

Evaluierung der emissionsseitigen Auswirkungen der Einführung einer durchgehenden 100 km/h Beschränkung auf der A 12 bei Imst anhand gemessener Geschwindigkeitsverteilungen

Erstellt im Auftrag der

Tiroler Landesregierung

Report Nr. I-07/2006 Rex-Em 10/06/679 vom 22.05.2006

Dieser Bericht darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassen und
Hinzufügen, veröffentlicht werden.

Sollte er auszugsweise abgedruckt oder vervielfältigt werden,
so ist vorher die schriftliche Genehmigung der Ersteller einzuholen.

**Evaluierung der emissionsseitigen Auswirkungen
der Einführung einer durchgehenden 100 km/h Beschränkung
auf der A 12 bei Imst
anhand gemessener Geschwindigkeitsverteilungen**

Freigegeben	Univ. Prof. Dr. Helmut Eichlseder	22.5.2006	
Erstellt	D.I. Martin Rexeis	22.5.2006	

INHALT

1	Aufgabenstellung	4
2	Grundlagen Emissionsberechnung	4
3	Datengrundlage	6
4	Ergebnisse	15
4.1	Geschwindigkeitsverteilungen	15
4.2	Emissionsausstoß	18
4.3	Vergleich der Ergebnisse mit den Resultaten aus der Studie 2005 [1]	19
5	Zusammenfassung	20
6	Literatur	20

1 Aufgabenstellung

Auf der Inntal-Autobahn A 12 bei Imst wurde mit 23.12.2005 die zulässige Höchstgeschwindigkeit für Fahrzeuge mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht kleiner 3.5t von 130 km/h zwischen 5 und 22 Uhr bzw. 110 km/h von 22 bis 5 Uhr auf ganztägig 100 km/h reduziert. Das emissionsseitige Potenzial dieser Maßnahme wurde vorab bereits in einer Studie [1] im Sommer 2005 abgeschätzt. Die dabei verwendeten Durchschnittsgeschwindigkeiten für die verschiedenen Fahrzeugkategorien bei den verschiedenen Tempolimits wurden soweit verfügbar dem Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 2.1 (HBEFA2.1) [11] entnommen bzw. geschätzt.

In der vorliegenden Arbeit wurden anhand von an der Zählstelle auf der A 12 bei Imst gemessenen Fahrzeuggeschwindigkeiten die durch die Absenkung des Tempolimits erzielten Emissionsreduktionen überprüft. Als Eingabedaten für die Emissionsberechnungen stehen dabei Fahrzeuggeschwindigkeitsverteilungen für die Monate Jänner 2005 (vor Einführung des Tempolimits) sowie Jänner 2006 (nach Einführung des Tempolimits) zur Verfügung. Die Daten wurden nicht explizit auf eventuelle witterungsbedingte Einflüsse auf die Geschwindigkeitsverteilungen (z.B. Behinderungen durch Schneefall etc.) bereinigt.

2 Grundlagen Emissionsberechnung

Die Schadstoffemissionen des Verkehrs auf einem Straßenabschnitt ergeben sich aus der Multiplikation von Emissionsfaktoren (Einheit: g pro km) mit dem Verkehrsaufkommen (Einheit: Fahrzeuge pro Tag bzw. pro Stunde) und der Streckenlänge. Die Berechnung wird getrennt für einzelne Flottensegmente durchgeführt, danach wird die Summe für den gesamten Verkehr gebildet.

Der Emissionsfaktor eines bestimmten Fahrzeuges ist im Wesentlichen vom Fahrzyklus (Fahrzeuggeschwindigkeit über der Zeit bzw. Strecke, üblicherweise definiert durch Durchschnittsgeschwindigkeit und sog. „Dynamikparameter“, die das Beschleunigungs- und Verzögerungsverhalten beschreiben), der Verkehrssituation (Straßentyp, Tempolimit und Verkehrsdichte), der Steigung des betrachteten Straßenstücks sowie durch Kaltstartanteile bestimmt. Bei der Berechnung der Emissionen eines Straßenstücks ist weiters die Zusammensetzung des Verkehrs von entscheidender Bedeutung, wobei die Flotte in Fahrzeugkategorien (z.B. PKW, Solo LKW) sowie in Emissionsstandards (Abgasgesetzgebung, nach denen die Fahrzeuge erstzugelassen wurden, z.B. „EURO 3“) und Antriebsart (Otto, Diesel) unterteilt wird.

Die Emissionsberechnung erfolgt in dieser Arbeit mit dem am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik entwickelten Simulationsmodell „NEMO“ (Network Emission Model) [2]. Dieses Kapitel gibt eine kurze Einführung in die zugrunde liegende Methodik.

NEMO verknüpft eine detaillierte Berechnung der Flottenzusammensetzung mit fahrzeugfeiner Emissionssimulation. Das Programm ist konsistent mit den ebenfalls am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik entwickelten Modellen PHEM ([3] bis [9]) und GLOBEMI (automatisierte Bilanzierung von Verbrauchs-, Emissions- und Verkehrsdaten in größeren Gebieten, [10]) sowie der aktuellen Ausgabe des Handbuchs für Emissionsfaktoren, Version 2.1A [11].

NEMO gliedert die Flotte in sog. Fahrzeugschichten, die durch folgende Merkmale charakterisiert sind:

- Fahrzeugkategorie (z.B. PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Solo LKW, ...)
- Antriebsart (Benzin, Diesel sowie optional zusätzlich alternative Antriebe wie z.B. Erdgas)
- Größenklasse (Unterscheidungsmerkmal: Hubraum oder höchstzulässiges Gesamtgewicht)
- Emissionsklasse (Gesetzgebung, nach der das Fahrzeug erstzugelassen wurde, z.B. EURO 1, EURO 2, ...)
- Zusätzlich (nachgerüstete) Abgasnachbehandlungssysteme (z.B. Partikel-Katalysator)

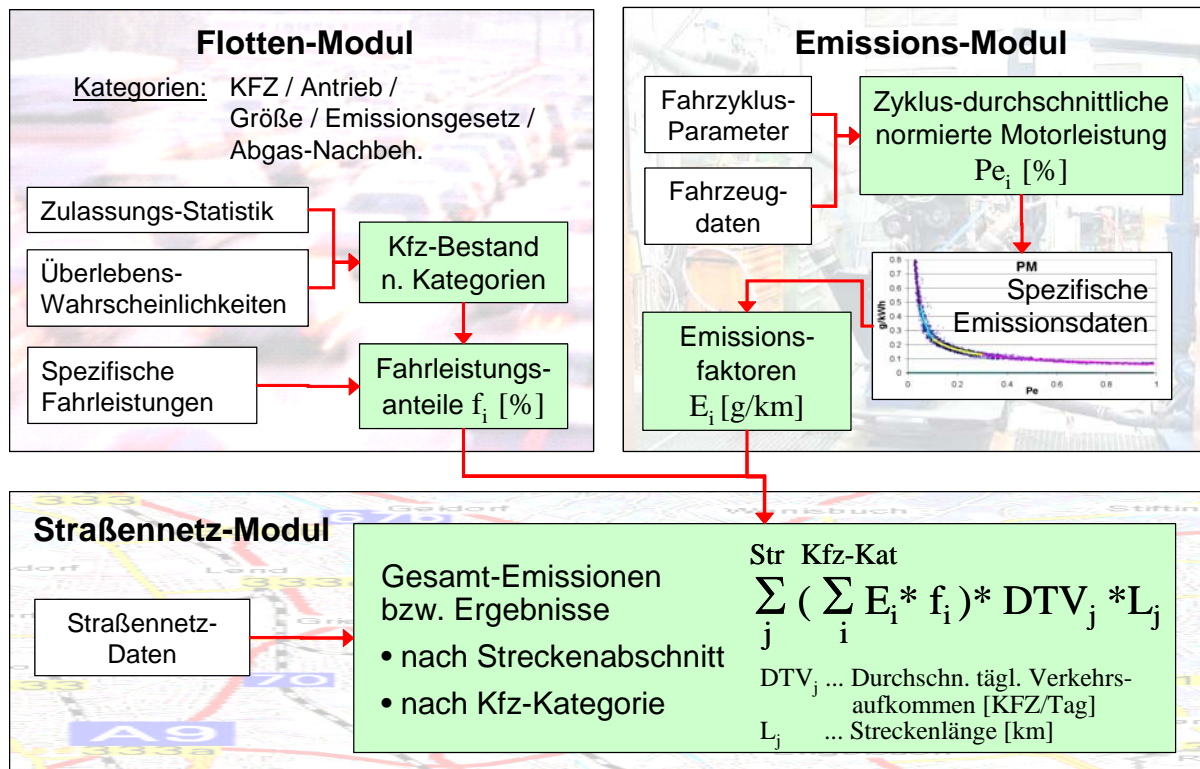
Eine Fahrzeugschicht ist z.B. „Solo LKW mit Dieselmotor, höchstzulässiges Gesamtgewicht zwischen 7.5 und 15 Tonnen, erstzugelassen nach EURO 3 ohne zusätzliche Abgasnachbehandlung“.

