe Abb. 9.2). Die letzte Grenzwertsenkung liegt allerdings schon 15 Jahre zurück.

Abb. 9.2 Zeitliche Entwicklung der Geräuschgrenzwerte in der EU



Für die heutige Fahrzeugflotte sind nur die letzten 3 Grenzwertstufen (80 dB, 84 dB und 88 dB) von Bedeutung. Diese suggerieren eine enorme Minderung der Geräuschemission, die allerdings in diesem Umfang im praktischen Betrieb nicht auftritt. Das liegt einmal daran, dass mit den Grenzwertsenkungen oder in der Zwischenzeit auch das Messverfahren geändert wurde, meist in der Weise, dass ein niedrigeres Messergebnis ohne zusätzliche Minderungsmaßnahmen erreicht wurde. Zum anderen wurde bisher bei der Typprüfung für die Geräuschmessung ein extremer Betriebszustand zugrunde gelegt, der in der Praxis selten auftritt. Die Unterschiede zwischen den Emissionen im praktischen Betrieb und bei der Typprüfung werden aber im Geräuschmodell berücksichtigt. Weiterhin wird auch berücksichtigt, dass Lkw > 14t überwiegend mit Traktionsreifen auf der Antriebsachse betrieben werden, die höhere Rollgeräusche verursachen als Reifen mit Längsprofil.

Ein Vergleich der EURO-Stufen der Schadstoffminderungsgesetzgebung mit den Geräuschgrenzwertklassen führt zu folgendem Ergebnis:

- Vor EURO I entspricht einem Grenzwert von 86/88 dB,
- EURO I entspricht einem Grenzwert von 83/84 dB,
- EURO II bis V entspricht einem Grenzwert von 78/80 dB.

Der erste Wert betrifft Fahrzeuge mit Nennleistungen unter 150 kW, der zweite Wert Fahrzeuge mit Nennleistungen ab 150 kW. Nennleistungen unter 75 kW kommen bei den schweren Nutzfahrzeugen praktisch nicht mehr vor.

Mit diesen Festlegungen ergeben sich für die Geräuschmodellklassen die in Tabelle 9.1 dargestellten Wichtungen hinsichtlich der Flottenzusammensetzungen. Analog zu den Schadstoffemissionsberechnungen wurden zwei Szenarien berücksichtigt, einmal mit Fahrleistungsanteilen nach HBEFA 3.1 und einmal mit Fahrleistungsanteilen nach Pumberger. Die Klasse <= 7,5 t wurde analog zur Vorgehensweise bei der Schadstoffemissionsberechnung noch in Lkw und LNfz-ähnliche Fahrzeuge unterteilt mit Wichtungen von 58% und 42%. Da die Fahrzeuge <= 7,5 t üblicherweise mit Motoren mit Nennleistungen unter 150 kW ausgerüstet sind, ergibt sich für neuere Fahrzeuge ein Geräuschgrenzwert von 78 dB(A). In der Klasse 7,5 – 14 t kommen Motorisierungen unter und über 150 kW vor. Deshalb sind jeweils zwei Grenzwerte angegeben. Bei den höheren Gesamtgewichtsklassen liegen die Nennleistungen über 150 kW, was einem Grenzwert von 80 dB(A) entspricht.

Tabelle 9.1 Fahrzeugklassen des Geräuschmodells und zugehörige Wichtungen für die Flottenzusammensetzung

