



## Evaluation

# Tempo 100 auf der Unterinn- talautobahn im Winter 2006/07

**Teil 2: Effekte auf gemessene Immissionen; zur  
immissionsklimatischen Situation im Oberinntal**

**Im Auftrag der Tiroler Landesregierung**

Dr. Jürg Thudium  
7.6.2007/ 5229.70 V02

Oekoscience AG

Postfach 452  
CH - 7001 Chur

Telefon: +4181 250 3310  
science@oekoscience.ch

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Die lufthygienische Situation bei Vomp 1999 – 2006</b>	<b>1</b>
<b>3. Der milde Winter 2006/07 und dessen lufthygienische Relevanz</b>	<b>3</b>
3.1. Die Mitteltemperaturen der letzten drei Winter im Höhenprofil Schwaz	3
3.2. Inversionshäufigkeiten der Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07	5
3.3. Emissions- und Immissionsvergleich zwischen den Wintern 2004/05, 2005/06 und 2006/07 für Vomp	6
3.4. NO <sub>x</sub> -Immissionen und Inversionshäufigkeit	9
<b>4. Betrachtung inversionsfreier Zeiten</b>	<b>11</b>
<b>5. Immissionsvergleich zwischen den Wintern 2005/06 und 2006/07 an anderen Messstationen im Unterinntal</b>	<b>13</b>
5.1. Überblick	13
5.2. Immissions- und Inversionsverläufe für vier weitere Messstationen	14
5.3. NO <sub>2</sub> -Vergleich für die Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07	18
<b>6. Zur immissionsklimatischen Situation im Oberinntal</b>	<b>19</b>
6.1. Einführung	19
6.2. Verkehrsaufkommen im Abschnitt Innsbruck – Zirl der A12	19
6.3. Atmosphärische Ausbreitungssituation	20
6.4. Inversionen und Immissionen im Oberinntal	28
<b>7. Zusammenfassung</b>	<b>30</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Verlauf von Emissionen und Immissionen bei Vomp, 1999 – 2006, mit Zukunftsszenarien 2006 – 2010.	2
Abbildung 3.1: Mittleres Temperaturprofil bei Schwaz in den Wintern 2004/05, 2005/06 und 2006/07.	3
Abbildung 3.2: Inversionshäufigkeiten in der untersten 300m- bzw. 100m-Schicht im Unterinntal in den Wintern (Nov – Feb) 2004/05, 2005/06 und 2006/07.	6
Abbildung 3.3: NO <sub>x</sub> -Emissionsverlauf im Unterinntal bei Vomp, Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07, gleitende 7-Tagemittel.	7
Abbildung 3.4: Immissionsverlauf von NO <sub>x</sub> bei Vomp, Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07, gleitende 7-Tagemittel.	8
Abbildung 3.5: Mittlerer Tagesgang der NO <sub>x</sub> -Immissionen bei Vomp, Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07.	9
Abbildung 3.6: Verlauf von NO <sub>x</sub> -Immissionen und Inversionshäufigkeit (in der Schicht 0 – 300 m) bei Vomp, Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07.	10
Abbildung 4.1: Mittlerer Tagesgang der NO <sub>x</sub> -Emissionen der A12 bei Vomp für die inversionsfreie Zeit (keine Inversion bis 300 m ü. Gr.) , Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07.	11
Abbildung 4.2: Mittlerer Tagesgang der NO <sub>x</sub> -Immissionen bei Vomp für die inversionsfreie Zeit (keine Inversion bis 300 m ü. Gr.) , Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07.	12
Abbildung 5.1: Änderung der NO <sub>x</sub> -Konzentrationen vom Winter 2005/06 auf den Winter 2006/07 an verschiedenen Messstationen im Unterinntal. Ibk_AD: Innsbruck-Andechsstrasse. Ibk_FM: Innsbruck-Fallmerayrstrasse.	14
Abbildung 5.2: NO <sub>x</sub> - und Inversionshäufigkeitsverlauf für Wörgl, Winter 2005/06 und 2006/07.	15
Abbildung 5.3: NO <sub>x</sub> - und Inversionshäufigkeitsverlauf für Innsbruck-Fallmerayrstrasse, Winter 2005/06 und 2006/07.	16

Abbildung 5.4: NO <sub>x</sub> - Verlauf für Baumkirchen (340 m Abstand zur A12), Winter 2005/06 und 2006/07.	17
Abbildung 5.5: NO <sub>x</sub> - Verlauf für Angerberg (ca. 90 m über Talboden), Winter 2005/06 und 2006/07.	17
Abbildung 5.6: NO <sub>2</sub> - Verlauf für Baumkirchen (340 m Abstand zur A12), Winter 2005/06 und 2006/07.	18
Abbildung 5.7: NO <sub>2</sub> - Verlauf für Vomp (A12), Winter 2005/06 und 2006/07.	18
Abbildung 6.1: Temperaturprofil bei Haiming, Messpunkte 1 – 8. <i>Bildquelle: Andreas Krismer, Landesforstdirektion Tirol.</i>	21
Abbildung 6.2: Mittlerer Tagesgang der Inversionshäufigkeit bei Radfeld und bei Schwaz, Winter 2006/07.	22
Abbildung 6.3: Mittlerer Tagesgang der Inversionshäufigkeit bei Haiming und bei Schwaz, Sommer 2005.	23
Abbildung 6.4: Mittlerer Tagesgang der Inversionshäufigkeit bei Haiming und bei Schwaz, Winter 2005.	24
Abbildung 6.5: Gleichzeitiger und nicht gleichzeitiger Auftritt von Inversionen zwischen 0 und 100 m bzw. zwischen 0 und 300 m ü. Gr. in den Temperaturprofilen bei Schwaz und bei Haiming 2005.	26
Abbildung 6.6: Gleichzeitiger und nicht gleichzeitiger Auftritt von Inversionen zwischen 0 und 100 m bzw. zwischen 0 und 200 m ü. Gr. in den Temperaturprofilen bei Schwaz und bei Radfeld, Winter 2006/07.	27
Abbildung 6.7: Mittlere Tagesgänge der NO <sub>x</sub> -Konzentration bei Haiming, Nov 2004 – Juli 2005. Unterteilung mit und ohne Inversion zwischen 0 und 88 m ü. Gr, bestimmt anhand des Temperaturprofils bei Haiming.	28
Abbildung 6.8: Mittlere Tagesgänge der NO <sub>x</sub> -Konzentration bei Haiming, Nov 2004 – Juli 2005. Unterteilung mit und ohne Inversion zwischen 0 und 236 m ü. Gr, bestimmt anhand des Temperaturprofils bei Haiming.	29

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 6.1: Kennzahlen des Verkehrsaufkommens und der Emissionen auf der A12 bei Vomp und bei Kematen, 2005. DTV: Durchschnittlicher täglicher Verkehr; SGV: Schwerer Güterverkehr; E\_NOx: Emission an NOx; E\_Part: Emission an Partikelmasse; E... Pkw-Anteil: Anteil der Pkw-Emission an der gesamten Emission der A12.

# 1. Einleitung

Von November 2006 bis April 2007 galt auf der A12 im Inntal zwischen Kufstein und Zirl ein generelles Tempolimit von 100 km/h. Die Effekte dieses Limits – im Folgenden einfach als 'Tempo100' bezeichnet – in lufthygienischer Hinsicht werden in diesem Bericht insofern abgeschätzt, als die Immissionen in den letzten Wintern mit und ohne Tempo100 einander gegenübergestellt werden.

Ein direkter Vergleich der Immissionen der beiden letzten Winterhalbjahre ist unzulässig ohne vergleichende Betrachtung der meteorologischen Bedingungen. Dabei muss abgeklärt werden, was der 'warme Winter' 2006/07 für die Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe bedeutet hat; denn ein klimatischer Vergleich der beiden letzten Winter ist wegen der großen Unterschiedlichkeit und der zunächst unklaren lufthygienischen Relevanz dieser Unterschiedlichkeit schwierig.

Ein spezieller Teil des Berichtes ist dem Oberland gewidmet, weil das westliche Ende der Tempo100-Strecke (Innsbruck – Zirl) im Oberland liegt. Dabei lautet die Fragestellung: Ist die immissionsklimatische und verkehrliche Situation im Oberland so, dass sich eine Ausdehnung verschiedener Maßnahmen bis Zirl rechtfertigt?

Speziell wird auf den ersten Teil der Evaluation von Tempo 100 im Winterhalbjahr 2006/07 hingewiesen (J. Thudium, Oekoscience: Tempo 100 auf der Unterinntalautobahn im Winter 2006/07, Teil 1: Effekte auf Fahrgeschwindigkeiten, Emissionen und Immissionen. Im Auftrag der Tiroler Landesregierung, April 2007). In diesem Teil wurde der lufthygienische Effekt von Tempo 100 empirisch, d.h. unter Beachtung der konkreten meteorologischen Situation, modelliert.

## 2. Die lufthygienische Situation bei Vomp 1999 – 2006

Die Situation im letzten Winterhalbjahr mit der Tempo 100-Limite sollte in den Gesamtkontext der Entwicklung der lufthygienischen Situation der letzten Jahre gestellt werden. Dazu dient ein Blick auf die Situation bei Vomp in den letzten 8 Jahren.

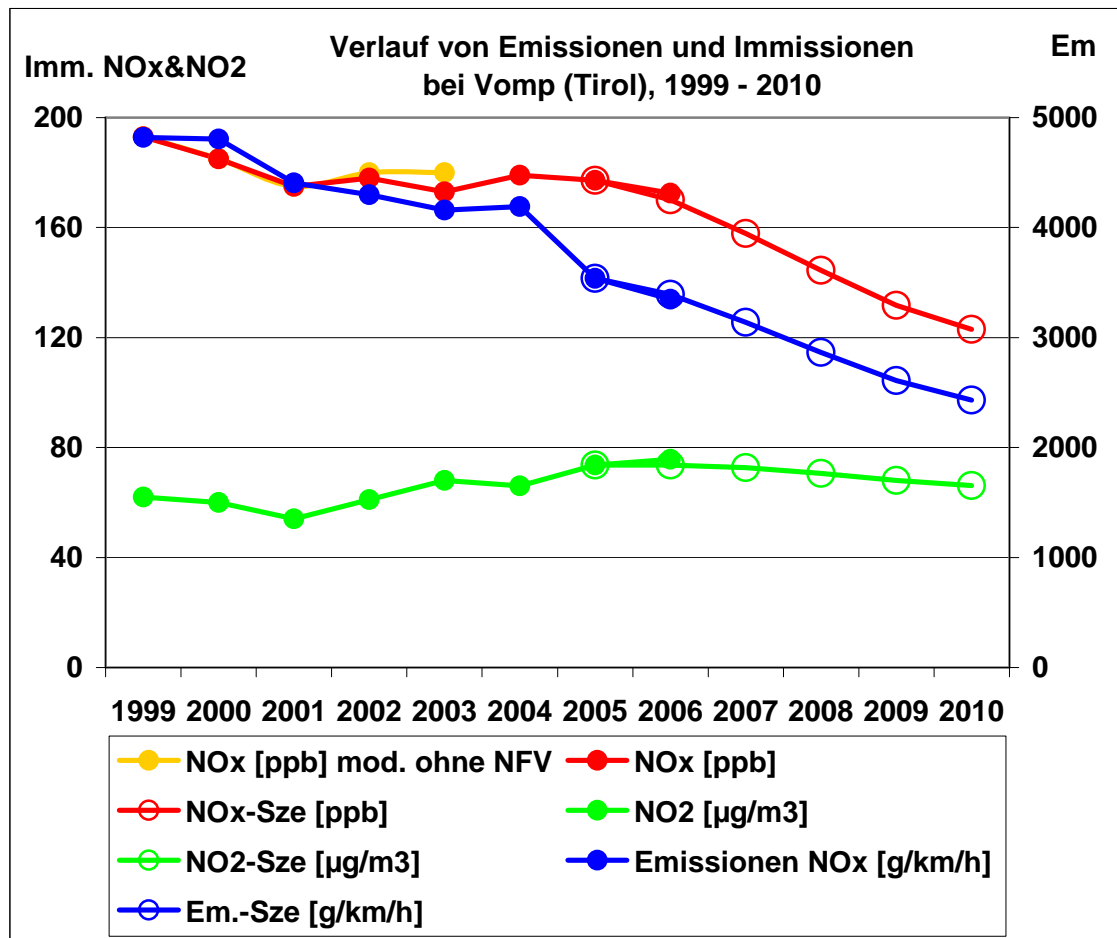


Abbildung 2.1: Verlauf von Emissionen und Immissionen bei Vomp, 1999 – 2006, mit Zukunftsszenarien 2006 – 2010.

Die NO<sub>x</sub>-Immissionen (rot) haben den theoretisch berechneten NO<sub>x</sub>-Emissionen (blau) nicht folgen können. Dies bedeutet, dass die Ausbreitungsbedingungen über die letzten Jahre immer schlechter wurden (wofür es kein Indiz gibt), oder dass die Entwicklung der Emissionsfaktoren zu positiv eingeschätzt wurde (wofür es verschiedene Indizien gibt). Das NO<sub>2</sub> (grün) ist in den letzten acht Jahren angestiegen, obwohl das NO<sub>x</sub> abgenommen hat. Dies liegt einerseits daran, dass die direkte Emission von NO<sub>2</sub> moderner Fahrzeuge in den letzten Jahren zugenommen hat, insbesondere bei den Pkw, andererseits hängt der Anteil von NO<sub>2</sub> am NO<sub>x</sub> stark vom Ozonangebot ab, welches in den letzten Jahren europaweit zugenommen hat (im Mittel, Spitzenwerte sind hier nicht wichtig). Die Tatsache, dass die Ozonkonzentration mit zunehmender Temperatur steigt, legt einen Zusammenhang mit dem Klimawandel nahe.

Die offenen Kreise zeigen die Prognosen des Tau-Modells von Oekoscience für den Zeitraum 2006 – 2010 mit 2005 als Ausgangspunkt (Maßnahmenbündel Tirol für die A12). Für 2006 hat das Modell eine sehr gute Prognose abgegeben; ins-

besondere das steigende NO<sub>2</sub> mit gleichzeitig abnehmendem NO<sub>x</sub> könnte durch ein gängiges Ausbreitungsmodell mit statischem NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>-Ansatz nicht wiedergegeben werden.

