



Zukunftsszenarien der Stickstoffoxidemissionen und –Immissionen an der A10 bis 2015

Basis Immissionsmessstelle Hallein

Dr. Jürg Thudium
10.08.2011 / 5268.10

Oekoscience AG

Postfach 452
CH - 7001 Chur

Telefon: +4181 250 3310
science@oekoscience.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Szenarien der zukünftigen Verkehrsentwicklung auf der A10 im Salzachtal	1
2.1. Szenarien der Verkehrsentwicklung auf der A10 im Salzachtal 2010-2015	1
2.2. Szenarien der Flottenentwicklung je Fahrzeugkategorie	2
2.3. Evaluierte Szenarien	3
2.4. Flottenzusammensetzungen des SGV nach Euroklassen	4
2.5. Emissionsfaktoren nach Euroklassen	6
3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden für die evaluierten Szenarien	8
3.1. Methodik der Bestimmung der Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	8
3.2. Diskussion der Ergebnisse der Szenarien	8
3.3. Überblick zu allen Szenarien	9
4. Abschätzung für Geschwindigkeitsmaßnahmen auf der Stadtautobahn Salzburg-Nord	11
4.1. Permanentes Tempo 80 für den Leichtverkehr	11
4.2. Effekt von Tempo60 für Lkw	13
5. Literatur	15
<i>Anhang: Ergebnisse der Szenarien</i>	15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Emissionsfaktoren (EFA) für NO _x je Fahrzeugkategorie, Österreich, Autobahn, Geschwindigkeiten: Leichtverkehr 112 km/h, SGV 86 km/h, Busse 103 km/h.	6
Abbildung 2.2: Emissionsfaktoren (EFA) für NO ₂ je Fahrzeugkategorie, Österreich, Autobahn, Geschwindigkeiten: Leichtverkehr 112 km/h, SGV 86 km/h, Busse 103 km/h.	7
Abbildung 3.1 (nächste Seite): Immissionen an NO _x und NO ₂ für alle Szenarien für Hallein A10, 2010-2015.	9
Abbildung 4.1: Emissionsfaktoren (EFA) der SNF für NO _x je Euroklasse für Fernstraßen (59-81 km/h) und Autobahnen (81-86 km/h).	13
Abbildung 4.2: NO _x -Emissionsfaktoren (EFA) der SNF in der Euroklassenzusammensetzung auf der A1/A10 im 2010 für Fernstraßen (59-81 km/h) und Autobahnen (81-86 km/h).	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Prozentuale Euroklassenverteilungen der SoloLkw 2009-2015, alle Szenarien:	5
Tabelle 2.2: Prozentuale Euroklassenverteilungen der SLZ 2009-2015, ohne Eingriff:	5
Tabelle 2.3: Prozentuale Euroklassenverteilungen der SLZ 2009-2015, forcierte Modernisierung:	6
Tabelle 4.1: Verkehrsaufkommen (DTV) 2010 bei Siezenheim (A1), nach Kategorien geschätzt anhand von Hallein (A10):	11
Tabelle 4.2: Emissionen der A1 bei Siezenheim je Tempolimit (100 bzw. 80 km/h), Differenzen der Emissionen und straßennahen Immissionen zwischen den Tempolimits.	12

1. Einleitung

Der NO₂-Jahresmittelgrenzwert wird bis 2015 bei Hallein nicht ohne weiteres eingehalten werden können. Im Jahr 2010 betrug das Jahresmittel 54 µg/m³. Aus diesem Grunde werden einige vor allem auf den schweren Güterverkehr zielende Maßnahmen betrachtet, deren lufthygienischen Auswirkungen bezüglich Emissionen und Immissionen in diesem Projekt mittels Szenarien evaluiert werden.

Die Emissionen werden auf Basis des im Februar 2010 erschienenen Handbuchs der Emissionsfaktoren HBEFA3.1 berechnet.

2. Szenarien der zukünftigen Verkehrsentwicklung auf der A10 im Salzachtal

Mit verschiedenen Szenarien zum zukünftigen Verkehr auf der A10 im Salzachtal wurden die möglichen Immissionsentwicklungen abgeschätzt. Die Szenarien wurden für die Jahre 2011-2015 evaluiert. Ausgangsjahr ist 2010, was die Verkehrsmengen je Fahrzeugkategorie, die Zusammensetzung nach Euroklassen je Fahrzeugkategorie und die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen betrifft.

2.1. Szenarien der Verkehrsentwicklung auf der A10 im Salzachtal 2010-2015

Die Verkehrsentwicklung in den nächsten fünf Jahren kann nicht genau vorhergesehen werden. Deshalb wird für jedes Szenarium ein Fächer von drei möglichen zukünftigen Entwicklungen aufgespannt, und die Unterschiede in den Emissionen und den Immissionen werden sichtbar gemacht. Es werden die drei Wachstumsszenarien "schwach", "moderat" und "stark" postuliert, welche sich an die entsprechenden Tiroler Szenarien für den Brenner anlehnen:

Schwaches Verkehrswachstum (sch):

Personenverkehr:	Pkw, Busse:	+ 0,5 % p.a.
Güterverkehr:	Solo-Lkw, Lfw:	+ 1,0 % p.a.,
	SLZ:	+ 1,0 % p.a.

Moderates Verkehrswachstum (m):

Personenverkehr:	Pkw, Busse:	+ 0,5 % p.a.
Güterverkehr:	Solo-Lkw, Lfw:	+ 1,0 % p.a.,
	SLZ:	+ 5,0 % p.a.

Dieses Szenarium zeigt den isolierten Effekt eines starken SLZ-Wachstums (d.h. allenfalls die Notwendigkeit, etwas gegen dieses starke Wachstum zu tun bzw. es nur für Euro6-SLZ zuzulassen).

Starkes Verkehrswachstum (s):

Personenverkehr:	Pkw, Busse:	+ 1,0 % p.a.
Güterverkehr:	Solo-Lkw, Lfw:	+ 2,0 % p.a.,
	SLZ:	+ 5,0 % p.a.

Dieses Szenarium unterstellt, dass die Auswirkungen der Finanzkrise auf den Güterfernverkehr (= näherungsweise SLZ) bis 2015 im Großen und Ganzen wieder egalisiert werden.

2.2. Szenarien der Flottenentwicklung je Fahrzeugkategorie

Die Emissionen eines Fahrzeugs werden wesentlich durch seine Euroklasse bestimmt. Höhere Euroklassen (→ modernere Motoren) emittieren weniger. Deshalb ist die Kenntnis der aktuellen Flottenzusammensetzung nach Euroklasse je Fahrzeugkategorie und deren künftige Entwicklung von zentraler Bedeutung für Zukunftsszenarien.

Für den Leichtverkehr und die Busse gibt es keine A10-spezifischen Erhebungen. Für diese Kategorien wird auf die Zusammensetzung gemäß HBEFA 3.1 je Jahr abgestellt (sie ändert sich von Jahr zu Jahr infolge der stetigen Flottenmodernisierung). Jedoch wird in einem Szenarium der Dieselanteil der Pkw variiert.

