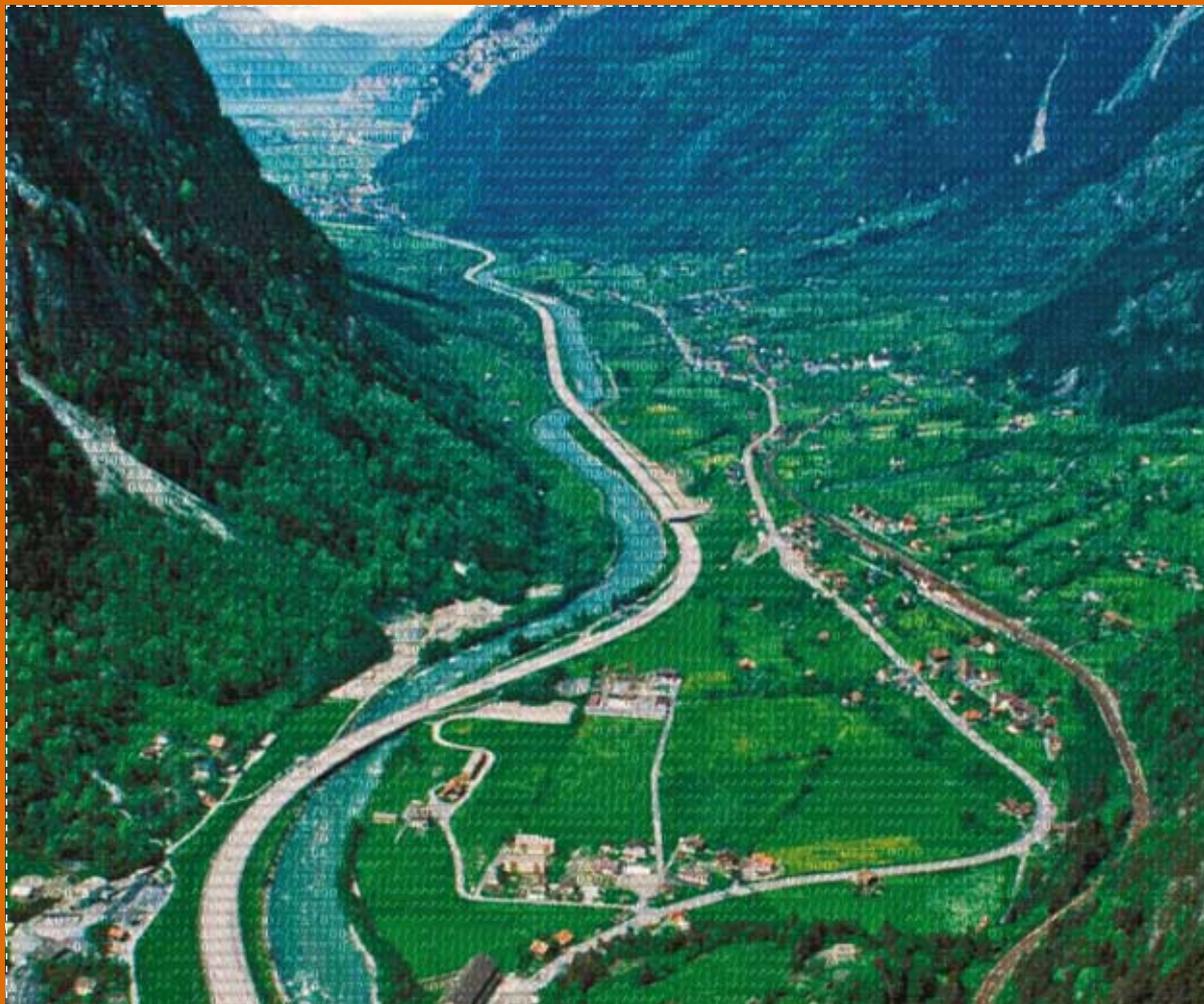


06
|
07

> Umweltmonitoring MFM-U

*Jahresbericht 2005
der Luft- und Lärmessungen*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

06
—
07

> Umweltmonitoring MFM-U

*Jahresbericht 2005
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).

Autor

Klaus Kammer, Abt. Klima, Ökonomie, Umweltbeobachtung, BAFU

Expertenbeiträge und Kommentare

Marco Andretta (Kt TI), Peter Böhler (inNET), Natascha Kljun (Infras), Hanspeter Lötscher (Kt GR) sowie die Mitglieder der Projektorganisation MFM-U Groupe Scientifique

Begleitung BAFU

Hugo Amacker, Felix Reutimann, Marc-Hermann Schaffner

Zitiervorschlag

Kammer K., 2007: Umweltmonitoring MFM-U. Jahresbericht 2005 der Luft- und Lärmmessungen. Umwelt-Zustand Nr. 0706. Bundesamt für Umwelt, Bern. 34 S.

Titelfoto

BAFU

Download PDF

www.umwelt-schweiz.ch/uz-0706-d

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Code: UZ-0706-D

© BAFU 2007

> Inhalt

Abstracts	5		
Vorwort	7		
Das Wichtigste auf einen Blick	8		
<hr/>			
1	MFM-U – warum ein Umweltmonitoring?	11	
1.1	Das Umweltmonitoring zu den flankierenden Massnahmen – ein politischer Auftrag	11	
1.2	Messstationen als wichtiges Instrument für das Umweltmonitoring	11	
1.3	Der alpenquerende Verkehr – insbesondere der Güterverkehr im Fokus	12	
1.3.1	Verkehr verursacht Luft- und Lärmemissionen	12	
1.3.2	Verschiedene Faktoren können die Luft- und Lärmbelastung auf der A2 und A13 verstärken – besonders im Alpenraum	13	
<hr/>			
2	Luftbelastung entlang der A2 und A13	16	
2.1	Luftschadstoff-Emissionen auf der A2 und A13 im Alpenraum	16	
2.1.1	Kennwerte zu den Fahrleistungen, dem Treibstoffverbrauch und den wichtigsten emittierten Luftschadstoff-Emissionen im Jahr 2005	16	
2.1.2	Vergleich der Fahrleistungen, des Treibstoffverbrauchs und der wichtigsten emittierten Luftschadstoff-Emissionen 2000, 2003 und 2005	18	
2.2	Luftschadstoff-Immissionsbelastung entlang der A2 und A13	20	
2.2.1	Messwerte 2005 für Schadstoffe mit Grenzwerten gemäss der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)	20	
2.2.2	Messwerte 2005 für Luftschadstoffe ohne Immissionsgrenzwerte in der LRV	20	
2.2.3	Entwicklung der Luftimmissionsbelastung 2003 bis 2005	21	
2.3	Wenn der Verkehr sprunghaft zunimmt oder ausbleibt – Auswirkungen auf die Messungen der Luftimmissions-Belastung am Beispiel der Gotthardsperrung 2006	21	
2.3.1	Messungen an der A2 bei Erstfeld und A13 bei Rothenbrunnen während der Sperrung des Gotthardtunnels 2006	21	
2.3.2	Stickstoffdioxid-Messungen während der Umleitung Gotthard 2006 quer zur A13	23	
2.4	Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse Luftmonitoring	24	
<hr/>			
3	Lärmbelastung entlang der A2 und A13	26	
3.1	Lärmbelastung an den Messstationen entlang der A2 und A13	26	
3.2	Der Verlauf der Lärmbelastung an Werk- und Sonntagen	28	
3.3	Lärmbelastung eines Alpentals durch die A2 am Beispiel von Camignolo	28	
3.4	Zusammenfassung und Interpretation Lärmmonitoring	32	
<hr/>			
	Verzeichnisse		33
	Abkürzungen		33
	Abbildungen		34
	Tabellen		34

> Abstracts

In trans-alpine traffic the transport of people and of goods are important sources of air pollution and of noise. This report documents the 2005 results of measurements (MFU-U) of air pollution and noise along the A2 (Gotthard) and A13 (San Bernardino). These results are compared with those obtained in previous years. Heavy goods vehicles are the main emitters on the road, especially for oxides of nitrogen and fine particles, and in the early morning heavy goods vehicles are also largely responsible for the increase in noise on the road. Based on the short time-course of measurements, it would be premature to draw general conclusions on trends in air pollution or noise.

Im alpenquerenden Verkehr zählen neben dem Personenverkehr die Gütertransporte zu den wichtigen Luftschadstoff- und Lärmquellen. Der Bericht dokumentiert die Messresultate MFU-U des Jahres 2005 zur Luft- und Lärmbelastung entlang der A2 (Gotthard) und A13 (San Bernardino) und vergleicht diese mit den Vorjahren. Vor allem beim Ausstoss von Stickoxiden und Feinstaub ist der schwere Güterverkehr der Hauptemittent auf der Strasse, in den frühen Morgenstunden ist er massgeblich für den Lärmanstieg auf der Strasse verantwortlich. Aufgrund der kurzen Messreihen ist es sowohl im Luft- wie Lärmbereich verfrüht, allgemeine Trendaussagen zu machen.

