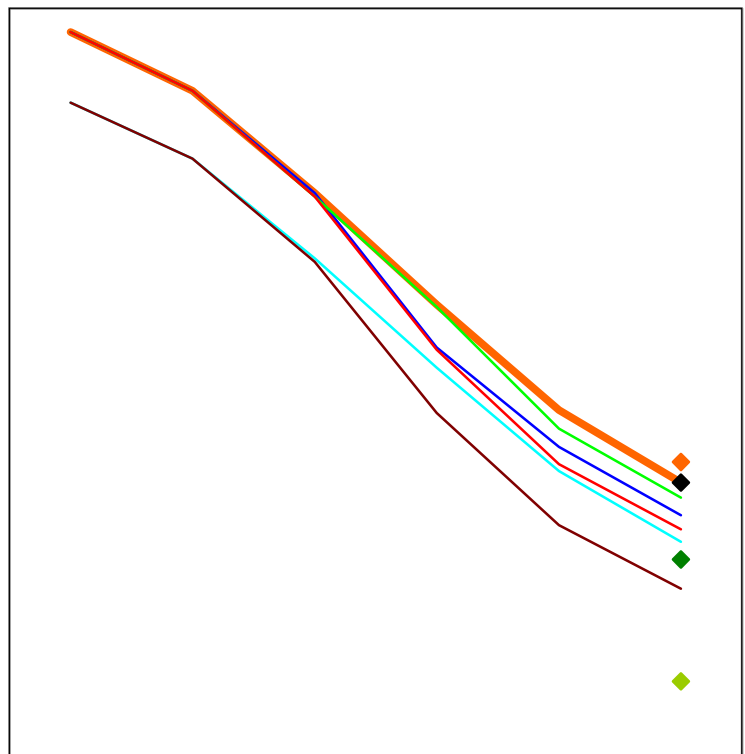


## Lufthygienische Auswirkungen der Zukunftsszenarien 2005 – 2010 für die Verkehrsentwicklung auf der Inntalautobahn A12



Dr. Jürg Thudium  
10.10.2006 / 5227.60

Oekoscience AG

Werkstrasse 2  
CH - 7000 Chur

Telefon: +4181 250 3310  
Telefax: +4181 250 3311  
oekos@oekoscience.ch

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Eignung von 2005 als Referenzjahr</b>	<b>1</b>
2.1. Wind, Inversionen und Stickoxidimmissionen im Unterinntal 2005	2
2.1.1. Inversionen bei Schwaz 2005	2
2.1.2. Zusammenhang zwischen Wind, Inversionen und Stickoxidimmissionen	4
<b>3. Die Prognosen der Verkehrs- und Emissionsentwicklung auf der Inntalautobahn</b>	<b>7</b>
3.1. Prognose der Entwicklung der Emissionsfaktoren	7
3.2. Direktmission an NO <sub>2</sub>	8
3.3. Flottenentwicklung	15
3.4. Verkehrsaufkommen und Emissionen an NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> und Partikeln	17
3.5. Anteil der SoloLKW Euro 0 & 1 an den Stickoxidemissionen	20
<b>4. Immissionssituation im Unterinntal; Repräsentativität der Messstelle Vomp A12</b>	<b>22</b>
<b>5. Das Szenarienmodell</b>	<b>28</b>
<b>6. Ergebnisse der Szenarien 2005 - 2010</b>	<b>30</b>
6.1. Das GrundszENARIO	30
6.2. Die Zukunftsszenarien 2005 – 2010	31
6.2.1. V0000 – Business as usual (BAU)	32
6.2.2. V1000 – Fahrverbot für ältere Euro-Klassen	33
6.2.3. V0100 – Sektorales Lkw-Fahrverbot	34
6.2.4. V1100 – Kombination V1000 mit V0100	35
6.2.5. V0001 – Geschwindigkeitsbeschränkung für PKW	35
6.2.6. V1101 – Kombination von V1100 und V0001	36
6.3. Die lufthygienischen Auswirkungen der Zukunftsszenarien 2005 – 2010	36
<b>7. Zusammenfassung</b>	<b>43</b>
<b>8. Literatur</b>	<b>44</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Inversionshäufigkeiten bei Schwaz je Schicht und Jahreszeit, 2005. Winter: Jan - Feb und Nov - Dez; Sommer: Mai – August; Zwischensaisons: März - April und Sep - Okt.	3
Abbildung 2.2: Verlauf von NO <sub>x</sub> -Immission bei Vomp und Inversionshäufigkeit im Unterinntal, 2005.	4
Abbildung 2.3: Verlauf von Windgeschwindigkeit bei Vomp und Inversionshäufigkeit im Unterinntal, 2005, gleitende 7-Tagemittel.	5
Abbildung 2.4: Inversionshäufigkeiten bei Schwaz (Unterinntal) 2003 – 2005, gleitende 7-Tagemittel.	6
Abbildung 2.5: Windgeschwindigkeiten bei Vomp (Unterinntal) 2003 – 2005, gleitende 7-Tagemittel.	6
Abbildung 3.1: Emissionsfaktoren für Sattel- und Lastenzüge (SLZ) nach Euroklasse für 2005, gem. HBEFA 2.1.	7
Abbildung 3.2: Messungen von Gense, Vermeulen, Weilenmann und McCrae [7] zur Direktemission an NO <sub>2</sub> von PKW, 2005.	9
Abbildung 3.3: NO <sub>x</sub> - und NO <sub>2</sub> -Verlauf 1994 – 2005 in Stuttgart und Karlsruhe, gemäß Lambrecht, Höpfner und Dünnebeil [8].	10
Abbildung 3.4: NO- und NO <sub>2</sub> -Entwicklung in Tirol 2000 – 2006, 1. Halbjahr (Weber [9]).	11
Abbildung 3.5: NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> -Verhältnis (Volumenanteil) für Vomp, 2005 (Halbstundenwerte).	12
Abbildung 3.6: Volumenanteil NO <sub>2</sub> am NO <sub>x</sub> in Abhängigkeit der NO <sub>x</sub> -Konzentration, Vomp A12 (Halbstundenwerte), 1999 – 2005.	13
Abbildung 3.7: Ozonentwicklung in Innsbruck Seegrube (1960 m ü.M.) 1990 – 2006, Monatsmittelwerte.	14
Abbildung 3.8: Ozonentwicklung in Innsbruck Seegrube (1960 m ü.M.) 1990 – 2006, prozentuale Zunahme pro Jahr.	14

Abbildung 3.9: Prognose der Euroklassenverteilung der SLZ auf der Inntalautobahn 2005 – 2010 gemäß TU Graz (Prof. Hausberger).	15
Abbildung 3.10: Prognose der Euroklassenverteilung der PKW auf österreichischen Autobahnen 2005 – 2010 gemäß Handbuch HBEFA 2.1.	16
Abbildung 3.11: Prognostizierte Entwicklung der Emissionsfaktoren auf der Inntalautobahn A12 2005 – 2010, gemäß HBEFA 2.1 und Prognose TU Graz.	17
Abbildung 3.12: Aufteilung von Verkehr und Emissionen nach Fahrzeugkategorie, Inntalautobahn A12 bei Vomp, 2005.	18
Abbildung 3.13: Aufteilung von Verkehr und Emissionen nach Fahrzeugkategorie, Inntalautobahn A12 bei Vomp, 2010.	19
Abbildung 3.14: Volumenanteile der NO <sub>2</sub> -Direktemission an der NO <sub>x</sub> -Gesamtemission, 2005 – 2010.	20
Abbildung 3.15: Anteil der Emissionen der SoloLKW mit und ohne Verbot ab 2009 an den Emissionen des Schweren Güterverkehrs (SGV) bzw. an den Gesamtemissionen der A12 bei Vomp, 2005 – 2010.	21
Abbildung 4.1: NO <sub>x</sub> -Immissionen an der Messstelle Vomp A12 gegen NO <sub>x</sub> -Emissionen auf der A12 je Wochentag, 2005.	23
Abbildung 4.2: NO <sub>x</sub> -Immissionen an der Messstelle Baumkirchen in 340 m Abstand von der A12 gegen NO <sub>x</sub> -Emissionen auf der A12 je Wochentag, 2005.	24
Abbildung 4.3: NO <sub>x</sub> - bzw. NO <sub>2</sub> -Jahresmittel im Unterinntal in Abhängigkeit vom Abstand von der Autobahn, 2003 – 2005.	25
Abbildung 4.4: Verlauf der Jahresmittel für NO <sub>x</sub> 2001 – 2005 im Unterinntal.	26
Abbildung 4.5: Verlauf der Jahresmittel für NO <sub>2</sub> 2001 – 2005 im Unterinntal.	27
Abbildung 5.1: Hypothetisches Reduktionsszenarium der A12-Emissionen für 2005 zum Modelltest.	29
Abbildung 6.1: Verlauf von Stickoxid-Emissionen und –Immissionen bei Vomp, 1999 – 2010; 1999 – 2005: Erhebungen, 2005 – 2010: Szenarien.	30
Abbildung 6.2: Verkehrsentwicklung im Grund-Szenario auf der A12 Inntal Autobahn bei der Zählstelle Vomp.	33

Abbildung 6.3: Verkehrsentwicklung im Szenario V100 auf der A12 Inntal Autobahn bei der Zählstelle Vomp mit sektoralem Lkw-Fahrverbot	34
Abbildung 6.4: NO <sub>x</sub> -Verlauf (Jahresmittel) 2005 – 2010 der Maßnahmen- Szenarien und Variationen.	38
Abbildung 6.5: NO <sub>2</sub> -Verlauf (Jahresmittel) 2005 – 2010 der Maßnahmen- Szenarien und Variationen.	40
Abbildung 6.6: PM <sub>10</sub> -Verlauf (Jahresmittel) 2005 – 2010 der Maßnahmen- Szenarien und Variationen.	42

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Verkehrsaufkommen auf der Inntalautobahn A12 2005:	17
Tabelle 3.2: Volumenanteile direkt emittierten NO <sub>2</sub> an der Gesamtemission NO <sub>x</sub> :	19
Tabelle 6.1: NO <sub>x</sub> -Immissionen 2005 – 2010 für verschiedene Zukunftsszenarien und Varianten.	37
Tabelle 6.2: NO <sub>2</sub> -Immissionen 2005 – 2010 für verschiedene Zukunftsszenarien und Varianten.	39
Tabelle 6.3: PM <sub>10</sub> -Immissionen 2005 – 2010 für verschiedene Zukunftsszenarien und Varianten.	41

# 1. Einleitung

Die Europäische Kommission hat an der Sitzung mit Vertretern Österreichs im Jänner 2004 ihr Interesse bekundet, über die Immissionssituation im Unterinntal genauer informiert zu werden und insbesondere über Anstrengungen des Landes Tirol in Kenntnis gesetzt zu werden, auch den PKW-Verkehr in die Maßnahmen zur Minderung der Immissionen einzubeziehen, was über eine Verkehrs-Beeinflussungsanlage (VBA) geschehen soll.

Im November und Dezember 2004 wurden drei Studien von Oekoscience [1, 2, 3] abgeschlossen, in welchen die Verkehrs- und Immissionssituation im Unterinntal im Jahre 2003 analysiert, die in diesem Jahr auffällig erhöhten NO<sub>2</sub>-Werte in einem überregionalen und internationalen Kontext betrachtet und schließlich die Möglichkeiten einer VBA zur Emissionsreduktion bei PKW erörtert wurden.

Ende 2003 ist die Ökopunkte-Regelung für die Brennerroute ausgelaufen, ohne dass es einen adäquaten Ersatz gegeben hätte. Im Jahre 2004 stieg der schwere Güterverkehr im Unterinntal denn auch markant an. Die Folgen für die Lufthygiene im Unterinntal wurden in einem Bericht über die Immissionssituation im Unterinntal im 2004 [4] dargelegt.

Im Jahre 2006 haben Tirol und die Asfinag beschlossen, eine lufthygienisch bedingte temporäre Geschwindigkeitsbeschränkung für PKW auf der Inntalautobahn einzuführen. Temporär meint in diesem Falle eine kurzfristige Steuerung, welche auf aktuelle Daten des Verkehrs und der Lufthygiene abstellt. Weiters sollen aber auch weitere Maßnahmen in Erwägung gezogen werden, welche die lufthygienische Situation im Unterinntal verbessern. Für diesen Bericht wurden die lufthygienischen Auswirkungen verschiedener Maßnahmen und deren Kombinationen mit einem Szenarienmodell berechnet, welches von Oekoscience schon oft angewendet worden ist (z.B. [5]). Dabei wurde auch geprüft, ob das Jahr 2005 als Referenzjahr geeignet ist.

## 2. Eignung von 2005 als Referenzjahr

Die Immissionen werden stark von den meteorologischen Bedingungen beeinflusst. Damit 2005 als Referenzjahr für Szenarienmodellierungen zukünftiger Ver-

kehrsentwicklungen verwendet werden kann, muss geprüft werden, ob die Variationen der lufthygienisch relevanten meteorologischen Bedingungen nicht aus dem üblichen Rahmen herausfallen. Dazu wurden die Windgeschwindigkeit als Maß für die horizontale Durchlüftung und die thermische Schichtung der Atmosphäre (Auftreten von Inversionen) untersucht. Als Windmessstelle wurde Vomp verwendet, als Temperaturprofil für die Inversionsuntersuchung das Hangprofil bei Schwaz. Es handelt sich dabei um für das Unterinntal klimatisch repräsentative Standorte.

## 2.1. Wind, Inversionen und Stickoxidimmissionen im Unterinntal 2005

### 2.1.1. Inversionen bei Schwaz 2005

Bei Schwaz wird kontinuierlich ein Höhenprofil der Temperatur erhoben; aus diesem Profil kann ebenfalls kontinuierlich das Vorhandensein einer Temperaturinversion detektiert werden, mit vertikaler Erstreckung und Intensität der Inversion. Die Temperaturschichtung ist der wichtigste Parameter des klimatischen Einflusses auf die Schadstoff-Immissionen.

Die Jahreszeiten haben einen großen Einfluss auf die Inversionshäufigkeiten. Die Abbildung auf der folgenden Seite zeigt in farbcodierter Darstellung die Inversionshäufigkeit im Tagesgang je Schicht für die drei Jahreszeiten Winter (Jan – Feb und Nov – Dez), Sommer (Mai – August) und Zwischensaisons (März – April und Sep – Okt).

Im Sommer ist die tagsüber meistens inversionsfreie Zeit länger als in den übrigen Jahreszeiten. Nachts sind Inversionen aber keineswegs im Sommer seltener; sie sind allerdings nicht so intensiv wie die winterlichen Inversionen.

Über das ganze Jahr 2004 betrug die Inversionshäufigkeit in der für bodennahe Emissionen relevanten Schicht bis ca. 100 m über Boden 34%.

Die Häufung von Inversionen am Vormittag zwischen 112 und 227 m über Boden hat mit der dort strahlungsexponierten Position der Temperatursensoren zu tun und gibt nicht die Schichtung über dem Inntal wieder.

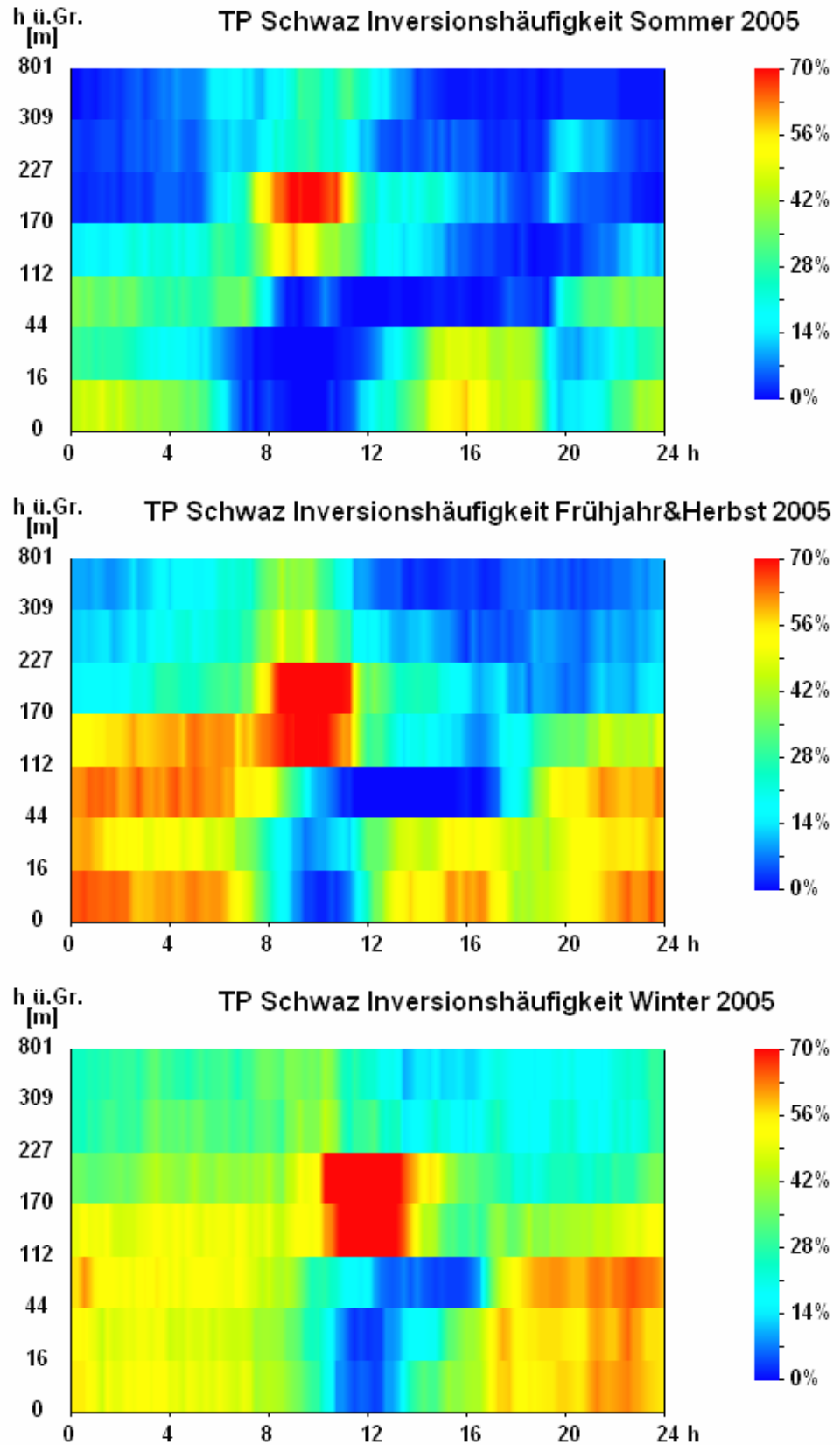


Abbildung 2.1: Inversionshäufigkeiten bei Schwarz je Schicht und Jahreszeit, 2005. Winter: Jan - Feb und Nov - Dez; Sommer: Mai - August; Zwischensaisons: März - April und Sep - Okt.

## 2.1.2. Zusammenhang zwischen Wind, Inversionen und Stickoxidimmissionen

Für die Betrachtung der langzeitlichen Zusammenhänge zwischen Immissionen und Meteorologie ist die Bildung gleitender 7-Tagemittel geeignet: Der Wochenrhythmus der Emissionen, der voll auf die Immissionen durchschlägt (s. dazu auch Kap. 3) fällt dadurch raus, und es bleibt die wetterlagenbedingte Episodenhaftigkeit der Immissionen. Sehr schön zeigt sich dies im weitgehenden Gleichlauf von NO<sub>x</sub>-Immissionsspitzen (als Wochenepisoden) bei Vomp mit Spitzen in der Inversionshäufigkeit im Unterinntal.

