

Beiträge zu einer immissionsklimatisch abgestützten Lenkung der Verkehrsströme auf der Inntalautobahn

Dr. Franziska Siegrist & Dr. Jürg Thudium
5.10.2001 / 5201.00

OEKOSCIENCE AG

Quellenstrasse 31, CH-8005 Zürich, Tel.: +41 1 271 68 05, Fax: +41 1 273 15 50
und: Wiesentalstrasse 37, CH7000 Chur, Tel.: +41 81 354 90 10, Fax: +41 81 354 90 11

Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse des gleichnamigen Berichts vom 9.9.2001
(Oekoscience AG: J. Thudium, F. Siegrist & P. Maly, im Auftrag der Tiroler Landesregierung)

Begriffe:	
NO _x :	Stickoxide. Die Fahrzeuge emittieren vor allem NO (Stickstoffmonoxid), das mit dem Luftsauerstoff zu NO ₂ (Stickstoffdioxid) umgewandelt wird.
Immission:	Schadstoffeintrag an einem bestimmten Standort, hier gemessen als Schadstoffkonzentration in der Luft auf 3 m über Grund
Emission:	Schadstoffausstoss (in diesem Fall durch den Verkehr)
I/E-Verhältnis:	=Immissions- zu Emissionsverhältnis. Dies ist eine spezielle Formel, um die Immission pro emittierte Schadstoffmenge zu bestimmen (vgl. Kapitel 3)
Inversion:	stabile Luftschichtung, die den Luftaustausch unterbindet (vgl. Kapitel 2)

1. Einleitung

Die Luftschadstoffbelastung im Unterinntal nordöstlich von Innsbruck wird hauptsächlich von der Inntal-Autobahn A12 verursacht. Sie wird einerseits durch das Verkehrsaufkommen, andererseits aber auch durch die Lage des breiten, fast flachen Alpentales und die aktuelle meteorologische Situation beeinflusst. Der im Auftrag der Tiroler Landesregierung von *Oekoscience AG* erstellte Bericht untersucht die wissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen den Emissionen durch die Autobahn, den klimatischen Bedingungen und der Immissionsbelastung im Tal. Die Ergebnisse der Untersuchung dienen als Argumentationsinstrument, um die Verkehrsströme von Personen- und Schwerverkehr so auf die verschiedenen Tages- und Jahreszeiten zu verteilen, dass die lufthygienische Belastung für das Tal so gering wie möglich ausfällt.



Messstation bei Vomp an der A12 (Bildmitte)

Dazu wurden Daten von 7 Immissionsstationen der Tiroler Landesforstdirektion (LFD) und der Niederösterreichischen Umweltanstalt (NUA) ausgewertet. Diese liegen zwischen Volders und Jenbach in einem Abstand von 0 bis 350 m zur Autobahn. Die meteorologischen Untersuchungen beruhen auf Messungen bei Vomp sowie einem Temperaturprofil bei Schwaz. Die Temperaturschichtung der Luft über dem Talboden spielt eine wesentliche Rolle für die Ausbreitung der Schadstoffe.

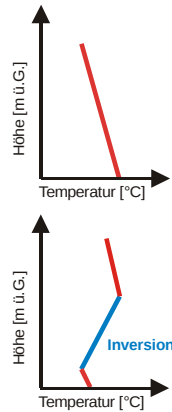
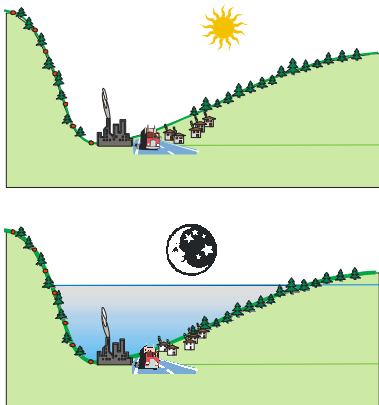
Als Untersuchungszeitraum wurde das Jahr 2000 gewählt. Dieses war im Vergleich zum langjährigen Mittelwert deutlich zu warm und wies besonders im Sommer und im Herbst mehr Niederschläge auf. Diese Bedingungen sind lufthygienisch eher günstig. Das heisst, die Ausbreitungsbedingungen sind besser als im langjährigen Mittel und die Schadstoffbelastung für das Tal somit geringer. Die Resultate dieses Berichtes zeigen also einen Idealfall. Die Schadstoffbelastung im Tal kann in einem meteorologisch ungünstigen Jahr noch deutlich höher ausfallen.

