

**UMWELT-MATERIALIEN
NR. 205**

Umweltbeobachtung

**Umweltmonitoring
MFM-U**

**Jahresbericht 2004
Luft- und Lärmmessungen**



**Bundesamt für
Umwelt, Wald und
Landschaft
BUWAL**

**UMWELT-MATERIALIEN
NR. 205**

Umweltbeobachtung

**Umweltmonitoring
MFM-U**

**Jahresbericht 2004
Luft- und Lärmmessungen**

**Herausgegeben vom Bundesamt
für Umwelt, Wald und Landschaft
BUWAL
Bern, 2005**

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
(BUWAL)

*Das BUWAL ist ein Amt des Eidg. Departements für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
(UVEK)*

Autoren

Infras AG, Natascha Kljun, Jürg Heldstab

Zitierung

BUWAL 2005: *Umweltmonitoring MFM-U;
Jahresbericht 2004 Luft- und Lärmessungen.*
Umwelt-Materialien Nr. 205. Bundesamt für Umwelt,
Wald und Landschaft, Bern. 28 S.

Begleitung

Projektorganisation MFM-U Groupe Scientifique
Projektleitung: Klaus Kammer, BUWAL

Download PDF

<http://www.buwalshop.ch>

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Code: UM-205-D

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	4
Vorwort	5
1 Umweltmonitoring flankierende Massnahmen	6
1.1 Messnetz	6
1.2 Umweltproblematik des schweren Güterverkehrs auf der Strasse	6
2 Luftqualität	9
2.1 Messwerte 2004	9
2.1.1 Messwerte mit Grenzwerten gemäss Luftreinhalte-Verordnung (LRV)	9
2.1.2 Messwerte, für die in der Luftreinhalte- Verordnung keine Grenzwerte festgelegt sind	10
2.2 Interpretationen	11
2.2.1 Emissionsstärke	12
2.2.2 Meteorologie	14
2.2.3 Topografie	17
2.3 Entwicklung 2003–2004	18
2.4 Biogene Zeiger für Luftschadstoffe	20
3 Strassenlärm	21
3.1 Messwerte 2004	21
3.2 Interpretationen	23
Anhang:	
MFM-U Messnetz	25
A Messstandorte, Messprogramm	25
Verzeichnisse	26
1 Literatur	26
2 Glossar / Abkürzungen	27

Abstracts

- E**
- In addition to passenger transport over the Alps, transalpine freight traffic is an important source of pollutant and noise emission. The present report documents the results of the Monitoring of Supporting Measures – Environment (MSM-E) project on air pollution and noise exposure carried out in 2004 on the transalpine A2 (St. Gotthard) und A13 (Gt. St. Bernard) routes. The measurements show that air pollutant concentrations in 2004 are below the 2003 values. This is attributable not only to a reduction in transalpine freight traffic, but also to improved exhaust emission factors and to the particular meteorological conditions favouring the reduction. For noise, no obvious trend in relation to the previous year was discernable.
- Keywords:
Overland Transport Agreement, environmental monitoring, transalpine freight traffic
- D**
- Im alpenquerenden Verkehr zählen neben dem Personenverkehr die Gütertransporte zu den wichtigen Luftschadstoff- und Lärmquellen. Der Bericht dokumentiert die Messresultate MFM-U des Jahres 2004 zur Luft- und Lärmbelastung entlang der A2 (Gotthard) und A13 (San Bernardino). Die Messresultate zeigen, dass gegenüber dem Vorjahr 2003 die Luftschadstoffkonzentrationen zurückgegangen sind. Für den Rückgang sind sowohl die Abnahme des alpenquerenden Güterverkehrs, aber auch die verbesserten Emissionsfaktoren bei den Abgasen und die für die Lufthygiene günstigeren meteorologischen Bedingungen verantwortlich. Im Lärmbereich kann kein Trend zum Vorjahr festgestellt werden.
- Stichwörter:
Landverkehrsabkommen, Umweltmonitoring, alpenquerender Güterverkehr
- F**
- Dans le domaine des transports à travers les Alpes, le trafic marchandises constitue – avec le transport des voyageurs – l’une des principales sources de bruit et de pollution atmosphérique. Ce rapport présente les résultats des mesures de bruit et de pollution atmosphérique effectuées en 2004 le long de l’A2 (Gothard) et de l’A13 (San Bernardino) dans le cadre du projet « Suivi des mesures d’accompagnement Environnement » (SMA-E). Il montre que les concentrations de polluants ont baissé par rapport à 2003. Trois facteurs expliquent ce recul: la diminution du transport de marchandises à travers les Alpes, l’amélioration des coefficients d’émissions des gaz d’échappement ainsi que des conditions météorologiques plus favorables. Dans le domaine du bruit, il n’est pas possible d’identifier une tendance claire par rapport à l’année précédente.
- Mots-clés :
accord sur les transports terrestres, monitoring de l’environnement, trafic marchandises à travers les Alpes
- I**
- Nell’ambito del traffico transalpino il traffico merci e il traffico viaggiatori sono fra le maggiori fonti d’inquinamento atmosferico e fonico. Il rapporto documenta i risultati delle misurazioni effettuate nel quadro del progetto MMA-A (monitoraggio misure d’accompagnamento Ambiente), relative all’inquinamento atmosferico e fonico lungo l’A2 (Gottardo) e l’A13 (San Bernardino). Rispetto al 2003, le concentrazioni di inquinanti atmosferici sono scese grazie alla riduzione del traffico merci, al miglioramento dei fattori di emissione relativi ai gas di scarico e alle condizioni meteorologiche più favorevoli all’igiene dell’aria. In merito al rumore non si delinea nessuna tendenza rispetto all’anno precedente.
- Parole chiave:
accordo sui trasporti terrestri, monitoraggio dell’ambiente, traffico merci attraverso le Alpi

Vorwort

Mit dem Umweltmonitoring zu den flankierenden Massnahmen (MFM-U)¹ untersucht das BUWAL die Umwelt-Auswirkungen des Landverkehrsabkommens mit der Europäischen Union sowie die Umwelt-Auswirkungen der flankierenden Massnahmen. Die Entwicklung des alpenquerenden Güterverkehrs auf der Strasse und seine Auswirkungen auf die Umwelt sollen laufend überwacht werden. Dazu werden seit 2003 Verkehrs-, Luft- und Lärmdaten entlang der Nationalstrassen A2 und A13 erhoben². Parallel dazu werden die Auswirkungen auf Natur und Landschaft sowie auf die Gesundheit des Menschen untersucht.

Die Entwicklung des alpenquerenden Güterverkehrs sowie der Erfolg der flankierenden Massnahmen auf Strasse und Schiene werden durch die Projektorganisation Monitoring Flankierende Massnahmen (MFM) unter der Federführung des Bundesamtes für Verkehr (BAV) beurteilt³. Alle 2 Jahre wird ein Bericht zur Verkehrsverlagerung durch den Bundesrat vorgelegt⁴.

Der vorliegende Bericht präsentiert die Messwerte Luft und Lärm für das Kalenderjahr 2004 und zeigt die Entwicklung zum Vorjahr auf.

Bundesamt für Umwelt,
Wald und Landschaft

Arthur Mohr
Chef der Abteilung Ökonomie, Forschung
und Umweltbeobachtung

¹ Siehe auch <http://www.umwelt-schweiz.ch/mfm-u>

² zur Entwicklung der Lärmauswirkungen durch den Schienenverkehr wird auf das Projekt Lärmsanierung der Eisenbahnen unter der Führung des Bundesamtes für Verkehr (BAV) verwiesen (siehe <http://www.bav.admin.ch/ls/>).

³ siehe auch <http://www.bav.admin.ch/mfm/d/default.htm>

⁴ für den Verkehrsverlagerungsbericht 2004 siehe http://www.uvek.admin.ch/imperia/md/content/gs_uvek2/d/verkehr/verkehrsverlagerung/2004/3.pdf

1 Umweltmonitoring flankierende Massnahmen

1.1 Messnetz

MFM-U betreibt sechs Messstationen an der A2, eine weitere an der A13. Diese vermitteln ein Bild für die Luft- und Lärmbelastung entlang der Nord-Südachsen. Hardwald und Tenniken befinden sich im Raum Basel/Jura, Reiden im Mittelland, Erstfeld im Urner Reusstal, Moleno in der Riviera, Camignolo im Ceneri und Rothenbrunnen im Domleschg (Abb. 1).

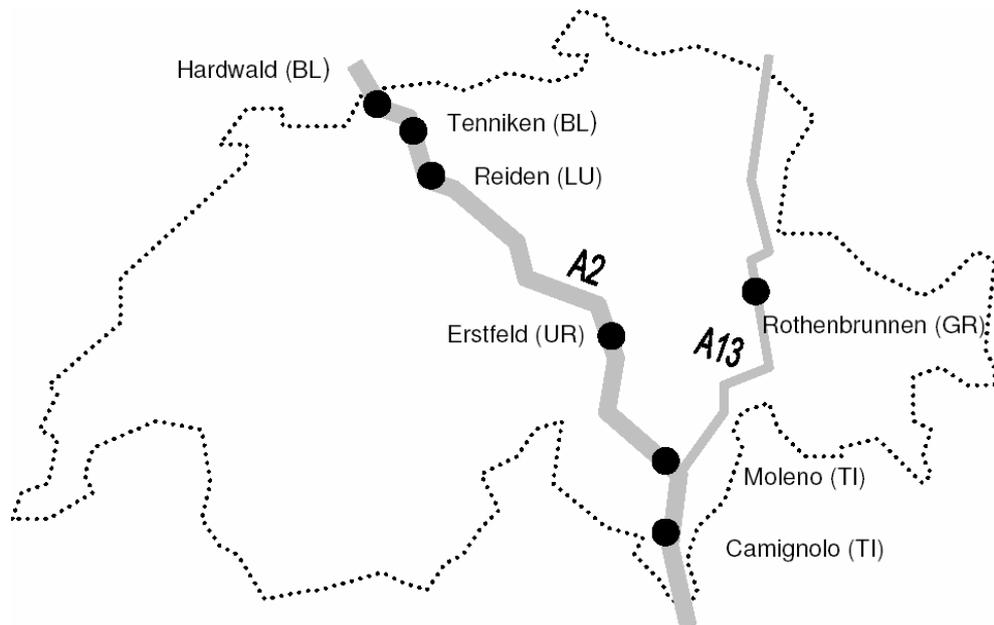


Abb. 1:
Standorte der MFM-U
Messstationen entlang
der A2 und der A13. Es
werden Messgrössen zu
Luftqualität, Lärm,
Meteorologie und
Verkehr erhoben.