### 3. Der milde Winter 2006/07 und dessen luft-hygienische Relevanz

#### 3.1. Die Mitteltemperaturen der letzten drei Winter im Höhenprofil Schwaz

Der letzte Winter war außerordentlich warm, und zwar in allen Höhenlagen. Die nächste Abbildung zeigt diese erhöhten Temperaturen in Abhängigkeit von der Höhenlage anhand des Temperaturprofils Schwaz.

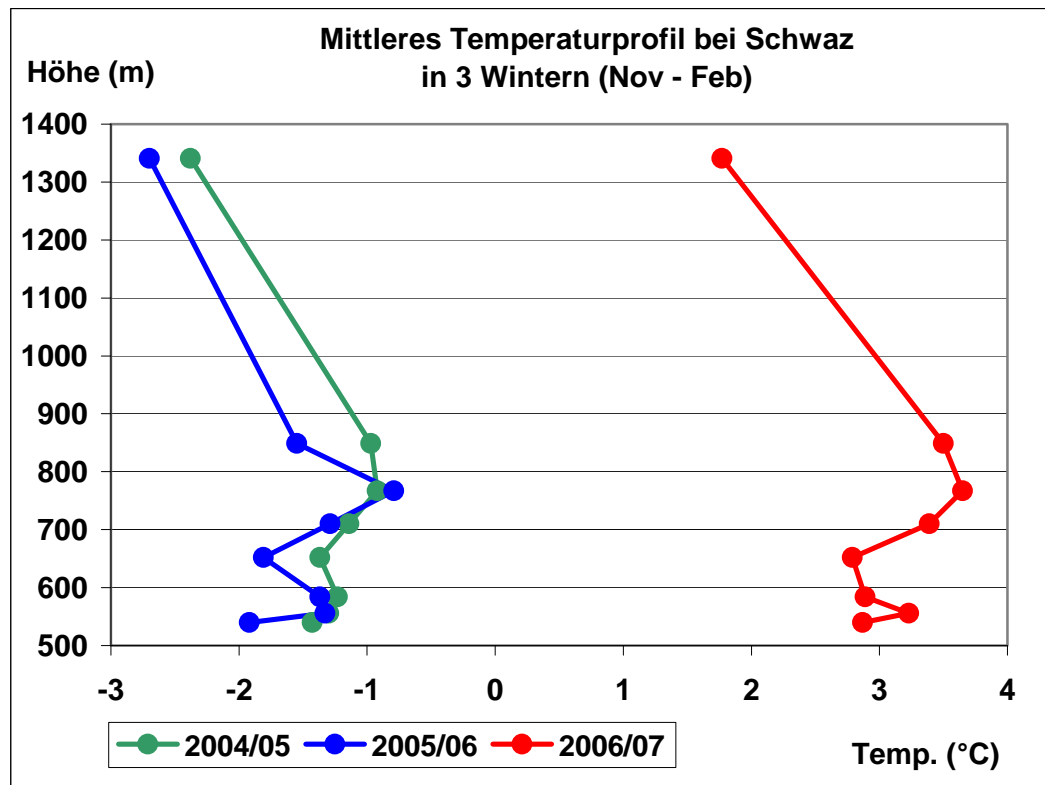


Abbildung 3.1: Mittleres Temperaturprofil bei Schwaz in den Wintern 2004/05, 2005/06 und 2006/07.

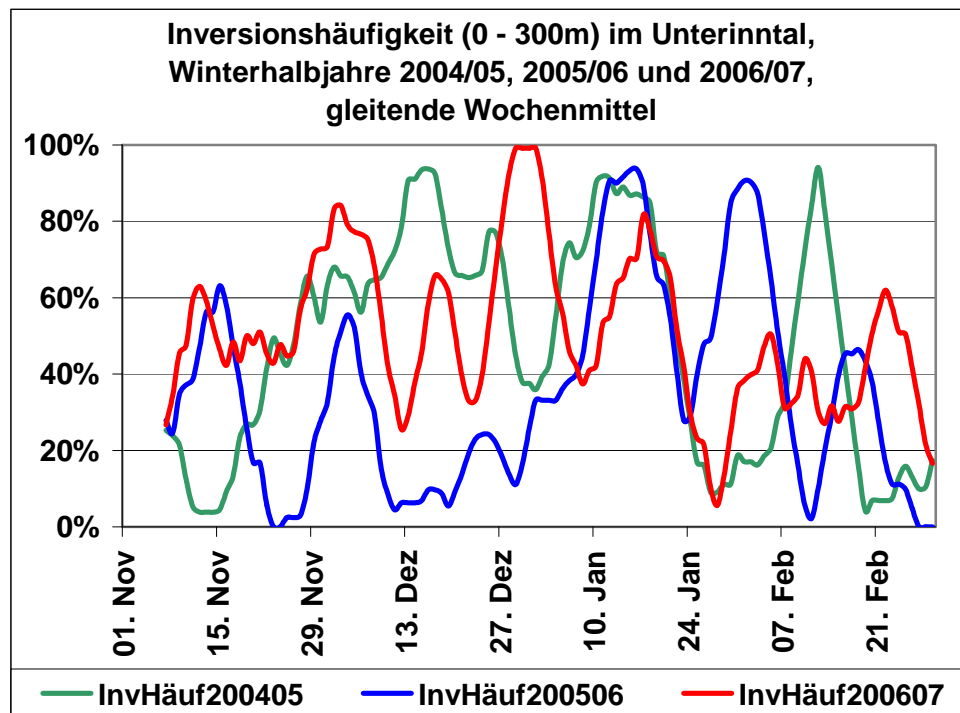
Der Winter 2005/06 ist vielleicht noch als speziell kalt in Erinnerung; im Vergleich zu 2004/05 war er denn auch etwa ein halbes Grad kälter über die gesamte Höhenlage mit Ausnahme der beiden Sensoren in 556 und 767 m ü.M., welche stark einstrahlungsexponiert sind und deshalb beim vielen Sonnenschein im Winter 2005/06 mehr erwärmt wurden als im Jahr zuvor. Der Winter 2006/07 liegt auf der Temperaturskala demgegenüber weit abseits: In allen Höhenlagen war es 4 – 5 ° wärmer! Die größte Differenz gab es in 300 m Höhe über Talboden mit knapp über 5 °C. Nun kommt das Entscheidende bezüglich der lufthygienischen Relevanz: Für die Verdünnung der Luftschadstoffe nach oben ist nicht die Temperatur an sich entscheidend, sondern die Temperaturdifferenz zwischen den verschiedenen Luftschichten. Wird es nach oben hin wärmer, liegt eine Inversion vor, die den Luftaustausch deutlich behindert. Solche Inversionen gab es offensichtlich auch im letzten Winter, denn diese wirken sich auch auf die Mitteltemperaturen aus. Die Analyse wird erschwert durch die Tatsache, dass das Temperaturprofil Schwaz sich über die Mittelgebirgsterrasse zwischen etwa 700 und 800 m hinweg zieht. Auf dieser Terrasse finden wir tagsüber eine einstrahlungsbedingte Überwärmung, die man nicht fehl interpretieren darf. Aus diesem Grunde sollte man die Temperaturen in 849 m (ca. 300 m über Talboden) und 652 m (ca. 100 m über Talboden) betrachten. Je größer die Differenz dieser Temperaturen zu derjenigen am Talboden im Mittel ist (im mathematischen Sinne: positiv ist immer größer als negativ, unabhängig vom Betrag), desto eher häufiger sind Inversionen in der betreffenden Schicht (es hängt allerdings auch vom Ausmaß der Temperaturumkehr ab).

Man erkennt, dass es im 2006/07 im Vergleich zum 2005/06 einen geringeren Temperaturgradienten in der untersten Schicht, aber einen deutlich größeren bis 300 m Höhe gab! Die Inversionen in der unteren atmosphärischen Schicht bis wenige hundert Meter Höhe werden durch den Ablauf der Wetterlagen im Zusammenspiel mit den Bedingungen des Inntals bestimmt. Die bodennahen Inversionen werden stark von den energetischen Verhältnissen an der Erdoberfläche mitbestimmt, von der Einstrahlung und vom Bodenwärmestrom, der bei den anhaltend hohen Temperaturen wohl deutlich überdurchschnittlich war.

Dies weist darauf hin, dass die Luftschadstoffe im Winter 2006/07 sogar noch etwas häufiger als sonst im Inntal durch Inversionen zurückgehalten wurden, auf den untersten ca. 100 m jedoch konnten sie sich freier ausbreiten. Das bedeutet, dass besonders quellennahe und leicht erhöhte Standorte einen besonders hohen Rückgang der Luftschadstoffkonzentrationen aufweisen müssen (vom Winter 2005/06 auf den Winter 2006/07).

### 3.2. Inversionshäufigkeiten der Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07

Die Temperaturprofilmessungen wurden nach Inversionen in den verschiedenen Luftschichten ausgewertet. Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Inversionshäufigkeit im gleitenden 7-Tagemittel für die letzten drei Winter, sowohl für die 300 m- als auch die 100 m-Schicht.



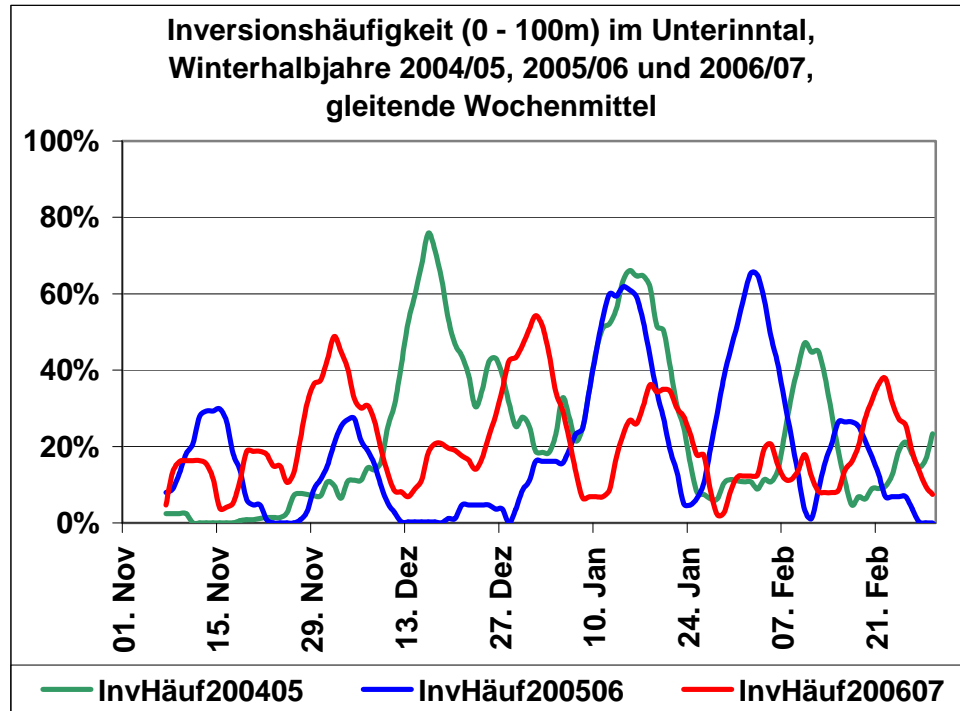


Abbildung 3.2: Inversionshäufigkeiten in der untersten 300m- bzw. 100m-Schicht im Unterinntal in den Wintern (Nov – Feb) 2004/05, 2005/06 und 2006/07.

Die Kurvenverläufe bestätigen insgesamt die vorhergehenden Ausführungen, zumindest für die zweite Hälfte des Winters. Es wird auch weiter unten von Bedeutung sein, dass die ausgeprägteste Inversionsphase im Winter 2006/07 um den Jahreswechsel mit dem absoluten Minimum der Verkehrsemissionen zusammenfiel.

Die Ausbreitungsverhältnisse waren im letzten Winter also in komplexer Weise anders als im Winter zuvor, zumindest für Inversionssituationen. Das macht den Vergleich zwischen den beiden Wintern, um damit den Effekt von Tempo 100 aufscheinen zu lassen, schwierig. Der Vergleich für die inversionsfreie Zeit bietet sich da eher an.

### 3.3. Emissions- und Immissionsvergleich zwischen den Wintern 2004/05, 2005/06 und 2006/07 für Vomp

Als Darstellungsform des Verlaufs wird wiederum das gleitende 7-Tagemittel verwendet. Die Emissionen und damit auch die Immissionen weisen einen starken 7-Tage-Rhythmus auf (wenig Schwerverkehr am Wochenende). Das gleiten-

de 7-Tagemittel enthält immer ein Wochenende und die meteorologisch bedingte Episodenhaftigkeit des Geschehens kann besser erfasst werden.

Die Emissionsverläufe der letzten drei Winter stellen sich wie folgt dar:

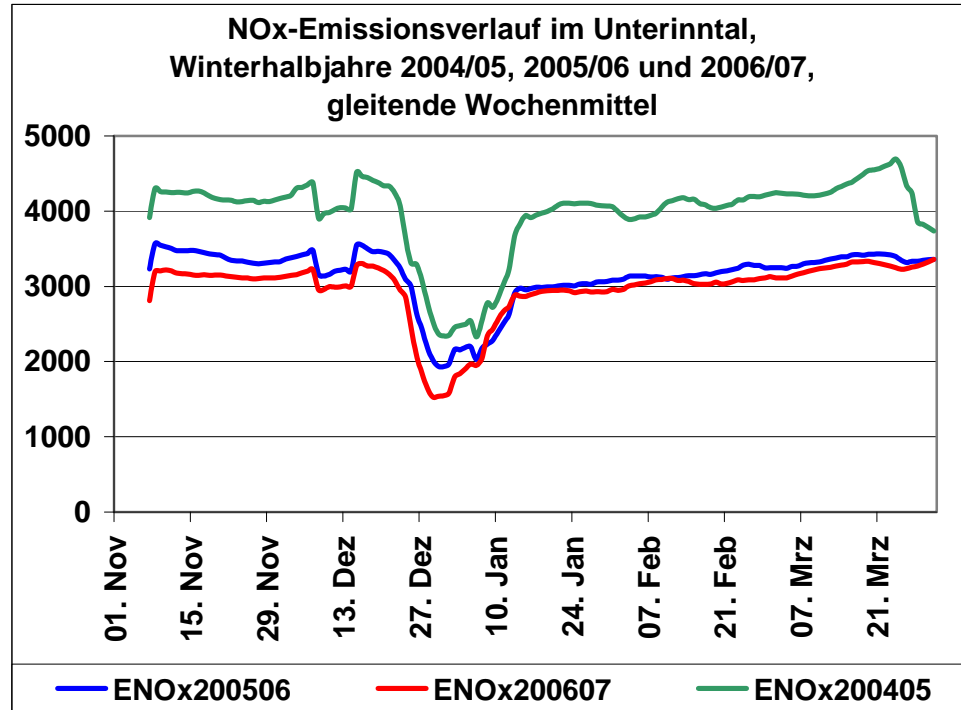


Abbildung 3.3: NOx-Emissionsverlauf im Unterinntal bei Vomp, Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07, gleitende 7-Tagemittel.

