

Auswirkungen von Geschwindigkeitsbegrenzungen auf den Verkehrsfluss, den Kraftstoffverbrauch und die Abgastemperatur bei Autobahnfahrten

Harald Scharfetter¹, Verena Schallhart¹ und Lukas Möltner¹

¹ MCI Management Center Innsbruck, Research Division Engines & Emissions, Maximilianstraße 2, 6020 Innsbruck

Abstract. Herabgesetzte Geschwindigkeitsbegrenzungen sind regelmäßig ein heiß diskutiertes Thema in den Medien und der Politik. Dieser Thematik widmet sich diese Forschungsaktivität, wobei der Fokus der Untersuchung auf den effektiven Geschwindigkeiten, sowie dem Fahrverhalten und dem Verkehrsfluss liegt. Experimentell werden ausgewählte Streckenabschnitte der Inntalautobahn (A12) im Bundesland Tirol befahren, wobei zwischen Abschnitten mit einem Tempolimit von 130 km/h und einem Limit von 100 km/h unterschieden wird. Die Gegenüberstellung der aufgezeichneten Daten zeigt, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit bei Tempo 130 km/h deutlich unter der erlaubten Maximalgeschwindigkeit liegt. Eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h führt erkennbar zu einem unregelmäßigen Verkehrsfluss, wobei Kolonnenverkehr eine häufige Konsequenz ist. Die Verkehrsbelastung ist am Streckenabschnitt mit Tempo 100 deutlich stärker, wobei der Grund dafür sowohl an der Geschwindigkeitsbegrenzung, als auch an der geographischen Lage des Abschnittes liegen kann. Der kontinuierlichere Verkehrsfluss bei Tempo 130 km/h stellt die wesentliche Erkenntnis dieser Arbeit dar, wobei fortführende Untersuchungen, unter Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren, wünschenswert sind.

Keywords: IG-L 100, Geschwindigkeitsbegrenzung, Emissionen

1 Einleitung

Die Zunahme des Verkehrs sowie des Schadstoffausstoßes in den vergangenen Jahrzehnten verlangt nach einer gesetzlichen Regelung und Vorschriften. Im Kern des Immissionsschutzgesetzes Luft steht der dauerhafte Schutz von Mensch und Umwelt vor schädlichen Luftschadstoffen, sowie die vorsorgliche Verringerung der Immission von Luftschadstoffen und damit die Bewahrung verträglicher Luftqualität. Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität und Einhaltung der festgelegten Grenzwerte können neben Einflussnahme auf den Verkehr auch Betriebsanlagen, deren Sanierung oder Regelungen der Verarbeitung ausgewählter Stoffe, betreffen [1].

Einen wesentlichen Punkt des Gesetzes nimmt die Einhaltung der festgelegten Grenzwerte im Straßenverkehr ein, da Überschreitungen besonders häufig in ver-

kehrsnahen Bereichen auftreten. Neben langfristigen Maßnahmen zur Verminderung der Luftschadstoffemissionen, wie zum Beispiel eine forcierte Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene, werden häufig Methoden zur kurzfristigen Behandlung des Schadstoffproblems eingesetzt. Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) lenken bei drohender Überschreitung der Grenzwerte durch ein Herabsetzen der zulässigen Maximalgeschwindigkeit dem Problem entgegen [1,2].

Die österreichweit erste Verkehrsbeeinflussungsanlage wurde im Mai 2005 auf der A12 zwischen Zirl und Kufstein, sowie auf der gesamten Brennerautobahn in Betrieb genommen. Angesteuert wurde die Einführung eines flexiblen immissionsgesteuerten Tempolimits für Kraftfahrzeuge, was ein starres Limit nicht erforderlich machen würde und die Überschreitungen der NO_x -Emissionen der vergangenen Jahre verhindern sollte. Vom 1. November 2006 bis zum 30. April 2007 wurde erstmals eine statische Einführung des sogenannten „Lufthunders“ getestet, was eine Reduktion der NO_x -Emissionen um circa 10%, und der Partikelemissionen PM_{10} um circa 16% zur Folge hatte. Zusätzlich resultierte die Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in einem flüssigeren Verkehrsfluss, sowie einer Reduktion der Unfallzahlen. Ab Februar 2009 wurde ein zweiter Abschnitt zwischen Imst und Zams mit einem flexiblen immissionsgesteuerten Verkehrssystem geregelt. Nach langen Diskussionsprozessen und gerichtlichen Verhandlungen einigte sich die Tiroler Landesregierung schließlich im Herbst 2014 auf die Einführung einer statischen Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h auf Teilen der Inntal- und Brennerautobahn [2,3].