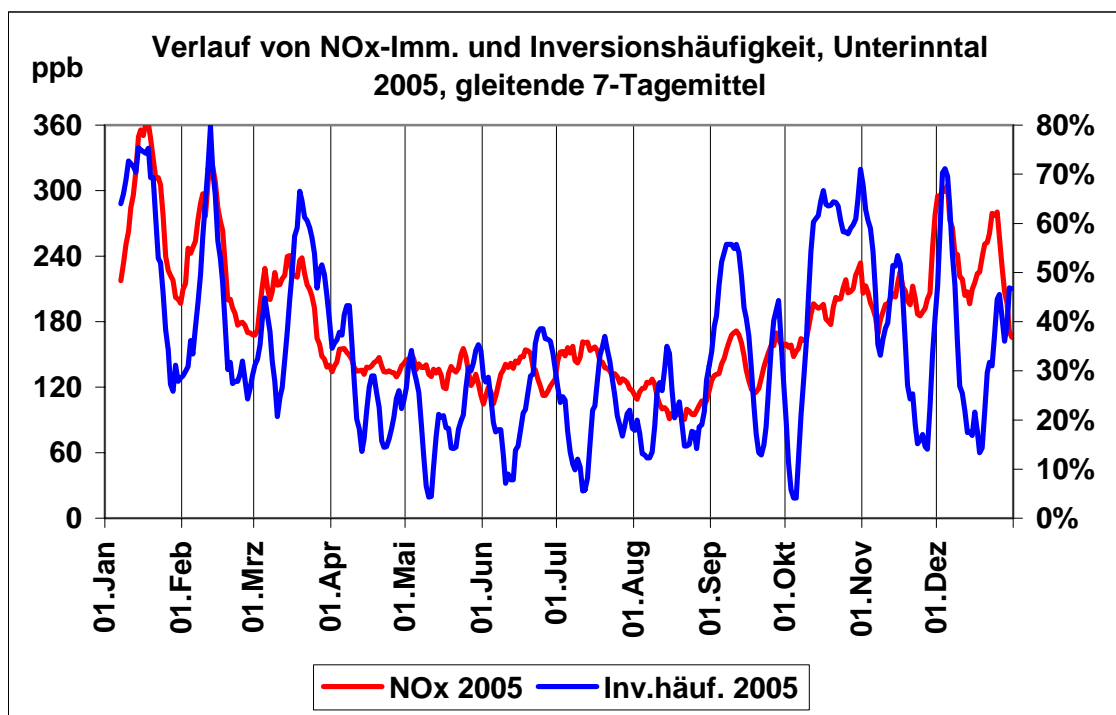


Abbildung 2.2: Verlauf von NO<sub>x</sub>-Immission bei Vomp und Inversionshäufigkeit im Unterinntal, 2005.

Phasen mit hoher Inversionshäufigkeit gehen oft mit unterdurchschnittlicher Durchlüftung, also unterdurchschnittlicher Windgeschwindigkeit einher:

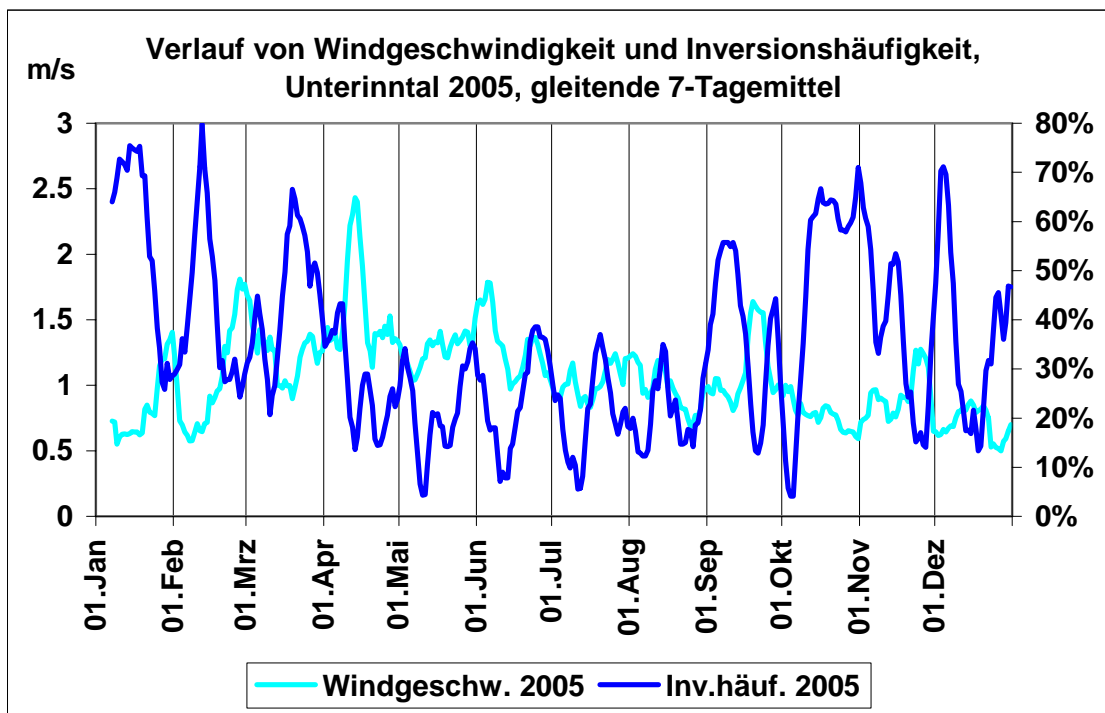


Abbildung 2.3: Verlauf von Windgeschwindigkeit bei Vomp und Inversionshäufigkeit im Unterinntal, 2005, gleitende 7-Tagemittel.

Im Vergleich mit den beiden voran gehenden Jahren zeigt sich, dass das Referenzjahr 2005 bei den lufthygienisch relevanten meteorologischen Größen Durchlüftung und Inversionshäufigkeit keine großen Auffälligkeiten zeigt:

Immer im Winterhalbjahr gibt es Episoden mit hoher Inversionshäufigkeit, natürlich nicht zum gleichen Datum, aber pro Halbjahr ähnlich häufig. Im Sommer sind Inversionen seltener, aber auch dann mit stark schwankender Häufigkeit. Die einzige Auffälligkeit für 2005 besteht in der lange anhaltenden Inversionslage im Oktober, die aber der generellen Eignung als Referenzjahr keinen Abbruch tut.

Die Windgeschwindigkeiten zeigen grundsätzlich das Maximum im Frühjahr, und ebenfalls eine deutliche Episodenhaftigkeit. Das Jahr 2005 war generell etwas windschwächer als die beiden voran gehenden Jahre, aber nicht so stark, dass die Eignung als Referenzjahr für Zukunftsszenarien bezweifelt werden müsste.

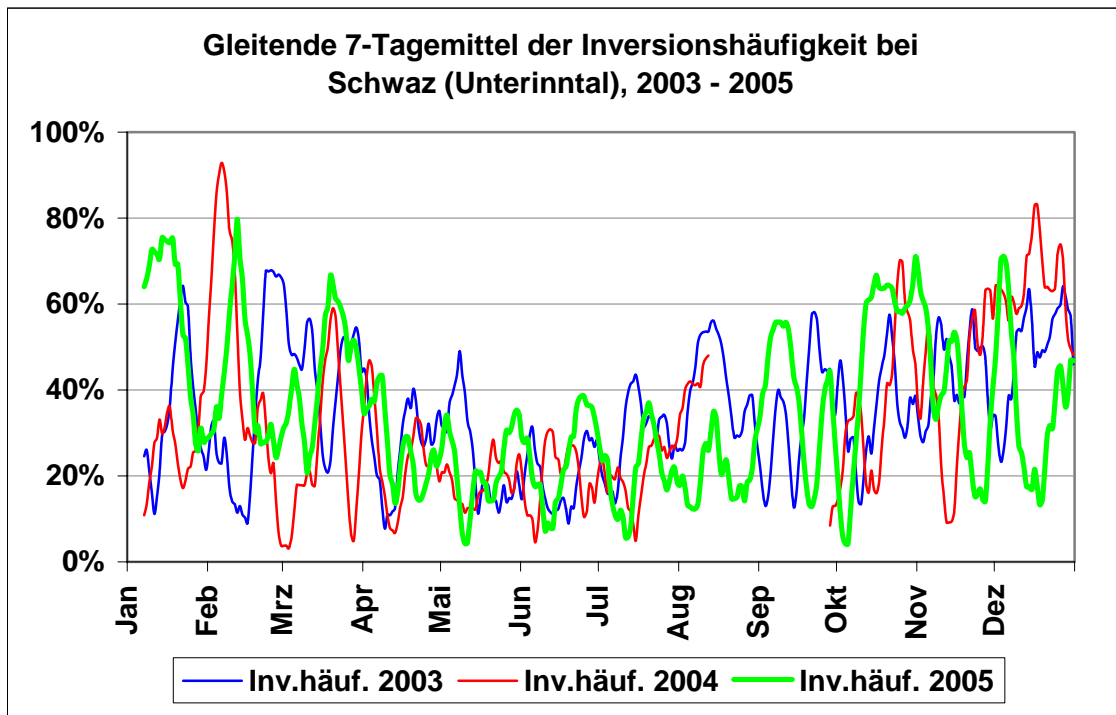


Abbildung 2.4: Inversionshäufigkeiten bei Schwaz (Unterinntal) 2003 – 2005, gleitende 7-Tagemittel.

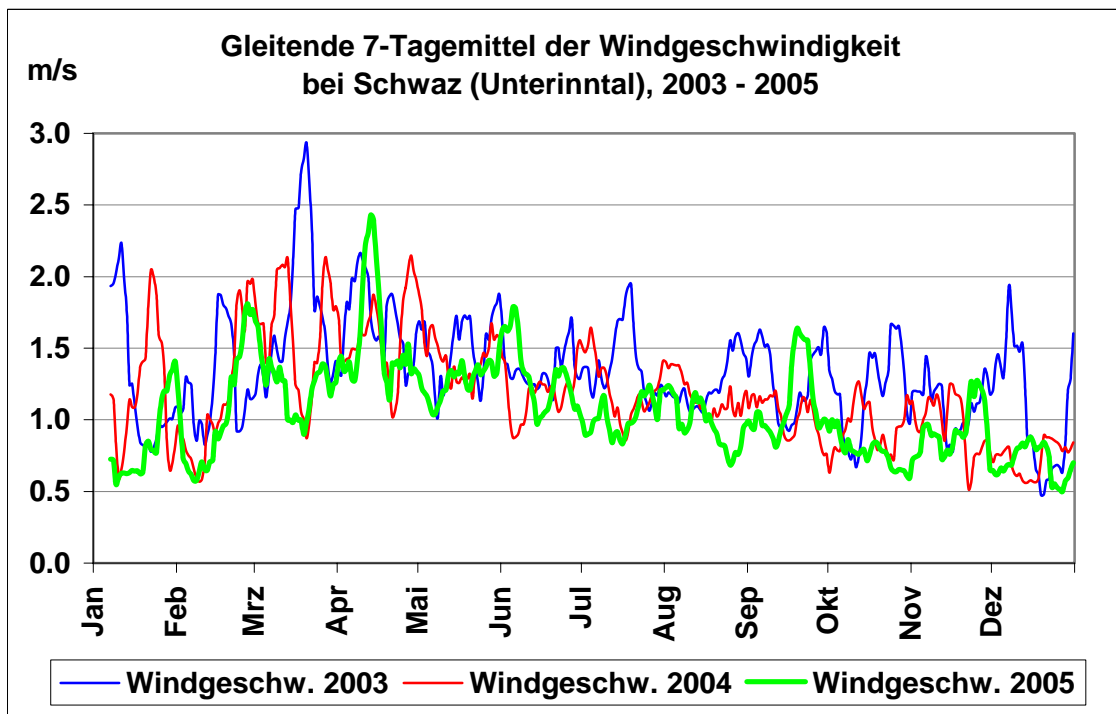


Abbildung 2.5: Windgeschwindigkeiten bei Vomp (Unterinntal) 2003 – 2005, gleitende 7-Tagemittel.

### 3. Die Prognosen der Verkehrs- und Emissionsentwicklung auf der Inntalautobahn

#### 3.1. Prognose der Entwicklung der Emissionsfaktoren

Die Emissionsfaktoren geben die Emission pro Fahrzeug je Kategorie in Abhängigkeit vom Fahrzyklus (die Geschwindigkeit beinhaltend) und der Längsneigung an. In dieser Arbeit stützt man sich auf die Angaben im offiziellen Handbuch der Emissionsfaktoren, HBEFA 2.1 [6]. Danach wird sich die Emission der modernen Motoren (hohe Euroklasse) gegenüber älteren drastisch reduzieren. Als Beispiel werden die Emissionsfaktoren je Euroklasse für Sattel- und Lastenzüge (SLZ) angegeben.

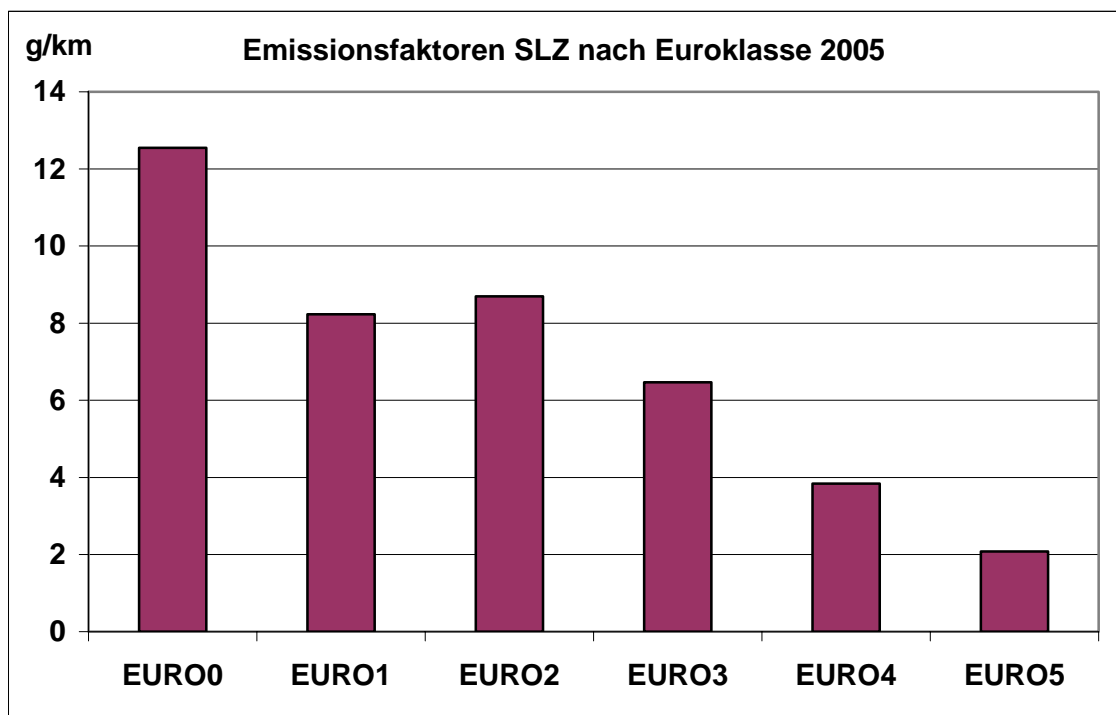


Abbildung 3.1: Emissionsfaktoren für Sattel- und Lastenzüge (SLZ) nach Euroklasse für 2005, gem. HBEFA 2.1.

Der Unterschied zwischen Euro0 und Euro5 beträgt mehr als einen Faktor 6. In der vorliegenden Arbeit wurde davon ausgegangen, dass sich dieser Faktor nicht nur in den Prüfzyklen, sondern auch im realen Betrieb auf der A12 umsetzt.

Die Emissionsfaktoren je Euroklasse sinken leicht bis 2010. Die hauptsächliche Emissionsreduktion wird jedoch durch die Ersetzung von Fahrzeugen niedriger Euroklasse durch modernere bewerkstelligt. Dies wird im Abschnitt 3.3 näher beschrieben. Der mittlere Emissionsfaktor je Fahrzeugkategorie wird durch die Flottenzusammensetzung innerhalb der Kategorie bestimmt.

### 3.2. Direktemission an NO<sub>2</sub>

Die Messung der direkten Emission von NO<sub>2</sub> von Fahrzeugen im Abgas ist ein sehr anspruchsvolles Unterfangen, da das NO rasch mit Umgebungs- und damit Messbedingungen reagiert. Korrekte Messungen sind offenbar erst seit kürzerer Zeit möglich, wie an der 14. internationalen Konferenz 'Transport and Air Pollution' in Reims im Juni 2006 berichtet wurde. Es hat sich gezeigt, dass Dieselfahrzeuge mit moderner Motorentechnik auf Grund des Katalysators und auch des Partikelfilters einen vermehrten Anteil des Stickoxidausstoßes direkt als NO<sub>2</sub> emittieren. Mit der Erneuerung der Flotte steigt dieser Anteil insgesamt.

Gense, Vermeulen, Weilenmann und McCrae [7] berichteten in Reims von ihren diesbezüglichen Messungen; zwei wesentliche Grafiken werden im Folgenden wiedergegeben:

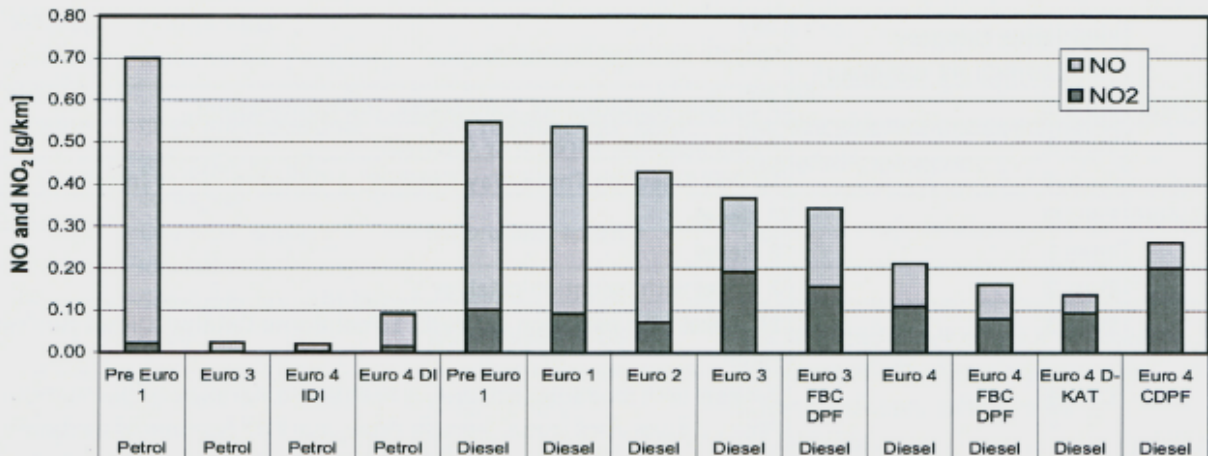


Figure 2: the NO and NO<sub>2</sub> emission of various technologies and legislative categories. The figures are composed of a mix of driving situations, being urban with a cold start, rural and highway driving as measured by TNO-Automotive in 2005.

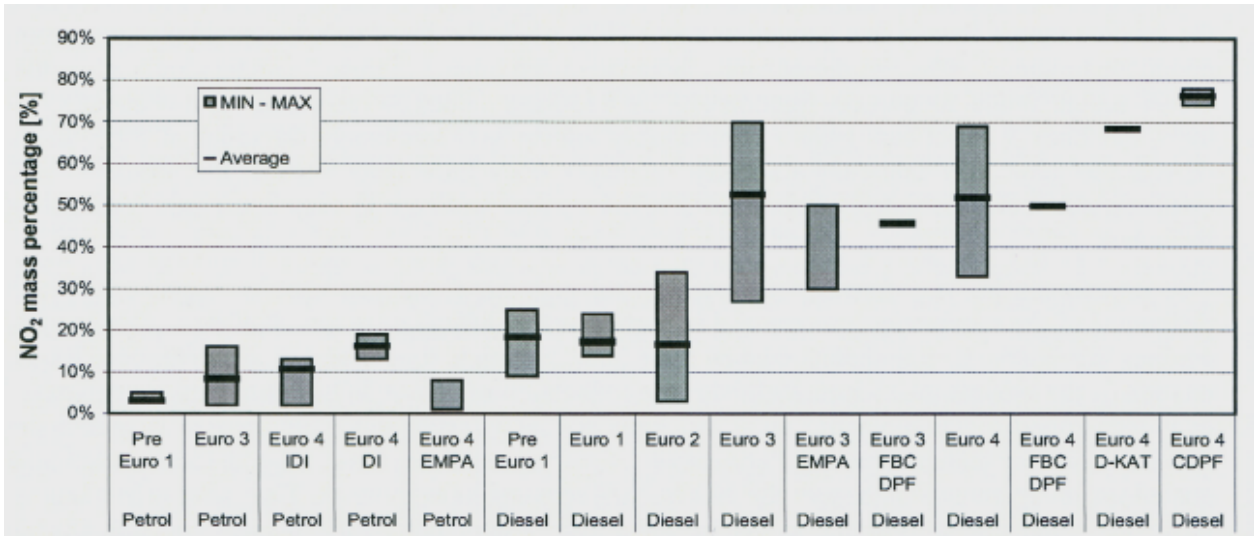


Figure 3: the NO<sub>2</sub> percentage in the NO<sub>x</sub> emission of various technologies and legislative categories, including the spread over vehicles (minimum and maximum observed) as measured by TNO-Automotive and EMPA in 2005.