Gesamt-massenklasse	Geräusch-minderungsstufe	Fahrzeugklasse	Geräuschgrenzwert in dB(A)	Wichtung	
				HBEFA 3.1	Pumberger
10	2	LKW <7,5t	86	0.15%	0.92%
10	3	LKW <7,5t	83	0.10%	0.58%
10	4	LKW <7,5t	78	1.57%	9.40%
12	2	LKW 7,5-14t	86/88	0.47%	0.36%
12	3	LKW 7,5-14t	83/84	0.31%	0.24%
12	4	LKW 7,5-14t	78/80	4.32%	3.33%
15	2	LKW 14-20t	88	0.49%	0.38%
15	3	LKW 14-20t	84	0.26%	0.20%
15	4	LKW 14-20t	80	3.62%	2.79%
17	2	LKW > 20t	88	0.36%	0.53%
17	3	LKW > 20t	84	0.42%	0.62%
17	4	LKW > 20t	80	9.66%	14.16%
19	2	LZ/SZ <= 32t	88	0.12%	0.10%
19	3	LZ/SZ <= 32t	84	0.17%	0.14%
19	4	LZ/SZ <= 32t	80	8.64%	7.34%
21	2	LZ/SZ >32t	88	0.39%	0.33%
21	3	LZ/SZ >32t	84	0.89%	0.75%
21	4	LZ/SZ >32t	80	68.05%	57.83%
				100.00%	**100.00%**

Die von der TU Graz erhaltenen Fahrzyklen (siehe Abb. 9.1) wurden als Eingangsgrößen für die Geräuschberechnung verwendet. Das Modell bestimmt spezifisch für die verschiedenen Größenklassen aus den Geschwindigkeitsverläufen Verläufe von Rollgeräusch, Motordrehzahl und Motorbelastung und daraus Verläufe des Antriebsgeräusches, und zwar als (mitfahrende) maximale Vorbeifahrtpegel in 7,5 m Entfernung und 1,2 m Höhe über Straßenniveau. Für die Bestimmung der Rollgeräusche wurde Splittmastixasphalt mit einer Korngröße bis 11 mm zugrunde gelegt. Roll- und Antriebsgeräuschpegel werden dann zum Gesamtgeräuschpegel energetisch addiert.

In Abb. 9.3 sind beispielhaft die Verläufe von Geschwindigkeit und Gesamtgeräuschpegel mit und ohne Tempolimit für die leichten Nutzfahrzeugen ähnlichen Lkw <= 6t über der Wegstrecke für ca. 50 km dargestellt. Hier wird dank der hohen Ausgangsgeschwindigkeiten von bis zu 115 km/h eine deutliche Geräuschminderung von ca. 3 dB(A) erreicht. Bei den größeren Lkw ist dies wegen der deutlich niedrigeren Ausgangsgeschwindigkeiten nicht der Fall. Abb. 9.4 zeigt beispielhaft die Verläufe von Geschwindigkeit und Gesamtgeräuschpegel mit und ohne Tempolimit für Last- und Sattelzüge > 32 t über der Wegstrecke für ca. 50 km. Hier beträgt die Pegelminderung etwa 1 dB(A).

Für eine allgemeinere Aussage wurden die Vorbeifahrtpegel über den gesamten Zyklusverlauf energetisch gemittelt und auf stündliche Beiträge eines Fahrzeugs zum Mittelungspegel in 25 m Entfernung und 4 m Höhe umgerechnet. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Tabelle 9.2 zusammengestellt. Die Ergebnisse für die gesamte Flotte sind jeweils ge-

trennt für die beiden Wichtungsszenarien HBEFA 3.1 und Pumberger angegeben (siehe Tabelle 9.1). Interessanter weise ergibt sich für beide Szenarien dieselbe Minderung von 0,9 dB(A). Dies liegt daran, dass beim Szenario nach Pumberger der Ausgangswert um 0,3 dB(A) geringer ist als beim Szenario nach HBEFA 3.1, da die kleineren und etwas leiseren Fahrzeuge ein höheres Gewicht haben.

Selbst wenn man annimmt, dass alle Lkw bis 14 t im Ausgangszustand so schnell fahren wie die Lkw bis 6 t, ergibt sich für das Szenario nach HBEFA 3.1 keine Änderung in der Minderungswirkung und beim Szenario nach Pumberger nur eine geringe Verbesserung von 0,9 auf 1 dB(A), weil die kleinen Lkw insgesamt hinsichtlich der Fahrleistungen nur ein geringes Gewicht haben.