Es darf gleich vorweggenommen werden, dass sich die Immissionen seit dem Winter 2004/05 bei weitem nicht so stark reduziert haben, wie das die Emissionskurven suggerieren. Der Grund liegt in schwierig zu schätzenden Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugkategorien und deren zeitliche Entwicklung. Vom Winter 2005/06 auf den Winter 2006/07 haben die Emissionen gemäß Verkehrszählung und zeitbezogener Emissionsfaktoren um 5.7% abgenommen. Dies ist weniger als der Emissionseffekt von Tempo 100 für den Winter 2006/07 ergeben hätte (s. Teil 1 des Evaluationsberichtes), weil der Verkehr auf der A12 im Winter 2006/07 gegenüber dem Winter 2005/06 deutlich zugenommen hat: die Pkw um 1.5%, der Schwere Güterverkehr um 8%.

Markant ist in allen drei Wintern das Jahresminimum der Emissionen zwischen Weihnachten und Dreikönigstag.

Ein ganz anderes Bild zeigen die Immissionsverläufe bei Vomp in den letzten drei Wintern:

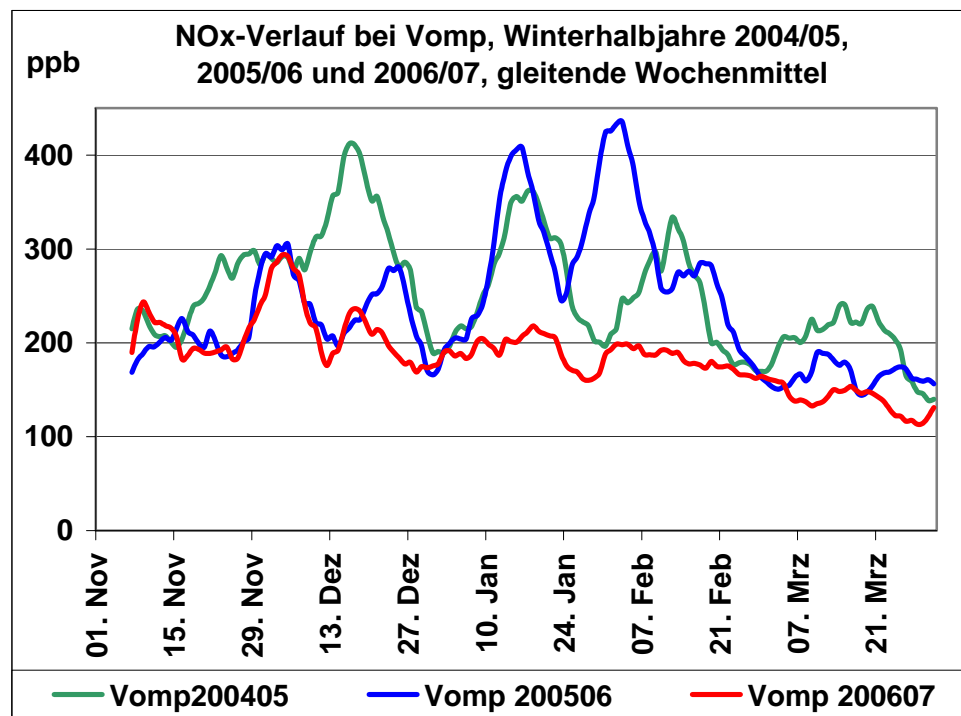


Abbildung 3.4: Immissionsverlauf von NO<sub>x</sub> bei Vomp, Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07, gleitende 7-Tagemittel.

Währenddem die Winter 2004/05 und 2005/06 die üblichen 'Berge' und Täler' zeigen, ergibt sich dies für den Winter 2006/07 nur bis etwa Ende Dezember. Ab dann finden wir einen markant ruhigeren, kontinuierlich abnehmenden Verlauf. Eingedenk der Ausführungen in den Kapiteln 3.1. und 3.2. ahnen wir bereits, dass dies nicht allein mit dem Effekt von Tempo 100 zu tun haben kann.

Der mittlere Tagesgang der NO<sub>x</sub>-Immission zeigt für den Winter 2006/07 ebenfalls einen markanten Rückgang, der auf den ersten Blick über den Tag prozentual ziemlich gleichmäßig ausfällt. Der Rückgang beträgt allerdings am frühen Nachmittag etwa ein Drittel, während der Morgenspitze von 5-7 Uhr nur etwa 15%.

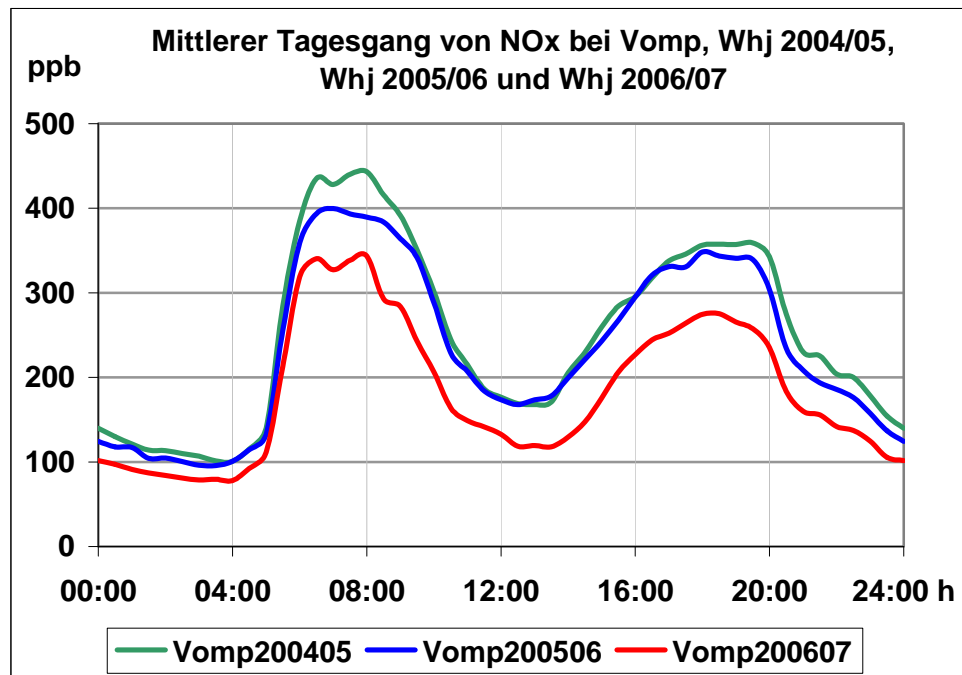
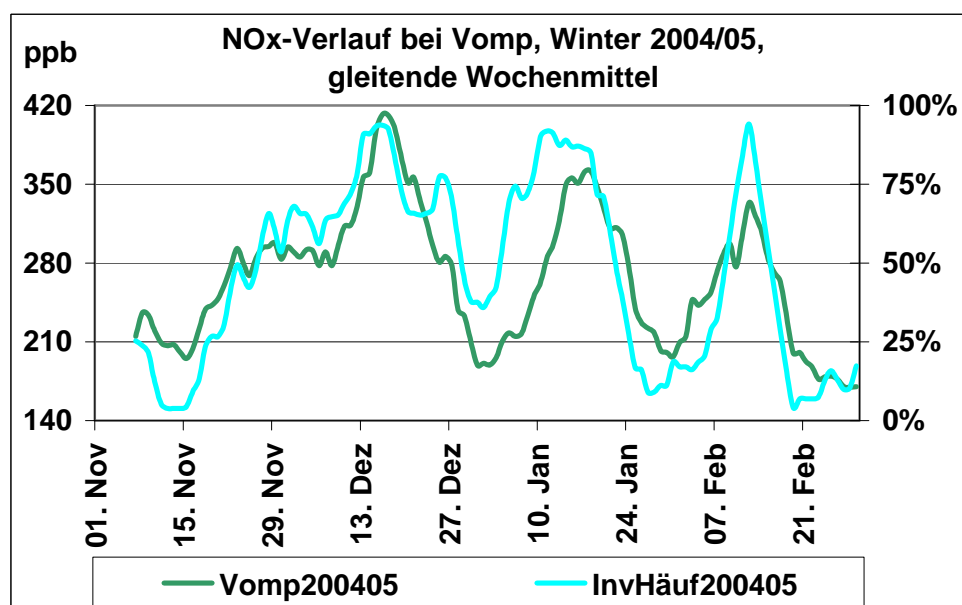


Abbildung 3.5: Mittlerer Tagesgang der NOx-Immissionen bei Vomp, Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07.

### 3.4. NOx-Immissionen und Inversionshäufigkeit

Die NOx-Immissionen zeigen eine starke Episodenhaftigkeit: Phasen mit höheren Werten wechseln ab mit Phasen tieferer Werte. Aufschlussreich ist der Vergleich der Verläufe von NOx-Immissionen und Inversionshäufigkeit der Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07, im Folgenden am Beispiel Vomp:



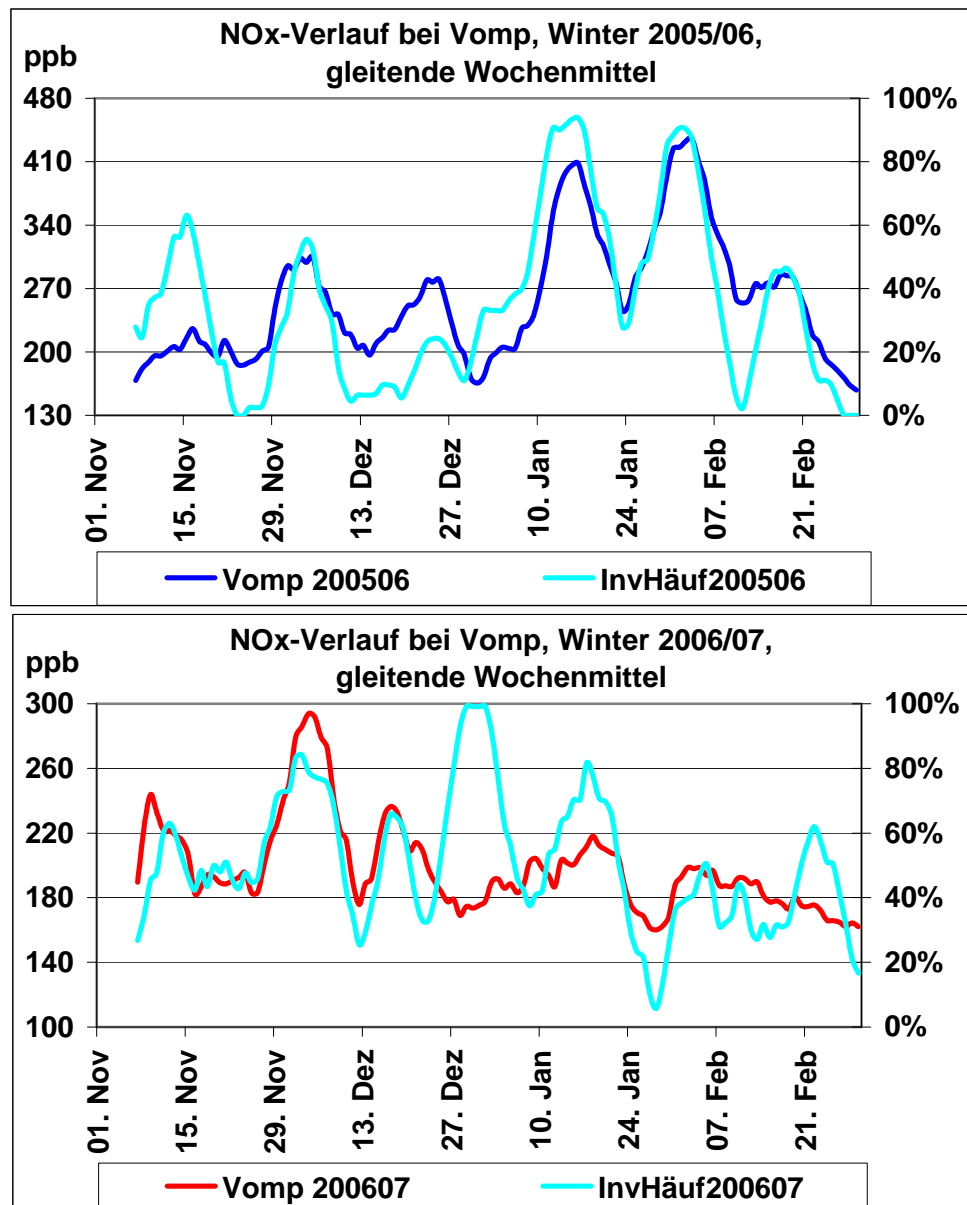


Abbildung 3.6: Verlauf von NO<sub>x</sub>-Immissionen und Inversionshäufigkeit (in der Schicht 0 – 300 m) bei Vomp, Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07.

Es wurde in der obigen Abbildung die gesamthafte Inversionshäufigkeit, also die Schicht von 0 – 300 m ü. Gr. verwendet. Im Allgemeinen ist der Gleichlauf zwischen NO<sub>x</sub> und Inversionshäufigkeit sehr gut, was die herausragende Bedeutung der atmosphärischen Schichtung für die sich einstellenden Immissionen zeigt. Im Winter 2006/07 ist dies bis etwa Ende Dezember auch der Fall, danach reagiert das NO<sub>x</sub> zwar schon noch, aber deutlich weniger auf die Inversionen. Diese Situation wurde schon weiter oben angesprochen: Vom Januar an war die Häufigkeit niedriger bodennaher Inversionen markant niedriger, so dass sich die Luftschadstoffe bodennah besser verteilen konnten, wenn sie auch insgesamt in einer hö-

her liegenden Inversionsschicht zurückgehalten wurden. Dies macht sich bei quellennahen Messstellen am meisten bemerkbar. Es kommt hinzu, dass während der einzigen ausgeprägten Inversionssituation im Winter 2006/07, nämlich um den Jahreswechsel, gerade das Jahresminimum an Emissionen herrschte.

