



**Szenarien der Entwicklung
des Schweren Güterver-
kehrs 2002 - 2012
Auswirkungen des Nacht-
fahrverbotes auf der A12
Oktober 2002 - Januar 2003**

Im Auftrag der Tiroler Landesregierung
Februar 2003

Dr. Jürg Thudium
06.03.2003 / 5212.30

Oekoscience AG

Werkstrasse 2
CH - 7000 Chur

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

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Immissionsklimatische Betrachtung zum Jahr 1999 im Unterinntal	1
2.1. Temperaturschichtung im Raum Innsbruck in den Wintern 1998/99 und 1999/2000	2
2.2. Fazit	5
3. Szenarien der zukünftigen Stickoxid-Belastung an der Messstelle Vomp 2002 - 2012	6
3.1. Methodik	6
3.2. Die Prognosen für die Entwicklung der Verkehrszahlen und der Emissionsfaktoren 2002 - 2012	8
3.3. Szenarien der künftigen Immissionsentwicklung an der Messstelle Vomp	10
3.4. Ergebnisse der Szenarien-Abschätzungen	12
3.4.1. Szenarium 0n: Ungesteuerte Entwicklung	12
3.4.2. Szenarium 1n: Gleichmässige Reduktion des Schweren Güterverkehrs; kein Nachtfahrverbot	16
3.4.3. Szenarium 2n: Gleichmässige Reduktion des Schweren Güterverkehrs tagsüber und im Sommer; Nachtfahrverbot im Winterhalbjahr	18
3.5. Vergleich mit alten Emissionsfaktoren (Studie vom Juni 2002)	20
3.6. Fazit	20
4. Auswirkungen des Nachtfahrverbotes für den Zeitraum Oktober 2002 - Januar 2003	22
4.1. Die reale Verkehrsverlagerung	22
4.2. Immissionsklimatische Betrachtung zur Nachtfahrverbotsphase Oktober 2002 - Januar 2003	23
4.3. Modellsimulationen in Bezug auf das Nachtfahrverbot	26
5. Vergleich verschiedener Szenarien des Nachtfahrverbotes bezüglich des zur NO₂-Grenzwerteinhaltung zulässigen Schwerverkehrs	29
6. Vergleich der Stickoxidbelastung an der Messstelle Vomp 1999 und 2001	32
7. Literatur	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Temperatur- und Ozonverhältnisse bei Innsbruck Winter 1998/99.	4
Abbildung 2.2: Temperatur- und Ozonverhältnisse bei Innsbruck Winter 1999/2000.	4
Abbildung 2.3: Mittlere Tagesgänge der Inversionshäufigkeit über Innsbruck in den Wintern 1998/99 und 1999/2000.	5
Abbildung 3.1: Mittelungsfunktion des NO_2/NO_x -Verhältnisses im Vergleich zu Jahresmittelwerten aus verschiedenen Jahren für verschiedene Messstellen in Alpentransittälern (Vomp, Hall, Sterzing, Altdorf, Roveredo).	8
Abbildung 3.2: Szenarium 0n (ungesteuerte Entwicklung): Verlauf der Gesamt-Emissionen E in Tonnen pro Kilometer und Jahr ($\text{t}/(\text{km}\cdot\text{y})$) der A12 bei Vomp, der NO_x - und NO_2 -Immissionen an der Messstelle Vomp sowie der Jahresmittel-Grenzwerte für NO_2 gem. 'EU' und gem. 'IGL' 2002 - 2012.	12
Abbildung 3.3: Prognostizierte Entwicklung des Schweren Güterverkehrs 1999 - 2012 (Szenario 0n: Ungesteuerte Entwicklung). Summe LKW+SLZ; LKW: Solo-Lastkraftwagen; SLZ: Sattel- und Lastzüge.	13
Abbildung 3.4: Prozentualer Verlauf der NO_x - und NO_2 -Immissionen an der Messstelle Vomp 2002 - 2012 (Szenario 0n: Ungesteuerte Entwicklung).	14
Abbildung 3.5: Szenarium 1n: Zulässige Verkehrsmengen (DTV) an Schwerem Güterverkehr (SV) zur Einhaltung der NO_2 -Jahresmittel-Grenzwerte gem. 'EU' bzw. 'IGL'. Graue Säulen: Ungesteuerte Entwicklung.	16
Abbildung 3.6: Szenarium 1n: Zur Grenzwert-Einhaltung notwendige prozentuale Reduktion des Schweren Güterverkehrs auf der A12 bei Vomp im Vergleich zur ungesteuerten Entwicklung (gem. Sze. 0n).	17
Abbildung 3.7: Szenarium 2n: Zulässige Verkehrsmengen (DTV) an Schwerem Güterverkehr zur Einhaltung der NO_2 -Jahresmittel-Grenzwerte gem. 'EU' bzw. 'IGL'. Graue Säulen: Ungesteuerte Entwicklung.	18
Abbildung 3.8: Szenarium 2n: Zur Grenzwert-Einhaltung notwendige prozentuale Reduktion des Schweren Güterverkehrs auf der A12 bei Vomp im Vergleich zur ungesteuerten Entwicklung (gem. Sze. 0n).	19

Abbildung 4.1: Tagesgang des relativen Verkehrsaufkommens von Sattellastzügen bei Vomp Oktober - Januar.	22
Abbildung 4.2: Windrichtungs-Verteilung für die Station Vomp 1.10.2002 - 24.1.2003.	23
Abbildung 4.3: Inversionshäufigkeiten im Temperaturprofil Schwaz Oktober 2002 - Januar 2003.	24
Abbildung 4.4: Tagesgang der I/E-Verhältnisse für die Station Vomp für die Nachtfahrverbotsphase 1.10.2002 - 24.1.2003.	25
Abbildung 4.5: Tagesgang der I/E-Verhältnisse für die Station Vomp für 1999.	26
Abbildung 5.1: Vergleich von Szenarien des Nachtfahrverbotes: Zulässiger Schwerer Güterverkehr (DTV) in Abhängigkeit vom Nachtfahrverbot 2002 - 2012. (Grenzwert-Einhaltung nach EU).	30
Abbildung 5.2: Vergleich von Szenarien des Nachtfahrverbotes: Zulässiger Schwerer Güterverkehr (DTV) in Abhängigkeit vom Nachtfahrverbot 2002 - 2012. (Grenzwert-Einhaltung nach 'IGL').	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Prognose der Entwicklung der Fahrzeugzahlen auf der A12 bei Vomp, 1998 - 2012. PKW: Personenkraftwagen; MR: Motorräder; Rbus: Reisebusse; LI: Lieferwagen; LKW: Solo-Lastkraftwagen; SLZ: Sattel- und Lastzüge.	9
Tabelle 3.2: Prognose der Entwicklung der Emissionsfaktoren von NO _x in g/km auf der A12 bei Vomp, 1999 - 2012. PKW: Personenkraftwagen; Rbus: Reisebusse; LI: Lieferwagen; LKW: Solo-Lastkraftwagen; SLZ: Sattel- und Lastzüge.	9
Tabelle 3.3: Szenarium 0n (ungesteuerte Entwicklung): Verlauf des DTV der LKW und der SLZ sowie des Schweren Güterverkehrs (Schwerer GV = LKW + SLZ), der Gesamt-Emissionen E der A12 bei Vomp, der NO _x - und NO ₂ -Immissionen an der Messstelle Vomp sowie der Jahresmittel-Grenzwerte für NO ₂ gem. 'EU' und gem. 'IGL' 2002 - 2012.	15
Tabelle 3.4: Zahlenwerte DTV für Szenarium 1n: Sze0 ungesteuerte Entwicklung; Sze1n Schwerer Güterverkehr (SV) bei Einhaltung des NO ₂ -Grenzwertes gem. 'EU' bzw. 'IGL'.	17
Tabelle 3.5: Zahlenwerte DTV für Szenarium 2n: Sze0 ungesteuerte Entwicklung; Sze2n Schwerer Güterverkehr (SV) bei Einhaltung des NO ₂ -Grenzwertes gem. 'EU' bzw. 'IGL'.	19
Tabelle 4.1: Ergebnisse der Modellsimulationen zum Nachtfahrverbot. Einheiten: NO _x -Emissionen [g/(km*.5h)]; NO _x [ppb]; NO ₂ [µg/m ³].	27
Tabelle 6.1: Vergleich der Stickoxid-Kennzahlen an der Messstelle Vomp für die Jahre 1999 und 2001	32
Tabelle 6.2: Kennzahlen der Modellsimulationen: 1999 (Fz2001): Bedingungen des Jahres 1999 (meteorologisch und Emissionsfaktoren) mit Fahrzeugaufkommen aus dem Jahre 2001; 2001 (Fz1999): umgekehrt analog.	33

1. Einleitung

Im Februar 2003 ist die Fa. Ökoscience AG von der Abteilung Umweltschutz des Amtes der Tiroler Landesregierung beauftragt worden, in Ergänzung der entsprechenden Studie vom Juni 2002 [1] und ausgehend von den bisherigen immissionsklimatischen Analysen auf diesem Gebiet [2, 3] eine Abschätzung von Szenarien künftiger Immissionsentwicklungen an der Messstelle Vomp für den Zeitraum 2002 - 2012 durchzuführen. In Abänderung der Studie [1] sollen dabei die neuen Emissionsfaktoren der TU Graz Verwendung finden. Es werden die Reduktionen des Schweren Güterverkehrs im Vergleich zur prognostizierten ungesteuerten Entwicklung aufgezeigt, welche zur Einhaltung der über die Jahre hinweg abnehmenden Grenzwerte für NO₂ notwendig sind.

Die Immissionen werden einerseits von den Emissionen, andererseits in gleichem Masse von den meteorologischen Ausbreitungs- und Umwandlungsbedingungen für Luftschadstoffe bestimmt. Das Jahr 1999 stellt dabei als meteorologisch 'mittleres' Jahr die Ausgangsbasis dar. D.h. die Szenarien werden alle für das meteorologische Jahr 1999 gerechnet, lediglich die Emissionen verändern sich. Im nächsten Kapitel wird zunächst gezeigt, dass das Jahr 1999 hinsichtlich der hier wichtigen meteorologischen Bedingungen nicht ausserordentlich war.

2. Immissionsklimatische Betrachtung zum Jahr 1999 im Unterinntal

In einem Alpental gibt es vor allem zwei meteorologische Parameter, welche die Immissionssituation bestimmen: Die horizontale Durchlüftung, d.h. die bodennahe Windgeschwindigkeit, und die vertikale Temperaturschichtung, d.h. das Temperaturprofil vom Talboden in die Höhe. Bei einer Inversion (Temperaturumkehr), wenn also wärmere Luft über kälterer liegt, sind die Ausbreitungsverhältnisse für Luftschadstoffe besonders schlecht und es können sich hohe Immissionen einstellen, zumal sich in solchen Situationen auch Akkumulationen von Luftschadstoffen einstellen können.

In dem Bericht zu den NO₂-Grenzwertüberschreitungen bei den Halbstundenwerten vom November/Dezember 1999 [3] wurde bereits festgestellt, dass die Windverhältnisse in den vier Wintern 1996 - 2000 einander recht ähnlich waren, und zwar bezüglich Windrichtungsverteilungen als auch bezüglich Windgeschwindigkeiten (Durchlüftung): Im Unterinntal ist der häufigste Windsektor im Winter der Talabwind. Der Talaufwind hat sein Maximum thermisch bedingt am Nachmittag. Der südöstliche Querwind ist um die Mittagszeit am häufigsten, wenn die Thermik am Sonnenhang des Unterinntales es geschafft hat, die Luft vom Talboden nachzuziehen. Am frühen Abend erfolgt die Gegenbewegung (nordwestlicher Querwind). Im Unterinntal sind schwache Winde häufig, und es kommt immer wieder zu anhaltend schwachwindigen Wetterlagen, welche immissionskritisch sind.

Im weiteren konnte in dem Bericht [3] auch belegt werden, dass die Messstelle Vomp repräsentativ für autobahnahe Lagen zwischen Hall und Jenbach ist; sie weist nicht etwa speziell ungünstige Windverhältnisse auf.

Im folgenden wird nun eine kurze Betrachtung zu dem anderen für die Immissionen wichtigen Parameter gemacht: Zu der Temperaturschichtung im Raum Innsbruck.

2.1. **Temperaturschichtung im Raum Innsbruck in den Wintern 1998/99 und 1999/2000**

Die Temperaturschichtung bestimmt im wesentlichen über die vertikale Ausbreitung der Luftschadstoffe. Bei Inversionen (Temperaturumkehr) ist die vertikale Durchmischung stark eingeschränkt, und es kann zur Akkumulation von Luftschadstoffen kommen. Für eine Akkumulation von Luftschadstoffen braucht es also sowohl eine geringe horizontale Durchlüftung (geringe bodennahe Windgeschwindigkeit) als auch eine schlechte vertikale Durchmischung (also eine Inversion). Die beiden Phänomene können gemeinsam auftreten, müssen aber nicht.