Dans le trafic transalpin, le bruit et la pollution atmosphérique sont dus non seulement au transport de personnes mais aussi au trafic de marchandises. Le présent rapport fournit les résultats des mesures SMA-E de 2005 concernant les pollutions sonore et atmosphérique le long de l'A2 (Gotthard) et de l'A13 (San Bernardino) et les compare avec les résultats des années précédentes. Le trafic lourd est le principal émetteur d'oxydes d'azote et de poussières fines sur routes. Il est en outre responsable du bruit, particulièrement le matin. Toutefois, les séries de mesures étant trop courtes, il est prématuré de déduire des tendances générales aussi bien en matière de bruit que de qualité de l'air.

L'inquinamento atmosferico e fonico causato dal traffico di transito attraverso le Alpi è da attribuire non soltanto al trasporto di persone ma anche al trasporto merci. Questo rapporto documenta i dati del MMA-A sull'inquinamento atmosferico e fonico del 2005 lungo l'A2 (Gottardo) e l'A13 (San Bernardino) e li confronta con quelli degli anni precedenti. Il traffico merci pesante è il principale emettitore su strada di ossidi di azoto e polveri fini. Inoltre, nelle prime ore del mattino, contribuisce in modo determinante all'aumento del rumore stradale. Tuttavia, la brevità della serie di misurazioni non permette ancora di definire delle tendenze generali, né per l'inquinamento atmosferico né per quello fonico.

Keywords:

Agreement on land transport, environmental monitoring, trans-alpine transport of goods

Stichwörter:

Landverkehrsabkommen, Umweltmonitoring, alpenquerender Güterverkehr

Mots-clés :

Transports terrestres, monitoring environnemental, trafic de marchandises transalpin

Parole chiave:

Accordo sul traffico di transito, monitoraggio ambientale, traffico merci attraverso le Alpi

> Vorwort

Die Entwicklung des alpenquerenden Güterverkehrs sowie der Erfolg der flankierenden Massnahmen auf Strasse und Schiene werden gemäss Artikel 3 des Verkehrsverlagerungsgesetzes (SR 740.1) durch die Projektorganisation Monitoring Flankierende Massnahmen (MFM) unter der Federführung des Bundesamtes für Verkehr (BAV) beurteilt. Alle zwei Jahre wird ein Bericht zur Verkehrsverlagerung durch den Bundesrat vorgelegt.

Mit dem Umweltmonitoring zu den flankierenden Massnahmen (MFM-U) werden die Umwelt-Auswirkungen des Landverkehrsabkommens mit der Europäischen Union sowie die Umwelt-Auswirkungen der flankierenden Massnahmen untersucht. 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 erhoben.

Der vorliegende Bericht präsentiert die Messwerte Luft und Lärm für das Kalenderjahr 2005 und zeigt die Entwicklung seit Messbeginn auf.

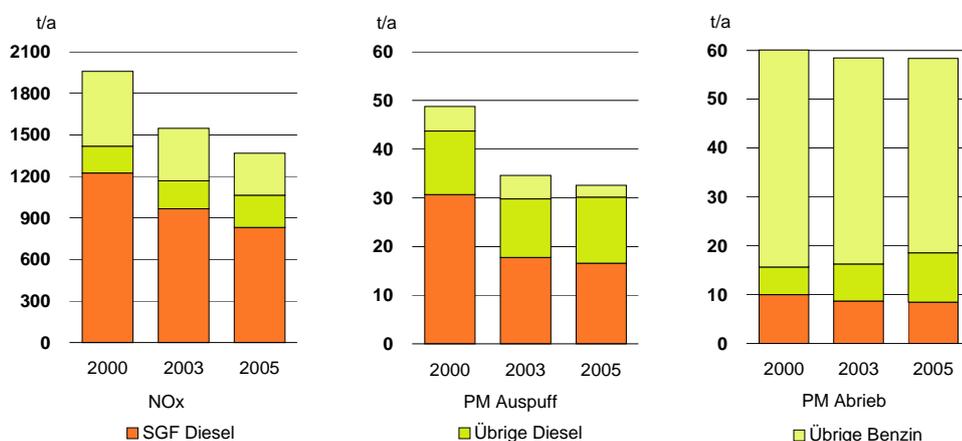
Arthur Mohr
Chef der Abteilung Klima, Ökonomie, Umweltbeobachtung
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Das Wichtigste auf einen Blick

Luftbelastung entlang der A2 und A13

Abnahme der Verkehrsemissionen – Rückgang der Stickoxide und der direkt emittierten Feinstäube

Emissionen 2000, 2003 und 2005.



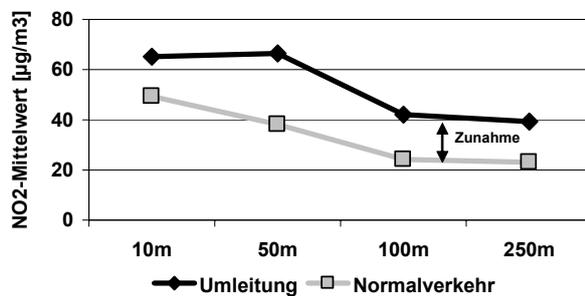
- Die durch den Gesamtverkehr verursachten Emissionen auf der A2 und A13 im Alpenraum haben zwischen 2000 und 2005 abgenommen.
- Der überwiegende Teil dieser Reduktion fand zwischen 2000 und 2003 statt.
- Zum Rückgang der Stickoxide und der direkt aus dem Auspuff emittierten Partikel trugen die schweren Güterfahrzeuge massgeblich bei.
- Die Reduktion der Emissionen ist vor allem eine Folge der Verbesserungen in der Motorentechnologie und im Falle des schweren Güterverkehrs auch eine Folge der Reduktion der Anzahl Fahrten durch die Alpen.

Immissionsmessungen – keine wesentlichen Änderungen der Belastungen seit Messbeginn

- Zwischen 2003 und 2005 haben die Schadstoffkonzentrationen für die gesetzlich limitierten Schadstoffe NO₂ und PM10 sich nur wenig geändert (siehe Tabelle 4 Seite 21).
- Zu beachten ist die noch relativ kurze Messdauer - eine Trendaussage ist aufgrund der kurzen Messdauer nicht sinnvoll.

Mehr Verkehr – mehr Luftschadstoffe

Gotthardsperrung 2006 : NO₂-Luftbelastung quer zur A13 während und nach der Umleitung bei Rothenbrunnen.

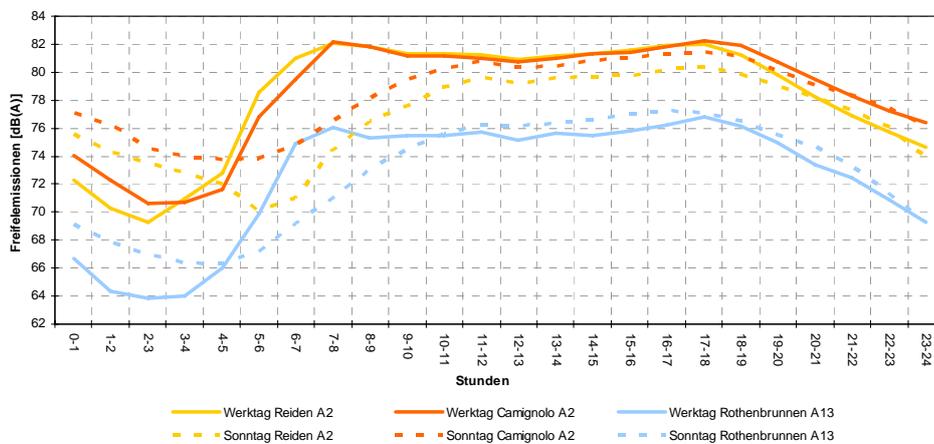


- Während der Sperrung des Gotthardtunnels im Juni 2006 für einen grossen Teil des Verkehrs stieg die Anzahl der schweren Güterfahrzeuge am San Bernardino deutlich an. Damit einhergehend hat auch die Belastung der Luftschadstoffe markant zugenommen.
- In einer Entfernung von rund 250 m zur A13 wurde während der Sperrung eine Verdoppelung der Stickoxid-Belastung gemessen.

Lärmbelastung entlang der A2 und A13

Lärmbelastung – kritisch sind v.a. die frühen Morgenstunden

Mittlerer Tagesgang Lärm 2005 exemplarisch für 3 Messstationen.