Für den schweren Güterverkehr (SGV) wird auf die Erhebung des Güterverkehrs 2009 für die Tauern [1] und die Prognose der künftigen Flottenmodernisierung beim SGV der TU Graz [2] abgestellt. Die jährliche Modernisierung wird parallel

zur Entwicklung am Brenner gemäß TU Graz-Modell angesetzt, wobei in zwei Varianten eine forcierte und eine sich selbst überlassene Flottenmodernisierung postuliert wird.

2.3. Evaluierte Szenarien

Es werden die folgenden Szenarien jeweils mit den drei Varianten des Verkehrswachstums (außer natürlich bei der realen Situation 2010) berechnet:

- **Grundsze 2010:** Reale Situation 2010.
- **Sze “Kein Eingriff“:** Sich selbst überlassene Flottenmodernisierung beim schweren Güterverkehr (SGV) 2011-2015, in Anlehnung an das Modell Tirol/TU Graz, aber ausgehend von CAFT 2009 für die Tauern.
- **Sze “forcierte Modernisierung SGV“:** Höherer Anteil moderner Lkw 2011-2015 in Anlehnung an das entsprechende Modell Tirol/TU Graz, aber ausgehend von CAFT 2009 für die Tauern.
- **Sze “Reduktion Dieselanteil Pkw“:**
Gemäß HBEFA 3.1 steigt der Dieselanteil der Pkw auf den österreichischen Autobahnen weiterhin geringfügig an und erreicht erst 2014 bis 2016 sein Maximum mit 64,3 %.

Bei den Neuzulassungen nahm der Pkw-Dieselanteil kontinuierlich bis 2003 zu. Ab 2003 fiel er von einem Maximum von 71,5 % innerhalb von fünf Jahren auf 54,6 % (2008). 2009 lag der Dieselanteil bei 46,0 %, 2010 bei 50,9 %. Es werden derzeit etwa gleich viele Pkw mit Benzin- und Dieselmotoren gekauft.

In diesem Szenarium wird von einer Umkehrung der Diesel-/Benzinanteile bei den Neuzulassungen ausgegangen: Der künftige Dieselanteil bei den Neuzulassungen entspricht dann dem Benzinanteil der Vergangenheit. In 5 Jahren soll der Dieselanteil bei den Neuzulassungen auf knapp unter 30 % sinken, das ist etwa so hoch wie der Benzinanteil vor 5 Jahren war.

Für die Szenarienberechnungen 2011-2015 wird für die Pkw-Flotte auf der Autobahn näherungsweise ein Rückgang des Dieselanteils nach 2010 analog dem Anstieg bis 2010 zugrunde gelegt:

2009:	62,1 %	(Dieselanteil Autobahnen laut HBEFA 3.1)
2010:	62,8 %	
2011:	62,1 %	
2012:	61,1 %	
2013:	60,1 %	
2014:	59,0 %	
2015:	57,4 %	

Eine derartige Entwicklung setzt eine konsequente Abkehr von der Politik der Förderung der Diesel-Pkw voraus.

- **Sze “Nachtfahrverbot (NFV) für den SGV“:** Dazu muss der in der Nacht von 22-5 Uhr bzw. bis 6 Uhr fahrende SGV (bis auf die zugelassenen Ausnahmen entsprechend Tirol) als Stundenwerte auf die Tagesstunden umgelegt werden; die Emissionen bleiben also gleich, die Immissionen verringern sich aber, weil ein Teil der Emissionen aus der Nacht in den Tag mit besseren Ausbreitungsbedingungen verlegt worden ist. Auch hier wird die Entwicklung 2011-2015 betrachtet. Entsprechend den Erfahrungen aus Tirol (A12) wird davon ausgegangen, dass 43% des nachts fahrenden SGV auch bei einem Nachtfahrverbot immer noch nachts fährt; dies betrifft Lkw der höchsten Euroklasse(n), für welche das NFV nicht gilt, solche mit Ausnahmegenehmigungen und solche, die sich über das Verbot hinwegsetzen.

Insgesamt werden also 12 Szenarien jeweils für die Jahre 2011-2015 berechnet.

2.4. Flottenzusammensetzungen des SGV nach Euroklassen

Im Folgenden werden die in den Szenarien verwendeten Euroklassenverteilungen für die SoloLkw und die SLZ (Sattel- und Lastenzüge) angegeben. Es gibt die beiden Szenarien “Kein Eingriff”, also eine sich selbst überlassene Modernisierung der SGV-Flotte, und eine “forcierte Flottenmodernisierung”. Allerdings sind modernere Lkw-Flotten nur durch Verbote niedrigerer Euroklassen und Begünstigungen für Euro6-Fahrzeuge (z.B. geringere Maut) zu erreichen.

Die Abschätzung der SGV-Flottenverteilungen basiert auf den folgenden Eckpunkten:

- Aus der Flottenverteilung des SGV für die Tauern 2009 nach CAFT, welche nur für die Gesamtheit der schweren Nutzfahrzeuge vorliegt, wird in Analogie zum Tiroler Modell auf die Verteilungen für die SoloLkw und die SLZ geschlossen (die SLZ sind moderner).
- Die forcierte Flottenmodernisierung betrifft nur die SLZ. Die SoloLkw haben wesentlich längere Lebensdauern, Forcierung des Ersatzes ist dort entsprechend schwieriger.
- Bei der Entwicklung ohne Eingriff soll der Prozentanteil der Euro6-Fahrzeuge im 2015 so hoch sein wie derjenige der Euro5-Fahrzeuge im 2009.
- Bei der forcierten Flottenmodernisierung soll der Prozentanteil der Euro6-Fahrzeuge im 2015 um 13% höher sein als bei der Entwicklung ohne Eingriff.

Die restliche Flottenentwicklung ergibt sich durch Analogien zum Modell der TU Graz.

Somit ergeben sich folgende Flottenverteilungen des SGV:

Tabelle 2.1: Prozentuale Euroklassenverteilungen der SoloLkw 2009-2015, alle Szenarien:

Jahr	EURO0	EUROI	EUROII	EUROIII	EUROIV	EUROV	EUROVI
2009	0.6%	4.0%	10.7%	46.9%	16.6%	21.2%	0.0%
2010	0.3%	3.0%	9.0%	42.8%	14.9%	30.0%	0.0%
2011	0.3%	2.4%	8.0%	37.6%	13.2%	38.5%	0.0%
2012	0.3%	1.7%	7.0%	30.1%	12.0%	47.7%	1.2%
2013	0.2%	0.9%	5.7%	23.0%	11.5%	54.7%	4.0%
2014	0.1%	0.5%	5.0%	20.2%	11.0%	52.6%	10.6%
2015	0.1%	0.1%	4.0%	16.2%	10.3%	48.1%	21.2%

Tabelle 2.2: Prozentuale Euroklassenverteilungen der SLZ 2009-2015, ohne Eingriff:

Jahr	EURO0	EUROI	EUROII	EUROIII	EUROIV	EUROV	EUROVI
2009	0.0%	0.2%	3.8%	42.2%	12.6%	41.2%	0.0%
2010	0.0%	0.2%	3.0%	36.0%	9.0%	51.8%	0.0%
2011	0.0%	0.1%	2.0%	29.0%	7.0%	61.9%	0.0%
2012	0.0%	0.1%	1.5%	23.0%	5.6%	65.8%	4.0%
2013	0.0%	0.0%	1.0%	18.0%	4.5%	62.5%	14.0%
2014	0.0%	0.0%	0.5%	14.0%	3.5%	56.0%	26.0%
2015	0.0%	0.0%	0.1%	11.5%	2.7%	44.5%	41.2%