1.2 Umweltproblematik des schweren Güterverkehrs auf der Strasse

Obwohl in den letzten Jahren dank Verbesserungen der Motorentechnik die Luftschadstoff-Emissionen der schweren Strassengüterfahrzeuge erheblich reduziert werden konnten, zählen diese noch immer zu den wichtigen Schadstoffquellen. Bei der Verbrennung von Treibstoffen in Motorfahrzeugen entstehen Wasserdampf, Kohlendioxid (CO₂), Stickoxide (NO_x, Summe von Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO₂), Feinstaubpartikel (Feinstaub PM₁₀) und flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC). Eine erhöhte Belastung der Luft mit diesen Luftschadstoffen ist schädlich für die Gesundheit des Menschen. Besonders gesundheitsrelevant sind der Feinstaub und die Stickoxide. Im vorliegenden Jahresbericht wird diesen Schadstoffen deshalb besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Der durch den Verkehr – insbesondere den schweren Güterverkehr – verursachte Lärm wird von den Betroffenen oft als starke Belästigung empfunden. Bei übermässiger Belastung kann Lärm gesundheitsschädigend wirken. Ein Abschnitt des Jahresberichtes ist deshalb der Lärmthematik gewidmet.

Die Menge der produzierten Emissionen auf der A2 und A13 ist von mehreren Faktoren abhängig (siehe Abb. 2). Einerseits ist die Verkehrszusammensetzung, die Verkehrsmenge, das Emissionsverhalten der Fahrzeuge sowie das Fahrverhalten relevant – andererseits beeinflussen äussere Faktoren wie Topografie und Meteorologie, wie stark sich die emittierten Schadstoffe in der Luft ansammeln können.

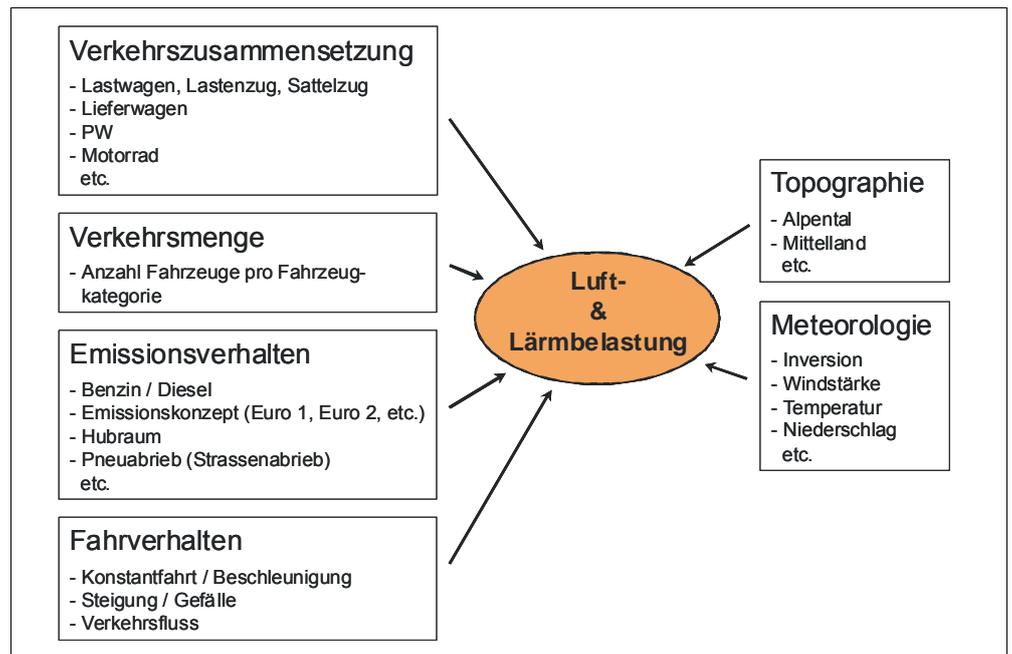


Abb. 2:
Einflussfaktoren auf Luft- und Lärmbelastung durch den Strassenverkehr.

Vergleicht man die Emissionsfaktoren (d.h. die Menge eines emittierten Schadstoffes pro gefahrenen Kilometer eines einzelnen Fahrzeugs) verschiedener Fahrzeugkategorien, so zeigt sich, dass ein schweres Güterfahrzeug (Lastwagen, Lasten- und Sattelzüge, siehe Glossar) deutlich mehr Schadstoffe ausstösst als ein Personenwagen (Tab. 1) und auch mehr Lärm erzeugt. Deshalb wird u.a. die Verkehrsverlagerung im alpenquerenden Güterverkehr von der Strasse auf die Schiene angestrebt. Ein Reisebus emittiert so viele Schadstoffe wie ein schweres Güterfahrzeug, teilweise sogar noch mehr. Weil aber viel weniger Reisebusse als schwere Güterfahrzeuge unterwegs sind, sind die Emissionen der Reisebusse ca. zehnmal kleiner als jene der schweren Güterfahrzeuge (BUWAL 2004d). Grosse Unterschiede zeigen sich zwischen Benzin- und Dieselfahrzeugen (zu denen unter anderem alle schweren Güterfahrzeuge gehören). So emittiert beispielsweise ein Diesel-Personenwagen mehr NO_x und Feinstaub PM_{10} , dafür weniger CO und VOC als ein Personenwagen mit Benzinmotor (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Emissionsfaktoren 2004 verschiedener Fahrzeugkategorien in Gramm pro Fahrzeugkilometer (g/Fzkm). Die Emissionsfaktoren für PM10 beinhalten Emissionen aus Abgas und Abrieb.
 Quellen: BUWAL 2004a; 2004d. Zu beachten: Die angegebenen Emissionsfaktoren gelten spezifisch für das Fahrverhalten (Geschwindigkeit, Gefälle etc.) auf den A2- und A13-Teilstrecken Altdorf–Bellinzona–Bonaduz.

Fahrzeugkategorie	Treibstoff	Emissionsfaktoren 2004 in g/Fzkm				
		NO _x	PM10	CO ₂	CO	VOC
Schwere Güterfahrzeuge	Diesel	7.9	0.22	784	1.2	0.29
Reisebusse	Diesel	8.2	0.27	772	1.0	0.32
Lieferwagen	Benzin	1.5	0.05	272	18.2	0.46
Lieferwagen	Diesel	1.6	0.23	357	0.2	0.03
Personenwagen	Benzin	0.4	0.05	218	2.4	0.08
Personenwagen	Diesel	0.6	0.10	214	0.1	0.03
Motorräder	Benzin	0.6	0.04	110	12.4	1.17

2 Luftqualität

2.1 Messwerte 2004⁵

2.1.1 Messwerte mit Grenzwerten gemäss Luftreinhalte-Verordnung (LRV)

Tab. 2: Messwerte 2004 für Stickstoffdioxid, Feinstaubpartikel und Ozon. Grenzwerte gemäss Luftreinhalte-Verordnung. Wert in Klammern: unvollständige Messreihen Einheiten, Perzentil: siehe Glossar (sämtliche Messwerte können rückwirkend noch Korrekturen erfahren).

Schadstoff	Kenngrösse	Einheit	Grenzwert	Messstation					
				Hardwald	Reiden	Erstfeld	Moleno	Camignolo	Rothenbrunnen
	Messwerte 2004		CH	BL	LU	UR	TI	TI	GR
NO ₂	Jahresmittelwert	µg/m ³	30	54	33	41	48	58	24
	95-Perzentil	µg/m ³	100	99	68	75	92	106	50
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	d	1	7	0	0	12	38	0
PM10	Jahresmittelwert	µg/m ³	20	28	23	21	27	28	15
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	d	1	29	10	7	36	33	0
O ₃	98-Perzentil April	µg/m ³	100	67	117	113	128	101	111
	98-Perzentil Mai	µg/m ³	100	86	126	110	145	124	113
	98-Perzentil Juni	µg/m ³	100	73	112	90	161	140	106
	98-Perzentil Juli	µg/m ³	100	90	144	119	157	132	117
	98-Perzentil August	µg/m ³	100	94	141	105	115	111	107
	98-Perzentil September	µg/m ³	100	67	133	79	103	84	(93)
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	h	1	4	136	23	229	85	17

An allen Stationen werden die Immissionsgrenzwerte gemäss der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) überschritten. Zu beachten ist hierbei die Lage der Stationen direkt an der Autobahn⁶. Da mit zunehmender Entfernung von der Fahrbahn die Konzentrationen durch Verdünnung abnehmen, kann aus der Überschreitung von Grenzwerten an der Messstation noch nicht geschlossen werden, dass dies auch in nahe gelegenen Wohngebieten der Fall sei. Falls hingegen die Grenzwerte an der Messstation eingehalten werden, kann mit grösserer Wahrscheinlichkeit gefolgert werden, dass die Belastung auch in den Wohngebieten unterhalb der Grenzwerte liegt⁷. Dieser letzte Fall trifft für die Messdaten 2004 offensichtlich nicht zu, weil mehrere Grenzwerte an der Autobahn überschritten sind⁸.