1.1 Forschungsfrage

In den diesem Beitrag zugrundeliegenden Forschungsaktivitäten wird untersucht in wie weit sich eine permanente Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h auf die effektiv gefahrene Geschwindigkeit, auf den Verkehrsfluss, auf den Kraftstoffverbrauch und auf die Abgastemperaturen und somit in weiterer Folge auf die Effizienz von Fahrzeugkatalysatoren auswirkt.

2 Methodik

2.1 Auswahl der Versuchsstrecke

Die Versuchsstrecke stellt jenen Streckenabschnitt dar, welcher im Zuge der Untersuchung der beiden Geschwindigkeitsbegrenzungen 100 km/h und 130 km/h mit dem Testfahrzeug wiederholt befahren wird. Die Wahl passender Streckenabschnitte stellt einen wesentlichen Punkt für eine erfolgreiche Durchführung dar und wird im Folgenden erläutert.

Vergleichbares Streckenprofil: Ein wichtiges Kriterium in der Streckenwahl stellt das Höhenprofil der ausgewählten Abschnitte dar. Um eine Gegenüberstellung der erhaltenen Ergebnisse zu ermöglichen, ist auf eine möglichst große Ähnlichkeit der Abschnitte zu achten. Starke Abweichungen im Profil der Streckenabschnitte haben

wesentlichen Einfluss auf die Aufzeichnung der Ergebnisse. Kraftstoffverbrauch und Fahrverhalten werden maßgeblich vom Profil der Strecke beeinflusst.

Grad der Verkehrsbelastung: Die befahrenen Streckenabschnitte werden auf den Grad der Verkehrsbelastung untersucht. Analog zum Profil der Strecken ist bei der Belastung darauf zu achten, eine größtmögliche Ähnlichkeit der beiden Teststrecken zu erhalten. Eine hohe Verkehrsbelastung auf den gewählten Strecken vergrößert externe Einflussfaktoren auf die Untersuchung und wird daher gemieden.

Umgehung des Innsbrucker Nahraums: Im Zuge dieser Untersuchung wird bei der Wahl der Teststrecken der Nahraum rund um die Stadt Innsbruck explizit gemieden. Der Grund dafür liegt in der sehr hohen Verkehrsbelastung dieses Abschnittes. Messergebnisse auf den Autobahnstrecken rund um die Stadt sind nicht repräsentativ und können für eine allgemeine Auswertung nicht herangezogen werden. Zusätzlich ist durch externe Verkehrseinflüsse auf diesem Autobahnabschnitt die Möglichkeit die Messfahrten unter gleichen Bedingungen zu wiederholen nicht gegeben.

Geschwindigkeitsbegrenzung: Die Versuchsstrecke ist so zu wählen, dass die zu untersuchende Geschwindigkeitsbegrenzung kontinuierlich gefahren werden kann. Externe Einflüsse durch Tunnel oder Baustellen werden bestmöglich vermieden. Ein flexibles Tempolimit im befahrenen Abschnitt ist ebenso zu meiden, um die Untersuchung bestmöglich durchführen und wiederholen zu können.

Im Zuge der experimentellen Untersuchung werden die Teststrecken jeweils achtmal in beiden Fahrtrichtungen befahren. Die Fahrten werden bei zwei unterschiedlichen Verkehrsbedingungen (Stoßzeiten & verkehrsarme Zeiten) durchgeführt. Die Teststrecke Tempolimit 100 weist eine Gesamtlänge von 21 km mit einem Höhenunterschied zwischen Start und Endpunkt von 23 m auf. Im Vergleich dazu wird für Tempolimit 130 eine Strecke mit einer Gesamtlänge von 20,5 km und einem Höhenunterschied von 34 m gewählt.

2.2 Versuchsfahrzeug und Datenerfassung

Als Versuchsfahrzeug diente ein dieselbetriebener Pkw der Kompaktklasse, welcher die aktive Abgasnorm EURO VI erfüllt. Die Datenaufzeichnung der Messfahrten erfolgt mittels einer eigenen Software (mo-Diag) und einem handelsüblichen GPS-Tracker. Dadurch werden neben den durch das Computerprogramm aufgenommenen fahrzeugtechnischen Parametern auch die Strecken, deren Höhenprofile und Längen, sowie die effektiv gefahrenen Geschwindigkeiten exakt aufgezeichnet.