Eine Minderung von 0,9/1,0 dB(A) entspricht einer Verringerung des Fahrzeugaufkommens von 19%/21%.

Abb. 9.3 Geschwindigkeits- und Pegelverläufe für leichte Nutzfahrzeug ähnliche Lkw <= 4,4t mit und ohne Tempolimit

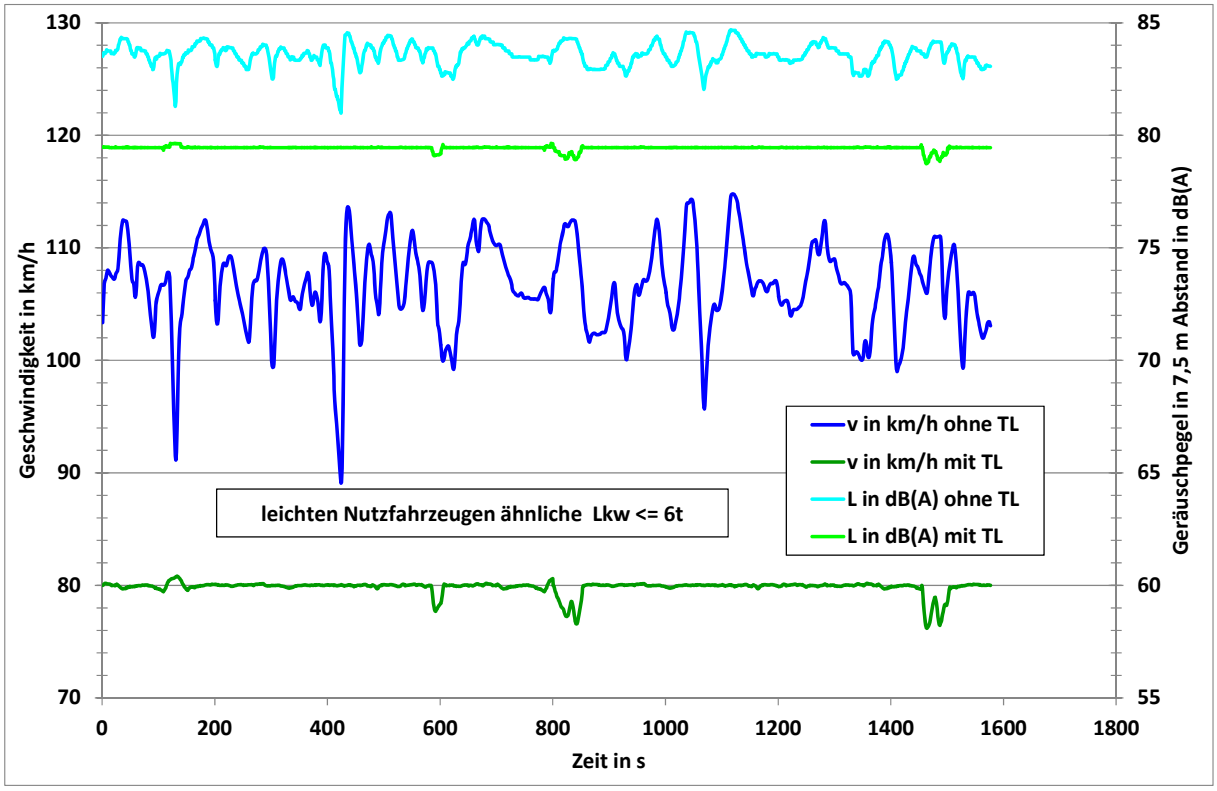


Abb. 9.4 Geschwindigkeits- und Pegelverläufe für Lkw > 4,4t – 7,5t mit und ohne Tempolimit

