

MONITRAF

Work Package 5

Zur Luft- und Lärmsituation in den Alpentransittälern von Fréjus, Montblanc, Gotthard und Brenner

**Bericht des externen Experten
November 2005**

Dr. Jürg Thudium
Simon Grimm
Ewa Schumacher
27.11.2005 / 5651.50

Oekoscience AG

Werkstrasse 2
CH - 7000 Chur

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



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Datengrundlagen	2
3. Die Lage der Mess- und Zählstellen	2
3.1. Vorbemerkung	2
3.2. Tabelle der Messstellen	3
3.3. Karten der Messstellen	3
4. Verkehrsaufkommen und Emissionen	9
4.1. Vorbemerkung	9
4.2. Durchschnittliches tägliches Verkehrsaufkommen (DTV) je Monat im Jahre 2004	9
4.3. Bestimmung der Emissionen an Stickoxiden und Partikeln	12
4.4. Durchschnittliche tägliche Emissionen an Stickoxiden und Partikeln je Monat im Jahre 2004	12
4.5. Jahresüberblick zu Verkehr und Emissionen	15
4.6. Tagesgänge des Verkehrsaufkommens	18
5. Schadstoffimmissionen	21
5.1. Jahresüberblick zu den Immissionen	21
5.2. Monatliche Verteilungen der Immissionen an NO _x , NO ₂ und PM ₁₀	24
5.3. Tagesgänge der Immissionen	28
5.4. Immissionen an Hintergrund-Messstellen	30
6. Empirische Ausbreitungsbedingungen: Das Verhältnis zwischen Immissionen und Emissionen	32
7. Klimatische Aspekte	35
7.1. Temperaturprofile	35
7.2. Betrachtung zu den Windverhältnissen	37
7.3. Zusammenhang zwischen Inversionen und Immissionen	38
8. Lärmimmissionen	40
8.1. Lärmimmissionen in den Regionen Zentralschweiz, Ticino und Valle d'Aosta	40
8.1.1. Einfluss des Straßenbelags auf die Lärmerzeugung	41
8.2. Lärmmessungen im Valle di Susa (Piemonte)	43

8.3.	Zeitliche Schwankungen in den Lärmimmissionen	44
8.4.	Lärmsensitivität des Alpenraums	46
9.	Zusammenfassung	48
10.	Bildergalerie	49
11.	Einschätzungen der regionalen Umweltbehörden	53
12.	Literatur	55
13.	Empfehlungen	57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Übersicht über das Projektgebiet von MONITRAF.	1
Abbildung 3.1: Karte der Messstellen im Valle di Susa – Piemonte.	4
Abbildung 3.2: Karte der Messstellen im Valle d'Aosta.	4
Abbildung 3.3: Karte der Messstellen im Urner Reusstal – Zentralschweiz.	5
Abbildung 3.4: Karte der Messstellen in der Leventina, Riviera und im Sottoceneri – Ticino.	6
Abbildung 3.5: Karte der Messstellen im Unterinntal und im Wipptal – Tirol.	7
Abbildung 3.6: Karte der Messstellen im Eisacktal und Etschtal – Südtirol.	8
Abbildung 4.1: Monatlicher durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) für leichte Fahrzeuge im Zentralteil und oberen Teil der Talschaften, 2004.	10
Abbildung 4.2: Monatlicher durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) für schwere Fahrzeuge im Zentralteil und oberen Teil der Talschaften, 2004.	11
Abbildung 4.3: Monatliche durchschnittliche tägliche Emissionen an Stickoxiden (NO _x) im Zentralteil und oberen Teil der Talschaften, 2004.	13
Abbildung 4.4: Monatliche durchschnittliche tägliche Emissionen an Partikeln im Zentralteil und oberen Teil der Talschaften, 2004.	14
Abbildung 4.5: Jahresdurchschnitt an täglichem Verkehr und täglichen Emissionen von NO _x und Partikeln für den Zentralteil der Talschaften, 2004. Man beachte: Es ist $\frac{1}{4}$ der leichten Fahrzeuge und das 30-fache der Partikelemission angegeben.	16
Abbildung 4.6: Jahresdurchschnitt an täglichem Verkehr und täglichen Emissionen von NO _x und Partikeln für den oberen Teil der Talschaften, 2004. Man beachte: Es ist $\frac{1}{4}$ der leichten Fahrzeuge und das 30-fache der Partikelemission angegeben.	17
Abbildung 4.7: Anteile der Emissionen der schweren Güterfahrzeuge an den Gesamtemissionen für Stickoxide, 2004, alle Regionen.	18

Abbildung 4.8: Mittlere relative Tagesgänge des Aufkommens von leichten Fahrzeugen bzw. des schweren Güterverkehrs an Zählstellen in Tirol, Südtirol, Zentralschweiz, Ticino und Valle d'Aosta.	20
Abbildung 5.1: Jahresmittel an NO _x , NO ₂ und PM ₁₀ sowie Anzahl Tagesmittelwerte über 50 µg/m ³ für den zentralen und oberen Teil der Talschaften, 2004.	22
Abbildung 5.2: NO ₂ /NO _x -Verhältnisse in Abhängigkeit vom NO _x auf der Basis von Jahresmittelwerten, verschiedene Messstellen in Autobahnnähe in Österreich, der Schweiz und Italien, verschiedene Jahre.	23
Abbildung 5.3: Monatsmittelwerte der NO _x -Konzentrationen im zentralen bzw. oberen Teil der Talschaften, 2004.	25
Abbildung 5.4: Monatsmittelwerte der NO ₂ -Konzentrationen im zentralen bzw. oberen Teil der Talschaften, 2004.	26
Abbildung 5.5: Monatsmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentrationen im zentralen bzw. oberen Teil der Talschaften, 2004.	27
Abbildung 5.6: Relative mittlere Tagesgänge für NO _x -Immissionen, 2004.	29
Abbildung 5.7: Mittlerer relativer Tagesgang für NO _x , PM ₁₀ , Partikelanzahl und Russ bei Erstfeld (Zentralschweiz), 2004.	30
Abbildung 5.8: Jahresmittel von NO _x bzw. NO ₂ für Hintergrund-Messstellen in Abhängigkeit vom Straßenabstand, 2004.	31
Abbildung 5.9: Jahresmittel von PM ₁₀ für Hintergrund-Messstellen in Abhängigkeit vom Straßenabstand, 2004.	32
Abbildung 6.1: Mittlerer Tagesgang des empirischen Ausbreitungsparameters τ für Sommer, Zwischensaison und Winter sowie eine Inversionsphase im Februar, Schrambach (Südtirol) 2004.	33
Abbildung 6.2: Verhältnis zwischen Immission und Emission an NO _x (Jahresmittelwerte) für die straßennahen Messstellen der MONITRAF-Regionen und die Messstelle Muttenz (bei Basel), im flacheren Teil der Schweiz.	34
Abbildung 7.1: Häufigkeitsverteilungen der bodennahen Inversionen in den sechs MONITRAF-Regionen, Sommer 2004.	36

Abbildung 7.2: Häufigkeitsverteilungen der bodennahen Inversionen in den sechs MONITRAF-Regionen, Winter 2004.	36
Abbildung 7.3: Häufigkeit des Talaufwindes im Tagesgang, Sommer 2004. Für Moleno wurde die Windmessstelle Lodrino (Ticino) von Meteo-Schweiz verwendet.	37
Abbildung 7.4: Häufigkeit des Talabwindes im Tagesgang, Winter 2004. Für Moleno wurde die Windmessstelle Lodrino (Ticino) von Meteo-Schweiz verwendet.	38
Abbildung 7.5: Tagesmittelwerte von NO _x -Immissionen (in % des Jahresmittels) gegen tägliche Inversionshäufigkeit, Moleno (Ticino) 2004.	39
Abbildung 7.6: Sensitivität der NO _x -Immission in fünf MONITRAF-Regionen gegenüber Inversionen, 2004.	39
Abbildung 8.1: Lärmimmissionen (energetische Mittelwerte) für verschiedene Standorte in der Zentralschweiz, dem Ticino und dem Valle d'Aosta für 2004/05, unterteilt in Tag (6 – 22 Uhr) und Nacht (22 – 6 h). In Klammern der Straßenabstand. Eine Skaleneinheit (3 dB) entspricht einer Verdoppelung der Schallintensität.	41
Abbildung 8.2: Pro Fahrzeug normierte Lärmbelastung bei Moleno (Ticino) bei Belag AB 16 s und bei Lärm verminderndem Belag AC 8 Leca. (Quelle: Tami und Bozzolo et al. (2005)).	42
Abbildung 8.3: Mittlere auf einem Referenzzustand bezogene Immissionsspektren (Mo-Fr.06 :00-22:00) bei Moleno (alter Zustand, AB 16 s), Moleno (neuer Zustand, Leca AC8, -3,7 dB(A)) und Tenniken (Drainasphalt, -4,1 dB(A)). (Quelle: Tami und Bozzolo et al. (2005)).	43
Abbildung 8.4: Pegelverteilung für Moleno (Ticino), 2004.	45
Abbildung 8.5: Pegelverlauf während einer Halbstunde an einer Messstelle im Unterinntal (Quelle: Lercher (2005)).	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Verwendete Messstellen für Immissionen, Verkehr und Wind sowie Temperaturprofile.	3
Tabelle 5.1: Grenzwerte für NO ₂ und PM ₁₀ für das Jahr 2004.	21
Tabelle 8.1: Vergleich der normierten Leq der Beläge AB 16 s und AC 8 Leca (in Moleno) mit einem Drainasphalt in Tenniken. (Quelle: Tami und Bozzolo et al. (2005).	43
Tabelle 8.2: Lärmimmissionen im Valle di Susa (Piemonte) im Bereich von Autobahn A32 und Eisenbahn.	44

1. Einleitung

MONITRAF erfasst und untersucht die Auswirkungen des inneralpinen und alpenquerenden Straßenverkehrs längs der vier Transitkorridore Brenner, Fréjus, Gotthard und Montblanc. Ziel des Projektes ist die Entwicklung gemeinsamer Maßnahmen, um die negativen Auswirkungen des Straßenverkehrs zu vermindern und die Lebensqualität im Alpenraum zu verbessern. Gleichzeitig sollen die erarbeiteten Maßnahmen an einer Verkehrsachse nicht zu einer stärkeren Belastung einer anderen Verkehrsachse führen.

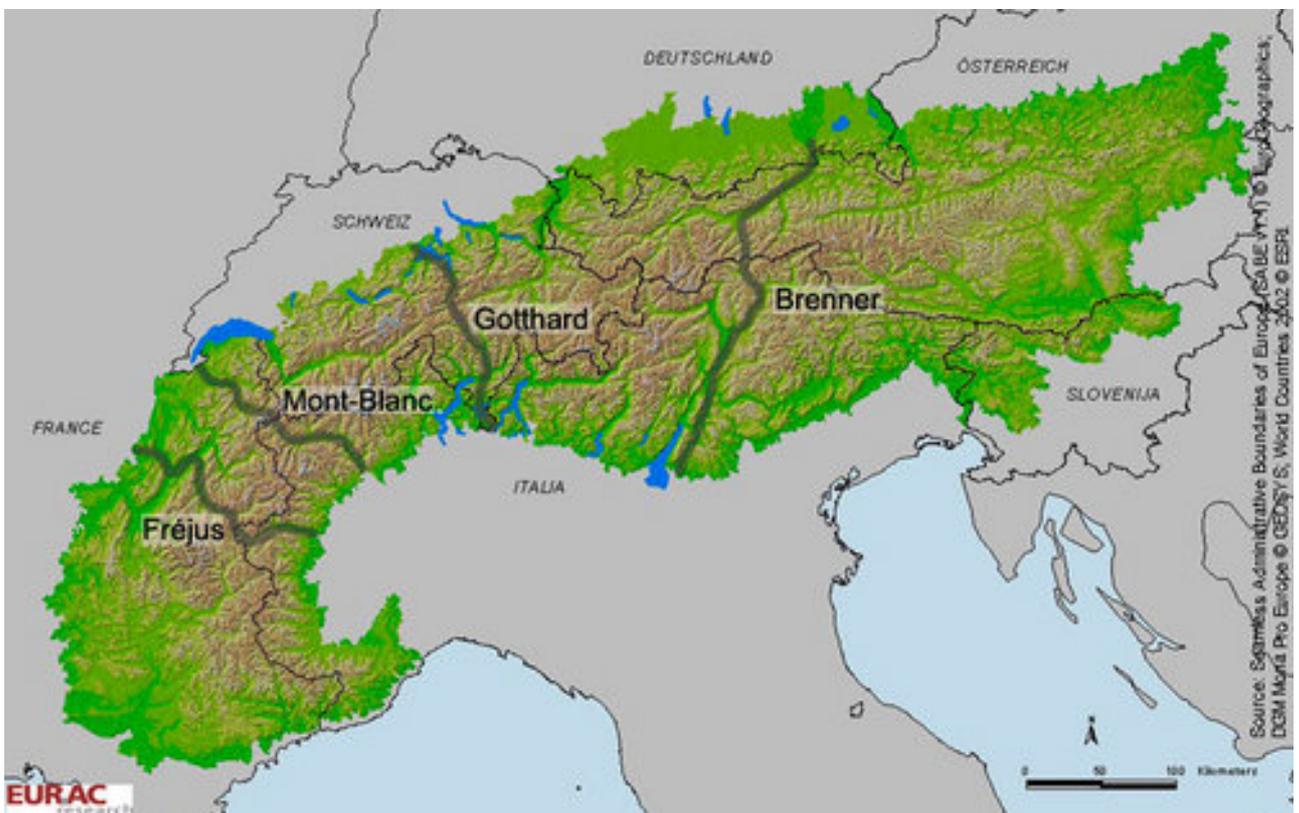


Abbildung 1.1: Übersicht über das Projektgebiet von MONITRAF.

Im Rahmen des Arbeitspakets 5 'Fundamentals' im MONITRAF-Projekt sind die Umweltbelastungen bezüglich Luft und Lärm in den folgenden sechs Regionen an den Alpenübergängen Fréjus, Montblanc, Gotthard und Brenner untersucht worden:

- Piemonte (Valle di Susa)
- Valle d'Aosta
- Zentralschweiz (Urner Reusstal)

- Ticino (Leventina, Riviera, Sottoceneri)
- Tirol (Unterinntal, Wipptal)
- Südtirol (Eisacktal, Etschtal)

2. Datengrundlagen

In allen Talschaften wurde unterschieden zwischen der Situation im zentralen Teil des Tales und im oberen Teil nahe dem Alpenübergang; der Binnen- bzw. Ziel- und Quellverkehr spielt neben dem alpenquerenden Verkehr je nach Position im Tal eine unterschiedlich bedeutsame Rolle, was Auswirkungen auf die Umweltsituation hat. Nur im Urner Reusstal wurde eine derartige Unterscheidung nicht gemacht; im Vergleich zu den übrigen Tälern ist dieses Tal kurz und liegt generell 'nahe am Alpenübergang'.

Es konnten diejenigen Komponenten untersucht werden, zu welchen es in allen sechs untersuchten Talschaften eine genügende Datengrundlage gab: Verkehrsaufkommen an 'leichten Fahrzeugen' (im Wesentlichen Personenkraftwagen) und schweren Güterfahrzeugen, Emissionen an Stickoxiden und Partikeln, Immissionen an Stickoxiden und Feinpartikeln (PM10: Partikel mit einem Äquivalentdurchmesser bis 10 µm), klimatische Verhältnisse bzgl. Wind und Inversionen. Eine Reihe von Informationen konnte auch zur Lärmsituation gesammelt werden.

Die Daten stammen von den zuständigen regionalen und übergeordneten nationalen Behörden.

3. Die Lage der Mess- und Zählstellen

3.1. Vorbemerkung

Bei den Immissionsmessstellen wurde unterschieden zwischen 'straßennah' (im Abstand von 5 – 6 m) und 'Hintergrund'. Das für die straßennahen Immissionsmessstellen relevante Verkehrsaufkommen wurde anhand von in der Nähe liegenden Zählstellen bestimmt. Diesen Zählstellen wurde in diesem Bericht der gleiche Namen wie der jeweils entsprechenden Immissionsmessstelle gegeben,

auch wenn sie lokal oft anders heißen, damit der Überblick für die Leserschaft trotz der vielen Ortsnamen gewahrt bleibt.

Bei den Lärmmessungen werden lokale kartografische Skizzen gezeigt, diese sind z.T. weit über das Tal verteilt.

Grundsätzlich werden die Regionen und Ortsnamen immer in der Regionalsprache angegeben.

3.2. Tabelle der Messstellen

Die folgende Tabelle listet alle für Immissionen, Verkehrsaufkommen und Windverhältnisse sowie für die Temperaturprofile verwendeten Ortsnamen (bis auf die Lärmmessungen) auf.

Tabelle 3.1: Verwendete Messstellen für Immissionen, Verkehr und Wind sowie Temperaturprofile.

Region	Zentraler Teil		Oberer Teil		Temperaturprofil
	straßennah	Hintergrund	straßennah	Hintergrund	
Piemonte				Susa	Bardonecchia
Valle d'Aosta	Châtillon	Aosta-Montfleury	Courmayeur (Capoluogo)	Morgex	Aosta
Zentralschweiz			Erstfeld	Altdorf	Erstfeld
Ticino	Camignolo	Bioggio	Moleno	Bodio	Moleno
Tirol	Vomp	Jenbach, Baumkirchen	Mutters		Schwaz
Südtirol	Schrambach	Salurn		Sterzing	Bozen

3.3. Karten der Messstellen

Die folgenden Karten zeigen alle Messstellen für Immissionen, Verkehrsaufkommen und Windverhältnisse sowie für die Temperaturprofile.

Dabei gilt folgende Legende:

- Straßennahe Messstellen;
- Messstellen im Hintergrund der Transitstrasse;
- Temperaturprofil;
- Verkehrszählstelle (wenn nicht mit Immissionsmessstelle verbunden).

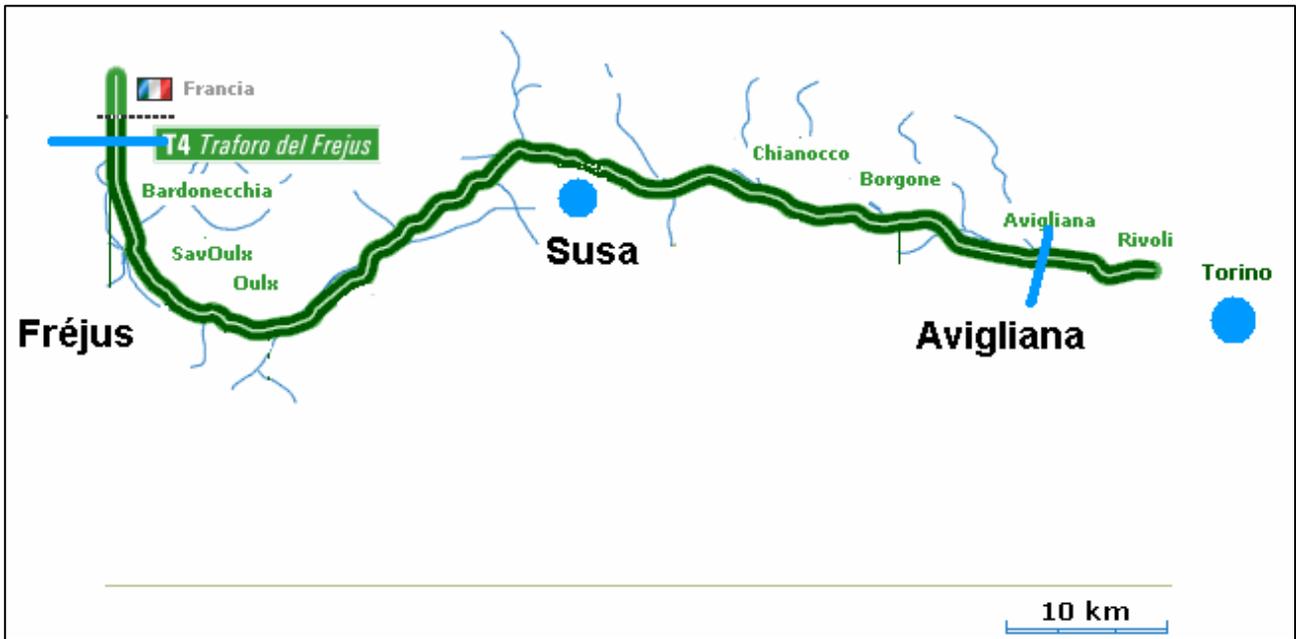


Abbildung 3.1: Karte der Messstellen im Valle di Susa – Piemonte.

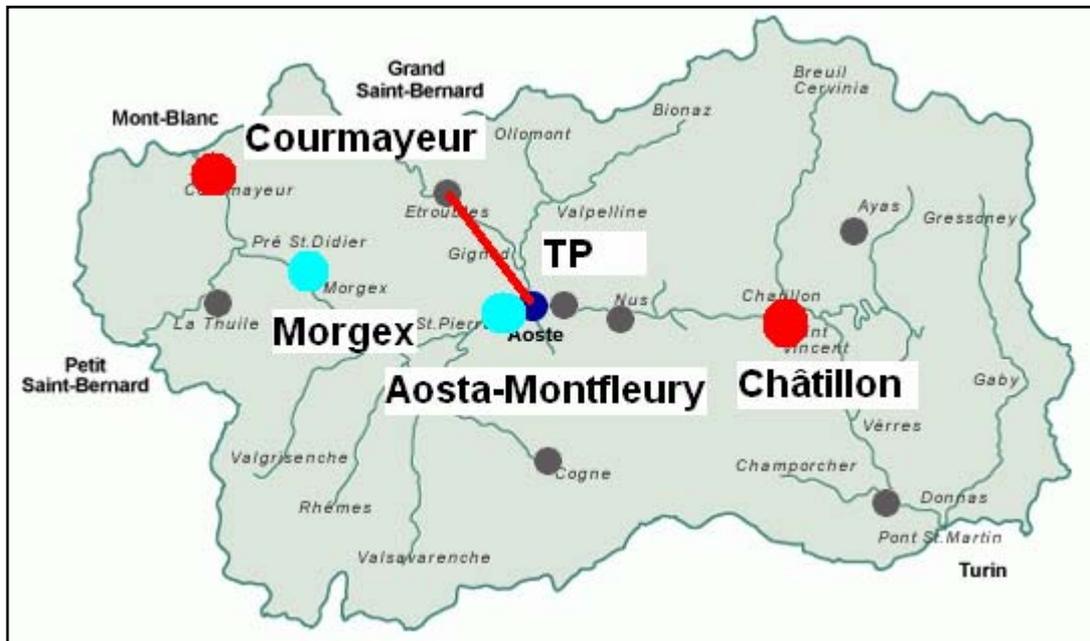


Abbildung 3.2: Karte der Messstellen im Valle d'Aosta.