Aus der Repräsentativität der MFM-U Standorte kann man schliessen, dass die Grenzwerte entlang der **ganzen** Gotthard-Route (A2) überschritten sind und dass hingegen entlang der Nordzufahrt des San Bernardino Tunnels (A13) die Grenzwerte

⁵ siehe auch www.umwelt-schweiz.ch/mfm-u unter «Messresultate Luft/Lärm»

⁶ Die MFM-U Messstationen liegen möglichst nahe bei der Autobahn, weil damit eine Änderung der Luftschadstoffkonzentration bzw. der Lärmbelastung durch den Verkehr bzw. Güterschwerverkehr am besten dokumentiert werden kann. Je weiter man sich von der Quelle Autobahn entfernt, umso stärker fallen die Belastungen übriger Quellen wie z.B. Industrie und Haushalte ins Gewicht.

⁷ In einem Wohngebiet können sich Luftschadstoffe aus den Heizanlagen lokal ansammeln und dabei zu höheren Schadstoffkonzentrationen führen als nahe der Autobahn. Dieser Fall ist in den Alpentälern im Winter z.B. für PM10 möglich, wenn an kalten Tagen viele Holzheizungen in Betrieb sind und gleichzeitig die meteorologischen Bedingungen die Durchlüftung behindern.

⁸ Nach schweizerischen Umweltschutzrecht müssen die Grenzwerte aber ohnehin überall eingehalten werden, wo sich Menschen aufhalten können, also auch am Zaun einer Autobahn.

te für NO₂ und PM10 eingehalten werden können. An allen Stationen A2 und A13 werden die Ozon-Immissionsgrenzwerte überschritten; Ausnahme ist Hardwald, wo «nur» das max. Stundenmittel (>120 µg/m³) überschritten ist, die monatlichen 98-Perzentilwerte jedoch eingehalten sind.

2.1.2 Messwerte, für die in der Luftreinhalte-Verordnung keine Grenzwerte festgelegt sind

Zusätzlich zu den gesetzlich limitierten Schadstoffen werden im MFM-U weitere Luftschadstoffe gemessen: Stickstoffmonoxid (NO), Stickoxide (NO_x), Russ (black carbon), Feinstaubpartikelzahl und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Diese Luftschadstoffe werden speziell bei der Verbrennung im Dieselmotor freigesetzt. Zusätzlich sind Benzol und Toluol angegeben, welche nur von Benzin-Fahrzeugen emittiert werden. Tab. 3 zeigt die Jahresmittelwerte für 2004. Wie schon bei den Schadstoffen mit festgelegten Immissions-Grenzwerten werden auch bei diesen Luftschadstoffen an der A2 höhere Konzentrationen gemessen als an der A13.

Tab. 3: Messwerte nicht-limitierter Luftschadstoffe 2004 (in Klammern: unvollständige Messreihen). Sämtliche Messwerte können rückwirkend noch Korrekturen erfahren.

Schadstoff	Einheit	Messstation					
		Hardwald	Reiden	Erstfeld	Moleno	Camignolo	Rothenbrunnen
Jahresmittelwerte 2004		BL	LU	UR	TI	TI	GR
NO	µg/m ³	116	43	43	93	108	21
NO _x	ppb	121	52	56	97	114	29
Benzol	µg/m ³	--	--	0.57	1.00	--	(0.47)
Toluol	µg/m ³	--	--	1.37	2.09	--	(0.96)
Russ	µg/m ³	7.75	3.36	5.08	10.51	8.69	6.56
Partikelzahl	Mrd p/m ³	(116)	76	61	(97)	(188)	30
PAK	ng/m ³	--	--	50	56	33	18

2.2 Interpretationen

Die MFM-U Messstationen befinden sich alle in der gleichen Distanz zur Fahrbahn. Trotzdem sind die Messwerte unterschiedlich hoch. Der Grund dafür liegt bei drei für die Schadstoffkonzentrationen entscheidenden Einflussfaktoren, die je nach Standort unterschiedlich ins Gewicht fallen:

Emissionsstärke

Je mehr Verkehr, insbesondere stark emittierende Fahrzeuge wie schwere Güterfahrzeuge, umso mehr ausgestossene Emissionen. Während in Hardwald jährlich fast 3 Mio. schwere Güterfahrzeuge die Messstation passieren, sind es in Erstfeld und Moleno gut 1 Mio., in Rothenbrunnen etwa eine Viertel Mio. Fahrzeuge. Auch bei den übrigen Fahrzeugkategorien sind die Unterschiede beträchtlich (Tab. 4). Zusätzlich sind auch die Emissionen aus Nicht-Verkehrsquellen je nach Station sehr unterschiedlich. Zum Beispiel liegt Hardwald in der Basler Agglomeration mit hohen Schadstoffemissionen, Rothenbrunnen jedoch weit entfernt von jeder grösseren dicht besiedelten Fläche.

Tab. 4: Zählraten Strassenverkehr 2004 (ASTRA 2005): Jahresverkehrszahlen sowie Anteil der schweren Güterfahrzeuge (SGF) am Gesamtverkehr. In eckigen Klammern die Namen der ASTRA-Zählstellen. Aus Camignolo liegen keine ASTRA-bereinigten Zählraten vor.

Verkehrszahlen	Einheit	Messstation					
		Hardwald [MuttENZ,Hard]	Tenniken [Eptingen N]	Reiden [Reiden S]	Erstfeld [Erstfeld N]	Moleno [Biasca S]	Rothen- brunnen GR
Jahreswerte 2004							
Motorfahrzeuge total	1'000 Fzge/Jahr	43'342	16'509	16'023	8'015	9'895	5'398
SGF	1'000 Fzge/Jahr	2'983	2'055	1'882	1'029	1'033	255
Anteil SGF	%	7%	12%	12%	13%	10%	5%

Meteorologie

Je grösser die Anzahl und die Intensität von bodennahen Inversionslagen und/oder je schwächer die Winde, umso höher die Schadstoffkonzentrationen. Die Wetterbedingungen zwischen Basel, Mittelland, Alpentälern und Südtesin können sehr verschieden sein, was bei gleicher Emissionsmenge zu unterschiedlichen Schadstoffkonzentrationen (Immissionen) führt.

Topografie

In den Alpentälern sind wegen der besonderen Topografie Luftaustausch und Durchlüftung oft ungünstiger als im Mittelland⁹. Dieselbe Emissionsmenge führt im Reusstal zu einer höheren Schadstoffkonzentration als im Mittelland.

Im Folgenden soll detaillierter auf die entscheidenden Faktoren eingegangen werden, die für die Lufthygiene von Bedeutung sind

⁹ Während Emissionsstärke und Meteorologie die Luftschadstoffkonzentration direkt steuern, wirkt die Topografie indirekt via Veränderungen in den meteorologischen Verhältnissen.

2.2.1 Emissionsstärke

Aus Abschnitt 1.2 ist ersichtlich, dass ein schweres Güterfahrzeug auf der Alpen-transitachse pro gefahrenen Kilometer rund 20-mal mehr NO_x und 4-mal mehr PM10 als ein Personenwagen emittiert. Zur Verdeutlichung der Problematik wurden exemplarisch die Verkehrsemissionen am Gotthard-Tunnelportal berechnet unter Verwendung der Verkehrszahlen der Gotthardtunnel-Zählstelle¹⁰ und der Emissionsfaktoren gemäss Tab. 1. Es zeigt sich, dass der schwere Güterverkehr mit 16% Anteil am Gesamtverkehr 71% der Stickoxid-Emissionen verursacht, bei den PM10-Emissionen sind es 38% (PM10 aus Abgas plus Pneu- und Strassenabrieb), beim Klimagas CO₂ 39% (Tab. 5).

Tab. 5: Jahresverkehrszahlen sowie NO_x-, PM10-, CO₂-Emissionen am Gotthard-Tunnelportal 2004. CO₂ in Tonnen, NO_x und PM10 in kg pro km pro Jahr. Die Anteile der schweren Güterfahrzeuge am Gesamtverkehr und an den Gesamt-Verkehrsemissionen sind in Prozent dargestellt.

Gotthard-Tunnelportal	Verkehr	Emissionen		
		NO _x	PM10	CO ₂
Jahresmittelwerte 2004 (gerundet)	1000 Fzge/Jahr	kg/km/Jahr	kg/km/Jahr	t/km/Jahr
Sämtliche Fahrzeuge	6026	10720	570	1940
Schwere Güterfahrzeuge	969	7650	220	760
Anteil der schweren Güterfahrzeuge	16%	71%	38%	39%

Die Anzahl der schweren Güterfahrzeuge ist demnach ein entscheidender Faktor für die Schadstoffkonzentrationen: Je mehr schwere Güterfahrzeuge, umso mehr werden Stickoxide und Feinstaub in die Luft emittiert. Die Abbildung 3 zeigt diesen Zusammenhang für den Feinstaub an den MFM-U Stationen besonders deutlich. Auf der x-Achse ist die Zahl der schweren Güterfahrzeuge (pro Monat) aufgetragen, auf der y-Achse die Anzahl Feinstaubpartikel (Monatsmittelwert in Milliarden Partikel pro Kubikmeter). Die Messwerte der Stationen Rothenbrunnen, Erstfeld, Reiden und Hardwald (Reihenfolge mit zunehmender Zahl schwerer Güterfahrzeuge) zeigen den Zusammenhang zwischen Fahrzeugzahl und Feinstaubpartikelzahl. Die einzelnen Stationen sind aber nicht auf einer schmalen Linie konzentriert, sondern bilden Wolken. Dies deutet darauf hin, dass die Zahl der Fahrzeuge nicht die alleinige Steuergrösse für die Schadstoffkonzentrationen darstellt und dass ein zusätzlicher Einfluss von Meteorologie und Topografie wirksam ist.

