

# Evaluation der lufthygienischen Auswirkungen der Erweiterung des Nachtfahrverbotes auf der Unterinntal-Autobahn im Winterhalbjahr 2004/05

Im Auftrag der Tiroler Landesregierung

Dr. Jürg Thudium  
17.12.2005/ 5222.50

Oekoscience AG

Werkstrasse 2  
CH - 7000 Chur

Telefon: +4181 250 3310  
Telefax: +4181 250 3311  
[oekos@oekoscience.ch](mailto:oekos@oekoscience.ch)

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Lufthygienischer Vergleich von vier Winterhalbjahren</b>	<b>1</b>
<b>3. Evaluation der lufthygienischen Auswirkungen der Nachtfahrverbote</b>	<b>3</b>
3.1. Erläuterungen	3
3.2. Tageszeitliche Verlagerungen des Schwerverkehrs infolge von Nachtfahrverboten	4
3.3. Lufthygienische Auswirkungen der Nachtfahrverbote	5
<b>4. April oder Oktober als 6. Monat im Winterhalbjahr?</b>	<b>8</b>
<b>5. Literatur</b>	<b>9</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Relative Tagesverteilung der Flotte der Sattel- und Lastenzüge (SLZ) auf der A12 bei Vomp zwischen Nov/Dez 2003 und Nov/Dez 2004. Die Summe über jede Kurve ergibt 100%.	4
Abbildung 3.2: Anzahl Stunden mit hohen NO <sub>2</sub> -Werten (>140 µg/m <sup>3</sup> ) im Tagesgang für Vomp, 2004/04. Reale Situation und Szenarien 'ohne winterliches Nachtfahrverbot von 20-22 Uhr' und 'ohne Nachtfahrverbot' (NFV).	8

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Vergleich von Emissionen und Immissionen an Stickoxiden und des empirischen Ausbreitungsparameters $\tau$ für Jahre und Winterhalbjahre seit 2000.	2
Tabelle 3.1: Tageszeitliche Verteilung des aus den Nachtstunden infolge des Nachtfahrverbotes in den Tag verlagerten Schwerverkehrs.	5
Tabelle 3.2: Lufthygienische Auswirkungen der Nachtfahrverbote (NFV) auf die Mittelwerte der Stickoxide. Obere Zeile: Absolute Werte und untere Zeile: Relative Änderungen zur Situation 'Nachtfahrverbot 22-5 Uhr, im Winterhalbjahr 20-5 Uhr'. E_NO <sub>x</sub> : Emissionen der A12 bei Vomp; I_NO <sub>x</sub> bzw. I_NO <sub>2</sub> : Immissionen an NO <sub>x</sub> bzw. NO <sub>2</sub> an der Messstelle Vomp. <b>Rot: Reale Situation im betreffenden Zeitraum.</b>	6
Tabelle 3.3: Lufthygienische Auswirkungen der Nachtfahrverbote (NFV) auf die 95%-Perzentile der Stickoxide. Erklärungen s. oben bei Tabelle 3.2.	6
Tabelle 4.1: Lufthygienische Auswirkungen (Mittelwerte) von Nachtfahrverboten von 22 – 5 Uhr und von 20 – 5 Uhr für die Monate April 2003 und 2005 sowie Oktober 2002 und 2004. <b>Rot: Reale Situation.</b>	9

# 1. Einleitung

Seit Herbst 2004 gilt auf der Unterinntalautobahn im Winterhalbjahr (November – April) ein erweitertes NFV von 20 – 5 Uhr, ansonsten von 22 – 5 Uhr. Von Dezember 2004 – Februar 2005 wurden im Unterinntal hohe Schadstoffimmissionen festgestellt, nachdem sie in den Wintern zuvor mal tiefer, mal höher gewesen waren. Der 'Verdacht', an den hohen Werten sei das neue NFV schuld, liegt unter Umständen nahe. In dieser Studie sollen die lufthygienischen Auswirkungen des erweiterten NFV auch in diesem Kontext fachlich untersucht werden. Weiters soll untersucht werden, ob eine Verschiebung des hier festgelegten 'Winterhalbjahres' November – April auf die übliche Phase Oktober – März Vorteile erwarten ließe.