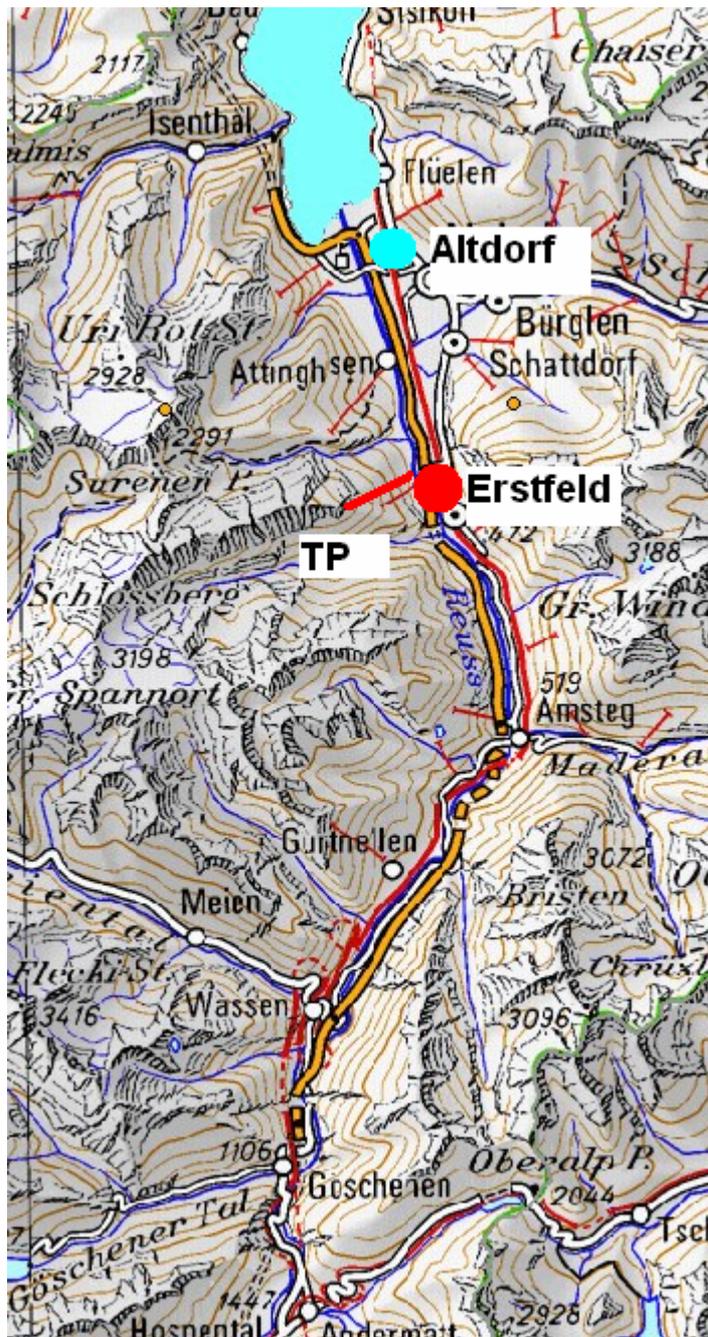


Abbildung 3.3: Karte der Messstellen im Urner Reusstal – Zentralschweiz.

(reproduziert mit Bewilligung der eidg. Landestopografie vom 16.12.2004)

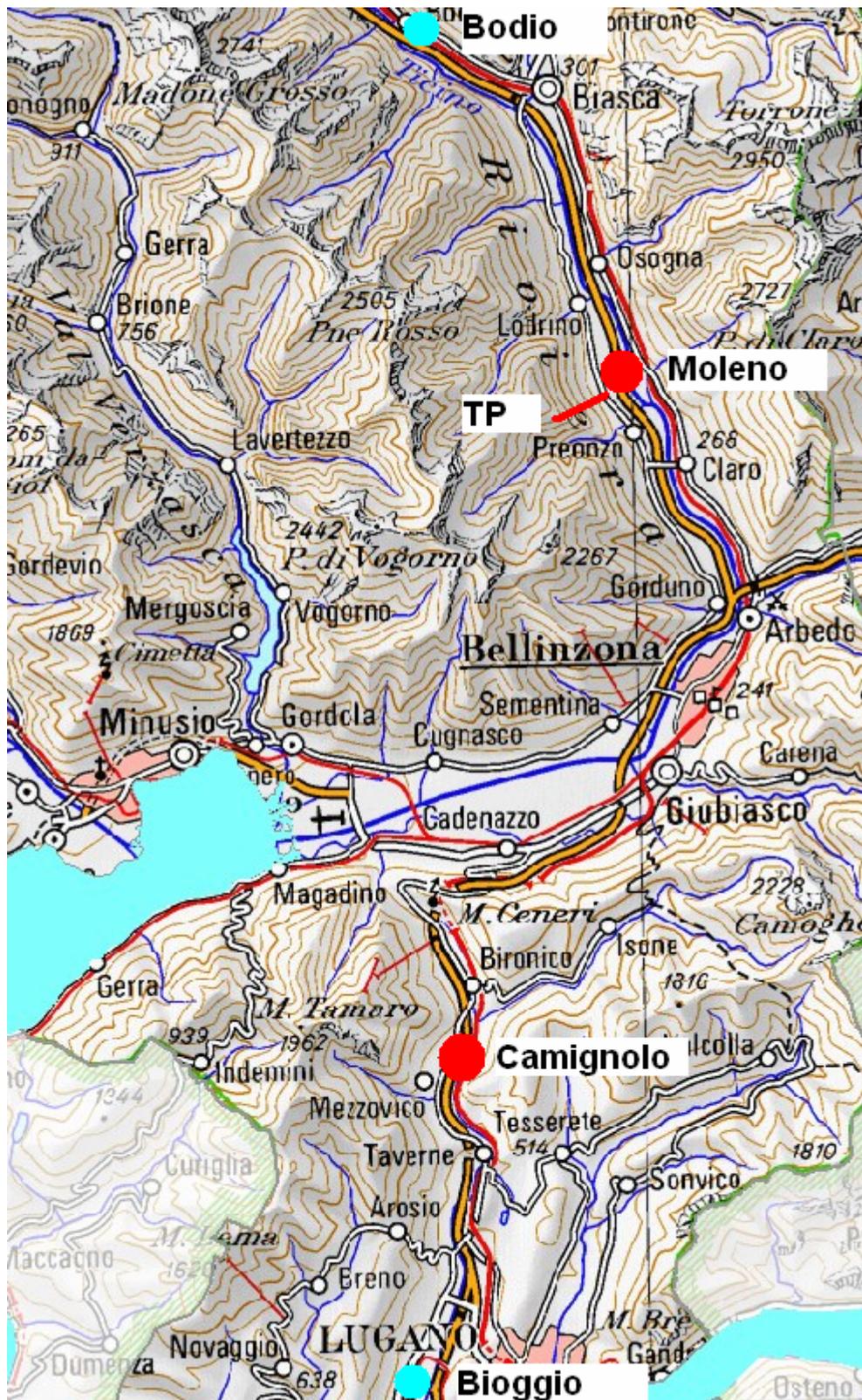


Abbildung 3.4: Karte der Messstellen in der Leventina, Riviera und im Sottoceneri – Ticino.

(reproduziert mit Bewilligung der eidg. Landestopografie vom 16.12.2004)

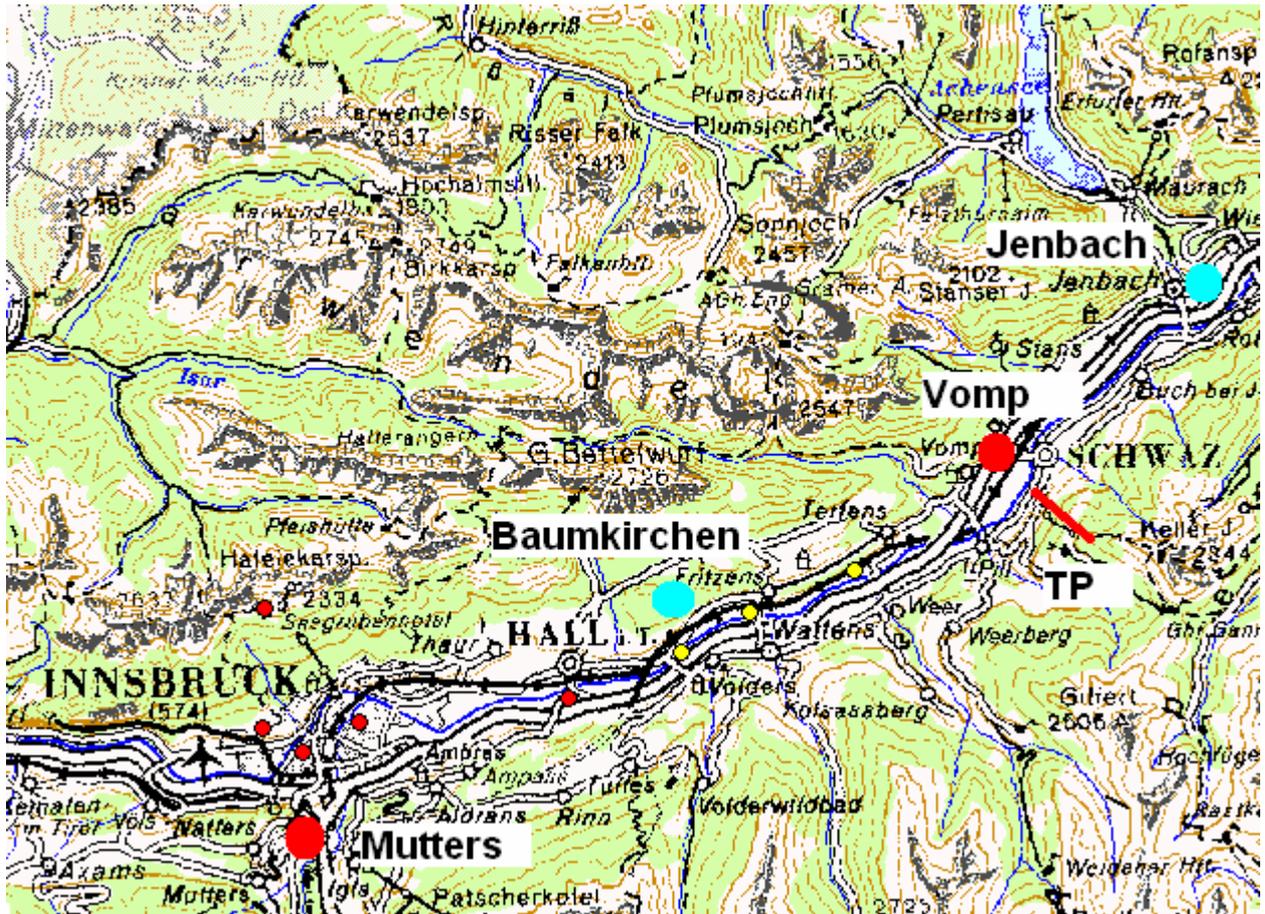


Abbildung 3.5: Karte der Messstellen im Unterinntal und im Wipptal – Tirol.

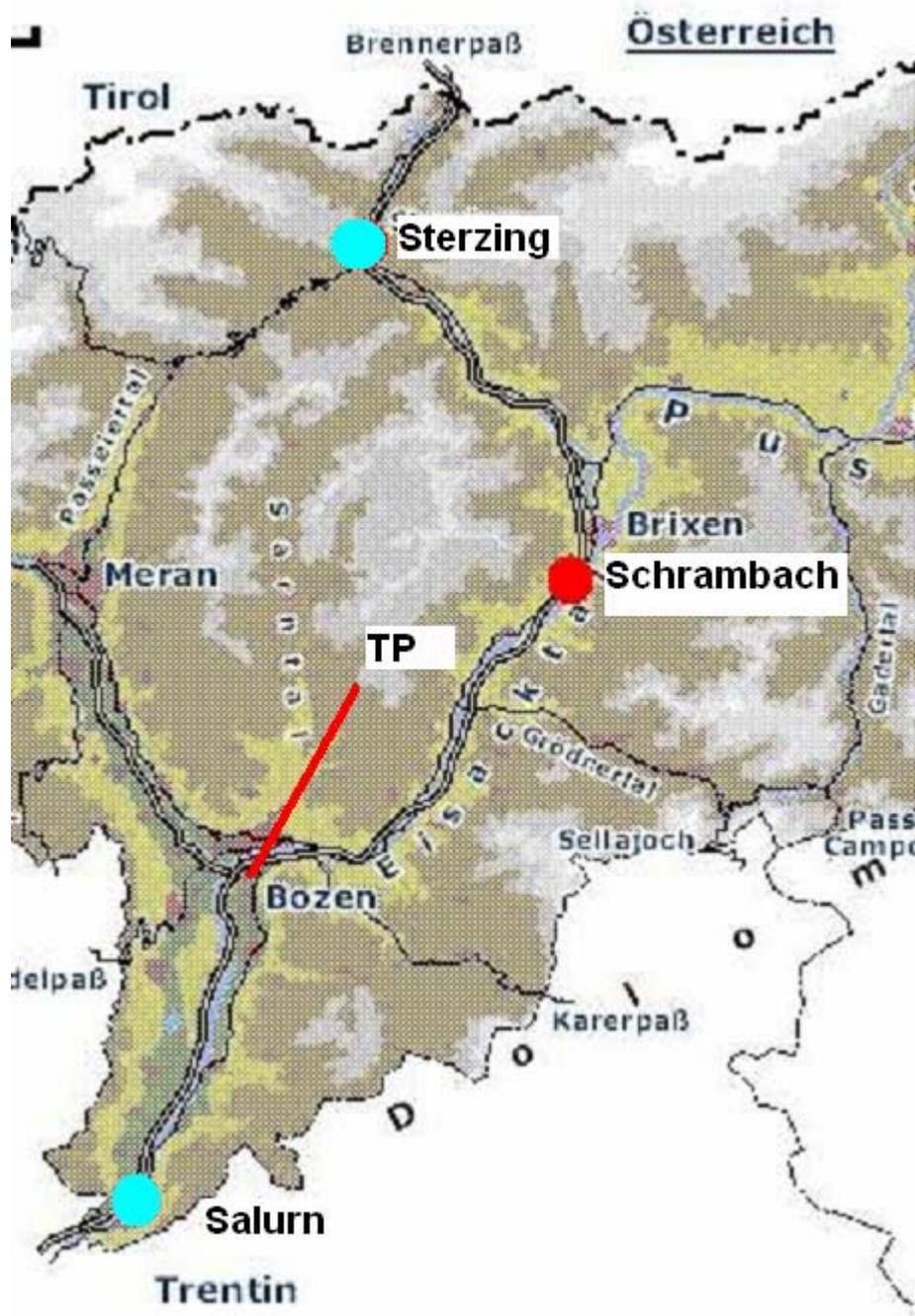


Abbildung 3.6: Karte der Messstellen im Eisacktal und Etschtal – Südtirol.

4. Verkehrsaufkommen und Emissionen

4.1. Vorbemerkung

In den sechs MONITRAF-Regionen wurde das Verkehrsaufkommen in 2 – 7 verschiedenen Fahrzeugkategorien erfasst. Ein für alle Regionen vergleichbare Darstellung des Verkehrsaufkommens kann deshalb nur in der Aufteilung in zwei Kategorien erfolgen:

- Leichte Fahrzeuge ('light vehicles'), im Wesentlichen Personenkraftwagen (PKW), Motorräder und teilweise Lieferwagen, in allen Regionen ganz dominant die PKW in dieser Kategorie.
- Schwere Güterfahrzeuge ('Heavy-duty Vehicles'), bestehend aus Lastkraftwagen (LKW), Lastenzügen (LZ) und Sattelzügen (SZ). In den italienischen Regionen waren diese Fahrzeuge nicht direkt aus den vorliegenden Verkehrszählungen erkennbar. Der Anteil der schweren Güterfahrzeuge an der Sammelkategorie 'pesanti' wurde deshalb anhand der Verkehrszählungen auf dem Brenner (A) und in Sterzing (I) geschätzt. Er betrug 2004 für jeden Monat mit relativ geringer Schwankung 78%, nur im August lediglich 63%.

4.2. Durchschnittliches tägliches Verkehrsaufkommen (DTV) je Monat im Jahre 2004

In den folgenden Abbildungen werden die durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen je Monat im Jahre 2004 für die beiden Kategorien 'light vehicles' und 'Heavy-duty vehicles' angegeben. Dabei wird unterteilt zwischen dem Zentralteil und dem oberen Teil der Talschaften.

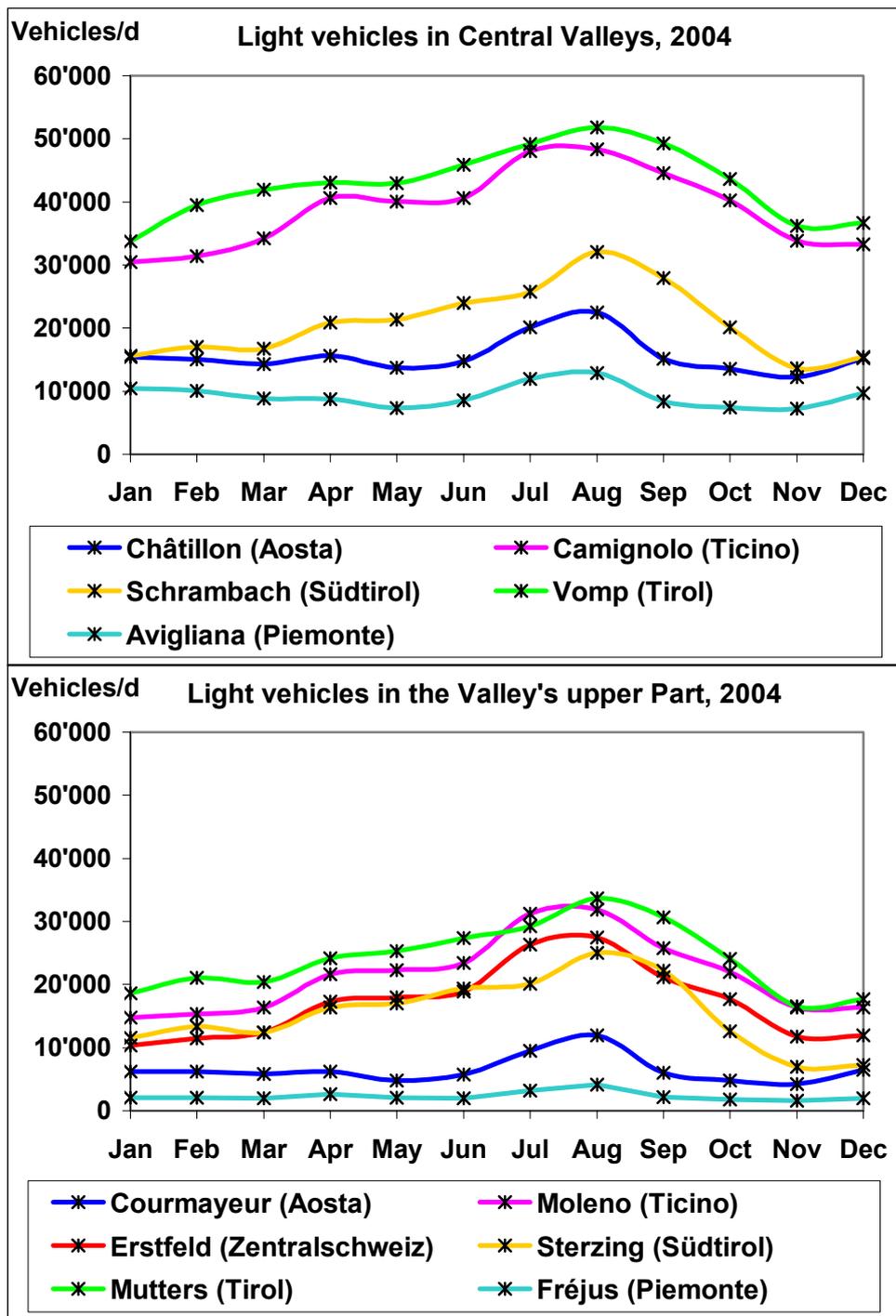


Abbildung 4.1: Monatlicher durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) für leichte Fahrzeuge im Zentralteil und oberen Teil der Talschaften, 2004.