Tabelle 2.3: Prozentuale Euroklassenverteilungen der SLZ 2009-2015, forcierte Modernisierung:

Jahr	EURO0	EUROI	EUROII	EUROIII	EUROIV	EUROV	EUROVI
2009	0.0%	0.2%	3.8%	42.2%	12.6%	41.2%	0.0%
2010	0.0%	0.2%	3.0%	36.0%	9.0%	51.8%	0.0%
2011	0.0%	0.1%	2.0%	27.0%	7.0%	63.9%	0.0%
2012	0.0%	0.1%	1.5%	20.0%	5.6%	64.8%	8.0%
2013	0.0%	0.0%	1.0%	12.0%	4.2%	62.8%	20.0%
2014	0.0%	0.0%	0.5%	8.0%	3.0%	53.5%	35.0%
2015	0.0%	0.0%	0.1%	5.0%	2.2%	38.7%	54.0%

2.5. Emissionsfaktoren nach Euroklassen

Die künftige Entwicklung der Emissionsfaktoren (mittlere Emission pro Fahrzeug für eine bestimmte Fahrsituation) der SoloLkw und der SLZ wird wesentlich davon abhängen, inwieweit es gelingt, die Flotte mit Euro6-fahrzeugen zu durchsetzen, und natürlich davon, ob diese Fahrzeuge die in sie gesetzten Erwartungen auch erfüllen. Im Folgenden werden die NO_x- und NO₂-Emissionsfaktoren je Euroklasse gezeigt.

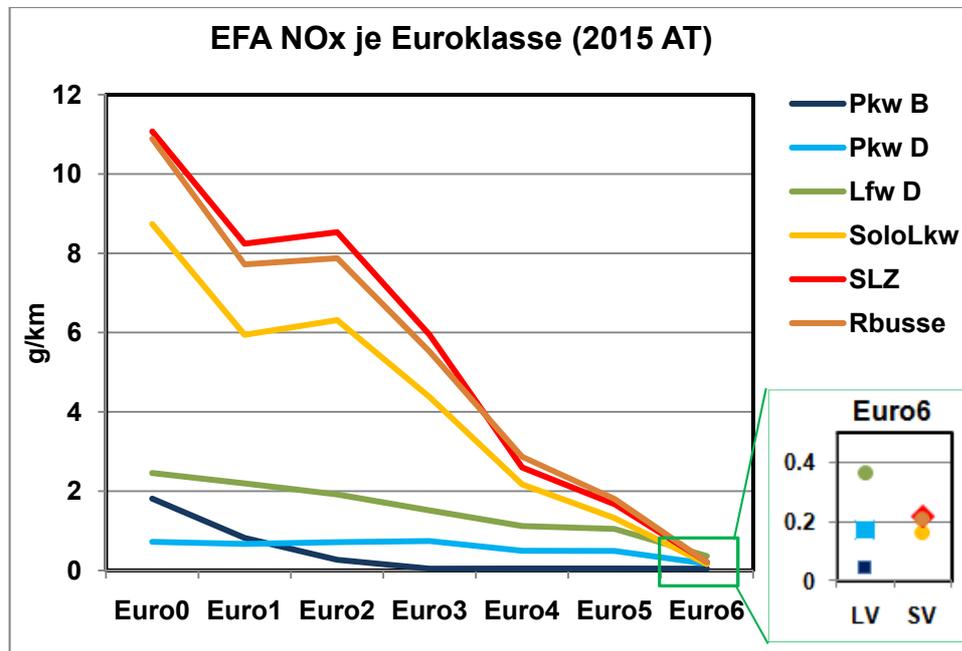


Abbildung 2.1: Emissionsfaktoren (EFA) für NO_x je Fahrzeugkategorie, Österreich, Autobahn, Geschwindigkeiten: Leichtverkehr 112 km/h, SGV 86 km/h, Busse 103 km/h.

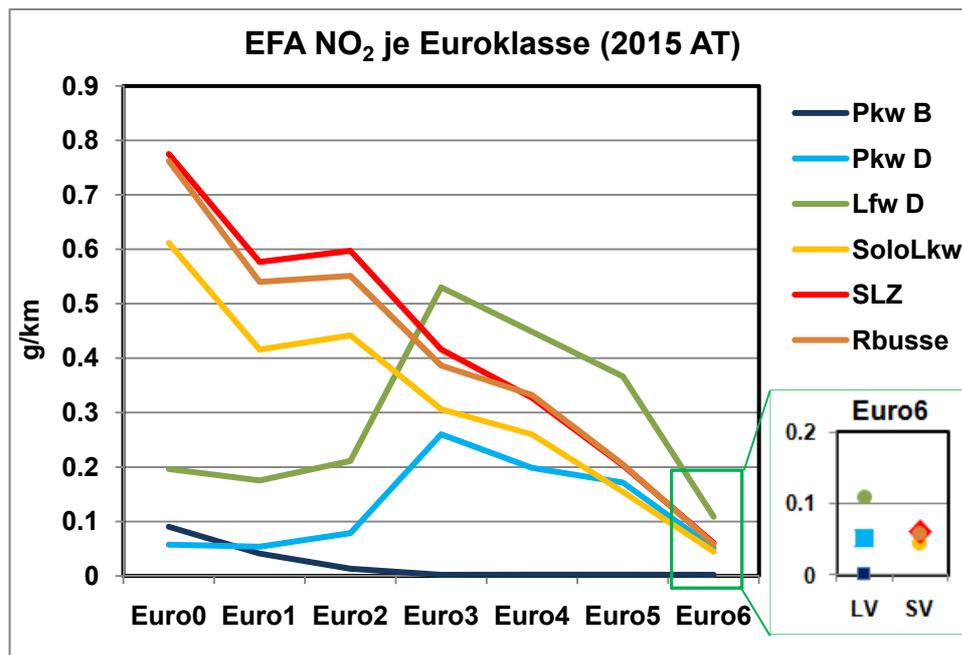


Abbildung 2.2: Emissionsfaktoren (EFA) für NO₂ je Fahrzeugkategorie, Österreich, Autobahn, Geschwindigkeiten: Leichtverkehr 112 km/h, SGV 86 km/h, Busse 103 km/h.

Der Unterschied in den Emissionsfaktoren (EFA) je Euroklasse ist bei den schweren Fahrzeugen viel größer als bei den leichten. Dies gilt für alle Komponenten außer für Partikelmasse bei den Lieferwagen. Bei den Euro6-Fahrzeugen (Lkw erhältlich ab 2011, Pkw geplant ab 2013) werden die schweren Fahrzeuge etwa gleich viel Stickoxide emittieren wie ein Diesel-Pkw, ein Lfw etwa das Doppelte. Bei der Partikelmasse emittieren die schweren Euro6-Fahrzeuge etwa doppelt so viel wie die leichten, allerdings auf sehr tiefem Niveau im Vergleich zu den früheren Euroklassen. Die Stickoxidemissionen der Diesel-Pkw und Lfw gehen von Euro5 zu Euro6 markant zurück, was von Euro3 bis Euro5 nicht gelang; dabei gehen die NO₂-Emissionen mehr zurück als die gesamten Stickoxidemissionen. In der Euro6-Klasse weisen die Diesel-Pkw und Lfw nicht mehr einen höheren Anteil an NO₂ in den Stickoxidemissionen auf als andere Fahrzeugkategorien.