- An Werktagen (Montag bis Freitag) steigt der Lärmpegel des Strassenverkehrs um 5 Uhr mit dem Ende des Nachtfahrverbotes für schwere Güterfahrzeuge stark an.
- Zusätzlich mit dem Einsetzen des Pendlerverkehrs 1 bis 2 Stunden später ist um 7 Uhr ein erstes Lärmmaximum aufgrund des Strassenlärms erreicht – die Lärmbelastung bleibt tagsüber relativ konstant bis in die Abendstunden.
- An Sonntagen erfolgt der Lärmanstieg später und liegt meist unterhalb des Werktagislärms.

1 > MFM-U – warum ein Umweltmonitoring?

1.1 Das Umweltmonitoring zu den flankierenden Massnahmen – ein politischer Auftrag

Das Landverkehrsabkommen zwischen der Schweiz und der EU liberalisiert und harmonisiert den europäischen Strassenverkehr mit der Schweiz. Eine Folge dieses Abkommens ist, dass grössere und schwerere Güterfahrzeuge auf Schweizer Strassen zugelassen sind. Schrittweise wurde das zugelassene Höchstgewicht für Lastwagen von 28 Tonnen auf die heute geltenden 40 Tonnen angehoben. Die EU akzeptiert aber auch, dass die schweizerische Verkehrspolitik den alpenquerenden Güterverkehr von der Strasse auf die Bahn verlagern will. Damit soll u.a. die Umweltbelastung entlang der wichtigen Verkehrsverbindungen durch die Alpen gesenkt werden. Mit der Umsetzung des Landverkehrsabkommens forderte die Interpellation Stadler vom 6. Juni 2000 den Bundesrat auf, die künftigen Umweltauswirkungen aufgrund des Landverkehrsabkommens zu erfassen und aufzuzeigen, wie sich diese entwickeln¹.

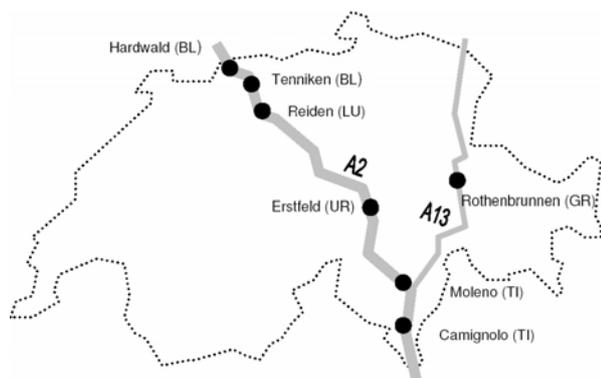
1.2 Messstationen als wichtiges Instrument für das Umweltmonitoring

Mit Messstationen entlang der Autobahnen A2 Gotthard und A13 San Bernardino werden Daten der Luft- und Lärmbelastung durch den Strassengüterverkehr entlang der beiden wichtigsten Nord-Süd-Verkehrsverbindungen seit Beginn 2003 aufgezeichnet. Die Dokumentation über mehrere Jahre hinweg erlaubt Rückschlüsse auf die Änderungen der Luft- und Lärmbelastung². Damit sollen die Trends aufgezeigt und in Verbindung mit der Verkehrsmenge, der Verkehrszusammensetzung und den technologischen Verbesserungen gebracht werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem alpenquerenden Güterverkehr auf der Strasse.

¹ Zum Vergleich sei auch auf die indikatorengestützte Berichterstattung TERM (Transport and Environment Reporting Mechanism) der Europäischen Umweltagentur zur Entwicklung des Verkehrs und der Umwelt in Europa hingewiesen (siehe http://themes.eea.europa.eu/Sectors_and_activities/transport/indicators)

² siehe auch <http://www.umwelt-schweiz.ch/mfm-u>

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



1.3 Der alpenquerende Verkehr – insbesondere der Güterverkehr im Fokus

1.3.1 Verkehr verursacht Luft- und Lärmemissionen

Bei der Verbrennung von Treibstoffen in Motorfahrzeugen werden verschiedene Luftschadstoffe freigesetzt. Diese nehmen dank der Entwicklung in der Motorentechnik generell ab, insofern eine grosse Verkehrszunahme diesen Effekt nicht wieder kompensiert. Die über das ganze Jahr ausgestossenen Luftschadstoffe sind aber immer noch beträchtlich – im Fall des Kantons Uri beispielsweise nimmt man an, dass rund 80% der gesamten Stickoxid-Emissionen durch den Verkehr, insbesondere durch den Verkehr auf der A2, ausgestossen werden³. 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 und auch mehr Lärm erzeugt⁴. Grosse Unterschiede zeigen sich zwischen Benzin- und Dieselfahrzeugen (zu denen unter anderem alle schweren Güterfahrzeuge gehören). So emittiert beispielsweise ein Diesel-Personenwagen mehr Stickoxide NO_x und Feinstaub PM₁₀, dafür weniger Kohlenmonoxid CO und flüchtige organische Verbindungen VOC als ein Personenwagen mit Benzinmotor.

³ Quelle: Emissionskataster des Kt Uri, 'EmUR' (Stand 2000), siehe auch <http://www.afu-uri.ch/i4Def.aspx?tabindex=0&tabid=480>. Die Aktualisierung des EmUR wird im Moment vorgenommen.

⁴ Ein Reisebus emittiert zwar ebenso viele Schadstoffe wie ein schweres Güterfahrzeug. Weil aber viel weniger Reisebusse als schwere Güterfahrzeuge unterwegs sind, sind die Emissionen der Reisebusse deutlicher geringer relevant.

Tab. 1 > Emissionsfaktoren von schweren Güterfahrzeugen (SGF) und Personenwagen (PW) auf den Alpentransitachsen im Jahr 2005.

PM exh (exhaust) ist die technische Bezeichnung für die direkt durch die Abgase aus dem Auspuff ausgestossenen Feinstaubpartikel; PM non-exh bezeichnet die Feinstaubpartikel, die aufgrund der Abriebsprozesse (Brems-, Pneu- und Strassenabrieb) entstehen. Stickoxide (NOx) und Feinstaub (PM) gehören zu den wichtigsten Schadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs.

Alpentransitachsen A2 & A13 (Altdorf - Bellinzona - Bonaduz)			
Fahrzeug- kategorie	NOx g/Fzkm	PM exh g/Fzkm	PM non-exh g/Fzkm
SGF Diesel	7.27	0.14	0.07
PW Benzin	0.33	0.00	0.05
PW Diesel	0.57	0.05	0.05

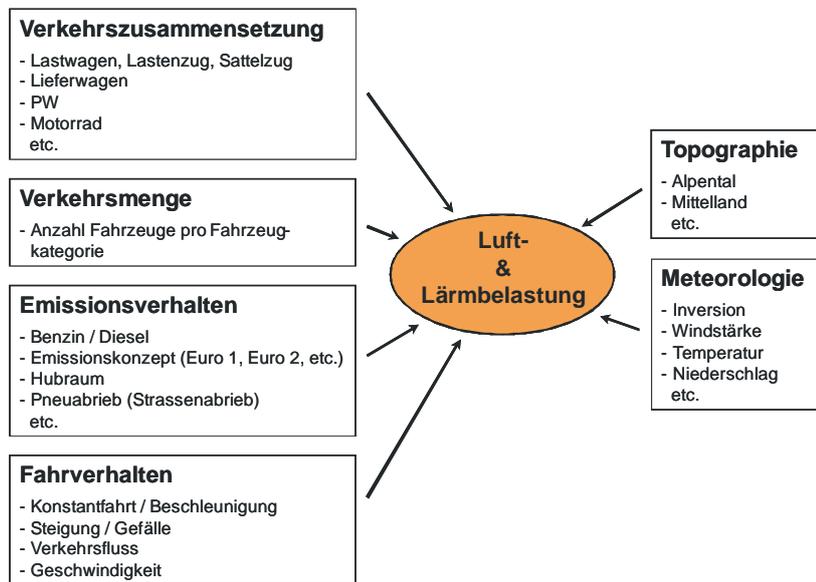
In den letzten Jahren konnten dank Verbesserungen der Motorentechnik die Luftschadstoff-Emissionen der schweren Strassengüterfahrzeuge erheblich reduziert werden, sie zählen aber noch immer zu den wichtigen Schadstoffquellen auf der Strasse. Die oben stehende Tabelle 1 vergleicht für das Jahr 2005 die wichtigsten Luftschadstoff-Emissionen eines für den Alpenraum ‚durchschnittlichen‘ schweren Güterfahrzeuges, mit ‚durchschnittlichen‘ Benzin- bzw. Diesel-PW’s, wobei sich ‚durchschnittlich‘ auf den Durchschnitt aller jeweiligen Gewichts- und Abgasnormen (Euro-Klassen) bezieht.

Bezüglich Lärmemissionen ist bei gleicher Geschwindigkeit ein schweres Güterfahrzeug ungefähr gleich laut wie 10 Personenwagen.