Das Ozon stellt in sommerlichen Konzentrationen selbst einen Problemstoff dar; im Winter ist dies nicht der Fall. Das Ozon kommt aber zu jeder Jahreszeit vor und spielt eine wichtige Rolle bei der Bildung von NO₂: Die Stickoxid-Emissionen erfolgen fast nur als NO. Das NO reagiert in der Atmosphäre mit Ozon zu NO₂. Diese Reaktion ist viel effektiver als alle anderen NO₂-bildenden Prozesse, die nur einen kleinen Anteil an der NO₂-Bildung ausmachen. Auf der anderen Seite

ist Ozon in bodennahen Inversionsschichten 'Mangelware': Es wird im Winter dort kaum gebildet und kann nur von oben her eingetragen werden; Inversionsschichten sind aber von beiden Seiten her nur schwer durchdringbar. So ist Ozon oft limitierender Faktor für die NO_2 -Bildung bei einem 'unlimitierten' NO -Angebot. Der Anteil von NO_2 am Gesamtstickoxid NO_x hängt daher stark von den meteorologischen Bedingungen ab. Ebenso ist NO_2 in keinem Fall eine Leitsubstanz für die Luftverschmutzung; dies kann nur das NO_x sein.

Zur Temperaturschichtung im Raum Innsbruck im Zeitraum November/Dezember 1999 gibt es bei [2] bereits ausführliche Darlegungen. Im folgenden werden nun die beiden Winter 1998/99 und 1999/2000 (jeweils November - Januar) einander gegenübergestellt, um allfällige Auffälligkeiten der Wintermonate 1999 zu erkennen. Es werden die Ozonverhältnisse und Temperaturschichtungen in den beiden Wintern betrachtet. Als Messstelle für Ozon wird Innsbruck-Sadrach (ca. 680 m ü.M., 100 m oberhalb Innsbruck) herangezogen. Als Mass für die Temperaturschichtung wird die Temperaturdifferenz zwischen den Messstellen Sadrach und Schöpfstrasse in Innsbruck verwendet.

Die folgenden beiden Grafiken zeigen die Temperaturdifferenz zwischen Sadrach und Schöpfstrasse ('Tdiff_SADSCH') und die Ozonkonzentration in Sadrach. Ist die Temperaturdifferenz positiv, so liegt eine Inversion vor. Es werden die Verhältnisse für die beiden Winter als gleitende 24h-Mittelwerte gezeigt.

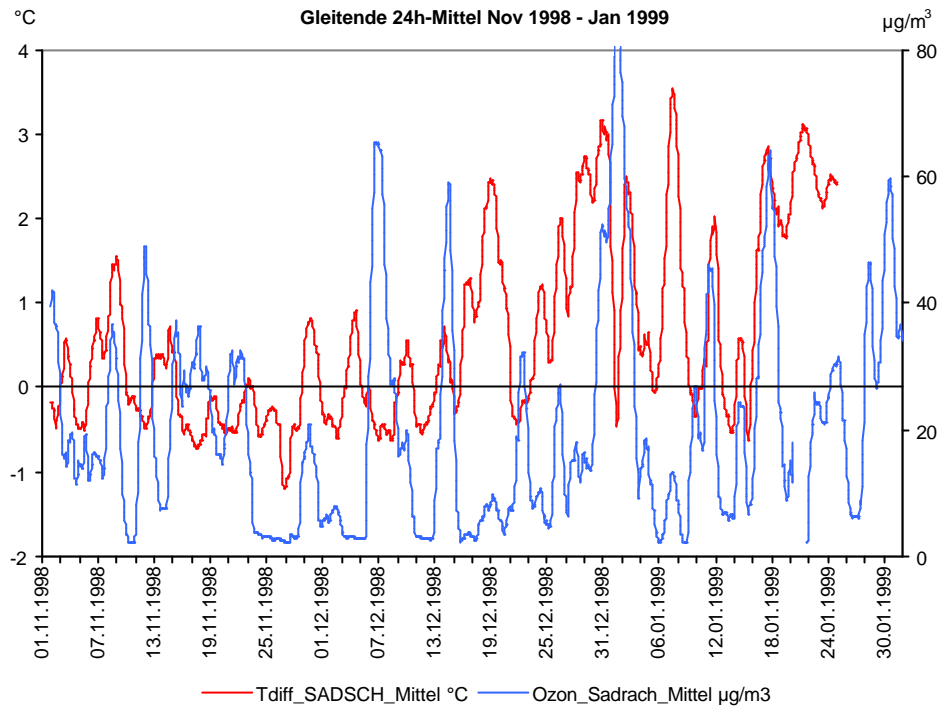


Abbildung 2.1: Temperatur- und Ozonverhältnisse bei Innsbruck Winter 1998/99.

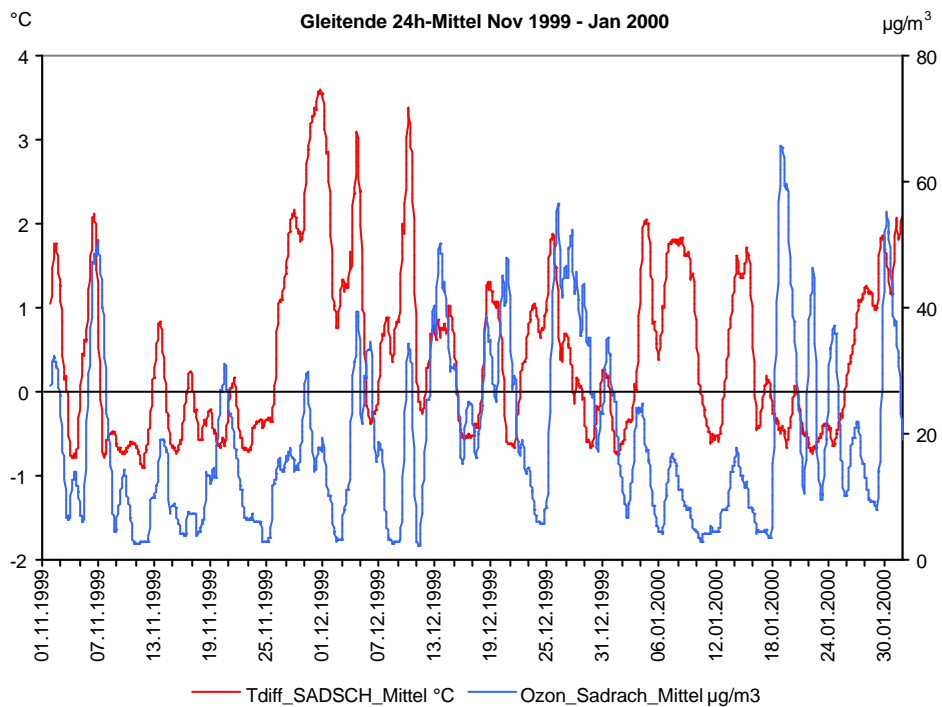


Abbildung 2.2: Temperatur- und Ozonverhältnisse bei Innsbruck Winter 1999/2000.

Bei der Darstellung von gleitenden 24h-Mitteln fällt der Tagesgang raus und das Episodenhafte wird gezeigt. Die beiden Winter zeigen ein ähnliches Bild: Immer wieder kommt es zu persistenten Inversionslagen, die Messstelle liegt immer

wieder mal in ozonarmer Luft, wenn der Kaltluftsee anhaltend bis über Sadrach hinausreicht.

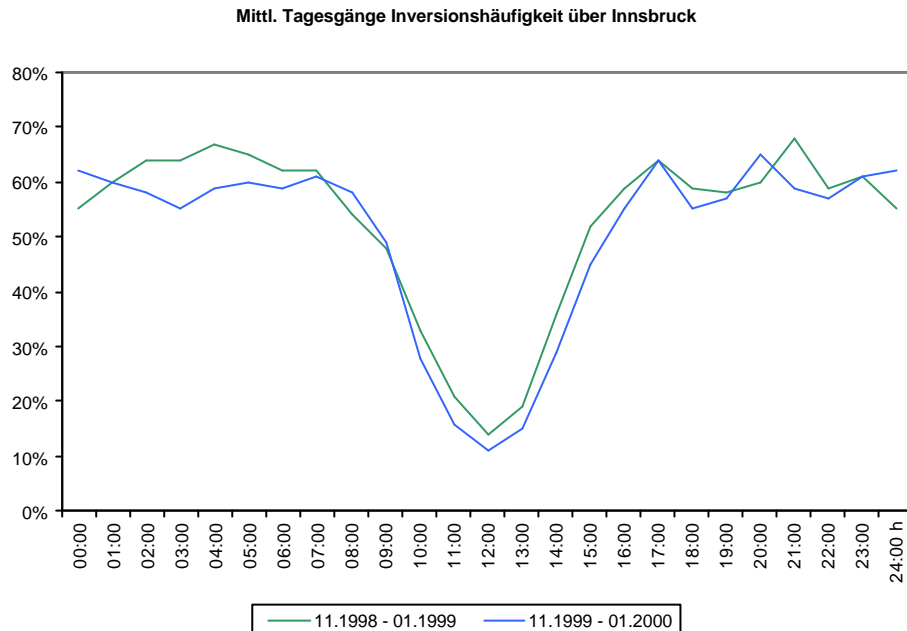


Abbildung 2.3: Mittlere Tagesgänge der Inversionshäufigkeit über Innsbruck in den Wintern 1998/99 und 1999/2000.

In aller Regel lösen sich die Inversionen über Mittag kurzzeitig auf. Während 10-20% der Tage (von November - Januar) bleiben sie aber ganztags erhalten. Zwischen 16 und 8 Uhr herrscht während etwa 60% aller Wintertage Inversion, wobei die einzelne Inversion nicht unbedingt jeweils zwischen 16 und 8 Uhr anhalten muss. Die Abbildung 2.3 zeigt diese Verhältnisse und lässt erkennen, dass die beiden betrachteten Winter auch in dieser Hinsicht recht ähnlich waren.

2.2. Fazit

Bezüglich der Windverhältnisse und des Inversionsvorkommens wies das Jahr 1999 im Unterinntal keine offensichtlichen Auffälligkeiten auf und kann deshalb als Ausgangsjahr für die Szenarien-Abschätzungen verwendet werden.

3. Szenarien der zukünftigen Stickoxid-Belastung an der Messstelle Vomp 2002 - 2012

Die an der Messstelle Vomp gemessenen Immissionen rühren zum überwiegendsten Teil von der Autobahn A12 her. Die Messstelle Vomp ist repräsentativ für den gesamten Bereich entlang der A12 zwischen Hall und Jenbach. Es sollen nun verschiedene Szenarien einer Verkehrsentwicklung für die Jahre 2002 - 2012 abgeschätzt werden; dabei geht es einerseits um die ungesteuerte prognostizierte Entwicklung, andererseits um den Bedarf an Reduktion des Schweren Güterverkehrs, um die Grenzwerte für NO_2 einzuhalten. Grundlage der Vorgehensweise bildet die Methodik der bereits verschiedentlich von Ökoscience durchgeführten Szenarien-Berechnungen.

Im Projekt 'Beiträge zu einer immissionsklimatisch abgestützten Lenkung der Verkehrsströme auf der Inntalautobahn' vom September 2001 [1] wurden bereits empirisch gestützte Szenarien gerechnet, die auf einer Methodik beruhen, welche auch schon am Nordzulauf des Gotthard, im Schweizer Mittelland und im Jura angewendet wurde. Im Projekt "Immissionsklimatische Analyse der Grenzwertüberschreitungen für NO_2 an der Messstelle Vomp im Dezember 1999 und Szenarien zu deren Vermeidung" [2] wurde die Methodik bezüglich Hintergrundbelastung und Konversion von NO in NO_2 erheblich weiter entwickelt.

Im ersten Abschnitt wird eine kurze Zusammenfassung zu der verwendeten Methode gegeben. Im zweiten Abschnitt werden die Eingangsdaten (Entwicklung der Fahrzeugzahlen und Emissionsfaktoren) und ihre Verarbeitung dargelegt. Im dritten Abschnitt werden die untersuchten Szenarien beschrieben. Im vierten Abschnitt werden die Ergebnisse dargelegt und interpretiert.

3.1. Methodik

Die Emissionswerte für das Jahr 1999 bei Vomp wurden aus den Verkehrszählungen für jede Stunde bestimmt. Die Immissionswerte für NO_x und NO_2 des

Jahres 1999 an der Messstelle Vomp lagen für die Berechnungen vor. Das I/E-Verhältnis, also das Verhältnis zwischen der Immission zu einer bestimmten Halbstunde und der Emission in der Stunde zuvor hängt von den meteorologisch bedingten Ausbreitungsverhältnissen ab: Ungünstige Voraussetzungen z.B. in einer Inversionslage führen zu einer erhöhten Immission bei einer bestimmten Emission und damit zu einem grösseren I/E-Verhältnis als bei einer guten Durchlüftung. Das I/E-Verhältnis ist also ein empirisches Mass für die Ausbreitungsbedingungen und wurde für das Jahr 1999 berechnet.

Die Zeitreihe der I/E-Verhältnisse bildet das meteorologische Jahr 1999 für die Auswirkungen der im Unterinntal dominierenden A12 ab. Man errechnet für jede Stunde des Jahres eines zukünftigen Szenariums die neue NO_x -Emission sowie den neuen Hintergrund und gelangt mit der Funktion der unveränderten I/E-Verhältnisse zu den neuen NO_x -Immissionen.