Bei den schweren Fahrzeugen (Lkw und Busse) sind die Stickoxidemissionen eines Euro5-Fahrzeugs etwa 8-mal höher als bei Euro6, bei den Lfw und Diesel-Pkw etwa 3-mal höher. Alle diese Aussagen basieren auf dem HBEFA 3.1.

3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden für die evaluierten Szenarien

3.1. Methodik der Bestimmung der Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden

Aus den Verkehrsaufkommen und den Emissionsfaktoren je Fahrzeugkategorie werden die Emissionen an NO_x und NO₂ für jede Stunde des Referenzjahres 2010 ermittelt. Dabei können diese Eingangsgrößen je nach Szenarium variieren (Verkehrswachstum, Flottenzusammensetzung). In der Folge werden die stündlichen Immissionen an NO_x und NO₂ bestimmt, NO_x mit Hilfe des Tau-Modells, NO₂ unter Beachtung der komplexen Wechselwirkungen zwischen direkt emittiertem und in der Atmosphäre aus NO gebildetem NO₂. Die NO₂-Emission wird zu einem Teil der NO₂-Immission. Der Anteil des in der Atmosphäre aus NO gebildeten NO₂ steigt prozentual mit abnehmendem NO. Da die Reaktionen der NO_x- und der NO₂-Emissionen auf ein Szenarium sehr unterschiedlich sind, kann die NO₂-Immission in solchen Szenarien nicht mit einfachen Näherungsformeln (wie z.B. gemäß Romberg und daraus weiter entwickelte Formeln) aus der NO_x-Immission abgeleitet werden.

3.2. Diskussion der Ergebnisse der Szenarien

Die Ergebnisse (Emissionen und Immissionen an NO_x und NO₂) aller Szenarien werden im **Anhang** aufgelistet.

Das Szenarium 1 enthält den im Wesentlichen sich selbst überlassenen Verkehr (starkes Verkehrswachstum, allgemeine Flottenmodernisierung in allen Fahrzeugkategorien). Es zeigt den Effekt der technischen Entwicklung in Europa und geht dabei von kontinuierlich beträchtlichen Investitionen in den Fahrzeugpark aus.

Die Emissionen und Immissionen an NO_x würden dabei von 2010-2015 um 27% absinken, die Emissionen an NO₂ um 10% und die NO₂-Immissionen um 16%. (Die NO₂-Immissionen setzen sich zusammen aus einem direkt der NO₂-Emission entstammenden Anteil und aus NO₂, welches in der Luft aus NO gebil-

det wurde. Der Anteil des NO, welcher zu NO₂ konvertiert wird, steigt mit abnehmender NO_x-Konzentration.)

Diese Reduktionen sind recht hoch und haben als **w e s e n t l i c h e** Voraussetzungen, dass die Flotte bis 2015 so modern wie erwartet sein wird und dass die Emissionen der Euro6-Fahrzeuge auch im Massenbetrieb so niedrig wie erwartet sein werden. Dennoch würde der NO₂-Grenzwert bei Hallein im 2015 mit 45 µg/m³ nicht eingehalten.

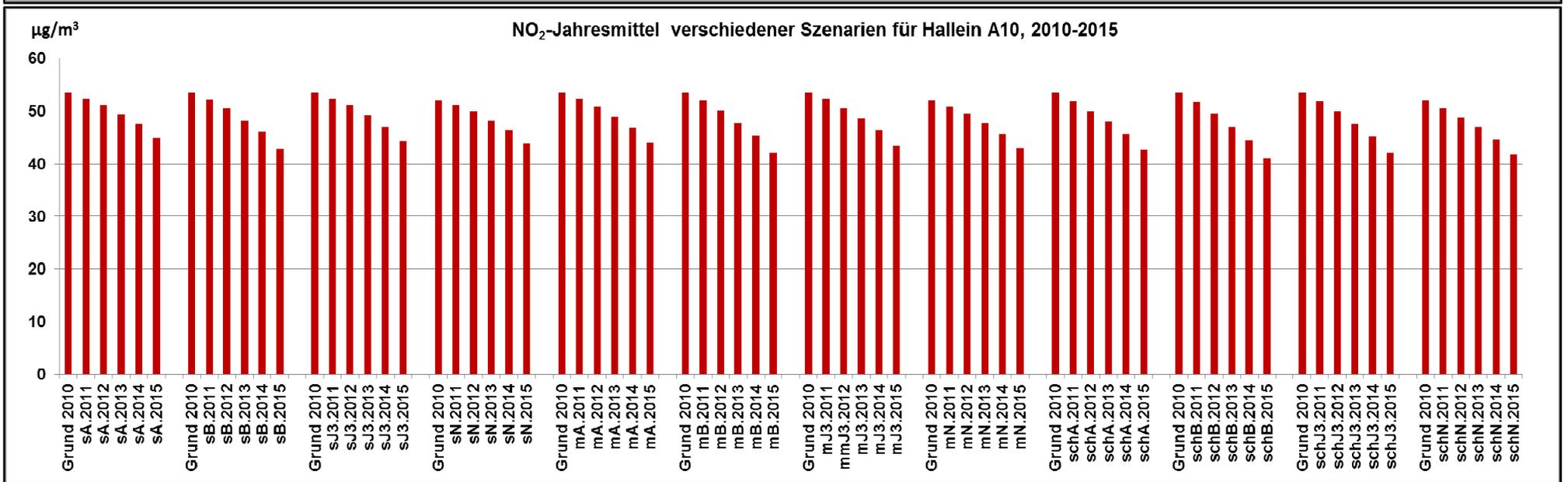
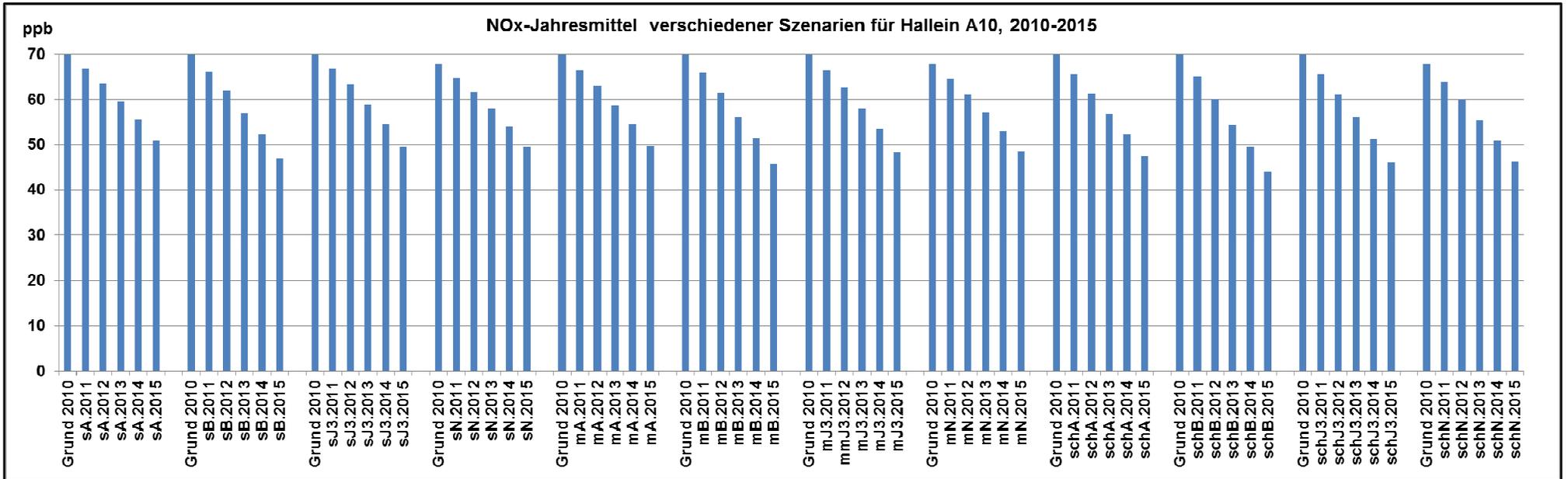
Zur Grenzwerteinhaltung sind weitere Maßnahmen erforderlich. Eine Abschwächung des Verkehrswachstums könnte etwa -2 µg/m³ NO₂ im Jahresmittel bringen, eine forcierte Modernisierung der SGV-Flotte ebenfalls etwa -2 µg/m³ NO₂. Ein reduzierter Dieselanteil bei den Pkw würde etwa mit -0.6 µg/m³ NO₂ zu Buche schlagen, ein (partielles) Nachtfahrverbot etwa mit -1 µg/m³ NO₂. Der Effekt eines Nachtfahrverbots würde von 2010 – 2015 sinken, weil der Anteil des SGV an den Gesamtemissionen über die Jahre fortlaufend sinken wird; dies weil die Modernisierung der Flotte beim SGV zu deutlich stärkeren Reduktionen der mittleren Emissionsfaktoren führt als bei den anderen Fahrzeugkategorien.