Abbildung 3.2: Messungen von Gense, Vermeulen, Weilenmann und McCrae [7] zur Direktemission an NO<sub>2</sub> von PKW, 2005.

Neuere Diesel-Pkws können mehr als die Hälfte der Masse der Stickoxidemission als NO<sub>2</sub> ausstoßen. Die Folge davon ist ein Ansteigen der NO<sub>2</sub>-Immission trotz Konstanz oder sogar Abnahme der NO<sub>x</sub>-Immission. Lambrecht, Höpfner und Dünnebeil [8] haben dies für die deutschen Städte Karlsruhe und Stuttgart gezeigt. Über die Jahre hinweg haben dort an straßennahen wie auch an Hintergrund-Stationen die NO<sub>x</sub>-Werte abgenommen; die NO<sub>2</sub>-Werte hingegen haben straßennah in Stuttgart zugenommen und in Karlsruhe nur gedämpft abgenommen.

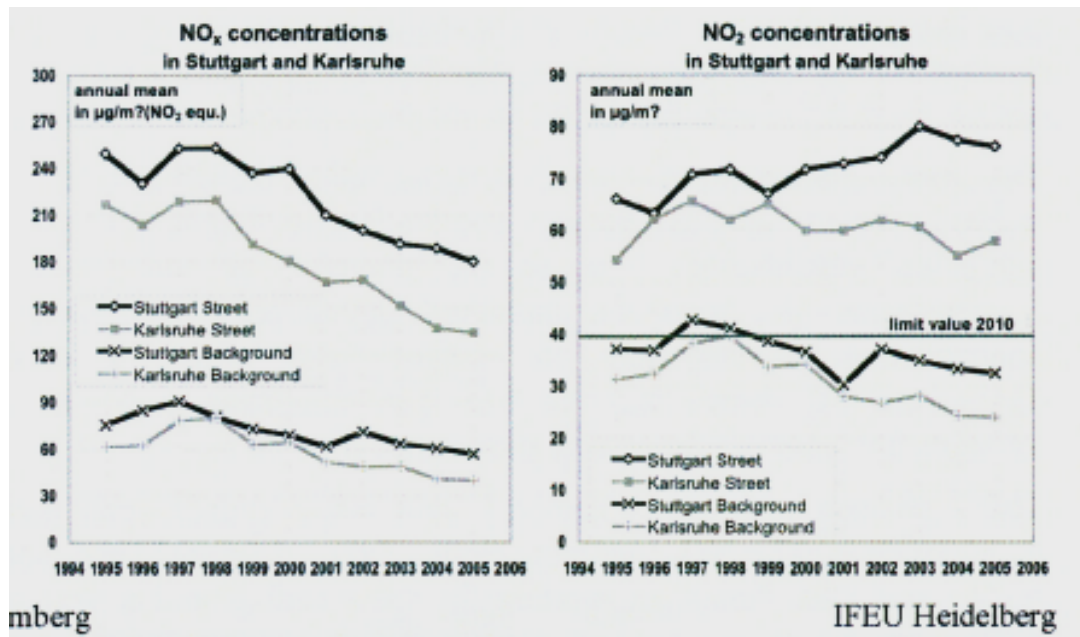


Abbildung 3.3: NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Verlauf 1994 – 2005 in Stuttgart und Karlsruhe, gemäß Lambrecht, Höpfner und Dünnebeil [8].

Bei den beiden Hintergrund-Stationen in Stuttgart und Karlsruhe haben jedoch auch die NO<sub>2</sub>-Werte abgenommen (trotz des Anstiegs bzw. der gedämpften Abnahme straßennah). Dies kann an anderen straßenfernen Messstellen nicht bestätigt werden, wie Messungen aus Tirol zeigen:

Im Folgenden wird ein Vergleich der Entwicklung der NO- und NO<sub>2</sub>-Immissionen an allen Tiroler Messstellen für das 1. Halbjahr 2000 – 2006 gezeigt, Weber [9].

Das NO zeigt eine abnehmende bis stabile Tendenz, das NO<sub>2</sub> hingegen eine zunehmende. Dies aber an allen Standorten, auch an straßenfernen wie Kramsach oder Wörgl. Es ist auch gut einzusehen, dass vermehrt direkt emittiertes NO<sub>2</sub> den gesamten NO<sub>2</sub>-Anteil am NO<sub>x</sub> erhöht, solange es noch einen namhaften NO-Anteil hat, also nicht nur straßennah. Erst in großer Entfernung von der Quelle, wenn es praktisch kein NO mehr hat, ist alles Stickoxid in NO<sub>2</sub> vorliegend und die vormalige Direktmission von NO<sub>2</sub> spielt keine Rolle mehr.

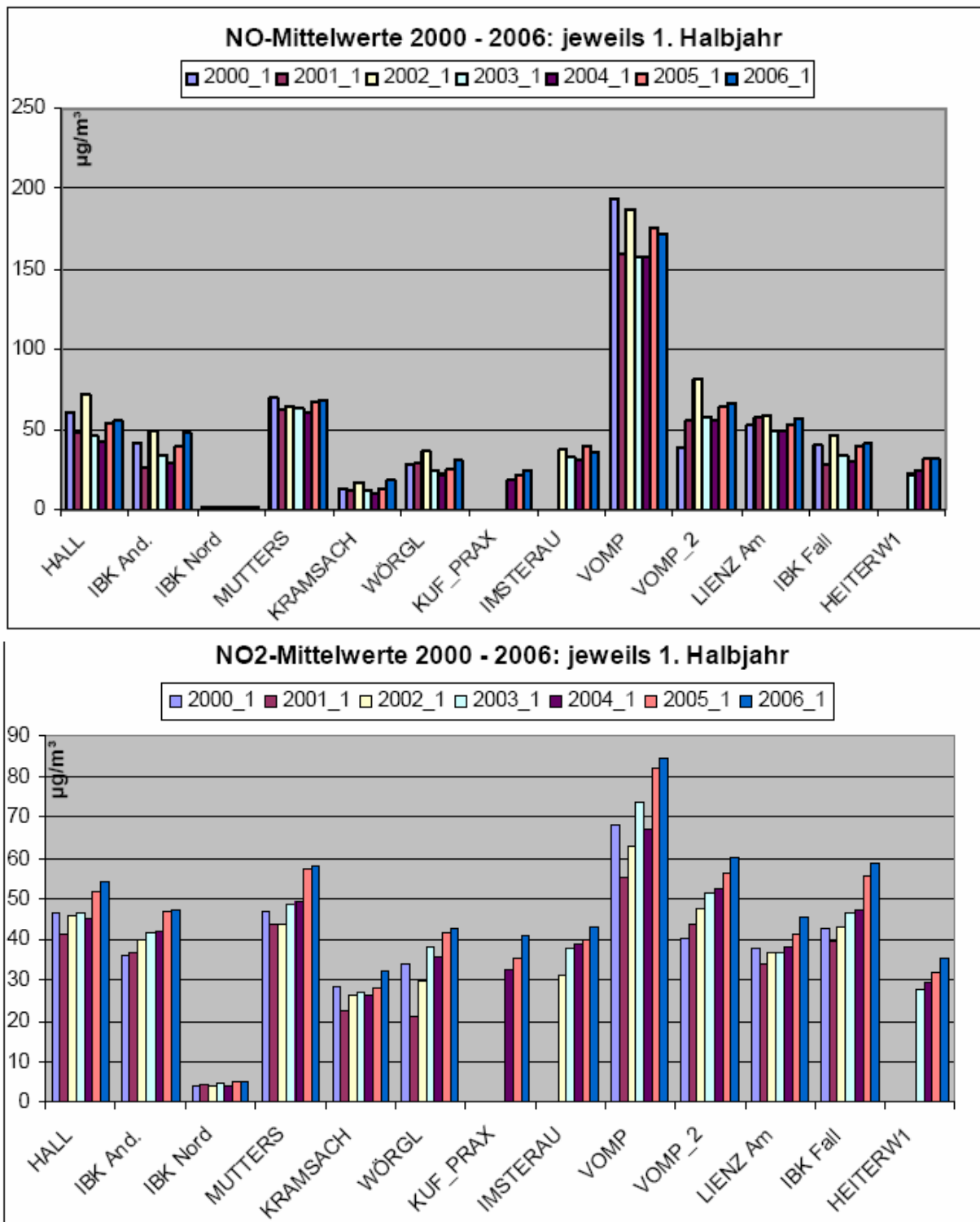


Abbildung 3.4: NO- und NO2-Entwicklung in Tirol 2000 – 2006, 1. Halbjahr (Weber [9]).

Den Einfluss der vermehrten Direktemission an NO<sub>2</sub> durch neuere Diesel-Motoren kann man auch an der Messstelle Vomp wahrnehmen. Man muss sich im Klaren sein, dass der Anteil des NO<sub>2</sub> am NO<sub>x</sub> bei abnehmendem NO<sub>x</sub> aus

rein atmosphärenchemischen Gründen steigt. Das folgende Beispiel zeigt auf der Basis von Halbstundenwerten die  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$ -Volumenanteile in Abhängigkeit des  $\text{NO}_x$  für Vomp 2005.

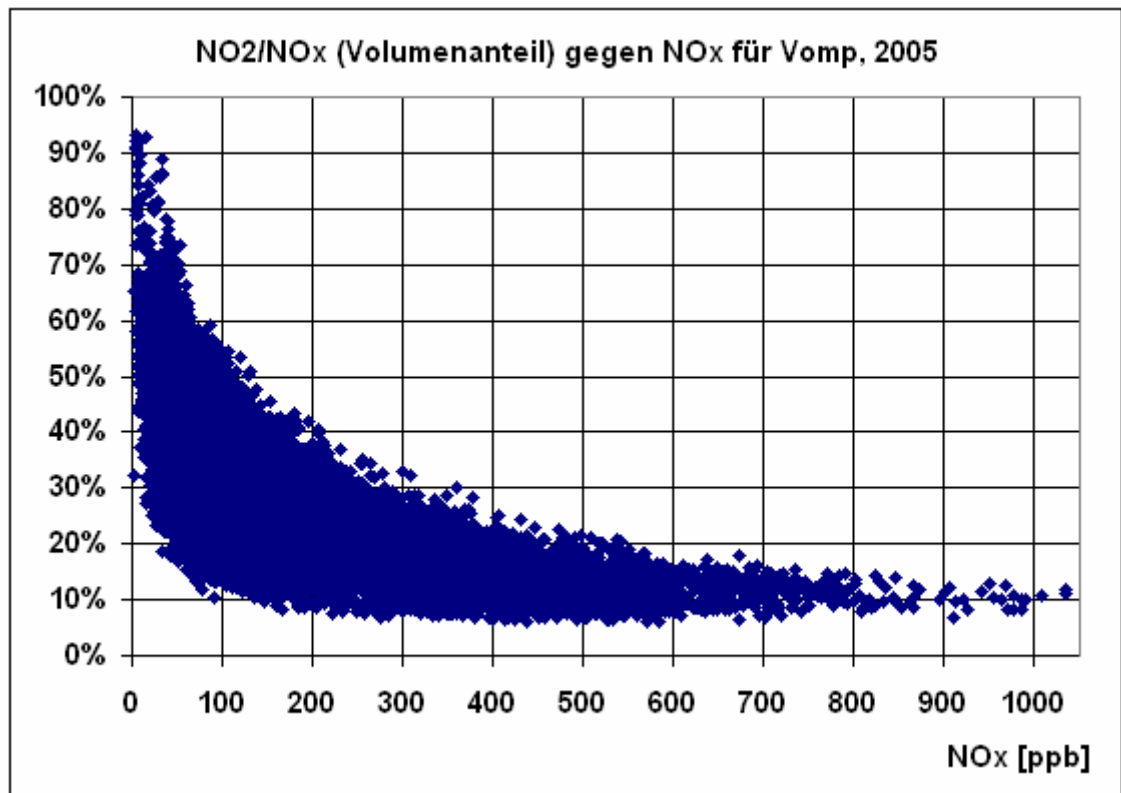


Abbildung 3.5:  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$ -Verhältnis (Volumenanteil) für Vomp, 2005 (Halbstundenwerte).

Lesebeispiel: Bei einer Stickoxidkonzentration von  $\text{NO}_x = 100$  ppb lag an der Messstelle Vomp 2005 der Anteil des  $\text{NO}_2$  je nach meteorologischen Bedingungen und je nach Ozonangebot zwischen 12 und 57%. Im Mittel steigt der  $\text{NO}_2$ -Anteil mit abnehmendem  $\text{NO}_x$ .

Um eine Vermischung mit atmosphärenchemisch bedingten Effekten zu vermeiden, wurde der mittlere  $\text{NO}_2$ -Anteil kontinuierlich für relativ schmale  $\text{NO}_x$ -Wertebereiche bestimmt und über die Jahre 1999 – 2005 für die Messstelle bei Vomp A12 dargestellt.

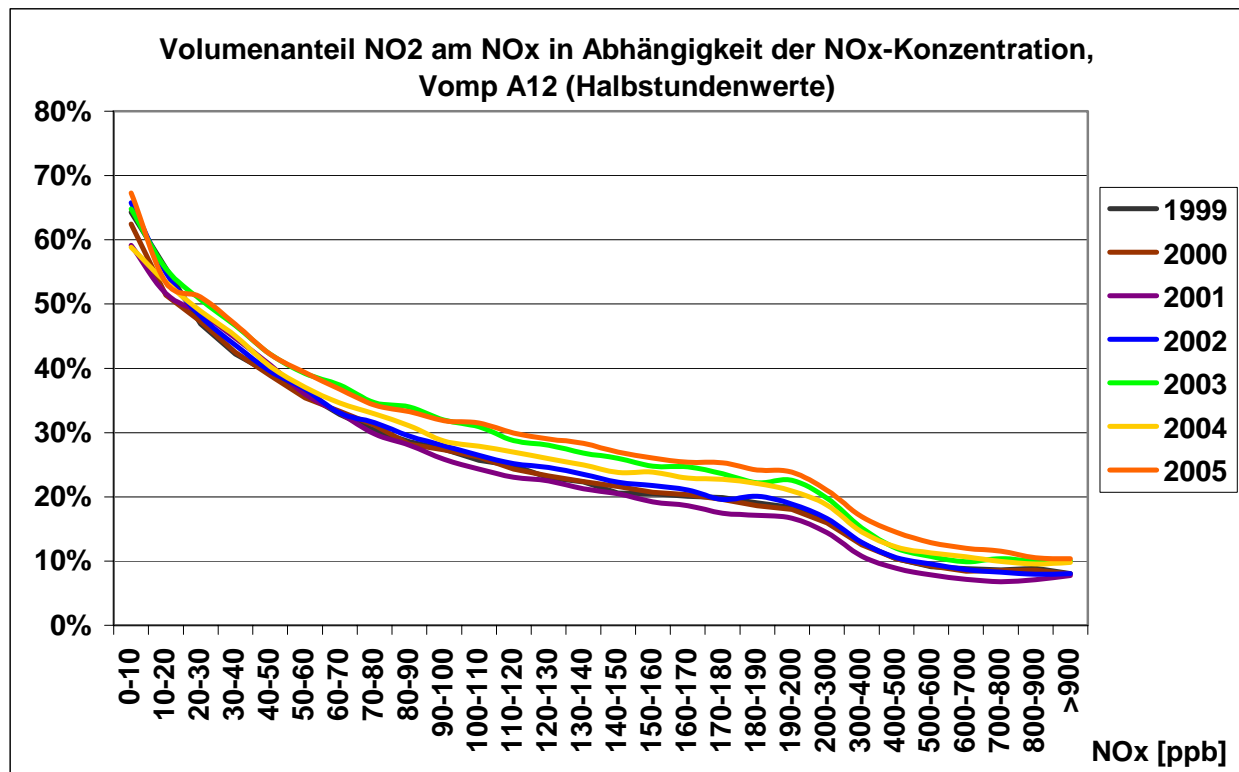


Abbildung 3.6: Volumenanteil NO<sub>2</sub> am NO<sub>x</sub> in Abhängigkeit der NO<sub>x</sub>-Konzentration, Vomp A12 (Halbstundenwerte), 1999 – 2005.

Lesebeispiel: Bei einer NO<sub>x</sub>-Konzentration (Halbstundenwert) von etwa 100 ppb waren bei Vomp-A12 in den Jahren 1999-2001 im Mittel etwa 25 ppb NO<sub>2</sub> vorhanden, im Jahre 2005 waren es im Mittel bereits etwa 32 ppb.

Der erhöhte NO<sub>2</sub>-Anteil muss allerdings nicht nur von einer erhöhten Direktmission an NO<sub>2</sub> abhängen. Temperaturerhöhung (Klimawandel) und erhöhter Ozonintrag (gerade zu Zeiten mit eher geringer photochemischer Ozonproduktion) könnten ebenfalls eine Rolle gespielt haben. Auf der Seegrube (1960 m ü.M.) gibt es eine längere Ozonmessreihe, die den Ozonhintergrund über dem Inntal widerspiegelt. In den letzten 17 Jahren nahm die mittlere Ozonbelastung stetig zu, wobei die prozentuale Erhöhung mit 1.2 – 1.5 % in den Wintermonaten am höchsten war. Gerade in den Wintermonaten stellt das Ozonangebot für die Konversion von NO in NO<sub>2</sub> einen limitierenden Faktor dar.

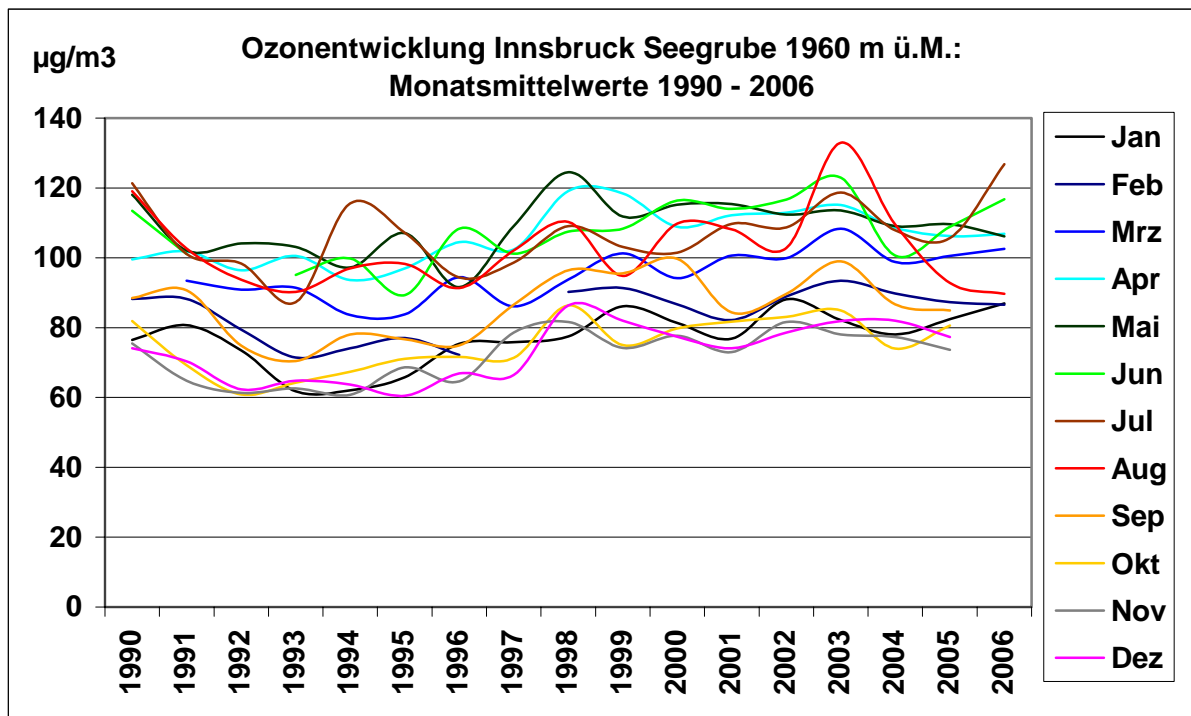


Abbildung 3.7: Ozonentwicklung in Innsbruck Seegrube (1960 m ü.M.) 1990 – 2006, Monatsmittelwerte.