Mit Hilfe der mobilen Diagnose-Software moDiag werden die ausgewählten Parameter während den Testfahrten aufgezeichnet und ausgewertet. Das Fahrzeug wird über eine Schnittstelle mit der Software verbunden und die gewünschten Parameter eingestellt. Hierfür stehen bei der Software moDiag Slots zur Verfügung, bei denen in dieser Untersuchung folgende Parameter ausgewählt werden:

- Abgastemperatur
- Luftmenge (MAF-Sensor)

- Drehzahl
- Gaspedalstellung
- Berechnete Last
- Verbrauch pro Zeit (berechnet)
- Geschwindigkeit
- Zeit

3 Diskussion der Ergebnisse

In Abbildung 1 sind die Geschwindigkeitsprofile und der Kraftstoffverbrauch während den Testfahrten für die Streckenabschnitte Tempolimit 100 km/h (Abbildung oben) und Tempolimit 130 km/h (Abbildung unten) dargestellt. Die Durchschnittsgeschwindigkeit beziehungsweise der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch während der Testfahrten ist durch eine durchgehende Linie gekennzeichnet.

Bei den dargestellten Daten des Kraftstoffverbrauchs handelt es sich um berechnete Daten, welche nicht durch eine Messsonde oder einem anderen Messgerät aufgezeichnet wurden. Des Weiteren ist der Verbrauch in Liter pro 100 km aufgetragen, was einen Vergleich bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten ermöglicht.

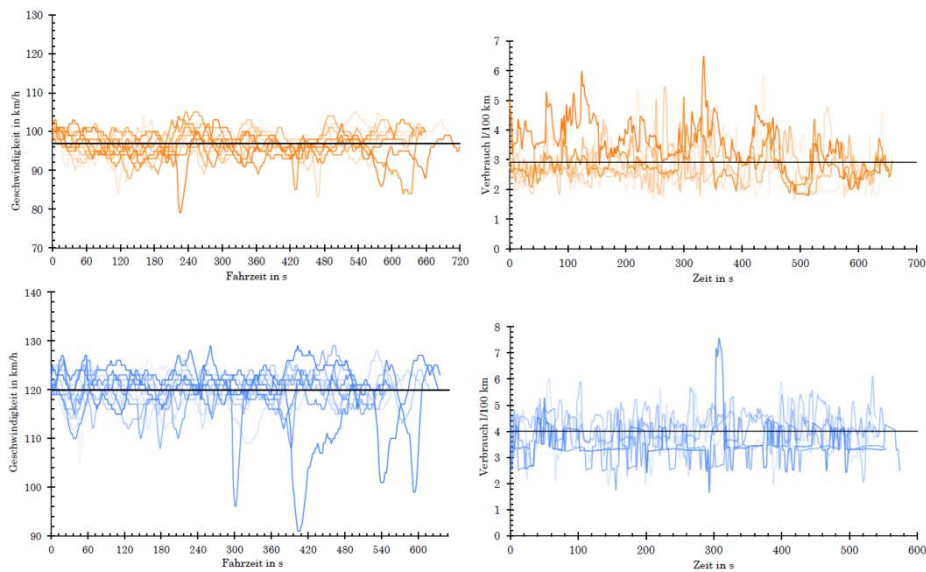


Abbildung 1: Geschwindigkeit und Kraftstoffverbrauch bei Tempolimit 100 km/h (oben) und 130 km/h (Abbildung unten)

Die Auswertung der gemessenen Geschwindigkeiten zeigt einen wesentlichen Unterschied zwischen den beiden Tempolimits. Bei einer maximal erlaubten Geschwindigkeit von 130 km/h liegt die effektive Durchschnittsgeschwindigkeit weit unter dem erlaubten Tempo. Tabelle 1 zeigt den ausgewerteten Geschwindigkeitsbereich der Untersuchung, sowie einer in Auftrag gegebenen Untersuchung der Tiroler Landesregierung. Die beiden Geschwindigkeiten für den Streckenabschnitt 130 stimmen relativ genau überein und lassen auf ein dem Durchschnitt entsprechendes Fahrverhalten

und repräsentative Verkehrsbedingungen schließen. Die aufgezeichneten Geschwindigkeiten auf dem Streckenabschnitt mit Tempolimit 100 decken sich ebenfalls mit den ermittelten Werten der existierenden Untersuchung. Die Werte für diesen Streckenabschnitt liegen exakt im Bereich der zulässigen Maximalgeschwindigkeit, wobei sowohl bei dieser Untersuchung, als auch bei der vorhandenen Betrachtung Geschwindigkeiten über 100 km/h gemessen wurden. Trotz unterschiedlicher Herangehensweise und Durchführung der Untersuchung, beziehungsweise Streckenwahl ist die Auswertung der Geschwindigkeiten der beiden Untersuchungen in großen Teilen übereinstimmend.