Auf Grund der Komplexität der Unterschiede in den Ausbreitungssituationen kann für Inversionssituationen der Effekt von Tempo 100 aus den Messungen nicht abgeleitet werden. Die Modellierung (Teil 1 des Berichtes) konnte dies schon, weil sie eben empirisch ist und die veränderten Ausbreitungsbedingungen für jede Stunde im Faktor  $\tau$  abgebildet wurden.

Die inversionsfreien Zeiten können sich für einen Vergleich bezüglich Effekts von Tempo 100 besser eignen. Dies ist das Thema des nächsten Kapitels.

## 4. Betrachtung inversionsfreier Zeiten

Für alle drei Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07 wurde der mittlere Tagesgang der NO<sub>x</sub>-Emissionen und -Immissionen bei Vomp in der inversionsfreien Zeit bestimmt (inversionsfreie Zeit: keine Inversion bis 300 m ü. Gr.). Die beiden folgenden Grafiken zeigen die Ergebnisse.

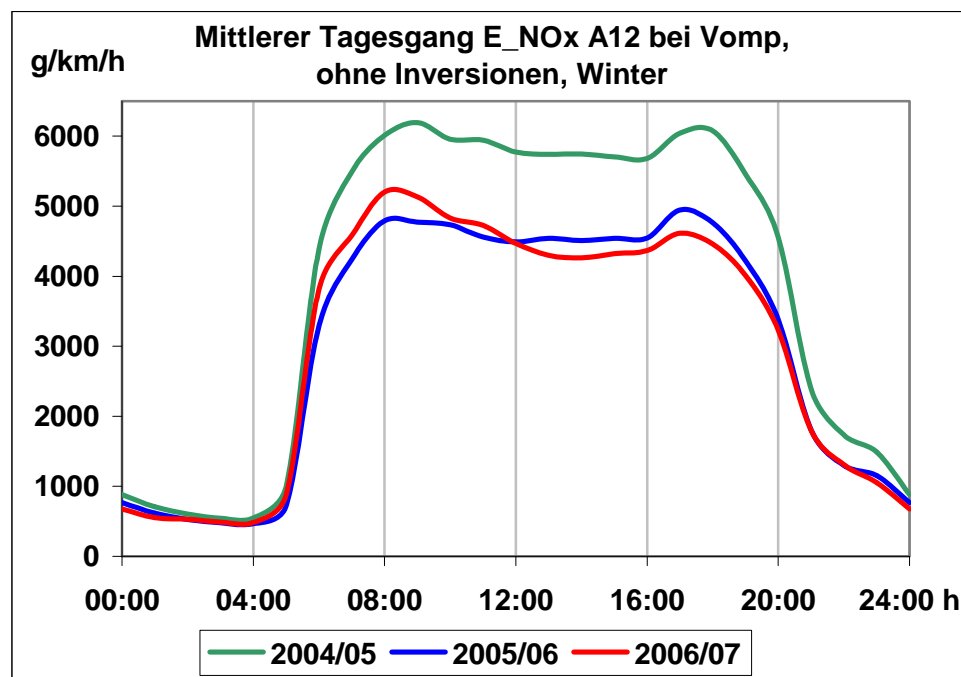


Abbildung 4.1: Mittlerer Tagesgang der NO<sub>x</sub>-Emissionen der A12 bei Vomp für die inversionsfreie Zeit (keine Inversion bis 300 m ü. Gr.), Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07.

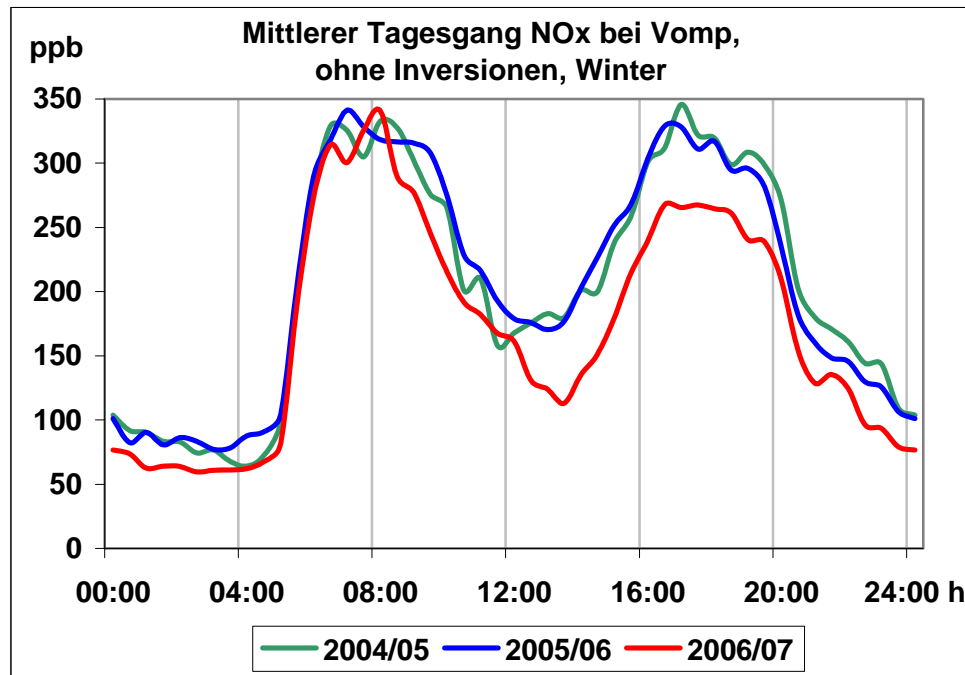


Abbildung 4.2: Mittlerer Tagesgang der NOx-Immissionen bei Vomp für die inversionsfreie Zeit (keine Inversion bis 300 m ü. Gr.) , Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07.

Im Vergleich Winter 2004/05 und 2005/06 passen Emissionen und Immissionen nicht zusammen, was wie schon weiter oben erwähnt mit der Problematik der zeitlichen Entwicklung der Emissionsfaktoren zusammenhängt.

Für die Tempo-100-Frage interessiert aber der Vergleich 2005/06 mit 2006/07. Hier sind die Unterschiede in den Emissionsfaktoren nicht groß. Es fällt auf, dass die Emissionen am Morgen im Winter 2006/07 in der inversionsfreien Zeit höher waren als 2005/06, am frühen Abend aber niedriger. Diese *relative* Verschiebung im Tagesgang hängt damit zusammen, dass am Nachmittag/frühen Abend deutlich mehr Pkw fahren als am Vormittag und damit die Emissionsreduktion wegen Tempo 100 am Nachmittag/frühen Abend mehr zu Buche schlägt. Dabei handelt es sich um 'behauptete' d.h. gerechnete Werte auf Grund der stündlich erfassten Verkehrszahlen und der Emissionsfaktoren, die (gemäß TU Graz) in bestimmter Weise von der Fahrgeschwindigkeit abhängen (s. dazu auch Teil 1 des Berichtes).

Die Abbildung 4.2 zeigt nun, dass sich diese relative Verschiebung zwischen den Wintern 2005/06 und 2006/07 im Tagesgang der Emissionen auch bei den Immissionen abbildet: Als Vergleichstageszeiten werden die Zeiträume 6 – 8 Uhr am Vormittag und 17 – 19 Uhr am frühen Abend gewählt. Bei Inversionsfreiheit sind diese Tageszeiten meteorologisch relativ ruhig: Im Winter keine Thermik, meist auch wenig Talwinde. Am Morgen waren die Emissionen im Winter 2006/07

um rund 8% höher als im Winter 2005/06, am frühen Abend um 6% niedriger, insgesamt also eine Verschiebung gegenüber 2005/06 vom Morgen zum Abend um -14%. Die gemessenen NO<sub>x</sub>-Immissionen waren 2006/07 am Morgen um etwa 2%, am frühen Abend um rund 15% niedriger, in diesem Falle insgesamt eine Verschiebung gegenüber 2005/06 vom Morgen zum Abend um -13%. Die Ähnlichkeit dieser relativen Verschiebungen bei den Emissionen und Immissionen ist ein Beleg für die immissionsseitige Wirkung von Tempo 100. Die gerechneten Emissionen geben die Verhältnisse für die Winter 2005/06 und 2006/07 korrekt wieder, denn die gemessenen Immissionen an der A12 bei Vomp zeigen diese relative Verschiebung in sehr ähnlichem Ausmaß. Die gerechneten Emissionen enthalten aber den Effekt von Tempo 100.

## 5. Immissionsvergleich zwischen den Wintern 2005/06 und 2006/07 an anderen Messstationen im Unterinntal

### 5.1. Überblick

Die nächste Abbildung vergleicht die mittleren NO<sub>x</sub>-Konzentrationen in den beiden Wintern 2005/06 und 2006/07 an verschiedenen Stationen im Unterinntal zwischen Innsbruck und Wörgl.

In der Stadt Innsbruck sind die Änderungen deutlich am geringsten ausgefallen. Im Rahmen dieses Berichtes kann nicht geklärt werden, weshalb dies so ist.

Bei den meisten Stationen ist die prozentuale Änderung beim NO<sub>2</sub> größer als beim NO<sub>x</sub>, extrem an der Station Vomp Leiten, wo das NO<sub>2</sub> um mehr als 40% zurückging. An der neuen Lärmschutzwand und dem neuen Damm kann es nicht liegen, denn die wurden im Juli 2005 fertig erstellt. Auch darauf kann im Rahmen dieses Berichtes nicht weiter eingegangen werden.

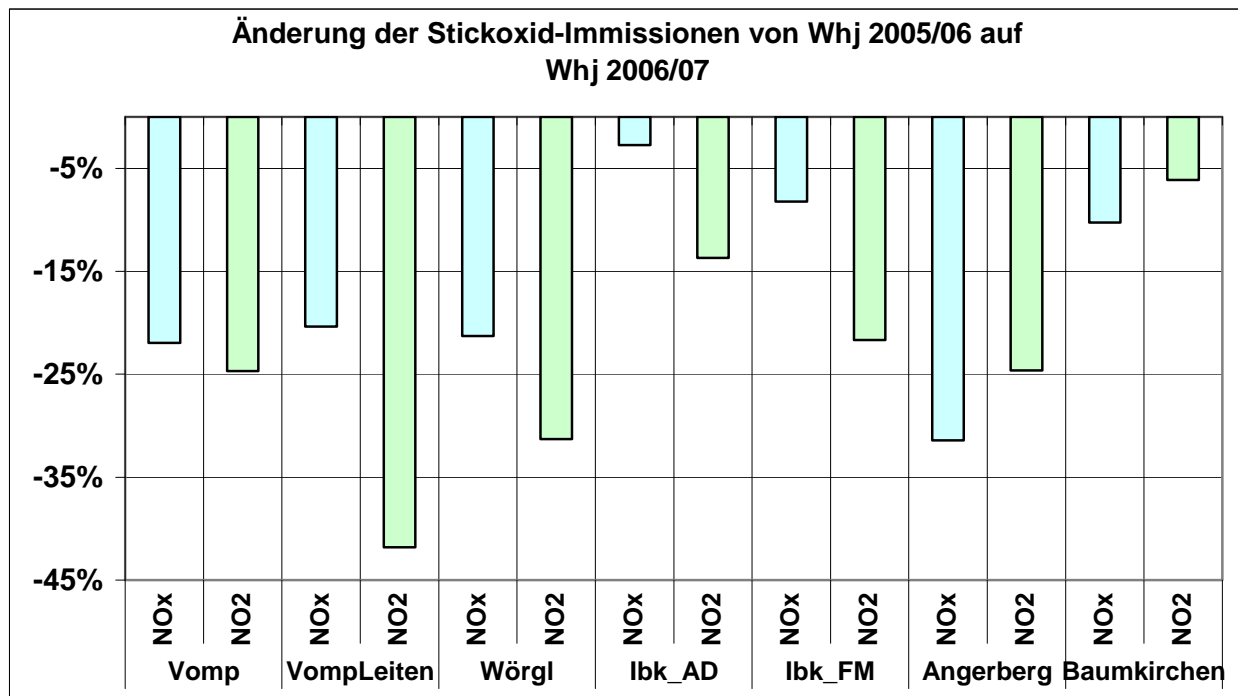


Abbildung 5.1: Änderung der NO<sub>x</sub>-Konzentrationen vom Winter 2005/06 auf den Winter 2006/07 an verschiedenen Messstationen im Unterinntal. Ibk\_AD: Innsbruck-Andechsstrasse. Ibk\_FM: Innsbruck-Fallmerayrstrasse.

## 5.2. Immissions- und Inversionsverläufe für vier weitere Messstationen

Im Folgenden werden Verläufe von NO<sub>x</sub>-Immissionen und in zwei Fällen Inversionshäufigkeiten als gleitende 7-Tagemittel für die Messstationen Wörgl, Baumkirchen, Angerberg (90 m über dem Talboden) und Innsbruck-Fallmerayrstrasse gezeigt. Dabei werden für jede Messstation drei Abbildungen dargestellt:

- NO<sub>x</sub>-Verlauf Winter 2005/06 und 2006/07;
- NO<sub>x</sub>- und Inversionshäufigkeitsverlauf für den Winter 2005/06;
- NO<sub>x</sub>- und Inversionshäufigkeitsverlauf für den Winter 2006/07.

Das Studium dieses Unterkapitels ist für das Verständnis des Berichtes bezüglich des Effektes von Tempo 100 nicht erforderlich. Der Vergleich zwischen den verschiedenen Stationen ist allerdings sehr interessant.