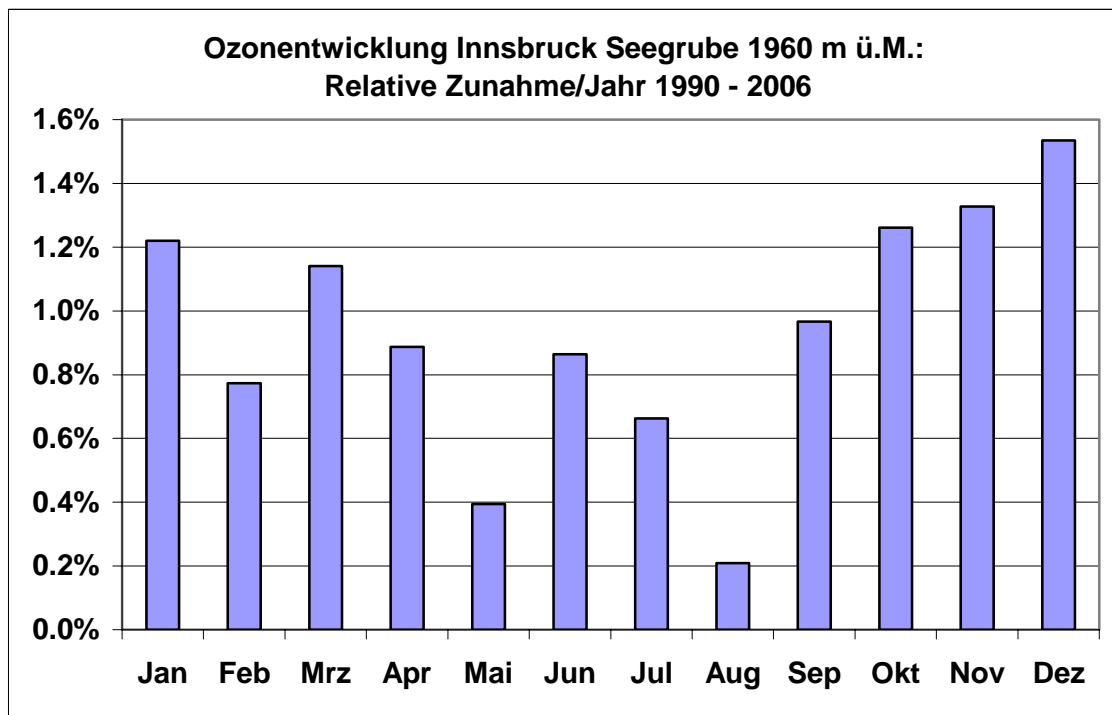


Abbildung 3.8: Ozonentwicklung in Innsbruck Seegrube (1960 m ü.M.) 1990 – 2006, prozentuale Zunahme pro Jahr.

Der Anteil an direkt emittiertem NO<sub>2</sub> wird in den nächsten Jahren durch die kontinuierliche Flottenerneuerung weiter zunehmen, bis sich – so ist zu hoffen – Katalysator- und Filtersysteme durchsetzen werden, welche ohne erhöhten NO<sub>2</sub>-Ausstoß auskommen. Die Entwicklung sollte unbedingt emissions- und immissionsseitig beobachtet werden.

### 3.3. Flottenentwicklung

Die Flottenzusammensetzung des Schweren Güterverkehrs ist im Oktober und November 2005 bei Kundl in einer speziellen Untersuchung detailliert erhoben worden. Unter anderem wurde die Euroklasse ermittelt. Darauf aufbauend hat die TU Graz (Prof. Hausberger, interner Bericht für die Abt. Verkehrsplanung) die Flottenentwicklung für den Schweren Güterverkehr (LKW ohne Anhänger sowie Sattel- und Lastenzüge (SLZ)) für 2005 – 2010 prognostiziert. Das Beispiel für die SLZ wird im Folgenden dargestellt:

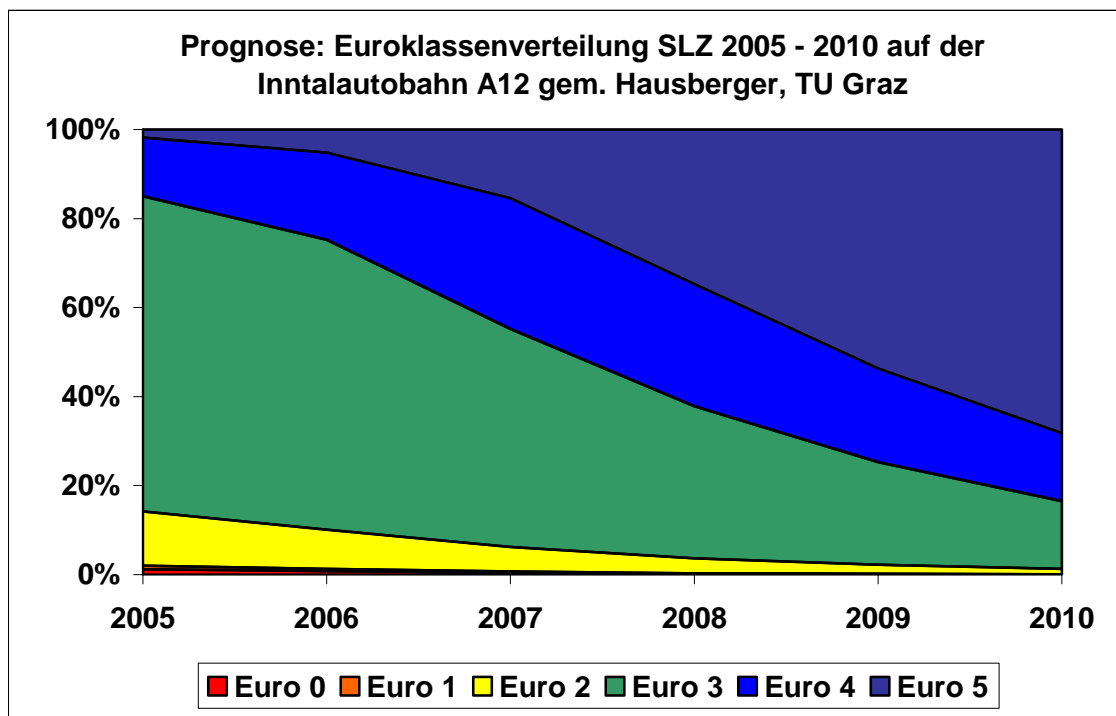


Abbildung 3.9: Prognose der Euroklassenverteilung der SLZ auf der Inntalautobahn 2005 – 2010 gemäß TU Graz (Prof. Hausberger).

Auch bei den übrigen Fahrzeugkategorien gibt es eine fortwährende Umstellung zu höheren Euroklassen hin. Sie wurden gemäß Handbuch HBEFA 2.1 angesetzt. Das wichtigste Beispiel sind die PKW:

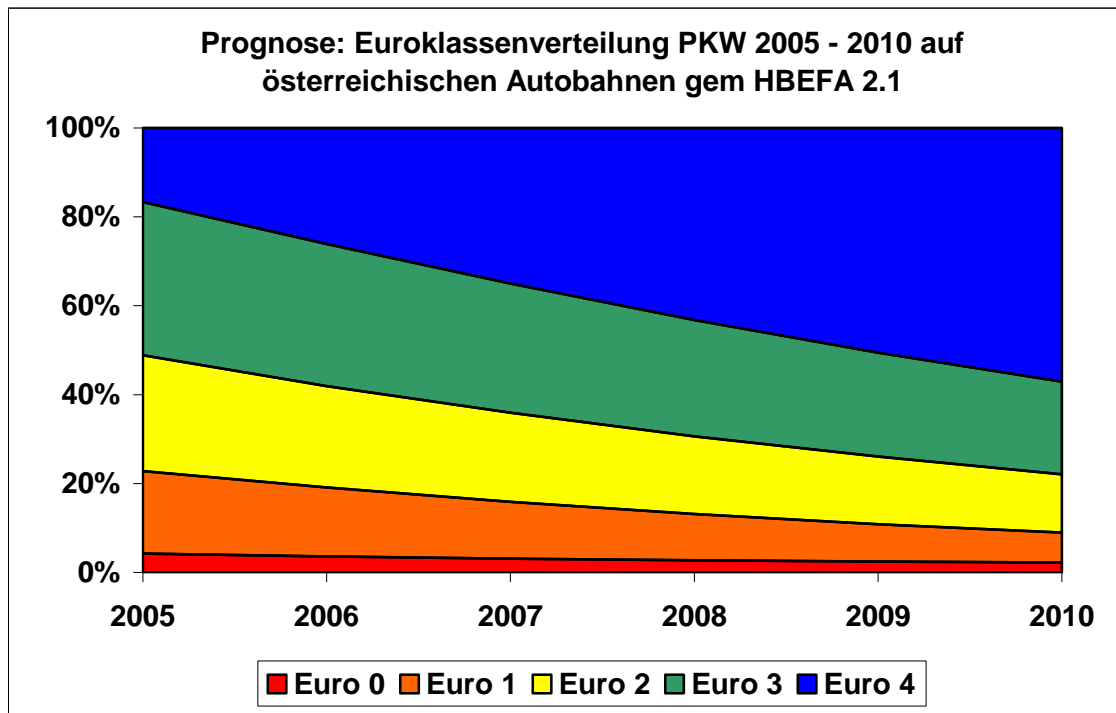


Abbildung 3.10: Prognose der Euroklassenverteilung der PKW auf österreichischen Autobahnen 2005 – 2010 gemäß Handbuch HBEFA 2.1.

Bei den SLZ wird also in den nächsten Jahren eine sehr rasche Verbreitung der Euro5-Fahrzeuge erwartet, welche 2010 bereits 68% aller SLZ ausmachen sollen. Bei den PKW geht der Flottenersatz langsamer vor sich: Euro4-PKW hatten 2005 einen Anteil von bereits 17%, welcher bis 2010 auf 57% wachsen soll.

In Anbetracht der prognostizierten Flottenentwicklungen ist es klar, dass die Emissionsfaktoren für NOx und Partikel in den nächsten Jahren bei den SLZ wesentlich stärker abnehmen werden als bei den PKW:

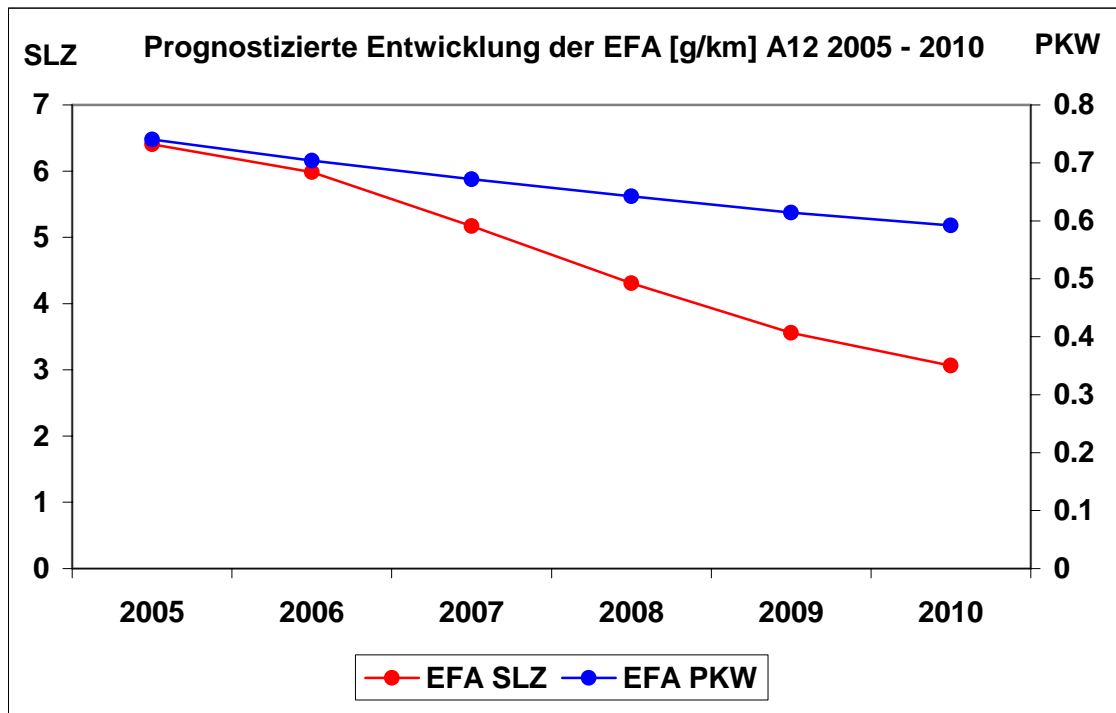


Abbildung 3.11: Prognostizierte Entwicklung der Emissionsfaktoren auf der Inntalautobahn A12 2005 – 2010, gemäß HBEFA 2.1 und Prognose TU Graz.

### 3.4. Verkehrsaufkommen und Emissionen an NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> und Partikeln

Im Jahre 2005 fuhren auf der Inntalautobahn im Querschnitt Vomp täglich durchschnittlich rund 52'000 Fahrzeuge (DTV), die sich wie folgt auf die verschiedenen Kategorien verteilen:

Tabelle 3.1: Verkehrsaufkommen auf der Inntalautobahn A12 2005:

Vomp 2005	DTV
Motorrad	280
PkwoA	38768
Lfw	3682
PkwmA	686
Busse	409
LkwoA	2098
SLZ	5924
Sonstige	234
<b>Total</b>	<b>52082</b>

Für alle zukünftigen Szenarien ist davon ausgegangen worden, dass der Schwere Güterverkehr jährlich um 2.5% und alle übrigen Fahrzeugkategorien jährlich um 1% wachsen werden.

Die Verkehrsaufkommen multipliziert mit den entsprechenden Emissionsfaktoren ergeben die Emissionen je Fahrzeugkategorie. Aus den in Kap. 3.3 dargelegten Gründen steigt der Emissionsanteil der PKW von 2005 bis 2010.

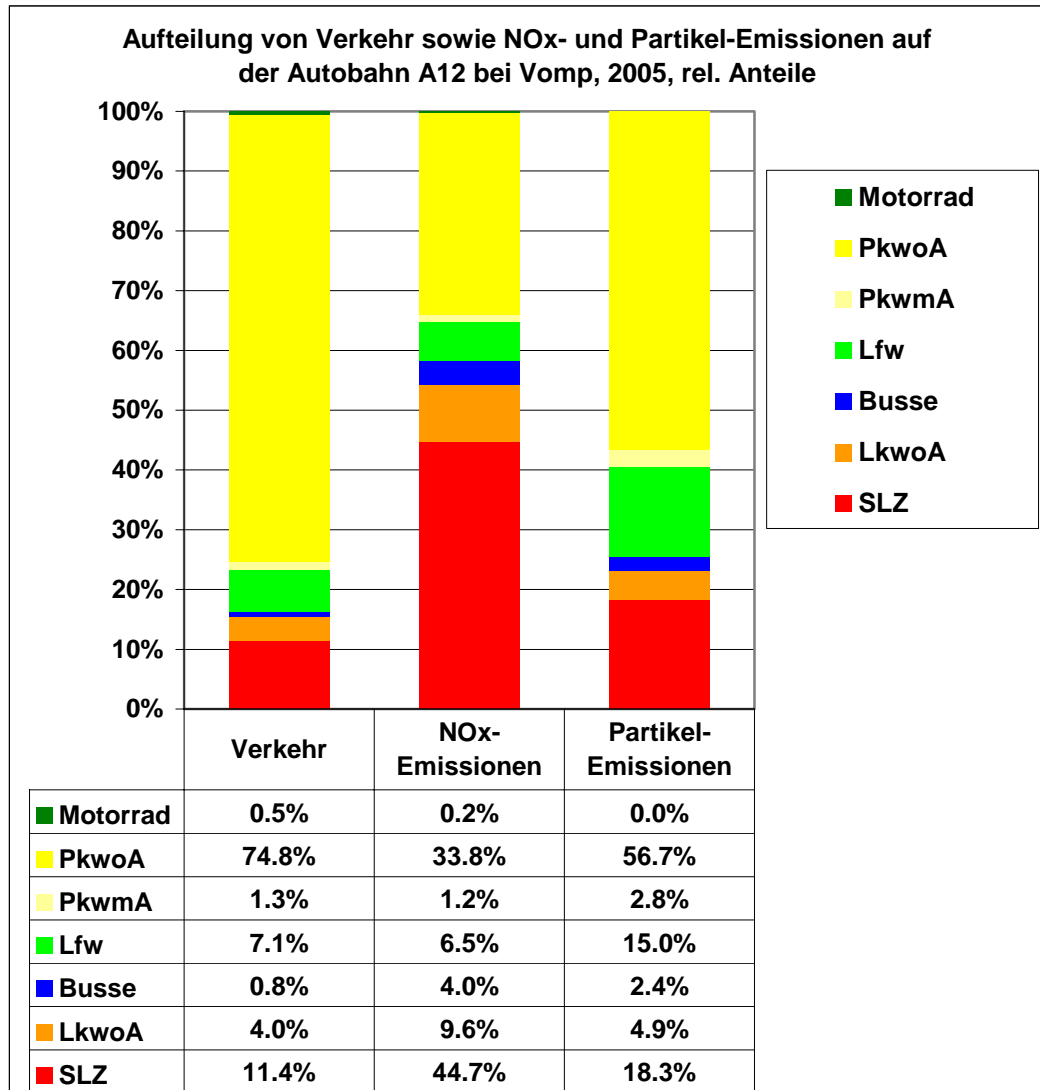


Abbildung 3.12: Aufteilung von Verkehr und Emissionen nach Fahrzeugkategorie, Inntalautobahn A12 bei Vomp, 2005.

Im 2005 kamen rund 54% der NOx-Emissionen vom Schweren Güterverkehr (SGV), 35% von den PKW; im Jahre 2010 sollen es nach Prognose 45% vom SGV und 43% von den PKW sein.

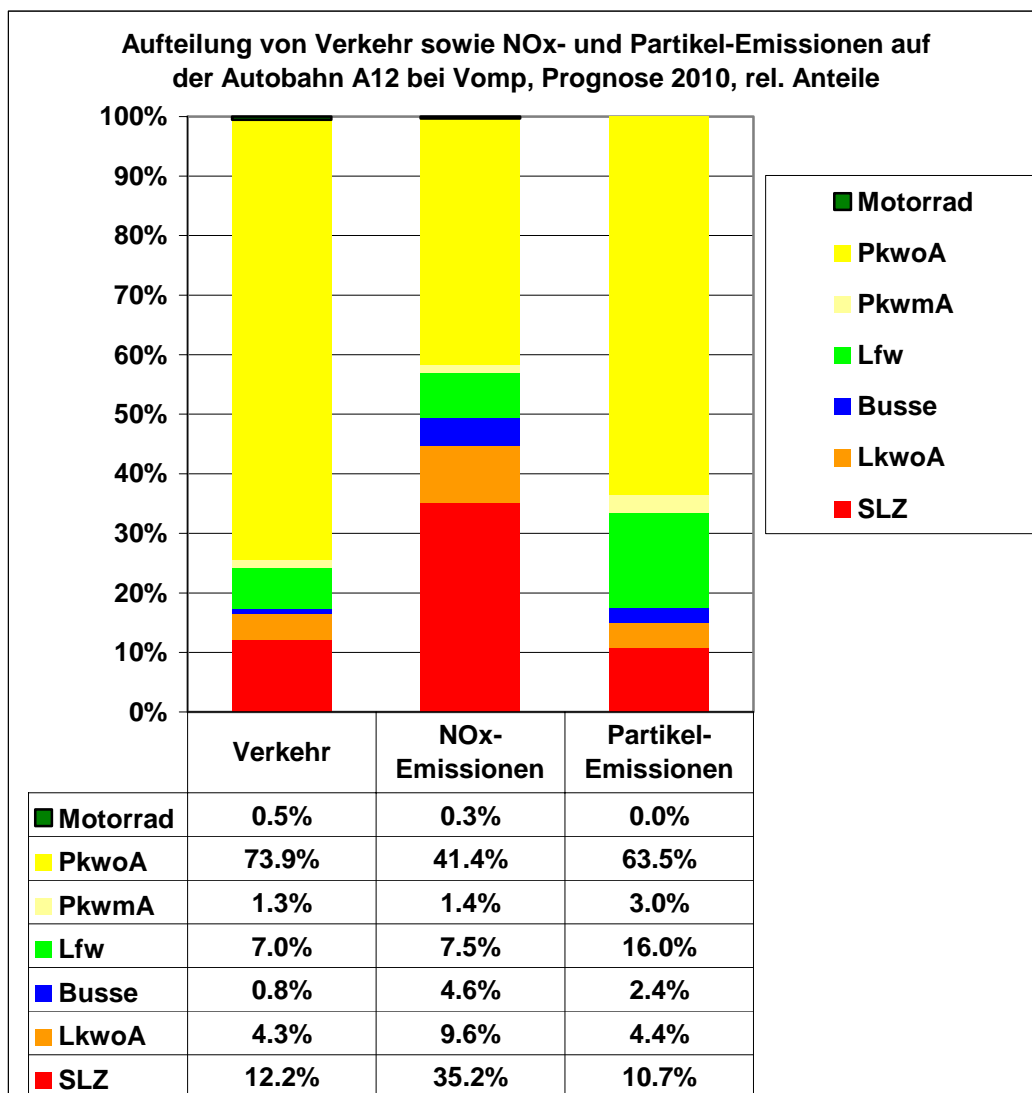


Abbildung 3.13: Aufteilung von Verkehr und Emissionen nach Fahrzeugkategorie, Inntalautobahn A12 bei Vomp, 2010.