Die Abhängigkeit der Luftschadstoffkonzentrationen von den Verkehrsmengen und insbesondere vom Anteil der schweren Güterfahrzeuge zeigt sich auch im Wochenverlauf der Luftschadstoffe. Abbildung 4 zeigt exemplarisch einen solchen mittleren Wochengang (Stickoxid-Konzentrationen) für die Stationen Reiden, Erstfeld und Moleno. Aufgrund des Sonntagsfahrverbotes für schwere Güterfahrzeuge ist

¹⁰ ASTRA (2005), ASTRA, mündliche Mitteilung M. Rubin, ARE 2005

ein klarer Wochengang mit niedrigeren Schadstoffkonzentrationen während des Wochenendes zu erkennen. Aus diesem muss geschlossen werden, dass der Beitrag der schweren Güterfahrzeuge zur NO_x -Immission dominant ist, da wie oben erwähnt am Sonntag schwere Güterfahrzeuge praktisch ausbleiben und ausserdem die Zahl der Personenwagen am Wochenende auf der Gotthardstrecke höher ist als an den Werktagen (vgl. Erstfeld, Moleno in Abb. 5).

Abb. 3:
Monatsmittelwerte (2004)
der Anzahl Feinstaubpartikel in Abhängigkeit der Anzahl schwerer Güterfahrzeuge an ausgewählten Messstationen.

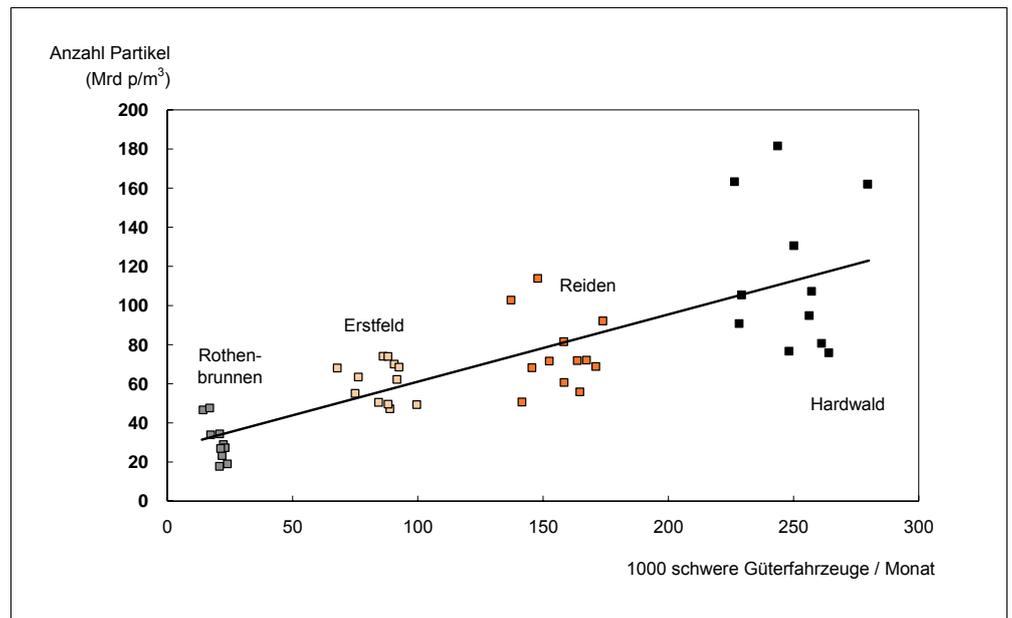
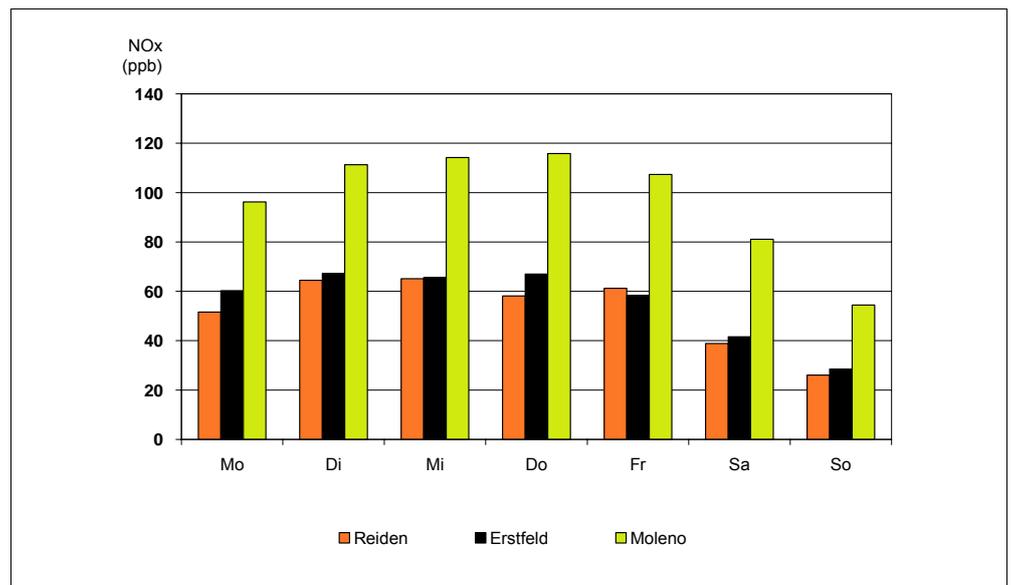


Abb. 4:
Mittlerer Wochengang
2004 von NO_x -
Immissionen bei Reiden,
Erstfeld und Moleno
(exemplarisch).



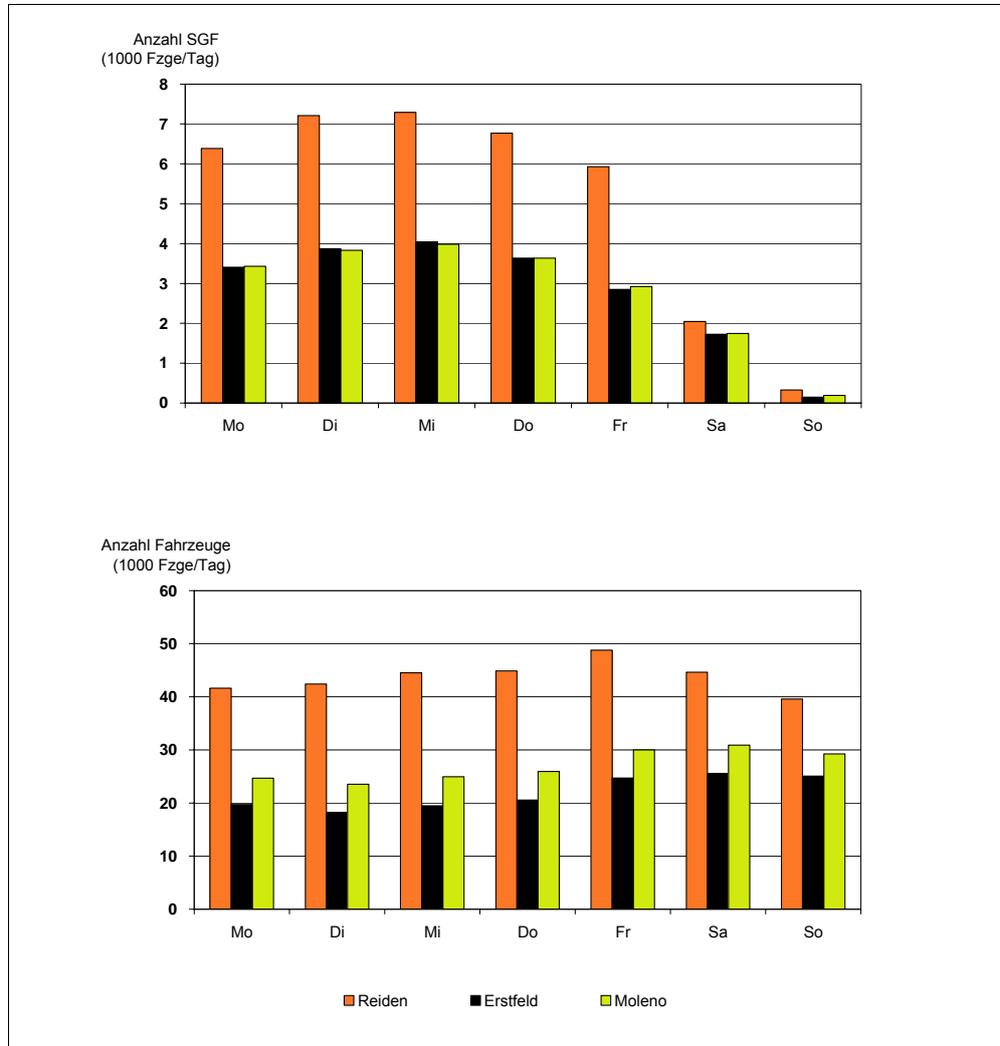


Abb. 5:
Mittlerer Wochengang
2004 nur schwere
Güterfahrzeuge (oben)
und der gesamten Anzahl
Fahrzeuge total (unten)
bei Reiden [Reiden S],
Erstfeld [Erstfeld N] und
Moleno [Biasca S]
(exemplarisch). Angabe
in 1000 Fahrzeugen pro
Tag.

2.2.2 Meteorologie

Die Zahl der Motorfahrzeuge zeigt auf den Alpentransitrouten im Laufe des Jahres ein Maximum während des Sommers (Abb. 10, ASTRA 2005). Die Messungen der Luftschadstoffe PM₁₀, NO, NO_x und NO₂ zeigen jedoch gerade umgekehrt ein Maximum im Winter (vgl. Abb. 6 für PM₁₀, ähnlicher Verlauf für NO, NO_x und NO₂). Verkehr und Luftschadstoffe sind demnach im Jahresverlauf nicht im Gleichtakt, was bedeutet, dass die Meteorologie einen wesentlichen Einfluss auf die Schadstoffkonzentrationen haben muss. Tatsächlich sind Inversionslagen (Temperaturumkehr, die ein Luftaustausch mit höheren Schichten unterbindet) in der kalten Jahreszeit ausschlaggebend für hohe Konzentrationen. Während solcher Inversionslagen wird die Durchlüftung praktisch unterbunden, was zur Akkumulierung der Schadstoffkonzentrationen im Verlauf von Tagen führt. Ist die Inversionshöhe gering, so ist auch das Volumen klein, in dem die Schadstoffe gefangen bleiben.