Tabelle 1: Vergleich der ermittelten Durchschnittsgeschwindigkeit mit vorhandenen Daten

Streckenabschnitt	Experimentelle Untersuchungen	Bericht Oekoscience AG [4]
Tempo 100	93,8 – 100,0 km/h	96,6 – 102,5 km/h
Tempo 130	116,0 – 123,8 km/h	115,0 – 120,0 km/h

Einen wesentlichen Einfluss auf die Auswertung der Geschwindigkeiten hat die Verkehrsbelastung der jeweiligen Streckenabschnitte. Im Zuge der Untersuchung wurde festgestellt, dass die Verkehrsbelastung am Streckenabschnitt 100 erkennbar stärker ist, als am Abschnitt 130. Dieser Faktor muss bei der Auswertung stets beachtet werden. Für die Auswertung der Geschwindigkeiten bedeutet dies, dass trotz erhöhter Verkehrsbelastung die Testfahrten bei Tempolimit 100 ein konstantes Geschwindigkeitsprofil aufweisen und das aktive Tempolimit von 100 km/h gefahren werden konnte. Auf der Strecke mit einer zulässigen Geschwindigkeit von 130 km/h wurde trotz größtenteils niedrigem bis mäßigem Verkehrsaufkommen die maximale Geschwindigkeit nur selten erreicht.

Der berechnete Kraftstoffverbrauch bei Tempolimit 130 km/h zeigt einen erhöhten Kraftstoffverbrauch im Vergleich zu Tempo 100 km/h, was aufgrund der höheren Geschwindigkeit zu erwarten ist.

Die Abbildung der aufgezeichneten Gaspedalstellung und der Abgastemperatur erfolgt anhand von zwei ausgewählten Fahrten, Tempo 100 km/h und 130 km/h (Abbildung 2). Die grafische Darstellung der Gaspedalstellung ermöglicht die auftretenden Fahrverhalten auf den Streckenabschnitten zu untersuchen.

Für das Versuchsfahrzeug ist im Zuge der Testfahrten ein flüssigeres und gleichmäßigeres Fahrprofil bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 130 km/h ermittelt worden. Des Weiteren wurde für Tempo 130 km/h eine höhere Abgastemperatur während der Testfahrten festgestellt, welche mit dem höheren Leistungsbedarf begründet werden kann. Entscheidenden Einfluss hat die Abgastemperatur auf das Ansprechverhalten und den Wirkungsgrad der Abgasnachbehandlungssysteme. Niedrige Temperaturen im Abgasstrang haben einen verminderten Wirkungsgrad der Abgasnachbehandlungssysteme zur Folge. Aufgrund des erhöhten Kraftstoffverbrauches bei höheren

Geschwindigkeiten ist die effektivere Nachbehandlung des Abgases durch höhere Temperaturen jedoch kritisch zu betrachten.

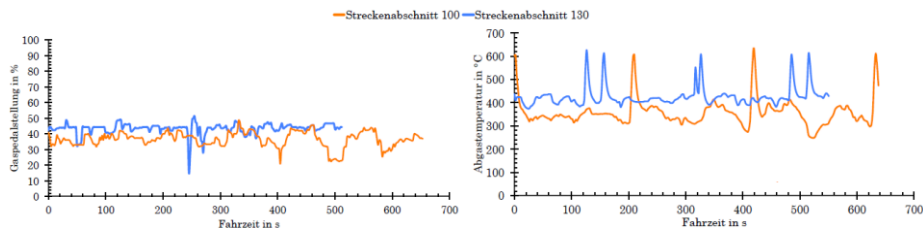


Abbildung 2: Vergleich der Gaspedalstellung und der Abgastemperatur zwischen Tempolimit 100 km/h und 130 km/h