1.3.2 **Verschiedene Faktoren können die Luft- und Lärmbelastung auf der A2 und A13 verstärken – besonders im Alpenraum**

Die Umweltauswirkungen des Verkehrs auf der A2 und A13 sind von mehreren Faktoren abhängig (siehe Abbildung 2). Einerseits sind 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 und ausbreiten können.

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



Die Verkehrszusammensetzung, die Verkehrsmenge, das Emissionsverhalten der Fahrzeuge sowie das Fahrverhalten werden durch ökonomische, politische wie individuelle Bedürfnisse und Vorgaben bestimmt, während gerade die im Alpenraum dominierenden Faktoren Topographie und Meteorologie nicht beeinflussbar sind.

Meteorologisch sind *Inversionen* (Temperaturumkehr), die den Austausch mit höheren Luftschichten unterbinden, eine lufthygienisch kritische Wetterlage. Gerade in Alpentälern sind sie besonders nachts und im Winter besonders ausgeprägt. Innerhalb der Luftmasse rund 50 m über Boden sammeln sich die gesamten emittierten Luftschadstoffe an. Auch im Hinblick auf die Lärmbelastung sind Inversionslagen kritisch. Einerseits werden die Schallwellen gebrochen, sie entweichen also je nach Richtung nicht nach oben, sondern werden entlang der Inversionsschicht abgelenkt. Zusätzlich werden die Schallwellen auch wesentlich schwächer abgedämpft. Die Zunahme der Lärmbelastung aufgrund einer Inversionslage kann bis zu 5 dB betragen.

Die *Topographie* kann den Effekt von Inversionslagen zusätzlich verstärken. Die Luftpakete können in diesem Fall nicht nur nach oben, sondern auch seitlich nicht entweichen. Dies bewirkt, dass die gleiche Emissionsmenge im Alpenraum im Mittel bis zu einer dreifachen Immissionskonzentration gegenüber dem Mittelland führen kann. Während der Nacht kann die gleiche Emissionsmenge eine 4-fache Immissionskonzentration im Vergleich zum Tag bewirken. Steigungs- und Gefällsstrecken sind ausschlaggebend, dass in kleineren Gängen gefahren wird – für die Lufthygiene bedeutet dies eine verstärkte Schadstoffbelastung, im Lärmbereich sind die Motorengeräusche entsprechend lauter. Zusätzlich werden an den Talwänden die Schallwellen reflektiert und können die Lärmimmissionen teilweise sogar verstärken.

Neben den Emissionen der Strasse wird die Luft- und Lärmbelastung im Alpenraum v.a. durch den Eisenbahnverkehr, Aktivitäten des lokalen Gewerbes und der Landwirtschaft verstärkt. Beispielsweise sind die Täler der Alpensüdseite durch Holzfeuerungen im Winterhalbjahr zusätzlich stark beeinflusst.

2 > Luftbelastung entlang der A2 und A13

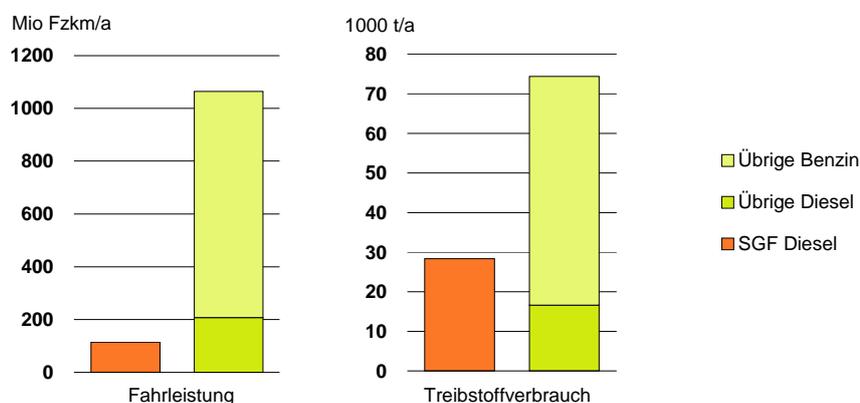
2.1 Luftschadstoff-Emissionen auf der A2 und A13 im Alpenraum

2.1.1 Kennwerte zu den Fahrleistungen, dem Treibstoffverbrauch und den wichtigsten emittierten Luftschadstoff-Emissionen im Jahr 2005

Strassenfahrzeuge emittieren Luftschadstoffe. Diese wurden mit Emissionsfaktoren und den Fahrleistungen (Anzahl gefahrene Kilometer pro Zeiteinheit), die für einzelne Fahrzeugklassen bestimmt werden, für die Abschnitte der A2 und A13 im Alpenraum berechnet⁵.

Abb. 3 > Fahrleistung und Treibstoffverbrauch von schweren Güterfahrzeuge (SGF) und den übrigen Fahrzeugen auf den Alpentransitachsen A2 und A13 (Altdorf bis Bellinzona und Bonaduz bis Bellinzona).

Fahrleistung und Treibstoffverbrauch 2005



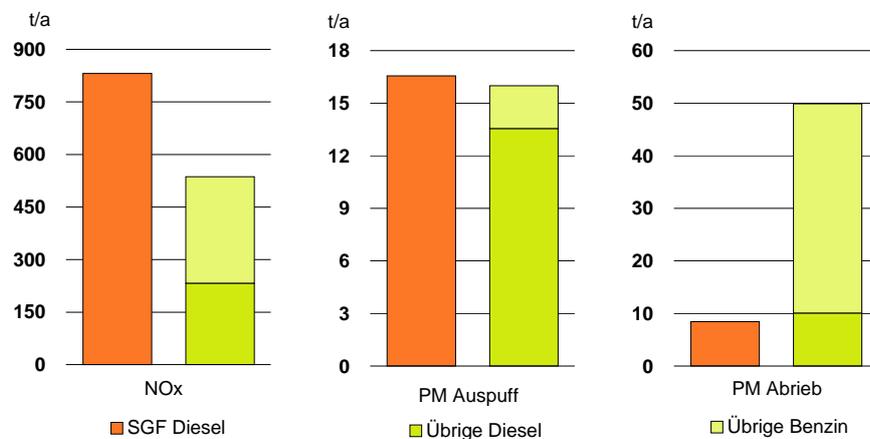
Im Jahr 2005 betragen die durch den gesamten Verkehr verursachten Fahrleistungen auf der A2 und A13 im Alpenraum, d.h. zwischen Altdorf und Bellinzona bzw. Bonaduz und Bellinzona, rund 1'180 Mio Fzkm. Rund 10% dieser Fahrleistungen wurden durch den schweren Güterverkehr zurückgelegt, während die übrigen Fahrzeuge für die restlichen 90% verantwortlich waren. Der schwere Güterverkehr verbrauchte 2005 für seine Fahrten rund 30% des durch den gesamten Verkehrs verbrauchten Treibstoffes (dieser betrug rund 100'000 t/a).

⁵ Für eingehendere Information zu Erhebungen zum alpenquerenden Güterverkehr siehe <http://www.are.admin.ch/are/de/verkehr/verkehrsobservatorium/index.html>

Der Anteil des schweren Güterverkehrs am gesamten Diesel-Verbrauch auf den untersuchten Abschnitten (rund 45'000 t/a) betrug 2005 rund zwei Drittel, während der übrigen Verkehr rund ein Drittel verbrauchte.

Abb. 4 > NO_x- und Partikel-Emissionen (Auspuff sowie Brems-, Pneu- und Strassenabrieb) von schweren Güterfahrzeuge (SGF) und den übrigen Fahrzeugen auf den Alpentransitachsen A2 und A13 (Altdorf bis Bellinzona und Bonaduz bis Bellinzona).

Emissionen 2005

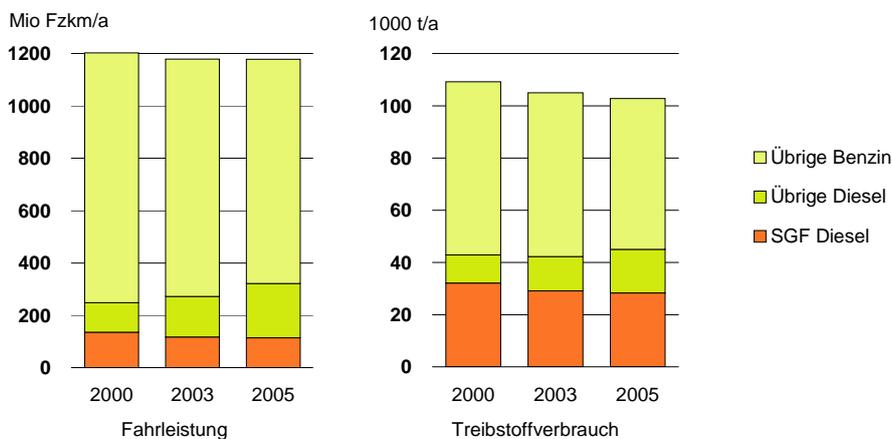


Trotz der 10x geringeren Fahrleistung waren die schweren Güterfahrzeuge die grösste Emissionsquelle für NO_x und den direkt verursachten Ausstoss von Feinstaub PM₁₀. Bei den Feinstaub-Emissionen, die durch den Abrieb aus Bremsen, Pneus und Strassen entstehen, überwiegen die übrigen Fahrzeuge aber deutlich.