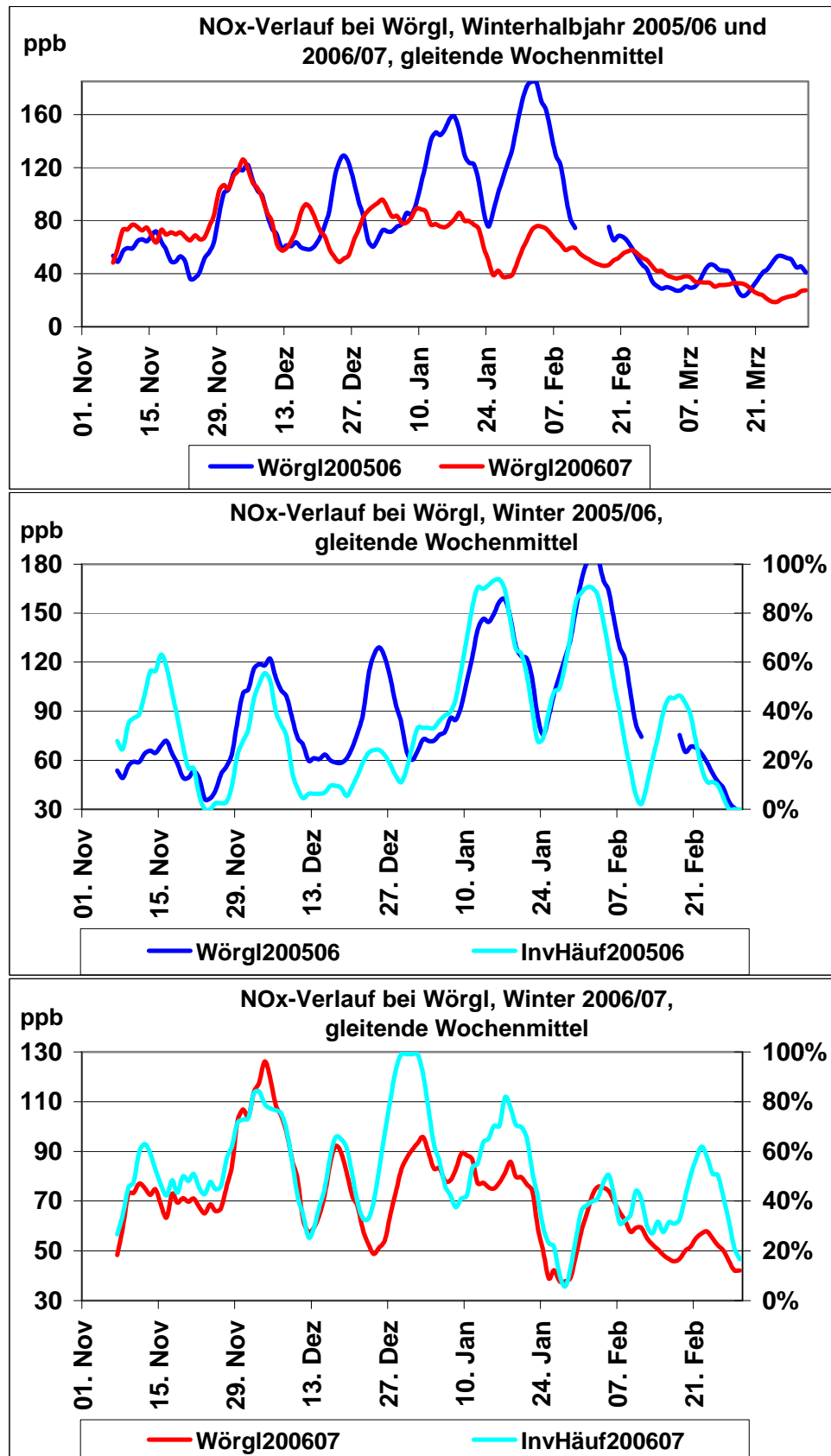


Abbildung 5.2: NOx- und Inversionshäufigkeitsverlauf für Wörgl, Winter 2005/06 und 2006/07.

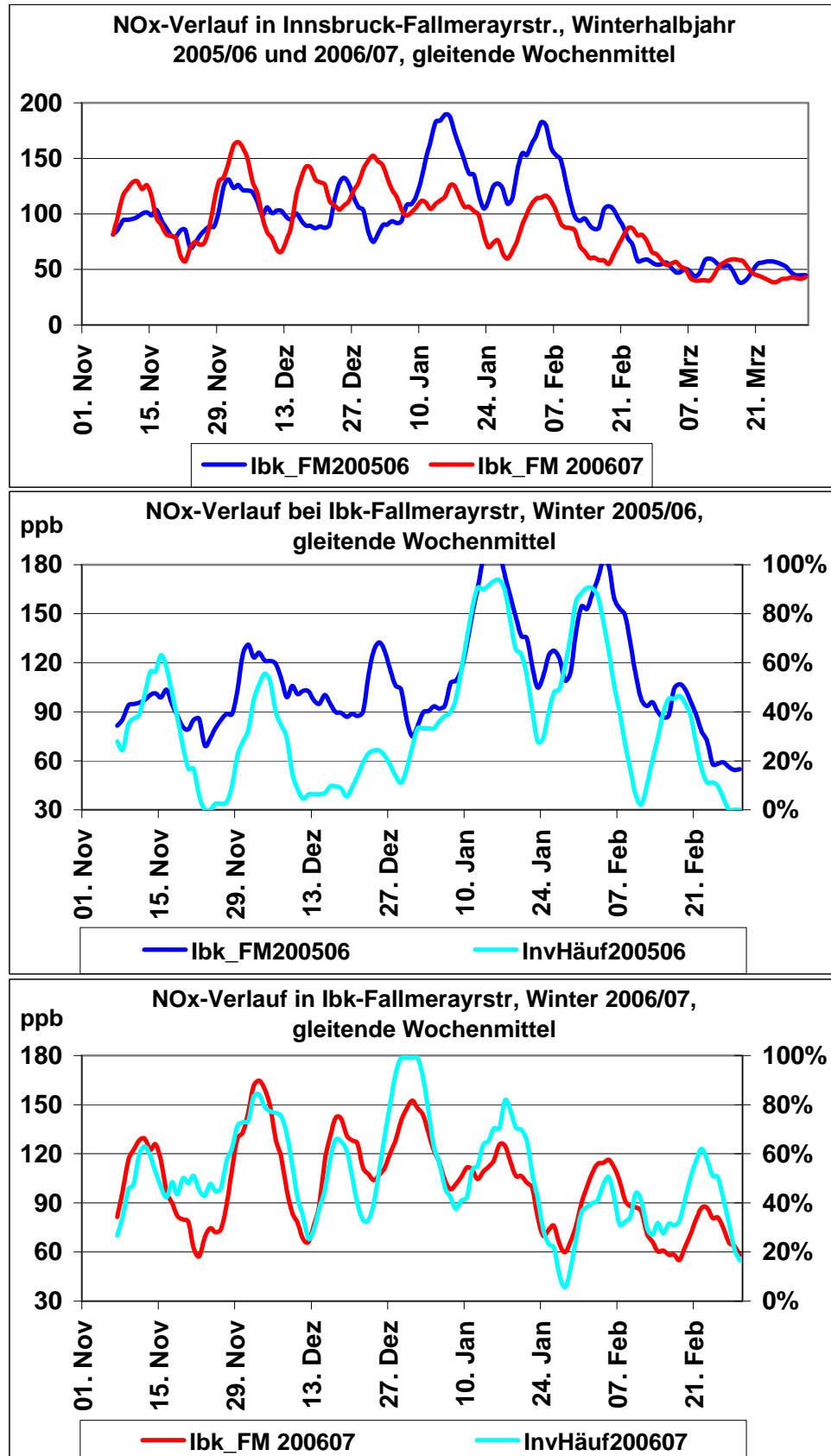


Abbildung 5.3: NOx- und Inversionshäufigkeitsverlauf für Innsbruck-Fallmerayrstrasse, Winter 2005/06 und 2006/07.

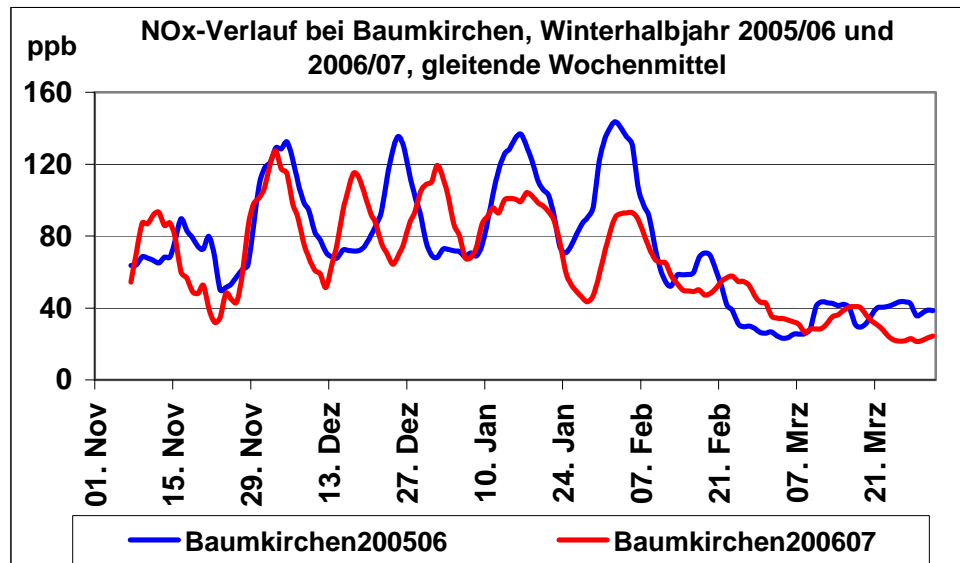


Abbildung 5.4: NOx- Verlauf für Baumkirchen (340 m Abstand zur A12), Winter 2005/06 und 2006/07.

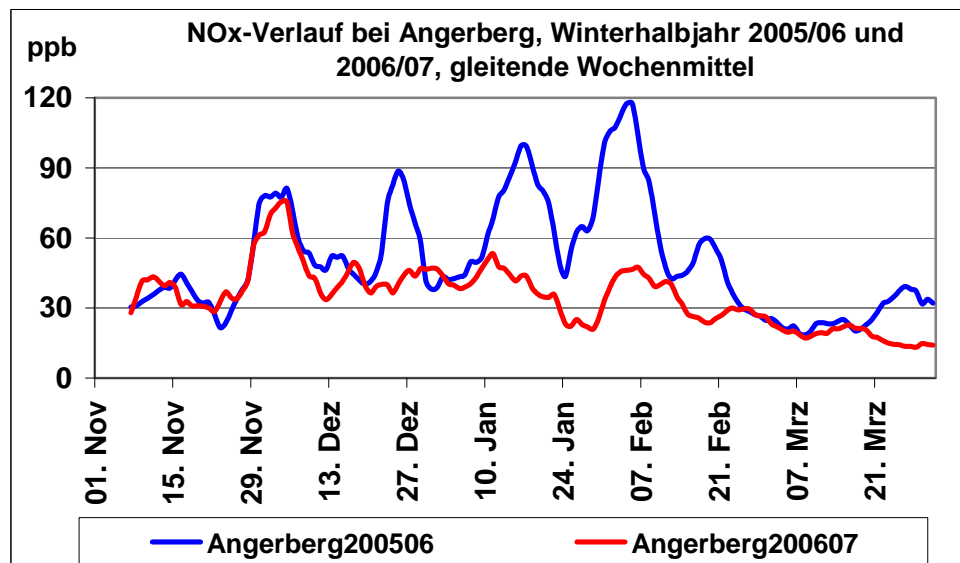


Abbildung 5.5: NOx- Verlauf für Angerberg (ca. 90 m über Talboden), Winter 2005/06 und 2006/07.

Grundsätzlich zeigen alle Stationen ähnliche Unterschiede in den Mustern von Immissionen und Inversionen in den beiden Wintern. Die straßenferneren Standorte bei Baumkirchen und Wörgl zeigen weniger Unterschiede in den NOx-Immissionen zwischen den beiden Wintern als Vomp, wie bereits dargelegt. Angerberg hingegen zeigt prozentual eine ähnlich große Verminderung im Winter 2006/07 wie Vomp. Es wäre sehr interessant, dies anhand der Daten des Temperaturprofils von Radfeld, welches gerade gegenüber liegt, weiter zu untersuchen, denn in solchen Hanglagen finden sich im Inntal viele Siedlungen.

### 5.3. NO<sub>2</sub>-Vergleich für die Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07

Die Verhältnisse sind beim NO<sub>2</sub> noch komplexer als beim Gesamtstickoxid NO<sub>x</sub>, weil da noch die unterschiedlichen Konversionsbedingungen (aus NO wird NO<sub>2</sub> gebildet) ins Spiel kommen. Bei Baumkirchen in 340 m Abstand von der A12 folgt das NO<sub>2</sub> grundsätzlich dem NO<sub>x</sub>, wenn auch gedämpft.

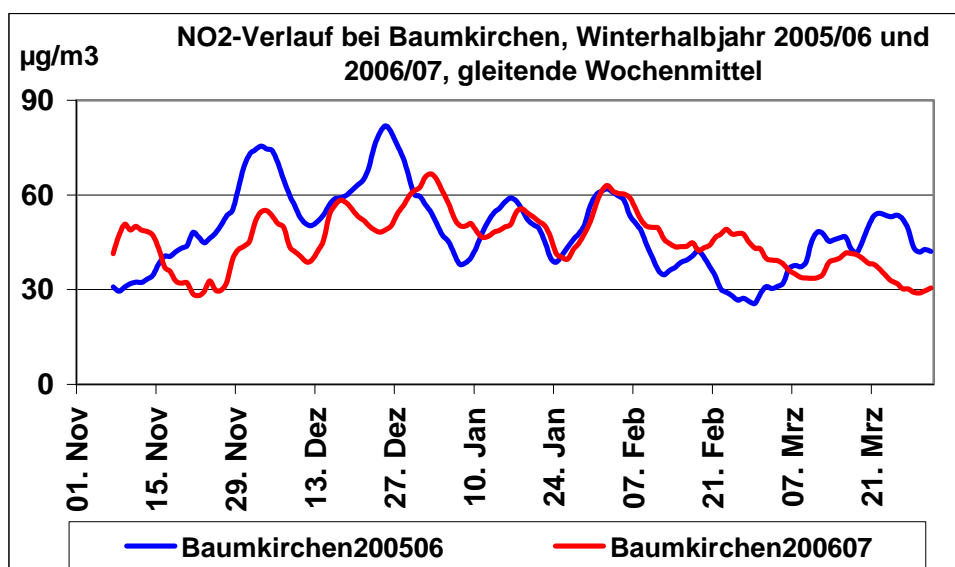


Abbildung 5.6: NO<sub>2</sub>- Verlauf für Baumkirchen (340 m Abstand zur A12), Winter 2005/06 und 2006/07.