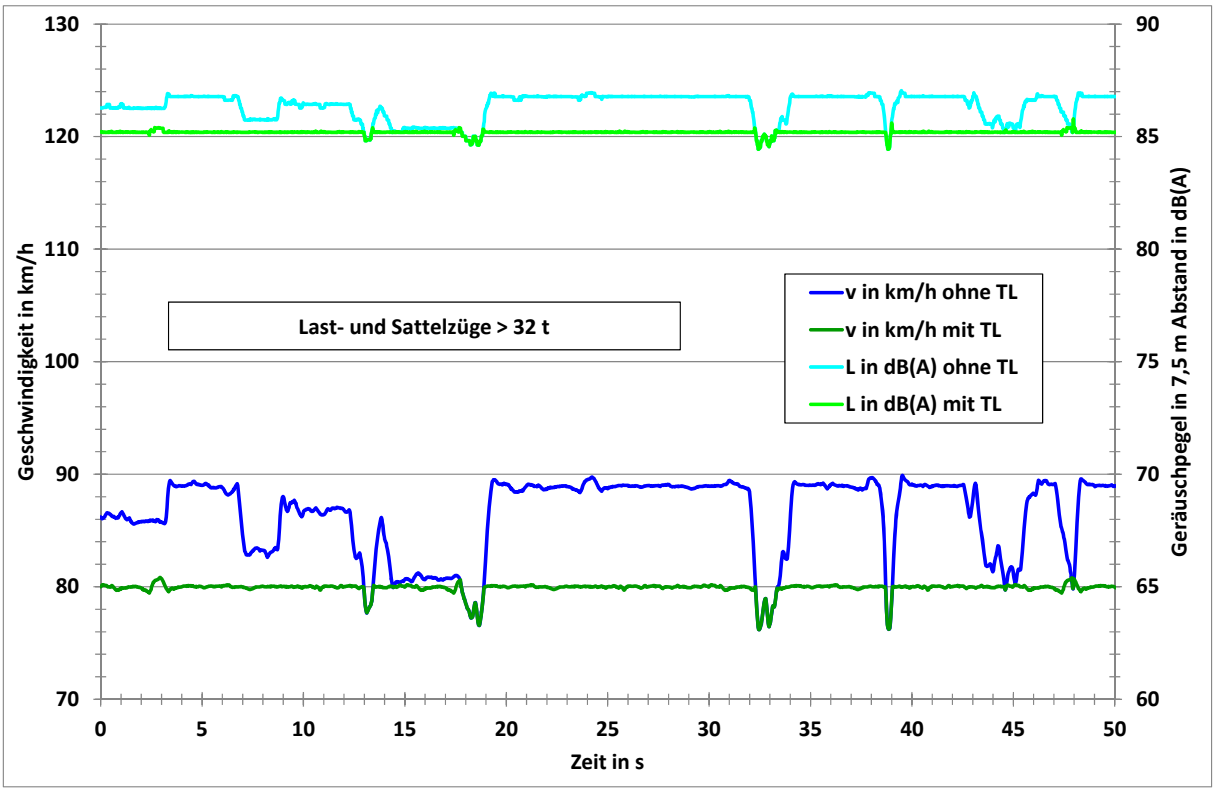


Tabelle 9.2 Ergebnisse der Geräuschberechnungen nach Fahrzeugklassen

Lkw-Klasse	Fahrzustand	Durchschnitts-geschwindigkeit in km/h	stündlicher Beitrag eines Fahrzeugs zum Mittelungspegel in dB(A)	Minderung in dB(A)
Lkw <= 6 t	ohne TL	106.6	40.2	
	mit TL	79.9	37.2	2.9
Lkw > 6 - 7,5t	ohne TL	86.3	38.2	
	mit TL	79.9	37.4	0.8
Lkw 7,5 - 14t	ohne TL	86.3	39.2	
	mit TL	79.9	38.4	0.8
Lkw 14 - 20t	ohne TL	86.3	39.9	
	mit TL	79.9	39.0	0.8
Lkw > 20t	ohne TL	86.3	42.1	
	mit TL	79.9	41.3	0.9
LZ/SZ <= 32t	ohne TL	86.3	43.3	
	mit TL	79.9	42.4	0.9
LZ/SZ > 32t	ohne TL	86.3	43.7	
	mit TL	79.9	42.9	0.9
gesamte Flotte, HBEFA 3.1	**ohne TL**	**86.5**	**43.2**	
	mit TL	**79.9**	**42.4**	**0.9**
gesamte Flotte, Pumberger	**ohne TL**	**87.2**	**42.9**	
	mit TL	**79.9**	**42.0**	**0.9**

Tabelle 9.3 Ergebnisse der Geräuschberechnungen nach Fahrzeugklassen unter der Annahme, dass alle Lkw bis 14 t so schnell fahren wie die Lkw <= 6 t

Lkw-Klasse	Fahrzustand	Durchschnitts-geschwindigkeit in km/h	stündlicher Beitrag eines Fahrzeugs zum Mittelungspegel in dB(A)	Minderung in dB(A)
Lkw <= 6 t	ohne TL	106.6	40.2	
	mit TL	79.9	37.2	2.9
Lkw > 6 - 7,5t	ohne TL	86.3	40.3	
	mit TL	79.9	37.4	2.9
Lkw 7,5 - 14t	ohne TL	86.3	41.3	
	mit TL	79.9	38.4	2.9
Lkw 14 - 20t	ohne TL	86.3	39.9	
	mit TL	79.9	39.0	0.8
Lkw > 20t	ohne TL	86.3	42.1	
	mit TL	79.9	41.3	0.9
LZ/SZ <= 32t	ohne TL	86.3	43.3	
	mit TL	79.9	42.4	0.9
LZ/SZ > 32t	ohne TL	86.3	43.7	
	mit TL	79.9	42.9	0.9
gesamte Flotte, HBEFA 3.1	**ohne TL**	**86.5**	**43.3**	
	mit TL	**79.9**	**42.4**	**0.9**
gesamte Flotte, Pumberger	**ohne TL**	**87.2**	**43.0**	
	mit TL	**79.9**	**42.0**	**1.0**