Für den Emissionsausstoß auf Straßennetzwerken sind die Fahrleistungsanteile der einzelnen Fahrzeugschichten relevant. Die Berechnung dieser Anteile erfolgt in Abhängigkeit von Bezugsjahr und Straßenkategorie nach folgendem Schema:

- (1) Hochrechnung des Kfz-Bestandes nach dem Jahrgang der Erstzulassung, Motortyp und sonstigen Unterscheidungsmerkmalen (Hubraum oder zulässiges Gesamtgewicht) aus der Bestandsstruktur des Vorjahres mittels alters- und fahrzeuggrößeabhängigen Ausfallwahrscheinlichkeiten.
- (2) Abschätzung der spezifischen Jahresfahrleistungen der Kfz nach Zulassungsjahrgängen und sonstigen Unterscheidungsmerkmalen mittels alters- und hubraum- bzw. masseabhängigen Fahrleistungsfunktionen.

Für sämtliche Fahrzeugschichten werden von NEMO für die auf den einzelnen Streckenabschnitten gegebenen Fahrzyklen und Fahrbahnlängsneigungen die entsprechenden Emissionsfaktoren simuliert. Grundlage ist dabei die Ermittlung der zyklusdurchschnittlichen normierten Motorleistung aus Fahrzeugdaten sowie Kinematik-Parametern, welche die Dynamik des Fahrzyklus beschreiben. Die Abbildung des spezifischen Emissionsverhaltens der verschiedenen Motorkonzepte erfolgt mit Hilfe des Modells PHEM (für Schwere Nutzfahrzeuge) bzw. mittels mit dem Modell PHEM aufbereiteter Daten aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren (für PKW und leichte Nutzfahrzeuge sowie Motorräder). Bei der Berechnung der Partikelemissionen werden zusätzlich zu den Auspuffemissionen noch die Emissionen aus Reifen- und Bremsenabrieb sowie aus Aufwirbelung von Straßenstaub berücksichtigt. Während sich die Schadstoffkomponenten, die direkt aus dem motorischen Abgas stammen, für den Flotendurchschnitt modellmäßig sehr gut quantifizieren lassen, ist die Wiederaufwirbelung von Staub jener Emissionsanteil des Straßenverkehrs, der mit der größten Unsicherheit behaftet ist. Im Modell NEMO werden Emissionsfaktoren verwendet, die aus Angaben in [12] abgeleitet wurden (siehe Tabelle 1). Die gesamten Emissionen auf einem Streckenstück ergeben sich dann aus den Fahrleistungen der einzelnen Schichten multipliziert mit deren Emissionsfaktoren. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung des Emissionsmodells NEMO.

NEMO Network Emission Model



Option: Verknüpfung mit Ausbreitungsmodell GRAL

Abbildung 1: Schema Emissionsmodell NEMO

3 Datengrundlage

Für die Evaluierung der emissionsseitigen Wirkungen der Verschärfung des Tempolimits stehen die an der Dauerzählstelle auf der A 12 bei Imst gemessenen Geschwindigkeitsverteilungen für die Vergleichsmonate Jänner 2005 bzw. Jänner 2006 zur Verfügung. Die Datensätze geben die durchschnittliche Anzahl der Fahrzeuge pro Stunde je Geschwindigkeitsklasse (Einteilung in 10 km/h Schritten) für 5 Fahrspuren (je 2 Fahrstreifen Richtung Innsbruck und Landeck, 1 Beschleunigungstreifen Richtung Landeck) an. Für die weiterführenden Analysen wurden die Daten der Beschleunigungsspur ausgeklammert, da sich hier durch die Einführung des Tempolimits keine Auswirkungen ergeben. Die Daten liegen nur für den Gesamtverkehr vor, d.h. es kann in den Geschwindigkeitsverteilungen keine unmittelbare Zuordnung zu den Fahrzeugkategorien (PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), schwere Nutzfahrzeuge (SNF)) getroffen werden. Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigen die entsprechenden Daten, wobei bereits die Summe über die 4 betrachteten Fahrspuren gebildet wurde.

Tabelle 1: Durchschnittliche Anzahl der Fahrzeuge nach Geschwindigkeitskategorie (alle Fahrzeugkategorien) auf der A 12 bei Imst für den Jänner 2005 (Fahrzeuge auf der Beschleunigungsspur nicht berücksichtigt), Tagstunden fett gedruckt

Uhrzeit	0-20 km/h	20-30 km/h	30-40 km/h	40-50 km/h	50-60 km/h	60-70 km/h	70-80 km/h	80-90 km/h	90-100 km/h	100- 110 km/h	110- 120 km/h	120- 130 km/h	130- 140 km/h	140- 150 km/h	>150 km/h
00-01:	0	0	0	1	1	4	7	14	20	27	24	15	5	2	0
01-02:	0	0	0	1	1	3	6	12	15	18	16	8	4	2	0
02-03:	0	0	0	0	2	3	5	11	11	13	10	7	2	2	0
03-04:	0	0	0	1	2	4	7	13	11	13	12	6	3	1	0
04-05:	0	0	1	1	2	5	7	20	16	17	17	8	4	2	0
05-06:	0	0	1	2	3	3	10	37	29	32	34	26	11	5	1
06-07:	0	0	0	2	3	6	14	70	52	71	86	71	38	15	4
07-08:	0	0	0	1	2	5	22	84	80	125	162	151	86	30	8
08-09:	0	0	0	1	2	3	12	76	93	140	189	190	103	41	10
09-10:	1	0	1	2	2	2	12	81	102	174	224	196	102	40	11
10-11:	8	6	1	1	2	3	12	85	123	208	266	239	116	40	11
11-12:	38	9	6	5	5	5	16	86	112	201	272	248	121	45	13
12-13:	27	7	2	0	2	4	18	81	102	195	263	242	122	50	13
13-14:	19	3	1	3	5	10	25	85	104	188	260	242	122	46	14
14-15:	0	0	3	1	2	4	14	83	110	199	266	240	127	46	13
15-16:	0	0	0	1	2	2	12	76	109	205	276	257	133	52	15
16-17:	0	0	0	1	2	2	9	73	111	213	290	290	159	66	18
17-18:	0	0	0	2	5	10	24	85	134	217	273	252	136	51	11
18-19:	0	0	0	2	3	6	16	70	114	181	217	200	111	43	10
19-20:	0	0	0	0	2	4	11	59	85	124	158	144	75	33	10
20-21:	0	0	0	0	2	2	13	49	66	91	107	93	50	20	7
21-22:	0	0	0	1	2	3	11	40	44	58	67	55	31	14	4
22-23:	0	0	0	1	2	7	14	29	39	54	50	33	15	6	2
23-00:	0	0	0	0	2	6	12	23	28	42	38	24	11	5	2