2.1.2 Vergleich der Fahrleistungen, des Treibstoffverbrauchs und der wichtigsten emittierten Luftschadstoff-Emissionen 2000, 2003 und 2005

Abb. 5 > Fahrleistung und Treibstoffverbrauch von schweren Güterfahrzeuge (SGF) und den übrigen Fahrzeugen auf den Alpentransitachsen A2 und A13 (Altdorf bis Bellinzona und Bonaduz bis Bellinzona) in den Jahren 2000, 2003 und 2005.

Fahrleistung und Treibstoffverbrauch 2000, 2003 und 2005

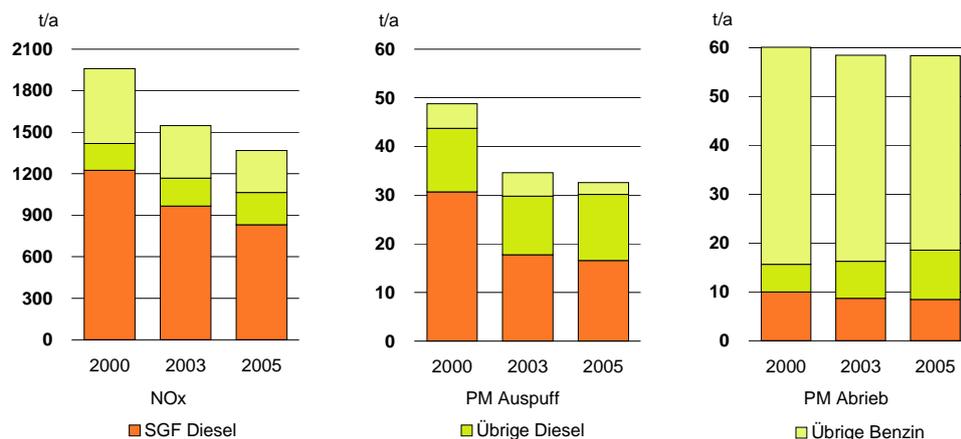


Im Zeitraum 2000 bis 2005 haben die Fahrleistungen aufgrund des Rückgangs der Anzahl alpenquerender Fahrten im schweren Güterverkehr um ca. 15.5% abgenommen, die Fahrleistungen des übrigen Verkehrs nahmen um ca. 0.5% ab.

Der Treibstoffverbrauch durch den Gesamtverkehr reduzierte sich 2000 bis 2005 um rund 6%. Auch der Verbrauch durch die schweren Güterfahrzeuge nahm entsprechend ab. Beachtet man nur die Kategorie der dieselbetriebenen Fahrzeuge, zu der neben schweren Güterfahrzeugen auch Busse, Lieferwagen und PW's gehören, nahm der Diesel-Verbrauch 2000 bis 2005 aber leicht zu. Dies, weil sich vor allem bei den PW's die Anzahl der Fahrzeuge mit Dieselantrieb erhöht hat.

Abb. 6 > NO_x- und Partikel-Emissionen (Auspuff sowie Brems-, Pneu- und Strassenabrieb) von schweren Güterfahrzeuge (SGF) und den übrigen Fahrzeugen auf den Alpen transitachsen A2 und A13 (Altdorf bis Bellinzona und Bonaduz bis Bellinzona) in den Jahren 2000, 2003 und 2005.

Emissionen 2000, 2003 und 2005



Die durch den Gesamtverkehr verursachten Emissionen auf der A2 und A13 haben im Alpenraum abgenommen. Die Reduktion der Emissionen von Stickoxiden und Feinstaub zwischen 2000 bis 2005 ist vor allem eine Folge der Verbesserungen in der Motorentechnologie und im Falle des schweren Güterverkehrs auch aufgrund der Reduktion der Anzahl Fahrten durch die Alpen. Hauptemittent von Stickoxiden und krebserregenden Russpartikeln ist der Güterverkehr - Hauptemittent bei den Partikeln aus Brems-, Pneu- und Strassenabrieb ist der PW-Verkehr.

Der Rückgang der durch den Gesamtverkehr emittierten Stickoxide betrug in der Zeitspanne 2000 bis 2005 ca. 30%. Zu dieser Gesamtreduktion trugen die schweren Güterfahrzeuge rund $\frac{2}{3}$ bei. Der überwiegende Teil der Reduktion von 2000 bis 2005 fand zwischen 2000 und 2003 statt.

Im Jahr 2000 haben schwere Güterfahrzeuge im Vergleich zu den übrigen Fahrzeugen noch 65% mehr Partikel aus dem Auspuff ausgestossen. Im Jahr 2005 sind diese Emissionen bei den schweren Güterfahrzeugen etwa gleich gross wie bei den übrigen Fahrzeugen. Insgesamt haben die Partikel-Emissionen aus dem Auspuff 2000 bis 2005 um ca. 30% abgenommen. Zu dieser Gesamtreduktion trug der schwere Güterverkehr rund 85% bei. Der überwiegende Teil der Reduktion von 2000 bis 2005 fand zwischen 2000 und 2003 statt.

Bei den Partikeln, die durch Brems-, Pneu- und Strassenabrieb entstehen, wurden im Jahr 2005 auf der A2 und A13 im Alpenraum immer noch ähnlich hohe Beträge wie im Jahr 2000 emittiert. Diese wurden hauptsächlich durch alle übrigen Fahrzeuge verursacht, die Emissionen aufgrund des Abriebes sind dabei fast 7-mal höher im Vergleich zu den schweren Güterfahrzeugen.

2.2 Luftschaadstoff-Immissionsbelastung entlang der A2 und A13

2.2.1 Messwerte 2005 für Schadstoffe mit Grenzwerten gemäss der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)

Tab. 2 > Messwerte 2005 für Stickoxide und Feinstaubpartikel. Grenzwerte gemäss der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

Schadstoff	Kenngrosse	Einheit	Grenzwert	Messstation					
				Hardwald	Reiden	Erstfeld	Moleno	Camignolo	Rothenbrunnen
	Messwerte 2005		CH	BL	LU	UR	TI	TI	GR
NO ₂	Jahresmittelwert	µg/m ³	30	56	33	42	50	59	24
	95-Perzentil	µg/m ³	100	101	69	81	99	112	53
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	Tage	1	13	4	3	24	47	--
PM10	Jahresmittelwert	µg/m ³	20	28	25	24	28	29	15
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	Tage	1	26	23	8	52	37	--

Entlang der A2 wurden an allen Stationen die Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaubpartikel (PM10) gemäss der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) überschritten. An der A13 wurden die entsprechenden Immissionsgrenzwerte eingehalten. Die grössten Schadstoff-Konzentrationen entlang der Autobahn wurden in der Agglomeration Basel und in den Tessiner Gebirgstälern gemessen.

2.2.2 Messwerte 2005 für Luftschaadstoffe ohne Immissionsgrenzwerte in der LRV

Neben den gesetzlich limitierten Schadstoffen gibt es weitere, die speziell bei der Verbrennung im Dieselmotor freigesetzt werden. Es sind dies Stickoxid (NO), Russ (black carbon), Feinstaubpartikelzahl und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Für freigesetzte Luftschaadstoffe durch Benzinmotoren werden an zwei Stationen Toluol und Benzol erhoben.

Tab. 3 > Messwerte 2005 für Luftschaadstoffe ohne Immissionsgrenzwerte in der LRV.

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

Schadstoff	Einheit	Messstation					
		Hardwald	Reiden	Erstfeld	Moleno	Camignolo	Rothenbrunnen
	Jahresmittelwerte 2005	BL	LU	UR	TI	TI	GR
NO	µg/m ³	102	41	42	87	97	17
NO _x	ppb	111	50	56	93	106	27
Benzol	µg/m ³	--	--	0.56	0.85	--	(0.28)
Toluol	µg/m ³	--	--	1.07	1.89	--	(0.98)
Russ	µg/m ³	8.60	3.70	5.86	4.58	4.60	4.06
Partikelzahl	Mrd p/m ³	(64)	(34)	(32)		(101)	(18)
PAK	ng/m ³	--	--	57	(57)	(50)	29

2.2.3 Entwicklung der Luftimmissionsbelastung 2003 bis 2005

Tab. 4 > Luftschadstoffbelastung an den MFM-U Stationen entlang der A2 und A13

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

Schadstoff	Kenngrösse	Grenzwert	Einheit	Messstation					
				Hardwald	Reiden	Erstfeld	Moleno	Camignolo	Rothenbrunnen
				BL	LU	UR	TI	TI	GR
NO ₂	Jahresmittel 2003	30	µg/m ³	59	35	45	49	(65)	28
	Jahresmittel 2004	30	µg/m ³	54	33	41	48	58	24
	Jahresmittel 2005	30	µg/m ³	56	33	42	50	59	24
PM10	Jahresmittel 2003	20	µg/m ³	31	29	22	(29)	(29)	17
	Jahresmittel 2004	20	µg/m ³	28	23	21	27	28	15
	Jahresmittel 2005	20	µg/m ³	28	25	24	28	29	15

Zwischen 2003 und 2005 haben die gemessenen Schadstoffkonzentrationen für die gesetzlich limitierten Schadstoffe NO₂ und PM10 sich nur wenig geändert. Eine Trenderaussage ist aufgrund der kurzen Messdauer noch nicht sinnvoll.