Daraus folgt, je häufiger solche Inversionslagen und je niedriger die Inversionshöhen, desto höher die Schadstoffkonzentrationen. Lufthygienisch entscheidend sind die auf dem Boden aufliegenden Inversionen mit einer Inversionshöhe von ca. 40–50m über Boden. Sie sind meist an Hochdruck-Lagen gekoppelt und bilden sich häufig bei der nächtlichen Ausstrahlung. Im Tagesverlauf lösen sich Inversionen mit der zunehmenden Sonneneinstrahlung oft gegen Mittag auf. Starke Inversionslagen (Temperaturumkehr von mehr als 2°C) lösen sich im Winter nur hartnäckig auf. Für die MFM-U Stationen trifft dies besonders für Moleno zu mit den intensivsten Inversionen (BUWAL 2004b) und den höchsten PM10-Konzentrationen im Winter (Abb. 6). Das ist auch einer der wichtigsten Gründe dafür, dass die Immissionsbelastungen in Moleno höher sind als in Erstfeld trotz praktisch gleich vielen schweren Güterfahrzeugen (siehe z.B. Tab. 2, Tab. 3 oder Abb. 6).

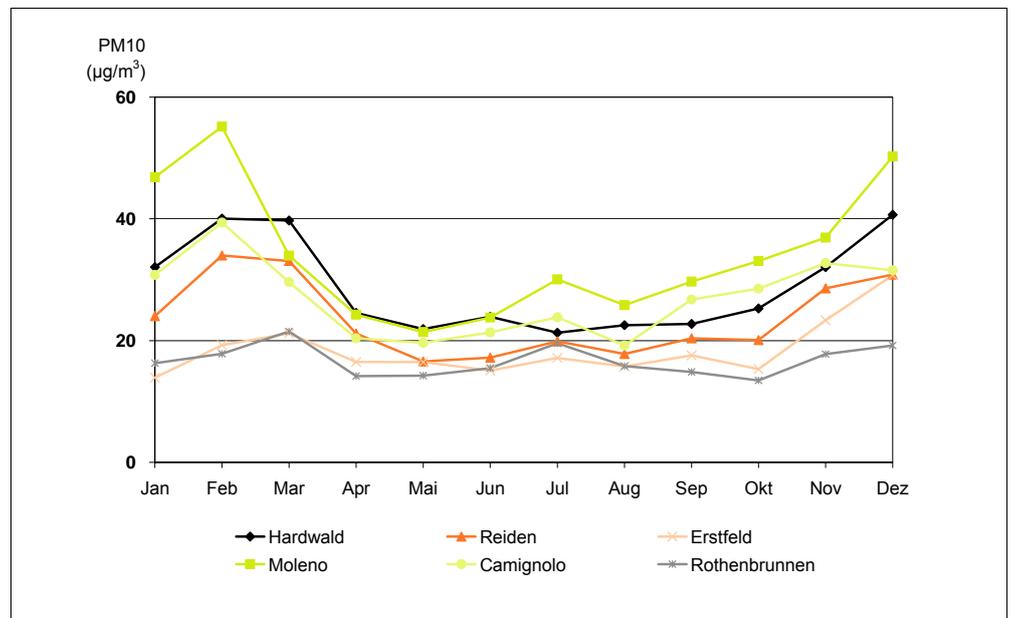
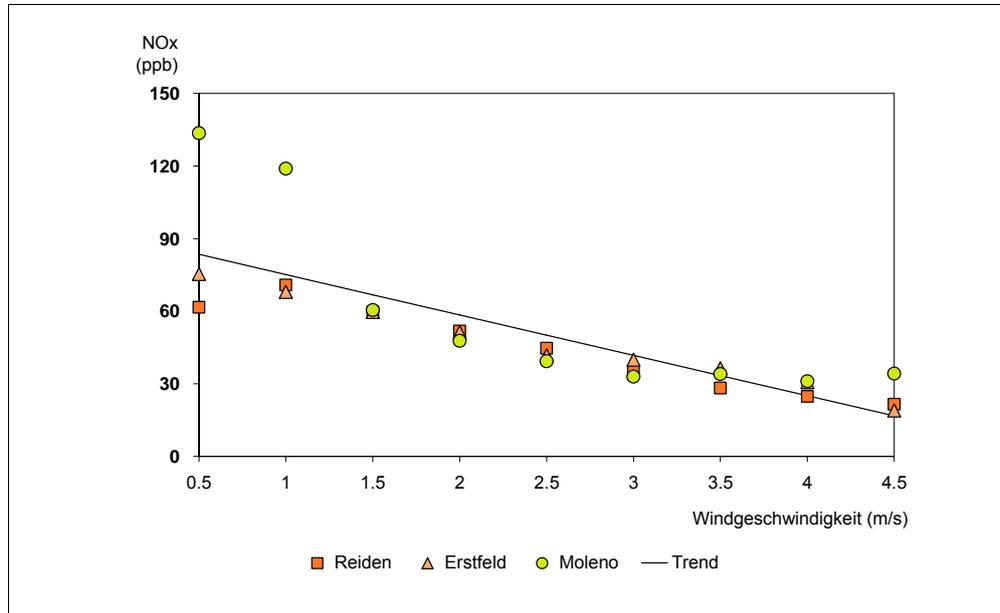


Abb. 6:
Monatsmittelwerte 2004
von PM10 an den MFM-
U-Standorten.

Auch die Windgeschwindigkeiten haben grossen Einfluss auf die Luftschadstoffkonzentration: Je höher die Windgeschwindigkeit, umso besser wird die Atmosphäre mit Frischluft vermischt, wodurch die Schadstoffkonzentrationen sinken (Abb. 7): Die NO_x-Konzentrationen wurden in Funktion der Windgeschwindigkeit für je eine Station im Mittelland (Reiden), auf der Alpennordseite (Erstfeld) und der Alpensüdseite (Moleno) ausgewertet. Moleno sticht dabei heraus: Bei sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten (welche in Moleno häufiger anzutreffen sind als in Reiden und Erstfeld) sind die Schadstoffkonzentrationen besonders hoch.

Abb. 7:
 NO_x-Konzentration 2004
 in Funktion der Windge-
 schwindigkeitsklasse
 (0–0.5 m/s, 0.5–1 m/s,
 etc., Halbstundenwerte).
 Die Trendlinie deutet auf
 einen physikalischen
 Zusammenhang hin.



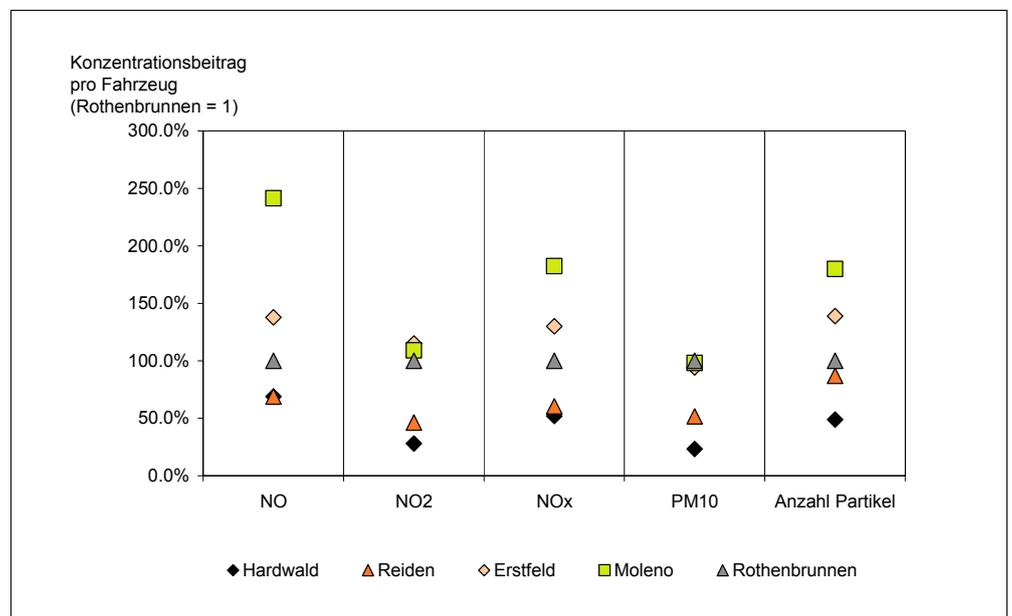
Der Einfluss der Meteorologie auf die Schadstoffkonzentrationen in der Luft zeigt sich auch gut im Verlauf der Tagesstunden an Standorten mit nahezu konstanter Emissionsbelastung: Gerade an den MFM-U Stationen mit relativ konstantem Autobahnverkehr und entsprechend konstanter Emission fallen z.B. die NO_x-Immissionen am Mittag auf die Hälfte des vormittäglichen Maximalwerts ab, weil sich die Mischungsschicht durch Lufterwärmung in ihrer vertikalen Ausdehnung verdoppelt (BUWAL 2004b). Im Jahresmittel wird der Einfluss der Meteorologie schwächer, aber auch auf dieser Stufe ist er noch vorhanden (siehe Kap. 2.3). Ein einfaches «Herausfiltern» des Meteorologie-Einflusses, so sehr dies für die Interpretation der Luftqualität erwünscht wäre, ist aber nicht möglich, weil es kein standardisiertes Wettergeschehen gibt.¹¹

¹¹ Als Hilfsmittel wird in der Meteorologie das langjährige Mittel benutzt. Für lufthygienische Modellierungen reicht dies allerdings nicht aus.

2.2.3 Topografie

Die Topografie einer Region kann einzelne meteorologische Situationen begünstigen oder verhindern. In Abb. 8 sind die Jahresmittel-Konzentrationen verschiedener Schadstoffe pro Fahrzeug (alle, nicht nur SGF) und pro Jahr dargestellt. Die Station Rothenbrunnen wird (willkürlich) als Referenz benutzt und hat deshalb für alle Schadstoffe den Wert 100%. Moleno nimmt bei fast allen Schadstoffen einen «Spitzenplatz» ein, was bei den Verkehrszahlen keineswegs zutrifft (siehe Tab. 4). Die besonderen topografischen Verhältnisse führen in Kombination mit der Meteorologie von Moleno dazu, dass die Bildung von Inversionslagen begünstigt wird und damit die Schadstoffkonzentrationen oft erhöht sind.

