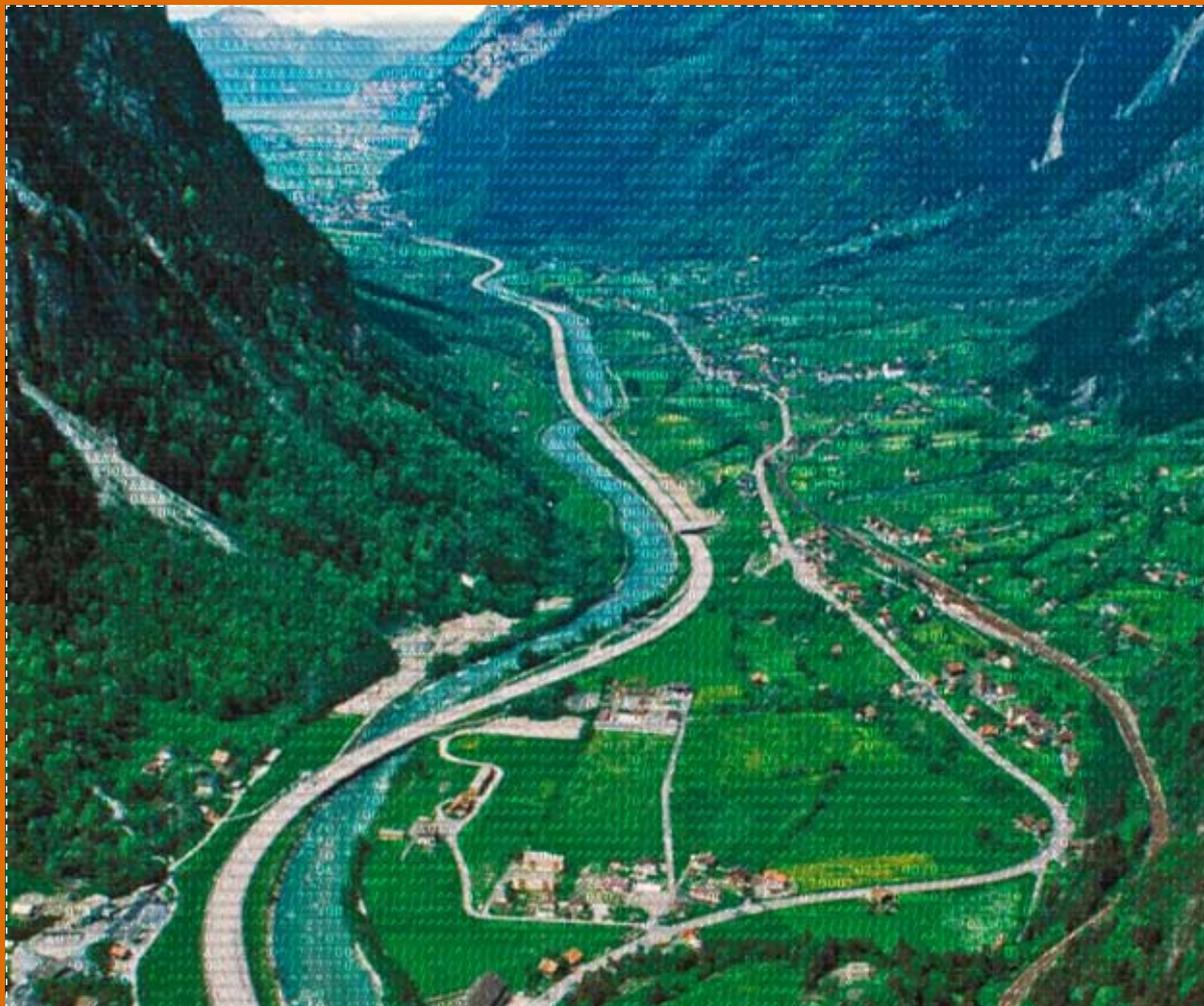


14  
09

# > Umweltmonitoring MFM-U

*Jahresbericht 2008  
der Luft- und Lärmessungen*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



14  
—  
09

# > Umweltmonitoring MFM-U

*Jahresbericht 2008  
der Luft- und Lärmessungen*

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

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

### **Autoren**

Klaus Kammer, BAFU, Abt. Ökonomie, Forschung und Umweltbeobachtung

Jürg Heldstab, Florian Kasser, Philipp Wüthrich, INFRAS

### **Expertenbeiträge und Kommentare**

Marco Andretta (Kt TI), Peter Böhler (inNET) sowie die Mitglieder der Projektorganisation MFM-U Groupe Scientifique

### **Begleitung BAFU**

Hugo Amacker, Felix Reutimann, Kirk Ingold

### **Zitiervorschlag**

Kammer Klaus, Heldstab Jürg 2009: Umweltmonitoring MFM-U. Jahresbericht 2008 der Luft- und Lärmmessungen. Umwelt-Zustand Nr. 0914. Bundesamt für Umwelt, Bern. 40 S.

### **Titelfoto**

BAFU

### **Download PDF**

[www.umwelt-schweiz.ch/uz-0914-d](http://www.umwelt-schweiz.ch/uz-0914-d)

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Code: UZ-0914-D

© BAFU 2009

# > Inhalt

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>Lärmbelastung entlang der A2 und A13</b>	<b>25</b>	
<b>Vorwort</b>	<b>7</b>	3.1	Lärmessdaten 2004–2008	25	
<b>Überblick</b>	<b>8</b>	3.1.1	Messdaten 2004–2008	25	
<hr/>		3.2	Weitere Lärm-Auswertungen	27	
<b>1</b>	<b>Das Umweltmonitoring MFM-U</b>	<b>10</b>	3.2.1	Der Verlauf der Lärmbelastung an Werk- und Sonntagen	27
1.1	Umweltauswirkungen des alpenquerenden Verkehrs erfassen	10	3.2.2	Lärmarme Beläge «schlucken» Lärm – leise Reifen reduzieren die Abrollgeräusche	29
1.2	Der alpenquerende Güterverkehr im Fokus	11	3.2.3	Modellierung der Lärmbelastung entlang der A2 und A13	29
1.2.1	Verkehr verursacht Luft- und Lärmemissionen	11	3.3	Zusammenfassung und Interpretation Lärmmonitoring	30
1.2.2	Schwere Güterfahrzeuge beeinflussen die Immissionen	11	<hr/>		
1.2.3	Verschiedene Faktoren können die Luft- und Lärmbelastung verstärken – besonders im Alpenraum	13	<b>Anhang</b>	<b>32</b>	
<hr/>		A1	Luftschadstoffe	32	
<b>2</b>	<b>Luftbelastung entlang der A2 und A13</b>	<b>15</b>	A2	Lärm	33
2.1	Luftschadstoff-Emissionen	15	A3	Die Fahrzeuge an den Alpenübergängen werden immer sauberer	36
2.1.1	Fahrleistungen, Treibstoffverbrauch und Luftschadstoff-Emissionen 2007	15	A4	Grosser Anteil der Holzfeuerungen an den Feinstaubemissionen	37
2.1.2	Fahrleistungen, Treibstoffverbrauch und Luftschadstoff-Emissionen im Zeitverlauf 2000–2007	17	<hr/>		
2.2	Luftschadstoff-Immissionen	19	<b>Verzeichnisse</b>	<b>38</b>	
2.2.1	Messwerte 2007 und 2008 für Schadstoffe mit Grenzwerten gemäss Luftreinhalte-Verordnung (LRV)	19	Abkürzungen und Glossar	38	
2.2.2	Messwerte 2007 und 2008 für Luftschadstoffe ohne Immissionsgrenzwerte	20	Abbildungen	39	
2.2.3	Entwicklung der Luftimmissionsbelastung 2003–2008	21	Tabellen	40	
2.3	Auch andere Alpenübergänge sind von der Luftverschmutzung stark betroffen	23	Literatur	40	
2.4	Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse Luftmonitoring	23			



## > Abstracts

Passenger and freight carriage by road are important sources of air pollution and noise in transalpine transport. The present report documents the results of the “Monitoring of Supporting Measures-Environment” project carried out in 2007 and 2008, recording air and noise pollution along the national roads crossing the Alps, the A2 (Gotthard motorway) and the A13 (San Bernardino motorway). The data was compared to the results of the preceding years (2003 to 2006). Pollution by nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and fine particles (PM10) decreased slightly and noise pollution remained more or less stable. The report also presents modelling results of fuel consumption and emissions of atmospheric pollutants by road traffic on the alpine segments of the A2 and the A13.

Im alpenquerenden Verkehr sind Personen- und Gütertransporte auf der Strasse wichtige Luftschadstoff- und Lärmquellen. Der Bericht dokumentiert die Messresultate des «Umweltmonitorings flankierende Massnahmen» der Jahre 2007/2008 zur Luft- und Lärmbelastung entlang der alpenquerenden Nationalstrassen A2 (Gotthard) und A13 (San Bernardino) und vergleicht diese mit den Messresultaten der Vorjahre 2003 bis 2006. Über die gesamte Periode 2003 bis 2008 gab es bei der Stickstoffdioxid- (NO<sub>2</sub>) und der Feinstaubbelastung (PM10) tendenziell eine leichte Abnahme. Die Lärmbelastung verharrte während dieser Periode auf etwa gleichem Niveau. Weiter werden Modellrechnungen zum Treibstoffverbrauch und zu den Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs auf den alpinen Teilstrecken der A2 und A13.

Dans le trafic transalpin, le transport de personnes et le trafic de marchandises sur les routes sont d'importantes sources de bruit et de pollution atmosphérique. Le présent rapport fournit les résultats des mesures du projet Suivi des mesures d'accompagnement Environnement (SMA-E) des années 2007 et 2008 concernant les pollutions sonore et atmosphérique le long des routes nationales transalpines A2 (Gotthard) et A13 (San Bernardino) et les compare avec les résultats de la période 2003 à 2006. De 2003 à 2008, les émissions de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de poussières fines (PM10) ont eu tendance à diminuer légèrement. Durant cette période, la pollution sonore est restée à peu près au même niveau. Le rapport expose ensuite des modèles de calcul de la consommation de carburants et des émissions de polluants atmosphériques dues au trafic routier sur les portions alpines de l'A2 et de l'A13.

**Keywords:**

environmental monitoring,  
transalpine freight transport,  
air and noise pollution,  
perception of traffic by the  
population

**Stichwörter:**

Umweltmonitoring,  
alpenquerender Güterverkehr,  
Luft- und Lärmbelastung,  
Wahrnehmung des Verkehrs  
durch die Bevölkerung

**Mots-clés:**

monitoring environnemental,  
trafic de marchandises  
transalpin, pollution sonore  
et pollution atmosphérique,  
façon dont est perçu le trafic  
par la population

Il traffico di transito di persone e merci attraverso le Alpi è un'importante fonte di inquinamento atmosferico e fonico. Il presente rapporto documenta i dati del monitoraggio ambientale delle misure di accompagnamento (MMA-A) relativo all'inquinamento atmosferico e fonico del biennio 2007–2008 lungo l'A2 (Gottardo) e l'A13 (San Bernardino) e li confronta con quelli del periodo 2003–2006. Dal 2003 al 2008 le emissioni di diossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e quelle delle polveri fini (PM10) registrano tendenzialmente un lieve calo. L'inquinamento fonico è invece rimasto pressoché invariato. Il rapporto illustra i modelli di calcolo riguardanti il consumo di carburante e le emissioni di inquinanti causati dal traffico di transito lungo i tratti alpini dell'A2 e dell'A13.

Parole chiave:

monitoraggio ambientale, traffico merci attraverso le Alpi, inquinamento atmosferico e fonico, percezione del traffico da parte della popolazione

---

## > Vorwort

Die Bereitsstellung einer leistungsfähigen Infrastruktur für alpenquerende Gütertransporte mit der gleichzeitigen Begrenzung der Umweltbelastung für Mensch und Umwelt sind wichtige Vorgaben der schweizerischen Verkehrspolitik. Mit der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe sowie strassen- und schienenseitigen flankierenden Massnahmen wird die Verlagerung der Gütertransporte von der Strasse auf die Bahn gefördert.

Das Umweltmonitoring zur Verkehrsverlagerung untersucht dazu die Umwelt-Auswirkungen des Landverkehrsabkommens mit der Europäischen Union. Seit 2003 werden die verkehrlichen Auswirkungen auf der Strasse hinsichtlich der Lärm- und Luftschadstoffbelastung mit einem Monitoring überwacht. Die Daten dienen dazu, den Umweltzustand entlang der alpenquerenden Transitachsen durch die Schweiz zu überwachen und gegebenenfalls die im Landverkehrsabkommen vorgesehenen Schutzmassnahmen auslösen zu können.

Der vorliegende Bericht präsentiert die Messwerte Luft und Lärm für die Kalenderjahre 2007 und 2008 und zeigt die Entwicklung seit Messbeginn 2003 auf.

Thomas Stadler  
Chef der Abteilung Klima, Ökonomie, Umweltbeobachtung  
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

## > Überblick

### Luftschadstoffbelastung entlang der Autobahn A2 (Gotthard) und A13 (San-Bernardino)

- > Die Alpentäler sind aufgrund der besonderen Topografie und meteorologischen Bedingungen sensible Gebiete für Luftschadstoff-Emissionen. So bewirkt z.B. die gleiche Emissionsmenge an Stickoxiden eine rund 3 mal stärkere Immissionsbelastung im Vergleich zum Mittelland.
- > Die verkehrlichen Emissionsmengen von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) und Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$  direkt aus dem Auspuff) haben im Alpenraum auf der A2 (Gotthard) und A13 (San Bernardino) zwischen 2000 bis 2007 um rund 40 % abgenommen. Hauptursache ist die verbesserte Motorentechnologie.
- > Im Jahr 2007 zeichneten die schweren Güterfahrzeuge auf der A2 und A13 im Alpenraum für rund 60 % der  $\text{NO}_x$ -Emissionen verantwortlich, der Anteil der schweren Güterfahrzeuge an den gesamten Fahrleistungen (gefahrte Kilometer / Jahr) betrug dabei nur 10 %.
- > Bei der Immissionsbelastung ist zwischen 2003 und 2008 tendenziell eine leichte Abnahme bei den Stickoxiden und etwas markanter beim Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ ) zu erkennen.
- > Die Stickstoffdioxid-Belastung ( $\text{NO}_2$ ) entlang der Autobahn ist rund  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höher als bei autobahnfernen Standorten ausserhalb von Ortschaften.
- > Die Grenzwerte für  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{10}$  werden entlang der A2 generell überschritten und an der weniger verkehrsintensiven A13 eingehalten. Die Grenzwerte werden ohne zusätzliche Massnahmen zur Reduktion der Schadstoffemissionen entlang der A2 noch auf längere Sicht nicht eingehalten werden.

Abb. I >  $\text{NO}_2$ -Immissionsentwicklung 2003–2008.