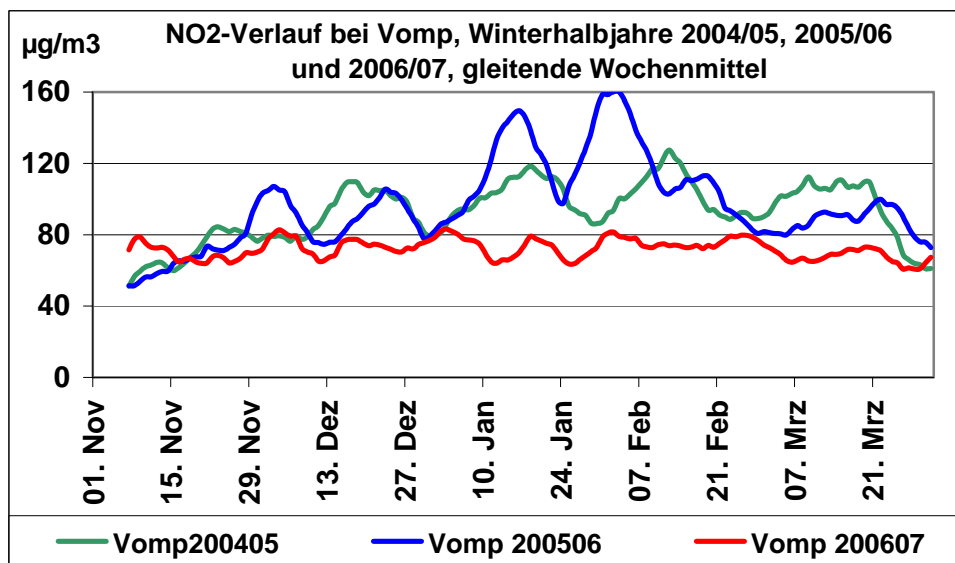


Abbildung 5.7: NO<sub>2</sub>- Verlauf für Vomp (A12), Winter 2005/06 und 2006/07.

Bei Vomp zeigt das NO<sub>2</sub> über den ganzen Winter 2006/07 nur mehr wenig Reaktion auf die meteorologischen Verhältnisse (Inversionen). Dies im Unterschied zu den vorhergehenden Wintern. Am zu knappen Ozonangebot konnte es nicht liegen, denn dies war bei der Wärme und Trockenheit kaum in geringerer Masse vorhanden als in früheren Wintern.

## 6. Zur immissionsklimatischen Situation im Oberinntal

### 6.1. Einführung

Im Winter 2006/07 hat das Tempo 100 – Limit bis nach Zirl-West im Oberinntal gegolten. Ebenso soll das temporäre Tempo 100 – Limit, welches von der Situation bei Vomp gesteuert wird, bis nach Zirl gelten. In diesem Kapitel wird dargelegt, dass die Situation im oberen Unterinntal von Jenbach bis Hall vom Verkehrsaufkommen und von den Ausbreitungsbedingungen für die Luftschadstoffe her auch in diesem Abschnitt des Oberinntals nahe Innsbruck zumindest näherungsweise gelten und von daher die Ausdehnung von Maßnahmen, die im Unterinntal gelten, bis Zirl gerechtfertigt ist.

### 6.2. Verkehrsaufkommen im Abschnitt Innsbruck – Zirl der A12

Das Verkehrsaufkommen auf der A12 im Abschnitt Innsbruck – Zirl wird anhand der Jahresdurchschnittswerte 2005 je Fahrzeugkategorie und der mittleren Emissionswerte für die Zählstelle Kematen im Vergleich mit der Zählstelle Vomp aufgezeigt:

Tabelle 6.1: Kennzahlen des Verkehrsaufkommens und der Emissionen auf der A12 bei Vomp und bei Kematen, 2005. DTV: Durchschnittlicher täglicher Verkehr; SGV: Schwerer Güterverkehr; E\_NOx: Emission an NOx; E\_Part: Emission an Partikelmasse; E... Pkw-Anteil: Anteil der Pkw-Emission an der gesamten Emission der A12.

<b>2005</b>	<b>Vomp</b>	<b>Kematen</b>	<b>Kematen/Vomp</b>
<b>DTV alle Fz</b>	<b>51848</b>	<b>53686</b>	<b>104%</b>
<b>DTV Pkw</b>	<b>39454</b>	<b>44831</b>	<b>114%</b>
<b>DTV SGV</b>	<b>8022</b>	<b>3501</b>	<b>44%</b>
<b>E_NOx total [g/km/h]</b>	<b>3538</b>	<b>2702</b>	<b>76%</b>
<b>E_Part total [g/km/h]</b>	<b>143</b>	<b>141</b>	<b>98%</b>
<b>E_NOx Pkw-Anteil</b>	<b>35%</b>	<b>52%</b>	<b>148%</b>
<b>E_Part Pkw-Anteil</b>	<b>59%</b>	<b>68%</b>	<b>114%</b>

Die angegebenen Kennzahlen betreffen das Jahr 2005. Die Relationen werden sich auch in den folgenden Jahren einstweilen gleich bleiben. Insgesamt verkehren auf der A12 bei Kematen mehr Fahrzeuge als bei Vomp. Dies liegt an den um 14% zahlreicheren Pkw. Der Schwere Güterverkehr beträgt jedoch weniger als die Hälfte, und deshalb sind die NOx-Emissionen auch nur etwa  $\frac{3}{4}$  so hoch wie bei Vomp. Die Partikelemissionen sind nahezu gleich. Vom Verkehrsaufkommen her ist es grundsätzlich gerechtfertigt, verkehrliche Maßnahmen bis nach Zirl auszudehnen.

### 6.3. Atmosphärische Ausbreitungssituation

Die atmosphärische Ausbreitungssituation bestimmt sich vor allem nach dem Auftreten von Inversionen. Es gibt im Inntal drei Temperaturprofile, die die Bestimmung von Inversionssituationen erlauben: Bei Radfeld (unteres Unterinntal), Schwaz (oberes Unterinntal) und bei Haiming (Oberinntal).

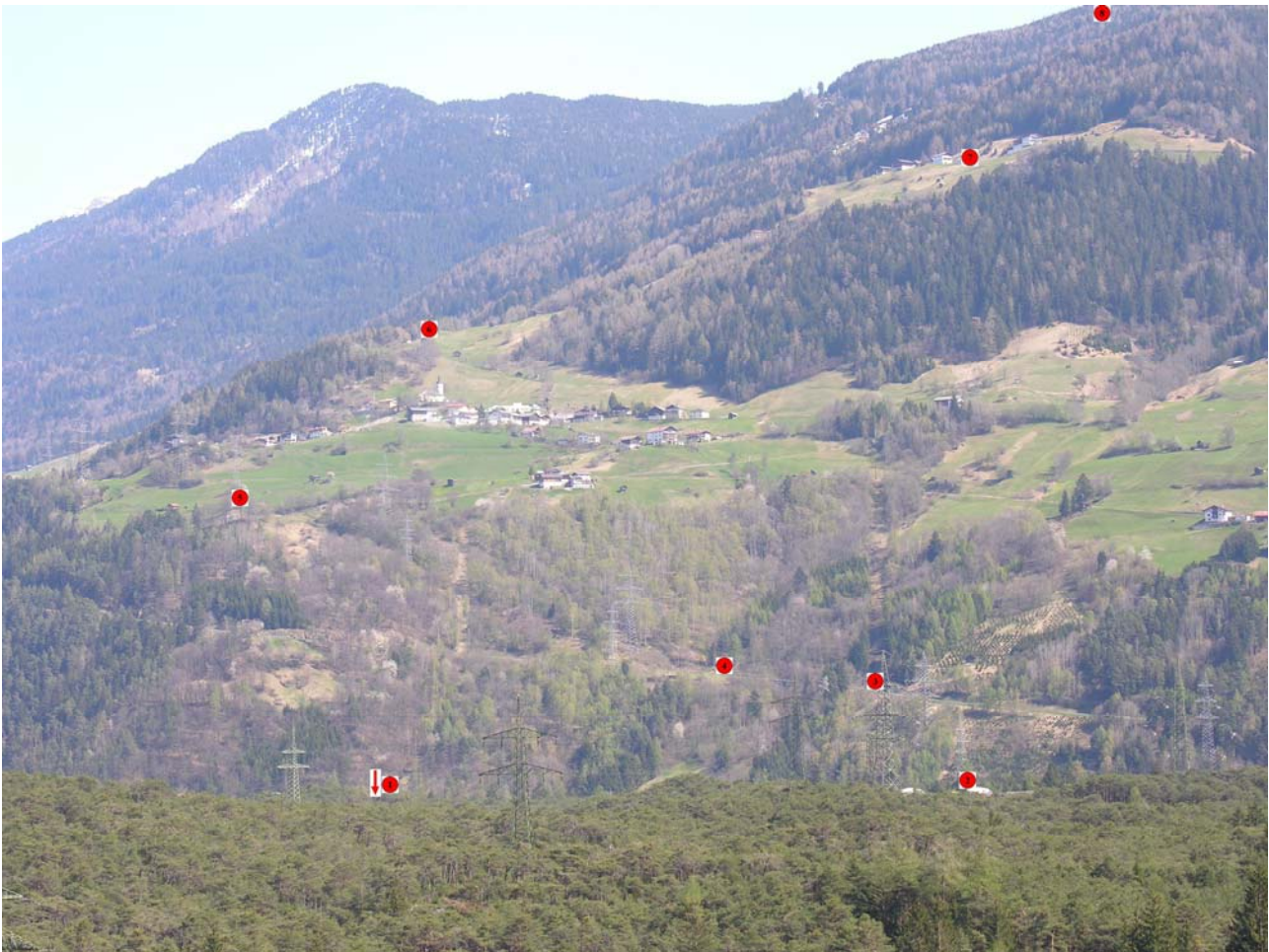


Abbildung 6.1: Temperaturprofil bei Haiming, Messpunkte 1 – 8.

*Bildquelle: Andreas Krismer, Landesforstdirektion Tirol.*

Zunächst werden die Inversionshäufigkeiten für alle drei Profile dargestellt. Dabei wird die Häufigkeit farbcodiert je Luftschicht im mittleren Tagesgang gezeigt; dies ist eine sehr gute Methode, um die Quintessenz von etwa 280'000 Messwerten je Profil und Jahr zusammenzufassen. Dabei werden die untersuchten Profilpaare Schwaz/Haiming und Schwaz/Radfeld jeweils zeitgleich miteinander verglichen.

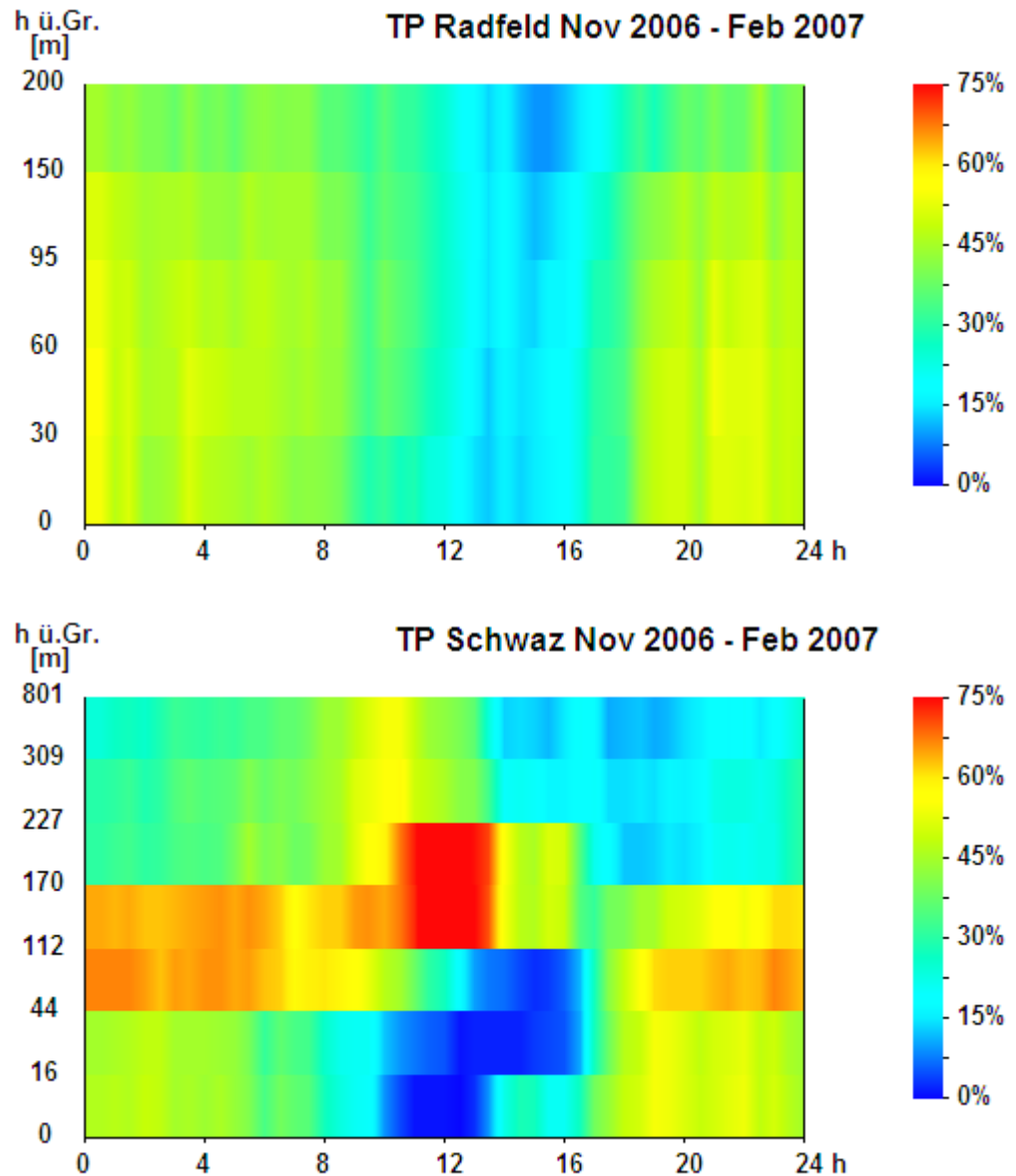


Abbildung 6.2: Mittlerer Tagesgang der Inversionshäufigkeit bei Radfeld und bei Schwaz, Winter 2006/07.

Das Temperaturprofil Schwaz führt über eine Mittelgebirgsterrasse hinweg, so dass die Schicht zwischen 112 und 227 m ü. Gr. tagsüber eine Überwärmung anzeigt, die zwar dort tatsächlich vorhanden ist, die aber nicht der Schichtung über dem Tal entspricht. Diese Inversionen sind also nicht wirklich vorhanden. Im Übrigen zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen der atmosphärischen Schichtung bei Schwaz und Radfeld: Die Inversionsauflösung in den untersten Schichten findet bei Schwaz immer statt, bei Radfeld zu 10-20% der Wintertage nicht. In den untersten 100 m gibt es bei Schwaz in der Nacht eine Zwischenschichtung,

die nicht strahlungsbedingt sein kann (deutlich mehr Inversionen zwischen 40 und 110 m als darunter), bei Radfeld ist dem nicht so. Überhaupt zeigt Radfeld ein überaus homogenes Temperaturprofil, das einerseits sehr gut positioniert ist (Verzicht auf leicht zugängliche Lichtungen mit hohem Potenzial an eigenem Mikroklima; Inkaufnahme eines steilen Waldhanges), andererseits aber auch wirkliche Unterschiede zu Schwaz zeigt.