2.3 Wenn der Verkehr sprunghaft zunimmt oder ausbleibt – Auswirkungen auf die Messungen der Luftimmissions-Belastung am Beispiel der Gotthardsperrung 2006

2.3.1 Messungen an der A2 bei Erstfeld und A13 bei Rothenbrunnen während der Sperrung des Gotthardtunnels 2006

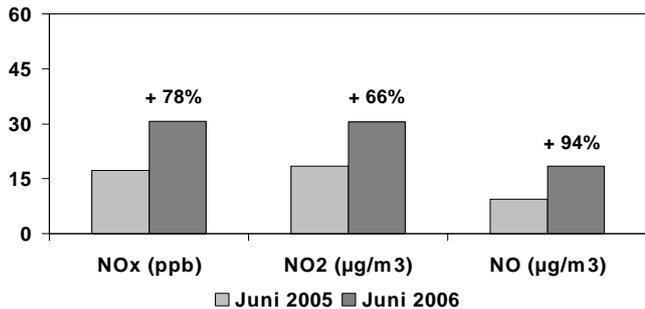
Aufgrund eines Felssturzes auf die A2 bei Gurtellen im Kanton Uri blieb die A2 fast den ganzen Monat Juni 2006 für einen grossen Teil des Verkehrs gesperrt. Dieser benutzte in der Folge hauptsächlich den San Bernardino (A13). Damit hat gleichzeitig auch eine markante Verschiebung der verkehrsbedingten Luftbelastung im Alpenraum entlang der beiden wichtigsten Nord-Süd-Achsen der Schweiz stattgefunden. Während die Luftbelastung entlang der A2 im Kanton Uri und im Nord-Tessin abgenommen hat, nahm die Belastung entlang der A13 im Kanton Graubünden deutlich zu.

Das gesamte Verkehrsaufkommen am San Bernardino war im Juni 2006 (rund 443'000 Fahrzeuge) gegenüber dem Juni 2005 (rund 181'000 Fahrzeuge) mehr als doppelt so gross. Der schwere Güterverkehr nahm für die beiden Vergleichsmonate auf fast das 4-fache von rund 13'000 auf ca. 51'000 Fahrzeuge zu.

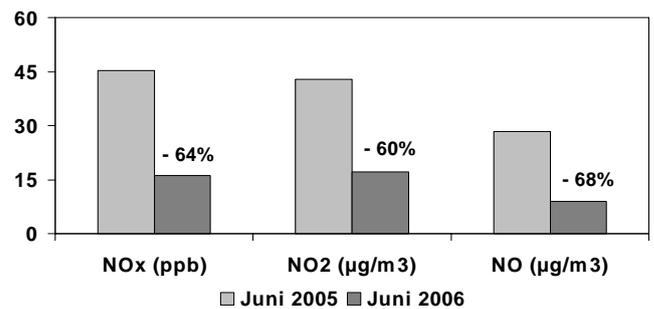
Abb. 7 > Verschiebung der Stickoxid- und Partikelbelastung von der A2 auf die A13 aufgrund der Gotthardsperrung⁶.

Vergleich Monatsmittel Juni 2005 und Juni 2006.

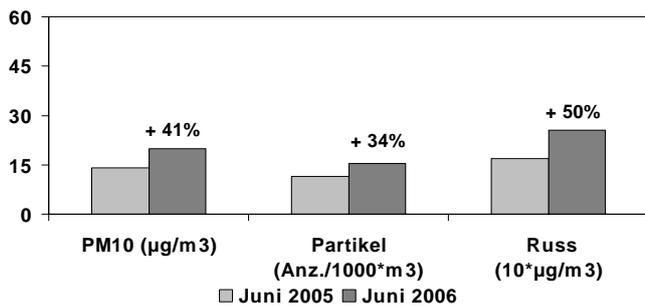
A13 – Rothenbrunnen



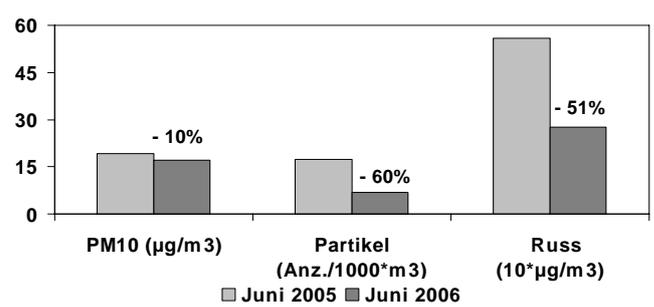
A2 – Erstfeld



A13 – Rothenbrunnen



A2 – Erstfeld



Diejenigen Luftschadstoffe, die in besonderem Masse von Diesel-Fahrzeugen ausgestossen werden (Stickoxide, Anzahl Partikel, Russ), haben deutlich zu- bzw. abgenommen. Die Stickoxid-Belastung (NOx) an der Station Rothenbrunnen an der A13 nahm um rund 80% zu, während sie bei Erstfeld an der A2 um gut 60% abnahm. An den gleichen Stationen nahm die Russ-Belastung um 50% zu bzw. ab. Auch bei der gemessenen Partikelanzahl ist eine deutliche Zu- respektive Abnahme zu erkennen. Vergleicht man hingegen die Grösse PM10, ist die Zunahme bei Rothenbrunnen deutlich, die entsprechende Abnahme bei Erstfeld aber wesentlich geringer⁷.

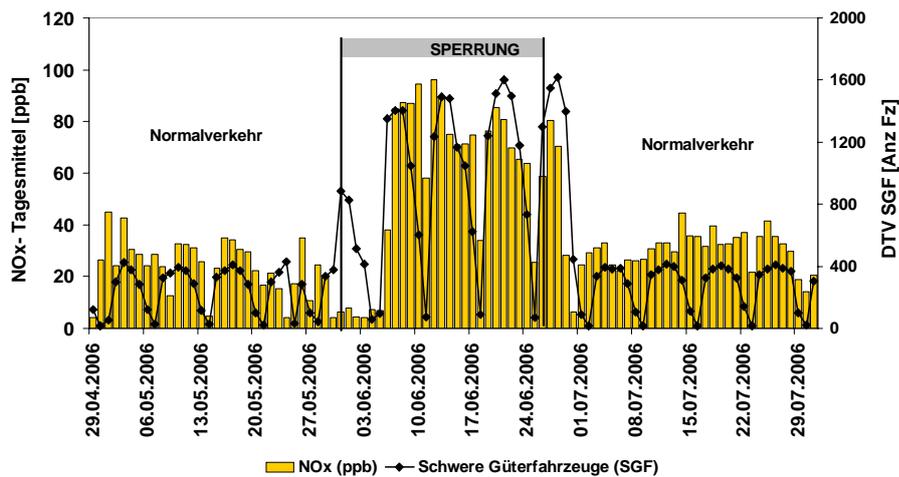
⁶ Die Monatsmittelwerte vom Juni 2006 wurden um die Differenz Juni 2006 minus Juni 2005 von nicht A2 und A13 exponierten Referenz-Stationen korrigiert (Bsp. NABEL Stationen Magadino und Sion, OSTLUFT-Station Vaduz). Damit ist garantiert, dass die Veränderungen nicht mehr einem gesamtschweizerischen Trend, hervorgerufen beispielsweise durch die Witterung, unterworfen sind.

⁷ Die PM10-Belastung wurde im besonders trockenen Juni 2006 auch von Staubverfrachtungen aus angrenzenden Regionen mit beeinflusst (z.B. die nahe gelegene Grossbaustelle in Rothenbrunnen an der A13 und die Sanierung der A2 wie die Bauarbeiten zur NEAT im Urner Reusstal).

Abb. 8 > Mit der Zunahme des Schwerverkehrs auf der A13 hat auch die Luftbelastung deutlich zugenommen.

Beispiel Mesocco, Mai – Juli 2006.