Die gestrichelte Linie zeigt den Immissionsgrenzwert gemäss LRV ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

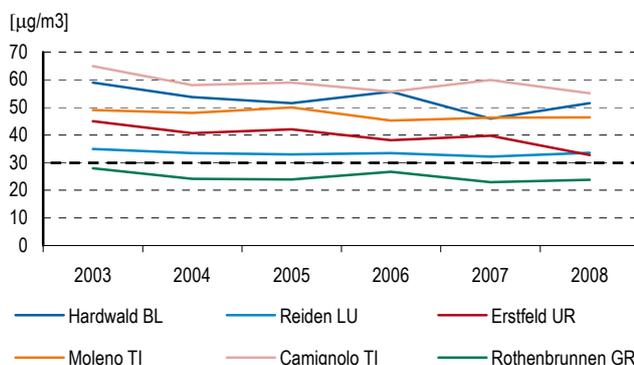
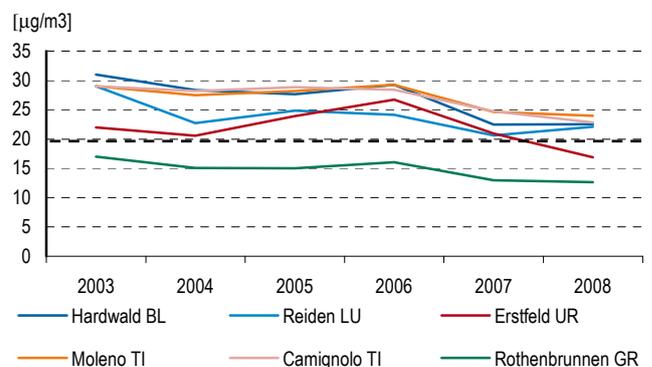


Abb. II >  $\text{PM}_{10}$ -Immissionsentwicklung 2003–2008.

Die gestrichelte Linie zeigt den Immissionsgrenzwert gemäss LRV ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

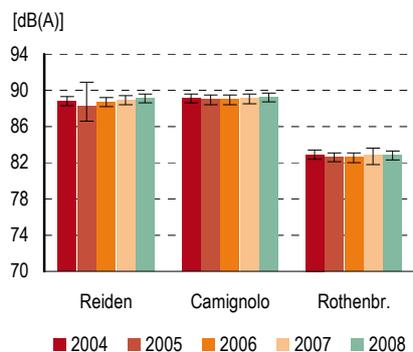


## Lärmbelastung entlang der Autobahn A2 (Gotthard) und A13 (San-Bernardino)

- > Die Alpentäler sind aufgrund der besonderen Topografie und meteorologischen Bedingungen sensible Gebiete für Lärm-Emissionen. Im Vergleich zur Ebene ist an den Talflanken in rund 3-facher Entfernung die Lärmbelastung gleich gross, wenn eine direkte Sichtverbindung zur Lärmquelle besteht.
- > Die Lärmbelastung entlang der A2 und A13 hat sich zwischen 2003 und 2008 nicht wesentlich verändert und es gab keine Reduktion der Lärmbelastung.
- > Der schwere Güterverkehr trägt trotz geringem Verkehrsanteil übermässig zur Lärmbelastung bei. So betrug beispielsweise 2008 der Lärmanteil schwerer Güterfahrzeuge am Gesamtlärm 34 % bei Reiden (Mittelland), während der Verkehrsanteil gleichzeitig nur 12 % betrug.
- > Die Lärmbelastung ist während der Nachstunden von 22 bis 6 Uhr (gemäss Lärmschutz-Verordnung, LSV) 6 bis 8 dB(A) tiefer im Vergleich zum Tag.
- > Rund 7 % der Personen und der Wohnungen in einem Bereich von 4 km links und rechts entlang der A2 (Basel-Chiasso) und A13 (St.Margrethen-Bellinzona) sind nachtsüber einer Belastung > 50 dB(A) ausgesetzt.
- > Die Morgenstunde zwischen 5 bis 6 Uhr ist aus Sicht des Lärmschutzes kritisch. Mit dem Ende des Nachtfahrverbotes tragen die schweren Güterfahrzeuge übermässig zur Lärmbelastung während den frühen Morgenstunden bei.
- > Lärmarme Beläge und leise Reifen haben ein grosses Potential, den Lärm des Strassenverkehrs zu reduzieren.

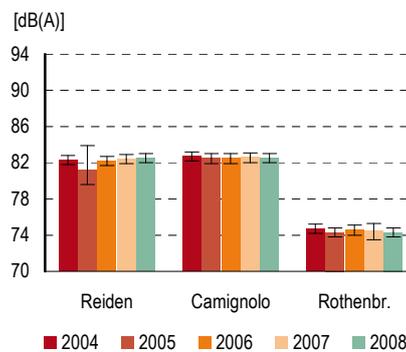
**Abb. III > Lärmpegel Tag, Jahresmittel der Messdaten 06–22 Uhr in Dezibel.**

Mittelungspegel  $L_{eq}$ , gemäss LSV inkl. Messunsicherheiten



**Abb. IV > Lärmpegel Nacht, Jahresmittel der Messdaten 22–06 Uhr in Dezibel.**

Mittelungspegel  $L_{eq}$ , gemäss LSV inkl. Messunsicherheiten



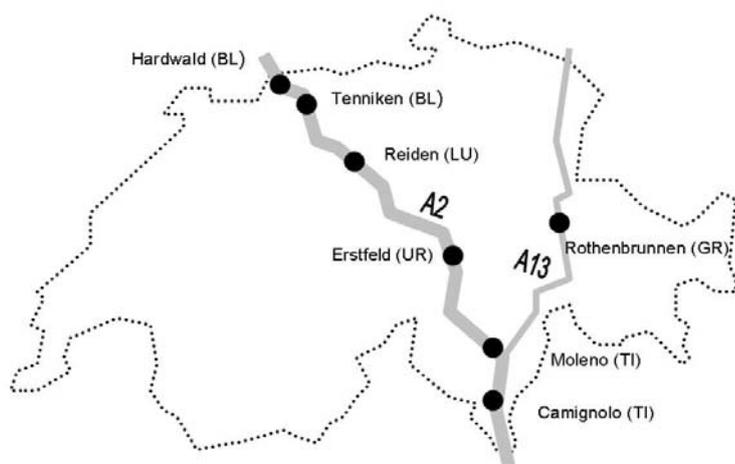
# 1 > Das Umweltmonitoring MFM-U

## 1.1 Umweltauswirkungen des alpenquerenden Verkehrs erfassen

Der alpenquerende Güterverkehr soll gemäss Verfassungsauftrag dauerhaft von der Strasse auf die Schiene verlagert werden. Gemäss dem vom Parlament am 19. Dezember 2008 verabschiedeten Güterverkehrsverlagerungsgesetz sollen 2 Jahre nach Eröffnung des Gotthard-Basistunnels maximal noch 650 000 schwere Strassengüterfahrzeuge die Alpen auf der Strasse queren (zum Vergleich: im Jahr 2008 querten 1.275 Mio. schwere Strassengüterfahrzeuge die Alpen<sup>1</sup>). Um dieses Ziel zu erreichen, ergreift der Bund flankierende Massnahmen, diese sind ein wichtiges Element in der Verkehrspolitik des Bundes.

Mit einem Monitoring werden die Effekte der flankierenden Massnahmen auf Verkehr (siehe untenstehende Fussnote) und Umwelt erfasst und die zeitliche Entwicklung beobachtet. Das Umweltmonitoring erfasst seit 2003 entlang der Nationalstrassen A2 (Gotthard-Route) und A13 (San Bernardino-Route) die Luftschadstoff- und Lärmbelastung (siehe Abb. 1). Dabei soll deren Entwicklung und deren Zusammenhänge zum Verkehr (z.B. Verkehrsmenge, Verkehrszusammensetzung, technologische Verbesserungen bei den Fahrzeugen) aufgezeigt werden.

Abb. 1 > Standorte der MFM-U Messstationen entlang der A2 und der A13.



<sup>1</sup> Siehe <http://www.bav.admin.ch/verlagerung/01529/index.html?lang=de>

## 1.2 Der alpenquerende Güterverkehr im Fokus

### 1.2.1 Verkehr verursacht Luft- und Lärmemissionen

Der Verkehr beeinflusst in hohem Masse die Luftqualität in den betroffenen Alpentälern. Während der Sperrung des Gotthardtunnels 2006 blieb die A2 im Alpenraum rund einen Monat für einen grossen Teil des Verkehrs gesperrt. Der umgeleitete Verkehr benutzte in der Folge hauptsächlich die San Bernardino-Route (A13). Als Folge der Sperrung sanken die Luftschadstoffimmissionen an der A2 bei Erstfeld deutlich: Die NO<sub>2</sub>- und die PM10-Konzentrationen nahmen um 60 % resp. 10 % ab und die Konzentration von Russpartikeln halbierte sich. An der San Bernardino-Strecke dagegen stiegen die NO<sub>2</sub>-Werte aufgrund des umgeleiteten Verkehrs um über 60 % und beim PM10 um über 30 % an der Messstation Rothenbrunnen an<sup>2</sup>. Ein massgeblicher Einfluss auf diese Zu- bzw. Abnahmen hatten dabei die schweren Güterfahrzeuge (siehe weiter unten).

Der Verkehr verursacht verstärkte Lärmimmissionen für die Wohnbevölkerung der Alpentäler. Grosse Gebiete entlang der Autobahn sind von einer Lärmbelastung über dem Immissionsgrenzwert gemäss der Lärmschutz-Verordnung betroffen. Messungen zeigen, dass an den Talflanken in rund 3-facher Entfernung eine gleich grosse Lärmbelastung vorherrscht im Vergleich zu ebenem Gelände (z.B. Mittelland), wenn eine direkte Sichtverbindung zur Autobahn besteht (vgl. Kammer 2007).

### 1.2.2 Schwere Güterfahrzeuge beeinflussen die Immissionen

Verkehrsmenge und Emissionen folgen einem charakteristischen Wochengang. Zwischen Montag und Donnerstag werden an der Messstation Erstfeld täglich zwischen 16 000 und 19 000 Fahrzeuge gezählt – rund ein Fünftel davon sind schwere Güterfahrzeuge. Am Freitag und mit dem Beginn der Wochenendausflüge nimmt der übrige Verkehr (insbesondere die Personenwagen) deutlich zu und erreicht sein Maximum am Samstag. Die Anzahl der schweren Güterfahrzeuge dagegen nimmt am Wochenende deutlich ab (Abb. 2).

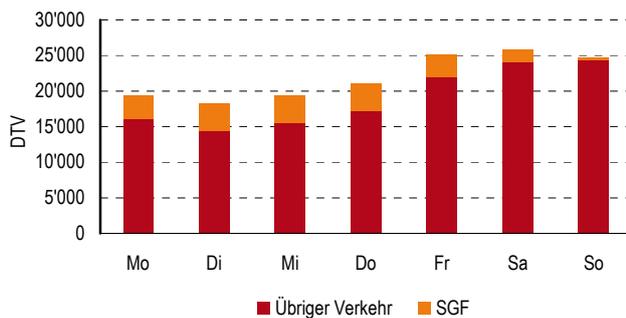
Die Abnahme der Anzahl schwerer Güterfahrzeuge am Wochenende ist anhand der gemessenen Stickoxid-Immissionen (NO<sub>x</sub>) erkennbar. Während Abb. 2 den mittleren Wochengang des Verkehrs an der Messstation Erstfeld für das Jahr 2008 darstellt, zeigt Abb. 3 den zugehörigen Wochengang der NO<sub>x</sub>-Immissionen. Obwohl am Samstag gesamthaft am meisten Fahrzeuge verkehren, liegen die NO<sub>x</sub>-Immissionen bereits deutlich tiefer im Vergleich zu den Werten, die Montag bis Freitag gemessen werden. Dieser Umstand erklärt sich dadurch, dass ein schweres Güterfahrzeug über 20 Mal mehr NO<sub>x</sub>-Emissionen pro Kilometer emittiert als im Durchschnitt ein Benzin-Personenwagen bzw. über 10 Mal mehr NO<sub>x</sub>-Emissionen als ein Diesel-Personenwagen

<sup>2</sup> siehe Kammer (2007)

(für einen genaueren Überblick der Emissions-Eigenschaften siehe Anhang A3). Die schweren Güterfahrzeuge verursachen von Montag bis Freitag mehr als zwei Drittel der  $\text{NO}_x$ -Immissionen. Am Samstag sinkt deren Anteil auf rund die Hälfte, am Sonntag auf weniger als 10 % der gesamten  $\text{NO}_x$ -Immissionen. Der Beitrag des übrigen Verkehrs bleibt unter der Woche relativ konstant, am Wochenende nimmt er zu. Im Vergleich zu den ausbleibenden schweren Güterfahrzeugen fällt dieser Beitrag für die gesamte verkehrliche  $\text{NO}_x$ -Belastung aber deutlich weniger ins Gewicht.

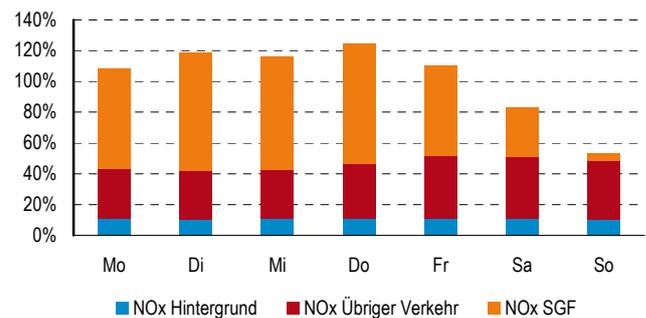
**Abb. 2 > Wochengang SGF und übriger Verkehr, Erstfeld 2008.**

Durchschnittlicher Tagesverkehr (DTV) der schweren Güterfahrzeuge (SGF) und des übrigen Verkehrs auf der A2 in Erstfeld.



**Abb. 3 > Relativer Wochengang  $\text{NO}_x$ , Erstfeld 2008<sup>3</sup>.**

Relativer Wochengang der  $\text{NO}_x$ -Immissionen auf der A2 in Erstfeld, differenziert nach Anteil der schweren Güterfahrzeuge (SGF), der übrige Fahrzeuge und Hintergrund (Feuerungen, Schadstoffimport).



Quelle Oekoscience (2008)

Bei gleichen Fahrgeschwindigkeiten verursacht ein schweres Güterfahrzeug den gleichen Lärmpegel wie etwa 10 Personenwagen. Gerade in den frühen Morgenstunden ist der Anteil am gesamten verkehrlichen Lärmpegel durch die schweren Güterfahrzeuge übermässig gross und entsprechend problematisch für das Ruhebedürfnis der betroffenen Bevölkerung.

Generell werden die schweren Güterfahrzeuge aufgrund entsprechender Vorschriften immer sauberer, d.h. der Ausstoss an Luftschadstoffemissionen nimmt ab (siehe Anhang A3). Dagegen sind bei den für die Lärmemissionen massgebenden Geräuschvorschriften für die Typenprüfung von Fahrzeugen keine Fortschritte zu verzeichnen<sup>4</sup>.