Tabelle 2: Durchschnittliche Anzahl der Fahrzeuge nach Geschwindigkeitskategorie (alle Fahrzeugkategorien) auf der A 12 bei Imst für den Jän-ner 2006 (Fahrzeuge auf der Beschleunigungsspur nicht berücksichtigt), Tagstunden fett gedruckt

Uhrzeit	0-20 km/h	20-30 km/h	30-40 km/h	40-50 km/h	50-60 km/h	60-70 km/h	70-80 km/h	80-90 km/h	90-100 km/h	100- 110 km/h	110- 120 km/h	120- 130 km/h	130- 140 km/h	140- 150 km/h	>150 km/h
00-01:	0	0	0	0	0	6	10	22	43	42	27	12	5	4	0
01-02:	0	0	0	0	0	5	8	18	29	28	16	8	3	1	0
02-03:	0	0	0	0	0	4	7	14	18	16	11	7	2	0	0
03-04:	0	0	0	0	0	3	6	13	15	13	8	4	2	1	0
04-05:	0	0	0	0	0	3	6	16	15	15	8	4	2	0	0
05-06:	0	0	0	0	0	5	10	25	23	21	12	6	2	1	0
06-07:	0	0	0	0	0	3	9	49	43	38	22	9	4	1	0
07-08:	0	0	0	0	0	4	19	95	120	111	56	28	12	5	1
08-09:	0	0	0	0	0	4	18	105	216	216	115	54	23	9	2
09-10:	0	0	0	0	0	2	12	104	233	239	154	92	40	14	3
10-11:	0	0	0	0	0	2	14	121	271	261	159	90	38	13	3
11-12:	0	0	0	0	0	2	17	136	321	305	179	97	40	14	5
12-13:	0	0	0	0	0	2	15	124	316	327	191	107	41	13	4
13-14:	0	0	0	0	0	1	13	113	285	316	188	100	40	14	4
14-15:	0	0	0	0	0	2	15	120	305	304	179	100	39	13	4
15-16:	0	0	0	0	0	2	14	118	309	294	180	97	38	15	4
16-17:	0	0	0	0	0	1	15	124	315	314	191	106	43	16	4
17-18:	0	0	0	0	0	2	12	122	343	350	202	115	46	18	5
18-19:	0	0	0	0	0	2	17	132	344	341	195	102	40	14	4
19-20:	0	0	0	0	0	2	12	105	258	269	156	88	37	15	4
20-21:	0	0	0	0	0	1	10	79	183	188	116	67	30	11	4
21-22:	0	0	0	0	0	2	9	63	125	130	76	44	20	8	3
22-23:	0	0	0	0	0	2	7	49	83	84	52	30	14	6	2
23-00:	0	0	0	0	0	8	13	38	60	59	33	20	9	4	1

Um die Auswirkungen der Verschärfung des Tempolimits auf den Emissionsausstoß von anderen Ursachen von Differenzen zwischen den beiden Vergleichsmonaten zu isolieren, wurden bei der Erstellung der Eingabedaten für die Emissionssimulation folgende Schritte vorgenommen:

1. Das Gesamtverkehrsaufkommen im Jänner 2006 wurde gleich dem Gesamtverkehrsaufkommen im Jänner 2005 gesetzt
2. Die Emissionsberechnung wird in beiden Fällen für die Flottenzusammensetzung des Jahres 2005 durchgeführt (für den Jänner des Jahres 2006 würden sich allein aufgrund des höheren Anteils an Fahrzeugen mit modernen Emissionsstandards Emissionsreduktionen gegenüber Jänner 2005 ergeben)
3. In den Geschwindigkeitsverteilungen wurden Fahrzeuge kleiner 3.5t höchstzulässigem Gesamtgewicht (d.h. PKW und LNF) sowie Fahrzeuge größer 3.5t höchstzulässigem Gesamtgewicht („schwere Nutzfahrzeuge“, d.h. Solo LKW, Last- und Sattelzüge sowie Busse) getrennt. Dies erfolgte anhand der bekannten Flottenzusammensetzung aus [1] (Basisjahr 2004, Werte getrennt nach Tag- bzw. Nachtstunden). Dabei wurden die jeweils langsamsten Fahrzeuge in den Geschwindigkeitsverteilungen dem Schwerverkehr zugeordnet.
4. Im Jänner 2005 scheinen in den Geschwindigkeitsverteilungen der Tagstunden rund 200 Fahrzeuge mit Durchschnittsgeschwindigkeiten kleiner als 60 km/h auf. Im Jänner 2006 findet sich kein entsprechender Effekt. Die Ursache dieser hohen Anzahl an Langsamfahrern könnte z.B. in schlechten Witterungsverhältnissen oder aber z.B. technischen Problemen bei der Geschwindigkeitsmessung liegen, steht aber wahrscheinlich in keinem Zusammenhang mit der Auswirkung der verschiedenen Tempolimits. Daher wurden für die weiterführenden Analysen für beide Vergleichsmonate alle Fahrzeuge mit Geschwindigkeiten kleiner als 60 km/h (Geschwindigkeiten kleiner als das Tempolimit für SNF in den Nachtstunden) in die Geschwindigkeitsklasse zwischen 80 und 90 km/h verschoben. Damit ergeben sich für SNF für beide Vergleichsmonate sowohl in den Tag- als auch in den Nachtstunden vergleichbare und plausible Durchschnittsgeschwindigkeit, was ohne die Durchführung dieser Verschiebung nicht der Fall ist.

Die so bereinigten Datensätze sind in Tabelle 3 bis Tabelle 6 dargestellt und wurden dann für die Emissionssimulation herangezogen.

Anhand der Geschwindigkeitsmessungen an der Dauerzählstelle können keine Rückschlüsse auf Zusammenhänge zwischen Tempolimit und der Dynamik des Fahrverhaltens (Auftreten von Beschleunigungen und Verzögerungen bzw. die Gleichmäßigkeit des Fahrgeschwindigkeitsverlaufes) getroffen werden. Die Fahrdynamik hat jedoch großen Einfluss auf Kraftstoffverbrauch und Emissionsausstoß. Auch sind derzeit keine grundlegenden Untersuchungen zum Fahrverhalten von PKW und LNF verfügbar, aus denen eine Abschätzung zum Zusammenhang zwischen Tempolimits und Fahrdynamik auf Autobahnen abgeleitet werden könnte. Die Fahrdynamikparameter wurden daher für die vorliegende Studie aus Autobahnfahrzyklen des HBEFA mit ähnlicher Charakteristik und Durchschnittsgeschwindigkeit entnommen. Es ist hier aber darauf hinzuweisen, dass es keine ausreichend detaillierte Studie zum Fahrverhalten von Kfz in Österreich gibt. Dementsprechend gibt es auch keine „österreichischen“ Fahrzyklen und alle verwendeten Daten stammen aus Messungen in Deutschland und Schweiz vom HBEFA 2.1. Wie später in Kap. 4.1 dargestellt, erwiesen sich die Fahrzyklen des HBEFA 2.1 für den Autobahnverkehr auf der A 12 bei Imst bezüglich der Durchschnittsgeschwin-

digkeiten als ungenau. Inwieweit dies für die Fahrdynamik auch gilt kann nicht beurteilt werden¹.

¹ Eine gründliche Untersuchung des Fahrverhaltens in Österreich für typische Straßen und Verkehrssituationen wäre sowohl für die Beurteilung des absoluten Emissionsniveaus als auch für die Abschätzung von Massnahmenwirkungen sinnvoll und könnte eine Aufgabe von Bund-Bundesländerkooperation sein.