10. Zusammenfassung

Trotz des derzeit gültigen Tempolimits von 80 km/h für Lkw größer 3,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht fahren diese Fahrzeuge auf Autobahnen zu einem überwiegenden Anteil mit höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten. In einer Studie des Kuratoriums für Verkehrssicherheit [Pumberger, 2010] wurden für Lkw >7,5t Durchschnittsgeschwindigkeiten im Bereich von 85 bis 87 km/h erhoben. Lkw in der Klasse zwischen 3,5 und 7,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht wurden im Durchschnitt sogar mit deutlich über 90 km/h gemessen.

In der vorliegenden Studie sollen die Auswirkungen dieser Geschwindigkeitsüberschreitungen auf Kraftstoffverbrauch und Emissionen sowie auf die Geräuschemissionen ermittelt werden.

Die Untersuchungen zum Kraftstoffverbrauch und den Emissionen wurden vom Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz durchgeführt. Die Ergebnisse sind in einem separaten Bericht dargestellt. Dieser Bericht befasst sich mit der Auswirkung eines strikten Tempolimits auf die Geräuschemissionen.

Die Geräuschemissionen werden mit dem Modell ROTRANOMO abgeschätzt. Dieses Modell ist das Pendant des Modells PHEM im Geräuschbereich. Es wurde im Rahmen eines EU-Forschungsprojekts entwickelt mit der Zielsetzung, die Ergebnisse von mikroskopischen Verkehrssimulationsmodellen um die Bestimmung der Geräuschemission zu erweitern ([1]). Für die Geräuschberechnung werden dieselben Fahrzyklen verwendet wie für die Berechnung der Schadstoffemissionen. Die Ergebnisse werden sowohl für die einzelnen Fahrzeugklassen als auch aggregiert für die Fahrzeugkategorie schwere Nutzfahrzeuge ausgewiesen.