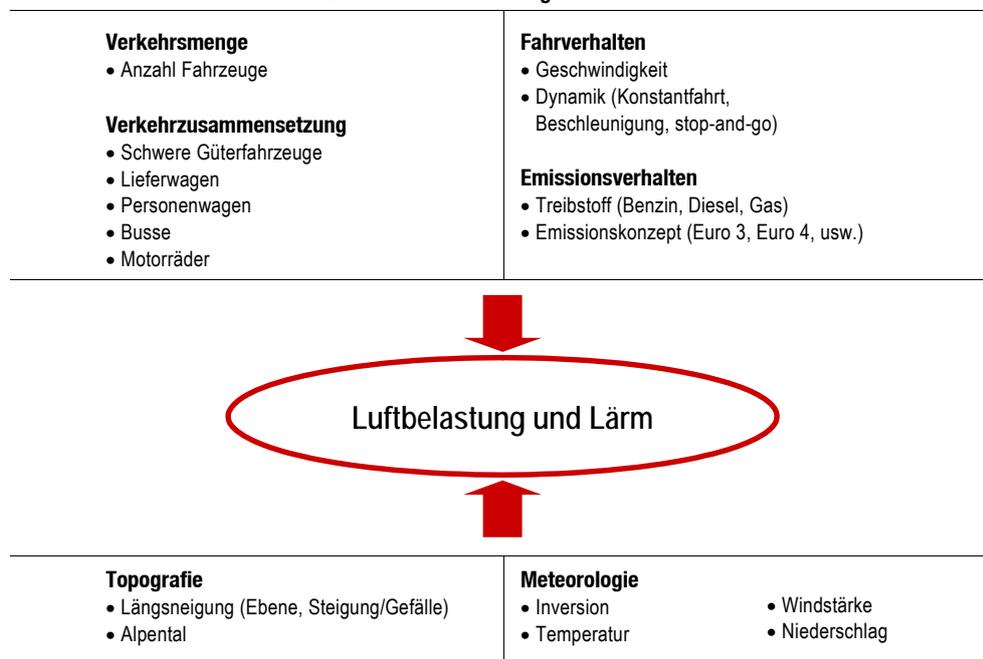
<sup>3</sup> beim relativen Wochengang ist das Jahresmittel der  $\text{NO}_x$ -Konzentration über alle Tage 100%

<sup>4</sup> Die letzte Grenzwert-Absenkung erfolgte 1995. Aus diesem Grund stagniert die Reduktion der Lärmemissionen auch bei den schweren Güterfahrzeugen. Zwar ist ein Vorschlag für ein realitätsnäheres Geräusch-Messverfahren auf Stufe UNECE und EU in Diskussion. Derzeit ist nicht klar, zu welchem Zeitpunkt dieses in Kraft tritt und ob dadurch eine Absenkung der Geräuschemissionen von Nutzfahrzeugen unter realen Betriebsbedingungen erreicht werden kann.

### 1.2.3 Verschiedene Faktoren können die Luft- und Lärmbelastung verstärken – besonders im Alpenraum

Die Luftschadstoff- und Lärmbelastung durch den Verkehr auf der A2 und A13 sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig (siehe Abb. 4). Neben der Verkehrsmenge spielen die Verkehrszusammensetzung, das Fahr- und das Emissionsverhalten wichtige Rollen. Zudem beeinflussen die natürlichen Faktoren Topografie und Meteorologie die Ausbreitung von Luftschadstoffen und Lärm.

**Abb. 4 > Einflussfaktoren auf die Luft- und Lärmbelastung durch den Strassenverkehr.**



Die im oberen Teil der Abbildung aufgezählten Faktoren werden durch ökonomische, technische, politische wie individuelle Verhaltensweisen bestimmt, während die im Alpenraum dominierenden Faktoren Topografie und Meteorologie nicht beeinflussbar sind.

Meteorologisch bedeutsam sind *Inversionen* (Temperaturumkehr), die den Austausch mit höheren Luftschichten unterbinden. Gerade in Alpentälern sind sie nachts und im Winter besonders ausgeprägt und deren Grenze liegt bei rund 50 m über Boden. Unterhalb der Inversionsschicht akkumulieren die emittierten Luftschadstoffe. Je länger die Inversion anhält, umso stärker steigen die Schadstoffimmissionen an. Auch im Hinblick auf die Lärmbelastung sind Inversionslagen kritisch. Schallwellen werden gebrochen, was den Lärm an den Hängen und am Talboden verstärkt (siehe Anhang A2).

Die *Topografie* kann den Effekt von Inversionslagen zusätzlich verstärken. Die Luftpakete bzw. die emittierten Luftschadstoffe können in diesem Fall nicht nur nach oben, sondern auch seitlich nicht entweichen. Dies bewirkt, dass die gleiche Emissionsmenge

---

im Vergleich zu offenem Gelände wesentlich weniger Raum zur Ausbreitung hat und entsprechend eine grössere Konzentrierung von Schadstoffen stattfindet. Im Alpenraum führt dies im Mittel bis zu einer dreifachen Immissionskonzentration gegenüber dem Mittelland. Während der Nacht kann die gleiche Emissionsmenge eine 4-fache Immissionskonzentration im Vergleich zum Tag bewirken.

Die Topografie eines Tals kann zu Reflexionen führen und dadurch die Lärmimmissionen verstärken (siehe Anhang A2). An den Talflanken ist im Vergleich zur Ebene in rund 3-facher Entfernung die Lärmbelastung gleich gross, wenn eine direkte Sichtverbindung zur Autobahn besteht.

Weiter sind Steigungs- und Gefällsstrecken ausschlaggebend, dass in kleineren Gängen gefahren wird – für die Lufthygiene bedeutet dies eine verstärkte Schadstoffbelastung, im Lärmbereich sind die Motorengeräusche entsprechend lauter.

Neben den Emissionen des Strassenverkehrs gibt es aber auch weitere Luftschadstoff- und Lärmquellen, z.B. den Eisenbahnverkehr, die Aktivitäten des lokalen Gewerbes und der Landwirtschaft etc. In Bezug auf Feinstaubimmissionen werden die Alpentäler besonders durch lokale Holzfeuerungen im Winterhalbjahr zusätzlich stark belastet (siehe Anhang A4).

---

## 2 > Luftbelastung entlang der A2 und A13

---

### 2.1 Lufts Schadstoff-Emissionen

#### 2.1.1 Fahrleistungen, Treibstoffverbrauch und Lufts Schadstoff-Emissionen 2007

Strassenfahrzeuge emittieren Lufts Schadstoffe. Diese wurden für die Strecken der A2 und A13 im Alpenraum berechnet. Grundlage für die Berechnungen von Treibstoffverbrauch und Lufts Schadstoff-Emissionen sind Zählstellen entlang der Alpen transitachsen zur Bestimmung der Fahrzeuganzahl und der Zusammensetzung des Verkehrs nach Personenwagen, schweren Güterfahrzeugen, Bussen, Lieferwagen und Motorrädern (ASTRA 2008, BAV 2008) sowie publizierte Emissionsfaktoren (BUWAL 2004).

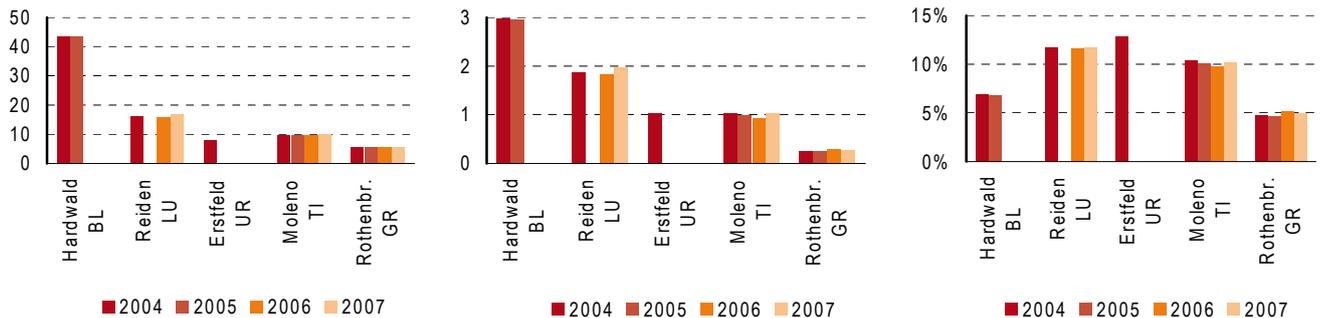
Abb. 5 bis Abb. 7 zeigen einige Verkehrszahlen entlang der A2 und A13 an ausgewählten Messstationen MFM-U: Hardwald (BL) verzeichnet mit Abstand das höchste Verkehrsaufkommen aller MFM-U Stationen. Hardwald hat nicht nur als Pendlerkorridor Basel, sondern auch als Nord-Süd-Transitkorridor für den Güterverkehr grosse Bedeutung im schweizerischen Verkehrssystem. Die Station Reiden liegt im Mittelland, die Stationen Erstfeld (UR) und Moleno (TI) liegen im engeren Alpenraum an der Gotthard-Route, die im schweizweiten Vergleich am meisten von alpenquerenden Güterfahrzeugen im Transit betroffen ist. Rothenbrunnen (GR) ist an der San Bernardino Route gelegen, die v.a. im Fall von Schliessungen der Gotthardachse eine wichtige Ausweichroute darstellt. Die Anteile der schweren Güterfahrzeuge am Gesamtverkehr betragen 10%–12%, mit Ausnahmen von Hardwald und Rothenbrunnen: In Hardwald ist der Pendleranteil (Personenwagen) sehr hoch – Rothenbrunnen resp. die San Bernardino-Route ist für den schweren Güterverkehr weniger attraktiv als die Gotthard-Route.

**Abb. 5 > Jahresverkehr aller Fahrzeuge A2/A13 in Mio. Fzg./Jahre.**

**Abb. 6 > Jahresverkehr der schweren Güterfahrzeuge A2/A13 in Mio. Fzg./Jahre.**

**Abb. 7 > Anteil der schweren Güterfahrzeuge am Total in Prozent.**

*Fehlende Säulen: Keine gültigen Jahreswerte oder Jahre mit längeren Sperrungen.*



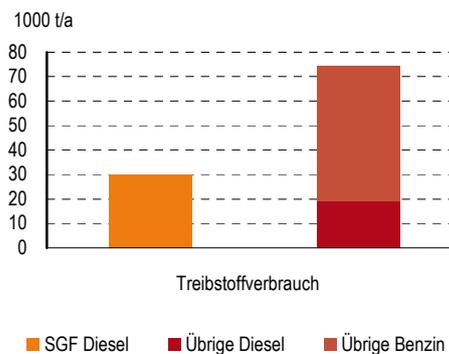
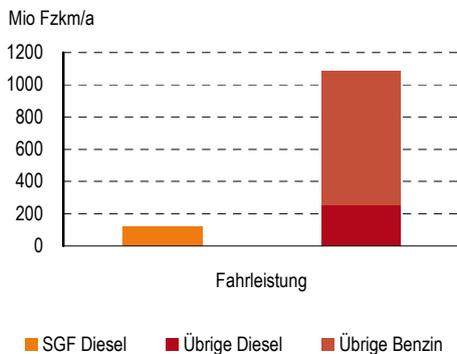
Im Jahr 2007 wurden auf den Nationalstrassenabschnitten zwischen Altdorf und Bellinzona (A2) und zwischen Bonaduz und Bellinzona (A13) insgesamt 1200 Mio. Fzgm gefahren (Abb. 8). Rund 10% davon wurden durch schwere Güterfahrzeuge (Lastwagen, Lastenzüge und Sattelzüge) zurückgelegt, die restlichen 90% teilten sich die anderen Fahrzeugkategorien. Im Durchschnitt verbrauchten die schweren Güterfahrzeuge drei bis vier Mal mehr Treibstoff pro Kilometer als die restlichen Fahrzeuge. Ihr Anteil am gesamten Treibstoffverbrauch beträgt rund ein Drittel des Gesamtverbrauchs (Abb. 9).

**Abb. 8 > Fahrleistungen A2/A13 2007 in Mio. Fahrzeug-km pro Jahr.**

**Abb. 9 > Treibstoffverbrauch A2/A13 2007 in 1000 Tonnen pro Jahr.**

*Fahrleistungen SGF und übrige Fahrzeuge auf den alpinen Teilstrecken Altdorf-Bellinzona (A2) und Bonaduz-Bellinzona (A13).*

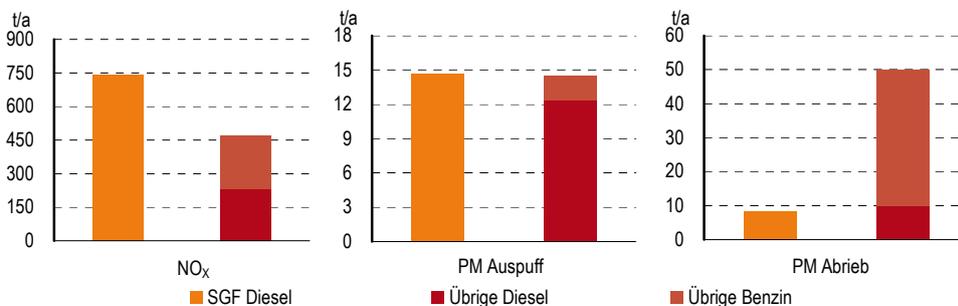
*Treibstoffverbrauch SGF und übrige Fahrzeuge auf den Teilstrecken Altdorf-Bellinzona (A2) und Bonaduz-Bellinzona (A13).*



Obwohl der schwere Güterverkehr 2007 nur 10 % der Fahrleistung erbrachte, verursachte er mit rund 750 t 60 % der  $\text{NO}_x$ -Emissionen. Die restlichen 40 % teilten sich im gleichen Mass Benzin- und Dieselfahrzeuge. Bei den Feinstaubemissionen ergibt sich ein anderes Bild: Die Auspuffemissionen der schweren Güterfahrzeuge sind ungefähr gleich hoch wie jene der übrigen Fahrzeuge; bei den Abriebemissionen stammen etwa 15 % von den SGF (die Abriebemissionen sind nicht von der Motorentechnik abhängig, sondern primär von den gefahrenen km-Leistungen). Siehe dazu Abb. 10.

**Abb. 10 >  $\text{NO}_x$ - und Feinstaubemissionen auf den Alpentransitachsen 2007 in Tonnen pro Jahr.**

*$\text{NO}_x$ - und Feinstaubemissionen (Auspuff- und Abriebemissionen getrennt) für SGF und übrige Fahrzeuge auf den alpinen Teilstrecken Atdorf–Bellinzona (A2) und Bonaduz–Bellinzona (A13).*



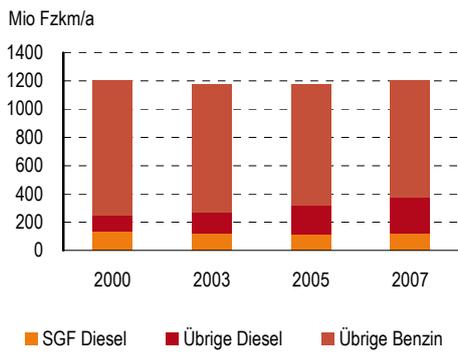
### 2.1.2 Fahrleistungen, Treibstoffverbrauch und Luftschadstoff-Emissionen im Zeitverlauf 2000–2007

Nach einem Rückgang zwischen 2000 und 2006 hat die Fahrleistung aller Fahrzeuge auf den Alpentransitachsen A2 und A13 2007 wieder zugenommen und lag 2007 auf dem Niveau des Jahres 2000 (Abb. 11). Der Anteil des Güterverkehrs hat von 11.2 % (2000) auf 10.0 % (2007) leicht abgenommen, beim übrigen Verkehr nahm die Fahrleistung zu (1.7 %), dabei hat der Anteil der übrigen Dieselfahrzeuge deutlich zugenommen (226 %). Dies entspricht dem Trend in der Schweiz, wonach unter den neu in Verkehr gebrachten leichten Motorfahrzeugen der Dieselanteil stark zunimmt.