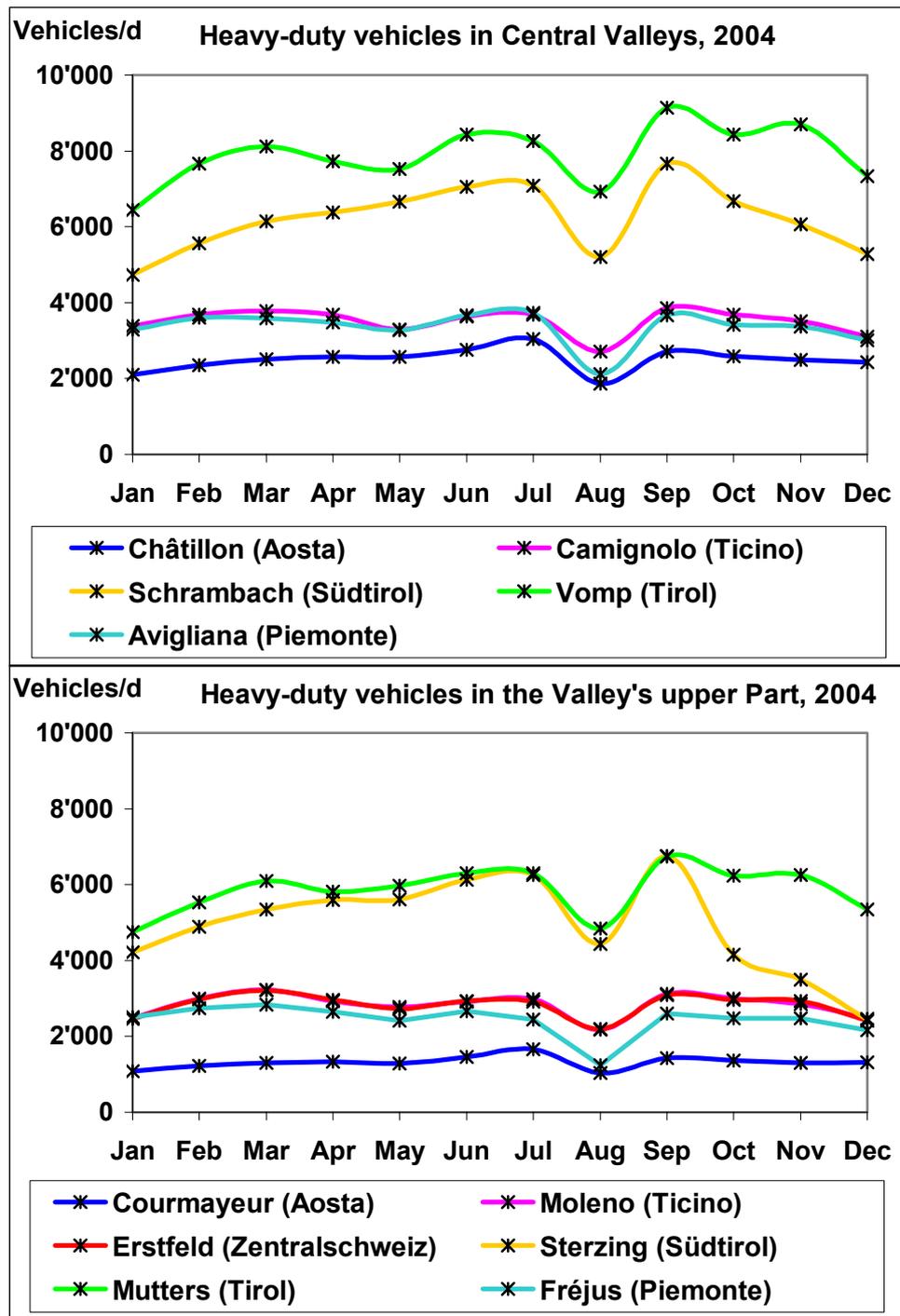


Abbildung 4.2: Monatlicher durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) für schwere Fahrzeuge im Zentralteil und oberen Teil der Talschaften, 2004.

Vomp und Camignolo weisen das höchste Aufkommen von Personenwagen auf, bei den schweren Güterfahrzeugen sind es Vomp und Schrambach (Brennerroute). Die Talschaft des Valle di Susa (Piemonte) weist ein leicht geringeres Aufkommen an schwerem Güterverkehr als die schweizerischen Regionen am Gott-

hard auf, aber deutlich weniger leichte Fahrzeuge. Das Valle d'Aosta weist das geringste Aufkommen an schwerem Güterverkehr auf. Der Abfall der gezählten schweren Güterfahrzeuge bei Sterzing (Südtirol) im Vergleich zu Mutters (Tirol) kann nicht erklärt werden; dies wirkt sich auch auf die für Sterzing berechneten Emissionen aus.

4.3. Bestimmung der Emissionen an Stickoxiden und Partikeln

Grundsätzlich werden Emissionen bestimmt, indem die Fahrzeuganzahl mit dem Emissionsfaktor der betreffenden Komponente multipliziert wird. Für die schweizerischen Regionen wurden die Emissionen an Stickoxiden (NO_x) und Partikel bestimmt, indem die in sieben Kategorien vorliegenden Fahrzeugzahlen mit den entsprechenden Emissionsfaktoren je Fahrzeugkategorie gemäß HBEFA 2.1 (Version CH) multipliziert wurden. Dabei wurde der größere Anteil ausländischer PKW und damit von Dieselfahrzeugen auf der Transitachse im Vergleich zum nationalen Durchschnitt einbezogen. Für die österreichische Region wurden ebenfalls die in vier Kategorien vorliegenden Fahrzeugzahlen mit den entsprechenden Emissionsfaktoren je Fahrzeugkategorie gemäß HBEFA 2.1 (Version A) multipliziert. Für die italienischen Regionen wurde angenommen, dass die Flotten der schweren Fahrzeuge im zentralen bzw. oberen Teil der Talschaft jeweils gleich zusammengesetzt seien wie in Österreich. Mit diesen mittleren Emissionsfaktoren wurden dort die Emissionen geschätzt. Die Unterscheidung in zentralen und oberen Teil der Talschaft musste gemacht werden, weil sich die Flotten gegen den Alpenübergang hin zu durchschnittlich schwereren Fahrzeugen bewegen.

4.4. Durchschnittliche tägliche Emissionen an Stickoxiden und Partikeln je Monat im Jahre 2004

In den folgenden Abbildungen werden die durchschnittlichen täglichen Emissionen an Stickoxiden und Partikeln je Monat im Jahre 2004 für die beiden Kategorien 'Cars' und 'Heavy Vehicles' angegeben. Dabei wird unterteilt zwischen dem Zentralteil und dem oberen Teil der Talschaften.

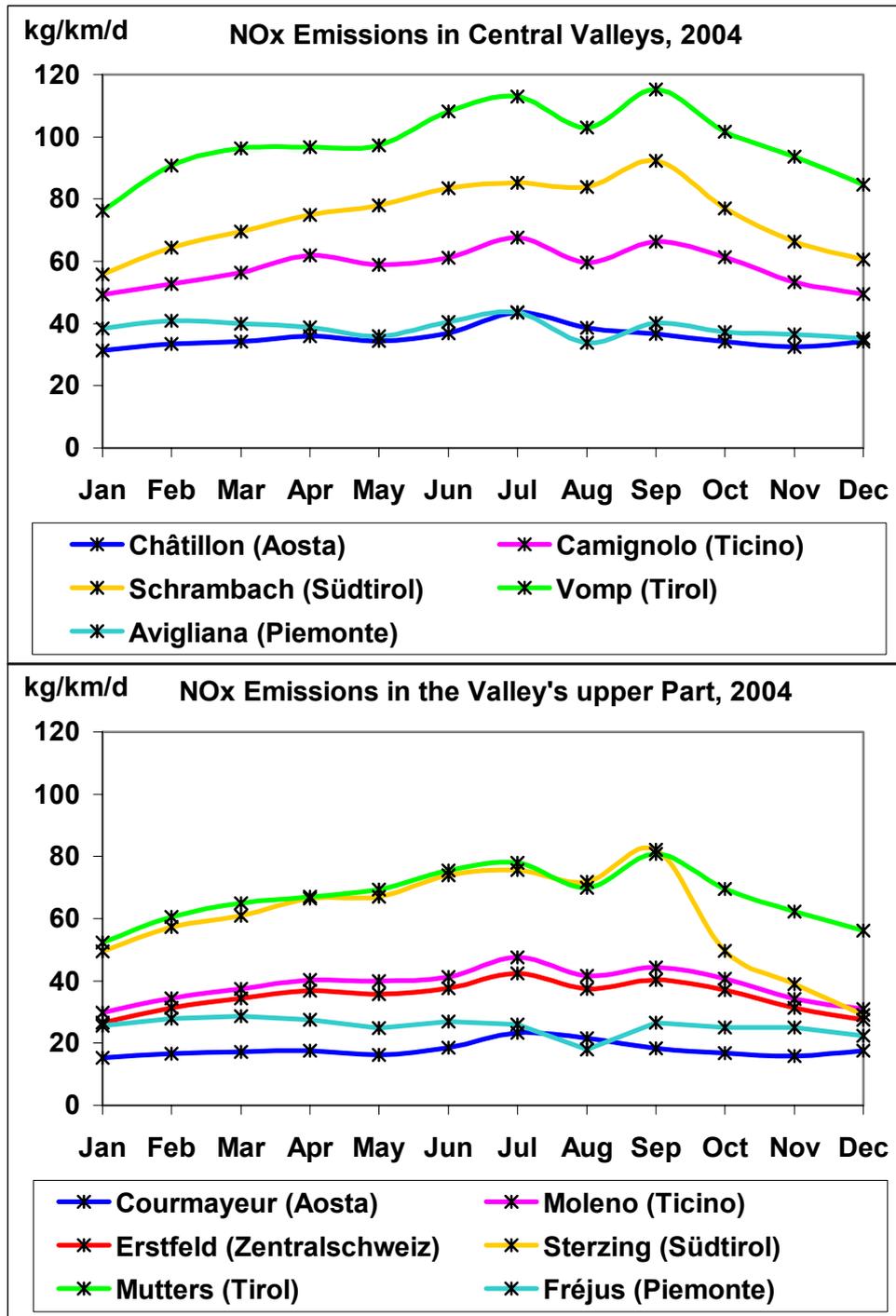


Abbildung 4.3: Monatliche durchschnittliche tägliche Emissionen an Stickoxiden (NOx) im Zentralteil und oberen Teil der Talschaften, 2004.

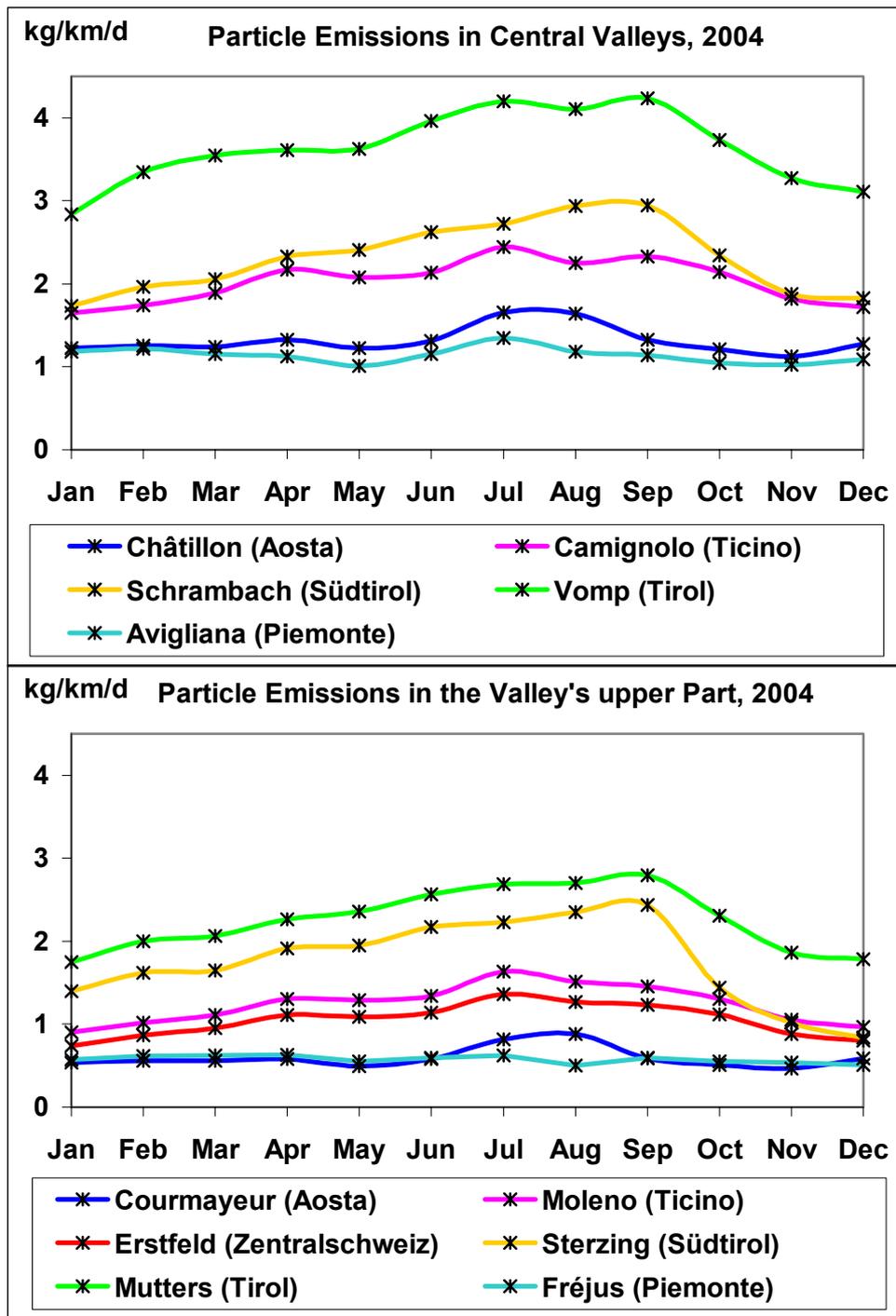


Abbildung 4.4: Monatliche durchschnittliche tägliche Emissionen an Partikeln im Zentralteil und oberen Teil der Talschaften, 2004.

Bei den Emissionen ergibt sich eine deutliche Reihenfolge Brenner – Gotthard – Fréjus und Montblanc, wobei die beiden letzteren zusammen im Bereich zwischen Gotthard und Brenner liegen. Das Maximum der Emissionen liegt allgemein im Sommer, das Minimum um den Jahreswechsel.

4.5. Jahresüberblick zu Verkehr und Emissionen

Die folgenden beiden Abbildungen geben einen Überblick zu Verkehr und Emissionen im Jahresdurchschnitt 2004.

Auch in der Zusammenfassung ergibt sich grundsätzlich das gleiche Bild wie bei der monatlichen Darstellung.

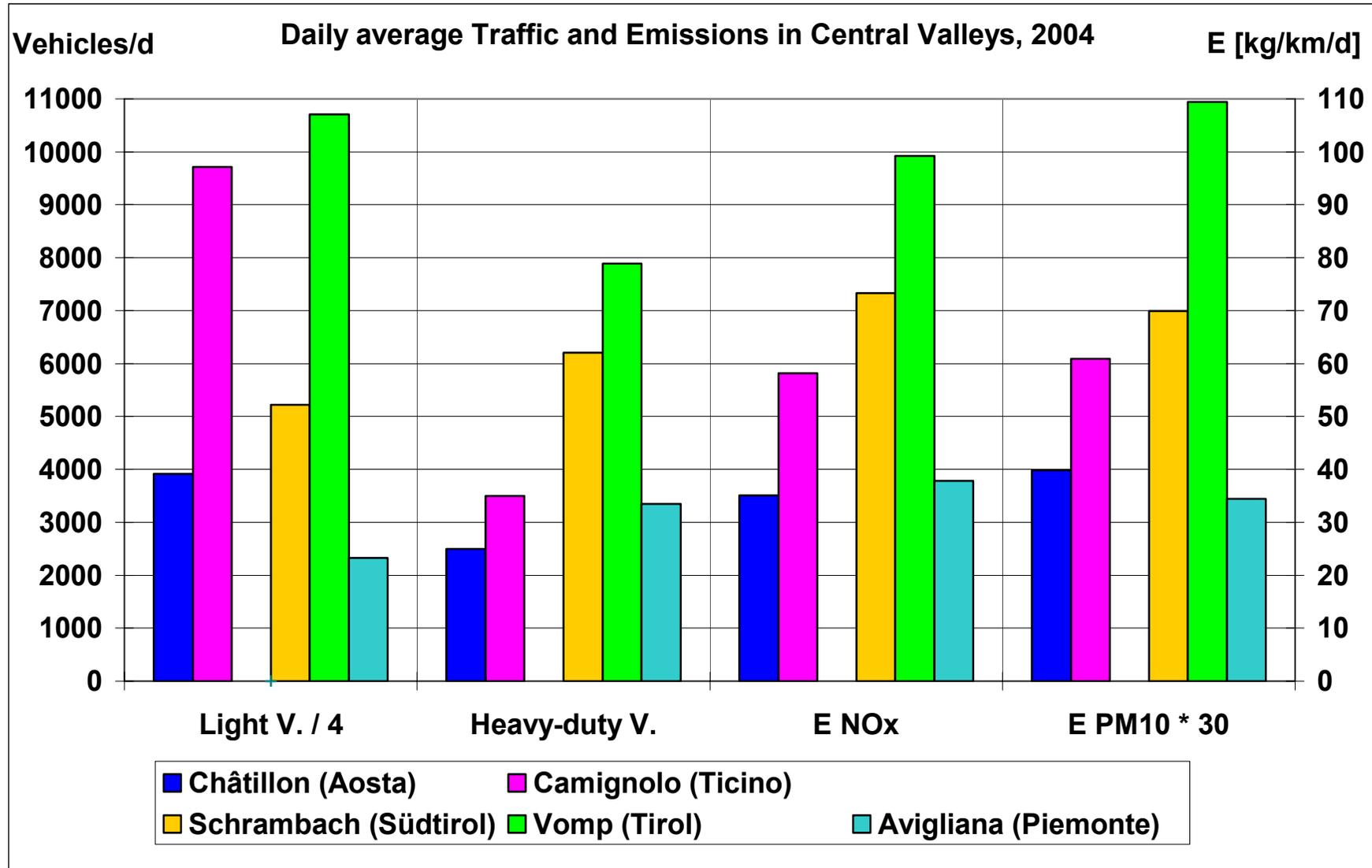


Abbildung 4.5: Jahresdurchschnitt an täglichem Verkehr und täglichen Emissionen von NOx und Partikeln für den Zentralteil der Talschaften, 2004. Man beachte: Es ist ¼ der leichten Fahrzeuge und das 30-fache der Partikelemission angegeben.

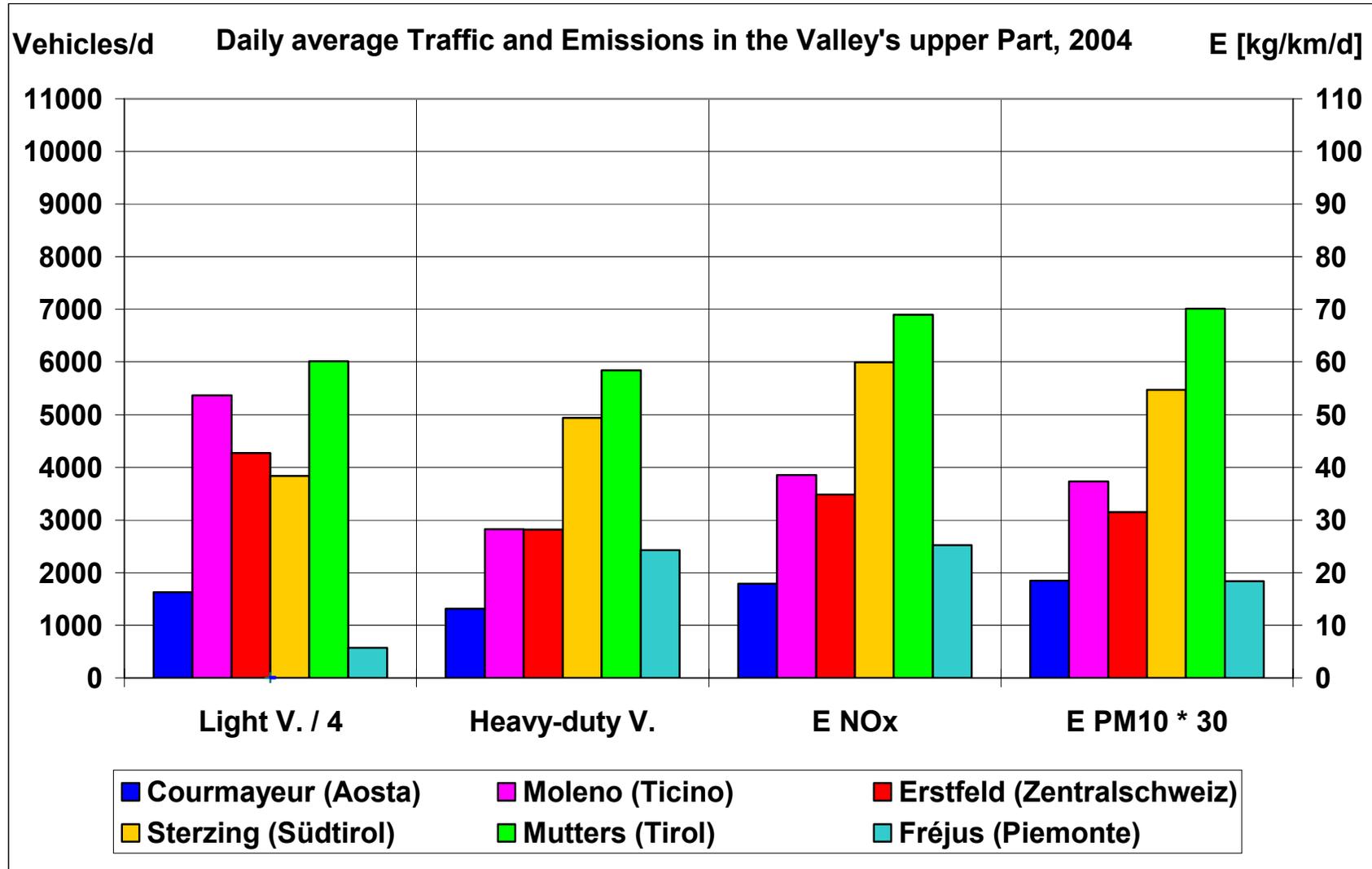


Abbildung 4.6: Jahresdurchschnitt an täglichem Verkehr und täglichen Emissionen von NOx und Partikeln für den oberen Teil der Talschaften, 2004. Man beachte: Es ist 1/4 der leichten Fahrzeuge und das 30-fache der Partikelemission angegeben.

Ein meist überwiegender Teil der Emissionen stammt vom schweren Güterverkehr. Die nächste Abbildung zeigt die Anteile der Emissionen der schweren Güterfahrzeuge an den Gesamtemissionen für Stickoxide.