Tabelle 3: Für die Emissionsberechnung verwendete Anzahl der **PKW und LNF** nach Geschwindigkeitskategorie auf der A 12 bei Imst **vor** Einführung von des Tempolimits von 100km/h (Fahrzeuge auf der Beschleunigungsspur nicht berücksichtigt), Tagstunden fett gedruckt

Uhrzeit	0-20 km/h	20-30 km/h	30-40 km/h	40-50 km/h	50-60 km/h	60-70 km/h	70-80 km/h	80-90 km/h	90-100 km/h	100- 110 km/h	110- 120 km/h	120- 130 km/h	130- 140 km/h	140- 150 km/h	>150 km/h
00-01:	0	0	0	0	0	0	0	11	20	27	24	15	5	2	0
01-02:	0	0	0	0	0	0	0	9	15	18	16	8	4	2	0
02-03:	0	0	0	0	0	0	0	9	11	13	10	7	2	2	0
03-04:	0	0	0	0	0	0	0	11	11	13	12	6	3	1	0
04-05:	0	0	0	0	0	0	0	16	16	17	17	8	4	2	0
05-06:	0	0	0	0	0	0	0	7	29	32	34	26	11	5	1
06-07:	0	0	0	0	0	0	0	12	52	71	86	71	38	15	4
07-08:	0	0	0	0	0	0	0	14	80	125	162	151	86	30	8
08-09:	0	0	0	0	0	0	0	13	93	140	189	190	103	41	10
09-10:	0	0	0	0	0	0	0	14	102	174	224	196	102	40	11
10-11:	0	0	0	0	0	0	0	17	123	208	266	239	116	40	11
11-12:	0	0	0	0	0	0	0	24	112	201	272	248	121	45	13
12-13:	0	0	0	0	0	0	0	19	102	195	263	242	122	50	13
13-14:	0	0	0	0	0	0	0	19	104	188	260	242	122	46	14
14-15:	0	0	0	0	0	0	0	14	110	199	266	240	127	46	13
15-16:	0	0	0	0	0	0	0	13	109	205	276	257	133	52	15
16-17:	0	0	0	0	0	0	0	12	111	213	290	290	159	66	18
17-18:	0	0	0	0	0	0	0	15	134	217	273	252	136	51	11
18-19:	0	0	0	0	0	0	0	12	114	181	217	200	111	43	10
19-20:	0	0	0	0	0	0	0	10	85	124	158	144	75	33	10
20-21:	0	0	0	0	0	0	0	8	66	91	107	93	50	20	7
21-22:	0	0	0	0	0	0	0	7	44	58	67	55	31	14	4
22-23:	0	0	0	0	0	0	0	21	39	54	50	33	15	6	2
23-00:	0	0	0	0	0	0	0	17	28	42	38	24	11	5	2

Tabelle 4: Für die Emissionsberechnung verwendete Anzahl der **SNF** nach Geschwindigkeitskategorie auf der A 12 bei Imst **vor** Einführung von des Tempolimits von 100km/h (Fahrzeuge auf der Beschleunigungsspur nicht berücksichtigt), Tagstunden fett gedruckt

Uhrzeit	0-20 km/h	20-30 km/h	30-40 km/h	40-50 km/h	50-60 km/h	60-70 km/h	70-80 km/h	80-90 km/h	90-100 km/h	100- 110 km/h	110- 120 km/h	120- 130 km/h	130- 140 km/h	140- 150 km/h	>150 km/h
00-01:	0	0	0	0	0	4	7	5	0	0	0	0	0	0	0
01-02:	0	0	0	0	0	3	6	5	0	0	0	0	0	0	0
02-03:	0	0	0	0	0	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0
03-04:	0	0	0	0	0	4	7	5	0	0	0	0	0	0	0
04-05:	0	0	0	0	0	5	7	8	0	0	0	0	0	0	0
05-06:	0	0	0	0	0	3	10	36	0	0	0	0	0	0	0
06-07:	0	0	0	0	0	6	14	63	0	0	0	0	0	0	0
07-08:	0	0	0	0	0	5	22	73	0	0	0	0	0	0	0
08-09:	0	0	0	0	0	3	12	66	0	0	0	0	0	0	0
09-10:	0	0	0	0	0	2	12	73	0	0	0	0	0	0	0
10-11:	0	0	0	0	0	3	12	86	0	0	0	0	0	0	0
11-12:	0	0	0	0	0	5	16	125	0	0	0	0	0	0	0
12-13:	0	0	0	0	0	4	18	100	0	0	0	0	0	0	0
13-14:	0	0	0	0	0	10	25	97	0	0	0	0	0	0	0
14-15:	0	0	0	0	0	4	14	75	0	0	0	0	0	0	0
15-16:	0	0	0	0	0	2	12	66	0	0	0	0	0	0	0
16-17:	0	0	0	0	0	2	9	64	0	0	0	0	0	0	0
17-18:	0	0	0	0	0	10	24	77	0	0	0	0	0	0	0
18-19:	0	0	0	0	0	6	16	63	0	0	0	0	0	0	0
19-20:	0	0	0	0	0	4	11	51	0	0	0	0	0	0	0
20-21:	0	0	0	0	0	2	13	43	0	0	0	0	0	0	0
21-22:	0	0	0	0	0	3	11	36	0	0	0	0	0	0	0
22-23:	0	0	0	0	0	7	14	11	0	0	0	0	0	0	0
23-00:	0	0	0	0	0	6	12	8	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 5: Für die Emissionsberechnung verwendete Anzahl der **PKW und LNF** nach Geschwindigkeitskategorie auf der A 12 bei Imst **nach** Einführung von des Tempolimits von 100km/h (Fahrzeuge auf der Beschleunigungsspur nicht berücksichtigt, DTV wie Jänner 2005), Tagstunden fett gedruckt

Uhrzeit	0-20 km/h	20-30 km/h	30-40 km/h	40-50 km/h	50-60 km/h	60-70 km/h	70-80 km/h	80-90 km/h	90-100 km/h	100- 110 km/h	110- 120 km/h	120- 130 km/h	130- 140 km/h	140- 150 km/h	>150 km/h
00-01:	0	0	0	0	0	0	0	12	44	43	27	12	5	4	0
01-02:	0	0	0	0	0	0	0	10	29	28	16	8	3	1	0
02-03:	0	0	0	0	0	0	0	8	18	16	11	7	2	0	0
03-04:	0	0	0	0	0	0	0	7	15	13	8	4	2	1	0
04-05:	0	0	0	0	0	0	0	9	15	15	8	4	2	0	0
05-06:	0	0	0	0	0	0	0	8	23	21	12	6	2	1	0
06-07:	0	0	0	0	0	0	0	15	44	39	22	9	4	1	0
07-08:	0	0	0	0	0	0	0	30	122	113	57	28	12	5	1
08-09:	0	0	0	0	0	0	0	33	220	220	117	55	23	9	2
09-10:	0	0	0	0	0	0	0	32	237	243	157	94	41	14	3
10-11:	0	0	0	0	0	0	0	38	276	265	162	92	39	13	3
11-12:	0	0	0	0	0	0	0	42	326	310	182	99	41	14	5
12-13:	0	0	0	0	0	0	0	39	321	333	194	109	42	13	4
13-14:	0	0	0	0	0	0	0	35	290	321	191	102	41	14	4
14-15:	0	0	0	0	0	0	0	37	310	309	182	102	40	13	4
15-16:	0	0	0	0	0	0	0	37	314	299	183	99	39	15	4
16-17:	0	0	0	0	0	0	0	39	320	319	194	108	44	16	4
17-18:	0	0	0	0	0	0	0	38	349	356	205	117	47	18	5
18-19:	0	0	0	0	0	0	0	41	350	347	198	104	41	14	4
19-20:	0	0	0	0	0	0	0	33	262	274	159	89	38	15	4
20-21:	0	0	0	0	0	0	0	25	186	191	118	68	31	11	4
21-22:	0	0	0	0	0	0	0	20	127	132	77	45	20	8	3
22-23:	0	0	0	0	0	0	0	27	84	85	53	31	14	6	2
23-00:	0	0	0	0	0	0	0	21	61	60	34	20	9	4	1