Der **Hintergrund** wird durch den im 1999 vorhandenen Hintergrund, die neuen Emissionen der letzten 24 Stunden sowie ein allfälliges Nachtfahrverbot bestimmt.

Der **NO_2 -Anteil** am Gesamtstickoxid NO_x , welches den Emissionen entspricht, wird von meteorologischen, z.T. auch luftchemischen Bedingungen bestimmt, am meisten vom Ozonangebot. Das Gesamtstickoxid NO_x errechnet sich aus der Summe $\text{NO} + \text{NO}_2$. Generell wächst dieser Anteil mit abnehmender NO_x -Konzentration. Ausgangspunkt für die Modellierung ist das reale $\text{NO}_2 / \text{NO}_x$ -Verhältnis im Istzustand 1999 zum betreffenden Zeitpunkt. Dieses Verhältnis wird aufgrund der Differenz der Werte der Mittelungsfunktion für den NO_x -Wert im Istzustand 1999 und dem NO_x -Wert für das betreffende Szenarium in den Wert für das betreffende Szenarium überführt. Die Mittelungsfunktion bestimmt sich aus einer Reihe von Jahresmittelwerten von NO_x und dem Verhältnis NO_2/NO_x aus verschiedenen Jahren für verschiedene Messstellen in Alpentransittälern (Vomp und Hall (Brenner Nord), Sterzing (Brenner Süd), Altdorf (Gotthard Nord), Roveredo (San Bernardino-Süd); s. Abbildung 3.1). So werden die aktuellen - meteorologisch und luftchemisch bedingten - Konversionsverhältnisse nicht generell geändert, die Reaktion dieser Verhältnisse auf die geänderten NO_x -Werte aber berücksichtigt. So werden die Stundenwerte des NO_2 ermittelt. Mit dem vorliegenden Modell werden die NO_x - und NO_2 -Immissionen aus den Emissionen und I/E-Verhältnissen identisch abgebildet, auch in den Spitzen.

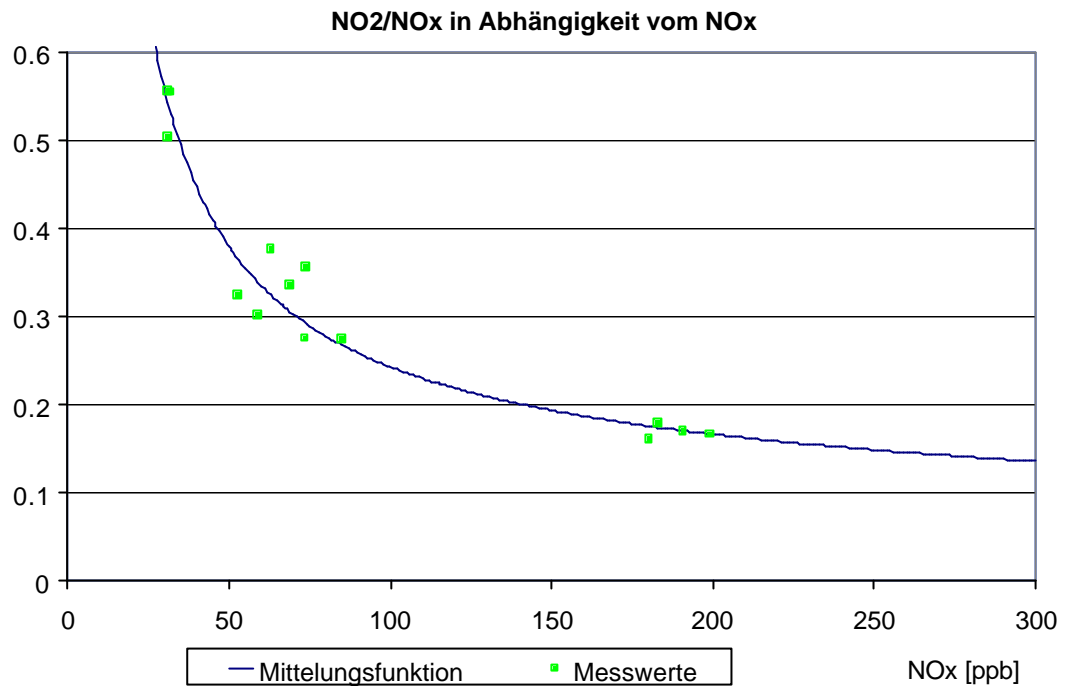


Abbildung 3.1: Mittlungsfunktion des NO₂/NO_x-Verhältnisses im Vergleich zu Jahresmittelwerten aus verschiedenen Jahren für verschiedene Messstellen in Alpentransittälern (Vomp, Hall, Sterzing, Altdorf, Roveredo).

3.2. Die Prognosen für die Entwicklung der Verkehrszahlen und der Emissionsfaktoren 2002 - 2012

Ein Szenarium kann nicht besser sein als die zugrunde gelegten Eingangsdaten. In diesem Fall sind dies die erwarteten jährlichen Entwicklungen der Verkehrszahlen und der Emissionsfaktoren je Fahrzeugkategorie. Im Falle der Verkehrszahlen handelt es sich um die neusten Zahlen (Juni 2002) der Landesbaudirektion von Tirol (s. Tabelle 3.1), die Emissionsfaktoren wurden von der TU Graz ermittelt (s. Tabelle 3.2).

Tabelle 3.1: Prognose der Entwicklung der Fahrzeugzahlen auf der A12 bei Vomp, 1998 - 2012.

PKW: Personenkraftwagen; MR: Motorräder; Rbus: Reisebusse; LI: Lieferwagen;
LKW: Solo-Lastkraftwagen; SLZ: Sattel- und Lastzüge.

Jahr	Pkw	MR	RBUS	LI	LKW	SLZ	Gesamt
1998	36083	304	574	2395	1845	4745	45946
1999	38026	242	620	2299	1990	5258	48435
2000	38846	181	667	2126	2090	5310	49220
2001	39714	190	675	2177	2130	5190	50076
2002	40786	195	693	2236	2247	5475	51632
2003	41888	200	712	2296	2371	5777	53244
2004	43018	206	731	2358	2501	6094	54908
2005	44180	211	751	2422	2639	6430	56633
2006	45373	217	771	2487	2784	6783	58415
2007	46598	223	792	2554	2937	7156	60260
2008	47856	229	813	2623	3098	7550	62169
2009	49148	235	835	2694	3269	7965	64146
2010	50475	241	858	2767	3449	8403	66193
2011	51838	248	881	2842	3638	8865	68312
2012	53238	255	905	2918	3838	9353	70507

Tabelle 3.2: Prognose der Entwicklung der Emissionsfaktoren von NO_x in g/km auf der A12 bei Vomp, 1999 - 2012. PKW: Personenkraftwagen; Rbus: Reisebusse; LI: Lieferwagen; LKW: Solo-Lastkraftwagen; SLZ: Sattel- und Lastzüge.

Jahr	PKW	PAB	Solo-LKW	SLZ	LI
1999	0.95	10.13	6.23	10.97	1.27
2000	0.86	9.90	6.14	10.84	1.24
2001	0.78	9.63	5.99	10.45	1.16
2002	0.72	9.39	5.83	10.13	1.08
2003	0.67	9.14	5.65	9.82	1.01
2004	0.62	8.93	5.52	9.58	0.95
2005	0.57	8.52	5.23	8.88	0.87
2006	0.52	8.12	4.95	8.26	0.80
2007	0.48	7.76	4.69	7.71	0.73
2008	0.44	7.25	4.32	6.84	0.67
2009	0.41	6.75	3.97	6.09	0.62
2010	0.38	6.29	3.65	5.45	0.57
2011	0.36	5.85	3.36	4.90	0.53
2012	0.34	5.43	3.09	4.45	0.49

Es wird angenommen, dass verglichen mit 1999 der schwere Güterverkehr (LKW+SLZ) um 80-90% zunimmt, der Personenverkehr um 40-50%, die Gruppe der Lieferwagen lediglich um ein gutes Viertel.

Die Emissionsfaktoren sollen bis 2012 in jeder Kategorie (ausser PAB) auf weniger als die Hälfte zurückgehen.

Die Motorräder tragen sehr wenig zu den Gesamtemissionen der A12 bei. Es gibt auch keine Stundenzählungen für 1999 für diese Kategorie. Sie wurden deshalb weggelassen.

Bei den Stundenzählungen des Verkehrs für 1999, welche die Basis dieser meteorologischen Immissionsmodellierung darstellen, wurde die Lieferwagen nicht separat erfasst. Aufgrund der Jahreszahlen 1999 und 2000 wurden die Lieferwagen wie folgt aufgeteilt: 67% zu den LKW; 23% zu den PKW; 10% zu den Reisebussen und PKW mit Anhängern. Die Emissionsfaktoren von PKW und Reisebussen wurden nicht verändert, diejenigen der 'LKW' aber aus denjenigen der mit der Anzahl gewichteten Solo-LKW und Lieferwagen neu berechnet. Die in den Szenarien postulierten Reduktionen des Schweren Güterverkehrs betrafen aber lediglich die Kategorien SLZ und Solo-LKW.

3.3. Szenarien der künftigen Immissionsentwicklung an der Messstelle Vomp

Zunächst soll ermittelt werden, was die prognostizierten Entwicklungen von Fahrzeugzahlen und Emissionsfaktoren (Abschnitt 3.2.) für die Messstelle Vomp bzgl. Immissionsentwicklung bedeutet (**Szenarium 0n**).

Sodann sollen für jedes Jahr 2002 - 2012 Reduktionen des Schweren Güterverkehrs (Kategorien SLZ und LKW) insoweit postuliert werden, als die Jahresmittel-Grenzwerte für NO₂ einerseits gem. EU-RL 99/30/EG (im folgenden als 'EU' bezeichnet) und andererseits gem. IG-Luft (BGBl I Nr. 115/1997, i.d.F. BGBl. I Nr. 62/2001; im folgenden als 'IGL' bezeichnet) eingehalten werden können. Dabei spielt natürlich eine grosse Rolle, dass diese Grenzwerte sich in den nächsten 10 Jahren deutlich nach unten bewegen. Dies bedeutet, dass die notwendige Reduktion jedes Jahr eine andere ist.

Szenarium 1n: Reduktion des Schweren Güterverkehrs gleichmässig übers Jahr verteilt, proportional zum prognostizierten ungesteuerten Verkehr gem. Szenarium 0, so dass der Jahresmittelgrenzwert NO_2 je Jahr eingehalten wird.

Szenarium 2n: Im Winterhalbjahr Oktober - März Nachtfahrverbot: Nur noch 10% des Schweren Güterverkehrs, der gemäss Szenarium 0 (ungesteuerte Entwicklung) zwischen 22 und 5 Uhr fahren 'möchte', darf in diesem Zeitraum noch fahren. Die übrigen 'verbotenen' Fahrzeuge verkehren gleichmässig verteilt in den 17 Tagesstunden des Folgetages. Nun proportional gleichmässige Reduktion des Schweren Güterverkehrs ausserhalb der Zeiten des Nachtfahrverbots, so dass der Jahresmittelgrenzwert NO_2 je Jahr eingehalten wird.

3.4. Ergebnisse der Szenarien-Abschätzungen

3.4.1. Szenarium 0n: Ungesteuerte Entwicklung

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Konsequenzen der ungesteuerten Entwicklung bzgl. Fahrzeugzahlen des Schweren Güterverkehrs, Gesamtemissionen der A12 bei Vomp (bzgl. aller Fahrzeugarten) und NO_x - sowie NO_2 -Immissionen an der Messstelle Vomp. Bei all diesen Grössen handelt es sich stets um Jahressummen (Fahrzeuge bzw. Emissionen) und Jahresmittel (Immissionen).

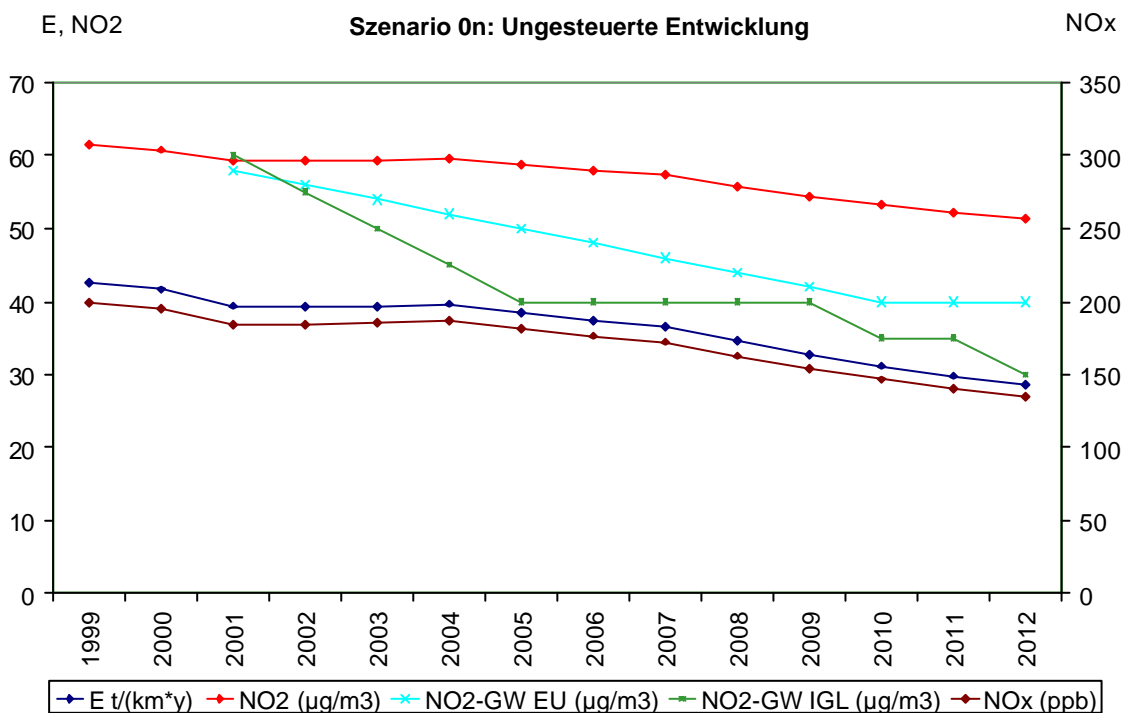


Abbildung 3.2: Szenarium 0n (ungesteuerte Entwicklung): Verlauf der Gesamt-Emissionen E in Tonnen pro Kilometer und Jahr ($t/(km \cdot y)$) der A12 bei Vomp, der NO_x - und NO_2 -Immissionen an der Messstelle Vomp sowie der Jahresmittel-Grenzwerte für NO_2 gem. 'EU' und gem. 'IGL' 2002 - 2012.