Abb. 8:
Beitrag zur Jahresmittel-
Konzentration pro Fahr-
zeug (alle Fahrzeuge),
angegeben in Prozent
der (willkürlich gewähl-
ten) Bezugsstation
Rothenbrunnen (100%);
ohne Camignolo.



2.3 Entwicklung 2003–2004

Zwischen 2003 und 2004 haben die Schadstoffkonzentrationen mit wenigen Ausnahmen abgenommen (Tab. 6). Beim Stickstoffdioxid sanken die Immissionen um 2%–14%, bei den Feinstaubpartikeln (Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und Anzahl in Mrd. p/m^3) sogar noch mehr, maximal bis 28%.

Tab. 6: Jahresmittelwerte 2003, 2004 verschiedener Luftschadstoffe sowie relative Veränderung der Konzentrationen in % (sämtliche Messwerte können rückwirkend noch Korrekturen erfahren).

Schadstoff	Kenngrösse	Einheit	Messstation					
			Hardwald BL	Reiden LU	Erstfeld UR	Moleno TI	Camignolo TI	Rothenbrunnen GR
NO	Jahresmittel 2003	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	123	47	47	99	(92)	20
	Jahresmittel 2004	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	116	43	43	93	108	21
	Veränderung	%	-6%	-9%	-9%	-6%	+17%	+5%
NO ₂	Jahresmittel 2003	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	59	35	45	49	(65)	28
	Jahresmittel 2004	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	54	33	41	48	58	24
	Veränderung	%	-8%	-6%	-9%	-2%	-11%	-14%
NO _x	Jahresmittel 2003	ppb	129	56	61	105	(107)	31
	Jahresmittel 2004	ppb	121	52	56	97	114	29
	Veränderung	%	-6%	-7%	-8%	-8%	+7%	-6%
PM10	Jahresmittel 2003	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	31	29	22	(29)	(29)	17
	Jahresmittel 2004	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	28	23	21	27	28	15
	Veränderung	%	-10%	-21%	-5%	-7%	-3%	-12%
Anzahl Partikel	Jahresmittel 2003	Mrd p/m^3	(155)	87	(74)	(116)	(170)	41
	Jahresmittel 2004	Mrd p/m^3	(116)	76	61	(97)	(188)	30
	Veränderung	%	-25%	-12%	-17%	-16%	+10%	-28%

Im selben Zeitraum nahm der schwere Güterverkehr auf der Gotthardachse (auf sie entfallen gut drei Viertel des alpenquerenden schweren Güterverkehrs) um 3% ab (ARE 2005). Ebenso nahm der Jahresverkehr der schweren Güterfahrzeuge über alle Schweizer Alpenübergänge um knapp 3% ab (ARE 2005). Der Gesamtverkehr (Güter- plus Personenverkehr) blieb auf der Gotthardtransitachse nahezu unverändert (Unterschied weniger als 1%¹²; ASTRA 2004, 2005), auf den andern Alpen-transitachsen (Gr. St. Bernhard, Simplon, San Bernardino) konnte eine Abnahme beobachtet werden (2%-5%; ASTRA 2004, 2005). Die Abnahme der Verkehrszahlen allein kann die Abnahme der Schadstoffkonzentrationen nicht erklären. Dank der verbesserten Motoren- und Abgastechnologie nahmen aber gleichzeitig die Emissionsfaktoren ab (BUWAL 2004a). Tab. 7 zeigt die Veränderungen der Emissionen des schweren Güterverkehrs auf dem Streckenabschnitt Gotthard-Tunnelportal für 2003 und 2004: Die NO_x-Emissionen sanken um 8%; davon 3% dank weniger Fahrzeugen und 5% dank kleinerer Emissionsfaktoren (bessere Motoren-/Abgastechnologie). Beim PM10 sanken die Emissionen um 5%, davon wieder-

¹² Hochrechnung basierend auf Jahresmittel des 24-stündigen Verkehrs gemäss ASTRA 2004, 2005.

um 3% aufgrund weniger Fahrzeuge und 2% dank verbesserter Emissionsfaktoren. Beim CO₂ gibt es nur die Reduktion auf Grund der Fahrzeugzahl (3%); die Abgas-technologie hat keinen Einfluss auf die CO₂-Emissionen.

Der kombinierte Effekt von weniger Fahrten im alpenquerenden schweren Güterverkehr plus geringere Emissionsfaktoren reicht aus, um die beobachtete Abnahme der Immissionskonzentrationen beim NO_x zu erklären. Beim PM10 ist der Rückgang aber noch stärker. Zur Erklärung ist eine weitere Ursache beim Wetter zu suchen. Ungünstige meteorologische Bedingungen im Jahr 2003, kalte Wintertage mit zähen Inversionslagen führten zu erhöhten Immissionswerten trotz Abnahme der Jahresemission. Im Fall des PM10 dürfte zudem der trockene Sommer 2003 die Bodenerosion verstärkt und damit die PM10-Konzentrationen erhöht haben. Dies hätte zur Folge, dass die PM10-Reduktion 2003–2004 überdurchschnittlich hoch ausfallen würde – wie auch tatsächlich beobachtet. Ob dies zutrifft und weshalb die PM10-Reduktionen teils verschieden und teils gleich wie die Reduktionen bei den Partikelzahlkonzentrationen sind, wurde aber bisher nicht geklärt.

Tab. 7: Schwere Güterfahrzeuge: Jahresverkehrszahlen sowie CO₂ -, NO_x - und PM10-Emissionen am Gotthard-Tunnelportal in 2003 und 2004. Die Veränderung des Verkehrs und der Emissionen von 2003 zu 2004 ist in % dargestellt.

Gotthard-Tunnelportal	Verkehr	Emissionen		
		NO _x	PM10	CO ₂
Jahresmittelwerte (gerundet)	1000 Fzge/Jahr	kg/km/Jahr	kg/km/Jahr	t/km/Jahr
Schwere Güterfahrzeuge 2003	1004	8270	230	790
Schwere Güterfahrzeuge 2004	969	7650	220	760
Veränderung	-3%	-8%	-5%	-3%

Die Zahlen in Tab. 7 können nicht auf andere Standorte an der A2 und A13 übertragen werden, weil die Zahl der schweren Güterfahrzeuge und die Verkehrssituationen (Geschwindigkeit, Fahrverhalten, Steigung) überall verschieden sind. Der betrachtete Standort Gotthard-Tunnelportal repräsentiert aber immerhin die interessierende Emissionsentwicklung im alpenquerenden Güterschwerverkehr.

Die MFM-U Messdaten aus den beiden Jahren 2003 und 2004 in Tab. 6 zeigen, dass trotz erfolgter Reduktion der Schadstoffimmissionen mehrere Grenzwerte an der Gotthardachse und die Ozonimmissionen an der San Bernardino Route noch immer überschritten sind. Weiterentwicklungen der Motorentechnologie alleine werden kaum genügen um die Grenzwerte einzuhalten, besonders, wenn der schwere Strassengüterverkehr im Gegensatz zur Tendenz der letzten Jahre wieder zunehmen würde. Nur durch eine Verringerung des Jahresverkehrs der schweren Güterfahrzeuge, wie es das gesetzliche Verlagerungsziel vorsieht, scheint eine Einhaltung der Immissions-Grenzwerte in absehbarer Zukunft möglich.

2.4 Biogene Zeiger für Luftschadstoffe

Ergänzend zu den Messungen werden im MFM-U Baumflechten und Fichtennadeln auf Luftschadstoffe hin untersucht. Vom Verkehr freigesetzte Luftschadstoffe werden von Baumflechten absorbiert und lagern sich auf der Oberfläche der Fichtennadeln ab. Erste Resultate zeigen beispielsweise für Platin (heute ausschliesslich in Dieselmotoren verwendet) und Palladium (Verwendung in Benzin-Katalysatoren) eine deutliche Belastungsabnahme in den ersten 200m zur Autobahn. Auch die Konzentration anderer Schwermetalle wie Kupfer, Eisen, Nickel und Blei nehmen innerhalb dieser Distanz deutlich ab.

Auffallend hohe Belastungsgradienten finden sich auch für mehrere mutagene und/oder kanzerogene polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), welche zusammen mit Russpartikeln hauptsächlich von Dieselfahrzeugen emittiert werden. Für mehrere PAKs reduziert sich dabei die Belastung in den fahrbahn-nächsten 200m um bis zu einem Faktor 10.

3 Strassenlärm

Aus Umfragen ist bekannt, dass der Strassenverkehrslärm als eines der grössten Umwelt-Probleme wahrgenommen wird. Der Güterschwerverkehr trägt wesentlich zum Strassenverkehrslärm bei, da er überproportional daran beteiligt ist: Ein schweres Güterfahrzeug kann bei gleicher Geschwindigkeit eine gleich hohe Lärmimmission wie ca. 10 Personenwagen erzeugen. Analog zur Luftschadstoffbelastung sind die Alpentäler besonders empfindlich auf die Verlärmung. Auf den Steigungs- und Gefällstrecken wird in kleinen Gängen gefahren und die Motorengeräusche sind lauter. An den Talwänden werden die Schallwellen reflektiert und können die Lärmimmissionen teilweise sogar verstärken (nur Luftabsorption, keine Bodendämpfung). Bodennahe Inversionsschichten können die Lärmimmissionen zusätzlich verstärken und zudem die Effizienz von Lärmschutzwänden vermindern (Brechung der Schallwellen).