Durch eine Kombination von Maßnahmen könnte der Grenzwertbereich für NO₂ bei Hallein erreicht werden. Die kontinuierliche Beobachtung der weiteren Entwicklung im Bereich der Emissionsfaktoren, des Verkehrsaufkommens und der Immissionen bleibt jedenfalls wichtig.

3.3. Überblick zu allen Szenarien

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Immissionen an NO_x und NO₂ für alle berechneten Szenarien.

Abbildung 3.1 (nächste Seite): Immissionen an NO_x und NO₂ für alle Szenarien für Hallein A10, 2010-2015.



4. Abschätzung für Geschwindigkeitsmaßnahmen auf der Stadtautobahn Salzburg-Nord

Für die Stadtautobahn Salzburg-Nord sind neue Tempolimits für den Leicht- und den Lkw-Verkehr angedacht worden. Deren lufthygienische Wirksamkeit wird in diesem Kapitel untersucht.

4.1. Permanentes Tempo 80 für den Leichtverkehr

Gegenwärtig gilt auf der Stadtautobahn Salzburg-Nord ein permanentes Tempolimit von 100 km/h. Im Folgenden wird der lufthygienische Effekt für ein permanentes Tempolimit von 80 km/h abgeschätzt.

Die Emissionen an NO_x und NO₂ können anhand der Verkehrszählung bei Siezenheim für 2010 abgeschätzt werden, und damit auch der Effekt einer Geschwindigkeitsreduktion des Leichtverkehrs (Pkw, Motorräder, Lieferwagen). Da es in diesem Bereich keine Luftmessstelle gibt, können bei den Immissionen lediglich prozentuale Reduktionen für den straßennahen Bereich abgeschätzt werden, ausgehend von den konkreten Gegebenheiten bei Hallein (A10).

Die Zählstelle bei Siezenheim (A1) unterscheidet nur in Leicht- und Schwerverkehr. Es wird angenommen, dass die relative Aufteilung in die Unterkategorien des Leicht- und Schwerverkehrs gleich sei wie bei Hallein. Damit erhält man das folgende Verkehrsaufkommen bei Siezenheim für 2010:

Tabelle 4.1: Verkehrsaufkommen (DTV) 2010 bei Siezenheim (A1), nach Kategorien geschätzt anhand von Hallein (A10):

	q-Krad	q-Pkw	q-Lfw	q-Lkw	q-SLZ	q-Bus
DTV Hallein 2010	158	42204	3802	1495	3716	275
DTV Siezenheim 2010	70867			5982		
DTV Siezenheim 2010	243	64788	5836	1630	4052	300

Daraus können die Gesamtemissionen an NO_x und NO₂ für Tempo 100 bzw. Tempo 80 des Leichtverkehrs ermittelt werden, ausgehend von den gleichen Eu-

roklaszuzusammensetzungen wie bei Hallein (A10). Für Tempo 100 wurde dabei die Geschwindigkeit 102 km/h verwendet, für Tempo 80 eine solche von 83 km/h; für diese Geschwindigkeitspunkte liefert das HBEFA 3.1 direkt Emissionsfaktoren.

In der Folge können die prozentualen Reduktionen der NO_x- und NO₂-Emissionen durch ein Tempo 80 berechnet werden, und daraus wiederum können die prozentualen Immissionsreduktionen für den straßennahen Bereich aufgrund folgender Überlegungen abgeschätzt werden:

- Beim NO_x ist die relative Immissionsreduktion in Näherung gleich groß wie die relative Emissionsreduktion. Straßennah dominieren die Emissionen der A1, deshalb übertragen sich die Emissionsreduktionen direkt auf die Immissionen.
- Die relative Immissionsreduktion beim NO₂ ist in diesem Fall gleich gross wie beim NO_x. Dies ist im Gegensatz zu den übrigen Szenarien in diesem Bericht, wo NO₂ weniger stark reagiert hat als NO_x, aber im Gleichklang mit den Tempo100-Szenarien im Evaluationsbericht zu Tempo100 für Hallein. Dafür gibt es zwei Gründe: In den Fünf-Jahres-Szenarien dieses Berichtes ist die Reduktion der NO₂-Emissionen deutlich geringer als bei den NO_x-Emissionen, bei den "Tempo-Szenarien" ist es umgekehrt, da hier nur der Leichtverkehr von Maßnahmen betroffen ist. Und bei den Fünf-Jahres-Szenarien dieses Berichtes ist die gesamte NO_x-reduktion grösser als bei den "Tempo-Szenarien", wodurch der relative NO₂-Anteil mehr steigt, was den Reduktionseffekt vermindert.