Tabelle 6: Für die Emissionsberechnung verwendete Anzahl der SNF nach Geschwindigkeitskategorie auf der A 12 bei Imst **nach** Einführung von des Tempolimits von 100km/h (Fahrzeuge auf der Beschleunigungsspur nicht berücksichtigt, DTV wie Jänner 2005), Tagstunden fett gedruckt

Uhrzeit	0-20 km/h	20-30 km/h	30-40 km/h	40-50 km/h	50-60 km/h	60-70 km/h	70-80 km/h	80-90 km/h	90-100 km/h	100- 110 km/h	110- 120 km/h	120- 130 km/h	130- 140 km/h	140- 150 km/h	>150 km/h
00-01:	0	0	0	0	0	6	10	10	0	0	0	0	0	0	0
01-02:	0	0	0	0	0	5	8	8	0	0	0	0	0	0	0
02-03:	0	0	0	0	0	4	7	6	0	0	0	0	0	0	0
03-04:	0	0	0	0	0	3	6	6	0	0	0	0	0	0	0
04-05:	0	0	0	0	0	3	6	7	0	0	0	0	0	0	0
05-06:	0	0	0	0	0	5	10	18	0	0	0	0	0	0	0
06-07:	0	0	0	0	0	3	9	35	0	0	0	0	0	0	0
07-08:	0	0	0	0	0	4	19	67	0	0	0	0	0	0	0
08-09:	0	0	0	0	0	4	18	74	0	0	0	0	0	0	0
09-10:	0	0	0	0	0	2	12	73	0	0	0	0	0	0	0
10-11:	0	0	0	0	0	2	14	85	0	0	0	0	0	0	0
11-12:	0	0	0	0	0	2	17	96	0	0	0	0	0	0	0
12-13:	0	0	0	0	0	2	15	88	0	0	0	0	0	0	0
13-14:	0	0	0	0	0	1	13	80	0	0	0	0	0	0	0
14-15:	0	0	0	0	0	2	15	85	0	0	0	0	0	0	0
15-16:	0	0	0	0	0	2	14	83	0	0	0	0	0	0	0
16-17:	0	0	0	0	0	1	15	88	0	0	0	0	0	0	0
17-18:	0	0	0	0	0	2	12	86	0	0	0	0	0	0	0
18-19:	0	0	0	0	0	2	17	93	0	0	0	0	0	0	0
19-20:	0	0	0	0	0	2	12	74	0	0	0	0	0	0	0
20-21:	0	0	0	0	0	1	10	56	0	0	0	0	0	0	0
21-22:	0	0	0	0	0	2	9	44	0	0	0	0	0	0	0
22-23:	0	0	0	0	0	2	7	23	0	0	0	0	0	0	0
23-00:	0	0	0	0	0	8	13	17	0	0	0	0	0	0	0

4 Ergebnisse

4.1 Geschwindigkeitsverteilungen

Abbildung 2 zeigt die durchschnittlichen Geschwindigkeiten von PKW und LNF während der Vergleichsmonate Jänner 2005 und Jänner 2006 als Funktion der Tageszeit. Die unterschiedlichen Tempolimits für Tag- und Nachtstunden sind aus den Daten für Jänner 2005 klar erkennbar. Während der Tagstunden (Tempolimit 130 km/h zwischen 5 und 22 Uhr) wurde das durchschnittliche Fahrzeug kleiner 3.5t mit rund 117 km/h gemessen. In den Nachtstunden (Tempolimit 110 km/h zwischen 22 und 5 Uhr) beträgt die Durchschnittsgeschwindigkeit knapp unter 110 km/h. Nach Einführung des gantztägigen Tempolimits von 100 km/h mit Ende 2005 ist praktisch kein Tagesgang mehr in den gemessenen Daten erkennbar. Die Durchschnittsgeschwindigkeit liegt bei 107 km/h und damit über der erlaubten Höchstgeschwindigkeit.

Die Daten zu den Durchschnittsgeschwindigkeiten aus dem HBEFA 2.1, die in der Vorstudie herangezogen wurden, zeigen gegenüber den auf der A 12 bei Imst im Winter gemessenen Werten vor allem für ein Tempolimit von 130 km/h eine klare Überschätzung der gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeiten.

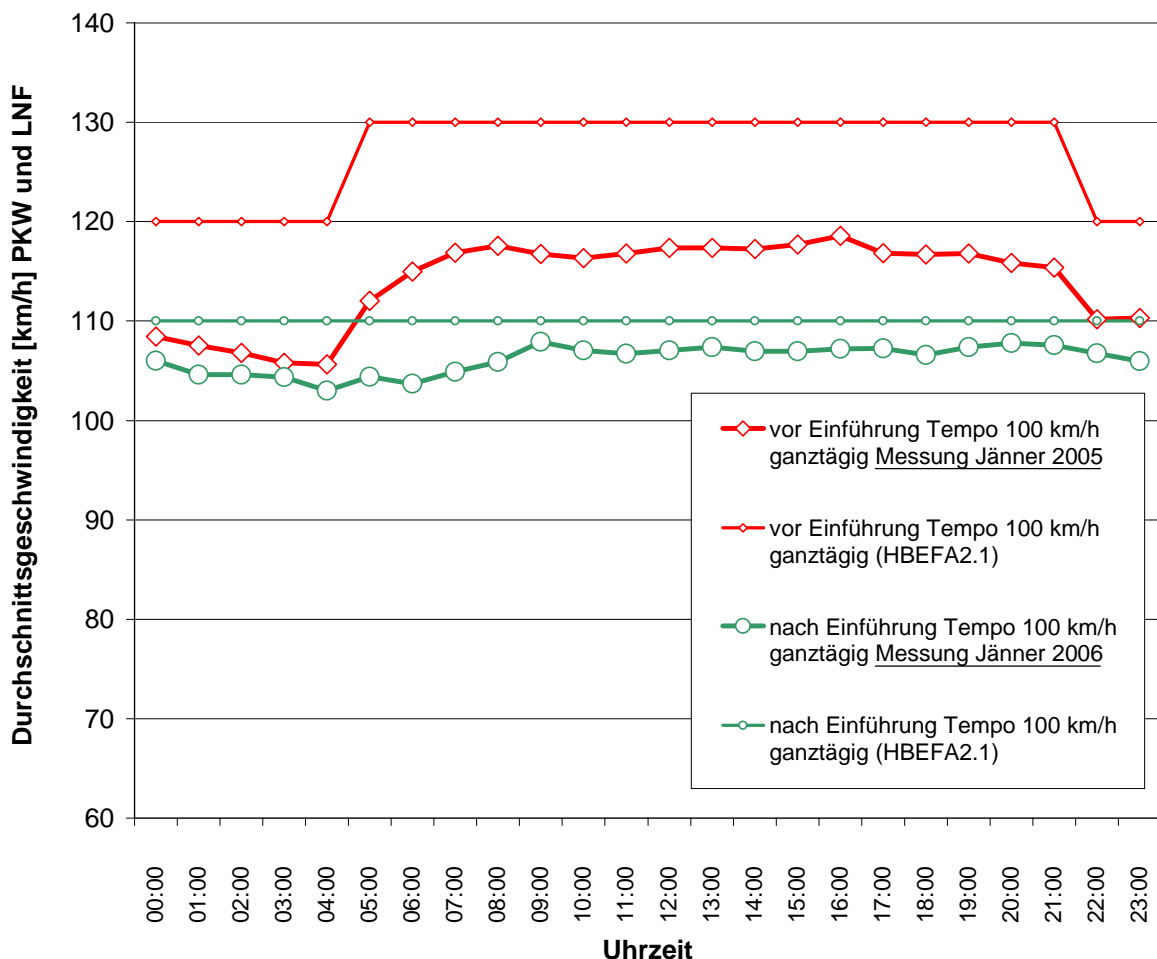


Abbildung 2: Durchschnittsgeschwindigkeiten PKW und LNF gemäß Auswertung der automatischen Verkehrszählstelle auf der A 12 bei Imst im Vergleich zu den in der Vorstudie [1] angenommenen Durchschnittsgeschwindigkeiten nach HBEFA 2.1

Abbildung 3 zeigt zur direkten Gegenüberstellung der Tempolimits 130km/h und 100 km/h die Verteilung der gemessenen Geschwindigkeiten für PKW und LNF in den Tagstunden. Bei einer maximal zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h beträgt die Standardabweichung der gemessenen Geschwindigkeiten knapp 15 km/h um den Mittelwert von 117 km/h. 18% der Fahrzeuge fahren schneller als erlaubt. Bei einem Tempolimit von 100 km/h sinken sowohl die Durchschnittsgeschwindigkeit (107 km/h) als auch die Streuung der gemessenen Geschwindigkeiten (Standardabweichung rund 13 km/h). Der Anteil der Fahrzeuge, die schneller als die gesetzlich erlaubte Höchstgeschwindigkeit fahren, erhöht sich jedoch auf über 65%.