Die Emissionen und die NO_x -Immissionen folgen einander sehr gut: Der Hintergrund ist selbst vom mittelfristigen Emissionsverlauf abhängig. Das NO_2 folgt der Abnahme der Emissionen und NO_x -Immissionen nur gedämpft. In den nächsten Jahren stellt sich eine deutliche Diskrepanz zwischen den NO_2 -Jahresmitteln und ihren Grenzwerten ein: Ohne Reduktion des gem. Prognose in den nächsten zehn Jahren stark wachsenden Schweren Güterverkehrs (s. Abbildung 3.3) können die Grenzwerte nicht eingehalten werden.

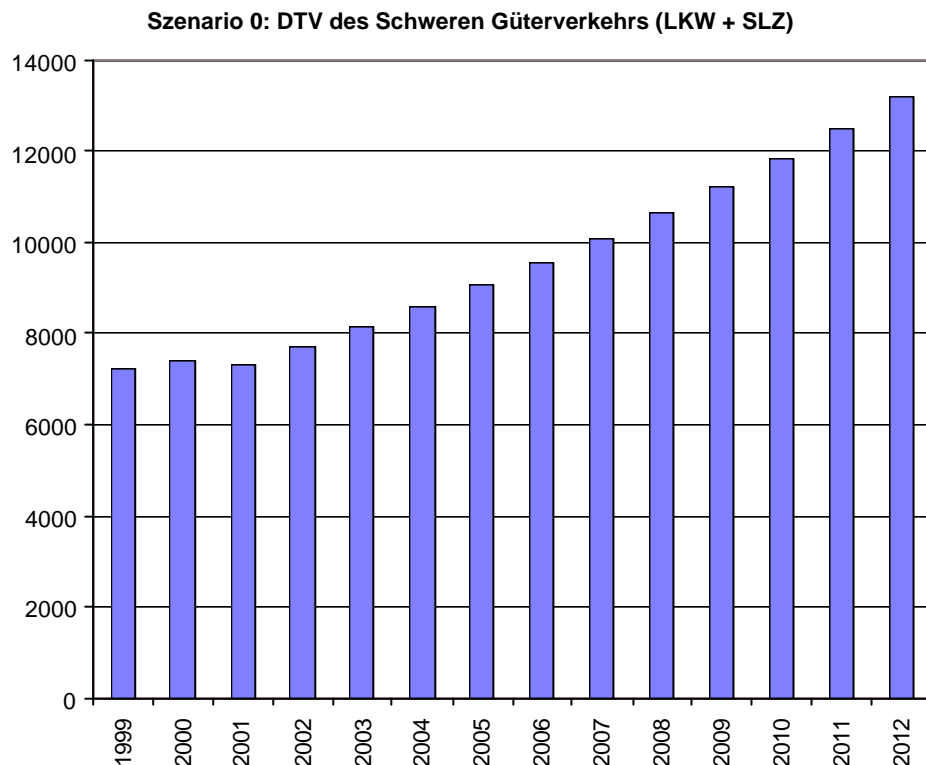


Abbildung 3.3: Prognostizierte Entwicklung des Schweren Güterverkehrs 1999 - 2012 (Szenario 0n: Ungesteuerte Entwicklung). Summe LKW+SLZ; LKW: Solo-Lastkraftwagen; SLZ: Sattel- und Lastzüge.

Gemäss Prognose soll sich der Schwere Güterverkehr auf der A12 bei Vomp von 1999 - 2012 nahezu verdoppeln.

In der nächsten Abbildung 3.4 wird die prozentuale Veränderung der NO_x - bzw. NO_2 -Immissionen an der Messstelle Vomp gezeigt. Das NO_x reduziert sich auf etwa 68%, das NO_2 lediglich auf etwa 86% des jeweiligen Wertes von 1999. Die gedämpfte Abnahme des NO_2 hängt damit zusammen, dass sein Anteil am gesamten NO_x mit abnehmendem NO_x wächst.

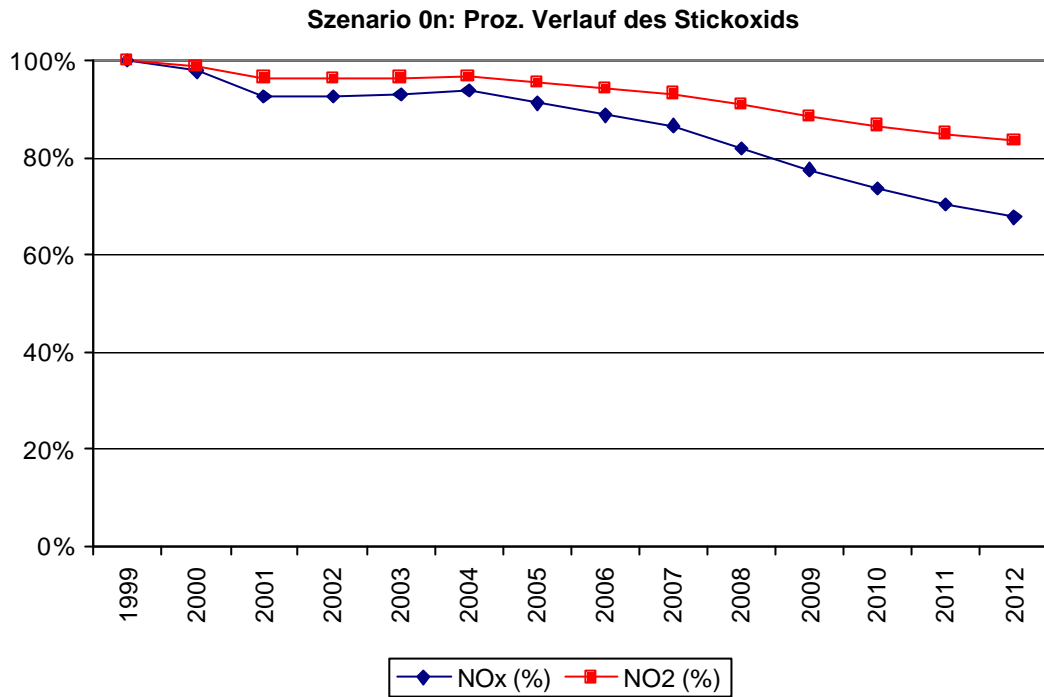


Abbildung 3.4: Prozentualer Verlauf der NO_x- und NO₂-Immissionen an der Messstelle Vomp 2002 - 2012 (Szenario 0n: Ungesteuerte Entwicklung).

In der nachfolgenden Tabelle werden die Zahlenwerte dokumentiert.

Tabelle 3.3: Szenarium 0n (ungesteuerte Entwicklung): Verlauf des DTV der LKW und der SLZ sowie des Schweren Güterverkehrs (Schwerer GV = LKW + SLZ), der Gesamt-Emissionen E der A12 bei Vomp, der NO_x- und NO₂-Immissionen an der Messstelle Vomp sowie der Jahresmittel-Grenzwerte für NO₂ gem. 'EU' und gem. 'IGL' 2002 - 2012.

Jahr	LKW DTV	SLZ DTV	Schwerer GV DTV	E t/(km*y)	NO_x (ppb)	NO₂ (µg/m³)	NO₂-GW EU (µg/m³)	NO₂-GW IGL (µg/m³)
1999	1990	5258	7248	42.7	199.2	61.5		
2000	2090	5310	7400	41.6	194.8	60.8		
2001	2130	5190	7320	39.4	184.4	59.3	58	60
2002	2247	5475	7722	39.3	184.4	59.2	56	55
2003	2371	5777	8148	39.4	185.0	59.3	54	50
2004	2501	6094	8595	39.7	186.8	59.5	52	45
2005	2639	6430	9069	38.6	181.5	58.7	50	40
2006	2784	6783	9567	37.5	176.6	57.9	48	40
2007	2937	7156	10093	36.6	172.5	57.3	46	40
2008	3098	7550	10648	34.6	162.9	55.8	44	40
2009	3269	7965	11234	32.8	154.3	54.4	42	40
2010	3449	8403	11852	31.2	146.7	53.2	40	35
2011	3638	8865	12503	29.8	140.1	52.2	40	35
2012	3838	9353	13191	28.7	134.9	51.3	40	30

3.4.2. Szenarium 1n: Gleichmässige Reduktion des Schweren Güterverkehrs; kein Nachtfahrverbot

In der folgenden Abbildung wird die gemäss Szenarium 0n ungesteuerte Entwicklung des Schweren Güterverkehrs der zur Einhaltung der NO₂-Grenzwerte zulässigen Menge an Schwerem Güterverkehr gemäss Szenarium 1n gegenübergestellt:

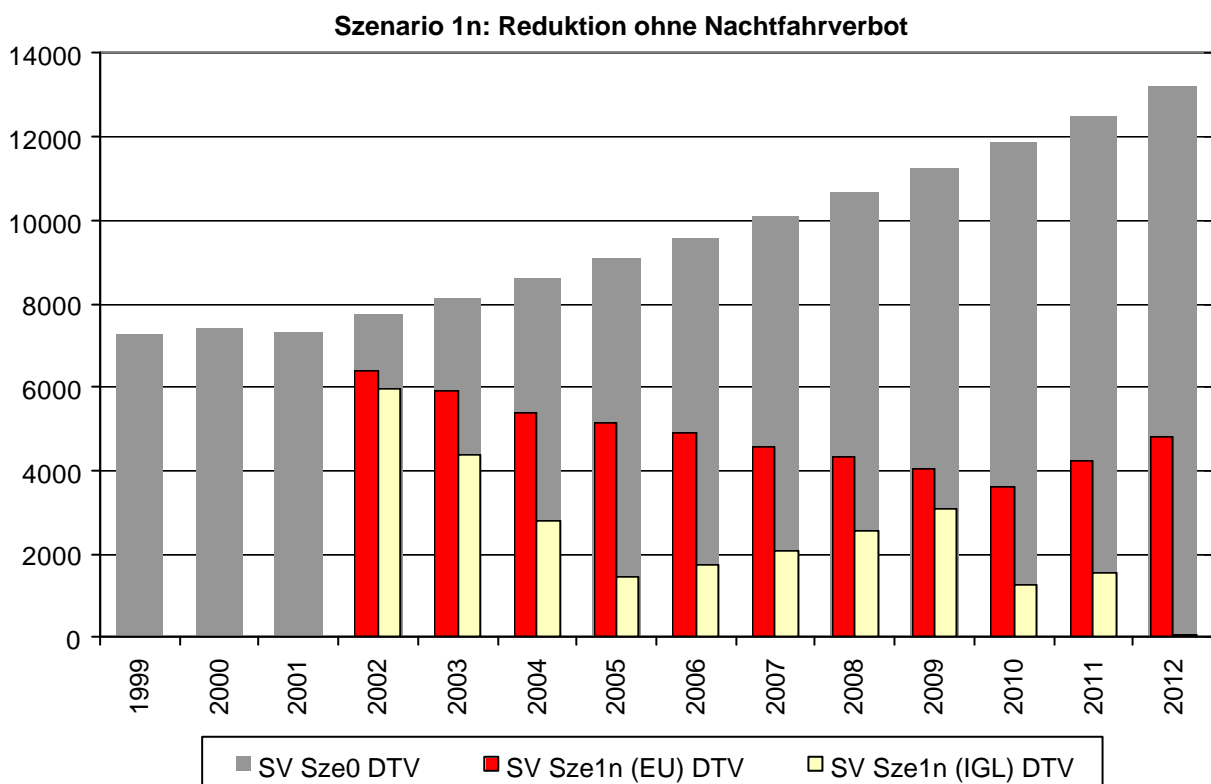


Abbildung 3.5: Szenarium 1n: Zulässige Verkehrsmengen (DTV) an Schwerem Güterverkehr (SV) zur Einhaltung der NO₂-Jahresmittel-Grenzwerte gem. 'EU' bzw. 'IGL'. Graue Säulen: Ungesteuerte Entwicklung.