Tabelle 4.2: Emissionen der A1 bei Siezenheim je Tempolimit (100 bzw. 80 km/h), Differenzen der Emissionen und straßennahen Immissionen zwischen den Tempolimits.

	kg/km/d
E_NOx vLV 102 km/h	53.1
E_NOx vLV 83 km/h	45.9
E_NO2 vLV 102 km/h	10.3
E_NO2 vLV 83 km/h	8.3
Diff. E_NOx	-13%
Diff E_NO2	-20%
Diff. I_NOx	-13%
Diff I_NO2	-13%

Bei der geschätzten Immissionsreduktion von 13% für straßennahe Bereiche, welche ein Tempo 80 gegenüber einem Tempo 100 bringen würde, handelt es sich im Vergleich zu anderen Maßnahmen um einen erheblichen Effekt.

4.2. Effekt von Tempo60 für Lkw

Die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Emissionsfaktoren (EFA) von Lkw zwischen 60 und 90 km/h sieht ganz anders aus als diejenige für Pkw, Lieferwagen und Motorräder. Bei letzteren nehmen die EFA mit zunehmender Geschwindigkeit stark zu (entsprechend dem Faktum, dass sowohl Luftwiderstand als auch kinetische Energie mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunehmen). Vor allem modernere Lkw sind demgegenüber so eingestellt, dass sie im Bereich von 80-86 km/h am wenigsten emittieren. Die nächste Abbildung zeigt die Geschwindigkeitsabhängigkeit der EFA für schwere Nutzfahrzeuge (SNF) je Euroklasse. Dabei wird im HBEFA 3.1 unterschieden zwischen Autobahnen mit Geschwindigkeitsbereichen der SNF zwischen 81 und 86 km/h (für flüssigen Verkehr), und Fernstraßen mit Bereichen zwischen 59 und 81 km/h (ebenfalls für flüssigen Verkehr). Die EFA der SNF werden für die gleiche Geschwindigkeit (81 km/h) auf Autobahnen etwas höher eingeschätzt als für Fernstraßen, obwohl die euroklassenspezifische Betrachtung ja unabhängig von der möglicherweise unterschiedlichen Flottenzusammensetzung ist. Die beiden Straßentypen müssen deshalb unterschieden werden.

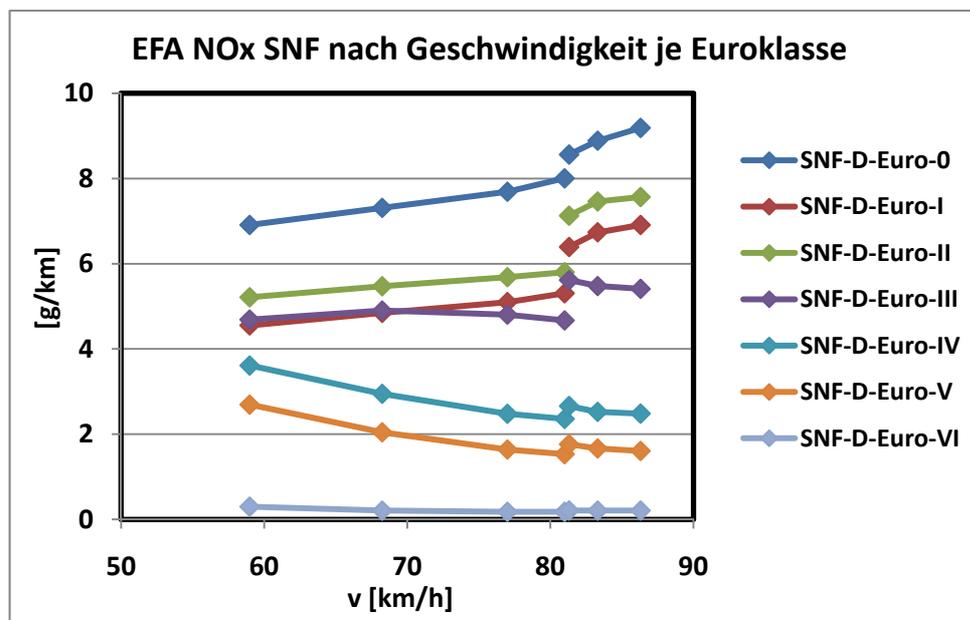


Abbildung 4.1: Emissionsfaktoren (EFA) der SNF für NO_x je Euroklasse für Fernstraßen (59-81 km/h) und Autobahnen (81-86 km/h).

Die EFA der Euroklassen 0-2 nehmen ab 60 km/h mit der Geschwindigkeit zu, Euro3 sind weitgehend unabhängig von der Geschwindigkeit, ab Euro4 nehmen die EFA mit der Geschwindigkeit ab.

Die mittleren EFA der SNF in der Euroklassenzusammensetzung auf der A10 bei Hallein im 2010, deren Zusammensetzung auch der Stadtautobahn Salzburg-Nord entsprechen dürfte, zeigen in ihrer Geschwindigkeitsabhängigkeit das folgende Bild:

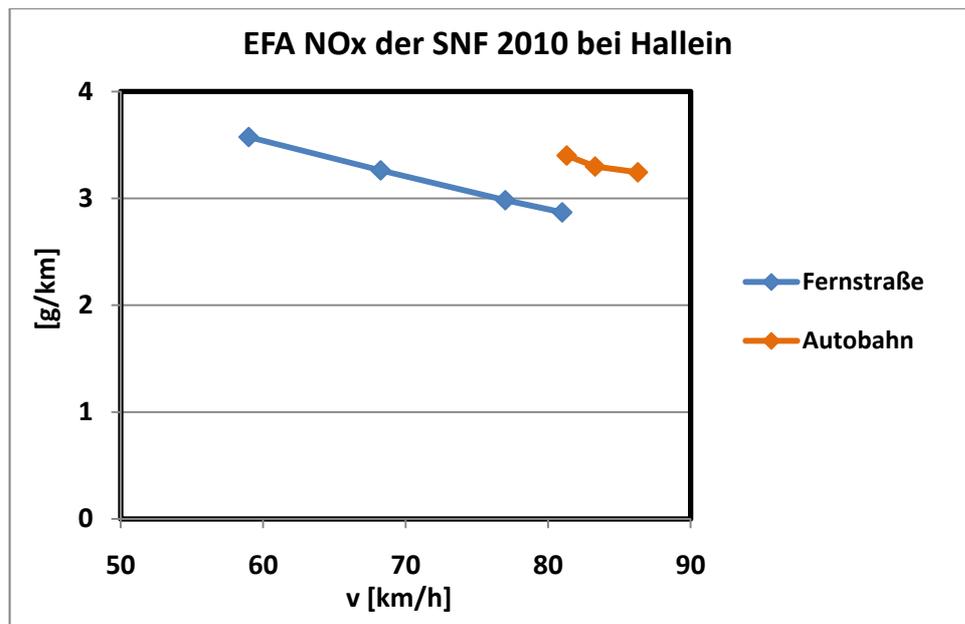


Abbildung 4.2: NOx-Emissionsfaktoren (EFA) der SNF in der Euroklassenzusammensetzung auf der A1/A10 im 2010 für Fernstraßen (59-81 km/h) und Autobahnen (81-86 km/h).

Aus lufthygienischer Sicht würde eine Geschwindigkeitsreduktion bei den SNF auf unter 80 km/h keinen direkten positiven Effekt bringen (Emissionsfaktor bezeichnet die Emission pro km, nicht pro Zeiteinheit). Ob die im Mittel deutlich über 80 km/h fahrenden SNF (bei Hallein 88 km/h) den Verkehrsfluss der Pkw behindern, was auch emissionsseitige Konsequenzen haben kann, ist eine andere Frage.