Entsprechend den Fahrleistungen hat auch der Treibstoffverbrauch aller Fahrzeuge zwischen 2000 und 2006 abgenommen und ist 2007 wieder angestiegen (Abb. 12). Diese Entwicklung trifft auch für die SGF allein zu. Bei den übrigen Fahrzeugen zeigt sich eine Zunahme des Dieserverbrauchs bei gleichzeitiger Abnahme des Benzinverbrauchs. Machte der Dieselanteil 2000 noch 14 % aus, betrug er 2007 bereits 26 %.

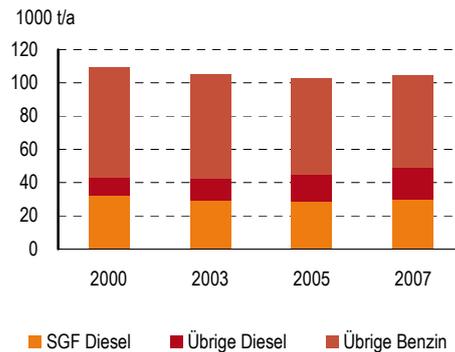
**Abb. 11 > Entwicklung der Fahrleistungen A2/A13 2000–2007 in Mio. Fzkm pro Jahr.**

Fahrleistungen SGF und übrige Fahrzeuge auf den alpinen Teilstrecken Altdorf-Bellinzona (A2) und Bonaduz-Bellinzona (A13).



**Abb. 12 > Entwicklung der Treibstoffverbrauchs A2/A13 2000–2007 in 1000 t pro Jahr.**

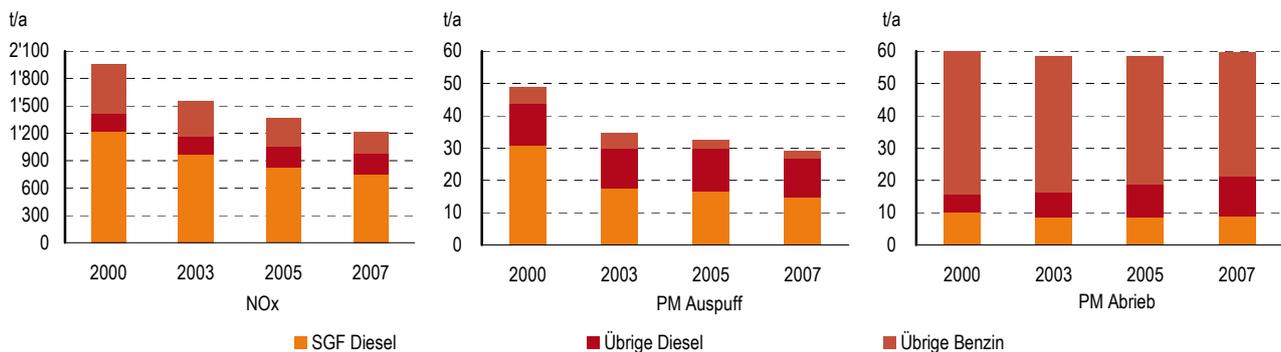
Treibstoffverbrauch (SGF und übrige Fahrzeuge auf den alpinen Teilstrecken Altdorf-Bellinzona (A2) und Bonaduz-Bellinzona (A13).



Die modellierten Emissionen auf der A2 und der A13 haben im Zeitraum 2000–2007 markant abgenommen. Die Gesamtemissionen von NO<sub>x</sub> und Feinstaub (Auspuff) sind fast um 40% zurückgegangen (Abb. 13). Hauptursache für diese Abnahme sind die Fortschritte bei der Motorentechnologie (vgl. Anhang A3). Beim Feinstaub aus Abrieb sind die Emissionen entsprechend den Fahrleistungen ungefähr konstant geblieben (Abb. 13).

**Abb. 13 > NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen 2000–2007 in Tonnen pro Jahr.**

Emissionen SGF und übrige Fahrzeuge auf den alpinen Teilstrecken Altdorf-Bellinzona (A2) und Bonaduz-Bellinzona (A13).



Die NO<sub>x</sub>-Emissionen sämtlicher Fahrzeuge nehmen von 2000 bis 2007 um 38 % ab. Innerhalb der Klasse der schweren Güterfahrzeugen ist die Abnahme der NO<sub>x</sub>-Emissionen gleich (39 %). Der Anteil der übrigen Dieselfahrzeuge nimmt um 20 % zu, während er bei den übrigen Benzinfahrzeugen um 56 % zurückgeht (Abb. 13). Ähnliche Tendenzen können bei den Feinstaubemissionen aus dem Auspuff beobachtet werden. Sie haben im Zeitraum 2000–2007 bei den schweren Güterfahrzeugen um 52 % abgenommen, beim Gesamtverkehr um 40 %. Die Feinstaubemissionen aus dem Abrieb verhalten sich hingegen ganz anders. Sie bleiben von der Motorentechnik unabhängig und sind proportional zur Fahrleistung. Im Zeitraum 2000–2007 bleiben sie praktisch unverändert. Der Anteil der schweren Güterfahrzeuge sinkt um 11 %, jener der übrigen Fahrzeuge steigt um 2 %.

## 2.2 Luftschaadstoff-Immissionen

### 2.2.1 Messwerte 2007 und 2008 für Schadstoffe mit Grenzwerten gemäss Luftreinhalte-Verordnung (LRV)

Tab. 1 zeigt Immissionsmesswerte von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM10) für 2007 und 2008. Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) legt für diese Schadstoffe Immissionsgrenzwerte fest.

**Tab. 1 > Immissionsmesswerte 2007 und 2008 für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM10).**

Grenzwerte gemäss Luftreinhalte-Verordnung (LRV). Werte in Klammern: Datenverfügbarkeit <90 %.

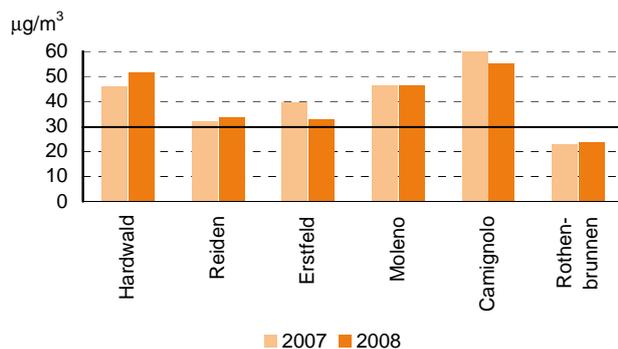
Schadstoff	Kenngrosse	Einheit	Grenzwert	Messstation											
				Hardwald BL		Reiden LU		Erstfeld UR		Moleno TI		Cagnolo TI		Rothenbrunnen GR	
	Messwerte		CH	07	08	07	08	07	08	07	08	07	08	07	08
NO <sub>2</sub>	Jahresmittelwert	µg/m <sup>3</sup>	30	46	52	32	34	(40)	33	46	(46)	(60)	55	23	24
	95-Perzentil	µg/m <sup>3</sup>	100	96	102	66	70	(76)	72	95	(97)	(116)	(107)	51	54
	Tagesmittelwert > 80 µg/m <sup>3</sup>	d	1	2	5	0	1	(0)	0	9	(18)	(49)	32	0	0
PM10	Jahresmittelwert	µg/m <sup>3</sup>	20	(22)	23	21	22	(21)	17	25	24	(25)	23	(13)	13
	Tagesmittelwert > 50 µg/m <sup>3</sup>	d	1	(10)	15	7	15	(7)	0	27	32	(17)	20	(0)	2

Die NO<sub>2</sub>-Immissionen lagen 2007 und 2008 an allen Stationen entlang der Gotthard-Achse über dem LRV-Jahresgrenzwert. Auch die Grenzwerte für den 95-Perzentil- und den Tagesmittelwert wurden mehrfach überschritten. An der San Bernardino-Achse waren hingegen alle Grenzwerte eingehalten (siehe Abb. 14).

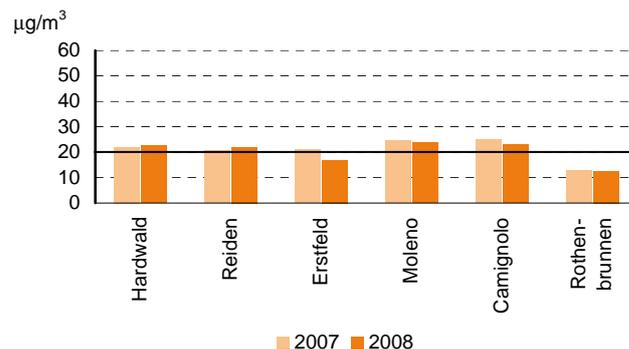
Ein ganz ähnliches Resultat ergibt sich für die Messungen der PM10-Immissionen. Jahres- und der Kurzzeitgrenzwert waren an allen Stationen in beiden Jahren überschritten mit Ausnahme von Rothenbrunnen und Erstfeld 2008 (siehe Abb. 15).

**Abb. 14 > NO<sub>2</sub>-Immissionen 2007/2008 in Mikrogramm pro m<sup>3</sup>.**

Jahresmittelwerte; Messdaten der MFM-U Stationen.  
Der LRV-Grenzwert beträgt 30 µg/m<sup>3</sup>.

**Abb. 15 > PM10-Immissionen 2007/2008 in Mikrogramm pro m<sup>3</sup>.**

Jahresmittelwerte; Messdaten der MFM-U Stationen.  
Der LRV-Grenzwert beträgt 20 µg/m<sup>3</sup>.



Die Unterschiede zwischen den Stationen sind einerseits auf das unterschiedliche Verkehrsaufkommen zurückzuführen, daneben spielen die meteorologischen und topografischen Unterschiede eine Rolle. Im Tessin ist das Immissionsniveau generell höher als auf der Alpennordseite.

Die Veränderungen von 2007 nach 2008 sind uneinheitlich. In Hardwald, Reiden und Rothenbrunnen steigen sowohl NO<sub>2</sub>- als auch PM10-Immissionen etwas an (4 % bis 12 %), in Erstfeld und Camignolo nehmen die Immissionen ab, in Erstfeld fast 20 %, in Camignolo knapp 10 %.

## 2.2.2 Messwerte 2007 und 2008 für Luftschadstoffe ohne Immissionsgrenzwerte

Neben den gesetzlich limitierten Schadstoffen gibt es weitere, die speziell bei der Verbrennung in Dieselmotoren freigesetzt werden und die deswegen für das Monitoring des Güterverkehrs relevant sind: Stickoxide (NO und NO<sub>2</sub>), Stickstoffmonoxid (NO), Russ (black carbon) und Feinstaubpartikelzahl.

**Tab. 2 > Messwerte 2007 und 2008 für Luftschadstoffe ohne Immissionsgrenzwerte in der LRV.**

Werte in Klammern = unzureichende Datenverfügbarkeit gemäss Immissionsmessempfehlung (<90 %).

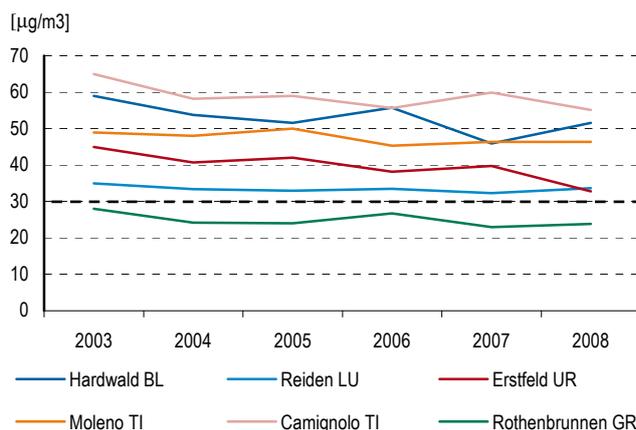
Schadstoff	Einheit	Messstation											
		Hardwald BL		Reiden LU		Erstfeld UR		Moleno TI		Camignolo TI		Rothenbrunnen GR	
		07	08	07	08	07	08	07	08	07	08	07	08
NO	µg/m <sup>3</sup>	60	63	38	37	(36)	32	72	(70)	(84)	77	17	16
NO <sub>x</sub>	ppb	72	78	47	47	(50)	43	82	(81)	(98)	91	26	26
Russ	µg/m <sup>3</sup>	2.3	2.5	1.8	1.8	(2.4)	1.5	3.5	3.1	3.2	3.0	1.2	1.1
Partikelzahl	Mrd p/m <sup>3</sup>	(32)	(46)	(34)	(38)	(16)	(17)	44	(65)	75	(118)	14	(14)

### 2.2.3 Entwicklung der Luftimmissionsbelastung 2003–2008

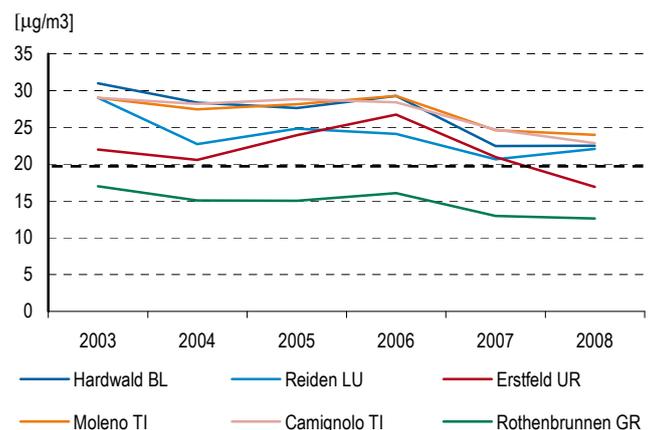
Die Abb. 16 und Abb. 17 zeigen den Verlauf der Immissionsmesswerte von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM10) für die Jahre 2003 bis 2008. Die Luftreinhalteverordnung (LRV) legt für diese Schadstoffe Immissionsgrenzwerte fest.

**Abb. 16 > NO<sub>2</sub>-Immissionsentwicklung 2003–2008 in Mikrogr. pro m<sup>3</sup>.**

Kontinuierliche Messungen (Monitor) entlang der A2 (Hardwald, Reiden, Erstfeld, Moleno und Camignolo) und der A13 (Rothenbrunnen). Die gestrichelte Linie zeigt den Immissionsgrenzwert gemäss LRV (30 µg/m<sup>3</sup>).

**Abb. 17 > PM10-Immissionsentwicklung 2003–2008 in Mikrogr. pro m<sup>3</sup>.**

Kontinuierliche Messungen (Monitor) entlang der A2 (Hardwald, Reiden, Erstfeld, Moleno und Camignolo) und der A13 (Rothenbrunnen). Die gestrichelte Linie zeigt den Immissionsgrenzwert gemäss LRV (20 µg/m<sup>3</sup>).