Zur Einhaltung der 'EU'-Grenzwerte ist eine kontinuierlichere und weniger grosse Reduktion des Schweren Güterverkehrs notwendig als zur Einhaltung der 'IGL'-Grenzwerte. Aber auch zur Einhaltung der 'EU'-Grenzwerte müsste der Schwere Güterverkehr im Vergleich zu 2001 abnehmen. Im Vergleich zur ungesteuerten Entwicklung müsste er um über 60% reduziert werden, wie die folgende Abbildung ausweist:

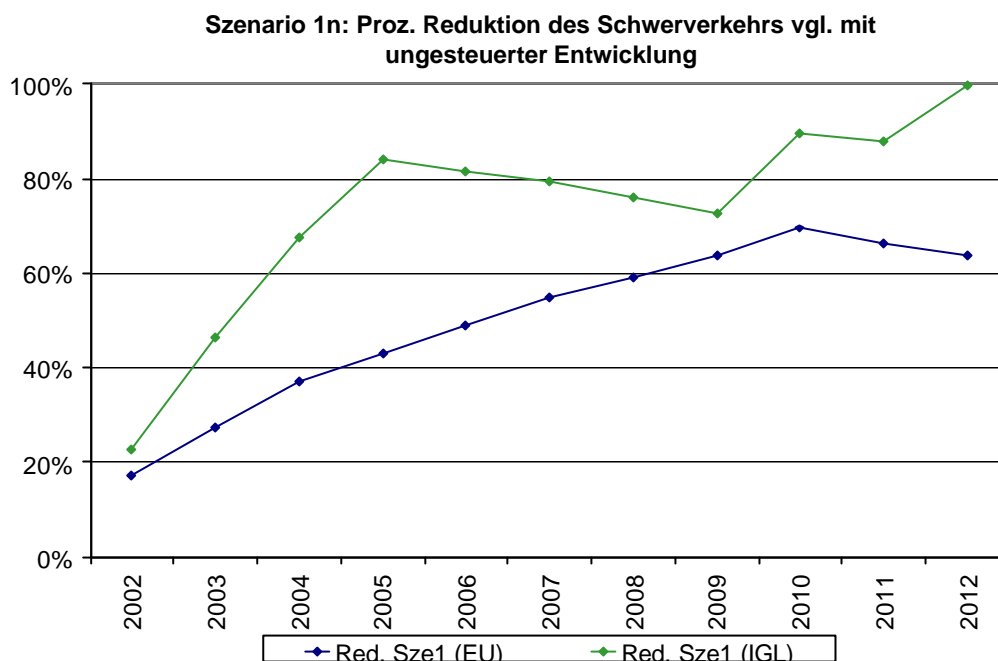


Abbildung 3.6: Szenarium 1n: Zur Grenzwert-Einhaltung notwendige prozentuale Reduktion des Schweren Güterverkehrs auf der A12 bei Vomp im Vergleich zur ungesteuerten Entwicklung (gem. Sze. 0n).

Tabelle 3.4: Zahlenwerte DTV für Szenarium 1n: Sze0 ungesteuerte Entwicklung; Sze1n Schwerer Güterverkehr (SV) bei Einhaltung des NO₂-Grenzwertes gem. 'EU' bzw. 'IGL'.

Jahr	SV Sze0 DTV	SV Sze1n (EU) DTV	SV Sze1n (IGL) DTV
1999	7248		
2000	7400		
2001	7320		
2002	7722	6385	5979
2003	8148	5929	4373
2004	8595	5400	2780
2005	9069	5174	1435
2006	9567	4898	1753
2007	10093	4554	2087
2008	10648	4350	2558
2009	11234	4047	3066
2010	11852	3612	1241
2011	12503	4209	1538
2012	13191	4793	47

3.4.3. Szenarium 2n: Gleichmässige Reduktion des Schweren Güterverkehrs tagsüber und im Sommer; Nachtfahrverbot im Winterhalbjahr

In der folgenden Abbildung wird die gemäss Szenarium 0n ungesteuerte Entwicklung des Schweren Güterverkehrs der zur Einhaltung der NO₂-Grenzwerte zulässigen Menge an Schwerem Güterverkehr gemäss Szenarium 2n gegenübergestellt:

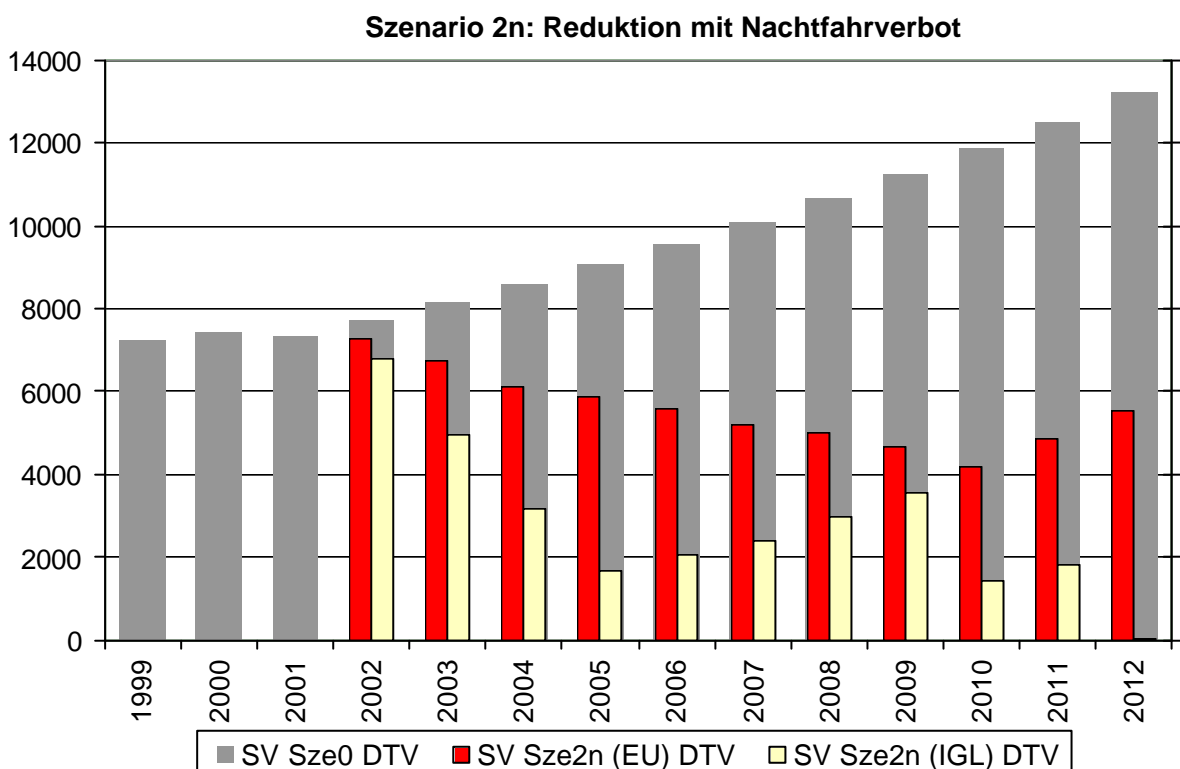


Abbildung 3.7: Szenarium 2n: Zulässige Verkehrsmengen (DTV) an Schwerem Güterverkehr zur Einhaltung der NO₂-Jahresmittel-Grenzwerte gem. 'EU' bzw. 'IGL'. Graue Säulen: Ungesteuerte Entwicklung.

Zur Einhaltung der 'EU'-Grenzwerte ist eine kontinuierlichere und weniger grosse Reduktion des Schweren Güterverkehrs notwendig als zur Einhaltung der 'IGL'-Grenzwerte. Aber auch zur Einhaltung der 'EU'-Grenzwerte müsste der Schwere Güterverkehr im Vergleich zu 2001 ein Stück weit sinken, allerdings weniger stark als ohne Nachtfahrverbot. Im Vergleich zur ungesteuerten Entwicklung müsste er bis 2012 um knapp 60% reduziert werden, wie die folgende Abbildung ausweist:

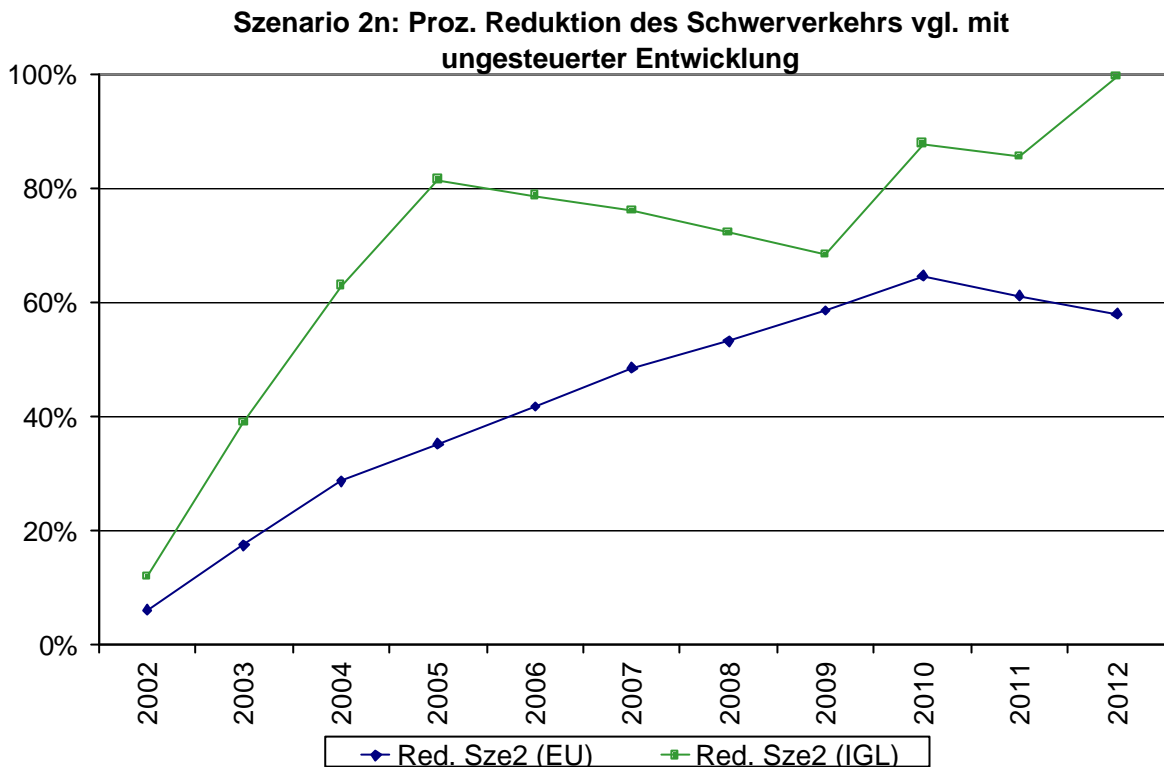


Abbildung 3.8: Szenarium 2n: Zur Grenzwert-Einhaltung notwendige prozentuale Reduktion des Schweren Güterverkehrs auf der A12 bei Vomp im Vergleich zur ungesteuerten Entwicklung (gem. Sze. 0n).

Tabelle 3.5: Zahlenwerte DTV für Szenarium 2n: Sze0 ungesteuerte Entwicklung; Sze2n Schwerer Güterverkehr (SV) bei Einhaltung des NO₂-Grenzwertes gem. 'EU' bzw. 'IGL'.

Jahr	SV Sze0 DTV	SV Sze2n (EU) DTV	SV Sze2n (IGL) DTV
1999	7248		
2000	7400		
2001	7320		
2002	7722	7264	6807
2003	8148	6741	4982
2004	8595	6135	3191
2005	9069	5884	1678
2006	9567	5577	2039
2007	10093	5194	2416
2008	10648	4985	2954
2009	11234	4656	3546
2010	11852	4184	1441
2011	12503	4857	1801
2012	13191	5547	32

3.5. Vergleich mit alten Emissionsfaktoren (Studie vom Juni 2002)

Gemäss den neuen Emissionsfaktoren wird sich der mittlere Schadstoffausstoss je Lastwagen bzw. je Sattellastzug auf der A12 nicht so stark nach unten bewegen wie früher angenommen. Gemäss alten Emissionsfaktoren hätte sich das NO_x -Jahresmittel bei Vomp bis ins Jahr 2010 bei ungesteuerter Entwicklung um 38% reduziert, gemäss neuen Faktoren nur noch um 26%. Beim NO_2 war nach alten Faktoren die Reduktion 19%, nach den neuen 13%. Der Unterschied zwischen NO_x und NO_2 liegt darin begründet, dass der Anteil von NO_2 am gesamten NO_x mit abnehmendem NO_x deutlich steigt, d.h. eine NO_x -Reduktion wird vom NO_2 nur gedämpft mitgemacht. Der NO_2 -Grenzwert reduziert sich in der gleichen Zeitspanne um 33%. Nach den alten Emissionsfaktoren hätte der Grenzwert mit einem etwa konstanten Volumen des schweren Güterverkehrs eingehalten werden können, bei einem Nachtfahrverbot im Winter hätte er sogar noch ein Stück wachsen können. Gemäss den neuen Faktoren muss der schwere Güterverkehr ein Stück weit abnehmen, um die Einhaltung des NO_2 -Grenzwertes zu erreichen, mit einem Nachtfahrverbot im Winter deutlich weniger.