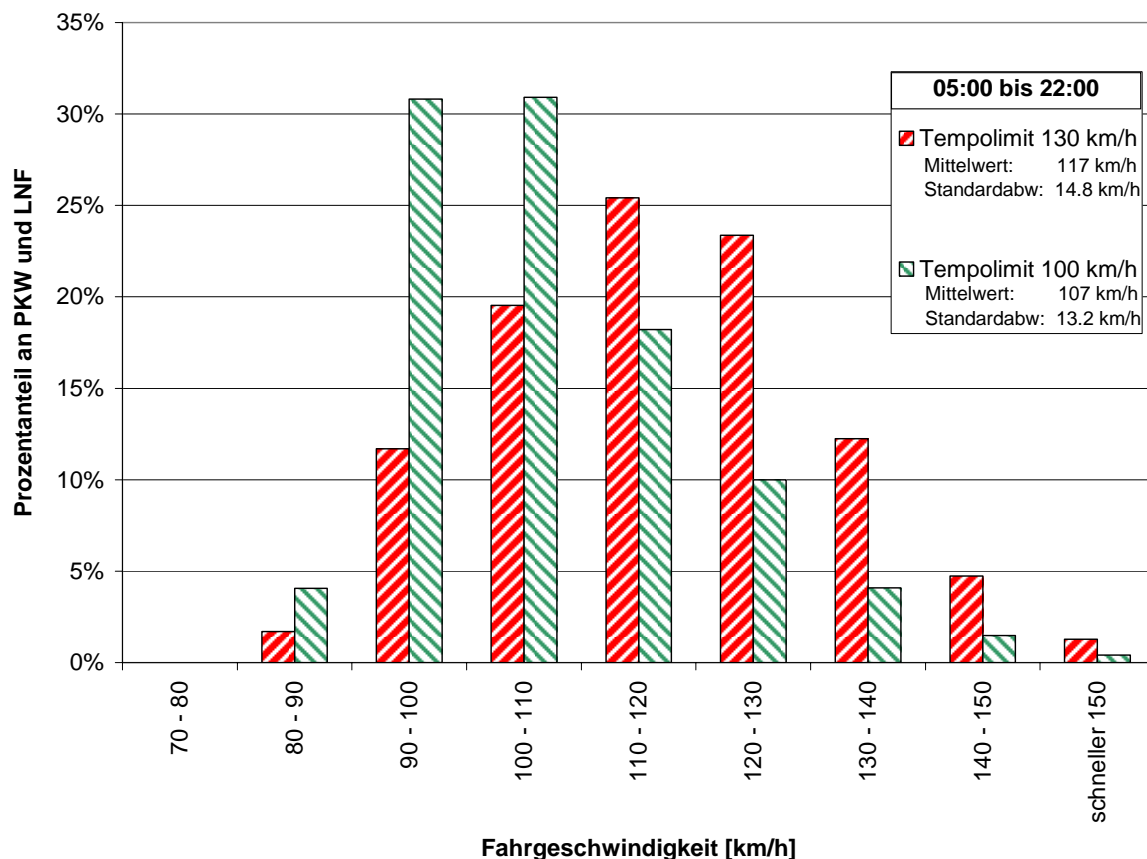


Abbildung 3: Geschwindigkeitsverteilung PKW und LNF zwischen 5 Uhr und 22 Uhr gemessen auf der A 12 bei Imst

Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen den Verlauf der Durchschnittsgeschwindigkeiten sowie die Geschwindigkeitsverteilungen für schwere Nutzfahrzeuge (SNF). In den Auswertungen wurde dabei auf eine getrennte Behandlung der Busse verzichtet. Die Ergebnisse sind für Jänner 2005 sowie Jänner 2006 praktisch identisch. Die tatsächliche Durchschnittsgeschwindigkeit der SNF liegt tagsüber (bei einer höchstzulässigen Geschwindigkeit von 80 km/h) zwischen 82 und 83 km/h. Die Streuung ist dabei relativ gering (Standardabweichung von weniger als 4 km/h). Trotz einer Absenkung des Tempolimits um 20 km/h in den Nachtstunden sinken die real gefahrenen Geschwindigkeiten nur um knapp mehr als 5 km/h gegenüber den Tagstunden ab.

Ein Vergleich der gemessenen Geschwindigkeiten mit den Werten aus der Studie des Jahres 2005 zeigt eine leichte Überschätzung des realen SNF-Geschwindigkeitsniveaus bei einem

Tempolimit von 80 km/h (Quelle HBEFA 2.1) sowie eine deutliche Unterschätzung der gefahrenen Geschwindigkeiten bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h.