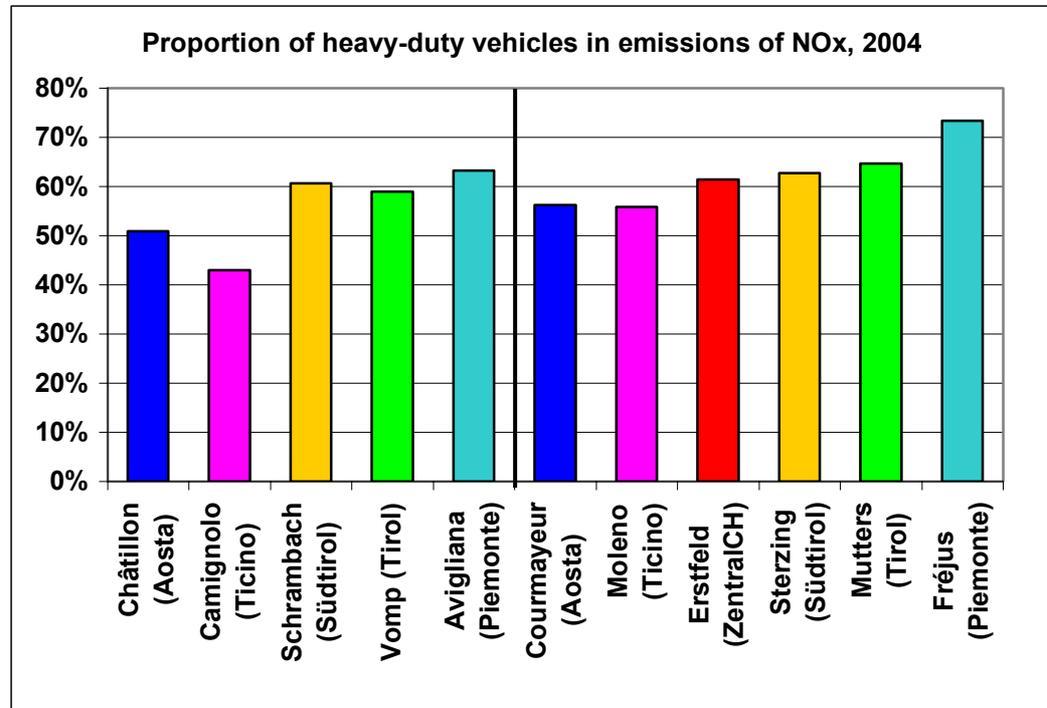


Abbildung 4.7: Anteile der Emissionen der schweren Güterfahrzeuge an den Gesamtemissionen für Stickoxide, 2004, alle Regionen.

Im Durchschnitt aller Regionen liegt der Anteil des schweren Güterverkehrs an den Gesamtemissionen etwa bei 60%; im oberen Teil der Talschaften ist er etwas höher, weil es im zentralen Teil verhältnismäßig mehr PKW gibt.

4.6. Tagesgänge des Verkehrsaufkommens

Von sechs Zählstellen in fünf Regionen liegen Stundenwerte des Verkehrsaufkommens für 2004 vor. Von diesen Zählstellen können somit mittlere Tagesgänge des Aufkommens von leichten Fahrzeugen bzw. dem schweren Güterverkehr gebildet werden. Die nächsten beiden Abbildungen zeigen die relativen mittleren Tagesgänge des Aufkommens an diesen beiden Kategorien an fünf Zählstellen. Relativ heißt, dass der Mittelwert über den gesamten Tag für jede Zählstelle 100% ist.

Bei den leichten Fahrzeugen (überwiegend PKW) zeigen alle Zählstellen ein sehr ähnliches Bild: Ein rascher Anstieg zwischen 5 und 7 Uhr morgens und das tägliche Maximum zwischen 16 und 18 Uhr mit relativ geringen Schwankungen tagsüber – typisch für Transitstrassen. Nur Camignolo zeigt mehr Unterschiede tagsüber, indem dort das relative Aufkommen am Vormittag geringer ist als an den übrigen Zählstellen.

Die schweren Güterfahrzeuge zeigen einen raschen Anstieg zwischen 4 und 6 Uhr, sodann wenig Schwankungen tagsüber und den abendlichen Abfall nach 16 Uhr. Man beachte, dass die Zeit wie in den wissenschaftlichen und meteorologischen Arbeiten üblich stets die astronomische Zeit ist. Es zeigen sich deutlich die Auswirkungen des Nachtfahrverbotes für den schweren Güterverkehr: An den Zählstellen Erstfeld, Moleno und Camignolo herrscht ein weiträumiges Nachtfahrverbot; am Montblanc, wo kein Nachtfahrverbot herrscht, ist der Anteil der in der Nacht zirkulierenden schweren Fahrzeuge deutlich höher. Auf der Südtiroler Brennerseite herrscht zwar kein Nachtfahrverbot, aber auf der Nordtiroler Seite. Dies führt dazu, dass bei Schrambach eine nächtliche Reduktion zu sehen ist, die aber nicht so groß ist wie in den schweizerischen Regionen. Vomp in Tirol zeigt gleich wie die schweizerischen Regionen die nächtliche Reduktion, am frühen Morgen aber einen rasanten Anstieg, weil die räumliche Ausdehnung des Nachtfahrverbots nur eine relativ kleine Strecke betrifft.

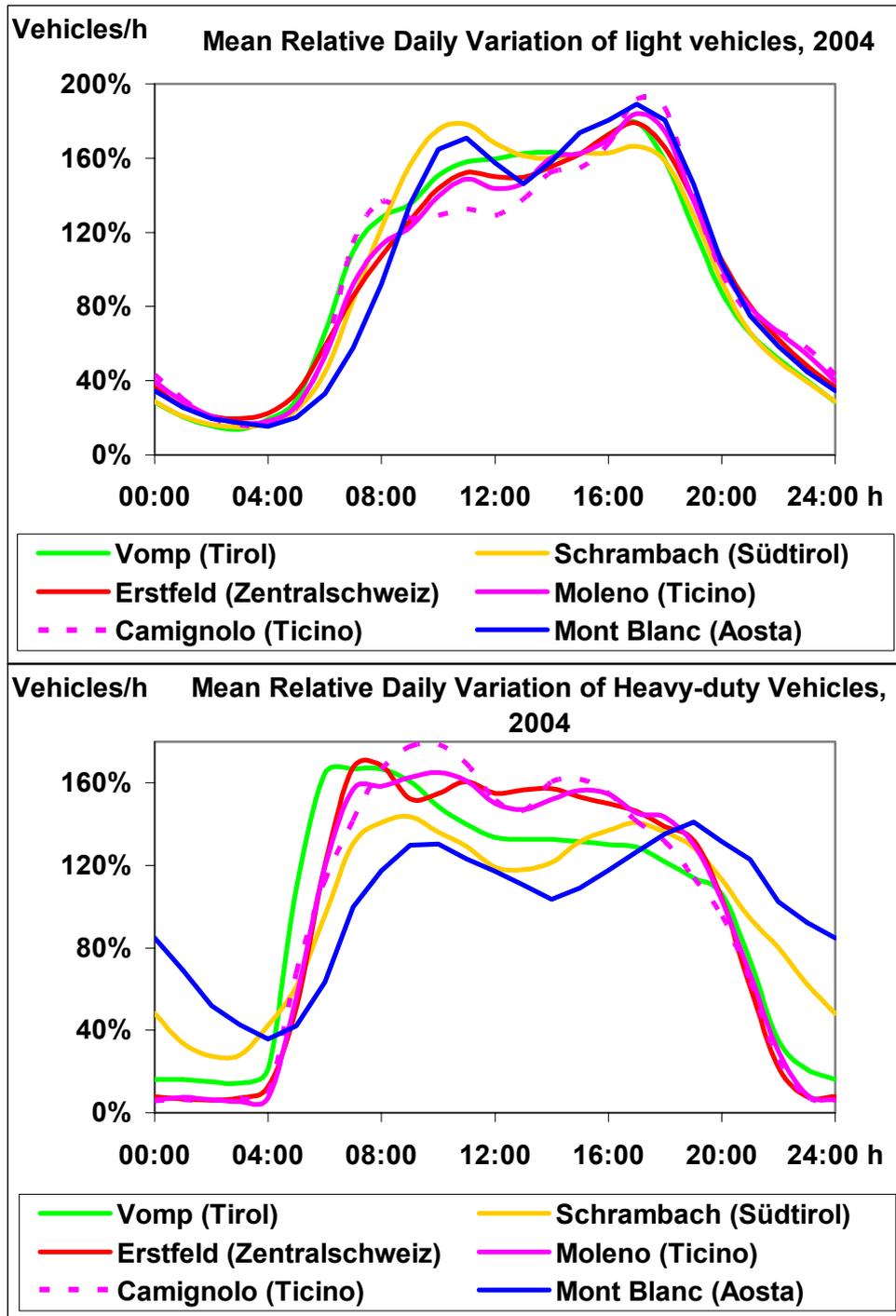


Abbildung 4.8: Mittlere relative Tagesgänge des Aufkommens von leichten Fahrzeugen bzw. des schweren Güterverkehrs an Zählstellen in Tirol, Südtirol, Zentralschweiz, Ticino und Valle d'Aosta.

5. Schadstoffimmissionen

Eine für alle Regionen vergleichbare Datengrundlage gibt es für Immissionen an Stickoxiden (Gesamtstickoxide NO_x und Stickstoffdioxid NO₂) und Feinpartikeln (PM₁₀: Partikel mit einem Äquivalentdurchmesser bis 10 µm). Diese Komponenten werden im Folgenden dargestellt. Dabei werden durchwegs die straßennahen Messstellen dargestellt; sie haben alle einen sehr ähnlichen Abstand von der Strasse von 5 – 6 m und bilden deshalb eine gute Plattform für Vergleiche. Von der Strasse weiter entfernte Standorte werden im letzten Unterkapitel dargestellt.

Für NO₂ und PM₁₀ galten in den verschiedenen Regionen je nach nationalen Gesetzen unterschiedliche Grenzwerte:

Tabelle 5.1: Grenzwerte für NO₂ und PM₁₀ für das Jahr 2004.

Land	Jahresmittel NO ₂ [µg/m ³]	Jahresmittel PM ₁₀ [µg/m ³]	Anzahl Tagesmittel PM ₁₀ > 50 µg/m ³
Österreich	45	40	35
Italien	52	40	35
Schweiz	30	20	1

Beim NO₂ gibt es noch weitere Grenzwerte. In Österreich und Italien werden die Grenzwerte bis 2010 fortlaufend absinken.

5.1. Jahresüberblick zu den Immissionen

Die folgenden beiden Abbildungen geben einen Überblick zu den Jahreswerten 2004 der Immissionen an NO_x, NO₂ und PM₁₀. Von den Messstellen im Valle d'Aosta (Châtillon und Courmayeur) liegen nur Stichprobenmessungen vor (5 -6 übers Jahr verteilte Kampagnen zu je einer Woche).

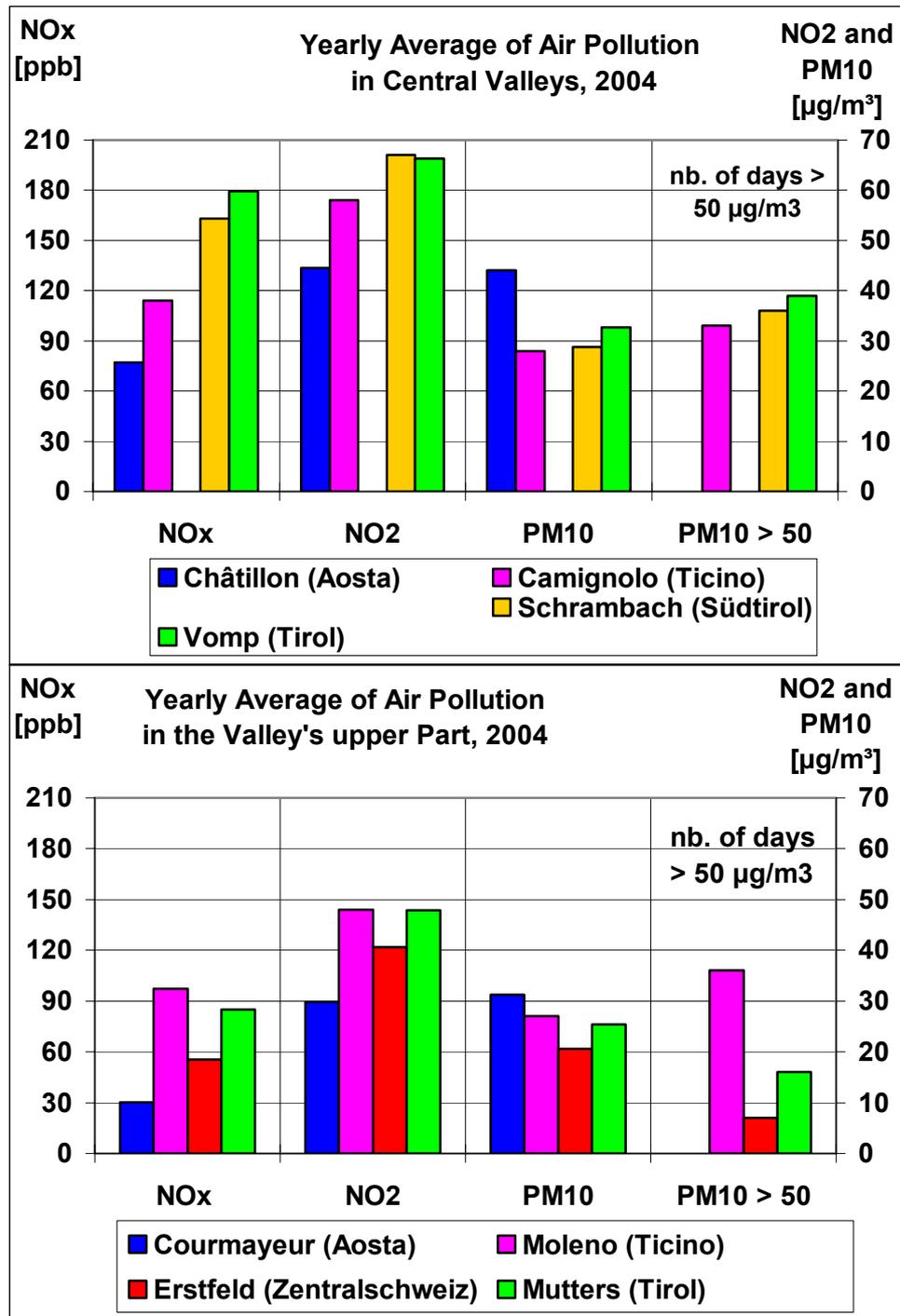


Abbildung 5.1: Jahresmittel an NOx, NO2 und PM10 sowie Anzahl Tagesmittelwerte über 50 µg/m3 für den zentralen und oberen Teil der Talschaften, 2004.

Es sind verschiedentlich Immissionsgrenzwerte überschritten worden. Die Verteilung der NO_x-Immissionen bildet die NO_x-Emissionen nur teilweise ab. Da an allen betrachteten Standorten bei den Stickoxiden andere Schadstoffquellen außer der Strasse nur eine ganz untergeordnete Rolle spielen, müssen die Verteilungsunterschiede zwischen Emissionen und Immissionen von unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen herrühren. Bei den Partikeln (PM₁₀) spielen andere Quellen eher eine Rolle. In Moleno (Ticino) liegt ein nicht zu vernachlässigender Anteil an PM₁₀ aus Holzheizungen vor, wie sich bei Untersuchungen an der benachbarten Messstelle in Roveredo (Graubünden) gezeigt hat; eventuell ist dies auch im Valle d'Aosta (Châtillon und Courmayeur) der Fall.

Das NO₂ folgt Unterschieden beim NO_x nur gedämpft. Dies liegt daran, dass der Anteil von NO₂ am gesamten NO_x mit zunehmendem NO_x abnimmt. Trägt man den Anteil NO₂/NO_x gegen NO_x auf, so ergibt sich eine nicht-lineare Abhängigkeit. In der folgenden Abbildung wurde eine Näherungsfunktion aus früheren Messungen in der Schweiz, Italien und Österreich gebildet. Die aktuellen Messungen 2004 liegen erstaunlich gut auf dieser Funktion. Dies zeigt, dass die generellen NO₂-Bildungsprozesse überall gleich sind und stellt indirekt eine Qualitätsbestätigung dar. Eine generelle Näherungsfunktion darf aber z.B. in Modellierungen nicht verwendet werden, wenn tages- oder jahreszeitlich ungleichmäßige Veränderungen in den Emissionen simuliert werden sollen.

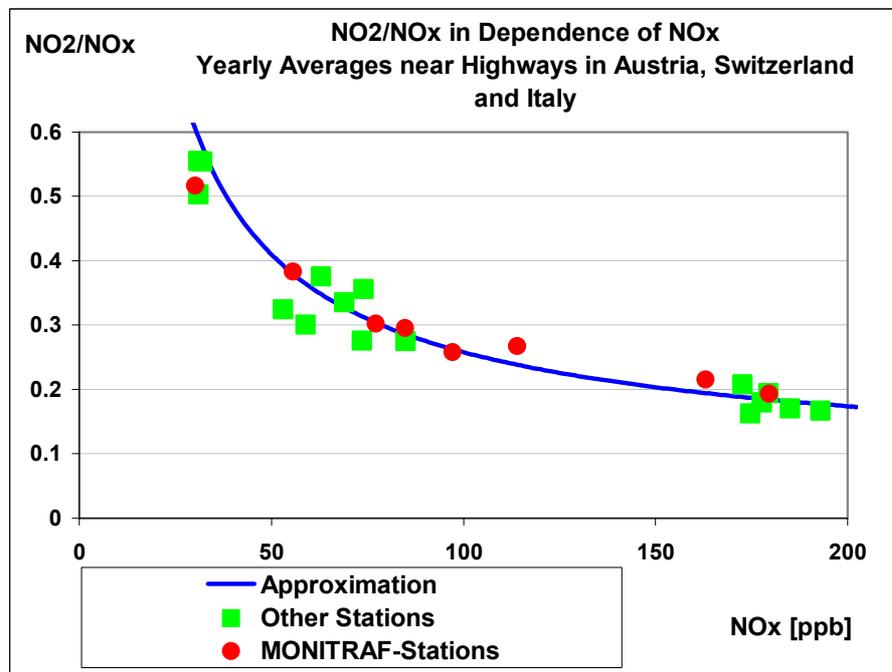


Abbildung 5.2: NO₂/NO_x-Verhältnisse in Abhängigkeit vom NO_x auf der Basis von Jahresmittelwerten, verschiedene Messstellen in Autobahnnähe in Österreich, der Schweiz und Italien, verschiedene Jahre.

5.2. Monatliche Verteilungen der Immissionen an NO_x, NO₂ und PM₁₀

In den folgenden Abbildungen werden die Mittelwerte der Immissionen an NO_x, NO₂ und PM₁₀ je Monat im Jahre 2004 angegeben. Dabei wird wiederum unterteilt zwischen dem Zentralteil und dem oberen Teil der Talschaften.

Die Immissionen sind im Winter höher als im Sommer, obwohl die Emissionen im Sommer ihr Maximum haben. Dies liegt an den im Winter schlechteren Ausbreitungsbedingungen.

Es fällt auf, dass die winterliche Immissionszunahme in Erstfeld (Zentralschweiz) und zum Teil auch bei Camignolo (Ticino) geringer ausfällt als bei den anderen Messstellen. Generell bleibt aber die 'Hierarchie' der Schadstoffbelastung über das ganze Jahr gewahrt, das heißt, die Kurven schneiden sich nur selten.

Im Einzelnen auffällig sind die PM₁₀-Konzentrationen bei Moleno (Ticino) für Januar und Februar (bis über 50 µg/m³) und die 93 µg/m³ NO₂-Monatsmittel im Dezember bei Vomp (Tirol).

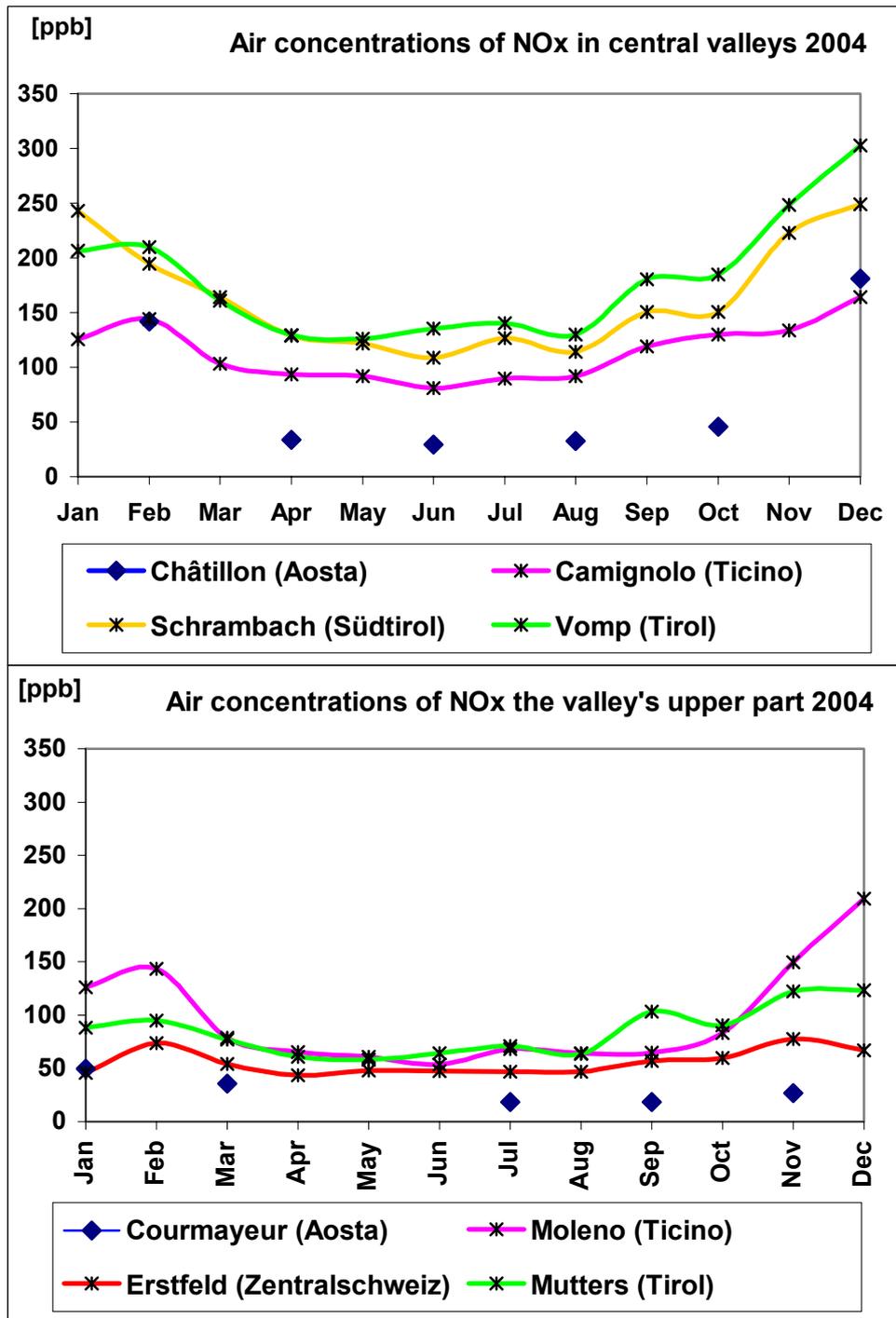


Abbildung 5.3: Monatsmittelwerte der NOx-Konzentrationen im zentralen bzw. oberen Teil der Tal-schaften, 2004.