3.6. Fazit

Um bis zum Jahre 2012 die Grenzwerte für das NO_2 -Jahresmittel an der Messstelle Vomp einhalten zu können, muss der prognostizierte ungesteuerte Schwere Güterverkehr gemäss 'Szenarium 0n' deutlich reduziert werden. Ohne Nachtfahrverbot kann der Schwere Güterverkehr um das Jahr 2012 noch ein DTV von etwa 4'800 nach dem 'EU'-Grenzwert aufweisen, verglichen mit etwa 7'300 im Jahre 2001. Mit Nachtfahrverbot kann der Schwere Güterverkehr um das Jahr 2012 noch ein DTV von gut 5'500 nach dem 'EU'-Grenzwert aufweisen. Das Nachtfahrverbot wirkt also deutlich immissionsmindernd und würde trotz des nächtlichen Verbots insgesamt mehr Schwere Güterverkehr zulassen als ein Verzicht auf dieses Instrument.

Es sei an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, dass nächtlicher Lärm ebenfalls störender empfunden wird als Lärm tagsüber, und dass die nachts verstärkte Rückhaltung von Immissionen nicht nur die Stickoxide betrifft, sondern auch die übrigen Luftschadstoffe wie Stäube, Feinpartikel, Russ und Kohlenwasserstoffe.

Es ist schwierig voraus zu sagen, wie sich der Anteil NO_2 am gesamten Stickoxid NO_x in den nächsten Jahren entwickeln wird. Für die vorliegenden Prognosen wurde eine Mittelung vorgenommen, die dem Durchschnitt der Verhältnisse an verschiedenen Messstellen in Alpentransittälern entspricht. Die Entwicklung muss beobachtet, und die Szenarien müssen allenfalls angepasst werden. Allerdings sind Entwicklungen über eine bestimmte Bandbreite hinaus nicht denkbar, und eine allfällige Zunahme an Schwerem Güterverkehr wird sich mit der Einhaltung der NO_2 -Grenzwerte nicht vereinbaren lassen, solange sich die Emissionsfaktoren im vorgezeichneten Rahmen bewegen.

4. Auswirkungen des Nachtfahrverbotes für den Zeitraum Oktober 2002 - Januar 2003

4.1. Die reale Verkehrsverlagerung

Während der ersten Phase des Nachtfahrverbotes auf der A12 (Oktober 2002 - Januar 2003) hat sich der Verkehr nicht so verlagert wie im Szenarium 2n angedacht: Vom ursprünglichen Verkehr in der Nacht fuhr immer noch etwa ein Drittel und nicht nur 10%, und die Verlagerung umfasste nicht den gesamten Folgetag, sondern lediglich die Vormittagsstunden:

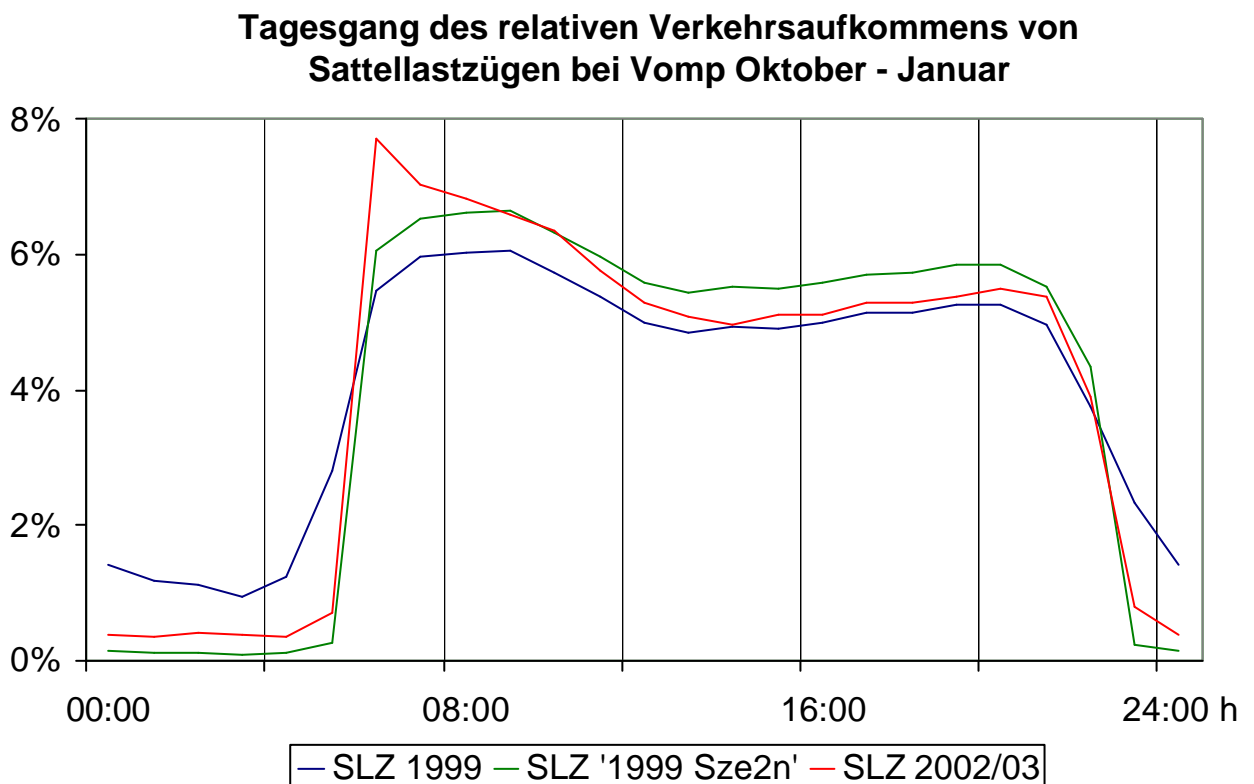


Abbildung 4.1: Tagesgang des relativen Verkehrsaufkommens von Sattellastzügen bei Vomp Oktober - Januar.

Nun stellt sich die Frage, ob ein Nachtfahrverbot auch bei einer solchen Verkehrsverlagerung etwas nützt.

4.2. Immissionsklimatische Betrachtung zur Nachtfahrverbotsphase Oktober 2002 - Januar 2003

Der positive Effekt des Nachtfahrverbotes besteht darin, dass Emissionen aus immissionsstarken Phasen in weniger immissionsstarke Phasen verlagert werden. Da sich im vorliegenden Fall vor allem eine Verlagerung in die Morgenstunden nach 5 Uhr ergeben hat, wo im Winter häufig noch immissionsklimatisch ungünstige Verhältnisse herrschen, soll die Wirkung des Nachtfahrverbotes nun genauer untersucht werden.

Die Windverteilung an der Station Vomp für die betrachtete Phase zeigte das bekannte Bild:

Windanalyse für Vomp 1.10.2002 - 24.1.2003

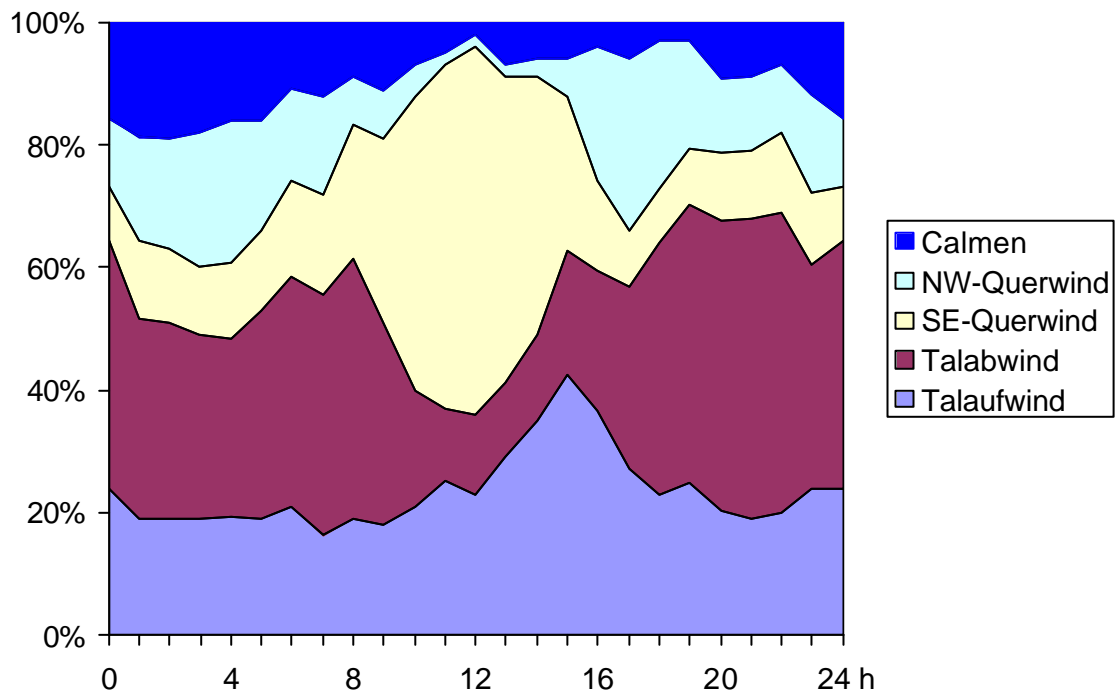


Abbildung 4.2: Windrichtungs-Verteilung für die Station Vomp 1.10.2002 - 24.1.2003.

Der Anteil Calmen (Windstille) nimmt während der Vormittagsstunden kontinuierlich ab, etwa ab 8 Uhr wächst der Anteil des südöstlichen Querwindes, der thermisch bedingt ist und deshalb auf verstärkte Durchmischung hinweist, stark an.

Auch die vertikale Schichtung der Atmosphäre (ermittelt aus Messungen im Temperaturprofil Schwaz entlang der Kellerjochbahn) korrespondiert mit diesem Bild. Gezeigt wird die Häufigkeit von Inversionen je Schicht für Oktober/November 2002 und für Dezember 2002/Januar 2003. Aufgrund von Datenausfällen konnten nicht für beide Zeitphasen die gleichen Schichten ausgewählt werden.

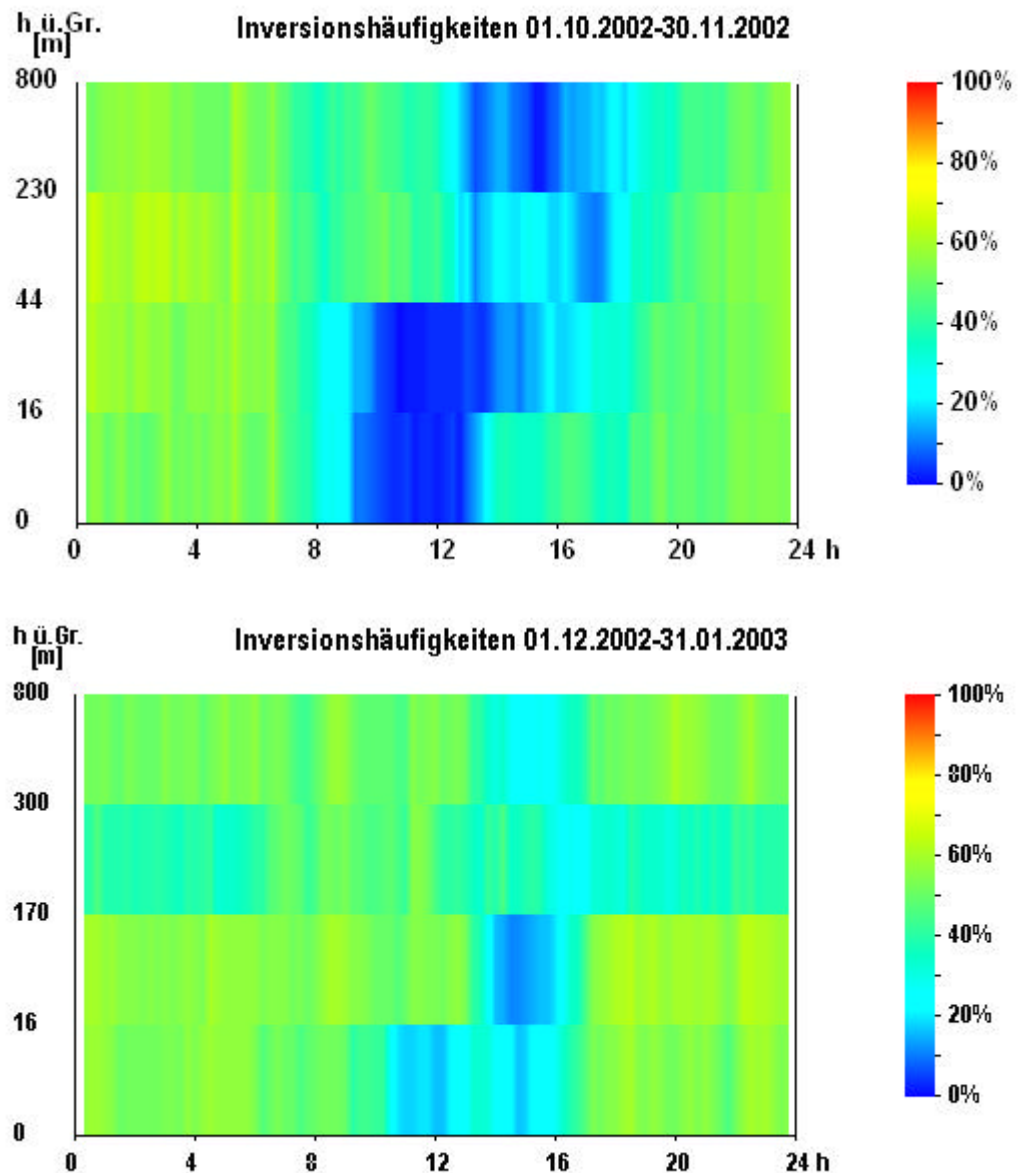


Abbildung 4.3: Inversionshäufigkeiten im Temperaturprofil Schwaz Oktober 2002 - Januar 2003.