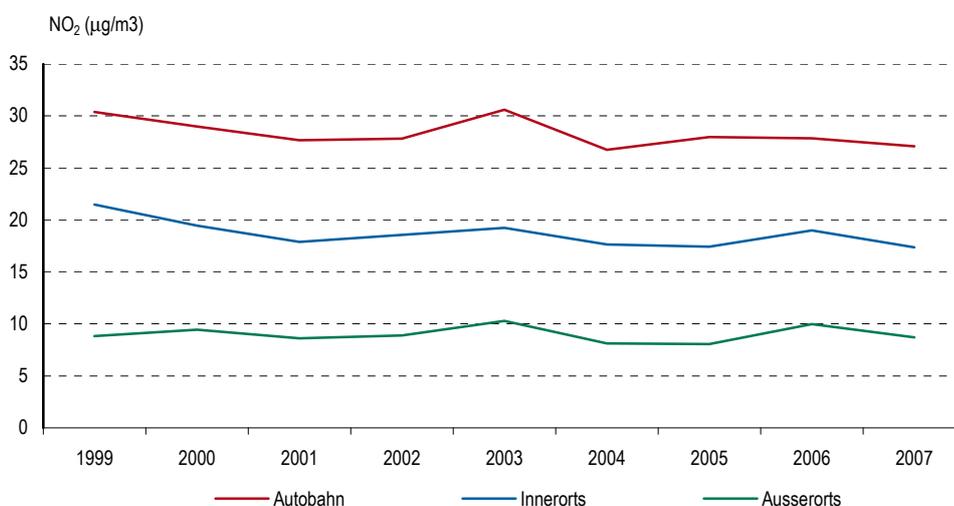


Die zeitliche Entwicklung 2003–2008 der gemessenen Schadstoffkonzentrationen für die gesetzlich limitierten Schadstoffe  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{10}$  entlang der Alpenstrassen zeigt eine leicht rückläufige Tendenz für  $\text{NO}_2$  und deutlicher für  $\text{PM}_{10}$  (Abb. 16 und Abb. 17).

Neben den MFM-U Messstationen werden auch noch an weiteren Standorten im Urner Reusstal Immissionen gemessen, und zwar nicht nur an der Nationalstrasse, sondern auch in Siedlungsräumen und in Gebieten ausserorts. Die folgende Abbildung zeigt eine leicht rückläufige Tendenz im Verlauf der Jahre und zeigt, dass die Immissionen direkt an der Nationalstrasse ca.  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höher liegen als an den von der Autobahn entfernteren Standorten ausserorts. In den grösseren Ortschaften ist das Konzentrationsniveau rund  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tiefer als direkt an der Autobahn und ebenso viel höher als an den Standorten ausserorts.

**Abb. 18 >  $\text{NO}_2$ -Passivsammlermessungen 1999–2007 im Urner Reusstal in Mikrogramm pro  $\text{m}^3$ .**

Aggregierte Werte aus 35 Passivsammlern, eingeteilt nach drei Standorttypen: Autobahn (direkt neben der Fahrbahn), innerorts (im überbauten Gebiet), ausserorts (in Landwirtschaftszonen, mind. 100 m von der Autobahn entfernt).



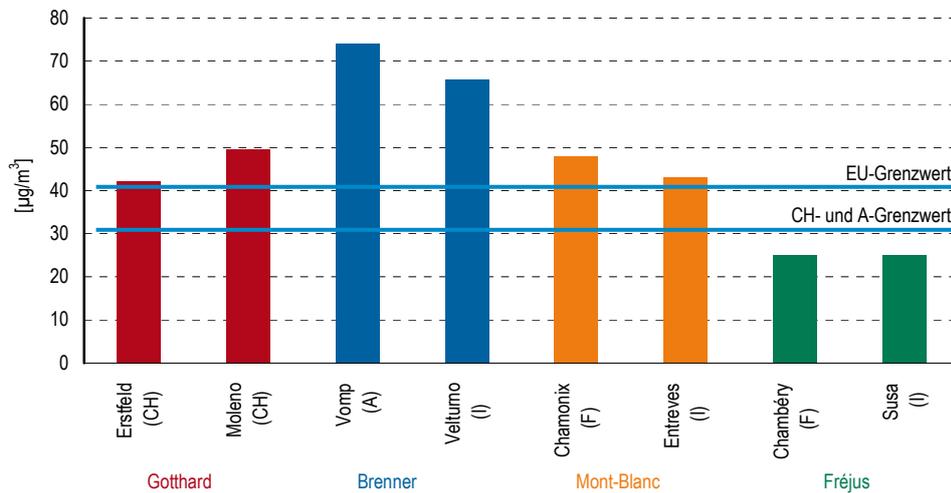
### 2.3 Auch andere Alpenübergänge sind von der Luftverschmutzung stark betroffen

Die Alpenübergänge in der Schweiz sind nicht die einzigen, die durch den Transitverkehr in ihrer Luftqualität beeinträchtigt werden. Abb. 19 zeigt Messwerte von drei ausländischen Transitkorridoren: Brenner (Österreich–Italien), Mont Blanc (Frankreich–Italien) und Fréjus (Frankreich–Italien).

Die höchsten  $\text{NO}_2$ -Immissionen werden am Brenner gemessen. Im Vergleich mit den anderen Übergängen ist das tägliche Verkehrsaufkommen am Brenner mit Abstand am höchsten (über 50 000 Fzg/Tag im Durchschnitt). Die Immissionen auf den Zufahrtstrecken zum Mont Blanc sind ähnlich hoch wie am Gotthard. Am Fréjus werden tiefere Immissionen gemessen, jedoch ist nicht einzig das Verkehrsaufkommen massgebend für die Luftqualität: In Chambéry, auf der französischen Seite des Fréjus, werden mehr Fahrzeuge gezählt als in Erstfeld (22 000 im Vergleich zu 17 000 Fzg/Tag). Trotzdem sind die  $\text{NO}_2$ -Messwerte in Chambéry deutlich tiefer als in Erstfeld. Die Station Chambéry liegt weniger nahe an der Autobahn als Erstfeld, zudem gibt es topografische und meteorologische Unterschiede zwischen den beiden Standorten zu berücksichtigen.

**Abb. 19 >  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte 2005 an verschiedenen Alpenübergängen in Mikrogramm pro  $\text{m}^3$ .**

Der Immissionsgrenzwert der EU liegt bei  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ab 2010. Bis dann werden den Mitgliedstaaten Übergangsfristen gewährt. Österreich hat einen tieferen Grenzwert festgelegt ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wie in der Schweiz).



MONITRAF 2007

### 2.4 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse Luftmonitoring

Die Messung der Luftschadstoffe an den MFM-U-Stationen in der Periode 2003–2008 ergibt folgendes Bild

- > Die regionalen Unterschiede sind gross, die NO<sub>2</sub>-Immissionen liegen zwischen 25 und 65 µg/m<sup>3</sup>, beim PM10 zwischen 12 und 32 µg/m<sup>3</sup>. Die höchsten Werte werden in Hardwald, Camignolo und Moleno gemessen. In Hardwald ist das sehr hohe Verkehrsaufkommen massgebend. Bei Camignolo und Moleno ist neben dem «Alpenefekt» (Verstärkung der emittierten Luftschadstoffe auf die Immissionsbelastung, vgl. Kp. 1.2.3) v.a. bei Camignolo die Luftverschmutzung auch höher wegen Verfrachtungen aus dem Raum Mailand. In Rothenbrunnen findet man die niedrigsten Konzentrationen, was auf das geringere Verkehrsaufkommen zurückzuführen ist.
- > Trotz der grossen regionalen Unterschiede zeigt sich bei allen Stationen tendenziell eine Abnahme der Schadstoffkonzentrationen in der Periode 2003–2008. Die Abnahme ist aber nicht monoton, sondern wird an einzelnen Jahren unterbrochen, so 2003 und 2006, was auf meteorologische Besonderheiten zurückzuführen ist.
- > An den Stationen der Gotthard-Achse sind die gesetzlichen Langzeit-Grenzwerte für NO<sub>2</sub> und PM10 an allen Standorten überschritten (einzige Ausnahme Erstfeld im Jahr 2008). Bei der Station Rothenbrunnen an der San-Bernardino Achse sind die Langzeit-Grenzwerte eingehalten (der PM10–Kurzzeit-Grenzwert 2008 wurde allerdings auch dort überschritten).
- > Wird die Trendentwicklung 2003–2008 fortgeschrieben, so darf zwar mit einer weiteren Verbesserung der Luftqualität gerechnet werden. Die Grenzwerte werden aber ohne zusätzliche Massnahmen zur Reduktion der Schadstoffemissionen noch auf längere Sicht nicht eingehalten werden.

## 3 > Lärmbelastung entlang der A2 und A13

### 3.1 Lärmessdaten 2004–2008

Im Projekt MFM-U werden die Emissionen des Strassenlärms erhoben<sup>5</sup>. Mit geeigneten Verfahren kann der Gesamtlärm und die Entwicklung der Lärmbelastung einzelner Fahrzeugklassen wie z.B. der schweren Güterfahrzeuge separat bestimmt werden. Dies erlaubt, mit geringer Messunsicherheit zu dokumentieren, ob der Lärmpegel des Verkehrs zu- oder abgenommen hat und ob die vorbeifahrenden Fahrzeuge (z.B. PW's, schwere Güterfahrzeuge) im Jahresmittel lauter oder leiser werden. Da die Messwerte direkt neben der Fahrbahn erhoben werden, können sie nicht den Grenzwerten der Lärmschutz-Verordnung (LSV) gegenübergestellt werden<sup>6</sup>.

#### 3.1.1 Messdaten 2004–2008

**Tab. 3 > Lärmpegel entlang der A2 und A13 2004 bis 2008 in Dezibel.**

Messwerte 2004–2008 für die Lärmbelastung entlang der A2 und A13 (ausgedrückt als Emissionen, siehe Anhang A2) und dem energetischen Anteil der schweren Güterfahrzeuge an der gesamten Schallenergie (=100%). Zum Vergleich ist der verkehrliche Anteil der schweren Güterfahrzeuge angegeben (100% = Gesamtverkehr). Für die Messwerte ausgedrückt als Lden siehe Anhang A2.

Parameter	Jahr	Reiden			Camignolo			Rothenbrunnen		
		Jahresmittel dB(A)	Lärmanteil SGF	Verkehrsanteil SGF	Jahresmittel dB(A)	Lärmanteil SGF	Verkehrsanteil SGF	Jahresmittel dB(A)	Lärmanteil SGF	Verkehrsanteil SGF
Leq Tag 06–22 Uhr	2004	88.8	34 %	12 %	89.1	21 %	8 %	82.9	11 %	5 %
	2005	88.2	35 %	12 %	89	20 %	7 %	82.6	13 %	5 %
	2006	88.7	34 %	12 %	89	20 %	7 %	82.6	15 %	5 %
	2007	88.9	35 %	12 %	89.1	19 %	8 %	82.8	13 %	5 %
	2008	89.1	34 %	12 %	89.2	20 %	8 %	82.8	14 %	5 %
Leq Nacht 22–06 Uhr	2004	82.3	30 %	10 %	82.7	13 %	4 %	74.7	9 %	4 %
	2005	81.2	35 %	12 %	82.5	13 %	4 %	74.3	11 %	4 %
	2006	82.2	32 %	11 %	82.5	13 %	5 %	74.6	13 %	4 %
	2007	82.4	33 %	11 %	82.6	13 %	5 %	74.5	12 %	4 %
	2008	82.5	35 %	11 %	82.5	13 %	5 %	74.3	14 %	5 %

<sup>5</sup> Die Lärmesswerte werden als sogenannte Freifeldemissionen dargestellt. Zur Methodik der Freifeldemissionen siehe Anhang 2.

<sup>6</sup> Die Grenzwerte gelten – vereinfacht ausgedrückt – nur in Bauzonen. Für Einzelheiten siehe Art. 41 der Lärmschutzverordnung (LSV).

An den Stationen Reiden (A2), Camignolo (A2) und Rothenbrunnen (A13) ist zwischen 2004 bis 2008 bei der Lärmbelastung durch den Gesamtverkehr weder während den Tages- noch während der Nachtperioden eine signifikante Lärmzunahme oder – abnahme festzustellen (Tab. 3, Abb. 20 und Abb. 21). Auch die prozentualen Lärmanteile des schweren Güterverkehrs haben sich nicht wesentlich über die Jahre verändert (Tab. 3, Abb. 21). Diese sind im Verhältnis zur Anzahl der schweren Güterfahrzeuge überproportional gross, weil schwere Güterfahrzeuge lauter sind als Personenwagen. Die Lärmanteile sind bei Reiden am grössten und am geringsten bei Rothenbrunnen. Zum grossen Teil wird dies mit den unterschiedlichen Anteilen der SGF am Gesamtverkehr erklärt; weitere Einflussfaktoren sind aber auch die vor Ort gefahrenen Geschwindigkeiten oder die Beschaffenheit der Strassenbeläge.

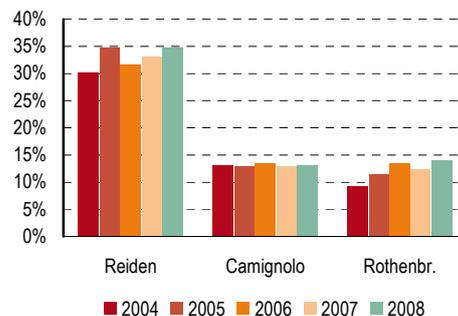
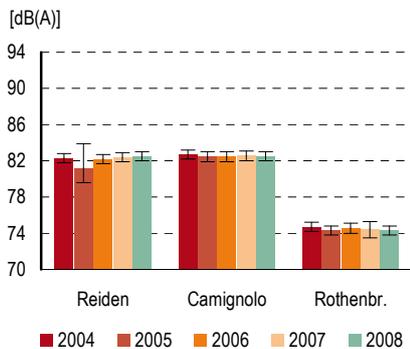
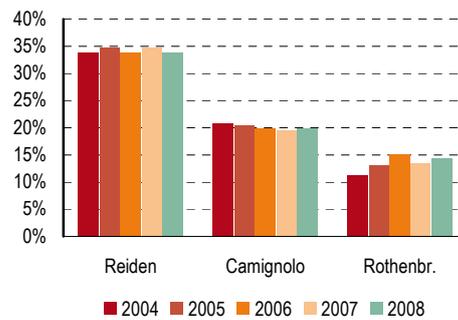
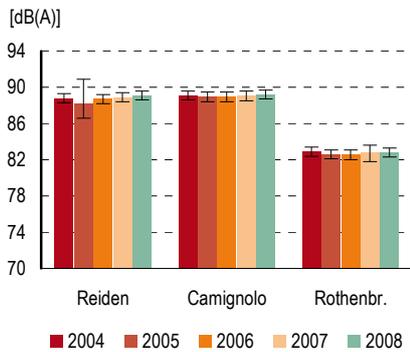
Auffallend sind die hohen prozentualen Lärmanteile schwerer Güterfahrzeuge während den Nachtstunden. Das Nachtfahrverbot für schwere Güterfahrzeuge endet um 5 Uhr, deren Lärmbelastung bis 6 Uhr wird noch den Nachtstunden gemäss der Lärmschutzverordnung angerechnet (siehe weiter unten). Dazu kommen Ausnahmetransporte während den übrigen Nachtstunden.

**Abb. 20 > Lärmpegel Tag (oben) und Nacht (unten), Jahresmittel der Messdaten in Dezibel.**

**Abb. 21 > Anteil SGF am Lärmpegel Tag (oben) und Nacht (unten) in Prozent.**

Mittelungspegel  $L_{eq}$ , gemäss LSV (Fehlerbalken geben die Messunsicherheit als 95 % Vertrauensintervall an).