# 2. Lufthygienischer Vergleich von vier Winterhalbjahren

In diesem Kapitel werden die lufthygienischen Bedingungen bei der Messstelle Vomp für die vier Winterhalbjahre 2000/01, 2001/02, 2002/03 und 2004/05 verglichen. Das Winterhalbjahr 2003/04 muss weggelassen werden, weil es infolge einer Umstellung der Gerätschaft keine Stundenwerte des Verkehrs für Januar-März 2004 gibt. Infolge der Umstellung gibt es jetzt wesentlich besser nach Kategorien unterteilte Verkehrsdaten für die Zählstelle Vomp; dies bedeutet allerdings auch einen gewissen Bruch in den Verkehrszahlenreihen und damit in den Emissionswerten. Die langjährige Messreihe Vomp kann also zwischen 2003 und 2004 nur mit Vorbehalt fortgeführt werden, was Daten betrifft, die mit dem Verkehr zusammenhängen.

Es sind die Emissionen und Immissionen (NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub>) von Stickoxiden verglichen worden und die empirischen Ausbreitungsparameter  $\tau$ : Das Verhältnis zwischen der Luftschadstoffkonzentration und der verursachenden Emission einer Quelle (hier des Straßenverkehrs) ist ein empirisches Maß für die herrschenden Ausbreitungsbedingungen, welche in Alpentälern ganz anders ausgestaltet sind als über dem flachen Land. Ein bestimmter Lastwagen mit fixer Emission produziert ganz unterschiedliche Beiträge zur Luftschadstoff-Konzentration, je nachdem in welcher Region und bei welchen meteorologischen Bedingungen er fährt.

In der empirischen Modellierung, die Oekoscience schon in verschiedenen Regionen angewendet hat, wird von diesem Verhältnis, dem Ausbreitungsparameter  $\tau$  ausgegangen. Mit einem dynamischen Hintergrund werden frühere Emissionen berücksichtigt und solche von anderen Quellen. Eine ausführlichere Darstellung findet sich z.B. in [1].

Tabelle 2.1: Vergleich von Emissionen und Immissionen an Stickoxiden und des empirischen Ausbreitungsparameters  $\tau$  für Jahre und Winterhalbjahre seit 2000.

Episode	NOx [ppb]	NO2 [µg/m3]	Em. NOx [g/km/h]	Tau [ppb km h/g]
<b>2000</b>	191	60	4804	0.037
<b>2001</b>	180	54	4406	0.038
<b>2002</b>	183	61	4298	0.040
<b>2003</b>	173	69	4159	0.040
<b>2004/05 *) **)</b>	190	72	4256	0.043
<b>Winterhj. 2000/01</b>	193	56	4173	0.041
<b>Winterhj. 2001/02</b>	225	63	4052	0.051
<b>Winterhj. 2002/03</b>	192	73	3866	0.046
<b>Winterhj. 2004/05 *)</b>	232	87	4040	0.056
*) Änderung der Verkehrszählung per April 2004				
**) Mai 2004 - April 2005				

Mit Auslaufen der Ökopunkteregelung Ende 2003 hat die Luftschadstoffbelastung im Unterinntal deutlich zugenommen und wieder den Stand von 1999/2000 erreicht. Bei den Emissionen handelt es sich um Schätzungen, die aus den Fahrzeugzahlen je Kategorie und den entsprechenden Emissionsfaktoren gemäß HBEFA 2.1 vom Februar 2004 gebildet werden. Auf das Jahr 2004 kommt die Änderung der Verkehrszählung bei Vomp hinzu, was die direkte Weiterführung der Zeitreihe nicht erlaubt. Der Ausbreitungsparameter  $\tau$  zeigt insgesamt eine steigende Tendenz, doch verhindert auch hier die Änderung der Zählweise eine durchgehende Betrachtung bis 2004/05. Auch zwischen 2000 und 2003 ergibt sich bereits eine zunehmende Tendenz, doch ist die Reihe zu kurz, um weiter interpretiert werden zu können.