Folgende Methoden wurden angewendet:

- Untersuchung der typischen Inversionssituationen (Kapitel 2)
- Bestimmung des Verhältnisses zwischen den Immissionen und den Verkehrsemissionen zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten in unterschiedlicher Entfernung zur Autobahn (Kapitel 3)
- Berechnung von Szenarien über die zukünftige NO_x-Belastung aufgrund möglicher Entwicklungen der Verkehrssituation (Kapitel 4)

2. Inversionen

Grundlagen

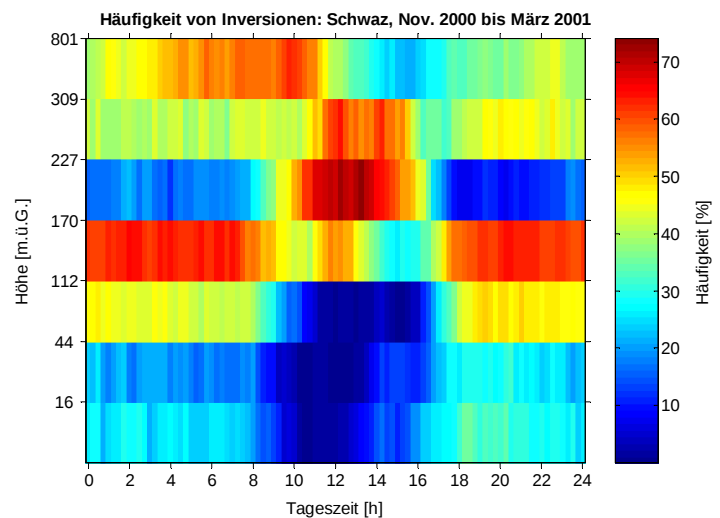


Eine Inversion ist eine stabile Luftschicht, die den vertikalen Austausch von Luftmassen unterbindet. Normalerweise nimmt die Lufttemperatur wegen des abnehmenden Drucks mit zunehmender Höhe um ca. 1°C pro 100 m ab. Die Atmosphäre ist dann neutral geschichtet. Bei starker Sonneneinstrahlung erwärmt sich die Luft in Bodennähe, wird somit leichter und steigt auf, bis sie sich an die Umgebungstemperatur angepasst hat (Thermik). Dies ist lufthygienisch günstig, weil sich die emittierten Schadstoffe in einem grossen Luftvolumen verteilen. Wenn nun die Lufttemperatur um deutlich weniger als 1°C pro 100 m abnimmt oder sogar mit der Höhe wieder zunimmt, spricht man von einer Inversion. Die kühlere Luft sinkt ab und verhindert

damit einen vertikalen Austausch. Dies geschieht z.B. wenn sich nachts und im Winter die Luft vom Boden her abkühlt, oder auch wenn sich eine wärmere Luftschicht über eine kältere schiebt. Inversionen können sich also auf verschiedenen Höhen in der Atmosphäre bilden. Weil die Schadstoffe der Autobahn in Bodennähe emittiert werden, wirken sich bodennahe Inversionen lufthygienisch besonders negativ aus. Die Schadstoffe bleiben dann im Tal quasi gefangen.