A13 – Mesocco (MisoX), Mai–Juli 2006



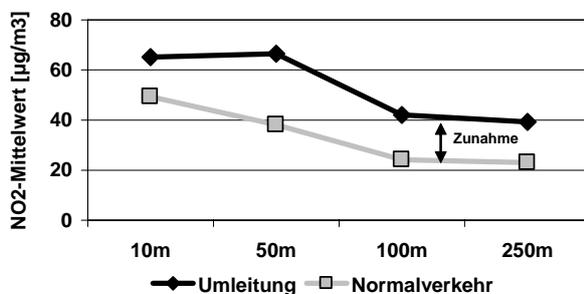
Vergleicht man den Verlauf der Stickoxide (NO_x) anhand von Messungen im MisoX von Mai bis Juli 2006, steigt mit der Zunahme des schweren Güterverkehrs auch die gemessene Schadstoffkonzentration sprunghaft an.

2.3.2 Stickstoffdioxid-Messungen während der Umleitung Gotthard 2006 quer zur A13

Abb. 9 > Die Abgase des Schwerververkehrs beeinträchtigen die ganze Talsohle der engen Alpentäler.

Beispiel Rothenbrunnen, NO₂-Belastung bis in einen Abstand von 250 m quer zur A13, Juni – Juli 2006 (Messungen vom 12.-27. Juni 2006).

Luftbelastung quer zur A13 während und nach der Umleitung



Während der Umleitung wurden bei Rothenbrunnen an der A13 Messungen quer zur Strasse vorgenommen. Die NO₂-Belastung hat sich in einem Abstand von 50 bis 250 m, wo der Siedlungsraum beginnt, verdoppelt.

Stickoxide, Feinstaub und schwerer Güterverkehr

Schwere Güterfahrzeuge, aber auch Reisebusse und Cars emittieren ohne die entsprechenden technischen Massnahmen deutlich mehr Stickoxide und Feinstaub aus dem Auspuff als der übrige Verkehr. Aufgrund des relativ grossen Anteils tragen schwere Güterfahrzeuge auf der A2 und A13 im Alpenraum wesentlich dazu bei (vgl. Kp 2.1). In der Lufthygiene spielen diese beiden Schadstoffe eine wichtige Rolle:

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 stossen im Schnitt rund 20x mehr NO_x pro gefahrenen Kilometer aus als benzinbetriebene PW's bzw. rund 13x mehr NO_x als dieselbetriebene PW's.

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 einerseits 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 auch sekundäre Partikel, die sich erst in der Luft aus gasförmigen Stoffen wie Ammoniak, Stickoxiden, Schwefeldioxid und organischen Verbindungen bilden.

Feinstaub setzt sich aus einer Vielzahl von chemischen Verbindungen zusammen. Besonders giftige Bestandteile aus gesundheitlicher Sicht sind die sehr kleinen, Krebs erzeugenden Russpartikel mit einem Durchmesser von bloss 100 Millionstel-millimeter. 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). Weil Dieselrysspartikel Krebs erregend sind, gibt es für sie keine Unbedenklichkeitsschwelle. Hier gilt vielmehr das Minimierungsgebot, das heisst, die Emissionen sind auf ein Minimum zu senken.

Dieselfahrzeuge stossen ohne entsprechenden technischen Massnahmen auf der Strasse rund 1000x mehr Feinstaub als benzinbetriebene Fahrzeuge aus. In diesem Mix befinden sich Krebs erregende Substanzen wie Russ.

2.4 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse Luftmonitoring

Der schwere Güterverkehr hatte 2005 nur einen geringen Anteil an den durch den Gesamtverkehr zurückgelegten Kilometern auf der A2 und A13. Für die Lufthygiene ist er aber aufgrund des übermässigen Ausstosses von Stickoxiden und Feinpartikel, die Russ enthalten, im Vergleich zum übrigen Verkehr nach wie vor eine wichtige Einflussgrösse: Im Jahr 2005 beispielsweise betrug der Anteil des schweren Güterver-

kehr auf der A2 und A13 im Alpenraum an den gesamten zurückgelegten Fahrleistungen ca. 10%, gleichzeitig emittierte er ca. 60% aller durch den Verkehr verursachten Stickoxide.

Im Vergleich zum Jahr 2000 ist aber ein deutlicher Rückgang der Emissionen festzustellen. Einerseits verbessern sich die Abgastechnologien ständig, die Fahrzeuge werden sauberer, andererseits haben die Fahrleistungen der schweren Güterfahrzeuge zwischen 2000 bis 2005 um über 15% abgenommen. Das Ergebnis ist im Falle der Stickoxide eine Reduktion der gesamten verkehrlichen Emissionen von über 30%. Zu dieser Gesamtreduktion trug der schwere Güterverkehr rund $\frac{2}{3}$ bei.

Die Werte der Messstationen entlang der A2 und A13, für die in der Luftreinhalteverordnung Grenzwerte festgelegt sind, sind in Relation dazu hoch. Aufgrund der Repräsentativität der MFM-U Stationen kann gefolgert werden, dass die Grenzwerte für NO₂ und PM10 entlang der ganzen Gotthard-Autobahn (A2) überschritten worden sind und entlang der Nord-Zufahrt zum San Bernardino Tunnel (A13) eingehalten wurden.

Auf dem Ausbreitungsweg zu den nah gelegenen Siedlungen werden die Schadstoffkonzentrationen verdünnt. Aus der Überschreitung der Grenzwerte direkt an der Autobahn kann nicht geschlossen werden, dass diese auch in den nah gelegenen Siedlungsgebieten überschritten sind. Andererseits kann aber erst beim Einhalten der Grenzwerte entlang der Autobahn gefolgert werden, dass die Strasse nicht zu einer wesentlichen Luftschadstoff-Belastung in den Wohngebieten beiträgt.

Das Beispiel der Gotthard-Sperrung 2006 illustriert eindrücklich, wie mit einem sprunghaften Ansteigen der Verkehrsmenge die Immissionsbelastung von NO₂ und dem krebserzeugenden Russ ebenfalls markant zunimmt. Im Fall von Rothenbrunnen liess sich eine Verdoppelung der gemessenen NO₂-Konzentration bis zum Siedlungsrand hin nachweisen. Für diese beiden Substanzen steuern insbesondere Dieselfahrzeuge wesentlich bei.

Bei Wetterlagen mit häufigen Inversionen kann die bodennah gefangene Luft im Alpenraum aufgrund der Topographie seitlich nicht entweichen. Dieser ‚Alpeneffekt‘ kann zu einer Verstärkung der Schadstoffbelastung führen. Neben der Verkehrsmenge ist er eine entscheidende Steuergrösse für die Lufthygiene im Alpenraum. Dies bestätigen auch die Messungen des Jahres 2005: Die höchsten Luftschadstoff-Messwerte wurden einerseits entlang der A2 in der verkehrsreichen Agglomeration Basel, andererseits in den Tälern des Südtessins gemessen, wo das Verkehrsaufkommen aber wesentlich geringer ist.

Als Fazit kann festgestellt werden, dass die Abgastechnologie wie die Menge der Fahrzeuge ein wichtiger Faktor für die Lufthygiene entlang der verkehrsintensiven Nord-Süd-Achsen sind. Weitere Faktoren kommen dazu, einerseits sind dies übrige, durch menschliche Aktivitäten verursachte Schadstoffquellen, andererseits nicht oder nur schwer beeinflussbare natürliche Gegebenheiten wie das Wetter und die Topographie.

3 > Lärmbelastung entlang der A2 und A13

3.1 Lärmbelastung an den Messstationen entlang der A2 und A13

Im Projekt MFM-U werden mit Messungen die Emissionen zum *Strassenlärm* erhoben. Mit den geeigneten Verfahren (sog. ‚Freifeldemissionen‘⁸) kann die Entwicklung der Lärmemissionen der einzelnen Fahrzeugklassen wie z. B. der schweren Güterfahrzeuge separat bestimmt werden. Da sie an der Autobahn erhoben werden, können diese Messwerte nicht mit den Grenzwerten der Lärmschutz-Verordnung (LSV) verglichen werden.

Tab. 5 > Messwerte 2004 und 2005 für die Lärmemissions-Belastung entlang der A2⁹ und A13 in Freifeldemissionen (vgl. Text und Fussnote) und dem energetischen Anteil der schweren Güterfahrzeuge an der gesamten Schallenergie (=100%).