## 3. Evaluation der lufthygienischen Auswirkungen der Nachtfahrverbote

### 3.1. Erläuterungen

Ausgehend von dem 'Taumodell' (s. Kap. 2) wurden verschiedene Szenarien gerechnet, um den lufthygienischen Einfluss der beiden Nachtfahrverbote zu simulieren, für welche es im Unterinntal eine Praxis gibt. Es geht dabei einerseits um ein Nachtfahrverbot an Werktagen von 22 – 5 Uhr, andererseits um ein im Winterhalbjahr (November – April) bereits ab 20 Uhr gültiges Nachtfahrverbot, welches auf der A12 seit November 2004 gilt. Es wurden die Jahre 2002/03 (Mai 2002 – April 2003) und 2004/05 (Mai 2004 – April 2005) untersucht, mit den jeweiligen Winterhalbjahren November – April.

Konkret wird für jeden betrachteten Zeitraum für jede Stunde der empirische Ausbreitungsparameter  $\tau$  aus den realen Emissionen und Immissionen bestimmt, welcher die Umsetzung von Emissionen in Immissionen beschreibt. Diese Ausbreitungsverhältnisse bleiben bestehen, auch wenn das Fahrzeugaufkommen auf der A12 sich ändert. Letzteres bestimmt aber die Emissionen. Die Simulation eines noch nicht oder nicht in dieser Form bestehenden Nachtfahrverbotes oder aber die Simulation der Aufhebung eines bestehenden Nachtfahrverbotes bedeutet, die realen stündlichen Emissionen anders zeitlich zu verteilen, ohne die Gesamtemissionen zu ändern. Die simulierten Emissionen werden wiederum mit dem Ausbreitungsparameter verknüpft, was zu den entsprechenden Immissionen führt. Beim NO<sub>2</sub> muss die Dynamik der Konversion aus NO speziell berücksichtigt werden, da NO<sub>2</sub> sich nicht proportional zu NO<sub>x</sub> verhält.

Für den ersten Untersuchungszeitraum 2002/03 hat ein Nachtfahrverbot für den Schweren Güterverkehr von 22 – 5 Uhr gegolten. Für den zweiten Untersuchungszeitraum 2004/05 hat ebenfalls dieses Nachtfahrverbot gegolten, erweitert um den Zeitraum von 20 – 22 Uhr während des Winterhalbjahres von November – April. Um eine gesamthafte und übersichtliche Darstellung der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden für alle Simulationen und realen Zustände immer die Unterschiede zur aktuellen Situation im 2004/05 (NFV 22-5 Uhr, im Winter bereits ab 20 Uhr) angegeben.

### 3.2. Tageszeitliche Verlagerungen des Schwerververkehrs infolge von Nachtfahrverboten

In allen folgenden Betrachtungen wird stets davon ausgegangen, dass der gesamte Verkehr sich wegen der Nachtfahrverbote nicht ändert, sondern sich nur tageszeitlich verlagert. Bereits früher durchgeführte Untersuchungen [2] haben gezeigt, dass für die Auswirkungen des Nachtfahrverbotes der Anteil des aus der Nacht in den Tag verlegten Schwerververkehrs entscheidend ist, währenddem die Verteilung des verlagerten Verkehrs über den Tag nicht so entscheidend ist. Vergleicht man die relative Tagesverteilung der Flotte der Sattel- und Lastenzüge (SLZ) auf der A12 bei Vomp zwischen Nov/Dez 2003 und Nov/Dez 2004, so erkennt man den Einfluss der Erweiterung des Nachtfahrverbotes zwischen 20 und 22 Uhr:

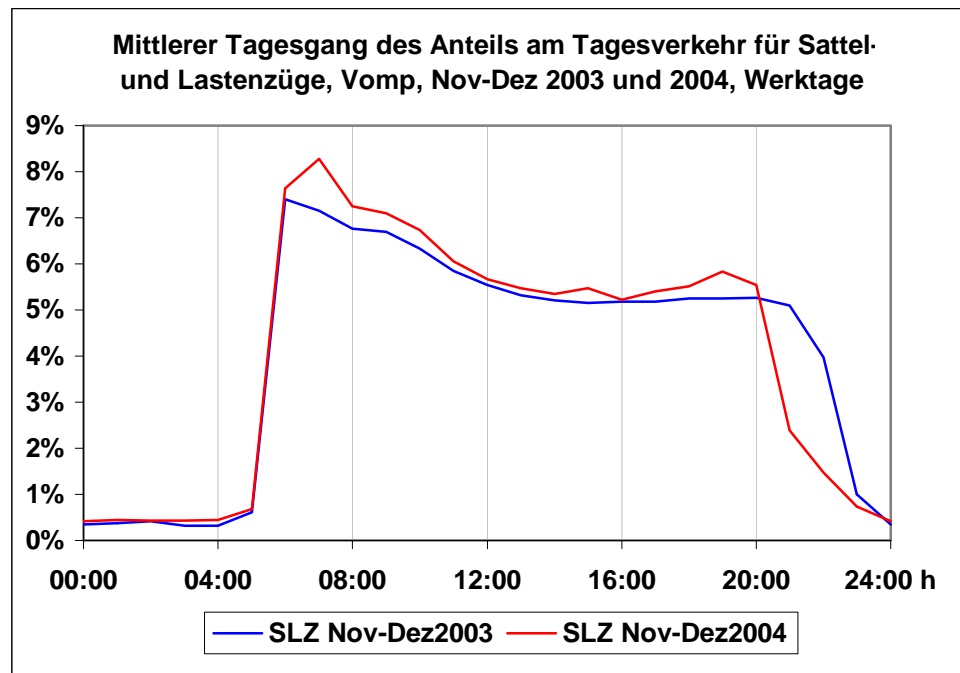


Abbildung 3.1: Relative Tagesverteilung der Flotte der Sattel- und Lastenzüge (SLZ) auf der A12 bei Vomp zwischen Nov/Dez 2003 und Nov/Dez 2004. Die Summe über jede Kurve ergibt 100%.

Die Erweiterung des Nachtfahrverbotes von 20 – 22 Uhr war nicht so effektiv wie erhofft. Aus der 21. Tagesstunde wurde nur etwa die Hälfte, aus der 22. etwa 2/3 des schweren Güterverkehrs wegverlagert. Für die Umlagerung auf den Tag wurde aufgrund des in Abbildung 3.1 gezeigten Sachverhalts die folgende Verteilung vorgenommen, welche den verkehrsplanerischen Erwartungen in etwa entspricht:

Tabelle 3.1: Tageszeitliche Verteilung des aus den Nachtstunden infolge des Nachtfahrverbotes in den Tag verlagerten Schwerverkehrs.

<b>Tageszeit</b>	<b>Anteil am verlagerten Nachtverkehr</b>
05 - 06 h	4.8%
06 - 07 h	23.8%
07 - 08 h	10.3%
08 - 09 h	8.6%
09 - 10 h	8.5%
10 - 11 h	4.5%
11 - 12 h	2.7%
12 - 13 h	3.3%
13 - 14 h	3.1%
14 - 15 h	6.8%
15 - 16 h	0.9%
16 - 17 h	4.7%
17 - 18 h	5.5%
18 - 19 h	12.5%

### 3.3. Lufthygienische Auswirkungen der Nachtfahrverbote

Die lufthygienischen Auswirkungen wurden anhand von Simulationen für die Jahre 2002/03 (Mai – April) und 2004/05 (Mai – April) und für die entsprechenden Winterhalbjahre (jeweils November – April) untersucht. Es gibt die drei Situationen ‚Nachtfahrverbot 22-5 Uhr, im Winterhalbjahr 20-5 Uhr‘ (reale Situation im 2004/05), ‚Nachtfahrverbot 22-5 Uhr‘ (reale Situation im 2002/03) und ‚kein Nachtfahrverbot‘. Für jedes Jahr bzw. Winterhalbjahr wurden die beiden jeweils nicht realen Situationen simuliert. Die folgenden beiden Tabellen zeigen die Ergebnisse. Die Effekte wurden immer auf die Situation ‚Nachtfahrverbot 22-5 Uhr, im Winterhalbjahr 20-5 Uhr‘ bezogen; die jeweils reale Situation erscheint in roter Schrift. Es wird im Übrigen auf die Erläuterungen in Abschnitt 3.1. verwiesen.