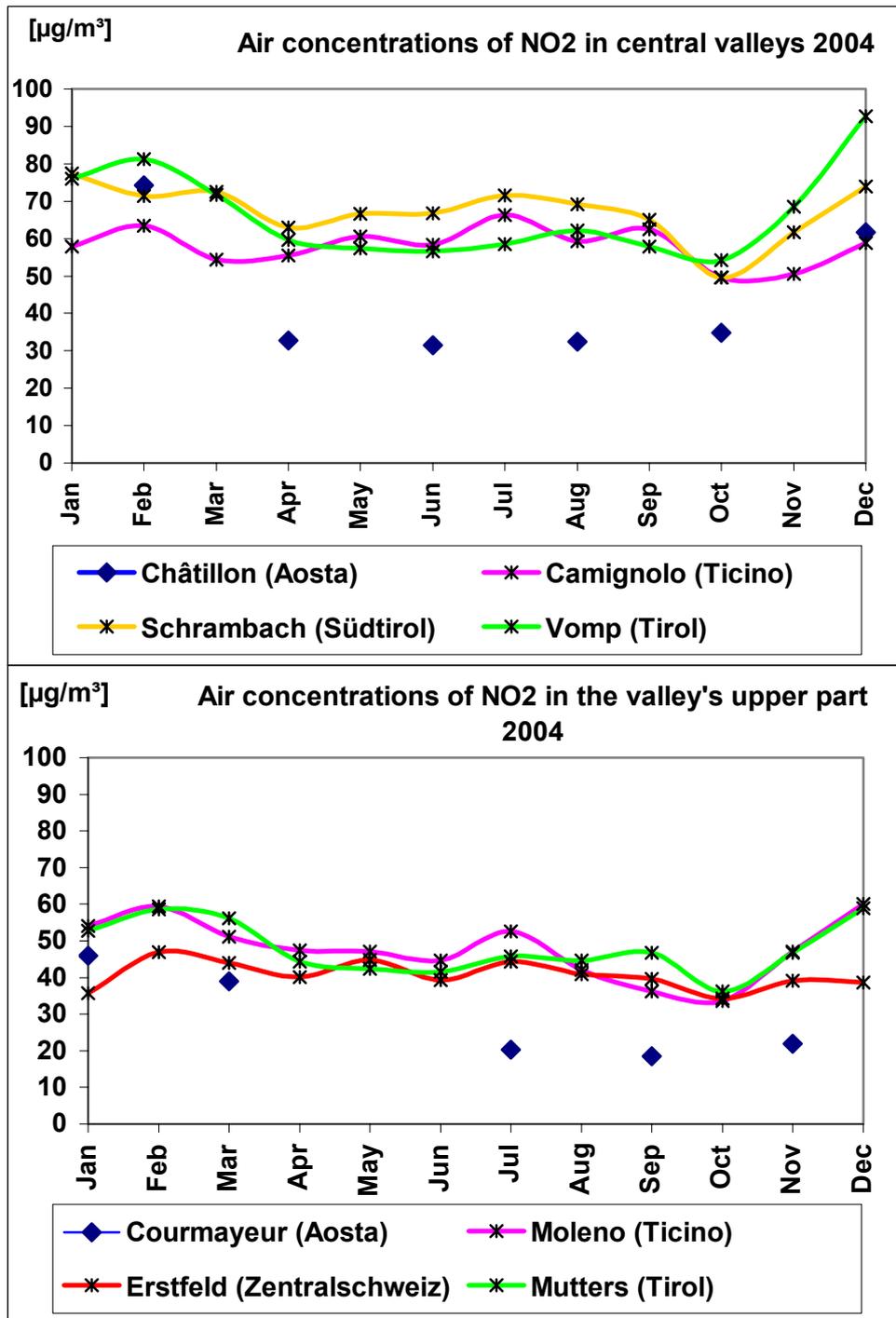


Abbildung 5.4: Monatsmittelwerte der NO₂-Konzentrationen im zentralen bzw. oberen Teil der Tal-schaften, 2004.

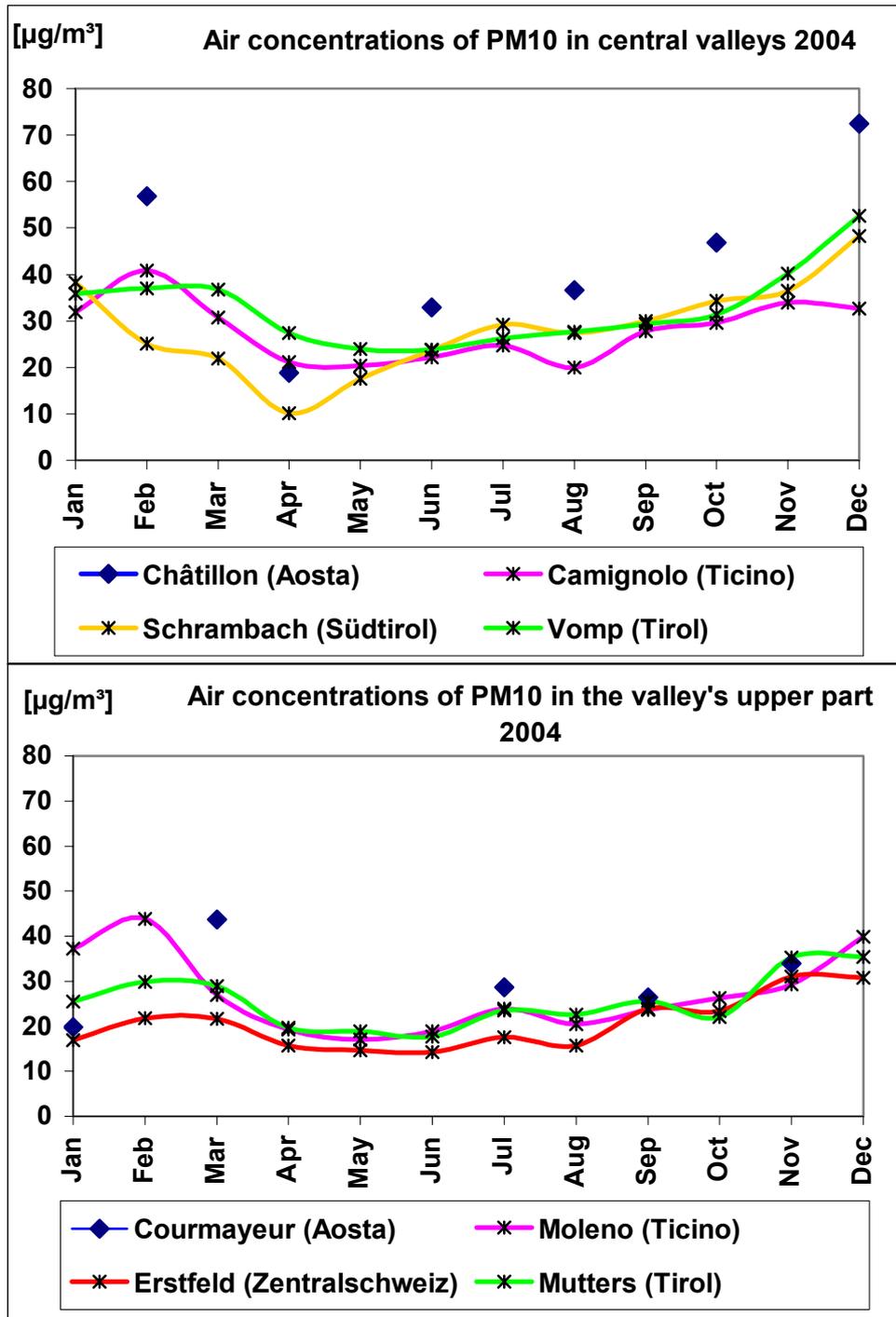


Abbildung 5.5: Monatsmittelwerte der PM10-Konzentrationen im zentralen bzw. oberen Teil der Tal-schaften, 2004.

5.3. Tagesgänge der Immissionen

Am Beispiel des NO_x werden in den folgenden beiden Abbildungen die relativen mittleren Tagesgänge für die betrachteten Messstellen gezeigt, unterteilt in Zentralteil und oberer Teil der Talschaft. Der Mittelwert über jede einzelne Kurve beträgt immer 100%.

In allen Fällen gibt es zwei Maxima, um 8 Uhr und zwischen 17 und 20 Uhr. Die Morgenstütze ist überall stärker ausgeprägt als die Abendspitze. Der Effekt des Nachtfahrverbotes wird überlagert durch die talspezifisch unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen. Währenddem in den zentralen Teilen die Messstellen mit Nachtfahrverbot auch einen geringeren Immissionsanteil nachts im Vergleich zu den anderen Stationen ausweisen, erscheint dies in den oberen Teilen nicht so. Dennoch werden auch dort durch ein Nachtfahrverbot Immissionsanteile von der Nacht in den Tag verlagert.

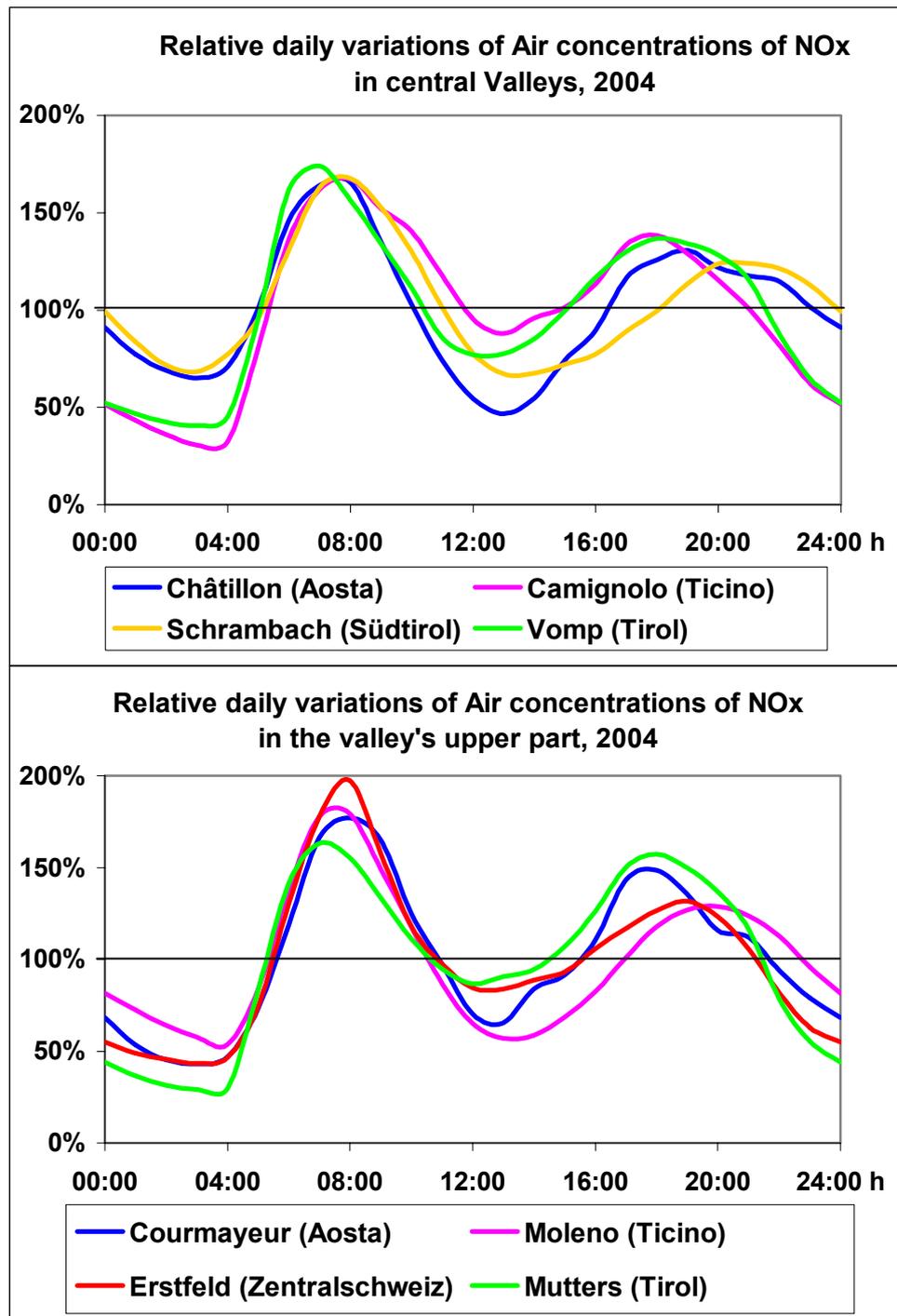


Abbildung 5.6: Relative mittlere Tagesgänge für NO_x-Immissionen, 2004.

In den schweizerischen Regionen werden seit 2003 auch Russ und Partikelanzahl gemessen. Die Partikelanzahl wird hauptsächlich durch die ultrafeinen Partikel bis gegen 1 µm Durchmesser bestimmt, welche zur Gesamtmasse an PM₁₀

nicht viel beitragen. Der Russ (z.B. von Dieselmotoren) kommt ebenfalls hauptsächlich bei den ultrafeinen Partikeln vor.

Die folgende Abbildung zeigt den relativen Tagesgang der vier Komponenten NOx, PM10, Partikelanzahl und Russ für die Messstelle Erstfeld 2004.

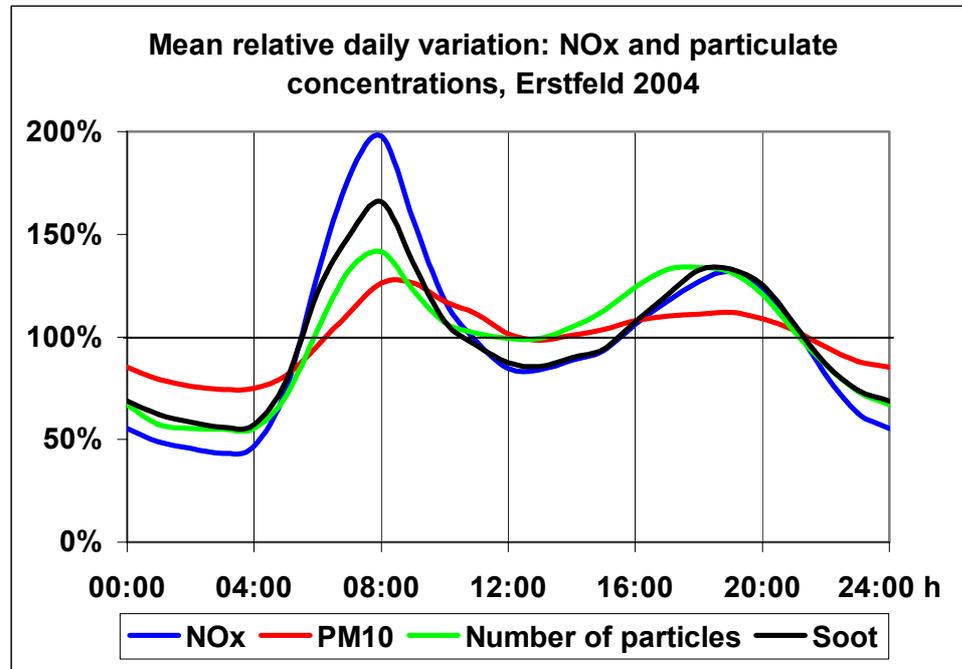


Abbildung 5.7: Mittlerer relativer Tagesgang für NOx, PM10, Partikelanzahl und Russ bei Erstfeld (Zentralschweiz), 2004.

Russ, Partikelanzahl und Russ, damit die ultrafeinen Partikel, weisen einen ähnlichen Tagesgang wie NOx auf; sie entstammen hauptsächlich dem Straßenverkehr. Beim PM10 gibt es andere Quellkomponenten mit einem anderen Tagesgang.

5.4. Immissionen an Hintergrund-Messstellen

Die Hintergrund-Messstellen haben unterschiedliche Abstände zur Autobahn zwischen ca. 100 und 1000 m. Sie sind deshalb nicht direkt miteinander vergleichbar. Die folgenden drei Grafiken zeigen die Immissions-Jahresmittelwerte von NOx, NO2 bzw. PM10 an diesen Messstellen in Abhängigkeit von ihrem Straßenabstand. Eine Tendenz von abnehmenden Werten mit zunehmendem Straßenabstand ist erkennbar.

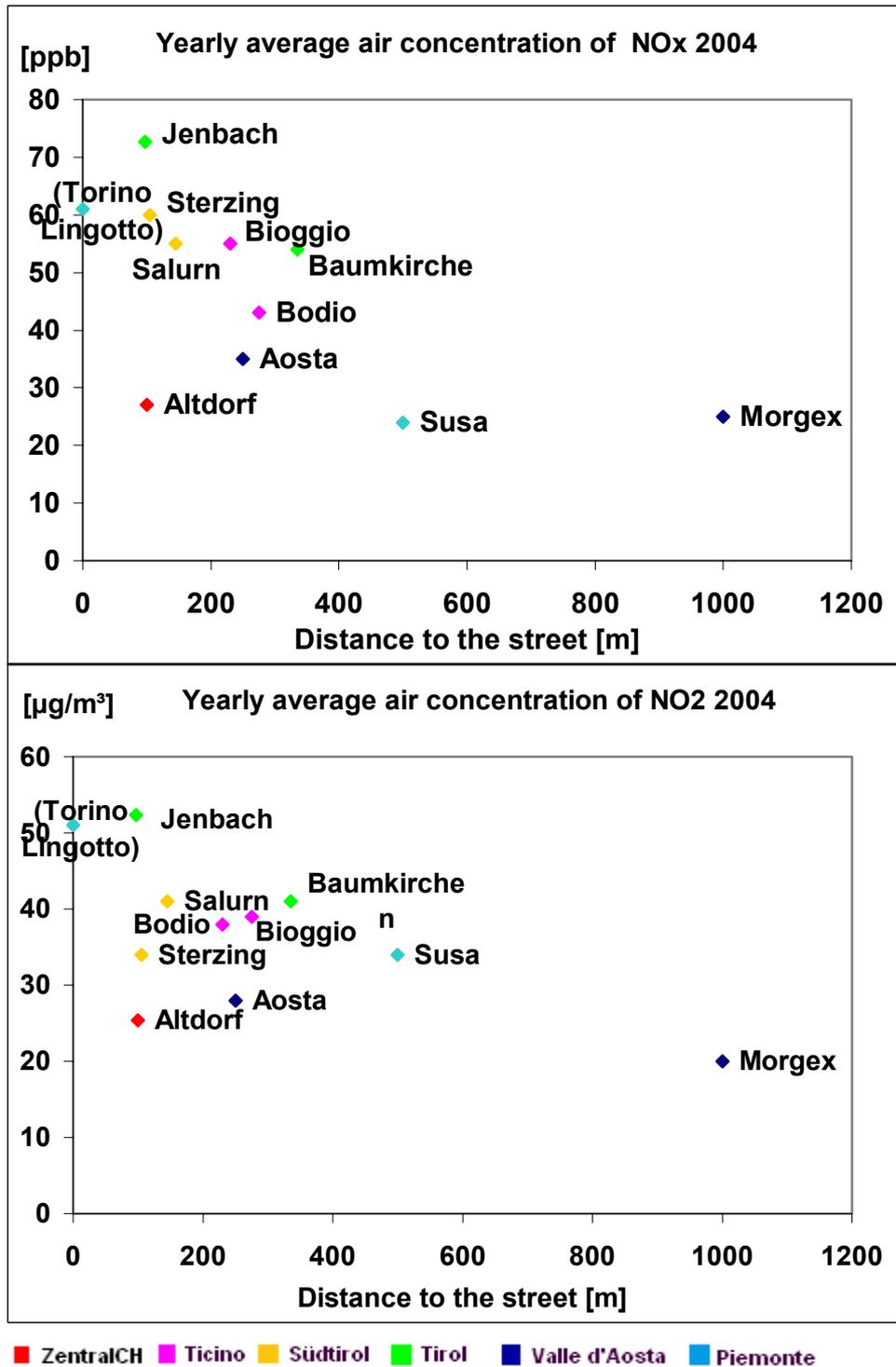


Abbildung 5.8: Jahresmittel von NOx bzw. NO2 für Hintergrund-Messstellen in Abhängigkeit vom Straßenabstand, 2004.

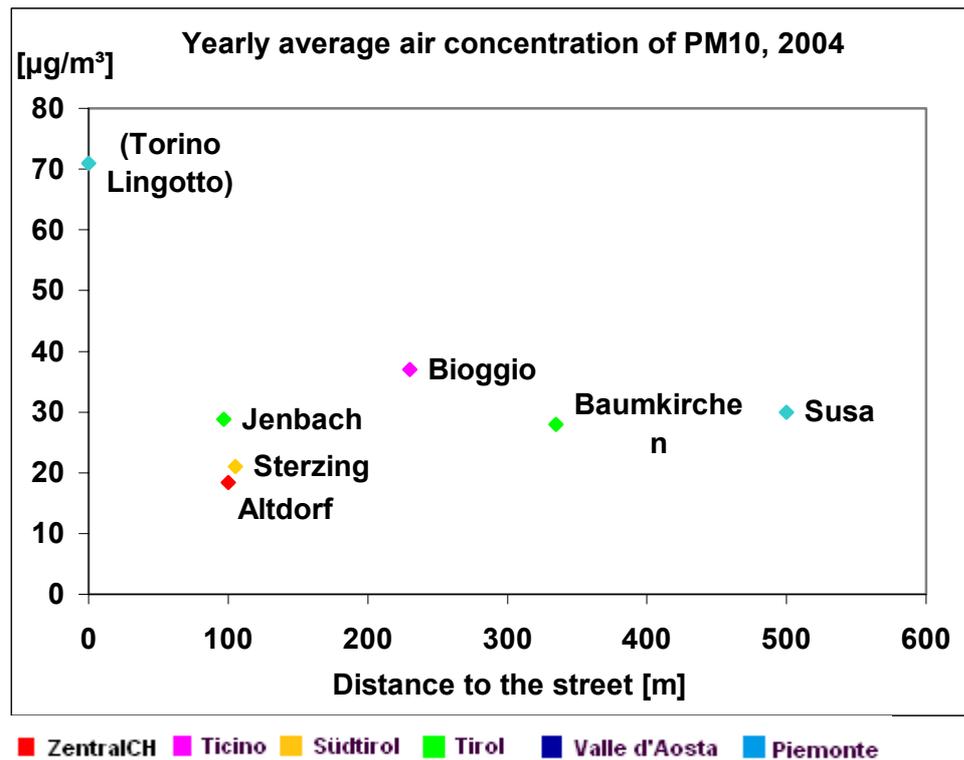


Abbildung 5.9: Jahresmittel von PM10 für Hintergrund-Messstellen in Abhängigkeit vom Straßenabstand, 2004.