Der Anteil direkt emittierten NO<sub>2</sub> wird wegen der Modernisierung der Fahrzeugflotten zumindest vorerst weiter steigen. Folgende Volumenanteile von NO<sub>2</sub> am emittierten NO<sub>x</sub> wurden angesetzt:

Tabelle 3.2: Volumenanteile direkt emittierten NO<sub>2</sub> an der Gesamtemission NO<sub>x</sub>:

Motorräder	5%
PKW, Lfw	Benzin 5%; Diesel Euro 0-2 10%; Euro3 15%; Euro4 25%
LKW, SLZ, Busse	5%; Euro4 10%

Mit den Ansätzen von Tabelle 3.2 kann erreicht werden, dass im Jahre 2005 an der Messstelle Vomp nur während einer Stunde die Immission aus der Direkt-emission von NO<sub>2</sub> höher ist als die gemessene NO<sub>2</sub>-Immission (ermittelt mit dem

Tau-Modell von Oekoscience, s. Kap. 5). Mit höheren Ansätzen würden in den Morgen- und Abendstunden vermehrt höhere Immissionen aus NO<sub>2</sub>-Direktemission resultieren als überhaupt gemessen wurden, was natürlich nicht sein kann.

Gemäß der prognostizierten Flottenentwicklung ergeben sich folgende Anteile an Direktemission von NO<sub>2</sub> (für alle Fahrzeuge gemäß Grundszenarium).

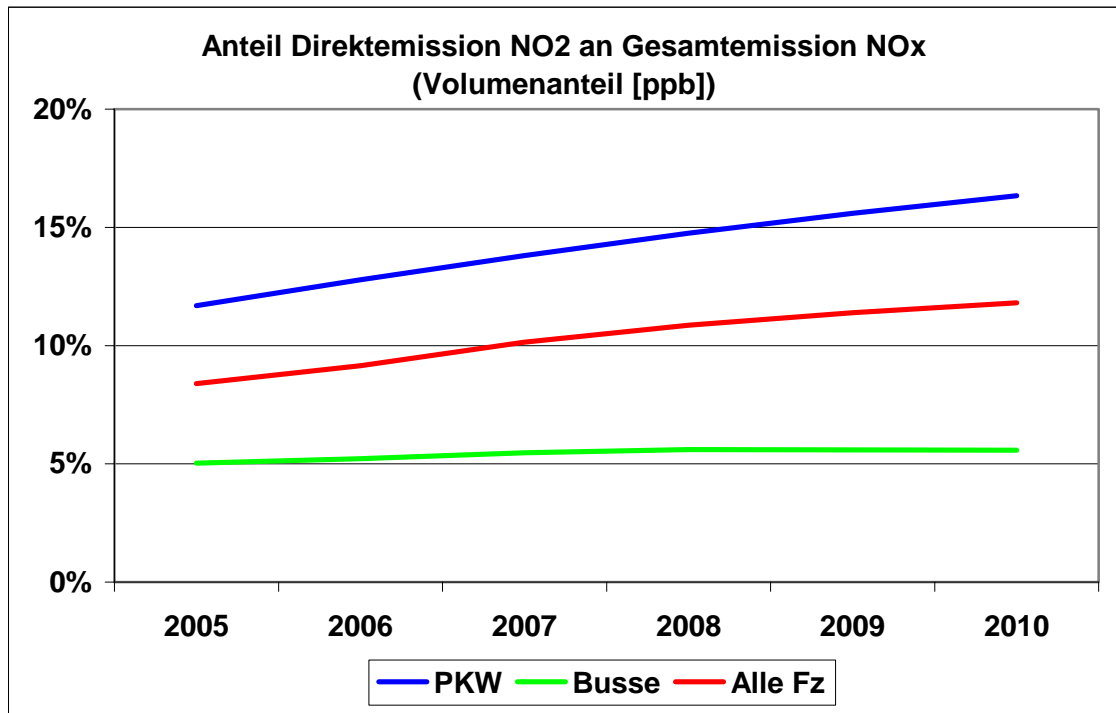


Abbildung 3.14: Volumenanteile der NO<sub>2</sub>-Direktemission an der NO<sub>x</sub>-Gesamtemission, 2005 – 2010.

### 3.5. Anteil der SoloLKW Euro 0 & 1 an den Stickoxidemissionen

Die SoloLKW werden in Maßnahmen nicht gleich behandelt wie die SLZ. Die Anteile der älteren SoloLKW an den Stickoxidemissionen des Schweren Güterverkehrs bzw. an den gesamten Stickoxidemissionen werden im Folgenden dargestellt. Dabei bedeutet 'Grundsze.' den ohne äußere Maßnahmen ablaufenden allmählichen Ersatz älterer Fahrzeuge durch neue, 'SzeEuro0&1-Verbot' beschreibt diesen Ersatz im Falle eines Verbotes (mit Ausnahmen) ab dem Jahre 2009.

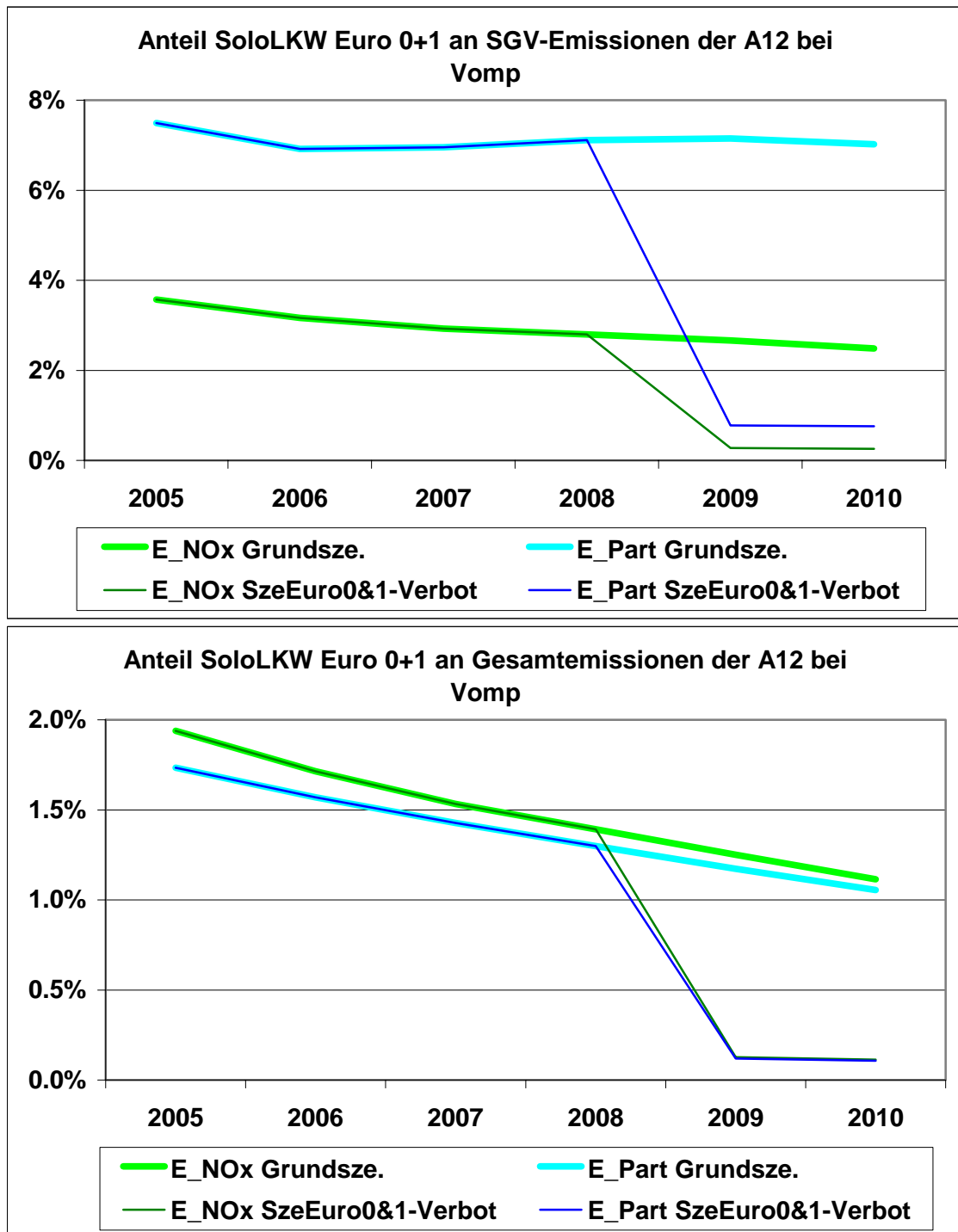


Abbildung 3.15: Anteil der Emissionen der SoloLKW mit und ohne Verbot ab 2009 an den Emissionen des Schweren Güterverkehrs (SGV) bzw. an den Gesamtemissionen der A12 bei Vomp, 2005 – 2010.

## 4. Immissionssituation im Unterinntal; Repräsentativität der Messstelle Vomp A12

Der Abstand von 5 m vom Fahrbahnrand der Autobahn entspricht der EU-Richtlinie 1999/30/EG zum Standort von Immissionsmessungen:

*(60.0-08 RL 1999/30/EG 22.04.1999 (ABl. EG Nr. L 163 v. 29.06.1999 S. 41) Seite 16 Stand 17.10.2001 (ABl. EG Nr. L 278 v. 23.10.2001 S. 35) )*

Messstationen für den Verkehr sollten

- in Bezug auf alle Schadstoffe mindestens 25 m von großen Kreuzungen und mindestens 4 m von der Mitte der nächstgelegenen Fahrspur entfernt sein;
- für Stickstoffdioxid-Messungen höchstens 5 m vom Fahrbahnrand entfernt sein;
- zur Messung von Partikeln und Blei so gelegen sein, dass sie für die Luftqualität nahe der Baufluchtlinie repräsentativ sind.

Das IG-Luft differenziert nicht nach Orten, es verlangt, dass die Grenzwerte überall wo die Anwesenheit von schützenswerten Objekte angenommen werden kann, eingehalten werden. Laut Richtlinie sind die Immissionsmessungen auch an lufthygienisch exponierten Orten durchzuführen, da alle Menschen einen gesetzlichen Anspruch auf eine bestimmte Luftqualität haben.

In Regionen, in welchen der Straßenverkehr Hauptursache für die Luftschadstoffbelastung ist, erlaubt eine straßennahe Immissionsmessung zudem die klarste Beobachtung der Entwicklung, was den Einfluss der Verkehrsentwicklung, der Motorentchnik etc. betrifft. Die weiter landeinwärts liegenden Regionen hängen mit ihrer Luftbelastung direkt von der Situation in Straßennähe ab.

Es kann durchaus die Frage gestellt werden, ob denn die Immissionen an der Messstelle Vomp tatsächlich überwiegend vom Verkehr stammen und nicht 'allgemein' vom Inntal. Dazu eignet sich die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen NOx-Emissionen des Verkehrs auf der A12 und der NOx-Immissionen (Luftkonzentrationen) des NOx an der Messstelle. Wegen des großen Einflusses der Meteorologie muss man Mittelwerte über viele Stunden heranziehen, wo sich der meteorologische Einfluss tendenziell ausgleicht. Nun ist eine Unterteilung nach Wochentagen über ein ganzes Jahr eine hierfür gut geeignete Methode: Die

Samstage und vor allem die Sonntage weisen deutlich weniger Emissionen auf; dies sollte sich in den Immissionen abbilden, wenn die Emissionen wirklich hauptsächlich für letztere verantwortlich sind. Das Ergebnis ist in diesem Punkte sehr prägnant:

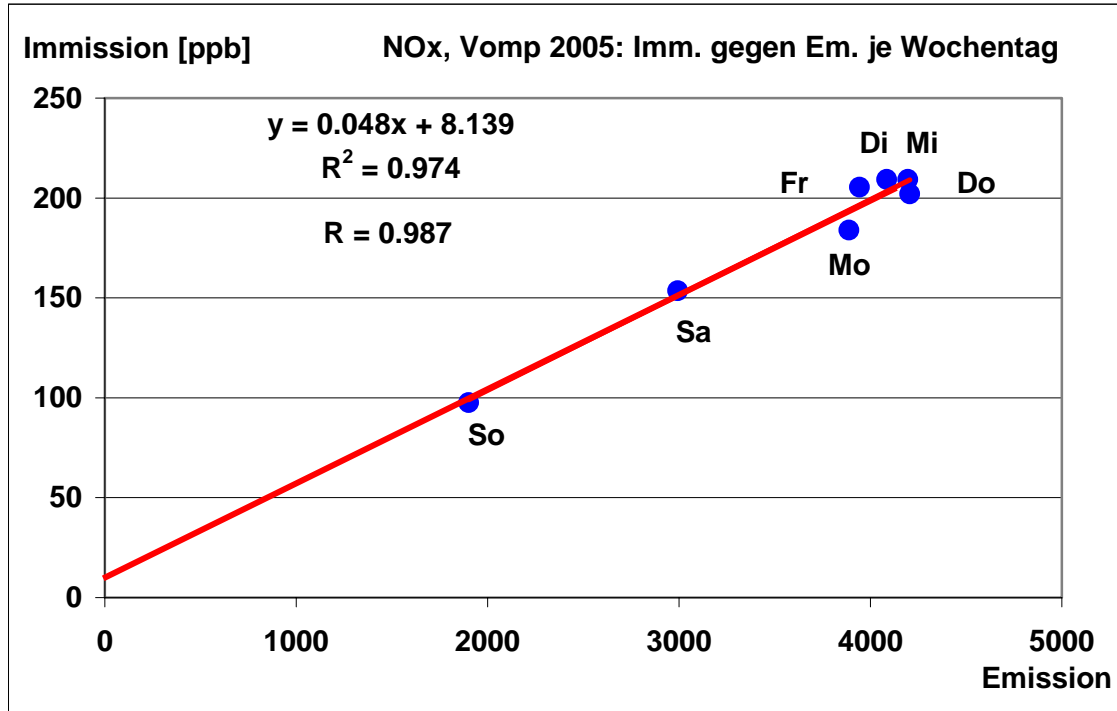


Abbildung 4.1: NO<sub>x</sub>-Immissionen an der Messstelle Vomp A12 gegen NO<sub>x</sub>-Emissionen auf der A12 je Wochentag, 2005.

Die Korrelation zwischen Immissionen und Emissionen ist außerordentlich hoch, Koeffizient 0.987, nur 8 ppb NO<sub>x</sub> (der Hintergrund im Unterinntal) können im Mittel nicht durch die Variationen der Emissionen der A12 erklärt werden. Die Emissionen der A12 sind also ganz hauptsächlich für die Immissionen an der Messstelle Vomp verantwortlich.

Wie sieht dies für eine Messstelle in größerem Abstand von der Autobahn aus? Die Messstelle Baumkirchen befindet sich in 340 m Abstand von der Autobahn auf freiem Feld. Die nach Wochentagen unterteilte Auftragung der Immissionen an der Messstelle Baumkirchen gegen die Emissionen der A12 zeigt folgendes Ergebnis:

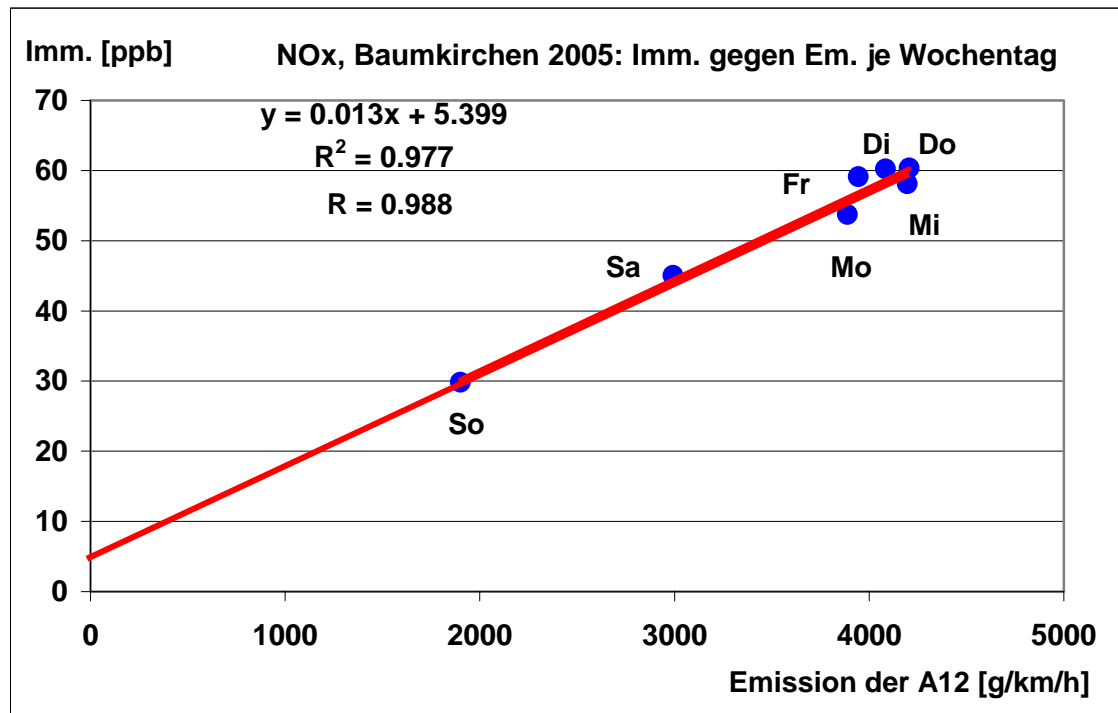


Abbildung 4.2: NOx-Immissionen an der Messstelle Baumkirchen in 340 m Abstand von der A12 gegen NOx-Emissionen auf der A12 je Wochentag, 2005.

Zwar sind die Immissionen deutlich tiefer als an der Messstelle Vomp, weil auf dem Weg nach Baumkirchen eine Verdünnung der Luftschadstoffe stattfindet, aber die Korrelation ist ähnlich hoch: Auch in Baumkirchen stammen die Immissionen ganz überwiegend vom Verkehr, welcher sich im Gleichlauf mit der A12 befindet, und das ist hauptsächlich der Verkehr auf der A12 selbst. Der lufthygienische Einfluss der Autobahn erstreckt sich also nicht nur auf den Bereich unmittelbar neben der Autobahn, sondern auf das gesamte Inntal.

Das zeigen auch die im Abstandsprofil dargestellten Messergebnisse aus dem Unterinntal und dem Urner Reusstal von 2003 – 2005. Dabei sind nur Messstellen berücksichtigt worden, die eben zur Autobahn liegen. Liegen sie tiefer oder höher als die Autobahn, liegen bisweilen atmosphärische Schichtgrenzen dazwischen, die immissionsmindernd wirken und für den Talboden nicht mehr repräsentativ sind.