Tabelle 3.2: Lufthygienische Auswirkungen der Nachtfahrverbote (NFV) auf die Mittelwerte der Stickoxide. Obere Zeile: Absolute Werte und untere Zeile: Relative Änderungen zur Situation 'Nachtfahrverbot 22-5 Uhr, im Winterhalbjahr 20-5 Uhr'. E\_NOx: Emissionen der A12 bei Vomp; I\_NOx bzw. I\_NO2: Immissionen an NOx bzw. NO2 an der Messstelle Vomp. **Rot: Reale Situation im betreffenden Zeitraum.**

Mittelwerte	NFV 22-5 h, im Winterhj. auch 20-22 h			NFV 22-5 h			kein NFV		
	E_NOx [g/km/h]	I_NOx [ppb]	I_NO2 [µg/m³]	E_NOx [g/km/h]	I_NOx [ppb]	I_NO2 [µg/m³]	E_NOx [g/km/h]	I_NOx [ppb]	I_NO2 [µg/m³]
Episode									
Jahr 2002/03 (Mai - April)	4231	173.5	65.5	4231	174.1	65.8	4228	183.7	68.2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%	-0.1%	5.9%	4.1%
Winterhj. 2002/03 (Nov - April)	3866	189.9	72.8	3866	191.5	73.5	3866	199.5	76.5
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.8%	0.0%	5.1%	5.1%
Jahr 2004/05 (Mai - April)	4256	190.2	72.2	4257	191.7	72.8	4256	201.7	75.7
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.9%	0.0%	6.1%	4.8%
Winterhj. 2004/05 (Nov - April)	4040	231.9	86.8	4040	234.8	88.1	4040	248.3	92.8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	1.4%	0.0%	7.1%	6.9%

Tabelle 3.3: Lufthygienische Auswirkungen der Nachtfahrverbote (NFV) auf die 95%-Perzentile der Stickoxide. Erklärungen s. oben bei Tabelle 3.2.

95%-Werte	NFV 22-5 h, im Winterhj. auch 20-22 h			NFV 22-5 h			kein NFV		
	E_NOx [g/km/h]	I_NOx [ppb]	I_NO2 [µg/m³]	E_NOx [g/km/h]	I_NOx [ppb]	I_NO2 [µg/m³]	E_NOx [g/km/h]	I_NOx [ppb]	I_NO2 [µg/m³]
Episode									
Jahr 2002/03 (Mai - April)	8254	446.2	119.9	8160	441.0	119.6	7509	427.0	124.0
	0.0%	0.0%	0.0%	-1.1%	-1.2%	-0.3%	-9.0%	-4.3%	3.4%
Winterhj. 2002/03 (Nov - April)	8016	506.5	131.0	7709	492.6	130.4	7308	456.3	132.3
	0.0%	0.0%	0.0%	-3.8%	-2.7%	-0.5%	-8.8%	-9.9%	1.0%
Jahr 2004/05 (Mai - April)	8351	499.1	139.5	8248	503.9	142.0	7738	484.4	148.3
	0.0%	0.0%	0.0%	-1.2%	1.0%	1.8%	-7.3%	-2.9%	6.3%
Winterhj. 2004/05 (Nov - April)	8229	581.5	155.6	8006	585.5	158.9	7550	553.6	163.9
	0.0%	0.0%	0.0%	-2.7%	0.7%	2.1%	-8.2%	-4.8%	5.3%

95%-Perzentil: Wert, der von 95% aller Halbstundenwerte des betreffenden Zeitraums nicht überschritten wurde, bzw. der von 5% aller Werte – also während durchschnittlich 1.2 h/Tag - überschritten wurde (438 h pro Jahr); Maß für die 'mittlere Spitzenbelastung'.