6. Empirische Ausbreitungsbedingungen: Das Verhältnis zwischen Immissionen und Emissionen

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 Luftschadstoffkonzentration, 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 ausgegangen, welches τ (Tau)

genannt wird. Ausgangsbasis sind Stundenwerte; mit einem dynamischen Hintergrund werden frühere Emissionen berücksichtigt und solche von anderen Quellen, die aber auch einen Beitrag zur Luftschadstoff-Konzentration liefern.

Die Größe t bildet die Ausbreitungsbedingungen empirisch ab. Sie weist deshalb eine starke Abhängigkeit von der Jahres- und Tageszeit auf und reagiert direkt auf klimatische Einflüsse. Als Beispiel wird der mittlere Tagesgang von t für die Messstelle Schrambach (Südtirol) 2004 gezeigt, und zwar für Sommer, Zwischensaisons und Winter sowie für eine anhaltende Inversionslage im Februar.

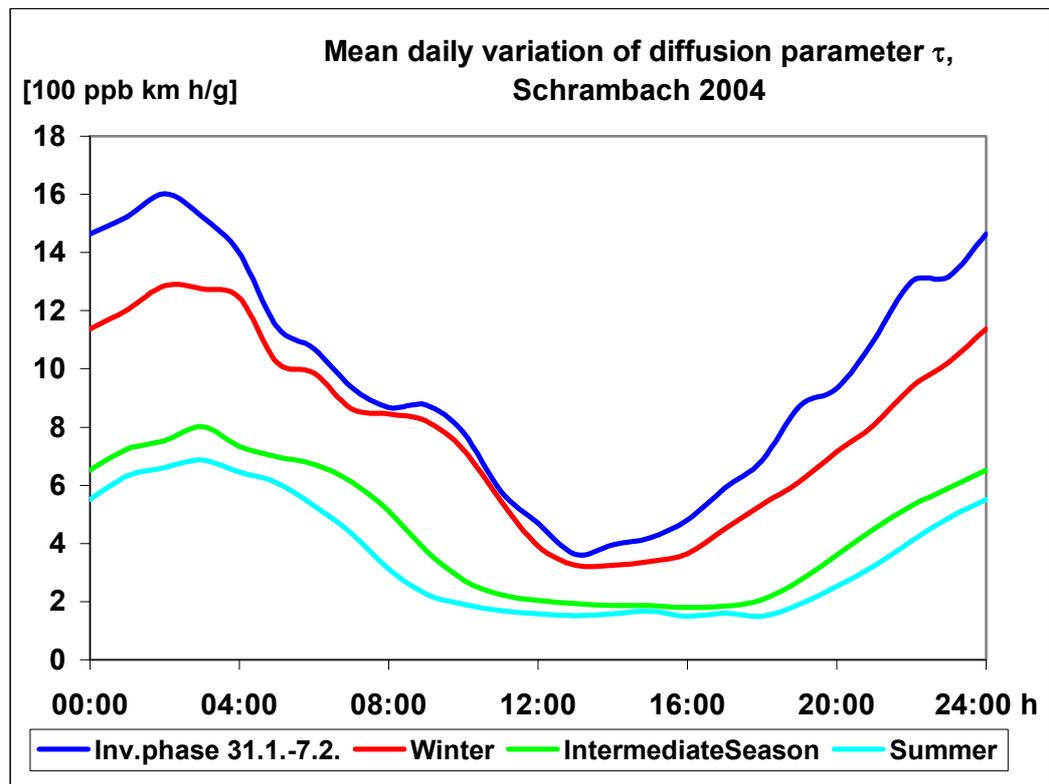


Abbildung 6.1: Mittlerer Tagesgang des empirischen Ausbreitungsparameters τ für Sommer, Zwischensaison und Winter sowie eine Inversionsphase im Februar, Schrambach (Südtirol) 2004.

Je höher τ , desto schlechter sind die Ausbreitungsbedingungen. Tages- und Jahresgang der mittleren Ausbreitungsverhältnisse sind schön zu erkennen. In ausgeprägten Inversionsphasen wird τ besonders hoch.

Im Rahmen dieses Projektes konnten solche Modellierungen nicht durchgeführt werden, im Valle d'Aosta und im Piemonte fehlen auch Stundenwerte des Verkehrs.

Für die Stationen, die nahe der Strasse liegen und bei denen die NO_x-Konzentrationen von der Strasse dominiert werden, können wir gleichwohl das Konzentrations- zu Emissionsverhältnis auf Jahres- und Monatsbasis als Maß für die mittleren Ausbreitungsbedingungen verwenden und so die Sensitivität der verschiedenen Alpentäler untereinander und im Vergleich zum flacheren Land vergleichen.

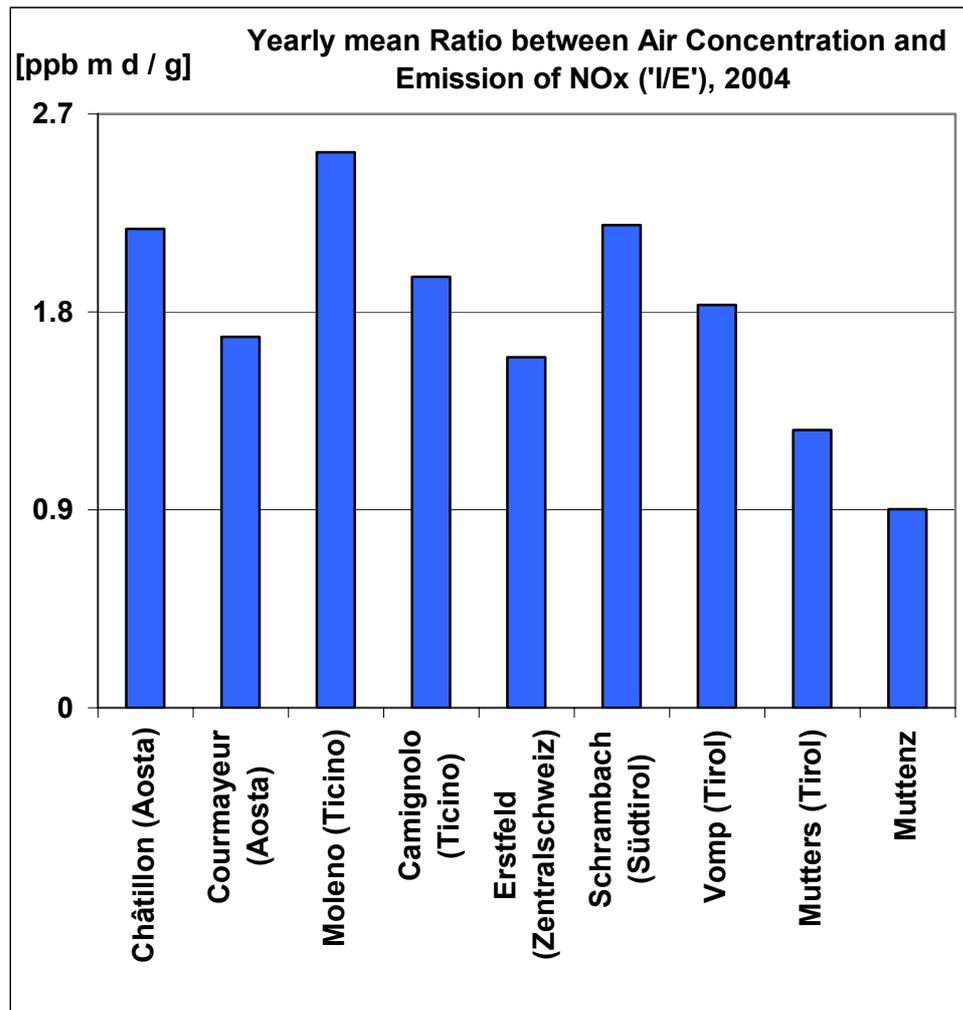


Abbildung 6.2: Verhältnis zwischen Immission und Emission an NO_x (Jahresmittelwerte) für die straßennahen Messstellen der MONITRAF-Regionen und die Messstelle Muttenz (bei Basel), im flacheren Teil der Schweiz.

Eine Emissionseinheit verursacht in den Alpentälern des MONITRAF-Projektes etwa die 2 – 3fache Immission wie im flacheren Land bei Basel. Dabei muss beachtet werden, dass die Region bei Basel im europäischen Vergleich keineswegs 'flach' ist und dass bei Muttenz nicht unbedeutende Immissionen von anderen Quellen kommen, was die blaue Säule von Muttenz höher macht. Die Alpentäler stellen also lufthygienisch gesehen sensitive Regionen dar. Bei Erstfeld und

Courmayeur dürfte der Föhn für eine gewisse Erniedrigung des mittleren Wertes von τ besorgt sein.

Mutters (Tirol) stellt einen Spezialfall dar: Die Messstelle liegt auf einem Geländesporn oberhalb des tief gezogenen Sillgrabens, so dass man dort nicht oft stagnierende Luftmassen vorfindet. Folgerichtig ist das I/E-Verhältnis dort ziemlich niedrig. Im Übrigen bewegen sich die Werte zwischen dem Minimum bei Erstfeld (Zentralschweiz) und dem Maximum bei Moleno (Ticino).

7. Klimatische Aspekte

Die wesentlichen klimatischen Elemente, welche die Ausbreitung der Luftschadstoffe bestimmen, sind die vertikale Temperaturschichtung und die Windverhältnisse. Diese beiden Elemente werden im Folgenden dargestellt.

7.1. Temperaturprofile

In den drei Regionen Erstfeld (Zentralschweiz), Moleno (Ticino) und Vomp (Tirol) gibt es spezifische Temperaturprofilmessungen mit mehreren Sensoren im Höhenabstand von 20 – 70 m. In den übrigen drei Regionen mussten als Behelf je zwei Temperaturmessstellen verwendet werden, welche einen größeren Höhenunterschied (mehrere hundert Höhenmeter) und eine beträchtliche räumliche Distanz aufwiesen. Von diesen drei Regionen können deshalb zurzeit nur Schätzungen des Inversionsauftretens vorliegen. Aus diesen Temperaturprofilen wurden für das gesamte Jahr 2004 die aufgetretenen bodennahen Inversionen bestimmt, und zwar je nach vorhandener Zeitauflösung für jede Viertelstunde oder Stunde. Daraus wurden Häufigkeitsverteilungen der bodennahen Inversionen in Abhängigkeit der Jahres- und der Tageszeit ermittelt. Damit besteht ein für alle Regionen vergleichbares Maß für das Inversionsauftreten. Im Folgenden werden diese Häufigkeitsverteilungen für Sommer und Winter 2004 gezeigt.

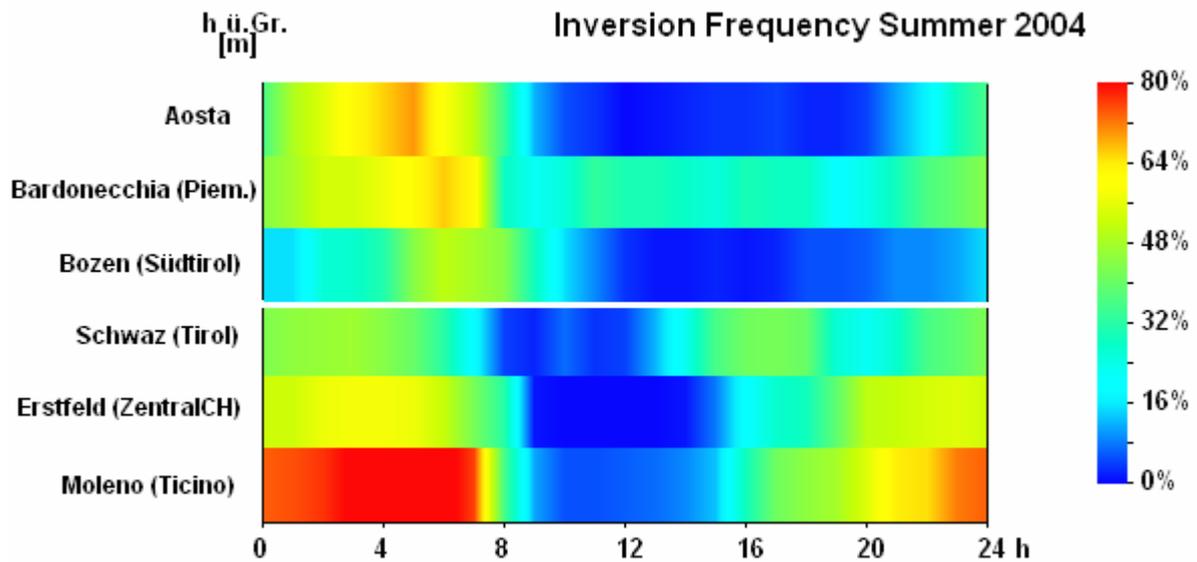


Abbildung 7.1: Häufigkeitsverteilungen der bodennahen Inversionen in den sechs MONITRAF-Regionen, Sommer 2004.

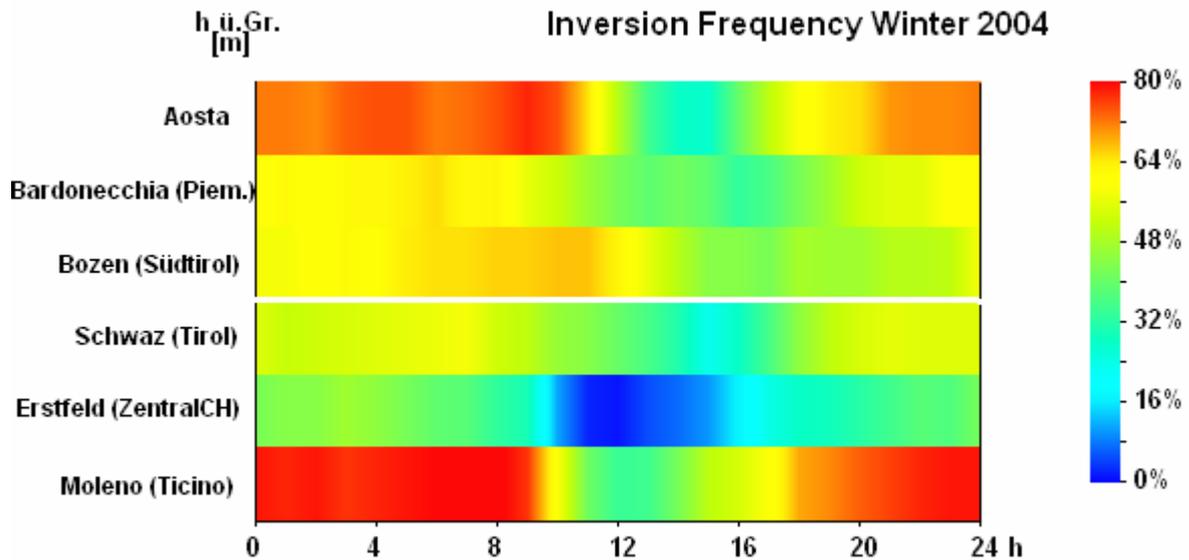


Abbildung 7.2: Häufigkeitsverteilungen der bodennahen Inversionen in den sechs MONITRAF-Regionen, Winter 2004.

Die Verteilungen der jeweils oberen drei Talschaften sind wegen des nicht so geeigneten Temperaturprofils unsicherer als bei den unteren drei, vor allem im Sommer und insbesondere für die Profile von Bardonecchia und Bozen. Im entscheidenden Winter liegen die Inversionshäufigkeiten zwischen dem Minimum bei Erstfeld (Zentralschweiz) und dem Maximum bei Moleno (Ticino), in Analogie zu

den mittleren I/E-Verhältnissen (s. Kapitel 6). Im Sommer sticht ebenfalls Moleno (Ticino) hervor, wo mit Abstand am meisten Inversionen vorkommen. Generell hat es im Winter mehr Inversionen als im Sommer, aber im Übrigen sind die regionalen Unterschiede beträchtlich.

7.2. Betrachtung zu den Windverhältnissen

Bei der hier durchgeführten Auswertung wurde die Bedeutung lokaler Windregimes überprüft: Die Häufigkeit von thermischem Talaufwind im Sommer und von Talabwind im Winter. Letzterer ist meist von der Schwerkraft lokal und regional ausgekühlter Luft angetrieben; allerdings enthält er auch unterschiedliche Anteile von Föhn, was hier nicht weiter untersucht werden konnte.

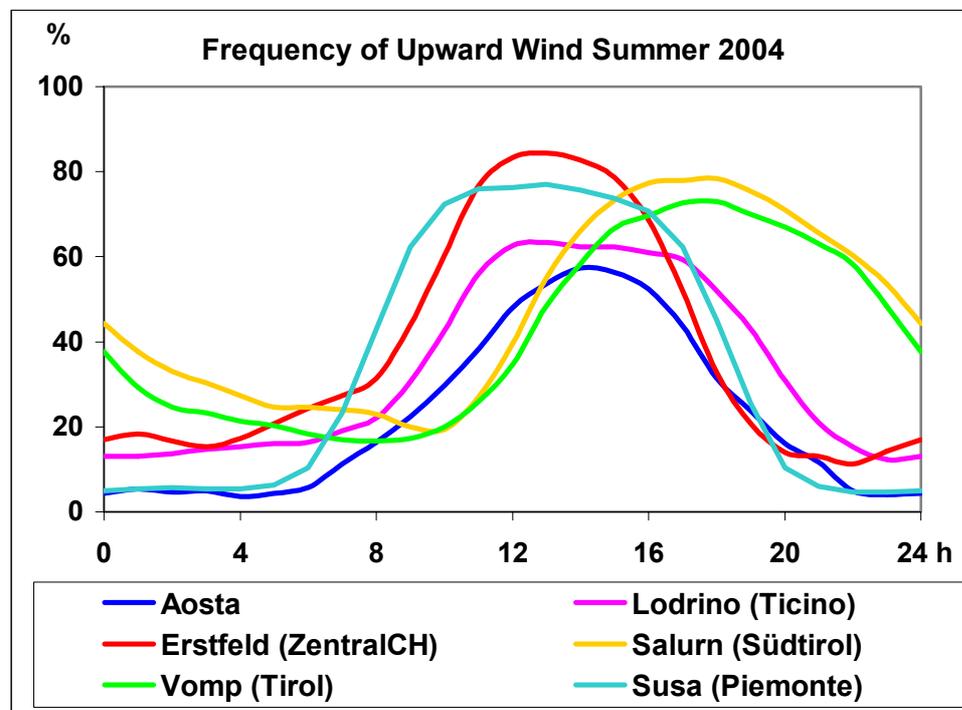


Abbildung 7.3: Häufigkeit des Talaufwindes im Tagesgang, Sommer 2004. Für Moleno wurde die Windmessstelle Lodrino (Ticino) von Meteo-Schweiz verwendet.

Der Talaufwind (Sektor von 60°) erreicht überall tageszeitliche Häufigkeiten von 60 bis über 80 %, obwohl die Täler völlig verschieden ausgerichtet sind. Das lokale Element hat damit beim Windregime eine hohe Bedeutung. Warum das Maximum der Häufigkeit im Etschtal (Südtirol) und Inntal (Tirol) mehrere Stunden später erreicht wird als in den übrigen Tälern, kann zurzeit nicht erklärt werden.

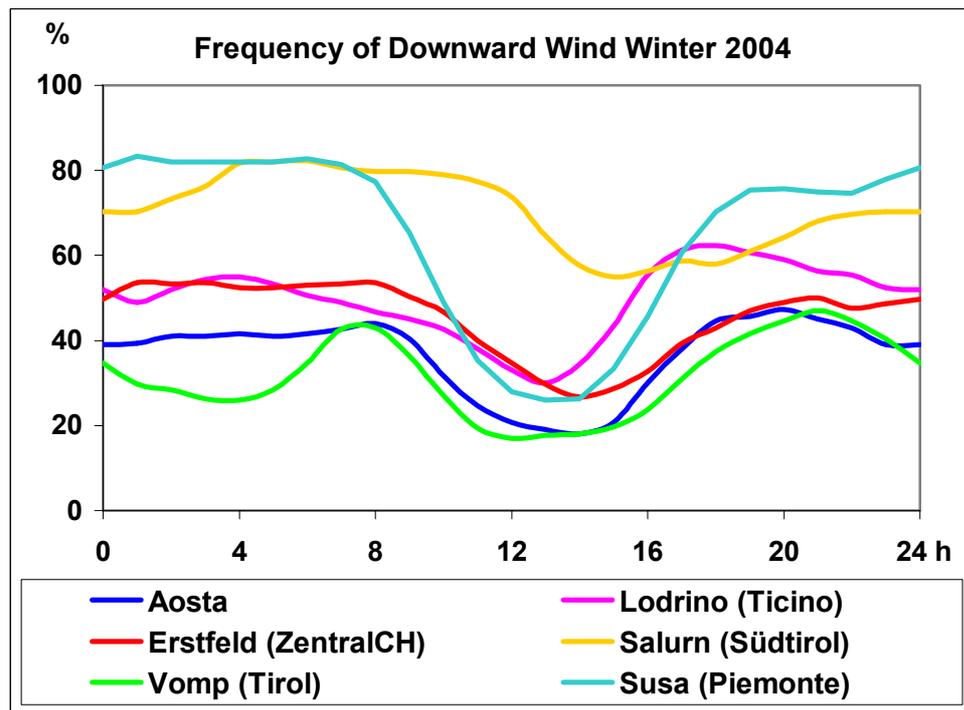


Abbildung 7.4: Häufigkeit des Talabwindes im Tagesgang, Winter 2004. Für Moleno wurde die Windmessstelle Lodrino (Ticino) von Meteo-Schweiz verwendet.