Die Ergebnisse werden für jedes Jahr auf die Messstelle in 5 m Autobahntfernung = 100% bezogen; damit können die Schwankungen von Jahr zu Jahr aus der Darstellung eliminiert werden. Die Schadstoffkonzentrationen nehmen mit zunehmendem Abstand von der Autobahn ab; die Abklingkurven reproduzieren sich jedes Jahr ziemlich gut und könnten in Näherung flächendeckend verwendet

werden. Das NO<sub>x</sub> fällt steiler ab als das NO<sub>2</sub>, welches sich während der Ausbreitung fortwährend aus NO vor allem mit Hilfe von Ozon bildet.

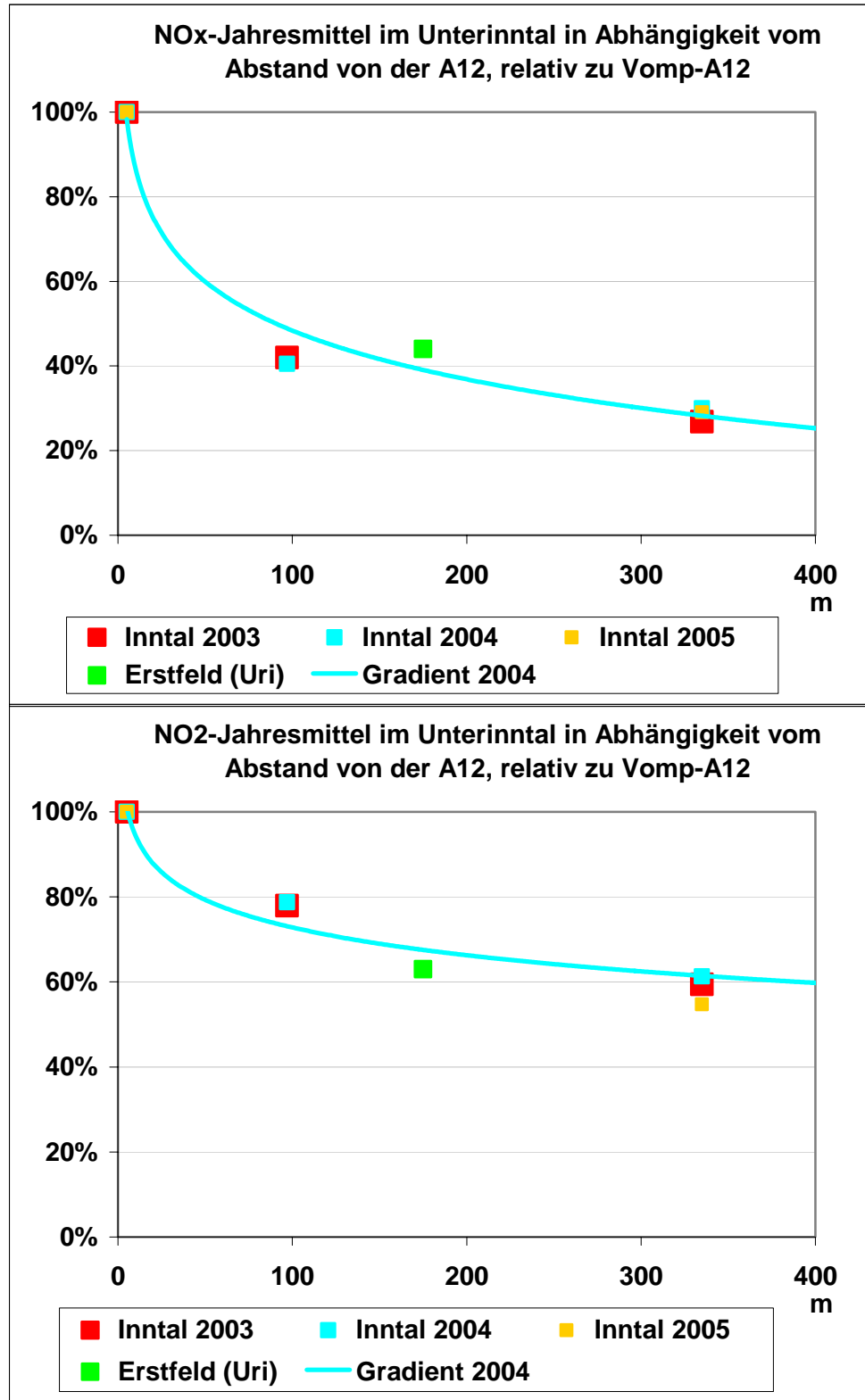


Abbildung 4.3: NO<sub>x</sub>- bzw. NO<sub>2</sub>-Jahresmittel im Unterinntal in Abhängigkeit vom Abstand von der Autobahn, 2003 – 2005.

In 400 m Abstand von der A12 finden wir im Unterinntal also im Jahresmittel noch etwa 60% des Wertes in 5 m Abstand (Messstelle Vomp A12), d.h. immer noch eine Grenzwertüberschreitung, wenn der Messwert bei Vomp A12 höher ist als  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Beim  $\text{NO}_x$  sowie auch bei den Ultrafeinstäuben und dem Russ, welche sich eher wie  $\text{NO}_x$  verhalten, ist der Rückgang mit zunehmendem Abstand deutlich stärker, beträgt aber in 400 m Abstand immer noch ein Viertel. Wichtig ist das Verständnis für den räumlichen Zusammenhang zwischen den Messwerten an den verschiedenen Standorten: Eine Änderung nahe der Autobahn wirkt sich im gesamten Unterinntal aus, weil die Emissionen der Autobahn so dominant sind.

Der Trend der Stickoxid-Immissionen der letzten 5 Jahre an verschiedenen Messstellen im Unterinntal zeigt gleich bleibende Verhältnisse beim Gesamtstickoxid  $\text{NO}_x$  und ein Ansteigen beim Stickstoffdioxid  $\text{NO}_2$  (s. dazu die Ausführungen in Abschnitt 3.2).

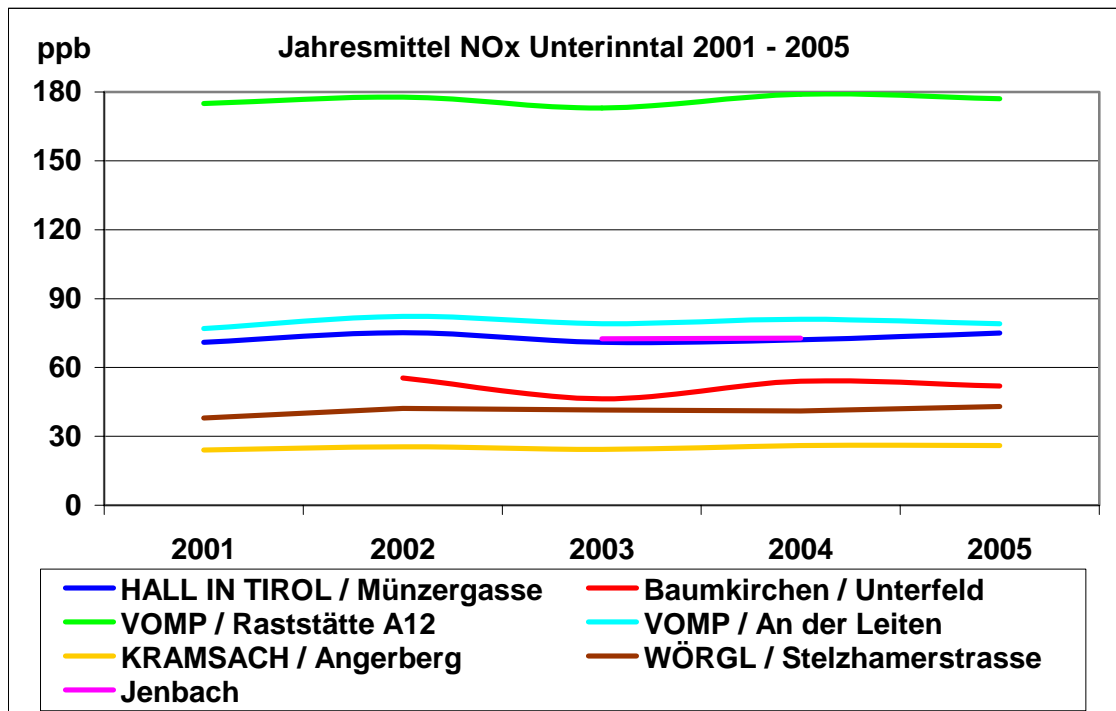


Abbildung 4.4: Verlauf der Jahresmittel für  $\text{NO}_x$  2001 – 2005 im Unterinntal.

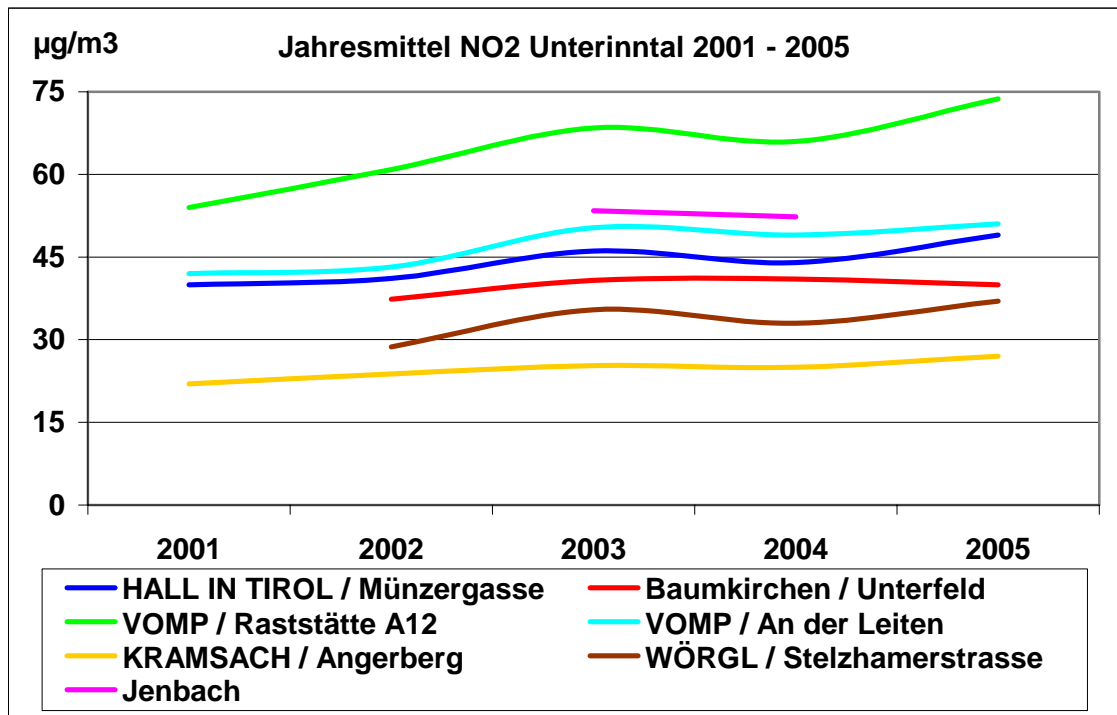


Abbildung 4.5: Verlauf der Jahresmittel für NO2 2001 – 2005 im Unterinntal.

## 5. Das Szenarienmodell

Es gibt unzählige mathematische Ausbreitungsmodelle, die aus der Verteilung der Emissionen in einer Region (→ Emissionskataster) auf die Verteilung der Immissionen schließen wollen. Je nach Ansprüchen der Auflösung gelingt dies für bestimmte topografisch und meteorologisch unproblematische Regionen recht gut; in Alpentälern sind die Ergebnisse nach wie vor unbefriedigend. In verschiedenen Ländern Europas gibt es deshalb weitere Anstrengungen, da weiter zu kommen, in welche auch Oekoscience involviert ist. Hauptproblem ist das nicht statistisch vorhersagbare Verhalten von Luftpaketen unter Gebirgsbedingungen. Es bleibt deshalb fraglich, ob in absehbarer Zukunft solche Ausbreitungsmodelle praxisorientiert und mit einem vernünftigen Aufwand eingesetzt werden können.

Das 'τ-Modell' von Oekoscience umgeht die Problematik der Anwendung mathematischer Ausbreitungsgleichungen: Ein empirisches Ausbreitungsmodell für quellennahe Bereiche, das die konkreten Ausbreitungsverhältnisse für jede Stunde konkreten Erhebungen der Schadstoffquellen (z.B. Verkehrszählungen) und der Immissionen entnimmt. Dieses Modell ist szenarienfähig. Der Nachteil ist, dass für jede topografische/meteorologische Region eine Immissionsmessung gebraucht wird, weil auf die Adaptierung mechanischer und thermodynamischer Gleichungen für die Atmosphäre verzichtet wird, und dass von dem Modell her nicht direkt auf die Ausbreitung ins 'Landesinnere' geschlossen werden kann. Dazu werden empirische Abklingkurven verwendet (s. Kap. 4), die ebenfalls Immissionsmessungen entstammen.

Das Modell bildet die Realität 2005 identisch ab und ist in der Lage, eine simulierte Emissionsreduktion auf der A12 bis hin zu null realistisch abzubilden, indem dann nur noch der Immissions-Hintergrund im Unterinntal übrig bleibt, welcher von anderen Schadstoffquellen herrührt (Lokalstrassen, Siedlungen, Gewerbe).

Das Modell weist für die hypothetische Situation ohne Emissionen auf der A12 ein NO<sub>x</sub>-Jahresmittel von noch 8 ppb und ein NO<sub>2</sub>-Jahresmittel von 11 µg/m<sup>3</sup> aus. Die 8 ppb NO<sub>x</sub> entsprechen dem Rest-NO<sub>x</sub> in der Grafik der Wochentagsabhängigkeit (s. Abbildung 4.1), welche nicht durch die Emissionen der A12 erklärt werden konnten; also eine Übereinstimmung von zwei völlig verschiedenen Methoden. 11 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> sind ein vernünftiger Hintergrundwert für das freie Feld (ohne A12-Emissionen!) im Unterinntal.

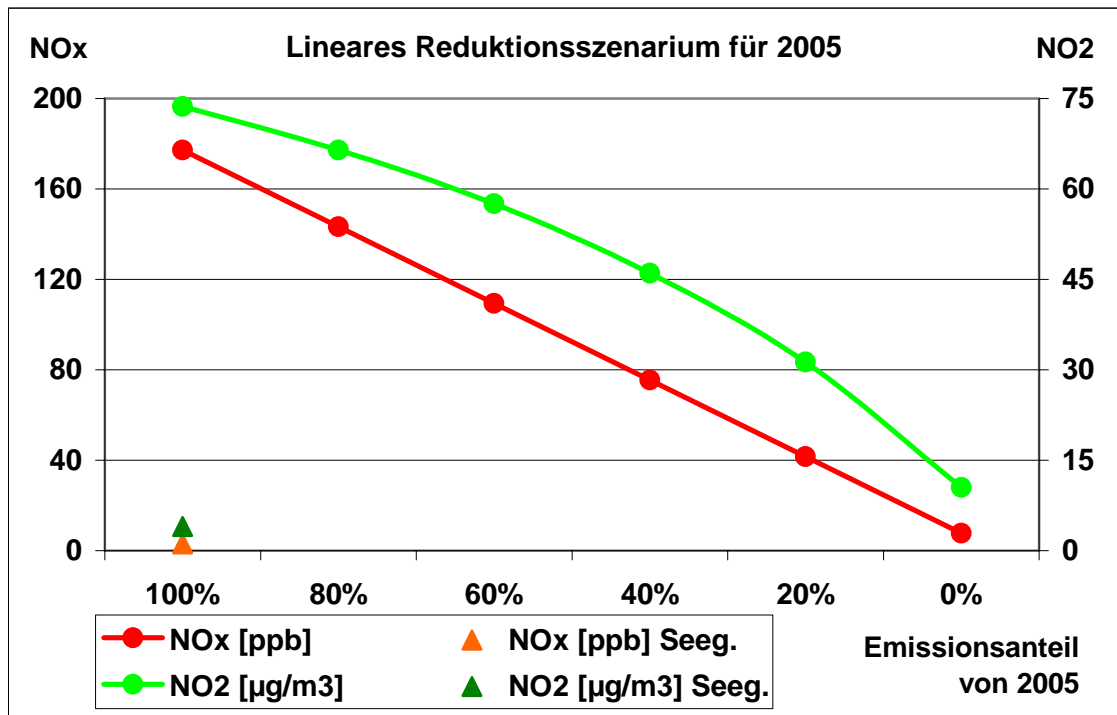


Abbildung 5.1: Hypothetisches Reduktionsszenarium der A12-Emissionen für 2005 zum Modelltest.

Auf der Seegrube in 1960 m ü.M. wurden im 2005 Jahresmittel von NOx von 3 ppb und von NO2 von 4 µg/m3 gemessen, wobei auch noch dort ein gewisser Einfluss der A12 angenommen werden muss. Insgesamt ergibt sich also ein stimmiges Bild, und das verwendete Modell ist gut geeignet, die Auswirkungen bestimmter Verkehrsszenarien auf die lufthygienische Situation im Unterinntal abzubilden.

# 6. Ergebnisse der Szenarien 2005 - 2010

## 6.1. Das Grundszenarium

Das Grundszenarium geht davon aus, dass sich die Entwicklung der Emissionsfaktoren und Fahrzeugflotten wie in Kap. 3 beschrieben vollzieht. Der Schwere Güterverkehr (SGV: LKW und SLZ) soll pro Jahr um 2.5% wachsen, die übrigen Fahrzeugkategorien um 1%/Jahr. Die Ausnahmebestimmung für Euro4&5-Fahrzeuge beim Nachtfahrverbot sollen für SLZ ab 2008, für SoloLKW ab 2010 aufgehoben werden. Die sich daraus ergebenden NOx- und NO2-Jahresmittel an der Messstelle Vomp werden in der folgenden Abbildung in den Kontext der Entwicklung seit 1999 gestellt.

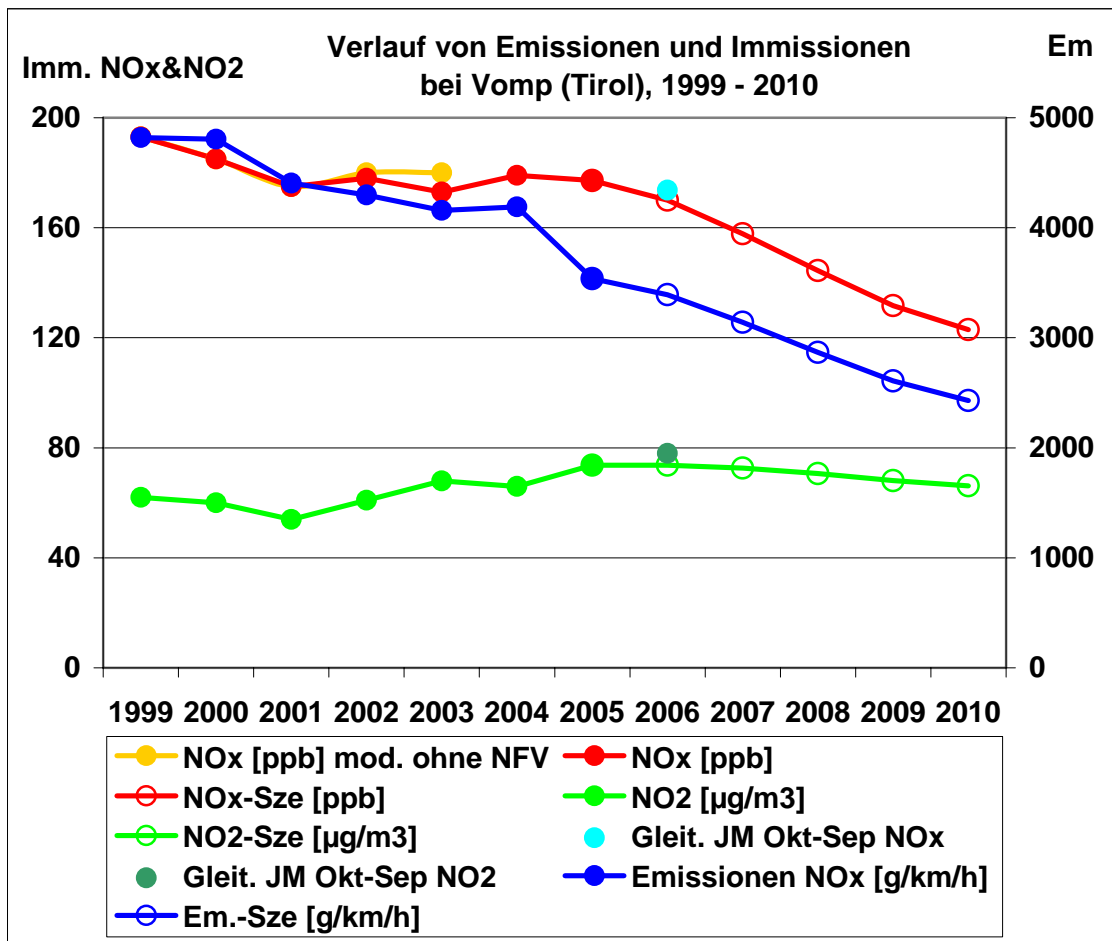


Abbildung 6.1: Verlauf von Stickoxid-Emissionen und -Immissionen bei Vomp, 1999 – 2010; 1999 – 2005: Erhebungen, 2005 – 2010: Szenarien.