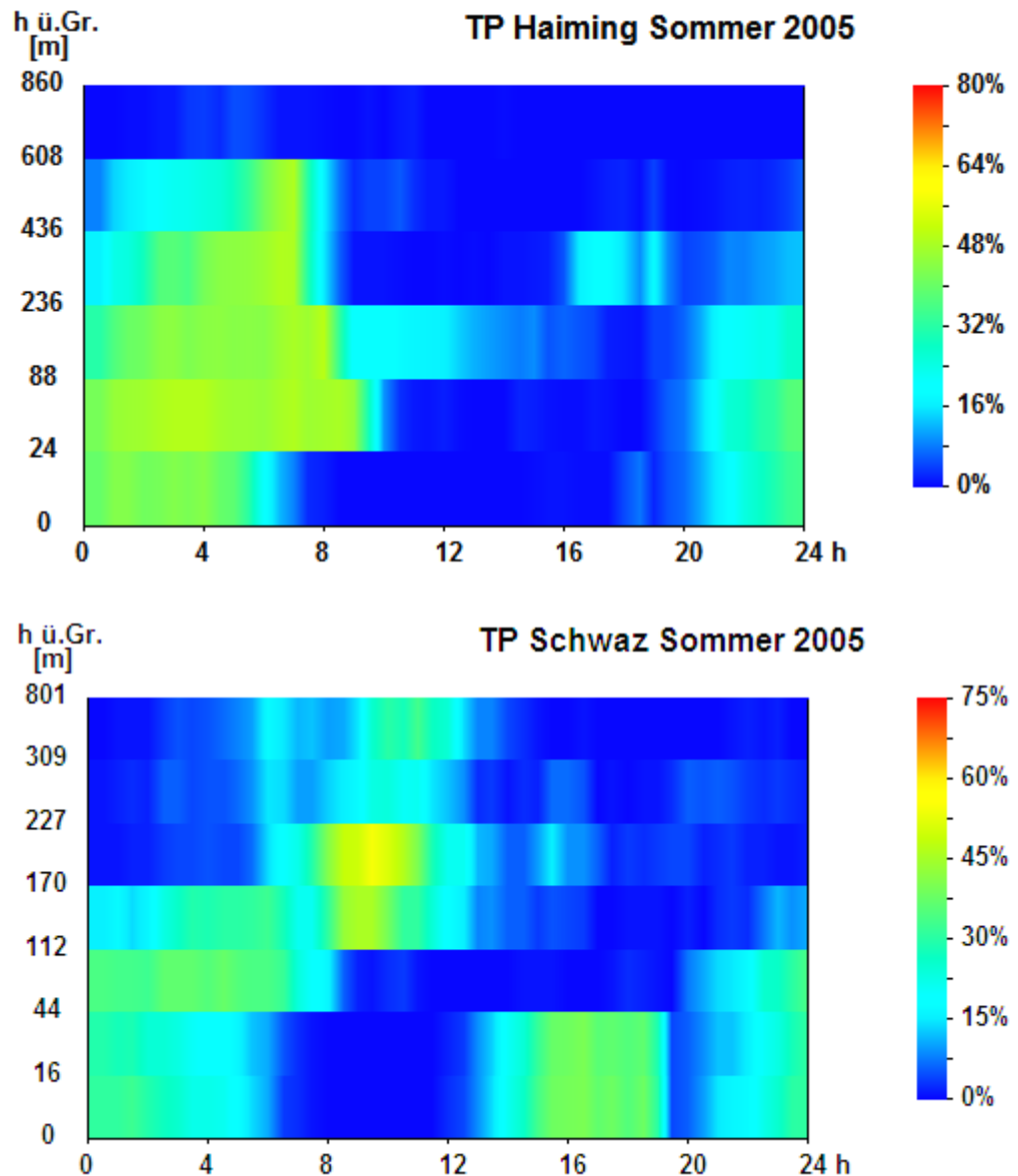


Abbildung 6.3: Mittlerer Tagesgang der Inversionshäufigkeit bei Haiming und bei Schwaz, Sommer 2005.

Die Inversionen bei Schwaz und Haiming zeigen auf den untersten lufthygienisch relevanten 200 – 300 m eine recht ähnliche Häufigkeitsverteilung im Tagesgang. Die gezeigten Inversionen bei Schwaz zwischen 112 und 227 m ü. Gr. sind wie

schon erwähnt strahlungsbedingt und nicht real. Ebenso sind die angezeigten Inversionen am Nachmittag bis 44 m wahrscheinlich einstrahlungsbedingt und nicht real; denn mit Sonnenuntergang lösen sie sich auf (d.h. die Überwärmung verschwindet), bis sich im Laufe des Abends wieder neue, diesmal echte bilden.

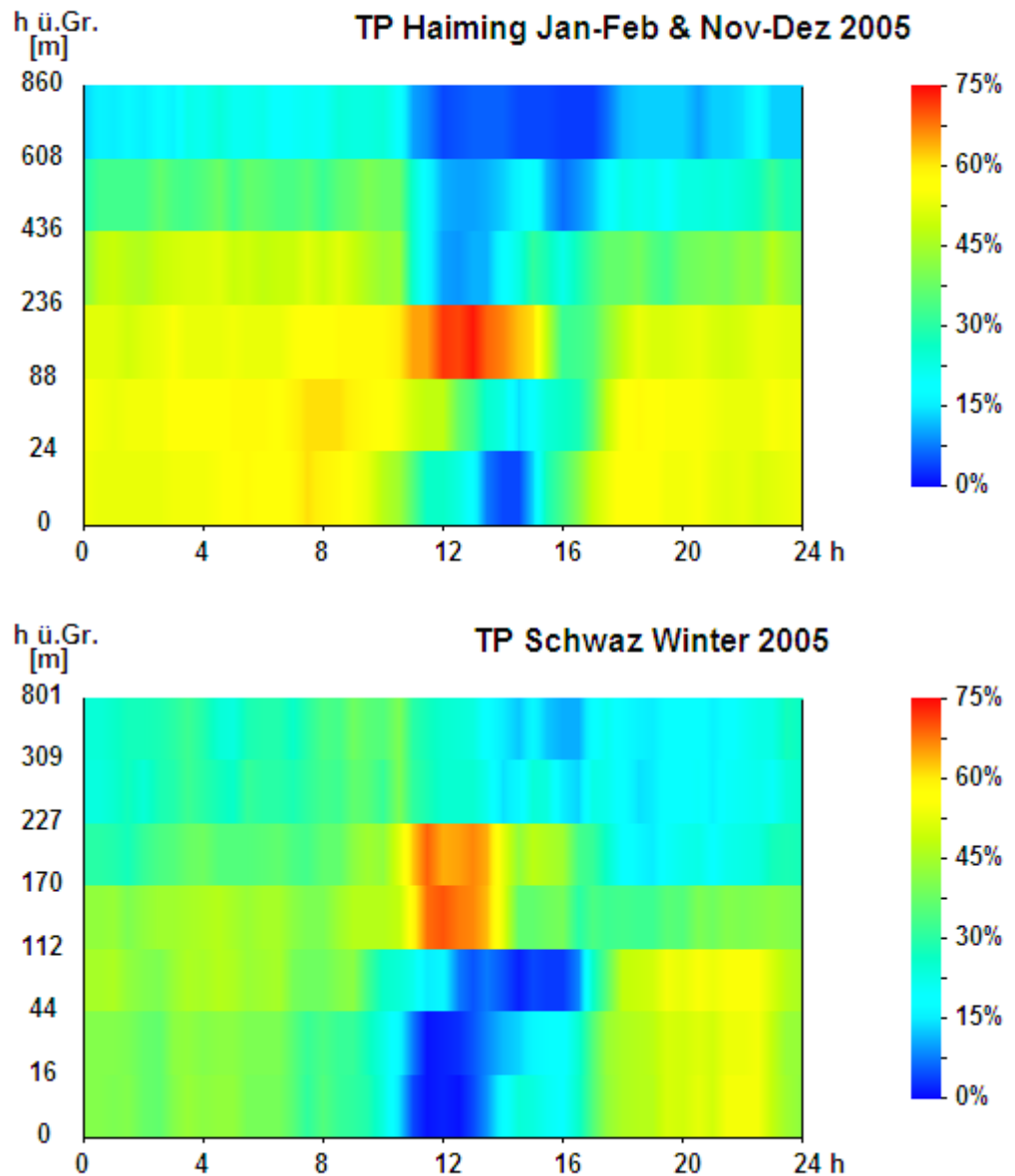


Abbildung 6.4: Mittlerer Tagesgang der Inversionshäufigkeit bei Haiming und bei Schwaz, Winter 2005.

Auch im Winter zeigt der Inversionsverlauf an den beiden Orten ein ähnliches Muster im Tagesgang, bei Haiming sind Inversionen aber an sich häufiger; aber auch dort gibt es ein Zeitfenster, in welchem sich praktisch immer die bodennahsten Inversionen auflösen.

Im nächsten Schritt wurde untersucht, inwieweit Inversionen in den verschiedenen Profilen zeitgleich auftreten. Auch hier wurde auf eine farbcodierte Darstellungsmethode zurückgegriffen.

Bei den Inversionen von Schwaz und Haiming ist es beachtlich, wie häufig Inversionen trotz der großen räumlichen Distanz zeitgleich auftreten. In Haiming dauern Inversionen bisweilen etwas länger an und bilden sich gegen Abend etwas früher. In Schwaz haben wir vor allem in den Sommernächten etwas häufiger Inversionen; der Ausstrahlungseffekt der großen Talebene kommt dann zum Tragen. Das Bild ist sowohl für Inversionen bis zu 100 m und bis zu 300 m über Boden sehr ähnlich. Insgesamt sind die Ausbreitungsbedingungen bei Haiming als etwas schlechter als bei Schwaz einzustufen, weil es dort tagsüber, wenn der Grossteil der Emissionen anfällt, etwas mehr Inversionen gibt. Jedenfalls kann nicht davon ausgegangen werden, dass im Oberinntal die Durchmischungsbedingungen besser wären als im Unterinntal.



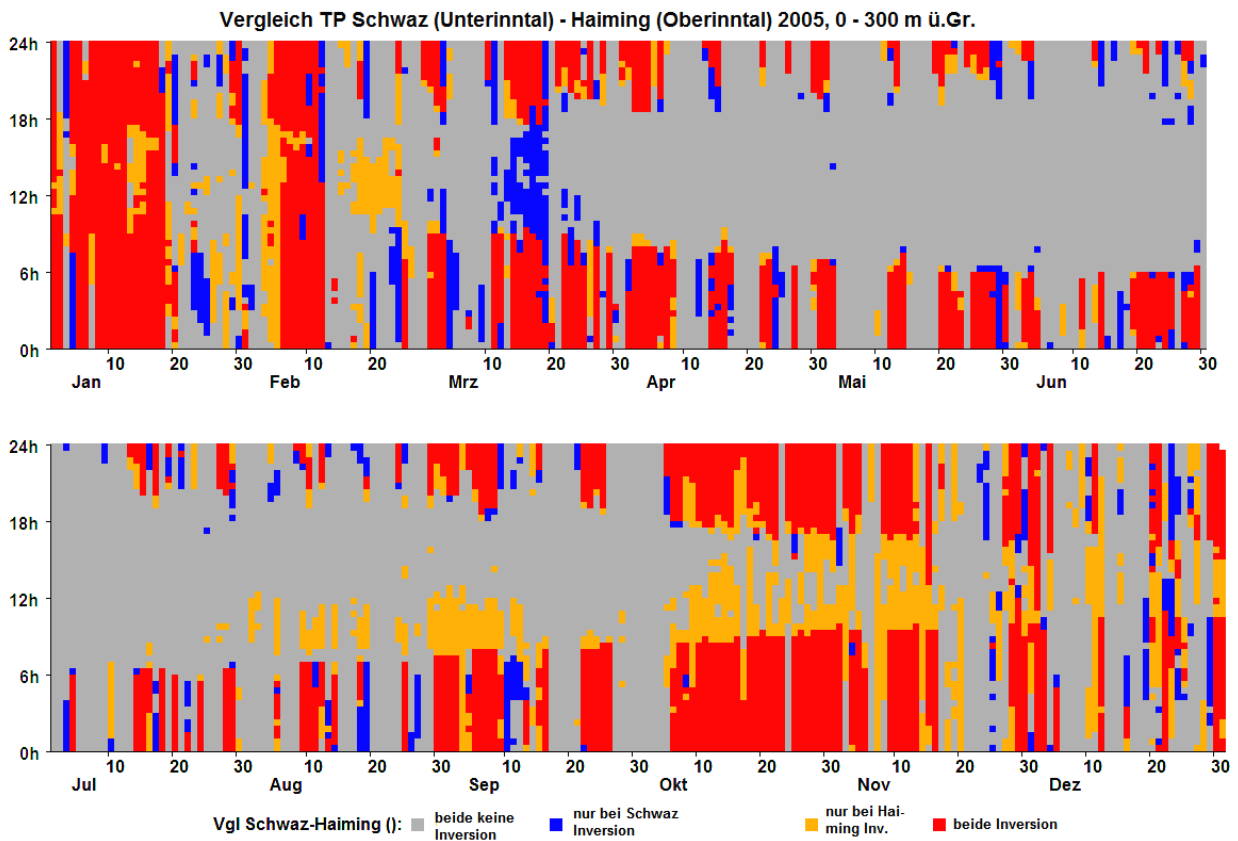


Abbildung 6.5: Gleichzeitiger und nicht gleichzeitiger Auftritt von Inversionen zwischen 0 und 100 m bzw. zwischen 0 und 300 m ü. Gr. in den Temperaturprofilen bei Schwaz und bei Haiming 2005.

Beim Vergleich der Inversionen in den Profilen von Schwaz und Radfeld zeigt sich trotz der viel größeren räumlichen Nähe ein doch ziemlich anderes Bild. Zwar überwiegt auch hier der gleichzeitige Auftritt von Inversionen. Doch ist die Inversionshäufigkeit bei Schwaz doch höher, was auf Grund der Abbildung 6.2 ja auch zu erwarten war. In Radfeld hat es tagsüber ein wenig mehr Inversionen auf den untersten 100 m, insgesamt aber weist die Region Schwaz etwas ungünstigere Ausbreitungsbedingungen auf. Inwieweit der besonders milde Winter 2006/07 bei dem Befund eine Rolle spielt, kann nicht beurteilt werden, da vom Temperaturprofil Radfeld erst seit Juli 2006 Daten vorliegen.