5. Literatur

[1] Ergebnisbericht: Erhebung Alpenquerender Güterverkehr 2009 in Österreich, HERRY – SNIZEK + Partner – INTRA PERFORMANCE, im Auftrag des BMVIT, 2011 (Entwurf).

[2] Hochrechnung der Fahrleistungsanteile nach EURO-Klassen für PKW und SNF auf der A12 und der A13 in Tirol, Hausberger, S., TU Graz, 2009.

Anhang: Ergebnisse der Szenarien

Zunächst werden für alle berechneten Szenarien die absoluten Jahreswerte angegeben (Mittelwerte, 95%-Werte). Sodann werden die Differenzen je Jahr zum Sze1 (starkes Verkehrswachstum, allgemeine Flottenmodernisierung) gezeigt. Diese Differenzen zeigen den zusätzlichen Effekt einer Abschwächung des Verkehrswachstums, einer Forcierung der Flottenmodernisierung beim SGV, eines Nachtfahrverbots (NFV) beim SGV oder einer Verringerung des Dieselanteils bei den Pkw, über den Effekt der allgemeinen Flottenmodernisierung bei allen Fahrzeugkategorien hinaus, welcher letzterer im Sze1 sichtbar wird.

Absolute Werte			Hallein	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %
			Jahreswerte	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
				g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	ppb	µg/m ³
Wachstum	SGV		Sze1						
		Real 2010	Grund 2010	1813	335	69.9	53.4	170	101
stark	Allg. Flotten- erneuerung		sA.2011	1732	336	66.7	52.4	162	99
			sA.2012	1649	335	63.5	51.2	154	97
			sA.2013	1549	329	59.5	49.5	144	94
			sA.2014	1449	319	55.6	47.5	135	91
			sA.2015	1329	303	50.9	44.8	124	86
			Sze2						
		Real 2010	Grund 2010	1813	335	69.9	53.4	170	101
stark	Forcierte Flotten- erneuerung		sB.2011	1718	336	66.1	52.2	161	98
			sB.2012	1617	333	62.1	50.6	151	96
			sB.2013	1487	326	56.9	48.3	138	92
			sB.2014	1375	314	52.4	46.0	128	89
			sB.2015	1236	296	46.9	42.9	114	83
			Sze3						
		Real 2010	Grund 2010	1813	335	69.9	53.4	170	101
stark	Allg. Flotten- erneuerung	Reduzierter Dieselanteil Pkw	sJ3.2011	1732	336	66.7	52.4	162	99
			sJ3.2012	1640	335	63.2	51.0	154	97
			sJ3.2013	1530	329	58.9	49.2	143	93
			sJ3.2014	1420	319	54.5	47.0	132	90
			sJ3.2015	1290	303	49.5	44.2	120	85
			Sze4						
	Real 2010	NFV für SGV 22-5 Uhr	Grund 2010	1819	336	67.9	52.0	174	102
stark	Allg. Flotten- erneuerung		sN.2011	1737	337	64.8	51.0	166	100
			sN.2012	1654	336	61.7	49.9	157	98
			sN.2013	1553	330	57.9	48.3	147	95
			sN.2014	1452	320	54.2	46.4	137	92
			sN.2015	1332	303	49.7	43.9	126	87

Absolute Werte			Hallein	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %
			Jahreswerte	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
				g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	ppb	µg/m ³
Wachstum	SGV		Sze5						
		Real 2010	Grund 2010	1813	335	69.9	53.4	170	101
moderat	Allg. Flotten- erneuerung		mA.2011	1724	335	66.4	52.2	162	98
			mA.2012	1634	331	62.9	50.8	153	96
			mA.2013	1527	324	58.7	48.9	143	93
			mA.2014	1421	312	54.5	46.7	132	89
			mA.2015	1296	294	49.7	44.0	120	84
			Sze6						
		Real 2010	Grund 2010	1813	335	69.9	53.4	170	101
moderat	Forcierte Flotten- erneuerung		mB.2011	1710	334	65.9	52.0	160	98
			mB.2012	1602	329	61.6	50.2	150	95
			mB.2013	1465	320	56.1	47.7	136	91
			mB.2014	1347	307	51.4	45.3	125	87
			mB.2015	1203	288	45.7	42.0	111	82
			Sze7						
		Real 2010	Grund 2010	1813	335	69.9	53.4	170	101
moderat	Allg. Flotten- erneuerung	Reduzierter Dieselanteil Pkw	mJ3.2011	1724	335	66.4	52.2	162	98
			mmJ3.2012	1625	331	62.6	50.7	152	96
			mJ3.2013	1509	324	58.1	48.6	141	92
			mJ3.2014	1393	312	53.5	46.3	130	88
			mJ3.2015	1259	294	48.3	43.4	117	83
			Sze8						
	Real 2010	NFV für SGV 22-5 Uhr	Grund 2010	1819	336	67.9	52.0	174	102
moderat	Allg. Flotten- erneuerung		mN.2011	1729	335	64.5	50.8	165	100
			mN.2012	1638	332	61.2	49.5	156	97
			mN.2013	1531	324	57.2	47.7	145	94
			mN.2014	1424	313	53.1	45.7	134	90
			mN.2015	1299	294	48.5	43.0	123	85

Absolute Werte			Hallein	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %
			Jahreswerte	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
				g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	ppb	µg/m ³
Wachstum	SGV		Sze9						
		Real 2010	Grund 2010	1813	335	69.9	53.4	170	101
schwach	Allg. Flotten- erneuerung		schA.2011	1704	333	65.6	51.8	159	98
			schA.2012	1598	328	61.4	50.1	149	95
			schA.2013	1481	319	56.8	47.9	138	92
			schA.2014	1368	307	52.3	45.6	127	88
			schA.2015	1240	288	47.3	42.7	115	83
			Sze10						
		Real 2010	Grund 2010	1813	335	69.9	53.4	170	101
schwach	Forcierte Flotten- erneuerung		schB.2011	1691	332	65.1	51.6	158	97
			schB.2012	1569	326	60.2	49.6	146	94
			schB.2013	1425	316	54.4	46.9	133	90
			schB.2014	1304	302	49.6	44.3	121	86
			schB.2015	1164	283	44.1	41.1	107	80
			Sze11						
		Real 2010	Grund 2010	1813	335	69.9	53.4	170	101
schwach	Allg. Flotten- erneuerung	Reduzierter Dieselanteil Pkw	schJ3.2011	1704	333	65.6	51.8	159	98
			schJ3.2012	1589	328	61.1	50.0	149	95
			schJ3.2013	1462	319	56.1	47.7	136	91
			schJ3.2014	1339	307	51.3	45.2	125	87
			schJ3.2015	1203	288	46.0	42.1	112	81
			Sze12						
	Real 2010	NFV für SGV 22-5 Uhr	Grund 2010	1819	336	67.9	52.0	174	102
schwach	Allg. Flotten- erneuerung		schN.2011	1709	333	63.8	50.5	163	99
			schN.2012	1603	329	59.8	48.9	152	96
			schN.2013	1484	320	55.3	46.9	140	93
			schN.2014	1371	307	51.1	44.6	129	89
			schN.2015	1243	288	46.3	41.9	117	84