Die Emissionen zeigen zwischen 2004 und 2005 einen Knick, der auf die Erhebungsmethode zurückgeführt werden muss: Für 2005 besteht eine detaillierte Fahrzeugerhebung beim Schweren Güterverkehr, die auch die Euroklasse umfasst, und welche deshalb eine präzisere Ermittlung der Emissionen der A12 erlaubte. Davor ging man vom Durchschnitt aus, der vom Handbuch HBEFA 2.1 für die österreichischen Autobahnen generell prognostiziert worden war. Für die nächsten Jahre wird ein weiterer Rückgang der Emissionen auf der A12 trotz der Zunahme des Verkehrsaufkommens erwartet, wegen der verbesserten Motortechnik, d.h. infolge des allmählichen Ersatzes älterer Fahrzeuge durch neuere. Die NO<sub>x</sub>-Immission folgt diesem Trend, das NO<sub>2</sub> folgt ihm nur sehr gedämpft aus zwei Gründen: Das NO<sub>2</sub> macht zeitlich durchgehende Veränderungen beim NO<sub>x</sub> aus atmosphärenchemischen Gründen generell nur gedämpft mit, und es wird ein weiterer Anstieg der direkten Emission von NO<sub>2</sub> erwartet (s. Abschnitt 3.2).

Die einzelnen Punkte in Abbildung 6.1 zeigen das gleitende Jahresmittel '2006', konkret von Oktober 2005 – September 2006. Trotz im Vergleich zum Referenzjahr 2005 teilweise unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen zeigt sich, dass die grundlegende Tendenz vom Modell richtig wiedergegeben wurde: Leichte Abnahme beim NO<sub>x</sub>, Stagnation oder sogar Zunahme beim NO<sub>2</sub>.

Ohne Einführung des Nachtfahrverbots im Herbst 2002 wären die NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Immissionen noch höher ausgefallen (gelbe Linie). Dies verstärkt noch den Eindruck, dass die Immissionen seit etwa 2003/2004 nicht mehr ganz zu folgen vermögen, was die Frage aufwirft, ob die zukünftige Abnahme der Emissionsfaktoren vom Handbuch HBEFA 2.1 im Jahre 2003 nicht etwas zu optimistisch prognostiziert wurde. Auf der anderen Seite zeigen die hohen Korrelationen zwischen Emissionen und Immissionen in den Abbildung 4.1/Abbildung 4.2, dass die Emissionen grundsätzlich richtig wiedergegeben werden.

## 6.2. Die Zukunftsszenarien 2005 – 2010

Die folgenden Ausführungen sind Allinger [10] entnommen.

*<Anfang Zitat Allinger [10]>*

Zur Beurteilung der geplanten Maßnahmen ist es erforderlich, verschiedene Varianten und deren Auswirkungen zu untersuchen. Dabei muss einerseits jede Maßnahme für sich alleine und auch in möglichen Kombinationen mit anderen Maßnahmen bewertet werden können.

Jede dieser einzelnen Varianten und die Kombination untereinander stellt ein bestimmtes Szenario dar, das alle Fahrzeugarten auf Stundenbasis für den Betrachtungszeitraum 2005 – 2010 beinhaltet.

### 6.2.1. V0000 – Business as usual (BAU)

Diese Basis-Variante dient zur Darstellung der zukünftigen Entwicklung ohne die Einführung spezieller, zusätzlicher Maßnahmen zur Schadstoffreduktion.

Dieses Szenario dient auch zum Vergleich gegenüber der Wirksamkeit aller Einzelmaßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen.

Folgende Grundlagen werden im BAU sowie auch bei den anderen Szenarien angenommen:

- Der Verkehr nimmt gemäß den Annahmen bei der allgemeinen Verkehrssteigerung zu (Pkw und Busse: 1,0% p.a., Lkw-Verkehr 2,5% p.a.).
- Die Lkw-Flotte wird sich gemäß den Berechnungen von Prof. Hausberger erneuern.
- Die Ausnahmeregelung des Nachtfahrverbotes wird mit 31.10.2007 (im Modell mit 1.1.2008) für Sattel- und Lastzüge aufgehoben, für Solo-Lkw endet die Ausnahmebestimmung mit 31.10.2009 (im Modell mit 1.1.2010). Dies bedeutet, dass die Rückverlagerung der Fahrten vom Tag in die Nacht bis Ende 2007 anhält, danach greift das verschärfte Nachtfahrverbot. Für das Modell wird angenommen, dass die Verteilung des Verkehrs über den Tag (Tagesganglinie) auf Grund der Aufhebung der Ausnahmebestimmungen gleich bleiben wird (2005: 4,4% Nachtanteil des SLZ-Verkehrs am 24h-Verkehr). Dies trifft zwar auf die Jahre 2006 und 2007 nicht zu, da allerdings die meisten Maßnahmen erst 2007 zu greifen beginnen, erscheint diese Modellungenauigkeit vertretbar.

Im BAU-Szenario (V0000) werden keine zusätzlichen Maßnahmen im Bereich Verkehr gesetzt.  
Verkehrsentwicklung im Bau-Szenario (V0000):

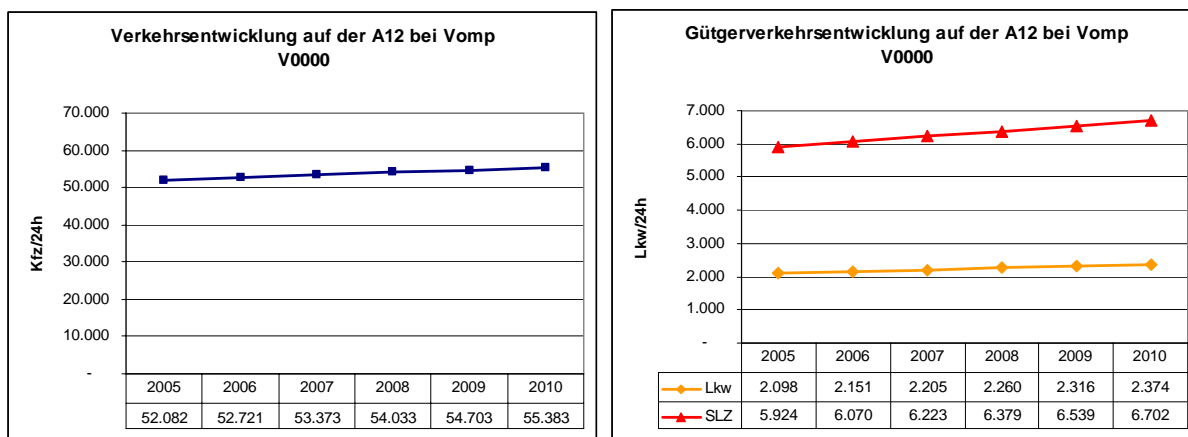


Abbildung 6.2: Verkehrsentwicklung im Grund-Szenario auf der A12 Inntal Autobahn bei der Zählstelle Vomp.

## 6.2.2. V1000 – Fahrverbot für ältere Euro-Klassen

Mit der geplanten Einführung eines Fahrverbotes für bestimmte – ältere – Euro-Klassen sollen Fahrten mit emissionsstarken Fahrzeugen vermieden und die Umrüstung auf neuere – umweltfreundlichere – Lkw beschleunigt werden.

Folgende Rahmenbedingungen werden für das Szenario „Verbot älterer Euro-Klassen“ (V1000) angesetzt:

- 1) Fahrverbot für Lkw mit Anhänger und Sattelzügen >7,5t höchst zulässigem Gesamtgewicht der Euroklassen 0 und 1 ab 01.11.2006 (im Modell ab 01.01.2007)
- 2) Fahrverbot für Lkw mit Anhänger und Sattelzügen der Euroklasse 2 ab 01.11.2008 (im Modell ab 01.01.2009)
- 3) Fahrverbot für Solo-Lkw an Tagen mit sehr hohen NOx-Belastungen der Euroklassen 0 und 1 ab 1.11.2006 (wird im verkehrstechnischen Modell nicht berücksichtigt)
- 4) Fahrverbot für Solo-Lkw der Euroklassen 0 und 1 ab 01.11.2008 (im Modell ab 01.01.2009)
- 5) Bei einem geltenden Fahrverbot für eine bestimmte Lkw-Klasse werden weiterhin 10% dieser Fahrzeuge auf Grund von Ausnahmestimmungen unterwegs sein.
- 6) Die Fahrten von verbotenen Lkw-Klassen werden nicht vermieden, sondern auf – noch erlaubte – Lkw-Klassen verlagert. Diese Verlagerung erfolgt anteilig entsprechend der jeweiligen Flottenverteilung.

### 6.2.3. V0100 – Sektorales Lkw-Fahrverbot

Durch das sektorale Fahrverbot werden bestimmte Gütergruppen für Langstreckenfahrten verboten.

Folgende Rahmenbedingungen liegen dieser Variante zu Grunde:

- 1) Verbot von ca. 7,3% aller Fahrten im Tiroler Unterinntal auf der A12 Inntal Autobahn. Diese Fahrten werden auf die Schiene verlagert und entfallen somit auf der Straße vollkommen.
- 2) Einführung des Fahrverbotes mit 1.11.2007 (Modellwirksamkeit mit 01.01.2008)

Auswirkungen des sektoralen Fahrverbotes auf die Verkehrsentwicklung:

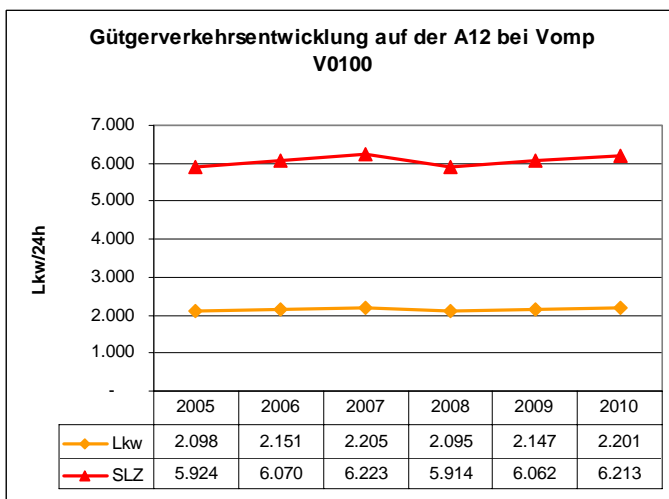
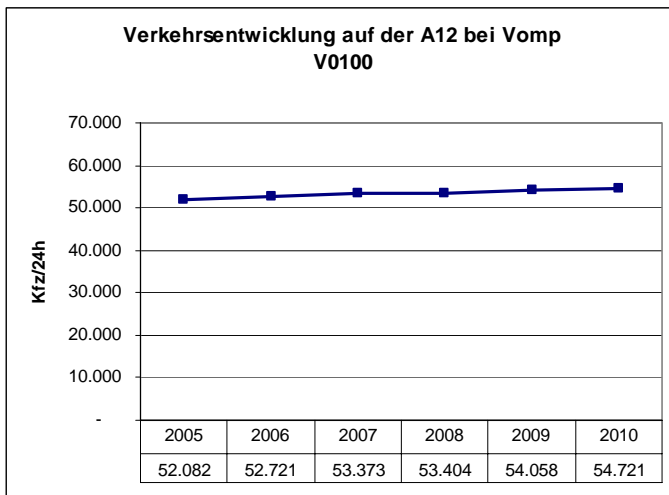


Abbildung 6.3: Verkehrsentwicklung im Szenario V100 auf der A12 Inntal Autobahn bei der Zählstelle Vomp mit sektorialem Lkw-Fahrverbot

Das sektorale Fahrverbot erwirkt eine Reduktion von -7,3% bei den Lkw-Fahrten. Das Niveau von 2007 wird im Jahr 2010 bereits wieder durch das angenommene allgemeine Verkehrswachstum (+2,5%) erreicht werden.

#### 6.2.4. V1100 – Kombination V1000 mit V0100

Die folgende Kombination dient zur Abschätzung der Auswirkungen der geplanten Lkw-Maßnahmen.

Folgende Rahmenbedingungen sind dabei angesetzt worden:

- 1) Geltung der Maßnahmen gemäß V1000 (Fahrverbot für ältere Euro-Klassen)
- 2) Geltung der Maßnahmen gemäß V0100 (Sektorales Fahrverbot).

<Ende Zitat Allinger [10]>

#### 6.2.5. V0001 – Geschwindigkeitsbeschränkung für PKW

Diese Maßnahme betrifft die Geschwindigkeit der Personenkraftwagen (PKW): Eine Geschwindigkeitsreduktion von 130 auf 100 km/h bringt eine erhebliche Reduktion der Stickoxidemissionen. Nun trifft die Anordnung einer generellen Geschwindigkeitsreduktion auf eine sehr eingeschränkte Akzeptanz und ist aus lufthygienischen Gründen auch nicht angezeigt: Die Geschwindigkeitsreduktion soll nur temporär gelten, jedoch dann, wenn es lufthygienisch am meisten bringt. Dies hängt von den klimatischen Bedingungen ab.

Eine Geschwindigkeitsreduktion bei den PKW z.B. von 130 auf 100 km/h würde die Emissionen dieser Fahrzeugkategorie gem. HBEFA 2.1 um 25% - 30%, je nach Längsneigung, deutlich reduzieren. Nun ist es so, dass eine generelle Temporeduktion nur wenig Akzeptanz fände und von der Sache her (Reduktion der Luftbelastung) auch nicht angezeigt wäre. Die Erfahrung zeigt, dass nur temporär gültige Geschwindigkeitsbegrenzungen sehr viel besser eingehalten werden. Die Aufgabe besteht also darin, nur zu einem Teil der Zeit (bis maximal etwa ein Drittel) die Geschwindigkeit der PKW begrenzen zu können und damit einen optimalen lufthygienischen Effekt zu erzielen. Begrenzt man die Geschwindigkeit immer bei hohem PKW-Aufkommen, wird man dies auch dann tun, wenn ein starker Wind sowieso für gute Luftqualität sorgt, und niemand wird diese Begrenzung einsehen. Begrenzt man die Geschwindigkeit immer bei schlechten Ausbreitungsbedingungen (also bei hohen Werten des Transferfaktors  $\tau$ ), so wird man dies häufig in der Nacht tun, wenn nur relativ wenige PKW fahren und der erreichte Effekt damit gering ist.

Der optimale Steuerparameter ist vielmehr die von der Klasse der PKW erzeugte **direkte Immission**. Diese Größe ist nicht messbar, aber berechenbar, für jede

Stunde nämlich gleich dem Produkt von empirischem Transferfaktor zwischen Emission und Immission ( $\tau$ ) und PKW-Emission.

Würden die Zeiten einer Geschwindigkeitsreduktion (x% der Gesamtzeit) zufällig übers Jahr ausgewählt, so wäre der erreichte Reduktionseffekt bei den Immissionen ebenfalls im Mittel x% des möglichen Gesamteffektes (wenn die Geschwindigkeitsreduktion immer gelten würde). Dank der immissionsklimatischen Steuerung ist der erreichte Effekt aber 2 – 3-mal höher. Mit dieser Art von Steuerung ist die zu erwartende Akzeptanz außerdem auch deutlich höher.

In diesem Szenarium wird postuliert, dass während 25% der Zeit eines Jahres (also während 2190 Stunden/Jahr) Tempo 100 auf der A12 verhängt wird.

### 6.2.6. V1101 – Kombination von V1100 und V0001

Diese Kombination dient zur Abschätzung der Auswirkungen aller geplanten Maßnahmen.

Folgende Rahmenbedingungen sind dabei angesetzt worden:

- 1) Geltung der Maßnahmen gemäß V1000 (Fahrverbot für ältere Euro-Klassen).
- 2) Geltung der Maßnahmen gemäß V0100 (Sektorales Fahrverbot).
- 3) Geltung der Maßnahmen gemäß V0001 (Immissionsgesteuerte Geschwindigkeitsbeschränkung für PKW).

## 6.3. Die lufthygienischen Auswirkungen der Zukunftsszenarien 2005 – 2010

Die lufthygienischen Auswirkungen der in Kap. 6.2 beschriebenen Zukunftsszenarien sind mit dem in Kap. 4 beschriebenen Modell bestimmt worden. Die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

Für 2010 wurden noch vier hypothetische Fälle untersucht, die keine geplanten Maßnahmen darstellen, sondern die die lufthygienische Bedeutung bestimmter Sachverhalte, ausgehend vom Grundszenarium 0000, aufzeigen sollen:

**Var0000NFV4&5:** Die Ausnahmebestimmungen für Euro4&5-Fahrzeuge beim Nachtfahrverbot werden nicht aufgehoben.

**Var0000FzConst:** Alle Fahrzeugzahlen bleiben bis 2010 auf dem Stand von 2005.

**Var0000DENO2\_5%:** Der Anteil der direkten NO<sub>2</sub>-Emission (s. dazu auch Kap. 3.2) an der gesamten Stickoxidemission betrage durchwegs nur 5%.

**Var0000CHPKW:** Die PKW-Flotte auf der A12 habe nicht einen Dieselanteil von 78% (Prognose gem. HBEFA 2.1 für österreichische Autobahnen für 2010), sondern von 28% (Prognose gem. HBEFA 2.1 für Schweizer Autobahnen für 2010) und unterliege außerdem wie in der Schweiz einem generellen Tempolimit von 120 km/h.

Tabelle 6.1: NO<sub>x</sub>-Immissionen 2005 – 2010 für verschiedene Zukunftsszenarien und Varianten.