Werte berechnet als «energetische» Anteile der SGF, siehe Glossar.



Die Messwerte zeigen charakteristische Unterschiede zwischen den Messstationen (Abb. 20, Abb. 21): Reiden und Camignolo (beide an der A2) haben ähnlich hohes Verkehrsaufkommen (2007: Reiden 16.9 Mio Fzg, Camignolo 18.0 Mio. Fzg), während in Rothenbrunnen der DTV rund dreimal geringer ist (5.4 Mio. Fzg). Entsprechend sind die Mittelungspegel in Reiden und Camignolo fast gleich hoch (maximale Differenz 0.5 dB(A)) und in Rothenbrunnen ca. 6 dB(A) tiefer am Tag ( $L_{eq}$  Tag). Während den Nachtstunden (22–06 Uhr) sind die Lärmpegel rund 6 dB(A) (Reiden, Camignolo) resp. 8 dB(A) (Rothenbrunnen) tiefer als während der Tagstunden. Die Lärmentwicklung des Gesamtverkehrs sowie nur der schweren Güterfahrzeuge hat sich seit 2004 nicht wesentlich verändert.

Auch der Schienenlärm wird an den beiden Alpentransitkorridoren Gotthard und Lötschberg gemessen. Zuständig dafür ist das Bundesamt für Verkehr (BAV). Die Messdaten werden jährlich publiziert<sup>7</sup>. Die Messungen zeigen, dass sich die Lärmemissionen seit 2003 während der kritischen Nachtperiode kaum verändert haben und geringfügige Zunahmen auf lokale Einflüsse durch die Schienen zurückzuführen sind.

## 3.2 Weitere Lärm-Auswertungen

### 3.2.1 Der Verlauf der Lärmbelastung an Werk- und Sonntagen

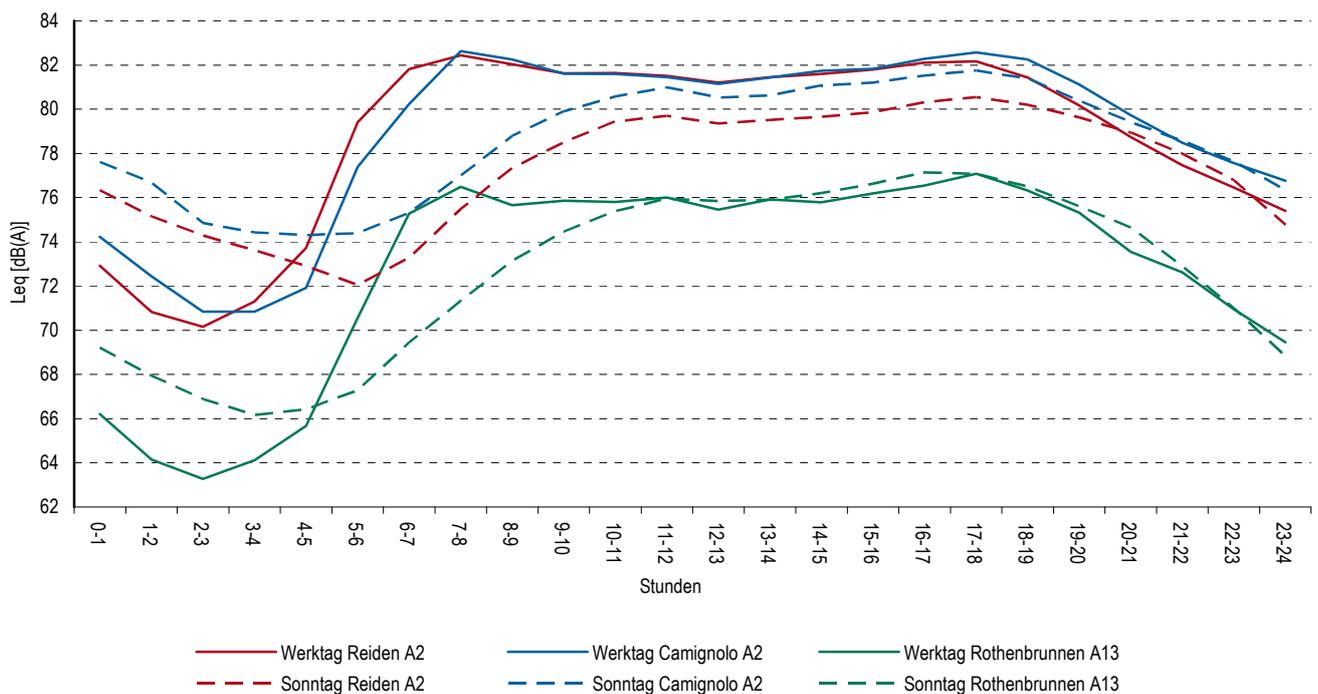
Wie die Lärmemissionen sich an einem Tag entwickeln, zeigt Abb. 22. exemplarisch für die Stationen Reiden, Camignolo und Rothenbrunnen. An Werktagen steigt der Lärm zwischen 4 Uhr und 7 Uhr rasch an (Ende des Nachtfahrverbots um 5 Uhr) und erreicht eine Spitze zwischen 7 und 8 Uhr, wenn der Pendlerverkehr seinen Höchststand erreicht. Bis Mittag nehmen die Emissionen dann leicht ab, steigen aber wieder ab 14 Uhr leicht an und erreichen ihr Maximum gegen 17 Uhr. Danach sinken sie wieder bis am frühen Morgen. Dieses Muster ist an den drei Stationen praktisch gleich. Am Sonntag gibt es keinen relevanten schweren Güter- und Pendlerverkehr. Dementsprechend erfolgt der Lärmanstieg in den Morgenstunden zeitlich später und weniger ausgeprägt. In Reiden bleibt die Lärmbelastung dann gut zwei dB(A) unter den Werten, die an Werktagen erreicht werden. Anders in den Alpentälern, wo der beträchtliche Freizeitverkehr am Sonntagnachmittag gleich viel Lärm wie der Verkehr unter der Woche erzeugt. Die Messungen zeigen zudem, dass schwere Güterfahrzeuge im realen Fahrbetrieb mit deutlich höheren mittleren Geschwindigkeiten als den vorgeschriebenen 80 km/h unterwegs sind. Die höheren Geschwindigkeiten bedeuten entsprechend eine zusätzliche Lärmbelastung. Der frühe Anstieg des Lärmpegels nach 5 Uhr morgens an Werktagen ist für die Anwohner aber auch aus Sicht der Lärmschutzverordnung (LSV) nicht unproblematisch, fällt diese Stunde doch noch in die Nachtstunden (von 22 bis 6 Uhr), in denen die Grenzwerte aufgrund des Erholungsanspruches der Anwohner strenger reglementiert sind als die Grenzwerte der Tagstunden

<sup>7</sup> Siehe Bundesamt für Verkehr – ‚Projekt Lärmsanierung‘. Aktuelle Messberichte sind im Internet unter [http://www.bav.admin.ch/is/01300/index.html?lang=de\\_einsehbar](http://www.bav.admin.ch/is/01300/index.html?lang=de_einsehbar)

(6 bis 22 Uhr) der LSV. Entsprechend ist der Beitrag der schweren Güterfahrzeuge auch während der Nachtstunden überproportional hoch, da morgens um 5 Uhr das Nachtfahrverbot aufgehoben wird. Der Lärmpegel des Verkehrs steigt zwischen 5 bis 6 Uhr am mittleren Werktag im Durchschnitt um 5–6 dB(A) an. Der Anteil der schweren Güterfahrzeuge am Gesamtverkehr von 5 bis 6 Uhr beträgt an den MFM-U Messstationen zwischen 15 % (Rothenbrunnen) und 36 % (Reiden); während dieser Stunde ist der verkehrliche Anteil der schweren Güterfahrzeuge und entsprechend deren Lärmanteile am Gesamtlärmpegel am grössten. Die Lärmanteile schwanken zwischen 40 % (Rothenbrunnen) und 68 % (Reiden).

**Abb. 22 > Tagesgänge Lärm 2007 in Dezibel<sup>8</sup>.**

*Durchschnittlicher Verlauf der Lärmbelastung an den Messstationen Reiden (A2), Camignolo (A2) und Rothenbrunnen (A13) an Werktagen und am Sonntag (Jahresmittel 2008).*



Aufgrund der speziellen Topographie sind Alpentäler besonders empfindlich auf Verlärmung. Bei Messungen wurde festgestellt, dass an den Talflanken im Vergleich zur Ebene in rund 3-facher Entfernung die gleiche Lärmbelastung vorherrscht, wenn vom Hang eine direkte Sichtverbindung zur Autobahn besteht (vgl. Kammer 2007).

<sup>8</sup> Die Werte entsprechen den von den Mikrofonen (beidseitig der Autobahn je 6.5 m von der Mitte der Normalspur entfernt) registrierten Lärmpegeln. Sie können nicht direkt mit den Lärmpegeln in Kp. 3.1.1 verglichen werden, die als Freifeldemissionen (vgl. Anhang A2) präsentiert werden.

### 3.2.2 Lärmarme Beläge «schlucken» Lärm – leise Reifen reduzieren die Abrollgeräusche

An zwei MFM-U Messstandorten sind lärmarme Beläge vorhanden. In Tenniken (A2, Nordzufahrt Belchentunnel Kt BL) ist seit Messbeginn ein Drainasphalt eingebaut. Zum Vergleich: obwohl die Verkehrsmenge 2008 etwa gleich gross war wie bei Reiden (und der Anteil der schweren Güterfahrzeuge am Gesamtverkehr sogar noch etwas grösser) waren die Lärmemissionen aufgrund des speziellen Belages um 1 bis 2 dB(A) geringer gegenüber Reiden. In Moleno (A2 Tessin, nördlich von Bellinzona) wurde im Herbst 2004 die Fahrbahn durch einen Blähtonbelag ersetzt. Der lärmindernde Effekt betrug im Jahresmittel ca. 3 dB(A). Dieser nimmt aber mit der Zeit ab und beträgt heute noch rund 1 dB(A)<sup>9</sup>. Der lärmindernde Effekt dieser Beläge reduziert hauptsächlich die PW-verursachten Lärmpegel mit höheren Frequenzen, die tieferen Frequenzen der schweren Güterfahrzeuge werden weniger reduziert. Messungen entlang der A2 haben gezeigt, dass die sog. akustische Belagsgüte zwischen Basel und Chiasso zwischen dem lautesten und leisesten Belag stark variiert und momentan ein Grossteil der Strecke den ‚lauten‘ Belägen zuzuordnen ist. Mit der Erneuerung dieser Beläge ist noch ein beträchtliches Lärminderungspotential vorhanden.

Ein grosses Potential zur Lärmreduktion des Strassenlärms bieten auch leisere Reifen, mit denen Fahrzeuge ausgerüstet werden können. Diese sind bereits heute auf dem Markt erhältlich, wegen fehlender Produktkennzeichnung sind diese Informationen für Konsumenten jedoch kaum verfügbar. Da die Erneuerungszyklen von Reifen im Vergleich zu Strassenbelägen rund zehnmal kürzer sind, könnte mittels gezielter Förderung leisere Reifen bereits innerhalb von 2 bis 3 Jahren eine flächendeckende, deutlich spürbare lärmreduzierende Wirkung erzielt werden<sup>10</sup>.

Durch leisere Reifen und lärmindernde Strassenbeläge kann der Lärm direkt an der Quelle reduziert werden: das maximale Minderungspotential «leise Reifen und lärmindernder Strassenbelag» beträgt beim Schwerverkehr zwischen 5 bis 6 dB(A), bei den PKW ca. 8 bis 9 dB(A) (beachte, dass die Abnahme um 3 dB(A) einer Halbierung des Verkehrs entsprechen würde; vgl. Anhang A2).

### 3.2.3 Modellierung der Lärmbelastung entlang der A2 und A13

Im Auftrag des MFM-U Projektes wurde 2008 mit dem Modell SonBase<sup>11</sup> (ehemalige Lärmdatenbank Schweiz LDBS) eine erste Berechnung und Auswertung der Lärmbelastung entlang der A2 (Basel-Chiasso) und A13 (St.Margrethen-Bellinzona) durchgeführt (interne Berechnungen BAFU, nicht veröffentlicht). Als Lärmquelle wurde allein das Verkehrsgeschehen auf den Nationalstrassen A2 und A13 berücksichtigt. Das Untersuchungsgebiet umfasste einen Perimeter von 4 km links und rechts zur Autobahn. Bei Lärmimmissionen entlang der Autobahn ist vor allem die Nachtzeit kritisch bezüglich Überschreitung der Immissionsgrenzwerte. Die Auswertungen ergeben, dass

<sup>9</sup> Zum Vergleich: eine Reduktion von 3 Dezibel entspricht einer Halbierung des Verkehrs, eine Reduktion von 1 Dezibel entspricht einer Reduktion des Verkehrs um 20 %.

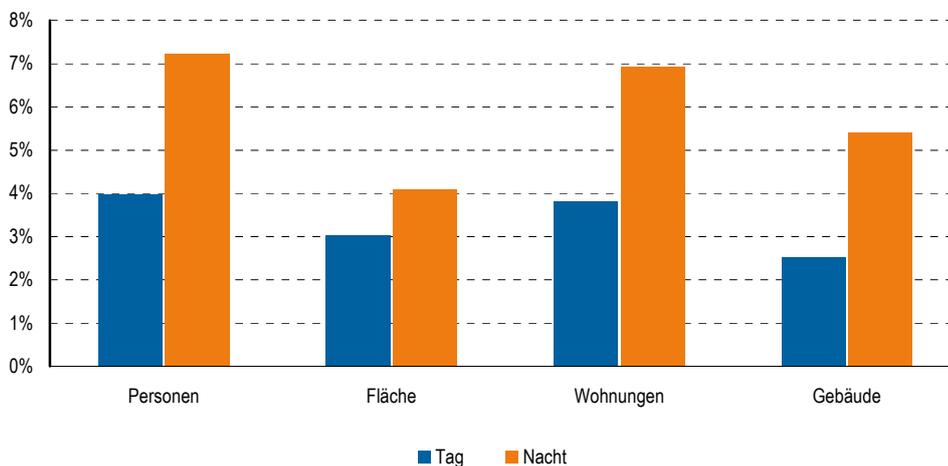
<sup>10</sup> vgl. <http://www.bafu.admin.ch/laerm/01146/07468/index.html?lang=de>

<sup>11</sup> <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01036/index.html?lang=de>

in der Nacht 84 500 Personen (entspricht 7 % der im Perimeter ansässigen Bevölkerung), 40 000 Wohnungen (7 % der Anzahl Wohnungen im Perimeter) und 9500 Gebäude (5 % der Gebäude im Perimeter) mit mehr als 50 dB(A) belastet sind<sup>12</sup>. Die nachts stark belastete Fläche umfasst 164 km<sup>2</sup>, was 4 % des Untersuchungsgebietes beträgt.

**Abb. 23 > Lärmexposition entlang der A2 (Basel-Chiasso) und der A13 (St.Margrethen-Bellinzona)**

Anteile von Personen, Flächen und Wohnungen, die einer Lärmbelastung von tagsüber >60 dB(A) bzw. nachts >50 dB(A) ausgesetzt sind. 100 % entsprechen 1.17 Mio. Personen, 4000 km<sup>2</sup> Fläche bzw. 0.578 Mio. Wohnungen, 0.175 Mio. Gebäude.