Häufigkeit von Inversionen im Unterinntal in der Wintersaison

Durch ein Höhenprofil von Temperaturmessungen an einem Hang bei Schwaz lassen sich die Inversionsschichten über dem Unterinntal bestimmen. Die Farbcodierung in der Abbildung zeigt für jede Höhenschicht (y-Achse), wie häufig dort im Winter 2000/2001 in jeder Tageszeit (x-Achse) Inversionen auftraten. Wenn eine Inversion über mehrere Schichten ging oder wenn mehrere Inversionsschichten auf verschiedenen Höhen vorhanden waren, wurden alle inversiven Schichten gezählt. Das ausgewählte Beispiel des Winters repräsentiert die Jahreszeit mit den häufigsten Inversionslagen. Auf den untersten 170 m treten erwartungsgemäss nachts häufiger Inversionen auf als tagsüber, wobei sich diese auch am Tag nicht immer auflösen. Unter dieser Sperrschicht freigesetzte Emissionen haben für die Ausbreitung und Verdünnung nur ein begrenztes Luftvolumen zur Verfügung, was zu einer Erhöhung der Schadstoffkonzentrationen über dem Talgrund führt. Auf einer Höhe von ca. 170 m über dem Tal muss eine markante Geländestufe sein, so dass sich die Kaltluft im Talkessel darunter akkumuliert, während direkt darüber offenbar ein besserer Austausch stattfindet und Inversionen eher selten auftreten. Die sehr mächtige Schicht zwischen 300 und 800 m ist nachts bis in den späteren Morgen hinein oft inversiv, ist jedoch für die lufthygienischen Bedingungen in Bodennähe weniger relevant. Die häufigen mittäglichen "Inversionen" in den Schichten zwischen 170 und 309 m sind ein sehr lokales Phänomen, das nichts mit der grossräumigen Inversionssituation über dem Inntal zu tun hat. Offenbar wird dort der Hang durch die Sonneneinstrahlung tagsüber stark erwärmt.



Während inversiven Situationen ist die mittlere Windgeschwindigkeit geringer als bei inversionsarmen, was den Luftaustausch zusätzlich unterbindet. Grundsätzlich werden bei Inversionssituationen an der Station Vomp höhere NO_x -Konzentrationen gemessen als ohne Inversion.

3. Das I/E-Verhältnis

Dieser Abschnitt beschreibt den Zusammenhang zwischen den Emissionen der Autobahn und den Immissionen an verschiedenen Standorten. Die NO_x-Emissionen wurden aufgrund von Verkehrszählungen und spezifischen Emissionsfaktoren für jede Fahrzeugkategorie bestimmt. Zu jeder Jahreszeit ist der sehr hohe Schadstoffausstoss tagsüber auffällig. Wegen der erhöhten Maut auf der Brennerautobahn ist der Verkehr nachts deutlich reduziert, wobei der Schadstoffausstoss - verglichen mit anderen Regionen - noch immer hoch ist.

Die Immissionen zeigen an allen Stationen zwei Tagesspitzen am Morgen und am Abend. Das sind einerseits Zeiten mit hohem Verkehrsaufkommen, andererseits sind die Ausbreitungsbedingungen weniger günstig als um die Mittagszeit. Während letzterer sind die Immissionswerte vergleichbar mit jenen in der Nacht oder sogar noch tiefer, obwohl die Emissionen nachts nur etwa einen Sechstel des Tageswertes betragen. Im Winter ist der Gesamtverkehr deutlich geringer als im Sommer. Trotzdem sind die Immissionen im Winter höher als im Sommer! Somit lässt sich schliessen, dass kein linearer Zusammenhang besteht zwischen den Immissionen und den Emissionen. Letztere bilden lediglich einen von vielen Parametern zur Steuerung der Schadstoffkonzentration an einem bestimmten Standort. Weiter spielen die Lage relativ zur Autobahn eine Rolle, die topografischen Verhältnisse sowie die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen. Letztere werden vor allem durch den Wind und die Temperaturschichtung der unteren Atmosphäre bestimmt. Das Verhältnis zwischen den Immissionen und den Emissionen (I/E-Verhältnis) ist ein Mass zur Beschreibung all dieser Rahmenbedingungen, die bei einer bestimmten Menge emittiertes NO_x zu ganz unterschiedlichen Einträgen führen können.

Die Berechnungen der I/E-Verhältnisse beruhen auf den mittleren saisonalen Tagesgängen der Emissionen an der Zählstelle Vomp und der Immissionen an der jeweiligen Messstation. Daraus resultiert für jede Station und jede Saison ein mittlerer Tagesgang des I/E-Verhältnisses. Je höher das I/E-Verhältnis ist, desto austauschärmer ist die Luftmasse, d.h. desto grösser die Immission, die aus einer bestimmten Emissionsmenge resultiert.