Im Oktober und November hatte es deutlich weniger Inversionen als im Dezember und Januar. In der ersten Phase nahm die Inversionshäufigkeit ab 7 Uhr kontinuierlich ab, in der zweiten Phase ab etwa 10 Uhr.

Die Quintessenz aus diesen klimatischen Elementen für die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe kommt in dem 'I/E'-Verhältnis zum Ausdruck, d.h. in der Immission, die eine bestimmte Menge an Emission verursacht. Für die untersuchte Phase vom 1.10.2002 - 24.1.2003 sieht der mittlere Tagesgang dieses I/E-Verhältnisses wie folgt aus:

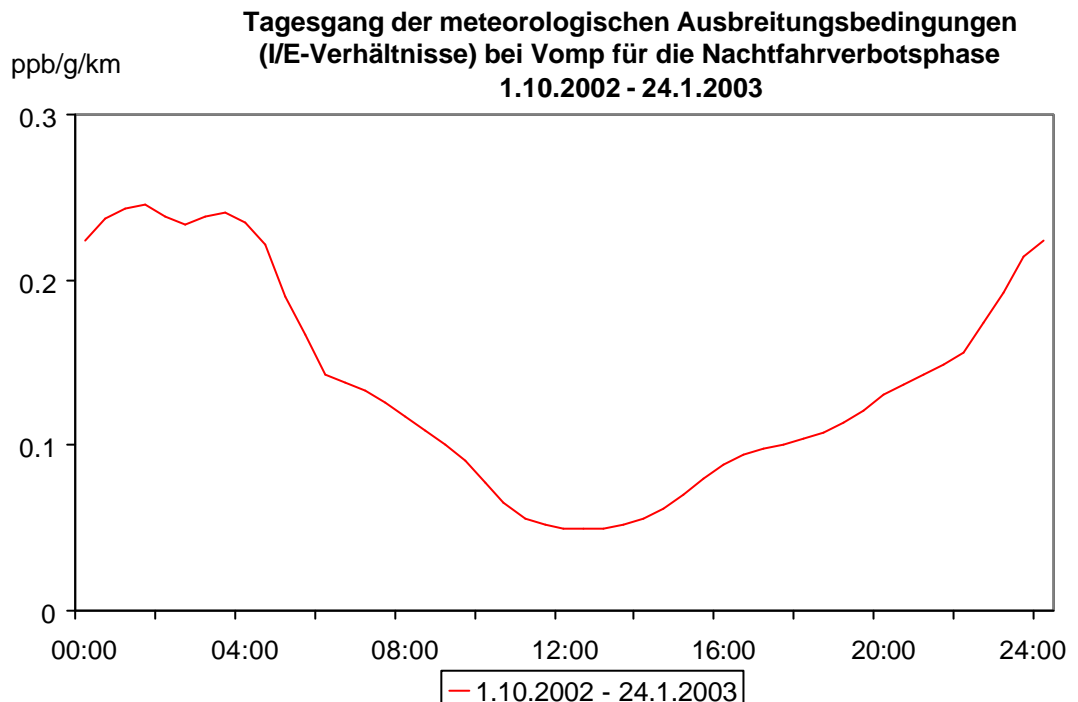


Abbildung 4.4: Tagesgang der I/E-Verhältnisse für die Station Vomp für die Nachtfahrverbotsphase 1.10.2002 - 24.1.2003.

Das I/E-Verhältnis sinkt ab etwa 3.30 Uhr kontinuierlich, bedingt am ehesten durch die zunehmende Turbulenz. Das bedeutet, dass jede Massnahme, welche nächtlichen Verkehr auf später (nach 5 Uhr morgens) verschiebt, eine immissionsmindernde Massnahme ist; am besten wäre natürlich eine Verschiebung auf die Phase zwischen 10 und 16 Uhr.

Im folgenden werden die mittleren Tagesgänge des I/E-Verhältnisses über das ganze Jahr 1999 betrachtet, unterteilt in die drei Jahreszeiten Winter, Sommer und Zwischensaison.

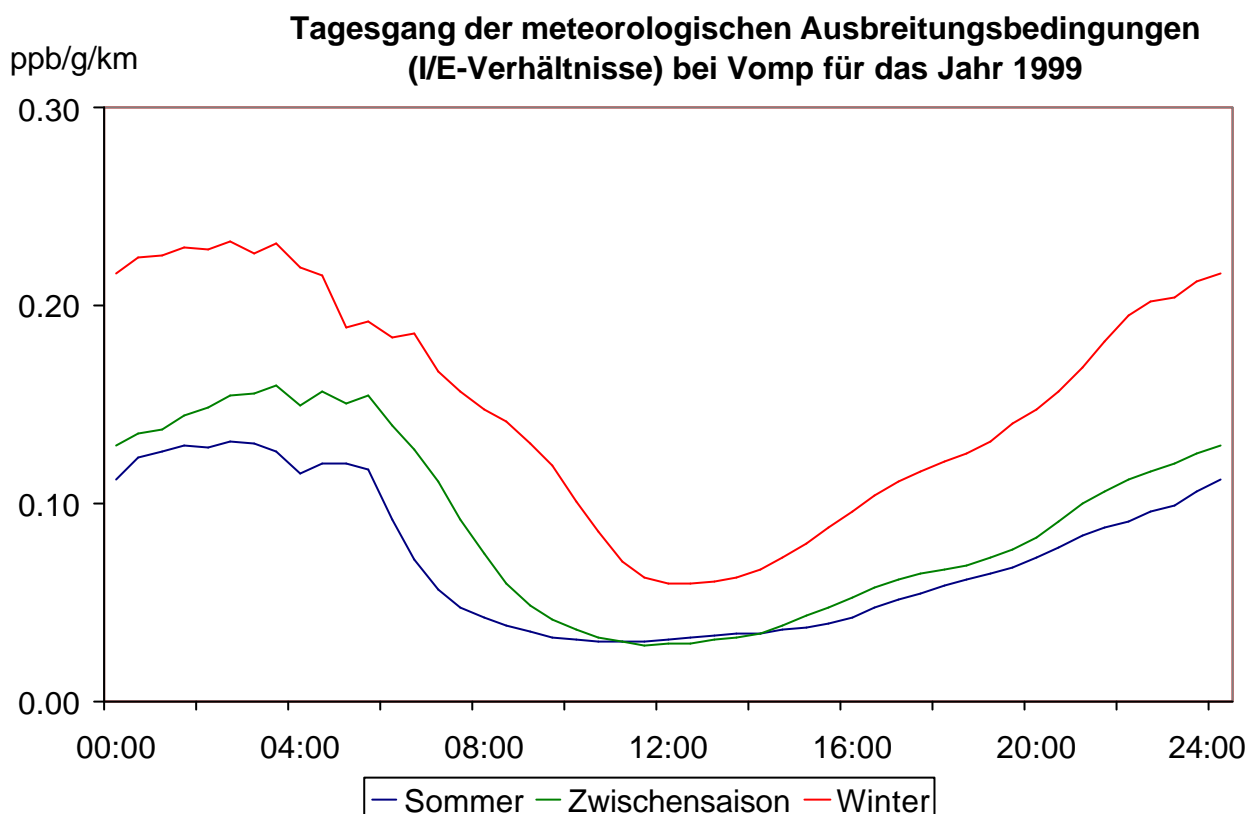


Abbildung 4.5: Tagesgang der I/E-Verhältnisse für die Station Vomp für 1999.

Im Winter sinkt das I/E-Verhältnis ab 3.30 Uhr kontinuierlich, in den übrigen Saisons erst ab etwa 5.30 Uhr (alle Angaben immer in astronomischer Zeit!). Im Winter ist das I/E-Verhältnis zu jeder Tageszeit am höchsten.

Die Abbildung 4.5 lässt die Vermutung zu, dass die reale Verkehrsverlagerung während der Nachtfahrverbotsphase von Oktober 2002 - Januar 2003 zwar schon einen immissionsmindernden Effekt hatte, aber nicht so stark wie es bei einer Verkehrsverlagerung gemäss Szenarium 2n der Fall gewesen wäre. Dies wird im nächsten Abschnitt eingehender untersucht.

4.3. Modellsimulationen in Bezug auf das Nachtfahrverbot

Mit dem in Kapitel 3 beschriebenen Modell können verschiedene hypothetische Situationen simuliert und die Ergebnisse einander gegenüber gestellt werden. Dabei wird der Zeitraum 1.10. - 24.1. herangezogen, einmal aus den Jahren 2002/2003 (reales Nachtfahrverbot), zum andern aus dem Jahr 1999. Folgende Simulationen wurden durchgeführt:

Sim1: Verkehrsverteilung und meteorologische Bedingungen aus 1999 (kein Nachtfahrverbot), Gesamtverkehr so linear reduziert, dass Gesamtemission über die gesamte Zeitphase gleich gross wird wie 2002/03.

Sim2: Verkehrsverteilung ausgehend von 1999 mit einem Nachtfahrverbot gemäss Szenarium 2n (90% des Schweren GV fahren in der Nacht nicht mehr; Verteilung des verlagerten Verkehrs gleichmässig auf 5-22 Uhr des Folgetages). Meteorologische Bedingungen aus 1999, Gesamtverkehr so linear reduziert, dass Gesamtemission über die gesamte Zeitphase gleich gross wird wie 2002/03.

Sim3: wie Sim2, jedoch Nachtfahrverbot gemäss realer Erfahrung: 2/3 des Schweren GV fahren in der Nacht nicht mehr, Umlagerung auf 5-11 Uhr des Folgetages gemäss Abbildung 4.1.

Real: Die reale Situation Oktober 2002 - Januar 2003.

Sim4: Verkehrsverteilung ausgehend von 2002/03, wobei das Nachtfahrverbot 'rückgängig' gemacht wird, meteorologische Bedingungen aus 2002/03.

Die Ergebnisse der Simulationen werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 4.1: Ergebnisse der Modellsimulationen zum Nachtfahrverbot. Einheiten: NO_x-Emissionen [g/(km*.5h)]; NO_x [ppb]; NO₂ [µg/m³].

	Sim1: 1999, kein NFV	Sim2: 1999, NFV gemäss 2n	Sim3: 1999, NFV gemäss real	Real 2002/03	Sim4: 2002/03 NFV rück- gängig
Emission Mittel	1933	1934	1933	1933	1933
Em. 95%-Wert	3877	4111	4201	4039	3824
NO_x Mittel	220	198	214	212	224
NO_x 95%-Wert	558	566	596	527	512
NO₂ Mittel	60	56	58	64	66
NO₂ 95%-Wert	105	105	107	116	120

Die Tabelle zeigt eine grosse Konsistenz der Modellergebnisse: Für beide Jahre wirkt sich das Nachtfahrverbot immissionsmindernd aus, bei der realen Verkehrsverlagerung ist der Effekt allerdings geringer als bei der in Sze. 2n postulierten. Mit und ohne Nachtfahrverbot erhalten wir - bei gleicher Gesamtemission - für beide Jahre jeweils ähnliche Werte für NO_x. Beim NO₂ sind die Werte für 2002/03 generell höher, offenkundig waren in diesem Zeitraum die Umwandlungsraten NO → NO₂ im Mittel höher als 1999.

Fazit: Die reale Verkehrsverlagerung anlässlich des Nachtfahrverbots im Zeitraum Oktober 2002 - Januar 2003 hat sich immissionsmindernd ausgewirkt, allerdings deutlich weniger stark als es bei einer Verkehrsverlagerung gemäss Szenarium 2n der Fall gewesen wäre.

5. Vergleich verschiedener Szenarien des Nachtfahrverbotes bezüglich des zur NO₂-Grenzwerteinhaltung zulässigen Schwerverkehrs

Wie schon im Kapitel 4 dargelegt, wirken sich verschiedene Szenarien des Nachtfahrverbotes unterschiedlich immissionsmindernd aus. In diesem Kapitel wird der zur Einhaltung des EU-Grenzwertes für NO₂ zulässige Schwerverkehr 2002-2012 bei drei verschiedenen Nachtfahrverbotsszenarien verglichen.

Die Szenarien sind dabei die folgenden:

Nachtfahrverbot nach Szenarium 2n: 90% des schweren Güterverkehrs fährt zwischen 22 und 5 Uhr nicht mehr, gleichmässige Verlagerung in die Tagesstunden 5-22 Uhr des Folgetages.