<b>NO<sub>x</sub> Mittel [ppb]</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Sze0000 - Grund</b>	177.2	170.1	157.8	144.4	131.7	123.0
<b>Sze0001 - VBA PKW</b>	168.7	161.9	149.9	136.8	124.4	115.9
<b>Sze0100 - Sekt. LKW-V.</b>	177.2	170.1	157.8	139.2	127.3	119.1
<b>Sze1000 - V. ält.Eurokl.</b>	177.2	170.1	157.4	144.1	129.5	121.2
<b>Sze1100</b>	177.2	170.1	157.4	139.0	125.2	117.4
<b>Sze1101</b>	168.7	161.9	149.5	131.4	117.9	110.3
<b>Var0000NFV4&amp;5</b>						125.4
<b>Var0000FzConst</b>						113.7
<b>Var0000DENO2_5%</b>						123.0
<b>Var0000CHPKW</b>						99.1
<b>NO<sub>x</sub> Mittel rel. zu 2005 Sze0000</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Sze0000 - Grund</b>	100.0%	96.0%	89.1%	81.5%	74.3%	69.4%
<b>Sze0001 - VBA PKW</b>	95.2%	91.4%	84.6%	77.2%	70.2%	65.4%
<b>Sze0100 - Sekt. LKW-V.</b>	100.0%	96.0%	89.1%	78.6%	71.8%	67.2%
<b>Sze1000 - V. ält.Eurokl.</b>	100.0%	96.0%	88.8%	81.3%	73.1%	68.4%
<b>Sze1100</b>	100.0%	96.0%	88.8%	78.4%	70.7%	66.3%
<b>Sze1101</b>	95.2%	91.4%	84.4%	74.1%	66.5%	62.2%
<b>Var0000NFV4&amp;5</b>						70.8%
<b>Var0000FzConst</b>						64.2%
<b>Var0000DENO2_5%</b>						69.4%
<b>Var0000CHPKW</b>						55.9%

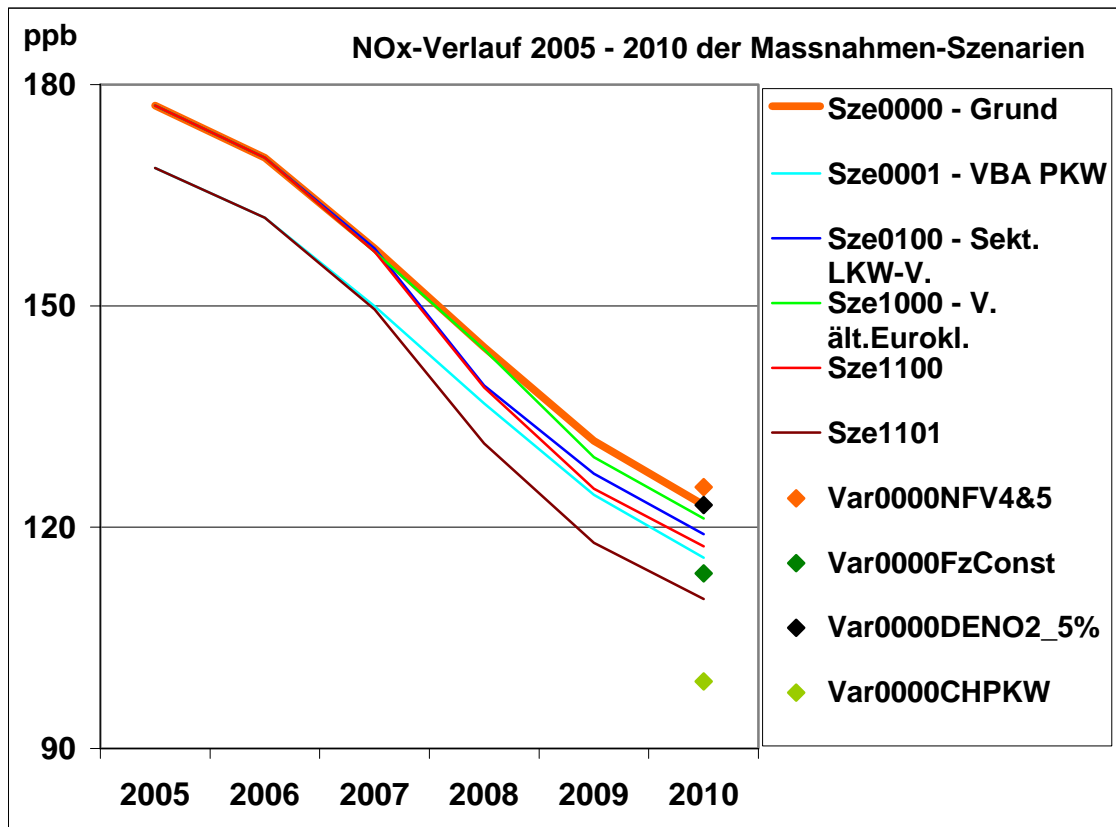


Abbildung 6.4: NOx-Verlauf (Jahresmittel) 2005 – 2010 der Maßnahmen-Szenarien und Variationen.

Eine Kombination aller postulierten Maßnahmen bringt eine NOx-Reduktion von gut 10%, zusätzlich zur Abnahme infolge der Modernisierung der Fahrzeugflotten. Die Verkehrszunahme schlägt lufthygienisch deutlich zu Buche (s. Reduktion bei konstanter Verkehrsmenge, Var0000FzConst). Noch deutlicher zu Buche schlagen die im Vergleich mit den Benzinmotoren sehr hohen Emissionen der Diesel-Pkw. Eine Reduktion des Schadstoffausstoßes bei den Diesel-Pkw würde sehr viel bringen. Würde die Ausnahmeregelung für Euro4&5-Fahrzeuge beim Nachtfahrverbot nicht aufgehoben, könnten diese Fahrzeuge also weiterhin in der Nacht fahren, würde die Wirkung des Nachtfahrverbots teilweise unterlaufen und es käme dadurch zu einer Immissionserhöhung.

Tabelle 6.2: NO<sub>2</sub>-Immissionen 2005 – 2010 für verschiedene Zukunftsszenarien und Varianten.

<b>NO<sub>2</sub> Mittel [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Sze0000 - Grund	73.7	73.6	72.7	70.6	68.0	66.2
Sze0001 - VBA PKW	70.7	70.5	69.5	67.3	64.6	62.7
Sze0100 - Sekt. LKW-V.	73.7	73.6	72.7	69.5	67.0	65.2
Sze1000 - V. ält.Eurokl.	73.7	73.6	72.6	70.5	67.6	65.7
Sze1100	73.7	73.6	72.6	69.4	66.5	64.8
Sze1101	70.7	70.5	69.4	66.1	63.1	61.3
Var0000NFV4&5						67.4
Var0000FzConst						63.2
Var0000DENO2_5%						54.4
Var0000CHPKW						50.8
<b>NO<sub>2</sub> Mittel rel. zu 2005 Sze0000</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Sze0000 - Grund	100.0%	100.0%	98.6%	95.8%	92.3%	89.8%
Sze0001 - VBA PKW	95.9%	95.8%	94.3%	91.3%	87.7%	85.1%
Sze0100 - Sekt. LKW-V.	100.0%	100.0%	98.6%	94.3%	90.9%	88.5%
Sze1000 - V. ält.Eurokl.	100.0%	100.0%	98.5%	95.8%	91.7%	89.2%
Sze1100	100.0%	100.0%	98.5%	94.2%	90.3%	88.0%
Sze1101	95.9%	95.8%	94.2%	89.7%	85.7%	83.2%
Var0000NFV4&5						91.4%
Var0000FzConst						85.8%
Var0000DENO2_5%						73.9%
Var0000CHPKW						68.9%

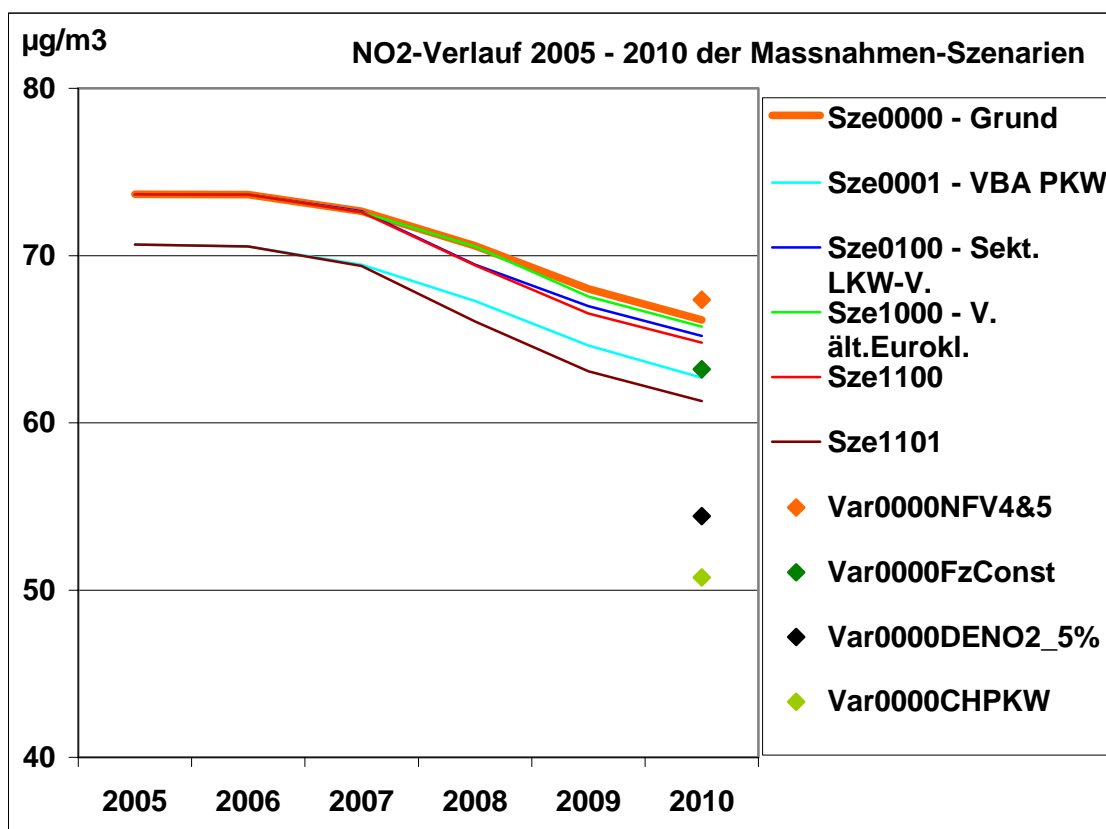


Abbildung 6.5: NO<sub>2</sub>-Verlauf (Jahresmittel) 2005 – 2010 der Maßnahmen-Szenarien und Variationen.

Es zeigt sich ein grundsätzlich ähnliches Bild wie beim NO<sub>x</sub>. Eine Kombination aller postulierten Maßnahmen bringt eine NO<sub>2</sub>-Reduktion von 7-8 %, zusätzlich zur Abnahme infolge der Modernisierung der Fahrzeugflotten. Der große Beitrag der Diesel-Pkw ist beim NO<sub>2</sub> wegen der zunehmenden Direktmission an NO<sub>2</sub> noch akzentuierter als beim NO<sub>x</sub> (man vergleiche das NO<sub>2</sub>-Jahresmittel bei einer angenommenen Schweizer PKW-Flotte mit nur 28% statt 78% Anteil Diesel-Pkw). Überhaupt rührt ein ganz erheblicher Beitrag an die NO<sub>2</sub>-Immission von der Direktmission an NO<sub>2</sub> der Dieselmotoren her; der schwarze Punkt zeigt das NO<sub>2</sub>-Jahresmittel 2010, wenn der Anteil der Direktmission von NO<sub>2</sub> am gesamten emittierten Stickoxid generell nur 5% betragen würde.

Die folgende Tabelle und Grafik befasst sich mit den Auswirkungen auf PM<sub>10</sub>. Diese Abschätzungen sind unsicherer, da das PM<sub>10</sub> nur zum Teil vom Straßenverkehr kommt und ein großer Anteil aus sog. Sekundären Partikeln besteht, welche aus gasförmigen Stoffen in der Atmosphäre gebildet werden. Die Behandlung der PM<sub>10</sub>-Belastung mit dem  $\tau$ -Modell wurde vor allem für Städte in Vorarlberg entwickelt, s. z.B. [11].

Tabelle 6.3: PM10-Immissionen 2005 – 2010 für verschiedene Zukunftsszenarien und Varianten.

<b>PM10 Mittel [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Sze0000 - Grund	34.8	33.6	32.0	30.4	29.0	27.9
Sze0001 - VBA PKW	33.6	32.4	30.9	29.4	28.0	27.0
Sze0100 - Sekt. LKW-V.	34.8	33.6	32.0	30.1	28.7	27.7
Sze1000 - V. ält.Eurokl.	34.8	33.6	31.9	30.4	28.7	27.7
Sze1100	34.8	33.6	31.9	30.1	28.5	27.5
Sze1101	33.6	32.4	30.8	29.0	27.5	26.6
Var0000NFV4&5						27.9
Var0000FzConst						27.0
Var0000DENO2_5%						27.9
Var0000CHPKW						22.7
<b>PM10 Mittel rel. zu 2005 Sze0000</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Sze0000 - Grund	100.0%	96.5%	91.9%	87.4%	83.2%	80.2%
Sze0001 - VBA PKW	96.5%	93.2%	88.7%	84.4%	80.4%	77.6%
Sze0100 - Sekt. LKW-V.	100.0%	96.5%	91.9%	86.5%	82.4%	79.5%
Sze1000 - V. ält.Eurokl.	100.0%	96.5%	91.7%	87.3%	82.6%	79.7%
Sze1100	100.0%	96.5%	91.7%	86.4%	81.9%	79.1%
Sze1101	96.5%	93.2%	88.6%	83.4%	79.1%	76.4%
Var0000NFV4&5						80.1%
Var0000FzConst						77.7%
Var0000DENO2_5%						80.2%
Var0000CHPKW						65.1%

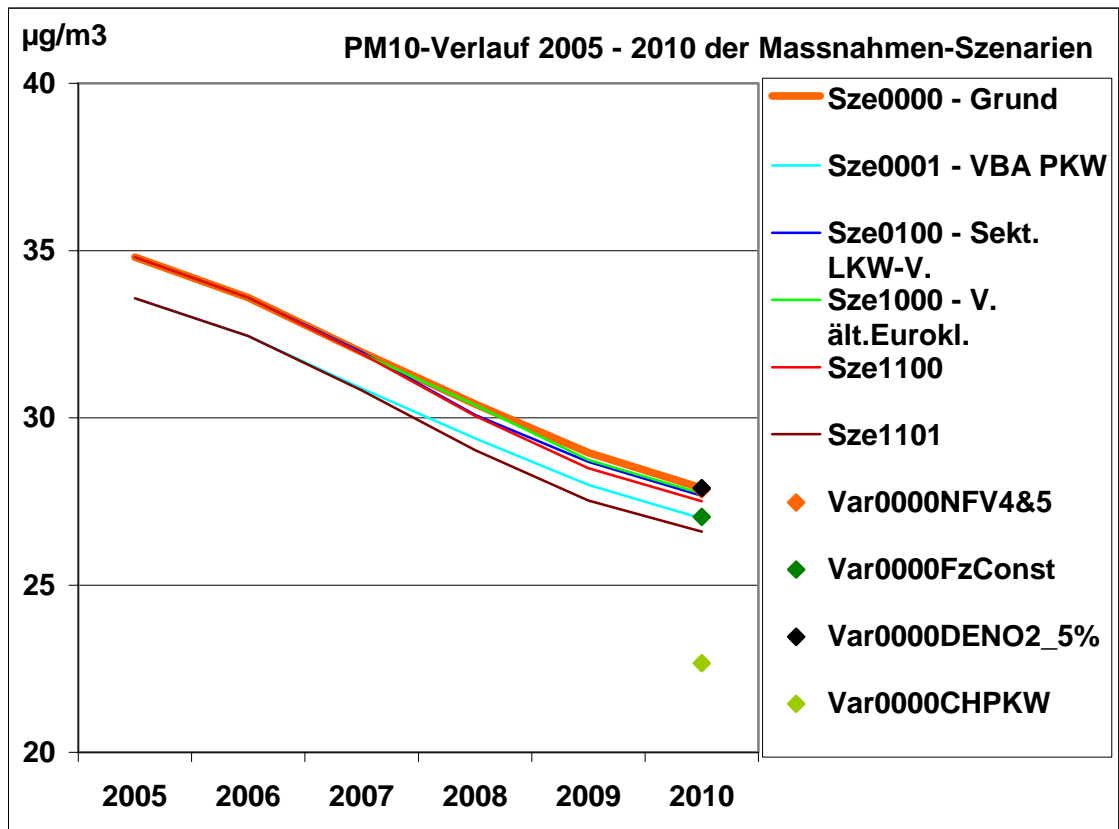


Abbildung 6.6: PM10-Verlauf (Jahresmittel) 2005 – 2010 der Maßnahmen-Szenarien und Variationen.

Auch beim PM10 zeigt sich grundsätzlich das gleiche Bild, die Effekte im Verhältnis zur Gesamtkonzentration sind einfach geringer, da erhebliche Teile des PM10 aus anderen Quellen stammen.

## 7. Zusammenfassung

Das Jahr 2005 ist geeignet als Referenzjahr für die Untersuchung der lufthygienischen Auswirkungen verschiedener Szenarien. Dies hat die Untersuchung von Wind- und Inversionsverhältnissen über die letzten drei Jahre gezeigt.

Alleine durch die Entwicklung der Motorentechnik und der Modernisierung der Fahrzeugflotten wird bis 2010 gemäß Handbuch der Emissionsfaktoren HBEFA 2.1 und der TU Graz eine Abnahme der Immissionen an der Messstelle Vomp an Gesamtstickoxiden von etwa 30%, beim NO<sub>2</sub> von etwa 10% erfolgen. Die Abnahme beim NO<sub>2</sub> ist deutlich geringer, weil das NO<sub>2</sub> zeitlich durchgehende Veränderungen beim NO<sub>x</sub> aus atmosphärenchemischen Gründen generell nur gedämpft mitmacht, und weil ein weiterer Anstieg der direkten Emission von NO<sub>2</sub> durch Dieselmotoren erwartet wird.

Eine Kombination von drei Maßnahmen (Fahrverbote beim Schweren Güterverkehr für ältere Euroklassen; Fahrverbot beim Schweren Güterverkehr für bestimmte Güter (sektorales Fahrverbot); temporäre Geschwindigkeitsbeschränkung für PKW bei lufthygienisch ungünstigen Bedingungen) bringt eine weitere Reduktion von etwa 10% bei den Gesamtstickoxiden NO<sub>x</sub>, von etwa 7-8% beim NO<sub>2</sub> und von etwa 5% beim PM<sub>10</sub>.

Würden die Ausnahmeregelungen für Euro4&5-Fahrzeuge beim Nachtfahrverbot nicht aufgehoben, so würde dies zu einem Wiederanstieg der Immissionen führen, weil die gleiche Emission in der Nacht frei gesetzt wegen der dann öfters stagnierenden Luft zu einer höheren Zusatzimmission führt als tagsüber. Beim NO<sub>2</sub> würde dieser Wiederanstieg etwa 2% betragen.

Diesel-Pkw tragen einen erheblichen Anteil an die Luftverschmutzung bei, der sowohl beim NO<sub>x</sub>, beim NO<sub>2</sub> und bei den Partikeln erheblich höher ist als bei den Benzinmotoren der gleichen Euroklasse. Eine entsprechende Verschärfung der Abgasnormen, die aber insbesondere auch die Direktemission an NO<sub>2</sub> umfassen müsste, könnte einen erheblichen Beitrag zur lufthygienischen Sanierung liefern.

Ganz generell muss der Direktemission an NO<sub>2</sub> von Dieselmotoren, bedingt durch Katalysatoren und Partikelfilter, mehr Beachtung geschenkt werden. Dies betrifft PKW, Busse und Schwere Güterfahrzeuge.

## 8. Literatur

- [1] Thudium, J., Oekoscience: Hohe Stickstoffdioxidwerte im Jahre 2003 in der Schweiz, in Tirol und in Vorarlberg, Dokumentation und Interpretation, im Auftrag des BUWAL (Schweiz) und der Tiroler Landesregierung, Dezember 2004.
- [2] Thudium, J., Oekoscience: Luftschadstoffimmissionen im Unterinntal 2003, Verkehr, Emissionen und klimatische Einflüsse. Im Auftrag der Tiroler Landesregierung, Dezember 2004, Revision September 2005.
- [3] Thudium, J., Oekoscience: Modellansatz für eine immissionsgesteuerte Verkehrsbeeinflussung; Optimierung einer Geschwindigkeitsreduktion für Personenkraftwagen; erstellt im Auftrag der Tiroler Landesregierung, November 2004.
- [4] Thudium, J., Oekoscience: Lufthygienische Situation im Unterinntal 2004 Verkehr, Emissionen, Immissionen, klimatische Einflüsse. Im Auftrag der Tiroler Landesregierung, Dezember 2005.
- [5] Thudium, J., Oekoscience: Empirical Modelling of Air Pollution in the Proximity of Roads, Beitrag zum 14. internationalen Symposium 'Transport and Air Pollution', Graz, Juni 2005.
- [6] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA Version 2.1, herausgegeben von Umweltbundesamt Berlin, Umweltbundesamt Wien und Buwal, Februar 2004.
- [7] Gense, Vermeulen (TNO-Automotive, NL-Delft; Weilenmann (EMPA, CH-Dübendorf; McCrae (TRL,UK-Berkshire): NO<sub>2</sub> emissions from passenger cars, Actes INRETS, conference "Transport and Air Pollution", Reims 2006.
- [8] Lambrecht, Höpfner und Dünnebeil (ifeu, D-Heidelberg): High NO<sub>2</sub>-concentrations in urban areas of Germany, Actes INRETS, conference "Transport and Air Pollution", Reims 2006.
- [9] Weber, A., Landesforstdirektion Tirol: Halbjahresvergleiche für Stickstoffoxide im Tiroler Luftgütemessnetz, Sommer 2006.
- [10] Allinger, E., Verkehrsentwicklung auf der A12 Inntal Autobahn, 2006 – 2010, IG-Luft Maßnahmenbündel 2006. Verkehrstechnische Grundlagen zur Abschät-

zung der Emissionsentwicklung. Abt. Verkehrsplanung, Amt der Tiroler Landesregierung, August 2006.

[11] Thudium, J. und Grimm, S., PM10-Immissionen in Lustenau und Höchst im Jahre 2004 sowie Szenarien zu deren Verminderung. Im Auftrag der Vorarlberger Landesregierung, Oktober 2005.