Die folgende Tabelle zeigt den Vergleich der I/E-Verhältnisse für verschiedene Saisons jeweils am Nachmittag, wenn die Austauschbedingungen am besten sind, und in der Nacht, wenn sie stark eingeschränkt sind. Um die Stationen untereinander zu vergleichen, wurden die I/E-Verhältnisse aller Stationen normiert. Als Basis (=1) diente der autobahnnahe Standort Vomp bei idealen Austauschbedingungen (im Sommer am Nachmittag). Werte <1 deuten auf eine geringere Belastung pro emittierter Schadstoffmenge, Werte >1 auf eine höhere. Unter "Zwischensaison" sind jeweils Frühling und Herbst zusammengefasst.

normiertes I/E-Verhältnis (einheitslos):	Nachmittag			Nacht		
	Sommer	Zwischensaison	Winter	Sommer	Zwischensaison	Winter
Vomp	1.0	1.0	2.2	3.5	4.2	6.1
Vomp an der Leiten	0.2	0.2	0.7	2.4	2.5	3.7
Hall	0.1	0.2	1.1	2.4	2.9	5.0
Pill	0.1	0.1	0.5	1.1	1.9	4.5
Schlagturn	0.2	0.2	0.6	1.0	1.8	4.2
Stans	0.1	0.2	0.7	2.3	2.8	5.2
Unterfeld	0.1	0.2	---	1.1	1.4	---

Direkt neben der Autobahn (Vomp) ist die Belastung konstant sehr hoch. Mit zunehmendem Abstand von der Quelle sinkt zwar die Immissionsbelastung, aber gleichzeitig nimmt der Einfluss der Ausbreitungsbedingungen zu. Gebiete in einer Entfernung von 200-300 m zur Autobahn, welche oft als Wohngebiete genutzt werden, profitieren tagsüber von guten Durchmischungsbedingungen. Bei austauschschwachen Lagen steigt jedoch die Belastung dieser Gebiete stark an. Das heisst, dass die Wohngebiete bei einer bestimmten emittierten Schadstoffmenge nachts und im Winter die stärkste Belastung erfahren. Diese ist auch deutlich höher als tagsüber im Sommer direkt an der Autobahn! Der Unterschied zwischen Tag und Nacht fällt dabei in jeder Jahreszeit deutlicher ins Gewicht, als jener zwischen den Jahreszeiten. Deshalb ist aus lufthygienischer Sicht eine Begrenzung der Nachtfahrten ein äusserst effektives Mittel zur Verbesserung der Luftqualität in den Wohngebieten.

4. Szenarien zur zukünftigen Stickoxid-Immission

Für die Emissions-Szenarien für die Jahre 2005 und 2010 wird eine Verkehrszunahme der einzelnen Fahrzeugkategorien als lineare Weiterführung des Trends von 1993 bis 2000 angenommen. Gleichzeitig werden schärfere Emissionsverminderungsvorschriften in Kraft gesetzt werden. Dadurch resultiert insgesamt eine Abnahme der Emissionen. Es werden verschiedene Szenarien für die Verteilung der zukünftigen Emissionen untersucht, wobei die Gesamtemission für das Jahr 2005 respektive 2010 jeweils konstant bleibt:

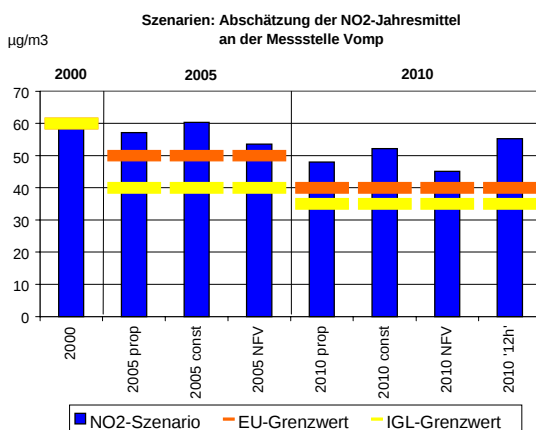
Proportionales Szenarium (prop): prozentuale Verteilung der Verkehrszunahme aller Fahrzeugkategorien auf alle Stunden des Jahres, d.h. gleiches Verkehrsverhalten wie im Jahr 2000.