### 3.3 Zusammenfassung und Interpretation Lärmmonitoring

Folgende Erkenntnisse lassen sich aus den Messdaten gewinnen:

- > Die Jahresmittel der Lärmpegel haben sich in der Periode 2003-2008 nicht wesentlich verändert. Es gibt keine Reduktion der Lärmbelastung seit Messbeginn.
- > Zwischen einzelnen MFM-U Stationen gibt es Unterschiede in der Lärmbelastung. Dies ist einerseits auf das unterschiedliche verkehrliche Aufkommen zurückzuführen, weiter spielen Einflussfaktoren wie die vor Ort gefahrenen Geschwindigkeiten oder die Beschaffenheit der Strassenbeläge eine Rolle.

<sup>12</sup> Die Schwellenwerte von > 60 dB(A) am Tag und > 50 dB(A) in der Nacht entsprechen den Immissionsgrenzwerten der Empfindlichkeitsstufe II gemäss Lärmschutz-Verordnung, welche namentlich in Wohnzonen oder Zonen mit öffentlichen Bauten und Anlagen angewendet werden, in denen keine störenden Betriebe zugelassen sind. Diese Schwellenwerte repräsentieren dementsprechend die strengste bundesrechtliche Grenze, ab wann schädliche oder lästige Einwirkungen infolge von Lärm beim Wohnen zu erwarten sind.

### Tag/Nacht

- > Die Lärmbelastung ist während der Nachtstunden (22–6 Uhr) um 6–8 dB(A) tiefer im Vergleich zum Tag. Die Grenzwerte der Lärmschutz-Verordnung (LSV) sind in der Nacht wegen des Ruhebedürfnisses der Bevölkerung aber um 10 dB(A) strenger als tagsüber. Weil die nächtliche Lärmbelastung an der Autobahn weniger als 10 dB(A) abnimmt, ist diese im Vergleich zur Tagesperiode als kritischer zu bewerten.
- > Eine Modellierung der Bevölkerungsexposition entlang der Nationalstrassen A2 (Basel–Chiasso) und A13 (St. Margrethen–Bellinzona) zeigt, dass in den Nachtstunden 7 % der Personen und der Wohnungen mit mehr als 50 dB(A) belastet sind.
- > Kritisch ist auch die Morgenstunde zwischen 5 und 6 Uhr, in der die Lärmbelastung durch schwere Güterfahrzeuge stark ansteigt (Nachtfahrverbot endet um 5 Uhr), das Ruhebedürfnis der Bevölkerung aber noch hoch ist.

### Lärmanteil der schweren Güterfahrzeuge

- > Ein einzelnes schweres Güterfahrzeug verursacht bei gleicher Geschwindigkeit in etwa gleich viel Lärm wie zehn Personenwagen. Dementsprechend tragen schwere Güterfahrzeuge überproportional zum Strassenlärm bei. Der energetische Lärmanteil des schweren Güterverkehrs liegt je nach Messstation und je nach Lärmpegel (Leq) zwischen 13 % und 35 % an der A2, respektive 9 % bis 15 % an der A13, während der Verkehrsanteil zwischen 4 % und 12 % variiert.
- > In den frühen Morgenstunden nimmt nach Ablauf des Nachtfahrverbots die Zahl der SGF unter der Woche sprunghaft zu. In dieser Phase wird der Lärm zum grössten Teil von den SGF verursacht.

### Werktage/Wochenende

- > An Sonntagnachmittagen sind die Lärmpegel fast gleich hoch wie an Werktagen. Sie steigen am Sonntagvormittag aber wesentlich langsamer an als an Werktagen und bleibt nachts (Samstag/Sonntag) wegen des Freizeitverkehrs auf höherem Niveau. Der verursachte Lärmpegel auf der Strasse spiegelt damit gesellschaftliche Aktivitätsmuster.

### Lärmarme Strassenbeläge und leise Reifen – ein grosses Potential zur Reduktion von Strassenlärm

- > Mit lärmarmen Strassenbelägen und leisen Reifen kann der Lärm direkt an der Quelle reduziert werden. Diese Massnahmen haben ein grosses Potential, um den integralen Lärmpegel des Strassenlärms zu reduzieren. Das maximale Minderungspotential «leise Reifen und lärmmindernde Strassenbeläge» beträgt beim Schwerverkehr zwischen 5 bis 6 dB(A), bei den PKW ca. 8 bis 9 dB(A).

## > Anhang

### A1 Luftschadstoffe

---

*Stickoxide* ( $NO_x$ , Summe von Stickstoffmonoxid  $NO$  und Stickstoffdioxid  $NO_2$ ) können zur Erkrankung der Atemwege führen und sind eine wichtige Vorläufersubstanz des Ozons aber auch des Feinstaubes. Schwere Güterfahrzeuge (SGF) stossen im Schnitt rund 20 Mal mehr  $NO_x$  pro gefahrenen Kilometer aus als ein durchschnittlicher Personenwagen.

*Feinstaub* besteht aus Partikeln mit einem Durchmesser von weniger als 10 Tausendstel-millimeter, was etwa einem Zehntel des Durchmessers eines menschlichen Haars entspricht. Die auch als  $PM_{10}$  bezeichneten Luftschadstoffe gelangen als primäre Partikel in die Atmosphäre – so zum Beispiel bei der unvollständigen Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen, bei industriellen Prozessen sowie durch den Abrieb von Reifen, Strassenbelägen und Bahnschienen.

Daneben gibt es sekundäre Partikel, die sich erst in der Luft aus gasförmigen Stoffen wie Ammoniak, Stickoxide, Schwefeldioxid und organischen Verbindungen bilden.

Feinstaub setzt sich aus einer Vielzahl von chemischen Verbindungen zusammen. Aus gesundheitlicher Sicht sind die sehr kleinen, Krebs erzeugenden Russpartikel mit einem Durchmesser von bloss 1 Zehntausendstel-millimeter am gefährlichsten. Russ umfasst alle primären kohlenstoffhaltigen Partikel eines unvollständigen Verbrennungsprozesses. Die stark zerklüftete Struktur der feinen Staubteilchen ermöglicht eine Anlagerung von weiteren toxischen Substanzen, wie zum Beispiel von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK). Wegen ihrer Krebs erzeugenden Wirkung gibt es für Dieselrusspartikel keine Unbedenklichkeitsschwelle. Hier gilt vielmehr das Minimierungsgebot, das heisst, die Emissionen auf ein Minimum zu senken.

Dieselfahrzeuge stossen ohne entsprechende technische Massnahmen (Partikelfilter) rund 1000 Mal mehr Feinstaub als benzinbetriebene Fahrzeuge aus. In diesem Mix befinden sich Krebs erzeugende Substanzen wie Russ.

---

## A2 Lärm

---

### *Was ist Lärm?*

*Lärm ist unerwünschter und als störend empfundener Schall. Was das menschliche Gehör als Schall wahrnimmt, sind kleinste Luftdruckschwankungen. Die Anzahl der Schwankungen innerhalb einer Sekunde gibt die Frequenz an, welche der hörbaren Tonhöhe entspricht. Je stärker die Luftdruckschwankung ist, umso lauter wird das Schallereignis wahrgenommen.*

*Die Einheit für die Messung von Schallpegeln ist Dezibel (dB(A)). Die Dezibel-Skala ist eine logarithmische Skala. Diese entspricht in etwa der menschlichen Wahrnehmung. Die Hörschwelle des menschlichen Gehörs liegt bei 0 dB(A) und die Schmerzgrenze bei über 120 dB(A).*

*Die Messung von Schallereignissen über das ganze Frequenzspektrum erfolgt in mehreren Teil-Frequenzbereichen sog. Terz- resp. Oktavbändern. Die einzelnen Frequenzbänder werden mit einem sogenannten A-Filter (Frequenzbewertung) gewichtet und zusammengezählt. Das A-Filter entspricht in einer Annäherung der Wahrnehmung der verschiedenen Frequenzbereiche durch das menschliche Ohr, so werden z.B. tiefe Frequenzen weniger laut wahrgenommen als hohe Frequenzen.*

### *Lastwagen, Alpentäler und Meteorologie*

*Der Schalldruckpegel eines Lastwagens entspricht etwa dem Schalldruckpegel von zehn Personenwagen bei gleicher Geschwindigkeit. Eine Verdoppelung der Quellenleistung (z.B. 4 statt 2 PW, LKW etc.) entspricht einer Zunahme von 3 dB(A). Eine Zunahme um 10 dB(A) entspricht einer Verzehnfachung der Quellenleistung (z.B. 10 statt 1 PW, LKW) und wird als doppelt so laut empfunden.*

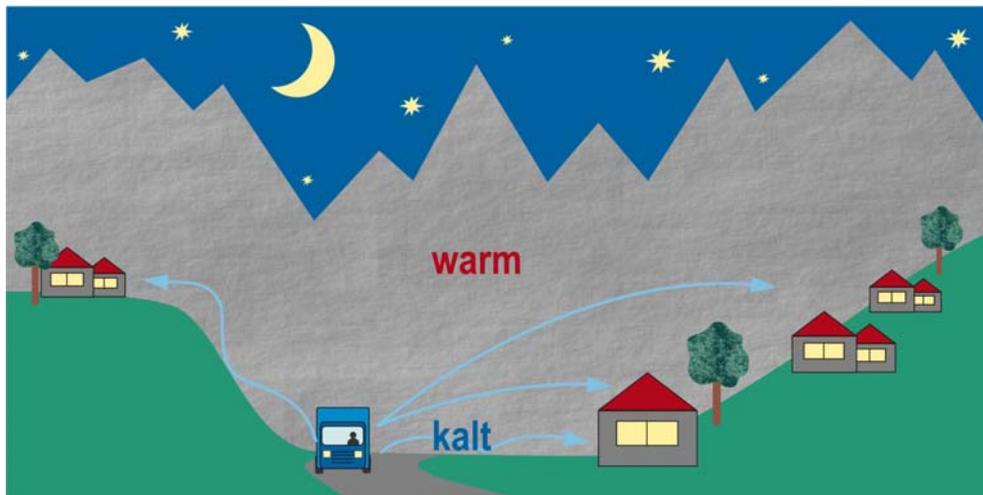
*Der Schallpegel nimmt mit wachsendem Abstand zur Quelle ab. Schall breitet sich grundsätzlich in alle Richtungen aus. Aufgrund der Beschaffenheit der Umgebung der Schallquelle wird die freie Ausbreitung des Schalls beeinflusst. In einem Alpental z.B. können an Felswänden zusätzliche Reflexionen auftreten und somit das Originalsignal verstärken. Messungen bei Camignolo haben gezeigt, dass an den Talflanken mit Sicht zur Lärmquelle im Vergleich zur Ebene in rund dreifacher Entfernung die gleiche Lärmbelastung vorherrscht (Kammer 2007).*

*Die Wetterlage (Wind, Temperaturverteilung in den Luftschichten) hat ebenfalls einen Einfluss auf die Schallausbreitung, dies vor allem bei grösserer Entfernung zur Quelle. Bei sogenannter Inversionslage (Luftschichten: unten kalt – oben warm) wird der Schall zum Boden hin gebrochen und kann somit Hindernisse (Bauten, Bewuchs, Gelände) übersteigen. Eine Inversionslage kann zu Pegelerhöhungen von 10 dB(A) und mehr führen.*

---

**Abb. 24 > Schallausbreitung in einem Alpental in einer wolkenlosen Nacht.**

Die physikalischen Verhältnisse eines Tals haben ungünstige Auswirkungen auf die Lärmexposition. Erläuterungen siehe Text.



Alpnap 2007

#### Methodik der Freifeldemission

Im vorliegenden Bericht werden die Lärmpegel als A-bewertete Mittelungspegel  $L_{eq}$  angegeben. Es handelt sich dabei um den durchschnittlichen Pegel, welcher in einem bestimmten Zeitabschnitt auftritt (z.B. tags zwischen 06:00 und 22:00 Uhr).

Bei der sog. Freifeldemission handelt es sich um einen aus den Lärmmessungen errechneten Emissionspegel in 1 m Abstand zur Strassenachse. Dabei werden nur die direkten Emissionen der Lärmquelle (LKW, PW etc.) berücksichtigt. Reflexionen z.B. an der Fahrbahnoberfläche sind im Freifeldemissionspegel nicht enthalten.

Mit der angewandten Methode der Freifeldemissionen ergibt sich die Möglichkeit, die Zu- oder Abnahme der Lärmbelastung durch den schweren Güterverkehr vom übrigen Verkehr getrennt zu verfolgen und die Lärmentwicklung auf der Strasse zu differenzieren. Neben den akustischen Lärmmessungen wird dabei auch der vorbeifahrende Verkehr, differenziert nach einzelnen Verkehrsklassen, erhoben.

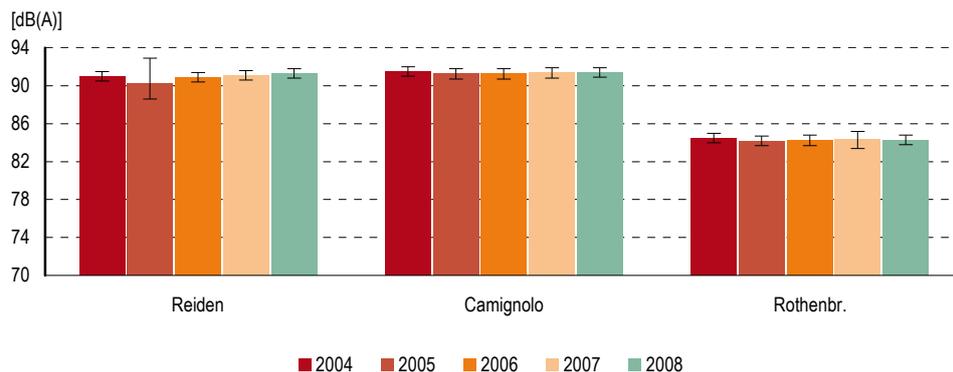
Eine Gegenüberstellung der im Bericht vorliegenden Pegel mit den gesetzlich festgelegten Grenzwerten (Planungswert, Immissionsgrenzwert und Alarmwert) der Lärmschutz-Verordnung ist nicht möglich. Im Bericht werden die Emissionspegel diskutiert, die Beurteilung des Lärms gemäss LSV erfolgt jedoch am Immissionsort. Dabei sind die Pegelkorrekturen gemäss Anhang 3 LSV, die dem Immissionsort zugeordnete Lärm-Empfindlichkeitsstufe und die Ausbreitung des Schalls zu berücksichtigen. Im Allgemeinen gilt, dass sich Emissionspegelvariationen als identische Pegelvariationen am Immissionsort manifestieren.

*Lden-massgebender Messpegel in der EU*

Zusätzlich zum Leq sind auch die in der EU massgebenden Pegel Lden (Level day-evening-night) aufgeführt («EU-Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm», 2002/49/EG). Die A-bewerteten Mittelungspegel Leq werden für die Zeiten Tag, Abend und Nacht berechnet und mit einer zusätzlichen Gewichtung von 5 dB(A) für den Abend und 10 dB(A) für die Nacht zusammengezählt. Daraus ergibt sich ein Ein-Zahl-Wert für die Lärmbelastung während 24 Stunden.