Die sehr häufigen winterlichen Talabwinde (Sektor von 60°) im Etschtal bei Salurn und im Valle di Susa fallen auf, ebenso der unruhige Verlauf der Häufigkeit in der ersten Tageshälfte bei Vomp im Unterinntal. Am Nachmittag nimmt die Häufigkeit überall ab, weil dann auch im Winter sich thermischer Aufwind vermehrt durchsetzen kann.

7.3. Zusammenhang zwischen Inversionen und Immissionen

In diesem Abschnitt wird ein quantitativer Zusammenhang zwischen Inversionshäufigkeit und NO_x-Immission aufgezeigt. Trägt man für jede Region die Tagesmittelwerte von NO_x gegen die tägliche Inversionshäufigkeit auf, so erhält man eine Punktwolke, welche gegen höhere Inversionshäufigkeiten hin ansteigt. Die Regressionsgerade beschreibt diese Abhängigkeit.

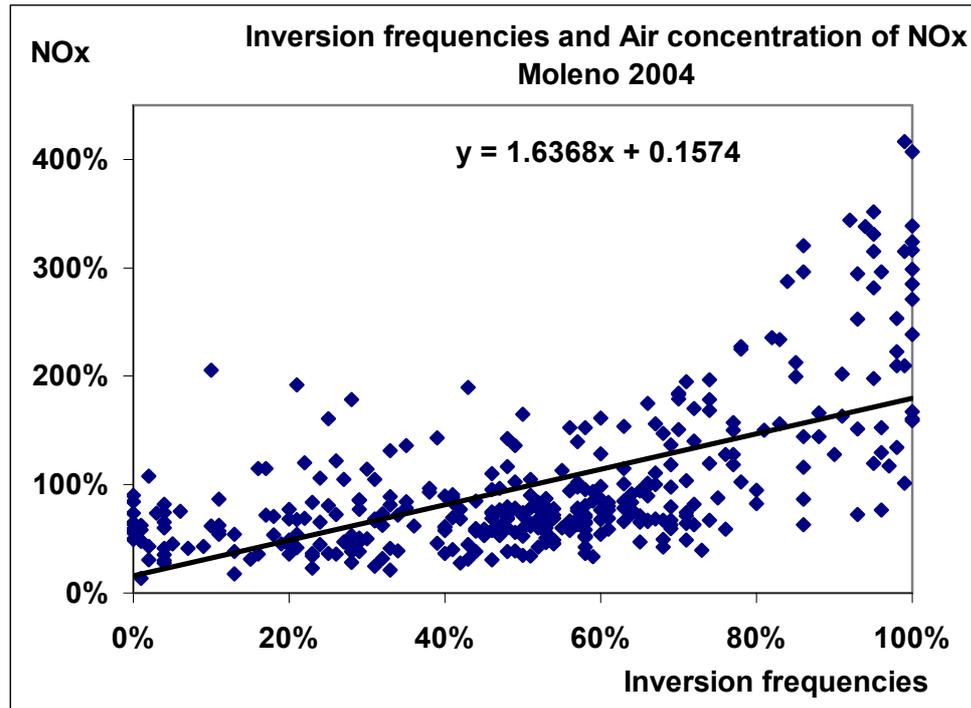


Abbildung 7.5: Tagesmittelwerte von NOx-Immissionen (in % des Jahresmittels) gegen tägliche Inversionshäufigkeit, Moleno (Ticino) 2004.

Die sich so ergebenden Regressionsgeraden werden nun von allen Regionen einander gegenüber gestellt.

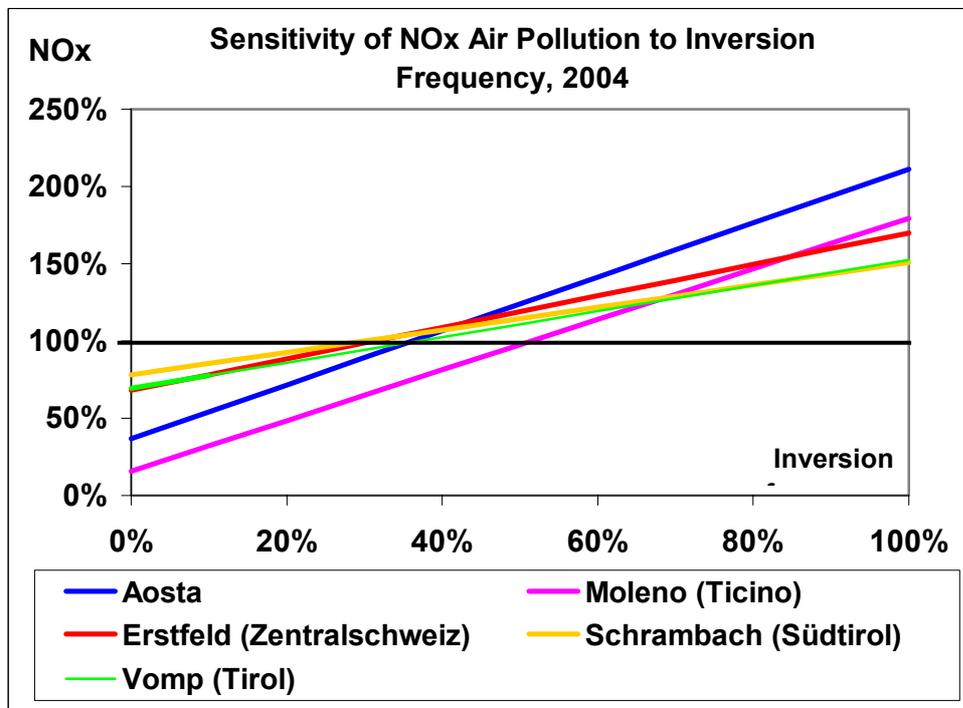


Abbildung 7.6: Sensitivität der NOx-Immission in fünf MONITRAF-Regionen gegenüber Inversionen, 2004.

Wo die Regressionsgeraden jeweils die 100%-Linie des NO_x schneiden, findet sich die jährliche Inversionshäufigkeit. Die Steigung der Geraden entspricht der Sensitivität der NO_x-Immission gegenüber Inversionen: eine höhere Steigung bedeutet mehr NO_x-Zunahme pro % Zunahme der Inversionshäufigkeit. Moleno (Ticino) und Aosta weisen eine höhere Sensitivität als die anderen drei Messstellen auf. Ganz allgemein ist die Reaktion der NO_x-Immission auf Inversionen beträchtlich; bei 100% Inversion beträgt die mittlere NO_x-Immission bei sonst gleichen Bedingungen ein Mehrfaches des Wertes bei 0% Inversion.

8. Lärmimmissionen

Zu Lärmimmissionen gibt es nur in den beiden schweizerischen Regionen insgesamt drei straßennahe Messstellen mit kontinuierlichen Messungen. Im Valle d'Aosta gibt es immerhin an drei straßennahen Messstellen je 3 – 6 übers Jahr verteilte einwöchige Messkampagnen. Diese Lärmmessungen können einander gegenüber gestellt werden. Vom Valle di Susa liegen einige einwöchige Lärm-messungen zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Orten mit unterschiedlichem Verkehrsaufkommen und unterschiedlichem Abstand von der Strasse vor. Sie werden hier zur Information dokumentiert, können aber nicht für Vergleiche herangezogen werden. Von Tirol lagen nur einzelne, von Südtirol gar keine Messungen vor.

8.1. Lärmimmissionen in den Regionen Zentralschweiz, Ticino und Valle d'Aosta

Lärmimmissionen werden in Dezibel (dB) angegeben, einem logarithmischen Maß für die Schallintensität. Eine Veränderung der Schallintensität um den Faktor 2 bewirkt eine Änderung der Maßzahl um 3 dB, unabhängig vom Ausgangswert. Eine Veränderung des Verkehrsaufkommens um 10% bei gleich bleibender Flotte verändert den Schallpegel lediglich um 0.4 dB.

Die folgende Abbildung zeigt die energetischen Jahresmittelwerte der Lärmimmissionen an straßennahen Messstellen in der Zentralschweiz, dem Ticino und dem Valle d'Aosta, unterteilt in Tag (6 – 22 Uhr) und Nacht (22 – 6 Uhr).

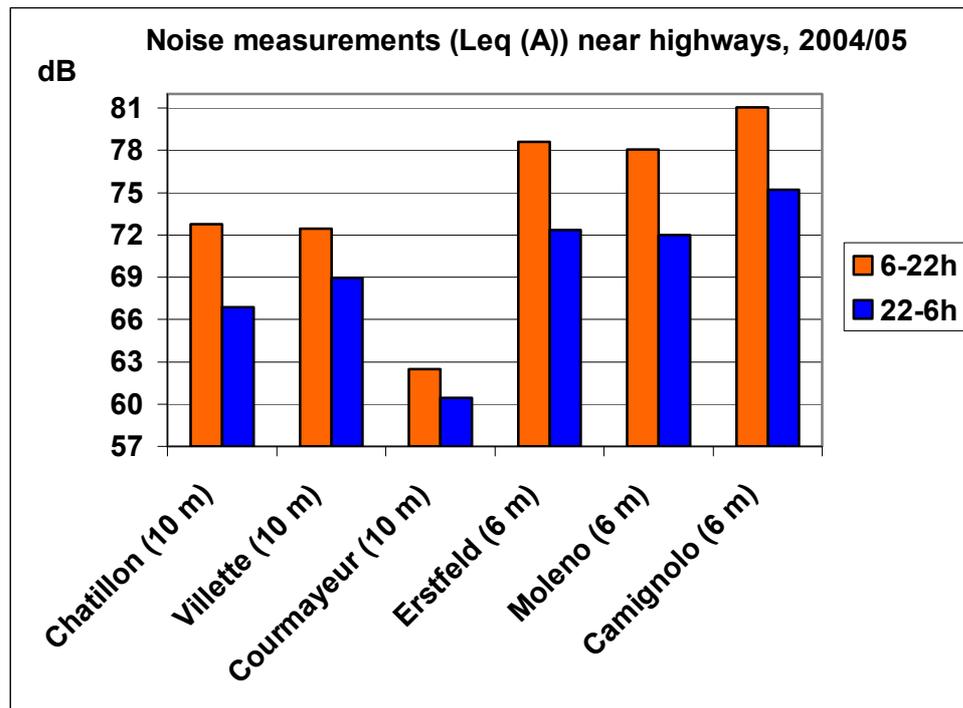


Abbildung 8.1: Lärmimmissionen (energetische Mittelwerte) für verschiedene Standorte in der Zentralschweiz, dem Ticino und dem Valle d'Aosta für 2004/05, unterteilt in Tag (6 – 22 Uhr) und Nacht (22 – 6 h). In Klammern der Straßenabstand. Eine Skaleneinheit (3 dB) entspricht einer Verdoppelung der Schallintensität.

Die Lärmimmissionen zeigen ein Bild, das grob dem Verkehrsaufkommen entspricht, allerdings mit erheblichen Modifikationen. In der Zentralschweiz und dem Ticino ist die Schallintensität nachts nur ein Viertel von dem Wert tagsüber; im Valle d'Aosta ist dieser Unterschied auf Grund des fehlenden Nachtfahrverbotes mit Ausnahme von Châtillon deutlich geringer.

8.1.1. Einfluss des Straßenbelags auf die Lärmerzeugung

Bei Moleno (Ticino) wurde im September 2004 der bestehende Belag (AB 16 s) auf einer Länge von insgesamt 300 m auf allen Spuren durch einen Lärm vermindern den Blähtonbelag (AC 8 Leca) ersetzt. Dank der kontinuierlichen Lärmmessungen im Rahmen des Projektes 'Monitoring flankierende Maßnahmen – MfMU' konnte die Lärmsituation vor und nach der Ersetzung verglichen werden (Tami und Bozzolo et al., 2005). Die Lärmmessungen wurden in einem Abstand von der Normalspur von 6.5 m durchgeführt. Die ersten Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst.

Es wurden zwei Messperioden miteinander verglichen: November 2003 – Juni 2004 (Belag AB 16 s) und November 2004 – Juni 2005 (Lärm vermindernder Belag AC 8 Leca). Die Ergebnisse wurden auf ein Fahrzeug je Halbstunde normiert, ohne Berücksichtigung von Unterschieden, die sich in den jeweiligen Vergleichsmonaten bezüglich Anteils Schwerverkehr, Belagszustand (nass/trocken) oder Belagstemperatur ergeben haben konnten.

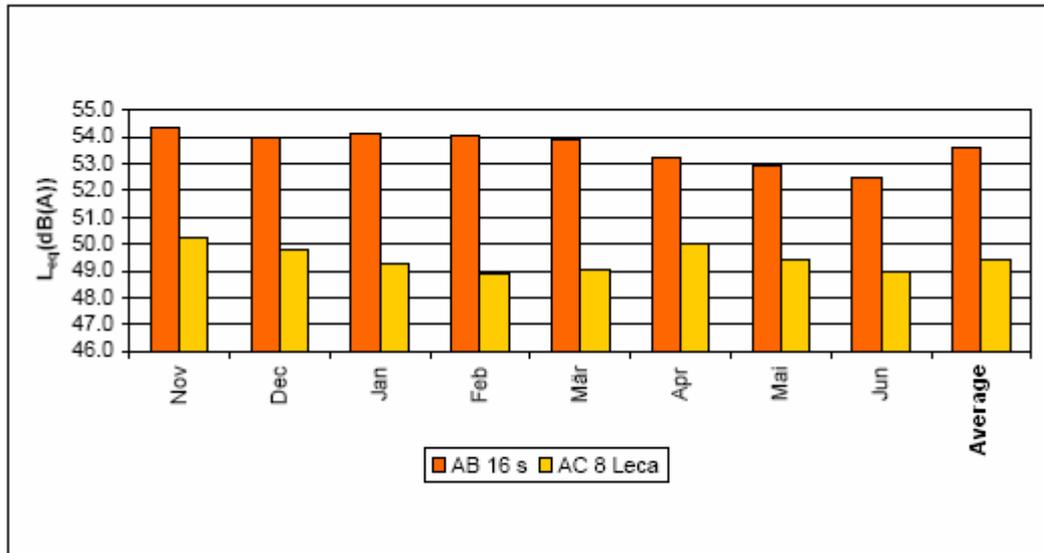


Abbildung 8.2: Pro Fahrzeug normierte Lärmbelastung bei Moleno (Ticino) bei Belag AB 16 s und bei Lärm verminderndem Belag AC 8 Leca. (Quelle: Tami und Bozzolo et al. (2005)).

Der Unterschied zeigte sich ziemlich gleichmäßig in allen Monaten, die fehlende Berücksichtigung gewisser Randbedingungen hat sich also nicht massiv ausgewirkt. Im Mittel ergab sich eine Lärmreduktion um -4.2 dB. Das gesamte Verkehrsaufkommen hätte auf noch 38% reduziert werden müssen, um allein damit eine gleiche Lärmreduktion zu erreichen (wobei allerdings nicht berücksichtigt ist, dass die Reduktion vor allem hohe Frequenzen betrifft, s. unten).

Im Weiteren wurde der mittlere Lärmpegel für beide Belagssituationen in Moleno und für einen Drainasphalt-Belag einer anderen Autobahn in der Schweiz (Tenniken) für je einen repräsentativen Monat für Werktage tagsüber (6-22 Uhr) normiert. Unter Berücksichtigung der PKW- und LKW-Verkehrsmengen, der gefahrenen Geschwindigkeiten und der mittleren Belagstemperaturen sowie unter Verwendung des akustischen Modells SonRoad, wurden alle gemessenen Terzpegel auf einen Referenzzustand bezogen (Verkehrsdaten von Moleno Nov. 2004, Belagstemperatur von 20 °C).

Tabelle 8.1: Vergleich der normierten Leq der Beläge AB 16 s und AC 8 Leca (in Moleno) mit einem Drainasphalt in Tenniken. (Quelle: Tami und Bozzolo et al. (2005)).

Standort (Belag)	Leq gemessen dB(A)	Korrektur nach SonRoad dB(A)	Korrektur für Belagtemp.	Leq korrigiert dB(A)	Differenz mit Moleno (AB 16 s) dB(A)
Moleno (AB 16 s)	82.4	-1.3	-0.1	81.0	0,0
Moleno (AC 8 Leca)	78.1	0.0	-0.8	77.3	-3.7
Tenniken (Drain-Asphalt)	80.0	-2.5	-0.6	76.9	-4.1

Auch nach diesem Verfahren zeigen beide Lärm vermindernde Beläge etwa 4 dB weniger als der Belag AB 16 s.

Interessant ist auch das Immissionsspektrum der Beläge.

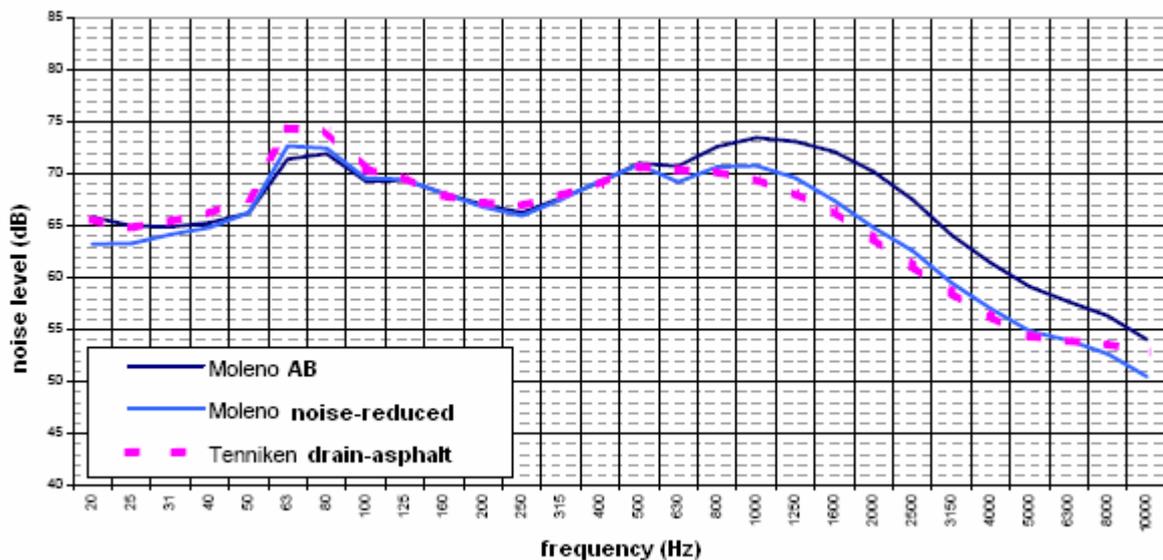


Abbildung 8.3: Mittlere auf einem Referenzzustand bezogene Immissionsspektren (Mo-Fr.06 :00-22:00) bei Moleno (alter Zustand, AB 16 s), Moleno (neuer Zustand, Leca AC8, -3,7 dB(A)) und Tenniken (Drainasphalt, -4,1 dB(A)). (Quelle: Tami und Bozzolo et al. (2005)).

Die Auswirkungen betreffen überwiegend Frequenzen oberhalb von 500 Hz, zum Teil auch noch unter 40 Hz.

8.2. Lärmmessungen im Valle di Susa (Piemonte)

Vom Valle di Susa liegen einige etwa einwöchige Lärmmessungen an verschiedenen Orten mit unterschiedlichem Verkehrsaufkommen und unterschiedlichem Abstand von der Strasse vor. Sie werden hier zur Information dokumentiert, kön-

nen aber nicht für Vergleiche herangezogen werden. Ebenso werden auch einige kurzfristige Lärmmessungen (1–2 Tage) an Eisenbahnlösungen dokumentiert.

Tabelle 8.2: Lärmimmissionen im Valle di Susa (Piemonte) im Bereich von Autobahn A32 und Eisenbahn.

HIGHWAY DATA

Id	Source	Beginning	Ending	Distance [m]	Height [m]	Day level [dB(A)]	Nigth level [dB(A)]	Municipality
		Date	Date					
P1	ARPA	14.01.2000	21.01.2000	30	5	69.0	66.0	Bardonecchia
P2	ARPA	02.06.1997	08.06.1997	80	5	63.0	60.2	Exilles
P3*	ARPA	27.09.2001	03.10.2001	5	12	64.0	60.5	Borgone di Susa (Fraz. San Valeriano)
P4	ARPA	27.09.2001	03.10.2001	90	5	58.0	54.5	Borgone di Susa (Fraz. San Valeriano)
P5	ARPA	27.09.2001	03.10.2001	100	5	58.0	54.5	Borgone di Susa (Fraz. San Valeriano)
P6	ARPA	04.12.2000	14.12.2000	25	4.5	66.0	61.5	Sant' Ambrogio

* behind an acoustic barrier

RAILWAY DATA

Id	Source	Beginning	Ending	Distance [m]	Height [m]	Day level [dB(A)]	Nigth level [dB(A)]	Common
		Date	Date					
P1	RFI	12.06.2002	13.06.2002	15	4.5	61.8	61.5	Bardonecchia
P2	RFI	12.06.2002	13.06.2002	38	4	68.0	66.5	Bardonecchia
P3	RFI	12.06.2002	13.06.2002	65	7	66.1	56.9	Bardonecchia
P4	RFI	22.05.2002	24.05.2002	8	4	79.6	79.8	Bussoleno
P5	RFI	03.04.2002	05.04.2002	744	4.5	56.5	53.2	San Didero
P6	RFI	04.04.2002	05.04.2002	28.5	4.5	68.9	69.1	San Didero
P7	RFI	20.05.2002	22.05.2002	98	6	53.2	50.7	Borgone
P8	RFI	20.05.2002	22.05.2002	79	5.5	61.1	60.9	Borgone

Die Messwerte zeigen, dass der Eisenbahnlärm grundsätzlich von gleicher Größenordnung ist wie der Straßenlärm, zum Teil sogar nachts stärker ist als tagsüber. Außer im Valle d'Aosta befinden sich in allen MONITRAF-Regionen bedeutende internationale Eisenbahnlösungen, deren Lärmauswirkungen nicht vernachlässigt werden dürfen. Das schweizerische Bundesamt für Verkehr beispielsweise führt eine groß angelegte Lärmsanierung der Eisenbahnlösungen durch, gestützt auf das entsprechende Gesetz vom 24.3.2000. Das Sanierungskonzept zielt in erster Linie auf eine Reduktion der Rollgeräusche. Es ist in drei Teilprojekte nach folgenden Prioritäten gegliedert:

1. Rollmaterialsanierung;
2. Lärmschutzbauten (v.a. Lärmschutzwände);
3. Maßnahmen am Gebäude (Schallschutzfenster, Schalldämmlüfter).