Das aktuell seit November 2004 auf der Unterinntalautobahn gültige 'Nachtfahrverbot 22-5 Uhr, im Winterhalbjahr 20-5 Uhr' bringt beim NO<sub>x</sub> bei den Mittelwerten eine Verbesserung von 5 – 6%, beim NO<sub>2</sub> von 4 – 5% gegenüber der Situation ohne Nachtfahrverbot. Für das Winterhalbjahr 2004/05 macht dies sogar etwa 7% aus. Die Erweiterung des Nachtfahrverbots im Winterhalbjahr auf 20 – 22 Uhr macht beim NO<sub>x</sub> bezogen auf die ganzjährige Periode um die 0.5% aus, beim NO<sub>2</sub> 0.5 – 1%. Auf das Winterhalbjahr bezogen macht es beim NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub> rund 1% aus. Die Effekte sind für 2004/05 etwas höher als für 2002/03. Das könnte auch damit zusammenhängen, dass wir für 2004/05 zum ersten Mal präzise stündliche Zählungen des LKW-Verkehrs zur Verfügung haben; bis anhin mussten sie aus einer Sammelkategorie geschätzt werden, was eine teilweise Ausgleichung von Effekten zur Folge haben könnte. Generell sind aber die Effekte der Erweiterung des Nachtfahrverbots im Winterhalbjahr auf 20 – 22 Uhr etwas geringer als in [2] geschätzt; dort ging man davon aus, dass in der 21. bzw. 22. Tagesstunde 83.6% bzw. 80.6% des Schwerverkehrs wegverlagert würde, während es in Realität nur 50% bzw. 67% waren.

Die mittleren Spitzenwerten (95%-Perzentilen) sinken für die Emissionen ohne bzw. ohne winterlich erweitertes Nachtfahrverbot, da es infolge der Nachtfahrverbote zu einer Fahrspitze in den frühen Morgenstunden kommt. Davon ist in gedämpfter Form auch die Immission an NO<sub>x</sub> betroffen. Beim NO<sub>2</sub> hingegen wären die Spitzenwerte ohne Nachtfahrverbot noch höher; diese Spitzen kommen nicht in den frühen Morgenstunden vor. Die folgende Abbildung zeigt das tageszeitliche Auftreten hoher NO<sub>2</sub>-Werte (>140 µg/m<sup>3</sup>) für Vomp 2004/05, für die reale Situation und die beiden Szenarien 'ohne winterliches Nachtfahrverbot von 20-22 Uhr' und 'ohne Nachtfahrverbot'. Die 'Delle' um 5 Uhr hängt mit Sommerzeiteffekten zusammen (bei der Modellierung wird die Sommerzeit selbstverständlich berücksichtigt). Zwar werden durch das Nachtfahrverbot auch beim NO<sub>2</sub> tatsächlich am Vormittag und am Nachmittag die NO<sub>2</sub>-Spitzen verstärkt, nächtlicher Schwerverkehr würde aber in größerem Ausmaß nächtliche NO<sub>2</sub>-Spitzen produzieren. Dieses Phänomen verstärkt sich, wenn der Anteil von NO<sub>2</sub> am Gesamt-NO<sub>x</sub> wächst, was in den letzten Jahren der Fall zu sein scheint, ev. auch durch Direktmission von NO<sub>2</sub>; dies macht ein Nachtfahrverbot umso notwendiger.

Bei einem Nachtfahrverbot ohne winterliche Erweiterung von 20 – 22 Uhr reagieren die NO<sub>2</sub>-Spitzen im 2002/03 abnehmend, im 2004/05 zunehmend, in Entsprechung zu den Ausführungen im obigen Abschnitt.