Nachtfahrverbot im Winterhalbjahr gemäss realer Verkehrsverlagerung in der Phase Oktober 2002 - Januar 2003: 2/3 des schweren Güterverkehrs fahren zwischen 22 und 5 Uhr nicht mehr, Verlagerung in den Folgetag: 40% auf 5-6 Uhr; 20% auf 6-7 Uhr; 14% auf 7-8 Uhr; 9% auf 8-9 Uhr; 11% auf 9-10 Uhr; 6% auf 10-11 Uhr.

Nachtfahrverbot im ganzen Jahr gemäss realer Verkehrsverlagerung (wie oben).

Die nächsten beiden Abbildungen zeigen die Ergebnisse:

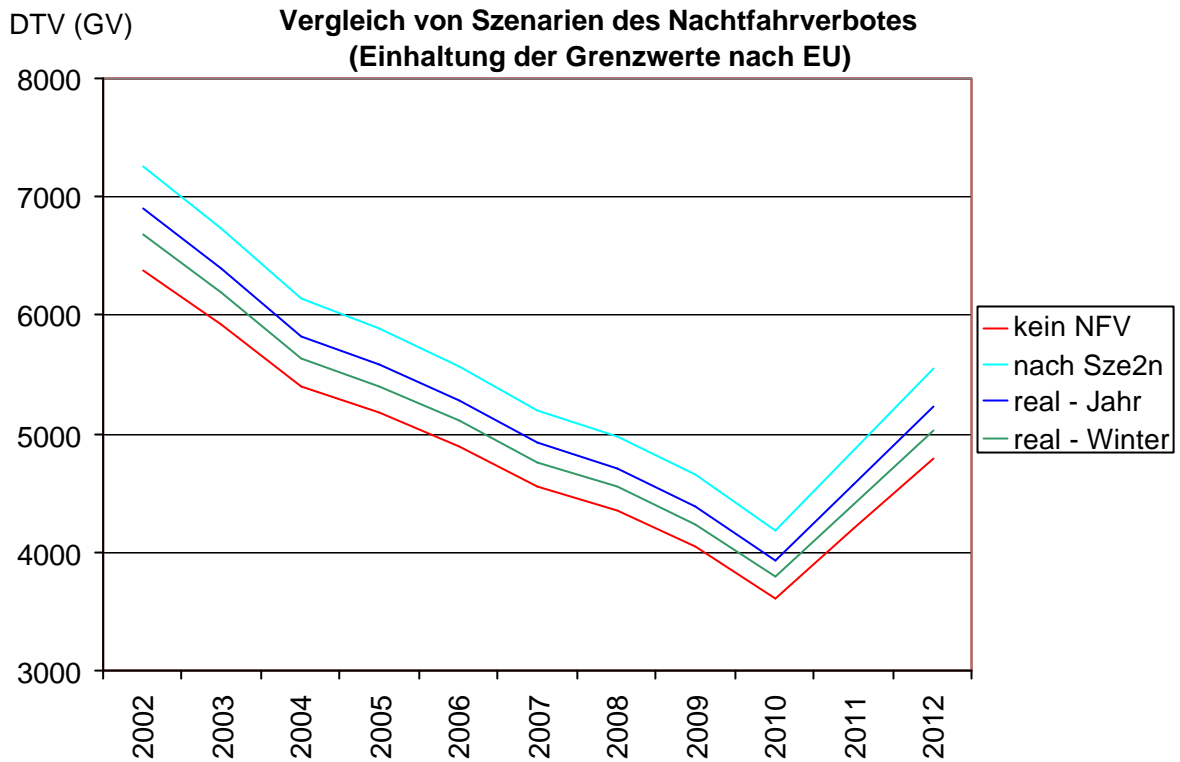


Abbildung 5.1: Vergleich von Szenarien des Nachtfahrverbotes: Zulässiger Schwerer Güterverkehr (DTV) in Abhängigkeit vom Nachtfahrverbot 2002 - 2012. (Grenzwert-Einhaltung nach EU).

Das Nachtfahrverbot mit 'realer' Verkehrsverlagerung übers ganze Jahr bringt im Mittel etwa einen 60% so grossen Effekt wie dasjenige gemäss Szenarium 2n. Die Differenz zwischen der grünen und der dunkelblauen Kurve stellt den Effekt des sommerlichen Nachtfahrverbotes dar. Es macht etwa einen Viertel des Effektes des Nachtfahrverbotes nach Szenarium 2n aus.

Im folgenden wird die gleiche Grafik (verschiedene Szenarien des Nachtfahrverbotes) bzgl. der Grenzwerteinhaltung nach 'IGL' gezeigt:

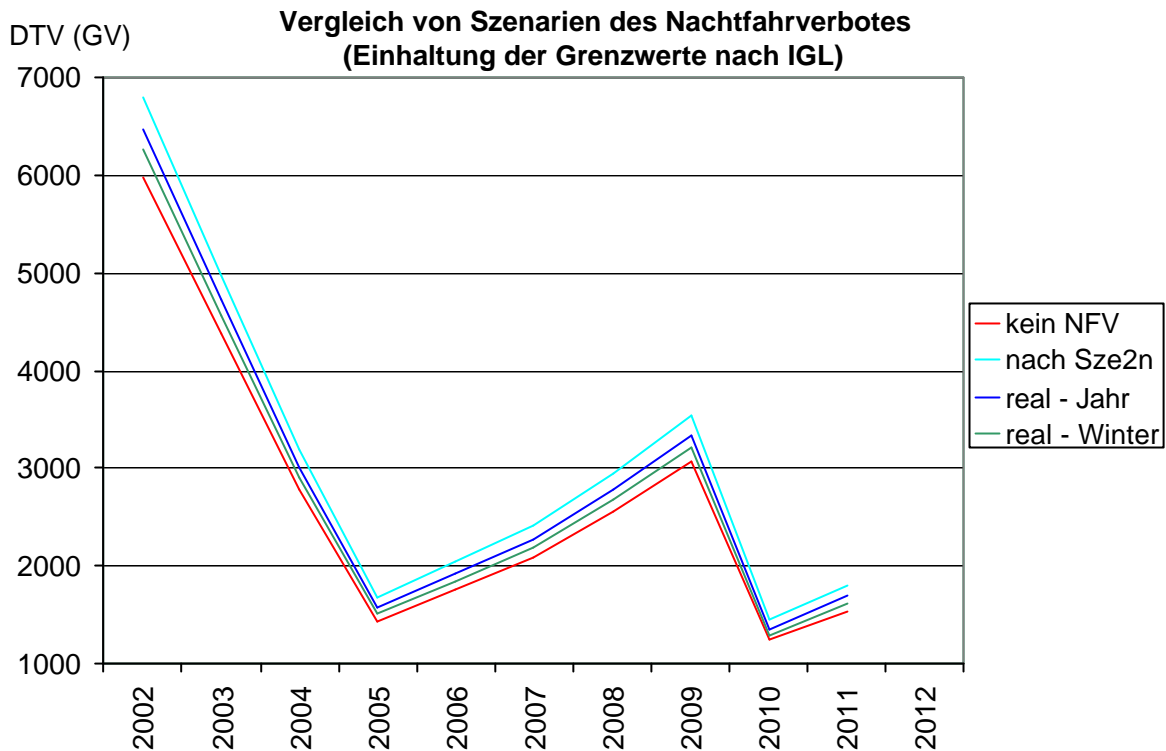


Abbildung 5.2: Vergleich von Szenarien des Nachtfahrverbotes: Zulässiger Schwerer Güterverkehr (DTV) in Abhängigkeit vom Nachtfahrverbot 2002 - 2012. (Grenzwert-Einhaltung nach 'IGL').

Generell ist zu erwähnen, dass der immissionsmindernde Effekt des Nachtfahrverbotes beim NO_2 deutlich geringer ist als beim NO_x (und den übrigen emittierten Schadstoffen und dem Lärm). Der Grund liegt darin, dass die Verlagerung von der Nacht in den Tag auch eine Verlagerung in Zeiten mit höherem Anteil von NO_2 am Gesamtstickoxid bedeutet.

Auch wenn sich aufgrund der konkreten Entwicklung die Grenzwerte nicht einhalten lassen sollten, so würde ein Nachtfahrverbot - auch mit der realen Verkehrsverlagerung der Phase vom Oktober 2002 - Januar 2003 - erwiesenermaßen eine Erleichterung der Immissionsbelastungen bringen.

6. Vergleich der Stickoxidbelastung an der Messstelle Vomp 1999 und 2001

Im Jahre 2001 wurde an der Messstelle Vomp ein deutlich niedrigeres NO₂-Jahresmittel registriert als 1999. Dieser Umstand wird im folgenden analysiert. Es handelt sich dabei nicht um einen Vergleich von Modellresultaten, sondern von Feldmessungen respektive Zählungen.

Der Vergleich der Kennzahlen sieht wie folgt aus:

Tabelle 6.1: Vergleich der Stickoxid-Kennzahlen an der Messstelle Vomp für die Jahre 1999 und 2001

	NO _x -Emissionen [t/(km*y)]	NO _x -Immissionen [ppb]	NO ₂ [µg/m ³]
1999	42.7	199.2	61.5
2001	38.0	180.3	54.1
Diff. 2001 - 1999	-4.6	-18.9	-7.4
Diff in %	-10.8%	-9.5%	-12.0%

Die Abnahme der NO_x-Immission liegt also durchaus im Rahmen der Abnahme der Emission. Nun würde man erwarten, dass das NO₂ diese Abnahme nur weit-aus gedämpfter mitmacht, vielleicht um 4 - 6%. Das NO₂ hat aber um 12% abgenommen. Dies kann nur darin begründet sein, dass die Umwandlungsbedingungen für NO₂ im Jahre 2001 im Mittel schlechter waren als 1999, aufgrund meteorologischer und atmosphärenchemischer Konstellationen.

Mit der folgenden Modellsimulation wird dies geprüft: Man belässt jedem der beiden Jahre die Emissionsfaktoren und die meteorologischen Bedingungen, tauscht aber das Verkehrsaufkommen aus. D.h. das Verkehrsaufkommen (in allen Kategorien) des Jahres 1999 wird ins Jahr 2001 simuliert und umgekehrt. Nur schon von der Verschiebung der Wochentage her gibt dies im Einzeltag drastische Veränderungen. In den Jahresmitteln sollte das Typische jeden Jahres zum Ausdruck kommen.

Tabelle 6.2: Kennzahlen der Modellsimulationen: 1999 (Fz2001): Bedingungen des Jahres 1999 (meteorologisch und Emissionsfaktoren) mit Fahrzeugaufkommen aus dem Jahre 2001; 2001 (Fz1999): umgekehrt analog.

	NO _x -Emissionen [t/(km*y)]	NO _x -Immissionen [ppb]	NO ₂ [µg/m ³]
1999	42.7	199	61.5
1999 (Fz2001)	41.8	202	61.6
2001	38.0	180	54.1
2001 (Fz1999)	39.0	192	55.8

Die Emissionsabnahme im 2001 ist zu einem Teil durch ein kleineres Verkehrsaufkommen verursacht worden, zum grösseren Teil aber durch die Abnahme der Emissionsfaktoren. Die Immissionen (NO_x und NO₂) sind je Jahr für beide Jahresflotten recht ähnlich, obwohl die zeitlichen Verteilungen der beiden Jahresflotten ja sehr unterschiedlich sind. Insbesondere zeigt sich, dass es im Jahre 2001 auch mit dem Verkehrsverlauf von 1999 zu einem herab gesetzten Jahresmittel von NO₂ gekommen wäre.

Diese 'Kreuzrechnung' ergibt nebenbei auch einen guten Beleg für die Vertrauenswürdigkeit des verwendeten Modellansatzes. Sie zeigt aber auch, dass die 'NO₂-Verhältnisse' von Jahr zu Jahr recht verschieden sein können. Die Szenarien 2002-2012 gehen von 1999 als Basisjahr aus. Die Modellrechnungen für 2001 zeigen deshalb die niedrigeren NO₂-Werte nicht. Man kann annehmen, dass sich solche Effekte über manche Jahre hinweg gegenseitig aufheben, solange es sich nicht um beständige Änderungen handelt.

7. Literatur

- [1]: Thudium, J. (Oekoscience AG): Einhaltung der Grenzwerte für das NO₂-Jahresmittel an der Messstelle Vomp: Szenarien der zukünftigen Entwicklung des Schweren Güterverkehrs 2002 - 2012, Juni 2002, Bericht im Auftrag der Landesbaudirektion Tirol.
- [2]: Thudium, J., Siegrist, F. und Maly, P. (Oekoscience AG): Beiträge zu einer immissionsklimatisch abgestützten Lenkung der Verkehrsströme auf der Inntalautobahn, September 2001, Bericht im Auftrag der Landesbaudirektion Tirol.
- [3]: Thudium, J. (Oekoscience AG): Immissionsklimatische Analyse der Grenzwertüberschreitungen für NO₂ an der Messstelle Vomp im Dezember 1999 und

Szenarien zu deren Vermeidung. Bericht im Auftrag der Tiroler Landesregierung, April 2002.