8.3. Zeitliche Schwankungen in den Lärmimmissionen

Die mittleren Pegel alleine beschreiben die Lärmsituation nicht vollständig. Wie bei den Schadstoffimmissionen schwanken die Halbstundenwerte beträchtlich um

den Jahresmittelwert. Innerhalb der Halbstunden gibt es beim Lärm ebenfalls sehr große Schwankungen, was bei den Schadstoffimmissionen meist nicht so der Fall ist, was aber betreffend die empfundene Lärmbelastigung von Bedeutung ist.

Die folgende Abbildung zeigt als Beispiel das Histogramm der Pegel-Halbstundenwerte bei Moleno (Ticino).

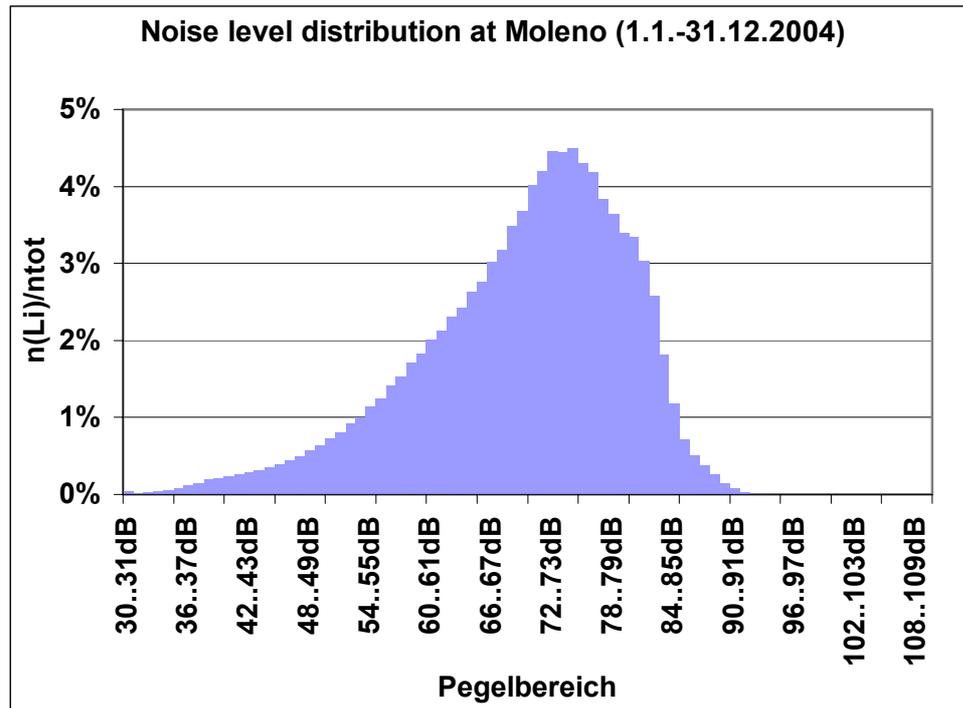


Abbildung 8.4: Pegelverteilung für Moleno (Ticino), 2004.

Es kommen Halbstundenwerte bis zu 93 dB vor. Der energetische Mittelwert liegt bei knapp 77 dB. Als Beispiel für die Schwankungen innerhalb eines Messintervalls von einer halben Stunde wird eine Messung aus dem Unterinntal (Tirol) angeführt (Lercher 2005).

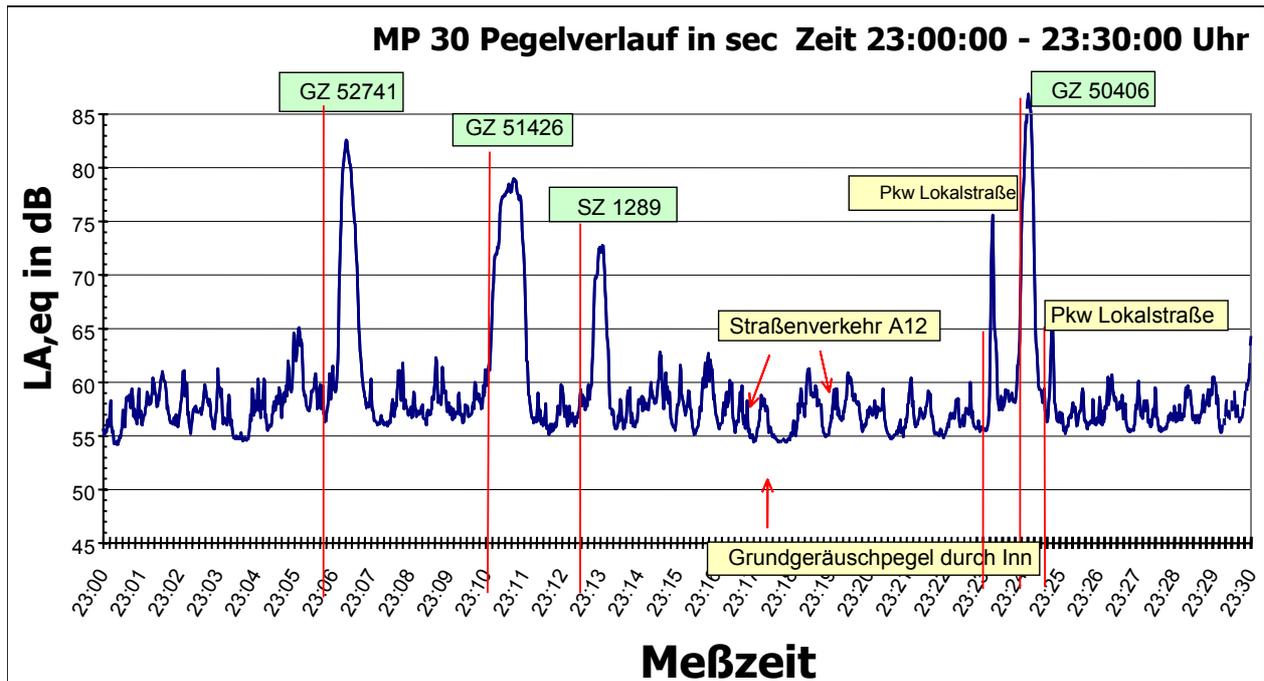


Abbildung 8.5: Pegelverlauf während einer Halbstunde an einer Messstelle im Unterinntal (Quelle: Lercher (2005)).

'GZ' und 'SZ' bezeichnen Eisenbahnzüge, welche für kurzfristige Lärmspitzen sorgen; auch dies ist ein Beleg für die Notwendigkeit der Berücksichtigung von Eisenbahnlärm.

8.4. Lärmsensitivität des Alpenraums

Auch beim Lärm zeichnet sich der Alpenraum durch eine spezielle Sensitivität aus. Gemäß Lercher (2005) kann diese wie folgt zusammengefasst werden:

- Direkte Schallausbreitung zu den Hängen hin (keine Boden- oder Struktur-dämpfung) → 'Amphitheatereffekt'.
- Winde und Inversionen verstärken Ausbreitung.
- Größere Differenz zwischen niedrigem Grundpegel und Einwirkpegel vor Ort.
- Schlechtere Schutzmöglichkeiten (keine wirklich „ruhige“ Seite durch Einzelhäuser und Reflexion von den Hängen).
- Eingeschränkte Nutzung der Außenflächen bei hohem Gartenanteil.

In einer Messkampagne im Urner Reusstal (Zentralschweiz) ergab sich eine Verminderung der Ausbreitungsdämpfung des Lärms durch Inversionen um bis zu 7 dB für einen im Talboden befindlichen Messpunkt (Heutschi).

In einer noch nicht veröffentlichten Untersuchung konnte der 'Amphitheaterereffekt' auch im Tiroler Wipptal gefunden werden, indem bestimmte von der Autobahn weiter entfernte Standorte höheren Lärmimmissionen ausgesetzt waren als näher liegende (Lercher 2005).

In Camignolo (Ticino) wurde im Herbst 2005 eine spezielle Lärmesskampagne mit 4 zusätzlichen Messpunkten mit folgenden Zielen durchgeführt (Andretta 2005):

1. Beschallung von Talflanken (Amphitheater-Effekt?)
2. Vergleich zwischen Standorten mit unterschiedlicher Bodenabsorption.
3. Schallausbreitung auf dem Talboden unter stabilen und instabilen Bedingungen in der bodennahen atmosphärischen Grenzschicht.
4. Modellierung der Schallausbreitung mit SonRoad-M.

Es darf erwartet werden, dass mit den Ergebnissen aus diesem Projekt die Kenntnisse der Schallausbreitung in gebirgigen Regionen weiter zunehmen werden.

9. Zusammenfassung

Die Umweltauswirkungen des Straßenverkehrs bezüglich Luft und Lärm wurden in den Transittälern von Fréjus, Montblanc, Gotthard und Brenner für das Jahr 2004 analysiert und einander gegenüber gestellt. Dabei wurde unterschieden zwischen der Situation im zentralen Teil der Täler und im oberen Teil nahe dem Alpenübergang; der Binnen- sowie Ziel/Quellverkehr spielt neben dem alpenquerenden Verkehr in den zentralen Teilen der Talschaften eine bedeutsamere Rolle als in den oberen Teilen. Es konnten diejenigen Komponenten untersucht werden, zu welchen es in allen sechs untersuchten Talschaften eine genügende Datengrundlage gab: Verkehrsaufkommen an 'leichten Fahrzeugen' (im Wesentlichen Personenkraftwagen) und schweren Güterfahrzeugen, Emissionen an Stickoxiden und Partikeln, Immissionen an Stickoxiden und Feinpartikeln (PM10: Partikel mit einem Äquivalentdurchmesser bis 10 µm), klimatische Verhältnisse bzgl. Wind und Inversionen. Eine Reihe von Informationen konnte auch zur Lärmsituation gesammelt werden.

Folgende Aussagen können für alle untersuchten Täler gemacht werden:

- Die pro Emissionseinheit erzeugte Immission (Schadstoffkonzentration) ist um einen Faktor zwei bis drei höher als im flachen Land.
- Die Ursachen dafür liegen in der Topografie (Behinderung der lateralen Schadstoffausbreitung und Kanalisierung des Windes) und im Klima (häufige Ausbildung von Inversionen); dies obwohl die Täler topografisch sehr unterschiedlich sind (verschiedene Ausrichtungen der Talachsen, verschiedene topografische Strukturen).
- Der Straßenverkehr dominiert die Immissionen an Stickoxiden, beim PM10 ist dies nicht so eindeutig.
- Lokale Windfelder mit thermischen Aufwinden tagsüber (vor allem im Sommer) und der Schwerkraft folgenden Abwinden im Winter überwiegen.
- Die Häufigkeit von bodennahen Inversionen liegt ganzjährig bei 30-40%, in einem Fall bei 50% und ist also beträchtlich.

Folgende weitere zentrale Aussagen können gemacht werden:

- Der Anteil des alpenquerenden Verkehrs am Gesamtverkehr ist innerhalb der Täler und im Vergleich zwischen den Tälern teilweise sehr unterschiedlich.
- Bei einem großen Teil der Messstellen sind Grenzwerte für Immissionen überschritten worden.

- Die jahreszeitlichen und tageszeitlichen Verteilungen der Inversionshäufigkeiten sind zwischen den Tälern sehr unterschiedlich.
- Die Situation der Täler wirkt sich auch beim Lärm negativ aus: Der 'Amphitheater-Effekt' trägt den Schall auch an erhöhte Lagen, die bei gleichem Abstand von der Quelle in flachem Land weniger beschallt würden; in Inversionsschichten ist die resultierende Schalldämpfung geringer als ohne Inversion.

Insgesamt haben sich alle betrachteten Transittäler als sensitive Regionen herausgestellt; dabei muss jede Region in der wissenschaftlichen Untersuchung gesondert betrachtet werden.

10. **Bildergalerie**

s. nächste 3 Seiten.



Valle d'Aosta – Aosta



Valle d'Aosta – le Montblanc



Piemonte – Valle di Susa – nahe Torino



Piemont – Valle di Susa – bei Bardonecchia



Zentralschweiz – Reusstal – bei Altdorf



Zentralschweiz – Reusstal – Richtung Erstfeld



Ticino – Leventina – bei Ambri



Ticino – Riviera - Richtung Moleno



Tirol – Unterinntal – bei Rattenberg



Tirol – Unterinntal – bei Vomp



Südtirol – Eisacktal – bei Brixen



Südtirol – Etschtal – bei Salurn

11. **Einschätzungen der regionalen Umweltbehörden**

Studies related to alpine transit axes

- Performed in all regions without Piemonte (there are campaigns of noise measurements)
- Awareness of influence of atmospheric conditions in all regions, performed or planned studies

Importance of Air and Noise with regard to alpine transit axes

- Generally high importance
- Südtirol: disputed inside government and inside environmental authorities
- Ticino: very high on the level of communities
- Valle d'Aosta: Population has formed committees to that purpose

Future need of studies

- Südtirol, Zentralschweiz, Valle d'Aosta: Continuation of existing studies, may be with new focus.
- Piemonte: Air pollution modeling covering the whole country involving meteorological conditions (continuation of first study in 2001)
- Ticino: Only in the frame of MfM-U (project of Swiss government)
- Tirol: Only noise inventory (?)

Exchange with other regions

- Südtirol: few, with Univ. Trento
- Piemonte: Rhône-Alpes (one-sided traffic reduction for transit to and from France)
- Zentralschweiz: in the frame of MfM-U
- Tirol: none
- Ticino: Within Regione Insubrica (Ticino and several provinces of Lombardia and Piemonte)
- Valle d'Aosta: Transalp' Air (regions of Italy, France and Switzerland; quality assurance); Espace du Mont-Blanc (environmental study), quality assurance of ozone inside Italy

Paramount political intentions

- Südtirol: reserve about measures concerning the highway
- Piemonte: fear that more traffic on regional road in the case of measures on the highway
- Zentralschweiz: quite high with regard to protection
- Tirol: principally existing, large legal problems
- Ticino: very high with regard to protection
- Valle d'Aosta: since 1994 committee with authorities, operating companies of roads and tunnels and population to find a balancing between road traffic and protection of the environment

Expectations to MONITRAF

- Comparing analysis of situation
- Common base of measurements and knowledge
- Base for future measures with respect to air and noise
- Political cooperation
- Concrete suggestions with regard to measures

Performed and planned measures

- General measures plans exist in Südtirol, Zentralschweiz and Ticino, planned in Valle d'Aosta
- Evaluation of measures is performed in all regions by internal and/or external studies

Kind of measures with respect to road traffic

- Economic rulings (against old and/or large vehicles, generally increased fees, for sound-absorbing windows)
- Particle filters (regulation for construction machineries and demand for road traffic)
- Ban to certain truck classes (Euro 0, 1...)
- Intensified control of trucks
- Ban to trucks during night time, or extension
- Velocity reduction, generally or during certain episodes
- Dosage of trucks traffic
- Noise barriers
- Sound-absorbing road surfaces

12. Literatur

CONFERENCE TRANSFORMATIÈRE MONT-BLANC (2003): Étude Air Espace Mont-Blanc, Rapport technique.

TRANSALP'AIR 2004 (2005): un voyage dans l'air des Alpes.

ARPA Valle d'Aosta (2003): Prima relatione sullo stato dell'ambiente.

ARPA Valle d'Aosta (2004): Seconda relatione sullo stato dell'ambiente.

REGIONE PIEMONTE (2002): Valutazione della Qualità dell'Aria nella Regione Piemonte anno 2001.

REGIONE PIEMONTE (2002): Progetto INTERREG II Italia Svizzera 1994-99.

ZUDK Zentralschweizer Umweltschutzdirektoren-Konferenz (1998): Maßnahmenplan Luftreinhaltung Zentralschweiz, Projekt 1c: Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen (2002).

www.bav.admin.ch/ls/: Website des schweiz. Bundesamtes für Verkehr, u.a. Lärmsanierung der Eisenbahnen.

BUWAL 2005: Umweltmonitoring MFM-U; Jahresbericht 2004 Luft- und Lärm-messungen. Umwelt-Materialien Nr. 205. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

LANDSCHAFTSSCHUTZ UND UMWELTSCHUTZ (1978): Landesgesetz vom 20.11.1978, Nr. 66, Maßnahmen gegen Lärmbelästigung, Südtirol.

REGION TRENTINO SÜDTIROL (1989): Ordentliches Beiblatt Nr. 1 zum Amtsblatt vom 18.04.1989, Nr. 19.

REGION TRENTINO SÜDTIROL (2003): Amtsblatt Nr. 20 / I-II vom 20.05.2003.

REGION TRENTINO SÜDTIROL (2005): Amtsblatt Nr. 29, Band II – Beiblatt Nr. 1 19.07.2005, Luftqualitätsplan-Endgültige Genehmigung.

Andretta, M. (2005): Private Mitteilung. Dipartimento del Territorio, Divisione ambiente, Kanton Tessin.

Heutschi, K. et al. (Jahr unbekannt): Validierung von Eisenbahnlärmmodellen in einer Talsituation anhand einer Langzeitmessung.

Lercher, P. (2005): private Mitteilung. Medizinische Universität Innsbruck.

Tami, S., Bozzolo, D. et al. (2005): Lärmarme Straßenbeläge. Untersuchungsbericht - A2 Moleno - Nord-Sud-Richtung. IFEC-Consulenze SA, im Auftrag des Kantons Tessin.

THUDIUM, J. (2004): Lufthygienische Auswirkungen einer Erweiterung des Nachtfahrverbotes auf der Unterinntalautobahn A12, im Auftrag der Tiroler Landesregierung.

THUDIUM, J. (2004): Lufthygienische Auswirkungen der Nachtfahrverbote auf der Unterinntalautobahn, im Auftrag der Tiroler Landesregierung.

THUDIUM, J. (2004): Modellansatz für eine immissionsgesteuerte Verkehrsbeeinflussung, im Auftrag der Tiroler Landesregierung.

THUDIUM, J. (2004): Verkehr und Immissionen entlang der schweizerischen Alpentransitstrecken 2003, im Auftrag des BUWAL.

13. Empfehlungen

1. Generelle Empfehlung

Die großen Anstrengungen der Behörden in den im Monitraf-Projekt zusammen geschlossenen Alpentransitregionen zum Schutze der Umwelt sollten fortgeführt werden.

2. Datenlage

Die behördliche Instanz, welche die Umweltsituation in ihrer Region beurteilt, sollte über aktuelle Daten zum Verkehr auf der Transitachse, zu den Luftschadstoff- und Lärmimmissionen und zum Klima verfügen. Die Zeitauflösung sollte zumindest auf Stundenwerten beruhen. Die Daten sollten auf elektronischen Datenträgern vorliegen. Der Verkehr sollte nach Fahrzeugkategorien (so fein wie technisch gesichert möglich) unterteilt sein, zumindest sollte der schwere Güterverkehr separat erfasst sein. Die Luftschadstoffmessungen in Straßennähe sollten zumindest Stickoxide und PM10, wenn möglich auch Russ, Partikelanzahl und VOC (volatile organic compounds) umfassen. In größerer Entfernung von den Hauptstrassen, ev. auch in Hanglage, sollte es Ozonmessungen geben. Die Klimadaten sollten zumindest die vertikale Temperaturschichtung (□ Inversionen) und den Wind am Ort der Schadstoffmessungen umfassen.

3. Lärmmessungen

Aufgrund der gebirgsspezifischen Lärmeffekte ('Amphitheater-Effekt' in Hanglagen, verstärkte horizontale Schallausbreitung in Inversionsschichten) sollte auf Lärmmessungen nicht vollständig verzichtet werden. Die gebirgsspezifischen Lärmeffekte sollten besser als bisher untersucht werden; dazu sind Parallelmessungen an verschiedenen Standorten notwendig.

4. Standorte der lufthygienischen Messungen

Ausgangspunkt dieser Empfehlung ist die Richtlinie 1999/30/EG des Rates der EU vom 22. April 1999, Anhang VI: "Lage der Probenahmestellen für Messungen

von Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxiden, Partikeln und Blei in der Luft". Darin sollen die Probenahmestellen einerseits so gelegt werden, dass "Daten zu den Bereichen innerhalb von Gebieten und Ballungsräumen gewonnen werden, in denen die höchsten Konzentrationen auftreten, denen die Bevölkerung wahrscheinlich ausgesetzt sein wird". Weiter: "Messstationen für den Verkehr sollten ... für Stickstoffdioxidmessungen höchstens 5 m vom Fahrbahnrand entfernt sein".

Pro Region sollte es zumindest zwei Messstandorte für Luftschadstoffe geben: Nahe der Transitachse in rund 5 - 6 m Abstand und regional in 100 – 1000 m Abstand, aber immer noch in lufthygienischer Verbindung zur Transitachse.

5. Qualitätssicherung

Bei gasförmigen Immissionsmessungen sollte es regelmäßige Kalibrationen geben, deren Intervall vom jeweiligen Gerät abhängt. Bei PM10-Messungen sollte es zumindest jährlich eine Phase mit paralleler Referenzmessung mit einer gravimetrischen PM10-Bestimmung geben. Es wird vorgeschlagen, in möglichst allen Monitraf-Regionen gemeinsame Qualitätssicherungen vor Ort mit einer mobilen Kalibrationsplattform durchzuführen.

6. Auswertungen

Zu jedem Messjahr sollte es eine zusammenführende Analyse bzgl. Verkehr (Emissionen), Immissionen und klimatischen Aspekten geben, wo die emissionsseitigen und klimatischen Einflüsse auf die Immissionen untersucht werden, auch um die Wirksamkeit allfälliger Maßnahmen und verkehrsseitiger Entwicklungen beurteilen zu können.

7. Entwicklung einer gemeinsamen Plattform

Es wird die Einrichtung einer permanenten gemeinsamen Plattform der beteiligten Regionen vorgeschlagen, wo die Gemeinsamkeit bzgl. Messungen und Erhebungen, Auswertungen und Aussagen, Maßnahmen und Auftreten weiter entwickelt wird. Die Plattform dient dem Informationsaustausch und der Koordination von Aktivitäten. Sie kann schriftlich (in Form eines Bulletins) und/oder mündlich (Besprechungen) etabliert werden, etwa zweimal pro Jahr.