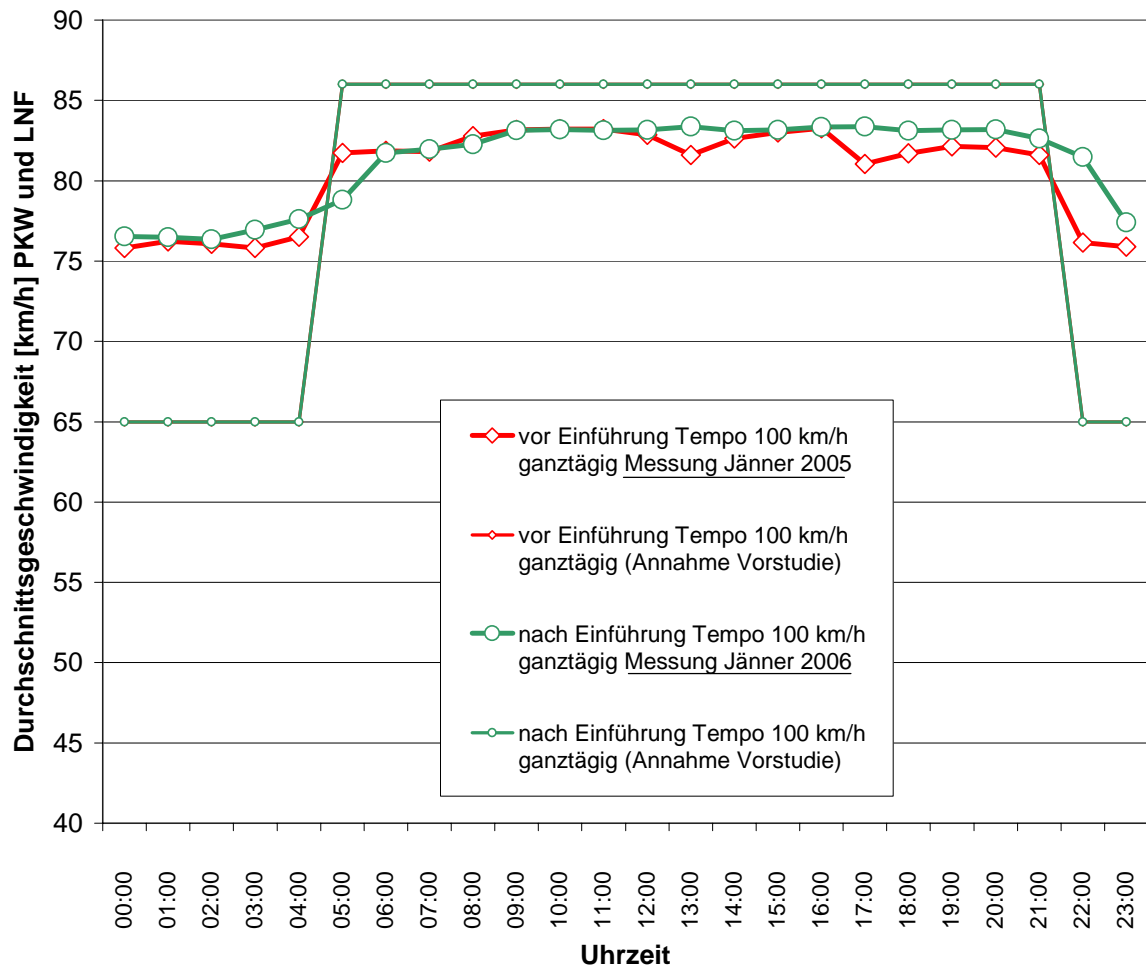


Abbildung 4: Durchschnittsgeschwindigkeiten SNF gemäß Auswertung der automatischen Verkehrszählstelle auf der A 12 bei Imst im Vergleich zu den in der Vorstudie [1] angenommenen Durchschnittsgeschwindigkeiten nach HBEFA 2.1

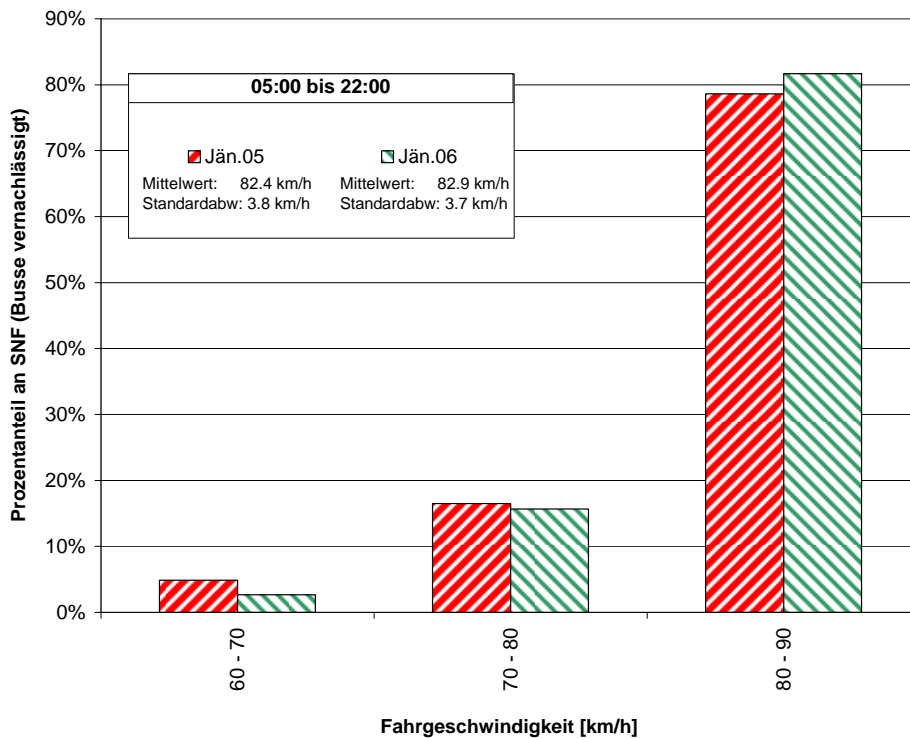


Abbildung 5: Geschwindigkeitsverteilung SNF gemessen auf der A 12 bei Imst

4.2 Emissionsausstoß

Für die Evaluierung der emissionsseitigen Auswirkung der Verschärfung des Tempolimits wurden aus den nachbearbeiteten Geschwindigkeitsverteilungen (Tabelle 3 bis Tabelle 6) mit dem Modell NEMO der tagesdurchschnittliche Emissionsausstoß auf einem ebenen Autobahnabschnitt einer Länge 1 km für das Szenario vor bzw. nach Einführung des ganztägigen Tempolimits 100 km/h für PKW und LNF simuliert. Entsprechend der auftretenden hohen Geschwindigkeiten mussten dabei auch Fahrzyklen mit Durchschnittsgeschwindigkeiten größer als 130 km/h simuliert werden. Abbildung 6 zeigt beispielhaft berechnete Emissionsfaktoren (d.h. die auf den Kilometer bezogenen Emissionen) für Stickoxide (NO_x) von EURO 3 Diesel-PKW bei Autobahnfahrt. Das streckenbezogene Emissionsniveau nimmt ab Geschwindigkeiten größer als 120 km/h überproportional zu. Grund dafür sind einerseits der mit dem Quadrat Geschwindigkeit zunehmende Luftwiderstand sowie die Tatsache, dass Fahrzeuge in der Typprüfung nur bei Geschwindigkeiten bis 120 km/h gemessen werden und dementsprechend meist nur in diesem Geschwindigkeitsbereich auf niederen Emissionsausstoß ausgelegt sind. Das HBEFA 2.1 enthält nur Angaben zu Emissionsfaktoren bis Durchschnittsgeschwindigkeiten von 130 km/h (Abbildung 6). Der überlineare Anstieg des Emissionsniveaus bei hohen Geschwindigkeiten hat auch zur Folge, dass die Berechnung der Gesamtemissionen anhand einer differenzierten Geschwindigkeitsverteilung höhere Emissionsmengen liefert als eine Simulation nur anhand der Durchschnittsgeschwindigkeit der Fahrzeuge.

Wie schon in Kapitel 3 erwähnt, kann die Abschätzung der Auswirkungen der Absenkung des Tempolimits auf den Emissionsausstoß hier nur auf Basis der Durchschnittsgeschwindigkeiten ohne besondere Berücksichtigung der Fahrdynamik durchgeführt werden.

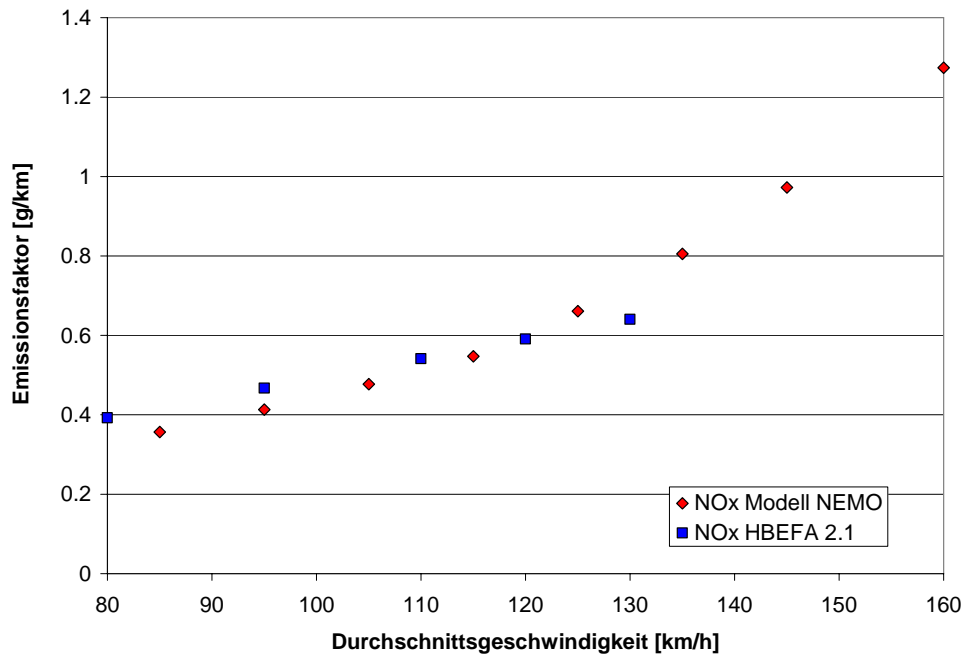


Abbildung 6: NO_x Emissionsfaktoren Diesel-PKW Euro3

Tabelle 7 zeigt die berechneten Reduktionen im Emissionsausstoß durch die Einführung des ganztägigen Tempolimits von 100 km/h für Fahrzeuge mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht kleiner als 3.5t. Der Emissionsausstoß von PKW und LNF nimmt bei Stickoxidemissionen um rund 15% ab, der Ausstoß an motorischen PM₁₀ wird um knapp 20% reduziert. Die Abnahme bei den CO₂-Emissionen beträgt knapp 10% (entspricht ungefähr der Reduktion des Kraftstoffverbrauches).