Differenz zu Sze 1 (starkes Wachstum, allg. Flottenenerneuerung)			Hallein	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %
			Jahreswerte	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
				g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	ppb	µg/m ³
Wachstum	SGV		Sze1						
		Real 2010	Grund 2010	0	0.0	0.0	0.0	0	0
stark	Allg. Flotten- erneuerung		sA.1	0	0.0	0.0	0.0	0	0
			sA.2	0	0.0	0.0	0.0	0	0
			sA.3	0	0.0	0.0	0.0	0	0
			sA.4	0	0.0	0.0	0.0	0	0
			sA.5	0	0.0	0.0	0.0	0	0
			Sze2						
		Real 2010	Grund 2010	0	0.0	0.0	0.0	0	0
stark	Forcierte Flotten- erneuerung		sB.1	-14	-0.7	-0.6	-0.2	-2	0
			sB.2	-32	-2.1	-1.4	-0.6	-3	-1
			sB.3	-62	-3.9	-2.6	-1.2	-6	-2
			sB.4	-74	-5.0	-3.1	-1.5	-7	-2
			sB.5	-93	-6.5	-3.9	-1.9	-9	-3
			Sze3						
		Real 2010	Grund 2010	0	0.0	0.0	0.0	0	0
stark	Allg. Flotten- erneuerung	Reduzierter Dieselanteil Pkw	sJ3.1	0	0.0	0.0	0.0	0	0
			sJ3.2	-9	0.0	-0.3	-0.1	-1	0
			sJ3.3	-19	0.0	-0.7	-0.3	-2	-1
			sJ3.4	-29	0.0	-1.0	-0.4	-3	-1
			sJ3.5	-39	0.0	-1.4	-0.6	-3	-1
			Sze4						
	Real 2010	NFV für SGV 22-5 Uhr	Grund 2010	5	0.4	-2.1	-1.4	4	1
stark	Allg. Flotten- erneuerung		sN.1	5	0.4	-1.9	-1.4	3	1
			sN.2	4	0.4	-1.8	-1.3	3	1
			sN.3	4	0.4	-1.6	-1.2	3	1
			sN.4	4	0.4	-1.4	-1.1	2	1
		sN.5	3	0.3	-1.2	-1.0	2	1	

Differenz zu Sze 1 (starkes Wachstum, allg. Flottenenerneuerung)			Hallein	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %
			Jahreswerte	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
				g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	ppb	µg/m ³
Wachstum	SGV		Sze5						
		Real 2010	Grund 2010	0	0.0	0.0	0.0	0	0
moderat	Allg. Flotten- erneuerung		mA.1	-8	-1.8	-0.3	-0.2	-1	0
			mA.2	-15	-3.6	-0.6	-0.4	-1	-1
			mA.3	-22	-5.4	-0.8	-0.6	-2	-1
			mA.4	-28	-7.0	-1.0	-0.7	-3	-2
			mA.5	-33	-8.4	-1.2	-0.9	-3	-2
			Sze6						
		Real 2010	Grund 2010	0	0.0	0.0	0.0	0	0
moderat	Forcierte Flotten- erneuerung		mB.1	-22	-2.5	-0.9	-0.4	-2	-1
			mB.2	-47	-5.7	-1.9	-1.0	-5	-1
			mB.3	-84	-9.3	-3.4	-1.7	-8	-3
			mB.4	-102	-12.0	-4.2	-2.2	-10	-3
			mB.5	-126	-14.9	-5.1	-2.8	-12	-5
			Sze7						
		Real 2010	Grund 2010	0	0.0	0.0	0.0	0	0
moderat	Allg. Flotten- erneuerung	Reduzierter Dieselanteil Pkw	mJ3.1	-8	-1.8	-0.3	-0.2	-1	0
			mmJ3.2	-25	-3.6	-0.9	-0.5	-2	-1
			mJ3.3	-41	-5.4	-1.5	-0.8	-3	-2
			mJ3.4	-56	-7.0	-2.0	-1.2	-5	-2
			mJ3.5	-70	-8.4	-2.5	-1.5	-6	-3
			Sze8						
	Real 2010	NFV für SGV 22-5 Uhr	Grund 2010	5	0.4	-2.1	-1.4	4	1
moderat	Allg. Flotten- erneuerung		mN.1	-3	-1.4	-2.2	-1.5	3	1
			mN.2	-11	-3.2	-2.3	-1.7	2	1
			mN.3	-18	-5.0	-2.4	-1.7	1	0
			mN.4	-24	-6.7	-2.4	-1.8	-1	0
			mN.5	-30	-8.0	-2.4	-1.8	-1	-1

Differenz zu Sze 1 (starkes Wachstum, allg. Flottenenerneuerung)			Hallein	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %
			Jahreswerte	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
				g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	ppb	µg/m ³
Wachstum	SGV		Sze9						
		Real 2010	Grund 2010	0	0.0	0.0	0.0	0	0
schwach	Allg. Flotten- erneuerung		schA.1	-28	-3.6	-1.1	-0.6	-3	-1
			schA.2	-51	-7.0	-2.1	-1.1	-5	-2
			schA.3	-69	-10.0	-2.8	-1.5	-6	-2
			schA.4	-81	-12.5	-3.3	-1.9	-8	-3
			schA.5	-89	-14.4	-3.5	-2.1	-8	-4
			Sze10						
		Real 2010	Grund 2010	0	0.0	0.0	0.0	0	0
schwach	Forcierte Flotten- erneuerung		schB.1	-41	-4.3	-1.7	-0.8	-4	-1
			schB.2	-80	-8.9	-3.3	-1.6	-8	-2
			schB.3	-124	-13.5	-5.1	-2.6	-12	-4
			schB.4	-145	-16.8	-6.0	-3.2	-14	-5
			schB.5	-165	-19.8	-6.8	-3.8	-16	-6
			Sze11						
		Real 2010	Grund 2010	0	0.0	0.0	0.0	0	0
schwach	Allg. Flotten- erneuerung	Reduzierter Dieselanteil Pkw	schJ3.1	-28	-3.6	-1.1	-0.6	-3	-1
			schJ3.2	-60	-7.0	-2.4	-1.2	-6	-2
			schJ3.3	-87	-10.0	-3.4	-1.8	-8	-3
			schJ3.4	-109	-12.5	-4.3	-2.3	-10	-4
			schJ3.5	-126	-14.4	-4.9	-2.7	-12	-5
			Sze12						
	Real 2010	NFV für SGV 22-5 Uhr	Grund 2010	5	0.4	-2.1	-1.4	4	1
schwach	Allg. Flotten- erneuerung		schN.1	-23	-3.2	-3.0	-1.9	1	0
			schN.2	-47	-6.6	-3.7	-2.3	-2	-1
			schN.3	-65	-9.6	-4.2	-2.6	-4	-2
			schN.4	-78	-12.2	-4.5	-2.8	-6	-2
			schN.5	-86	-14.1	-4.6	-3.0	-7	-3