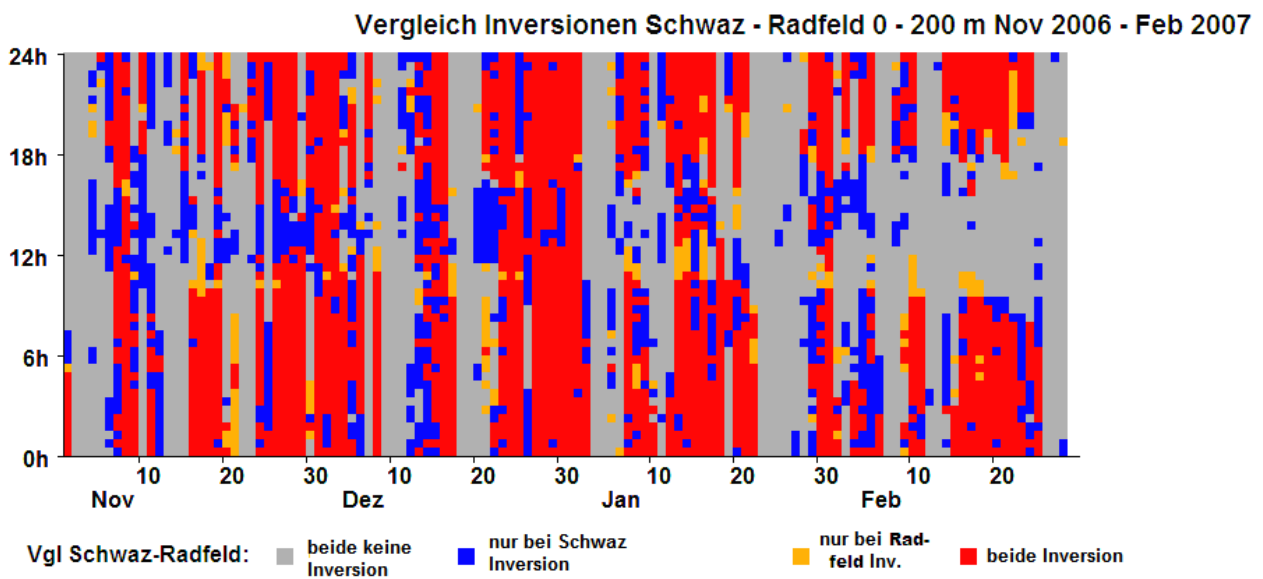
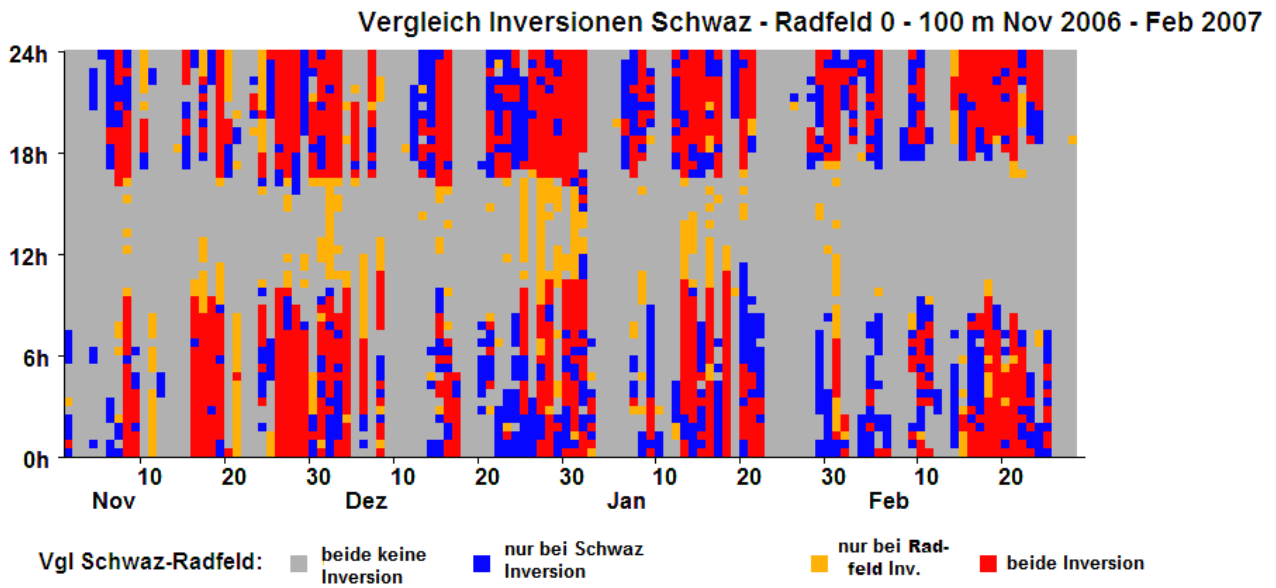


Abbildung 6.6: Gleichzeitiger und nicht gleichzeitiger Auftritt von Inversionen zwischen 0 und 100 m bzw. zwischen 0 und 200 m ü. Gr. in den Temperaturprofilen bei Schwaz und bei Radfeld, Winter 2006/07.

## 6.4. Inversionen und Immissionen im Oberinntal

Im letzten Abschnitt konnte das ähnliche Muster des Inversionsauftretens im Oberinntal und im oberen Unterinntal aufgezeigt werden. Für die Aussage, dass ähnliche meteorologische Ausbreitungsbedingungen in den beiden Regionen herrschen, braucht es außerdem noch den Nachweis einer deutlichen Reaktion der Immissionen auf das Vorhandensein einer Inversion. Von August 2004 bis Juli 2005 wurden bei Haiming Immissionsmessungen durchgeführt. Die Messstelle war etwa 100 m von der Linie der A12 entfernt, allerdings im Bereich eines Tunnels, so dass der 'relevante Straßenabstand' wesentlich größer war. Es handelte sich um einen für das Oberinntal typischen Talboden-Standort, in keinem lokalen Becken gelegen. Das Gesamtstickoxid  $\text{NO}_x$  reagierte auch an diesem Standort stark auf das Vorhandensein einer Inversion, wie die folgenden Abbildungen zeigen:

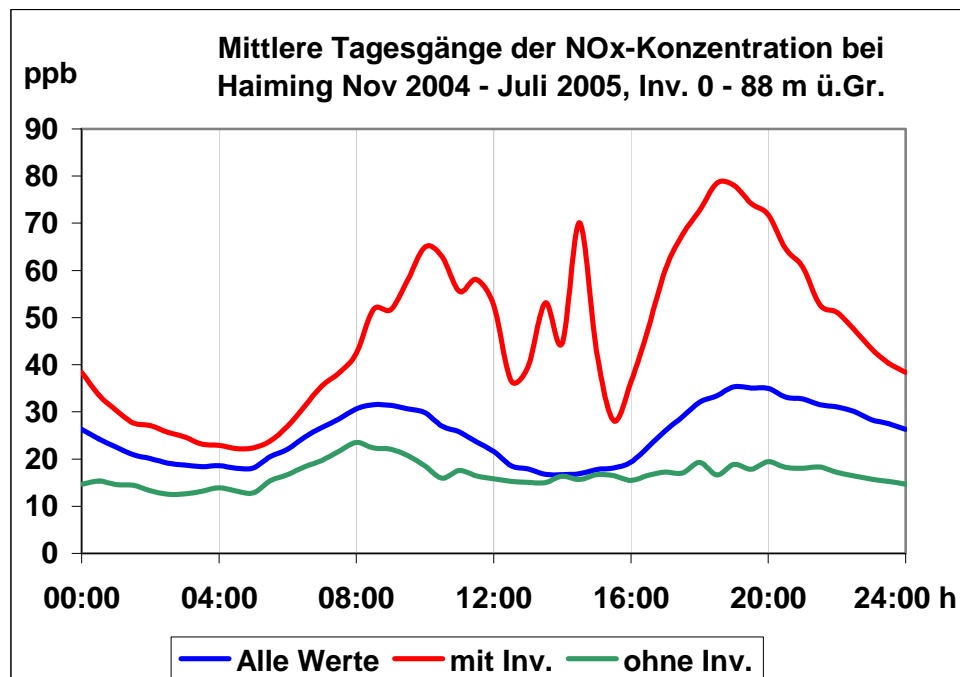


Abbildung 6.7: Mittlere Tagesgänge der  $\text{NO}_x$ -Konzentration bei Haiming, Nov 2004 – Juli 2005. Unterteilung mit und ohne Inversion zwischen 0 und 88 m ü. Gr, bestimmt anhand des Temperaturprofils bei Haiming.

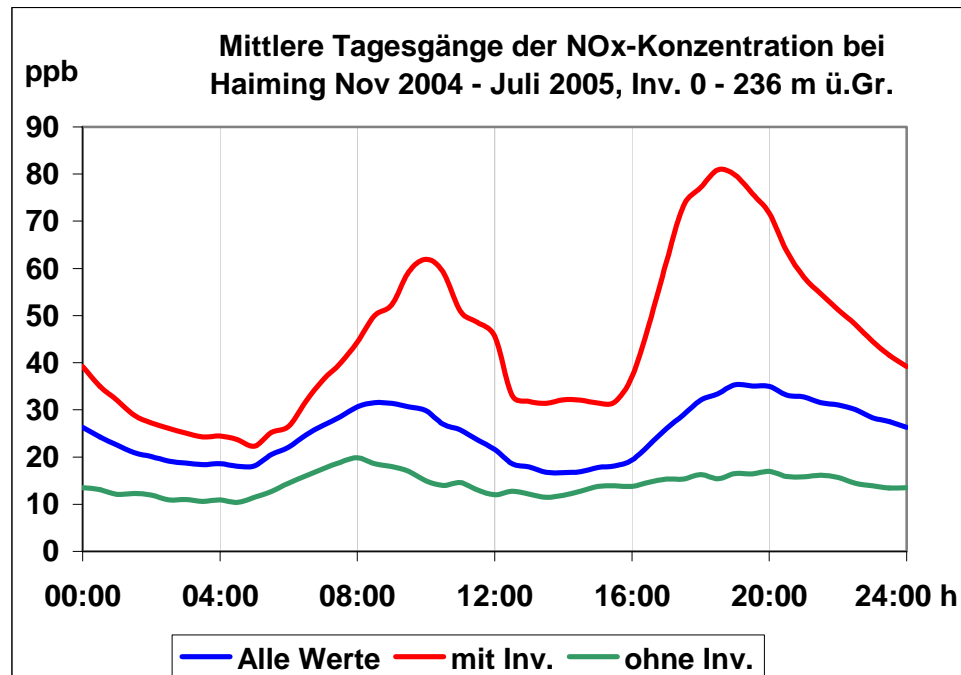


Abbildung 6.8: Mittlere Tagesgänge der NO<sub>x</sub>-Konzentration bei Haiming, Nov 2004 – Juli 2005. Unterteilung mit und ohne Inversion zwischen 0 und 236 m ü. Gr, bestimmt anhand des Temperaturprofils bei Haiming.

Die Unterschiede zwischen den betrachteten Schichten sind nicht groß, die Schicht 0 – 236 m ü. Gr. wirkt selektiver auf die Immissionen. Die Fluktuationen beim NO<sub>x</sub> um die Mittagszeit für Inversionen von 0 – 88 m ü. Gr. rührt daher, dass es um diese Tageszeit nur wenige tiefliegende Inversionen gibt, diese Werte also nicht repräsentativ sind.

Gesamtfazit aus Kap. 6.3. und 6.4.: Im Oberinntal und oberen Unterinntal herrschen ähnliche meteorologische Ausbreitungsbedingungen. Zwischen dem oberen und unteren Unterinntal sind die Unterschiede größer (etwas bessere Ausbreitungsbedingungen im unteren Unterinntal), obgleich auch in diesem Fall zeitgleiche Inversionslagen überwiegen.

## 7. Zusammenfassung

Von November 2006 bis April 2007 galt auf der A12 im Inntal zwischen Kufstein und Zirl ein generelles Tempolimit von 100 km/h. Die Effekte dieses Limits wurden anhand von meteorologischen und immissionsseitigen Messungen abgeschätzt.

Im Winter 2006/07 war es in allen Höhenlagen 4 – 5 ° wärmer als normal. Die größte Differenz gab es in etwa 300 m Höhe über Talboden mit knapp über 5 °C. Im Winter 2006/07 gab es im Vergleich zum 2005/06 einen geringeren Temperaturgradienten in der untersten Schicht, aber einen deutlich größeren bis etwa 300 m Höhe.

Dies weist darauf hin, dass die Luftschadstoffe im Winter 2006/07 sogar noch etwas häufiger als sonst im Inntal durch Inversionen zurückgehalten wurden, auf den untersten ca. 100 m jedoch konnten sie sich freier ausbreiten. Das bedeutet, dass besonders quellennahe und leicht erhöhte Standorte einen besonders hohen Rückgang der Luftschadstoffkonzentrationen aufgewiesen haben.

Auf Grund der Komplexität der Unterschiede in den Ausbreitungssituationen in den beiden letzten Wintern kann für Inversionssituationen der Effekt von Tempo 100 aus den Messungen nicht abgeleitet werden. Die Modellierung (Teil 1 des Berichtes) konnte dies schon, weil sie eben empirisch ist und die veränderten Ausbreitungsbedingungen für jede Stunde abgebildet wurden.

Für die inversionsfreien Zeiten in den beiden Wintern 2005/06 und 2006/07 hingegen zeigt sich bei den gemessenen NO<sub>x</sub>-Immissionen ein sehr ähnlicher Unterschied im Tagesverlauf zwischen den beiden Wintern wie bei den Emissionen, welche den rechnerischen Effekt von Tempo 100 (weniger Emissionen) beinhalten. Daraus kann die Immissionsreduktion von Tempo 100, die der errechneten Emissionsreduktion etwa entspricht, abgeleitet werden.

Im Oberinntal und oberen Unterinntal herrschen ähnliche meteorologische Ausbreitungsbedingungen; dies zeigen Untersuchungen zur atmosphärischen Schichtung. Zwischen dem oberen und unteren Unterinntal sind die Unterschiede größer (etwas bessere Ausbreitungsbedingungen im unteren Unterinntal), obgleich auch in diesem Fall zeitgleiche Inversionslagen überwiegen.