Bezieht man die Reduktionen auf den Emissionsausstoß des Gesamtverkehrs, so werden Abnahmen von jeweils rund 7% bei CO₂ und Stickoxiden sowie ca. 13% bei motorischen Partikeln erzielt.

Tabelle 7: Emissionswirkungen der Einführung des ganztägigen Tempolimits von 100 km/h für PKW und LNF

	CO ₂	NO _x	HC	CO	PM ₁₀ Abgas	PM ₁₀ Gesamt
Veränderung Emissionsausstoß (nur PKW und LNF)	-9%	-15%	-10%	-26%	-18%	-8%
Veränderung Emissionsausstoß Verkehr Gesamt	-7%	-7%	-8%	-24%	-13%	-6%

4.3 Vergleich der Ergebnisse mit den Resultaten aus der Studie 2005 [1]

In einer im Jahr 2005 am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik durchgeführten Untersuchung wurde bereits eine Abschätzung des Effekts eines durchgängigen Tempolimits von 100 km/h auf die Abgasemissionen des Verkehrs vorgenommen. Im Unterschied zur vorliegenden Studie wurde dabei jedoch die gesamte A 12 zwischen Imst und

Landeck/Zams inklusive mehrere Tunnelabschnitte mit einem Tempolimit von 100 km/h betrachtet. Dabei wurde auch der Effekt des Wegfallens der in bei einem Tempolimit von 130 km/h auftretenden Beschleunigungen bei den Übergängen zwischen Tempo 100 und Tempo 130 berücksichtigt. Die dabei verwendeten Durchschnittsgeschwindigkeiten für die verschiedenen Fahrzeugkategorien bei den verschiedenen Tempolimits wurden soweit verfügbar dem HBEFA2.1 entnommen bzw. geschätzt.

Die Berechnungsergebnisse aus [1] sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Die Ursachen der höheren berechneten Emissionsreduktionen in [1] sind vor allem auf die Angaben im HBEFA2.1 zu den Durchschnittsgeschwindigkeiten von PKW und LNF bei einem Tempolimit von 130 km/h zurückzuführen. Während das HBEFA eine mittlere Geschwindigkeit von 130 km/h vorgibt, wurden in den Messungen mit 117 km/h deutlich niedrigere Geschwindigkeiten ermittelt. Ein weiterer Grund für das in [1] berechnete höhere Reduktionspotenzial ist die Berücksichtigung des Wegfallens der in bei einem Tempolimit von 130 km/h auftretenden Beschleunigungen bei den Übergängen zwischen Tempo 100 und Tempo 130.

Tabelle 8: Berechnete Emissionswirkungen aus [1]

	CO ₂	NO _x	HC	CO	PM ₁₀ Abgas	PM ₁₀ Gesamt
Veränderung Emissionsausstoß Verkehr Gesamt	-11%	-13%	-18%	-47%	-23%	-13%

5 Zusammenfassung

Vom Amt der Tiroler Landesregierung wurden die Querschnittsgeschwindigkeiten auf der A 12 bei Imst für Jänner 2005 und Jänner 2006 ausgewertet. Im Jänner 2006 war bereits ein ganztägiges Tempolimit von 100 km/h in Kraft. Im Jänner 2005 bestand dagegen von 5⁰⁰ bis 22⁰⁰ ein Tempolimit von 130 km/h.

Mit diesen Auswertungen der automatischen Verkehrszählstelle bei Imst standen erstmals Messdaten über einen längeren Zeitraum zum Einfluss eines Tempolimits von 100 km/h auf das Geschwindigkeitsniveau und die Geschwindigkeitsverteilung zur Verfügung.

Mit diesen Messdaten wurde die Wirkung des Tempolimits auf die Emissionen des Kfz-Verkehrs auf der A 12 bei Imst mit dem Modell NEMO des Institutes für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU-Graz simuliert. Die Berechnung erfolgte dabei so genau als mit dem Datensatz möglich, nämlich über die Anzahl der Kfz in den einzelnen Geschwindigkeitsklassen (10 km/h Abstufung) und nicht mit der monatlichen Durchschnittsgeschwindigkeit da der Emissionsausstoß mit der Geschwindigkeit nicht linear ansteigt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die NO_x-Emissionen des PKW+LNF-Verkehrs durch das Tempolimit um 15%, die PM 10 Abgasemissionen der PKW und LNF um ca. 18% gesunken sein dürften. Bezogen auf das gesamte Verkehrsaufkommen bei der Messstelle Imst bedeutet dies -7% NO_x und -13% PM 10 Abgasemissionen.

6 Literatur

- [1] Rexeis M., Zallinger M.: Berechnung der emissionsseitigen Auswirkungen der Einführung einer durchgehenden 100 km/h Beschränkung auf der A 12 zwischen Imst und Landeck/Zams; erstellt im Auftrag der Tiroler Landesregierung; Graz 2005

- [2] Rexeis M., Hausberger S.: Calculation of Vehicle Emissions in Road Networks with the model "NEMO"; Transport&Airpollution Conference; ISBN: 3-902465-16-6, Graz 2005
- [3] Zallinger M., Le Anh T., Hausberger S.: Improving an instantaneous emission model for passenger cars; Transport&Airpollution Conference; ISBN: 3-902465-16-6, Graz 2005
- [4] Hausberger S., Rexeis M.: Emission Behavior of Modern Heavy Duty Vehicles in Real World Driving; International Journal of Environment and Pollution; 2004
- [5] Rexeis M., Hausberger S.: Verkehrsemissionen im Brennerkorridor; Endbericht im Auftrag des BMVIT und des BMLFUW; Graz; Jänner 2004
- [6] Hausberger St., Rexeis M., Rodler J., Sturm P., Aktuelle Emissionsfaktoren für schwere Nutzfahrzeuge, ÖIAZ, (04/2003), 114 – 119
- [7] Hausberger S.: Simulation of Real World Vehicle Exhaust Emissions; VKM-THD Mitteilungen; Heft/Volume 82; Verlag der Technischen Universität Graz; ISBN 3-901351-74-4; Graz 2003
- [8] Hausberger St., Rodler J., Sturm P., Rexeis M., Emission factors for heavy-duty vehicles and validation by tunnel measurements , Atmospheric Environment 37 (2003), 5237 – 5245
- [9] Hausberger S. et.al.: Update of the Emission Functions for Heavy Duty Vehicles in the Handbook Emission Factors for Road Traffic; Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics; Graz 2002
- [10] Hausberger S.: Globale Modellbildung für Emissions- und Verbrauchsszenarien im Verkehrssektor (Global Modelling of Scenarios Concerning Emission and Fuel Consumption in the Transport Sector); Dissertation am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU-Graz; Graz, 1997
- [11] Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA) Version 2.1 (28. Feb. 2004); <http://www.hbefa.net/>
- [12] Gehrig, R., Hill, M., Buchmann, B., Imhof, D., Weingartner, E., Baltensperger, U., Purgart, B. G., Bürgisser, G., Dolecek, L., Evequoz, R., Hauser-Strozzi, E., Infanger, K., Jenk, H., Porchet, A., Sommer, H., Sprenger, P., Stauffer, J., and Vaucher, C. (2003). "Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs." PSI, EMPA, BUWAL, Schweiz.