**Abb. 25 > Lärmpegel Lden gemäss der EU-Richtlinie.**

Tag 6-18 Uhr, Abend 18-22 Uhr und Nacht 22-6 Uhr).  
(Fehlerbalken geben die Messunsicherheit als 95 % Vertrauensintervall an)



**Tab. 4 > Lärmpegel als Lden entlang der A2 und A13 2004 bis 2008.**

Messwerte 2004–2008 für die Lärmbelastung entlang der A2 und A13 (ausgedrückt als Freifeldemissionen, siehe weiter oben) und dem energetischen Anteil der schweren Güterfahrzeuge an der gesamten Schallenergie (=100 %).

Parameter	Jahr	Reiden		Camignolo		Rothenbrunnen	
		Jahresmittel dB(A)	Lärmanteil SGF	Jahresmittel dB(A)	Lärmanteil SGF	Jahresmittel dB(A)	Lärmanteil SGF
Lden	2004	91.0	31 %	91.5	17 %	84.5	10 %
	2005	90.2	33 %	91.3	17 %	84.2	12 %
	2006	90.9	32 %	91.3	17 %	84.3	13 %
	2007	91.1	32 %	91.4	16 %	84.4	12 %
	2008	91.3	32 %	91.4	16 %	84.3	13 %

### A3 Die Fahrzeuge an den Alpenübergängen werden immer sauberer

Obwohl die schweren Güterfahrzeuge auf den Alpentransitachsen «nur» 10 %–12 % aller Fahrzeuge ausmachen, verursachen sie einen hohen Anteil der Emissionen. Das liegt wie oben erwähnt daran, dass die Emissionsfaktoren (d.h. die emittierten Schadstoffe pro Fahrzeugkilometer) der schweren Güterfahrzeuge markant höher liegen als diejenigen der leichten Motorfahrzeuge. Im Durchschnitt emittierten die schweren Güterfahrzeuge 2007 auf den alpinen Teilstrecken 6.2 g NO<sub>x</sub>/Fzkm, Diesel-Personenwagen 0.5 g NO<sub>x</sub>/Fzkm und Benzin-Personenwagen 0.26 g NO<sub>x</sub>/Fzkm (Tab. 5)<sup>13</sup>.

Zwischen 2005 und 2007 hat sich die Motorentchnik kontinuierlich verbessert. Laut Modellrechnungen sind in diesen drei Jahren die Emissionsfaktoren der schweren Güterfahrzeuge um 15 % gesunken. Auch bei den Personenwagen zeigen die Modellrechnungen markante Fortschritte, sowohl beim NO<sub>x</sub> wie auch bei den Feinstaubpartikeln aus dem Auspuff. Zum Beispiel haben die Partikel-Emissionen von Diesel-Personenwagen dank der häufigeren Ausrüstung mit Partikelfiltern um rund ein Viertel abgenommen.

**Tab. 5 > Emissionsfaktoren von schweren Güterfahrzeugen (SGF) und Personenwagen (PW) auf den Alpentransitachsen A2 (Altdorf-Bellinzona) und A13 (Bellinzona – Bonaduz) im Jahr 2007**

*PM10 exhaust: Feinstaubemissionen Auspuff; PM10 non-exhaust: Feinstaubemissionen aus Abriebsprozessen (Brems-, Pneu- und Strassenabrieb)*

Fahrzeugkategorie	NO <sub>x</sub>		PM10 exhaust		PM10 non-exhaust	
	g/Fzkm	Veränd. 05/07	g/Fzkm	Veränd. 05/07	g/Fzkm	Veränd. 05/07
SGF Diesel	6.20	-15 %	0.12	-16 %	0.074	0 %
PW Benzin	0.26	-20 %	0.00	-8 %	0.047	0 %
PW Diesel	0.50	-12 %	0.03	-26 %	0.047	0 %

<sup>13</sup> Die Emissionsfaktoren, die diesen Berechnungen zu Grunde liegen, werden zurzeit aktualisiert und im Laufe von 2009 veröffentlicht. Abweichungen von den hier angegebenen Resultaten sind nicht auszuschliessen.

#### **A4 Grosser Anteil der Holzfeuerungen an den Feinstaubemissionen**

Neue Messungen haben gezeigt, dass im Winter ein hoher Anteil der gemessenen Partikel im Feinstaub aus Holzfeuerungen stammt. Im Winter 2004/2005 wurden jeweils am Morgen und am Abend Partikelmessungen in Moleno (A2) und Roveredo (A13) durchgeführt (Projekt Aerowood, siehe z.B. Szidat et al. 2007). Mit dem gewählten Messverfahren konnte die Herkunft der Partikel aus Dieselmotoren, Holzfeuerungen oder biogenen Ursprungs identifiziert werden.

Die Messungen zeigten, dass in Roveredo an der A13 die Holzfeuerungen rund 70 % der Partikelmasse verursachten, während 10 % bis 20 % auf den Verkehr zurückzuführen sind. Der Rest stammt aus biogenen Quellen. In Moleno betrug am Abend der Anteil der Holzfeuerungen 47 %, während der Verkehr 29 % ausmachte, wobei noch zu anmerken bleibt, dass die Messstation direkt an der Autobahn platziert war. Am Morgen war hingegen der Verkehr die Hauptquelle. Wird anstelle der Partikelmasse die Partikelanzahl betrachtet, dominierte allerdings immer der Verkehr; dieser emittiert viel kleinere Partikel als Holzfeuerungen (kleinere Partikel sind medizinisch gesehen potenziell gefährlicher als grössere Partikel). Zu diesen Messresultaten ist zu bemerken, dass es sich um Einzelmessungen an wenigen Wintertagen handelt. Sie lassen keine Schlüsse auf die jahresmittleren Belastungen zu.

## > Verzeichnisse

### Abkürzungen und Glossar

#### Dezibel dB

Das Dezibel wird aus dem Schalldruck berechnet und reicht für den normalen Hörbereich von 0 bis 130 dB(A). Die Lärmschutz-Verordnung legt die Erfassung von Schallpegeln als Dezibel fest. 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.

#### CO

Kohlenmonoxid. Entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen.

#### Energetischer (Lärm)Anteil der SGF

Der Anteil der SGF an der Gesamtemission wird wie folgt berechnet:

$$A(SGF) = \frac{10^{0.1 * E(SGF)}}{10^{0.1 * E(total)}}$$

mit E(SGF) Freifeldemission der SGF, E(total) Freifeldemission des Gesamtverkehrs

#### Fzge

(Anzahl) Fahrzeuge.

#### Fzkm

Fahrzeug-Kilometer, Einheit für die Fahrleistung (gefahrene Kilometer).

#### Leq

Der Schalldruckpegel gibt an, wie laut ein Geräusch zu einem gewissen Zeitpunkt ist und weist im Allgemeinen zeitliche Schwankungen auf. Mit dem Schalldruckpegel variiert auch die mit dem Schall transportierte Energie. Der energieäquivalente Dauerschallpegel wird so gewählt, dass er – als konstanter Schalldruckpegel betrachtet – den gleichen Energieinhalt transportieren würde. Der energieäquivalente Dauerschallpegel dient dazu, die Lärmbelastung für einen Zeitraum anzugeben.

#### LRV

Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985, (SR 814.318.142.1).

#### LSV

Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986, (SR 814.318.142.1).

#### Mrd. p / m<sup>3</sup>

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

#### µg/m<sup>3</sup>

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

#### NO<sub>x</sub>

Stickoxide (Summe aus NO<sub>2</sub> und NO). Das Gasgemisch entsteht beim Verbrennen von Brenn- und Treibstoffen, insbesondere bei hohen Verbrennungstemperaturen.

#### O<sub>3</sub>

Ozon. Bodennahes Ozon ist ein gasförmiger Sekundärschadstoff und entsteht in der Troposphäre unter Einwirkung von Sonnenlicht aus Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC).

#### Perzentilwerte

95-Perzentilwert LRV für NO<sub>2</sub>: 95 % der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m<sup>3</sup>.

98-Perzentilwert LRV für O<sub>3</sub>: 98 % der ½-h-Mittelwerte eines Monats ≤ 100 µg/m<sup>3</sup>.

#### PM10 (particulate matter)

Schwebestaub: feindisperse Schwebestoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer (< 10 µm).

#### 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

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

Tonnen.

#### PAK

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Krebserregende Substanz, die als Nebenprodukt bei unvollständiger Verbrennung z. B. bei Dieselmotoren ohne Partikelfilter entstehen. Die Emissionen von PAK's werden grösstenteils an Russpartikel absorbiert.

#### 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).

## Abbildungen

<b>Abb. I</b>			
NO <sub>2</sub> -Immissionsentwicklung 2003–2008.	8		
<b>Abb. II</b>			
PM10-Immissionsentwicklung 2003–2008.	8		
<b>Abb. III</b>			
Lärmpegel Tag, Jahresmittel der Messdaten 06–22 Uhr in Dezibel.	9		
<b>Abb. IV</b>			
Lärmpegel Nacht, Jahresmittel der Messdaten 22–06 Uhr in Dezibel.	9		
<b>Abb. 1</b>			
Standorte der MFM-U Messstationen entlang der A2 und der A13.	10		
<b>Abb. 2</b>			
Wochengang SGF und übriger Verkehr, Erstfeld 2008.	12		
<b>Abb. 3</b>			
Relativer Wochengang NO <sub>x</sub> , Erstfeld 2008.	12		
<b>Abb. 4</b>			
Einflussfaktoren auf die Luft- und Lärmbelastung durch den Strassenverkehr.	13		
<b>Abb. 5</b>			
Jahresverkehr aller Fahrzeuge A2/A13 in Mio. Fzg/Jahre.	16		
<b>Abb. 6</b>			
Jahresverkehr der schweren Güterfahrzeuge A2/A13 in Mio. Fzg/Jahre.	16		
<b>Abb. 7</b>			
Anteil der schweren Güterfahrzeuge am Total in Prozent.	16		
<b>Abb. 8</b>			
Fahrleistungen A2/A13 2007 in Mio. Fahrzeug-km pro Jahr.	16		
<b>Abb. 9</b>			
Treibstoffverbrauch A2/A13 2007 in 1000 Tonnen pro Jahr.	16		
<b>Abb. 10</b>			
NO <sub>x</sub> - und Feinstaubemissionen auf den Alpen transitachsen 2007 in Tonnen pro Jahr.	17		
<b>Abb. 11</b>			
Entwicklung der Fahrleistungen A2/A13 2000–2007 in Mio. Fzkm pro Jahr.	18		
<b>Abb. 12</b>			
Entwicklung der Treibstoffverbrauchs A2/A13 2000–2007 in 1000 t pro Jahr.	18		
<b>Abb. 13</b>			
NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen 2000–2007 in Tonnen pro Jahr.	18		
<b>Abb. 14</b>			
NO <sub>2</sub> -Immissionen 2007/2008 in Mikrogramm pro m <sup>3</sup> .	20		
<b>Abb. 15</b>			
PM10-Immissionen 2007/2008 in Mikrogramm pro m <sup>3</sup> .	20		
<b>Abb. 16</b>			
NO <sub>2</sub> -Immissionsentwicklung 2003–2008 in Mikrogr. pro m <sup>3</sup> .	21		
<b>Abb. 17</b>			
PM10-Immissionsentwicklung 2003–2008 in Mikrogr. pro m <sup>3</sup> .	21		
<b>Abb. 18</b>			
NO <sub>2</sub> -Passivsammlermessungen 1999–2007 im Urner Reusstal in Mikrogramm pro m <sup>3</sup> .	22		
<b>Abb. 19</b>			
NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte 2005 an verschiedenen Alpenübergängen in Mikrogramm pro m <sup>3</sup> .	23		
<b>Abb. 20</b>			
Lärmpegel Tag (oben) und Nacht (unten), Jahresmittel der Messdaten in Dezibel.	26		
<b>Abb. 21</b>			
Anteil SGF am Lärmpegel Tag (oben) und Nacht (unten) in Prozent.	26		
<b>Abb. 22</b>			
Tagesgänge Lärm 2007 in Dezibel.	28		
<b>ABB. 23</b>			
Lärmexposition entlang der A2 (Basel-Chiasso) und der A13 (St.Margrethen-Bellinzona)	30		
<b>Abb. 24</b>			
Schallausbreitung in einem Alpentale in einer wolkenlosen Nacht.	34		
<b>Abb. 25</b>			
Lärmpegel Lden gemäss der EU-Richtlinie.	35		

## Tabellen

<b>Tab. 1</b> Immissionsmesswerte 2007 und 2008 für Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) und Feinstaub (PM10).	19
<b>Tab. 2</b> Messwerte 2007 und 2008 für Luftschadstoffe ohne Immissionsgrenzwerte in der LRV.	21
<b>Tab. 3</b> Lärmpegel entlang der A2 und A13 2004 bis 2008 in Dezibel.	25
<b>Tab. 4</b> Lärmpegel als Lden entlang der A2 und A13 2004 bis 2008.	35
<b>Tab. 5</b> Emissionsfaktoren von schweren Güterfahrzeugen (SGF) und Personenwagen (PW) auf den Alpentransitachsen A2 (Altdorf-Bellinzona) und A13 (Bellinzona – Bonaduz) im Jahr 2007	36

## Literatur

- ALPNAP 2007: Air Pollution, Traffic Noise and Related Health Effects in the Alpine Space. A Guide for Authorities and Consultants. Interreg III B. Trento, December 2007.
- ASTRA 2008: Jahresbericht 2007 der automatischen Strassenverkehrszählung (AVZ), publiziert auf [www.verkehrsdaten.ch](http://www.verkehrsdaten.ch)
- BAV 2008: Güterverkehr durch die Schweizer Alpen 2007: Bundesamt für Verkehr. Bern  
[http://www.bav.admin.ch/verlagerung/01529/index.html?lang=de&kapitel=all&print\\_style=yes](http://www.bav.admin.ch/verlagerung/01529/index.html?lang=de&kapitel=all&print_style=yes)
- BUWAL 2004: Handbuch Emissionsfaktoren, Version 2.1 (CD-ROM). INFRAS im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern
- BUWAL/AFU/DA 2002: Umleitung Gotthard 2001, Auswirkung der Verkehrsverlagerung auf die Luft- und Lärmaubünden, Tessin und Uri. Hrg. BUWAL und kantonale Umweltschutzämter GR, TI, UR.
- INFRAS 2006: NO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Urner Reusstal, Rückblick 1999-2005, INFRAS im Auftrag des Amtes für Umweltschutz Kanton Uri und des Bundesamts für Umwelt. Interner Bericht. Bern.
- Kammer K., 2007: Umweltmonitoring MFM-U. Jahresbericht 2005 der Luft- und Lärmmessungen. Umwelt-Zustand Nr. 0706. Bundesamt für Umwelt, Bern. 34 S.
- MONITRAF 2007: Synthesebericht. MONITRAF Aktivitäten und Ergebnisse. Innsbruck/Zürich. Februar 2008.
- Szidat et al., 2007: S. Szidat A. Prévot J. Sandradewi R. Alfara H. Synal L. Wacker U. Baltensperger: Dominant impact of residential wood burning on particulate matter in Alpine valleys during winter, Geophysical Research Letters, vol. 34, L05820, doi:10.1029/2006GL028325.
- Oekoscience 2008: Persönliche Mitteilung von J. Thudium