Konstantes Szenarium (konst): Der Mehrverkehr im Personenverkehr wird wie im proportionalen Szenarium prozentual auf alle Stunden des Jahres verteilt. Die Zunahme des Schwerverkehrs wird mit konstanter Anzahl zu den stündlichen Frequenzen hinzugefügt. Dieser Ansatz berücksichtigt, dass der Schwerverkehr z.T. auf verkehrsarme Zeiten ausweichen wird.

Szenarium Tag – Nacht (12h): Das Modell vertauscht die Frequenzen für den Schwerverkehr vom Tag mit jenen der Nacht. Dies ist natürlich ein hypothetisches Szenarium, das die Immissionsänderungen bei vorwiegend nächtlicher Abwicklung des Schwerverkehrs aufzeigt. Die höhere Immissionsbelastung infolge der ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen verdeutlicht die Bedeutung der tageszeitlichen Verteilung des Verkehrs.

Szenarium Nachtfahrverbot (NFV): Während der Mehrverkehr im Personenverkehr wie im proportionalen Szenarium prozentual auf alle Stunden des Jahres verteilt wird, verschiebt man unter der Annahme eines Nachtfahrverbots einen Grossteil des Schwerverkehrs von den Nachtstunden auf die Abend- und frühen Morgenstunden.

Durch Verrechnung der prognostizierten NO_x -Emissionen aller Szenarien mit den I/E-Verhältnissen der Station Vomp für jede Stunde des Jahres 2000 erhält man eine Vorhersage für die NO_x -Immissionen der Jahre 2005 und 2010. Dabei gilt die theoretische Annahme, dass die Ausbreitungsbedingungen gleich seien wie im Jahr 2000.



Um die zukünftigen NO_x -Immissionen mit den Grenzwerten für NO_2 zu vergleichen, muss die komplexe, nicht lineare Umwandlung von NO_x zu NO_2 durch eine Näherungsfunktion abgeschätzt werden. Dank verschärfter Emissionsvorschriften werden die Immissionen im Jahresmittel trotz zunehmendem Verkehr abnehmen. Allerdings können an der autobahnnahen Station Vomp bei keinem Szenarium in den Modelljahren 2005 und 2010 die dann gültigen NO_2 -Jahresgrenzwerte der EU und des österreichischen Immissionsschutzgesetzes Luft (IGL) eingehalten werden. Wird der Schwerverkehr in die verkehrsarmen Zeiten, insbesondere in die Nacht, verlegt, so ist bei gleichem Verkehrsaufkommen mit einer deutlich höheren NO_x - und NO_2 -Immissionsbelastung zu rechnen. Diese Szenarien sind wohlgermerkt unter sehr optimistischen Voraussetzungen gerechnet worden. Dies gilt sowohl für

die Entwicklung der mittleren Emissionsfaktoren der Fahrzeuge als auch für die Annahme, dass die Entwicklung der Fahrzeugzahlen je Kategorie linear gleich weiterwächst wie im Mittel der letzten Jahre.

Es ist ferner zu beachten, dass sich diese Szenarien auf die stark belastete autobahnnah Station Vomp beziehen. Dort wirken sich die Ausbreitungsbedingungen weniger stark aus als an entfernteren Standorten. Die Szenarien sollten noch für weitere Standorte berechnet werden. So lässt sich überprüfen, ab welcher Distanz zur Autobahn die zukünftigen NO_2 -Jahresgrenzwerte eingehalten werden können. Es ist anzunehmen, dass diese Distanz sehr stark von der Höhe des Verkehrsaufkommens in Zeiten mit starken Inversionslagen abhängt.

5. Fazit

- Die immissionsklimatischen Untersuchungen zeigen, dass die Luftbelastung nicht nur von den Emissionen der Autobahn abhängt, sondern auch von der topografischen Lage eines Standortes und besonders von der Tages- und Jahreszeit.
- Bei gleicher Emission ist die Immission tagsüber im Sommer am geringsten. Der Unterschied zwischen Tag und Nacht ist stärker ausgeprägt als jener zwischen Sommer und Winter.
- Die Resultate lassen sich zur Lenkung der Verkehrsströme auf der Inntalautobahn beiziehen. Dabei wird aus lufthygienischer Sicht empfohlen, den nächtlichen Verkehr einzuschränken.