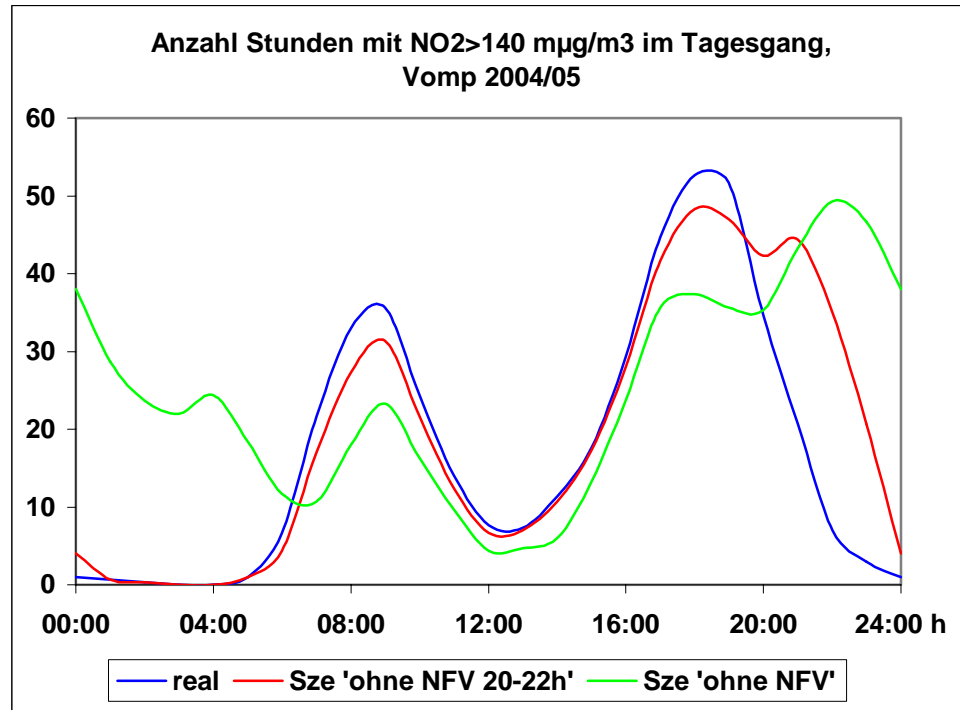


Abbildung 3.2: Anzahl Stunden mit hohen NO<sub>2</sub>-Werten (>140 µg/m<sup>3</sup>) im Tagesgang für Vomp, 2004/04. Reale Situation und Szenarien 'ohne winterliches Nachtfahrverbot von 20-22 Uhr' und 'ohne Nachtfahrverbot' (NFV).

## 4. April oder Oktober als 6. Monat im Winterhalbjahr?

Das Winterhalbjahr mit erweitertem Nachtfahrverbot von 20 – 22 Uhr ist zurzeit von November – April angesetzt. Es wurde nun untersucht, ob ein erweitertes Nachtfahrverbot im Oktober einen größeren Effekt hätte als im April; beide Monate liegen klimatisch eher am Rand des Winters.

Für die beiden Monate in den Jahren 2002/03 und 2004/05 wurden die Unterschiede zwischen 'gewöhnlichem' Nachtfahrverbot und erweitertem auf Grund von Simulationen bestimmt und in der nächsten Tabelle einander gegenüber gestellt:

Tabelle 4.1: Lufthygienische Auswirkungen (Mittelwerte) von Nachtfahrverboten von 22 – 5 Uhr und von 20 – 5 Uhr für die Monate April 2003 und 2005 sowie Oktober 2002 und 2004.

Rot: Reale Situation.

Episode	NFV 20-5 h			NFV 22-5 h		
	E_NOx [g/km/h]	I_NOx [ppb]	I_NO2 [µg/m3]	E_NOx [g/km/h]	I_NOx [ppb]	I_NO2 [µg/m3]
Oktober 2002	4513	194.6	55.8	4513	197.1	56.2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.8%
April 2003	4241	137.7	66.8	4236	138.4	67.5
	0.0%	0.0%	0.0%	-0.1%	0.5%	1.0%
Oktober 2004	4432	182.9	53.8	4432	185.1	54.3
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0.8%
April 2005	4332	140.6	65.6	4337	140.2	66.2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	-0.2%	1.0%

Beim NO<sub>2</sub> ist zwischen April und Oktober kein unterschiedlicher Effekt festzustellen. Das NO<sub>x</sub> reagiert im Oktober etwas stärker, was wohl mit den dann häufigeren Inversionslagen zusammenhängt. Die Unterschiede in den Effekten sind insgesamt kaum so groß, dass sich eine Umstellung lohnen würde.

## 5. Literatur

[1] Thudium, J., Ökoscience: Modellansatz für eine immissionsgesteuerte Verkehrsbeeinflussung; Optimierung einer Geschwindigkeitsreduktion für Personenkraftwagen; erstellt im Auftrag der Tiroler Landesregierung, November 2004.

[2] Thudium, J., Ökoscience: Lufthygienische Auswirkungen einer Erweiterung des Nachtfahrverbotes auf der Unterinntalautobahn A12; erstellt im Auftrag der Tiroler Landesregierung, Juni 2004.