Im Folgenden werden Messwerte zum **Strassenlärm** diskutiert. Für die Entwicklung des **Schiene**nlärms ist das Bundesamt für Verkehr (BAV) zuständig. Das BAV beobachtet an der Gotthardlinie bei Steinen im Kanton SZ (und an fünf weiteren Standorten in der Schweiz) die Entwicklung im Rahmen seines «Monitorings Eisenbahnlärm». Diese Messresultate werden regelmässig in den Jahresberichten auf dem Internet publiziert (BAV 2005). Für den Schienenlärm entlang der Gotthardlinie sind zwei Aussagen wichtig:

- Nachts verkehren mehr Güter- als Personenzüge. Entsprechend wird der Lärmpegel nachts von den Güterzügen dominiert. Dies gilt aber sogar tagsüber, obwohl mehr Personen- als Güterzüge verkehren. Das liegt daran, dass Güterzüge im Mittel mehr als doppelt so lange wie die Personenzüge sind und dass ihr Rollmaterial lauter ist.
- Im Jahresmittel ist der Lärmpegel des Schienenverkehrs nachts nur ca. 0.5 dB (dB: Dezibel, siehe Glossar) tiefer als tagsüber, weil nachts relativ viele (laute und lange) Güterzüge verkehren. Beim Strassenverkehr hingegen sind die Pegel nachts um mindestens 5 dB tiefer als die Pegel tagsüber (siehe Tab. 8).

3.1 Messwerte 2004¹³

Zur Messung der Lärmpegel an den MFM-U Stationen sind Mikrophone je beidseits der Fahrspuren Richtung Nord und Süd platziert, in einem seitlichen Abstand von 6.5 m zur Mitte der Normalspur und in einer Höhe von 3.2 m über dem Boden.

Die Lärm-Messresultate werden nach Tag- und Nachtstunden zusammengefasst (diese Aufteilung entspricht der Lärmschutz-Verordnung, LSV). Die an der Autobahn gemessenen Werte können nicht den Grenzwerten der LSV gegenübergestellt werden, da gemäss LSV die Lärmimmissionen «in der Mitte der offenen Fenster lärmempfindlicher Räume ermittelt» werden (Art. 39, Abs. 1 LSV). Der Lärmpegel tagsüber (06–22 Uhr) liegt an allen Stationen deutlich über dem nächtlichen (22–06 Uhr) Lärmpegel (Tab. 8), exemplarisch für drei MFM-U-Stationen dargestellt in Abb. 9. Tagsüber am stärksten belastete Standorte sind auch nachtsüber am stärks-

¹³ siehe auch www.umwelt-schweiz.ch/mfm-u unter «Messresultate Luft/Lärm»

ten belastet. Zu beachten ist, dass die Einheit dB(A) den Lärm mittels einer logarithmischen Skala darstellt¹⁴. Die höchsten Lärmpegel (tags und nachts) werden in Camignolo und Reiden gemessen, die niedrigsten in Rothenbrunnen. Nachts sind die Pegel 6–7 dB tiefer als tagsüber.

Tab. 8: Lärmpegel 2004 der sechs MFM-U-Stationen. Moleno: Wegen nachfolgender Bauarbeiten und Strassenbelagserneuerungen nur über Januar bis August gemittelt (sämtliche Messwerte können rückwirkend noch Korrekturen erfahren).

Messgrösse	Einheit	Messstation					
		Tenniken	Reiden	Erstfeld	Moleno	Camignolo	Rothenbrunnen
Jahresmittel 2004							
		BL	LU	UR	TI	TI	GR
Lärmpegel, Tag	dB(A)	76.5	80.7	78.6	(78.1)	81.1	75.9
Lärmpegel, Nacht	dB(A)	69.8	74.8	72.4	(72.0)	75.2	68.4

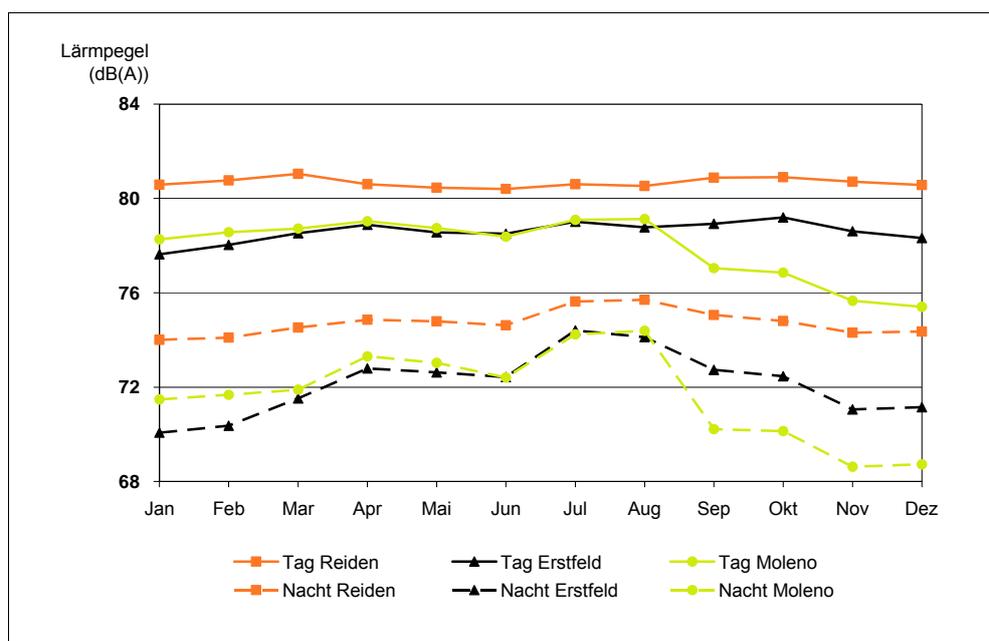


Abb. 9: Gemessene Lärmpegel 2004 der Stationen Reiden, Erstfeld und Moleno am Tag (06–22 h, durchgezogene Linie), und in der Nacht (22–06 h, gestrichelte Linie).

¹⁴ Ein Anstieg von 3 dB entspricht einer Verdoppelung vorbeifahrender Fahrzeuge (z.B. 2000 statt 1000). Ein Anstieg von 10 dB bedeutet eine Verdoppelung der vom Gehör empfundenen Lautheit (siehe auch «Dezibel» im Glossar).

3.2 Interpretationen

Die gemessenen Lärmpegel der Tagstunden sind während des Jahres nahezu konstant (Abb. 9; beachte die Ausnahme Moleno: ab August 2004 Bauarbeiten und neuer Strassenbelag), obwohl die Zahl der Fahrzeuge (alle Fahrzeugkategorien) mehr oder weniger ausgeprägten jahreszeitlichen Schwankungen unterlegen ist (Abb. 10).

Im Monat August reisen besonders viele Touristen über die Alpen und gleichzeitig wesentlich weniger schwere Güterfahrzeuge (Abb. 10). Die beiden Änderungen kompensieren sich beim Lärmpegel, das Mehr aus dem Personenverkehr wird durch das Weniger des Güterverkehrs weitgehend aufgewogen; der gemessene Lärmpegel (alle Fahrzeuge!) für Erstfeld und Reiden zeigt im August keine auffallende Änderung während der Tagstunden (Abb. 9).

Abb. 11 zeigt den über das Jahr gemittelten Tagesgang der Lärmpegel illustrativ für die beiden Stationen Reiden und Erstfeld, je einmal für die Werktage (Montag-Freitag) und für die Sonntage. An Werktagen steigt der Lärmpegel am frühen Morgen mit dem Ende des Nachtfahrverbotes für schwere Güterfahrzeuge um 05 Uhr und mit dem Einsetzen des Pendlerverkehrs 1–2 Stunden später (standortabhängig) rasch an und bleibt tagsüber bis ca. 18 Uhr konstant, um anschliessend allmählich bis 02 Uhr abzusinken. Wegen der höheren Verkehrszahlen ist der Lärmpegel in Reiden ca. 2–3 dB höher als in Erstfeld. An Sonntagen verlaufen die Kurven entsprechend des Freizeitverhaltens anders, der Anstieg erfolgt am Morgen erst zwischen 06 und 10 Uhr (keine Pendlerfahrten), das Lärmniveau tagsüber liegt meistens unterhalb des Werktaglärms wegen des Ausbleibens der schweren Güterfahrzeuge (Sonntagsfahrverbot), erstreckt sich dafür aber länger in die Abendstunden hinein.

Gemäss Tab. 8 gehört die Station Tenniken trotz höchstem Verkehrsaufkommen zu den Messstationen mit den geringsten Lärmpegel. Der Grund dafür ist der lärm-dämpfende Strassenbelag, der die Lärmpegel um 4–5dB(A) zu reduzieren vermag. Genauere Analysen der Messdaten zeigen, dass der Reduktionseffekt vorwiegend im hochfrequenten Bereich (800 Hz und höher) auftritt. Das charakteristische tiefe Brummen der schweren Güterfahrzeuge wird nur beschränkt vermindert.

Vergleicht man die Messwerte 2004 mit den Werten des Jahres 2003, so sind diese insgesamt gleich geblieben und es lässt sich kein Trend feststellen.

Abb. 10:
Anzahl schwere Güterfahrzeuge (oben) und Anzahl Motorfahrzeuge total 2004 (unten) an den Stationen Reiden, Erstfeld und Moleno (ASTRA-Zählstelle Biasca S).