Das Geräuschmodell ROTRANOMO hat eine ähnliche aber nicht identische Einteilung nach Gesamtmassenklassen wie das Schadstoffemissionsmodell PHEM. Hinsichtlich der Geräuschemissionsklassen sind für die heutige Fahrzeugflotte nur die letzten 3 Grenzwertstufen (80 dB, 84 dB und 88 dB) von Bedeutung. Ein Vergleich der EURO-Stufen der Schadstoffminderungsgesetzgebung mit den Geräuschgrenzwertklassen führt zu folgendem Ergebnis:

- Vor EURO I entspricht einem Grenzwert von 86/88 dB,
- EURO I entspricht einem Grenzwert von 83/84 dB,
- EURO II bis V entspricht einem Grenzwert von 78/80 dB.

Der erste Wert betrifft Fahrzeuge mit Nennleistungen unter 150 kW, der zweite Wert Fahrzeuge mit Nennleistungen ab 150 kW.

Mit diesen Festlegungen konnten die Flottenzusammensetzungswichtungen aus PHEM in das Geräuschmodell überführt werden und zwar für zwei unterschiedliche Gewichtungsszenarien (HBEFA 3.1 und Pumberger). Die von der TU Graz erhaltenen Fahrzyklen mit und ohne Tempolimit wurden als Eingangsgrößen für die Geräuschberechnung verwendet. Das Modell bestimmt spezifisch für die verschiedenen Größenklassen aus den Geschwindigkeitsverläufen Verläufe von Rollgeräusch, Motordrehzahl und Motorbelastung und daraus Verläufe des Antriebsgeräusches und zwar als (mitfahrende) maximale Vorbeifahrtpegel in 7,5 m Entfernung und 1,2 m Höhe über Straßenniveau. Für die Bestimmung der Rollgeräusche wurde Splittmastixasphalt mit einer Korngröße bis 11 mm zugrunde gelegt. Roll- und Antriebsgeräuschpegel werden dann zum Gesamtgeräuschpegel energetisch addiert.

Für eine allgemeinere Aussage wurden die Vorbeifahrtpegel über den gesamten Zyklusverlauf energetisch gemittelt und auf stündliche Beiträge eines Fahrzeugs zum Mittelungspegel in 25 m Entfernung und 4 m Höhe umgerechnet. Es ergab sich für beide Wichtungsszenarien eine über die gesamte Flotte gemittelte Minderung des Beitrags der schweren Nutzfahrzeuge zum Mittelungspegel von 0,9 dB(A).

Selbst wenn man annimmt, dass alle Lkw bis 14 t im Ausgangszustand so schnell fahren wie die Lkw bis 6 t, ergibt sich für das Szenario nach HBEFA 3.1 keine Änderung in der Minderungswirkung und beim Szenario nach Pumberger nur eine geringe Verbesserung von 0,9 auf 1 dB(A), weil die kleinen Lkw insgesamt hinsichtlich der Fahrleistungen nur ein geringes Gewicht haben.

Eine Minderung von 0,9/1,0 dB(A) entspricht einer Verringerung des Fahrzeugaufkommens von 19%/21%.

11. Literatur

[1] Steven H., e.al.: ROTRANOMO, Development of a Microscopic Road Traffic Noise Model for the Assessment of Noise Reduction Measures, Project no. GRD2-2001-50091, funded by the European Community under the ‘Competitive and Sustainable Growth’ Programme (1998-2002)

[2] Pumberger A., Fessl T. Authried N.: Lkw-Geschwindigkeitsverhalten auf Autobahnen. Erstellt vom Kuratorium für Verkehrssicherheit im Auftrag der Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien und der ASFINAG. Wien, 1.Dezember 2010