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Laufe der Untersuchung zeigten sich mehrheitlich Unterschiede in den untersuchten Parametern zwischen den Tempolimits 100 und 130. Beginnend mit der effektiven Fahrtgeschwindigkeit stellte sich heraus, dass bei einem Tempolimit von 130 km/h die maximal erlaubte Geschwindigkeit sehr selten erreicht wird und die Durchschnittsgeschwindigkeit in einem Bereich von 115 bis 120 km/h deutlich niedriger ist. Im Vergleich, bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h liegt die effektive Geschwindigkeit relativ exakt an dem zugelassenen Tempo, im Bereich zwischen 94 und 100 km/h. Durch vorangegangene Untersuchungen wurden diese Werte bekräftigt und zusätzlich auf eine in groben Zügen dem Durchschnitt entsprechende Fahrweise geschlossen. Anhand der erstellten Geschwindigkeitsprofile konnte ein gleichmäßigeres Tempo bei 100 km/h festgestellt werden. Bei einer höheren Geschwindigkeit zeigte sich, die Geschwindigkeit betreffend, ein ungleichmäßigeres Profil.

Das Fahrverhalten wurde durch Aufzeichnung der Gaspedalstellung ermittelt und lässt auf eine gleichmäßigere Fahrt bei Tempolimit 130 schließen. Obwohl aufgrund der Geschwindigkeitsprofile ein umgekehrtes Ergebnis zu erwarten war, zeigten die erstellten Diagramme deutlich, dass auf dem Streckenabschnitt mit Tempo 100 vermehrt Brems- und Beschleunigungsvorgänge in den Fahrten stattgefunden haben. Zurückzuführen ist dies hauptsächlich auf die deutlich stärkere Verkehrsbelastung auf diesem Autobahnabschnitt. Die Ursache dafür liegt entweder an der verminderten Maximalgeschwindigkeit oder der geographischen Lage der Strecke und einem erhöhten Verkehrsaufkommen in dieser Region. Da im Zuge der Untersuchung bei der Wahl der Versuchsstrecken jedoch explizit darauf geachtet wurde, den Nahraum Innsbruck zu meiden, und sich die Strecken von ihrer Lage und Länge stark ähneln, ist das Tempolimit als Ursache für das erhöhte Verkehrsaufkommen durchaus wahrscheinlich. Überholvorgänge werden länger, woraus häufig Kolonnenverkehr resultiert. Auf dem Streckenabschnitt 130 konnte die Fahrtgeschwindigkeit vom Fahrer

stärker beeinflusst werden und durch die geringere Verkehrsbelastung gleichmäßiger gefahren werden. Die Ungleichmäßigkeit in den Geschwindigkeitsprofilen ist dabei auf unregelmäßige Überholvorgänge zurückzuführen.

Die Auswertung des Kraftstoffverbrauches und der Abgastemperatur zeigte die zu erwartenden Ergebnisse, wobei sich der Verbrauch sowie die Abgastemperatur mit steigender Geschwindigkeit erhöhen.

Zusammenfassend bringt die Senkung der Geschwindigkeitsbegrenzung erkennbare Einflüsse auf das Fahrverhalten und den Verkehrsfluss mit sich. Vor allem die deutliche Steigerung des Verkehrsaufkommens und die häufige Kolonnenbildung am Streckenabschnitt mit Tempo 100 stellen Punkte dar, die bei der Befahrung der Strecke 130 nicht erkennbar waren. Das geringere Verkehrsaufkommen bewirkte bei einer erlaubten Geschwindigkeit von 130 km/h einen flüssigeren Verkehr bei welchem die Geschwindigkeit dementsprechend individuell gewählt werden kann. Der Reduzierung des Tempolimits wird dabei zumindest ein Mitgrund in der gefühlten Steigerung der Verkehrsbelastung zugeschrieben, da durch geringere Geschwindigkeitsunterschiede Überholvorgänge länger andauern und der Verkehr regelmäßig „zusammengeschoben“ wird.

References

1. Faktenblatt - Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L) Maßnahmen zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/gvp/faktenblaetter/umwelt/fb_immissionsschutzg_luft.pdf. Version:Dezember 2012. online Einsicht am 12.05.2017.
2. Regierung: Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe (Immissionsschutzgesetz – Luft, IG-L). Bundeskanzleramt. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10011027>. Version: 2017.
3. Kolp, Othmar: „Die gescheiterte Transitpolitik?“ Der alpenquerende Straßengüterverkehr anhand des Fallbeispiels Tirol – Die Verkehrspolitik Österreichs, der EU und der Schweiz., Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Dissertation 2015.
4. Thudium, Jürg ; Chélala, Carine: Evaluation des permanenten Tempolimits auf den drei Strecken der A12 bei Vomp, Kundl und Imst / Oekoscience AG. Chur, 2015. – Forschungsbericht.