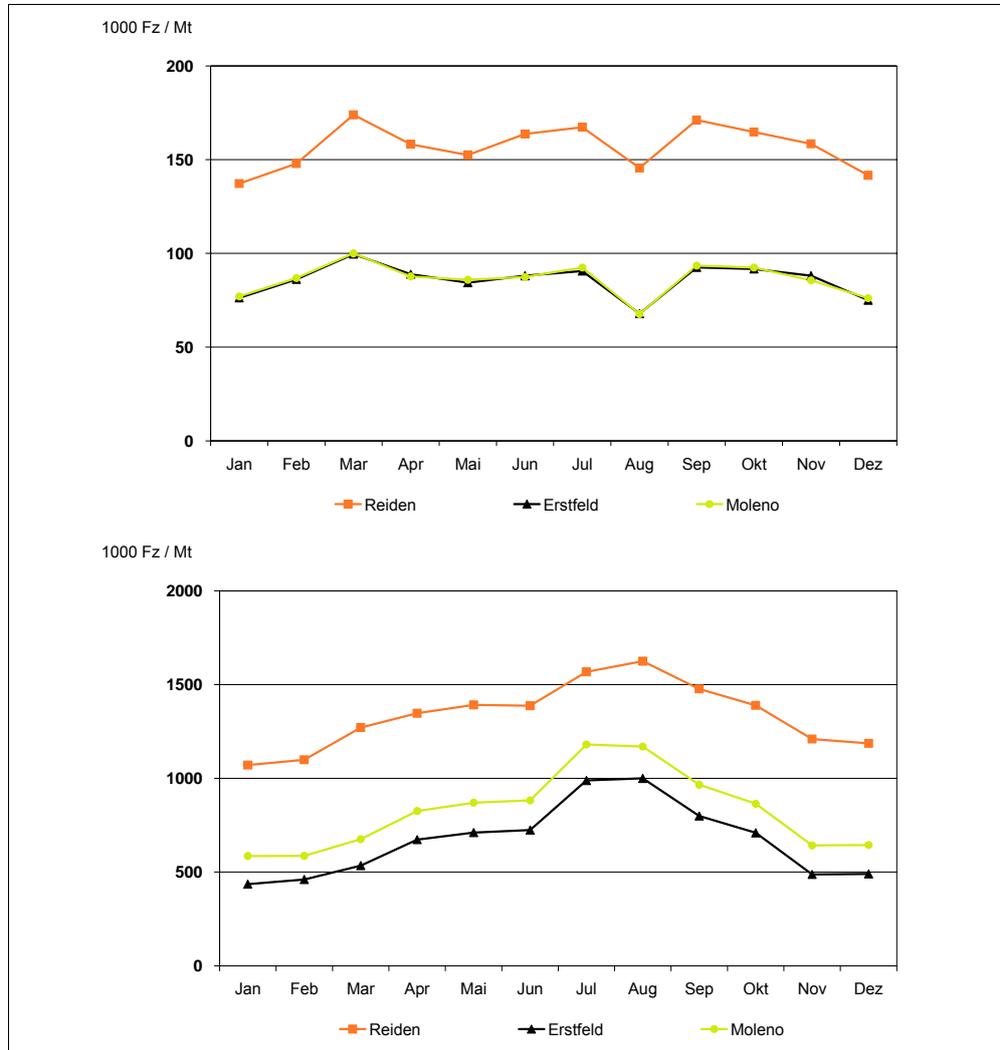
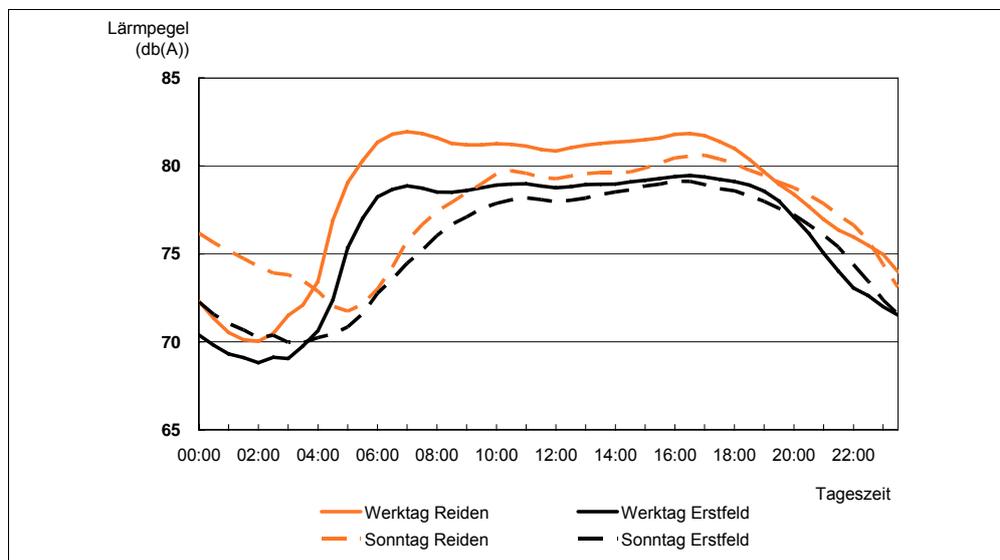


Abb. 11:
Mittlerer Tagesgang
Lärm 2004 an Werktagen
(Mo-Fr, durchgezogene
Linie) und an Sonntagen
(gestrichelte Linie).



Anhang: MFM-U Messnetz

A Messstandorte, Messprogramm

Tab. 9: Standorte und Messprogramm der sechs MFM-U-Stationen.

Nationalstrasse	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A13
Standort	Hardwald	Tenniken	Reiden	Erstfeld	Moleno	Camignolo	Rothenbrunnen
Kanton	BL	BL	LU	UR	TI	TI	GR
Charakterisierung	Agglomeration	Jura	Mittelland	Reusstal	Riviera	M. Ceneri	Domleschg
Luftqualität	x		x	x	x	x	x
Lärm		x	x	x	x	x	x
Meteo	x	x	x	x	x	x	x
Verkehrszähler	x	x	x	x	x	x	x

Nützliche Hinweise zu Messnetz, Messtechnik und zu den Luftschadstoffen finden Leserinnen und Leser im Internet unter

www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_ubeobacht/rubrik3/mfm-u/messnetz/index.html

www.envirocat.ch; Stichwort: mfm

und

www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_luft/schadstoffe/index.html

Verzeichnisse

1 Literatur

- ARE 2005: *Güterverkehr durch die Schweizer Alpen 2004*, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern 2005
- ASTRA 2005: *Automatische Strassenverkehrszählung (AVZ) 2004, Monats- und Jahresmittel des 24-stündigen Verkehrs*, Bundesamt für Strassen, [http://www.verkehrsdaten.ch/downloads/2004_JM.pdf]
- ASTRA 2004: *Automatische Strassenverkehrszählung (AVZ) 2003, Monats- und Jahresmittel des 24-stündigen Verkehrs*, Bundesamt für Strassen, [http://www.verkehrsdaten.ch/downloads/2003_JM.pdf]
- BAV 2005: *Monitoring Eisenbahnlärm, Jahresbericht 2004*, Bundesamt für Verkehr, Bericht kann vom Internet herunter geladen werden: www.bav.admin.ch/download/businessinfo/1544.pdf
- BUWAL 2004a: *Handbuch Emissionsfaktoren Strassenverkehr*, HBEFA, Version 2.1, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 2004
- BUWAL 2004b: *Verkehr und Immissionen entlang der schweizerischen Alpentransitstrecken 2003*, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 2004
- BUWAL 2004c: *Untersuchung auf LKW-sensible Merkmale*, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, MFM-U, Rivera 29.11.2004
- BUWAL 2004d: *Umweltmonitoring flankierende Massnahmen – Luft- und Lärmmodellierungen*, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 2004

2 Glossar / Abkürzungen

Dezibel

Das Dezibel ist zwar keine eigentliche Einheit, wird in der Akustik aber praktisch als solche verwendet. Es wird aus dem Schalldruck berechnet und reicht für den normalen Hörbereich von 0 bis 130 dB(A). Zu beachten ist unbedingt, dass bei der Addition von mehreren Lärmquellen nicht einfach die (logarithmischen) dB-Werte zusammengezählt werden dürfen, sondern die Berechnung über die Originalgrösse des Schalldrucks erfolgen muss.

Fzge

(Anzahl) Fahrzeuge

Fzkm

Fahrzeug-Kilometer, Einheit für die Fahrleistung.

LRV

Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985, Stand am 3. August 2004 (SR 814.318.142.1)

Mrd. p / m³

Milliarden Partikel pro Kubikmeter, Konzentrationseinheit für die Anzahl von Feinstaubpartikeln.

µg/m³

Mikrogramm pro Kubikmeter (Millionstel Gramm pro Kubikmeter):
Konzentrationseinheit für Luftschadstoffe.

ng/m³

Nanogramm pro Kubikmeter (Milliardstel Gramm pro Kubikmeter):
Konzentrationseinheit für Luftschadstoffe.

NO_x

Stickoxide (Summe aus NO₂ und NO). Das Gasgemisch entsteht beim Verbrennen von Brenn- und Treibstoffen, insbesondere bei hohen Verbrennungstemperaturen.

O₃

Ozon. Bodennahes Ozon ist ein gasförmiger Sekundärschadstoff und entsteht in der Troposphäre unter Einwirkung von Sonnenlicht aus Stickoxiden (NO_x) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC).

Perzentilwerte

95-Perzentilwert LRV für NO₂: 95% der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤100 µg/m³
98-Perzentilwert LRV für O₃: 98% der ½-h-Mittelwerte eines Monats ≤100 µg/m³

PM10 (particulate matter)

Schwebstaub: feindisperse Schwebstoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer ($< 10 \mu\text{m}$).

ppb (parts per billion)

Anzahl Teilchen des betrachteten Stoffes pro Milliarde (Luft)Teilchen, Konzentrationseinheit für Luftschadstoffe, die aus einem Gemisch verschiedener Moleküle bestehen.

SGF, schwere Güterfahrzeuge

(genauer schwere Strassen-Güterfahrzeuge)

Sammelbegriff für Lastwagen (ohne Anhänger, ohne Auflieger), Lastenzüge (Lastwagen mit Anhänger) und Sattelzüge (Sattelzugfahrzeug mit Auflieger), alle mit zulässigem Gesamtgewicht über 3,5 t.

t/Jahr

Tonnen pro Jahr. Einheit für Emissionsfrachten.

VOC (volatile organic compounds)

Flüchtige organische Kohlenwasserstoffe. Das Spektrum der verschiedenen VOC reicht von nicht toxischen bis zu hochtoxischen und Krebs erzeugenden Verbindungen (z.B. Benzol).