Parameter	Jahr	Kenngrösse	Einheit	Reiden	Erstfeld	Camignolo	Rothenbrunnen
				LU	UR	TI	GR
Leq	2004	Jahresmittel	dB(A)	87.2	84.7	87.7	81.5
		%-Lärmanteil SGF	%	37 %	33 %	21 %	11 %
	2005	Jahresmittel	dB(A)	86.8	84.6	87.6	81.1
		%-Lärmanteil SGF	%	36 %	31 %	20 %	13 %
Leq Tag 06-22 Uhr	2004	Jahresmittel	dB(A)	88.5	86.0	89.0	82.9
		%-Lärmanteil SGF	%	37 %	34 %	22 %	11 %
	2005	Jahresmittel 2005	dB(A)	88.2	85.9	88.9	82.6
		%-Lärmanteil SGF	%	36 %	32 %	21 %	13 %
Leq Nacht 22-06 Uhr	2004	Jahresmittel	dB(A)	81.6	79.1	82.5	74.7
		%-Lärmanteil SGF	%	35 %	21 %	14 %	9 %
	2005	Jahresmittel 2005	dB(A)	81.2	79.0	82.5	74.3
		%-Lärmanteil SGF	%	36 %	20 %	14 %	11 %

Der Vergleich der Lärmentwicklung der Jahre 2004 zu 2005 lässt keine wesentliche Änderung erkennen. Die Lärmbelastung ist in etwa gleich geblieben¹⁰.

⁸ 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 Lärmessungen wird dabei auch der vorbeifahrende Verkehr, differenziert nach einzelnen Verkehrsklassen, erhoben. Die Emissionen können nicht den Grenzwerten der Lärmschutz-Verordnung (LSV) gegenübergestellt werden.

⁹ Die Freifeldemissionswerte der Messstation Tenniken werden aufgrund der fehlenden Verkehrsmessung vor Ort nicht aufgezeigt, für Moleno ist aufgrund der Belagssanierung ein Jahresvergleich nicht sinnvoll.

¹⁰ Mit der angewandten Methode der Freifeldemissionen können nur die Daten 2005 mit 2004 verglichen werden, da aufgeschlüsselte Verkehrsdaten nach der sog. SWISS10-Fahrzeugklassifikation benötigt werden. Vergleicht man aber die Messreihe bis zu Beginn der

Betrachtet man den prozentualen Lärmanteil der schweren Güterfahrzeuge am gesamten Strassenverkehrslärm, so ist dieser relativ hoch. Bei Camignolo beträgt der Lärmanteil 2005 rund 20%, obwohl der Anteil der schweren Güterfahrzeuge an der Gesamtverkehrsmenge nur rund 7% beträgt, bei Erstfeld tragen die schweren Güterfahrzeuge rund 30% an den Gesamtlärm bei, bei einem verkehrlichen Anteil von rund 13%. Im Mittelland bei Reiden tragen die schweren Güterfahrzeuge über 35% an den Gesamtlärm bei, die schweren Güterfahrzeuge machen hier rund 12% am Gesamtverkehr aus.

Für die Entwicklung des *Schienenlärms* ist das Bundesamt für Verkehr (BAV) zuständig. Das BAV untersucht unter anderem an der Gotthard- und Lötschbergbahnlinie die Lärmentwicklung anhand von Messstationen und publiziert diese in Jahresberichten.¹¹ Die Messungen entlang der Gotthard- und Lötschberglinie zeigen, dass während der kritischen Nachtperiode die Lärmemissionen sich seit 2003 kaum verändert haben und geringfügige Zunahmen auf lokale Einflüsse durch die Schienen zurückzuführen sind.

Lärm

Lärm ist unerwünschter Schall, der infolge von Druckschwankungen entsteht. Das menschliche Gehör verarbeitet aus der Anzahl der Druckschwankungen, der so genannten Frequenz, den Schall zu einer tonlichen Zusammensetzung und nimmt die Grösse der Druckschwankung als Lautheit wahr. Man verwendet für den Schalldruck ein logarithmisches Mass, das auch unserer Lautstärkeempfindung besser entspricht – den Schallpegel in Dezibel, abgekürzt dB. Der leiseste noch knapp hörbare Ton liegt bei etwas über 0 dB, die Schmerzschwelle liegt bei etwa 120 dB. Mit dem so genannten A-Filter wird berücksichtigt, dass das menschliche Ohr auf tiefe Frequenzen viel weniger empfindlich ist als auf hohe Frequenzen. Mit dem A-Filter werden die tieferen Frequenzen für die Bewertung der Auswirkungen auf den Menschen entsprechend abgeschwächt.

Bei einer gleichen Geschwindigkeit ist ein schweres Güterfahrzeug ungefähr gleich laut wie 10 Personenkraftwagen. Ein Anstieg von 3 dB(A) entspricht einer Verdoppelung der Quellenleistung, z.B. 4 statt 2 kW, LKW etc. Ein Anstieg um 10 dB(A) wird von unserem Ohr als eine Verdoppelung der Lautheit wahrgenommen.

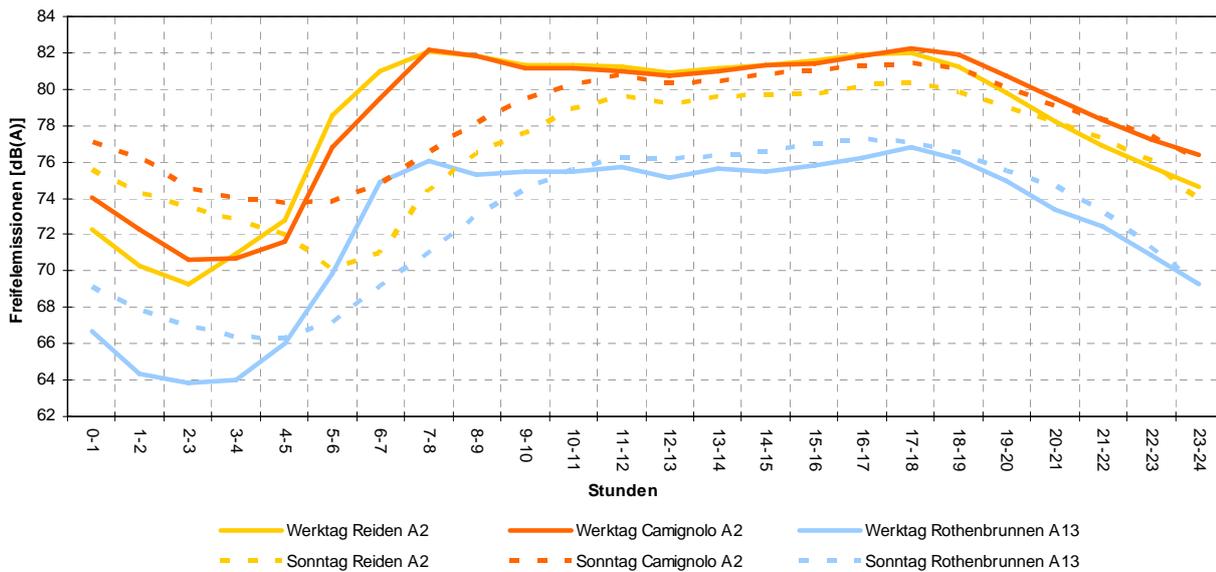
ersten Aufzeichnungen im Jahr 2003, so ist auch in der Zeitspanne 2003 bis 2005 keine wesentliche Änderung (verglichen als Leq dB(A)) festzustellen.

¹¹ Siehe Bundesamt für Verkehr – „Projekt Lärmsanierung“: Aktuelle Messberichte sind im Internet unter http://www.bav-a.admin.ch/ls/d/de_d.cfm einsehbar

3.2

Der Verlauf der Lärmbelastung an Werk- und Sonntagen

Abb. 10 > Mittlerer Tagesgang Lärm 2005 exemplarisch für 3 Messstationen.



An Werktagen (Mo-Fr) steigt der Lärmpegel am frühen Morgen mit dem Ende des Nachtfahrverbotes für schwere Güterfahrzeuge um 5 Uhr und mit dem Einsetzen des Pendlerverkehrs je nach Standort 1-2 Stunden später rasch an und bleibt tagsüber konstant bis ca. 18 Uhr, um anschliessend allmählich bis 2 Uhr morgens abzusinken. An Sonntagen verlaufen die Kurven entsprechend des Freizeitverhaltens anders, der Anstieg erfolgt am Morgen erst zwischen 6 und 10 Uhr (keine Pendlerfahrten), das Lärmniveau tagsüber liegt meistens unterhalb des Werktaglärms wegen dem Ausbleiben der schweren Güterfahrzeuge (Sonntagsfahrverbot), erstreckt sich dafür aber länger in die Abendstunden.

3.3

Lärmbelastung eines Alpentals durch die A2 am Beispiel von Camignolo

Anhand von Lärmmessungen bei Camignolo im Tessin über den gesamten Talquerschnitt wird die Lärmbelastung eines Alpentales nur aufgrund des Strassenverkehrs auf der A2 exemplarisch aufgezeigt. Die Auswertungen berücksichtigten nur den Autobahnverkehr, der ab den frühen Morgenstunden kontinuierlich verläuft, und nicht zusätzliche Verkehrsquellen wie die Eisenbahn¹².

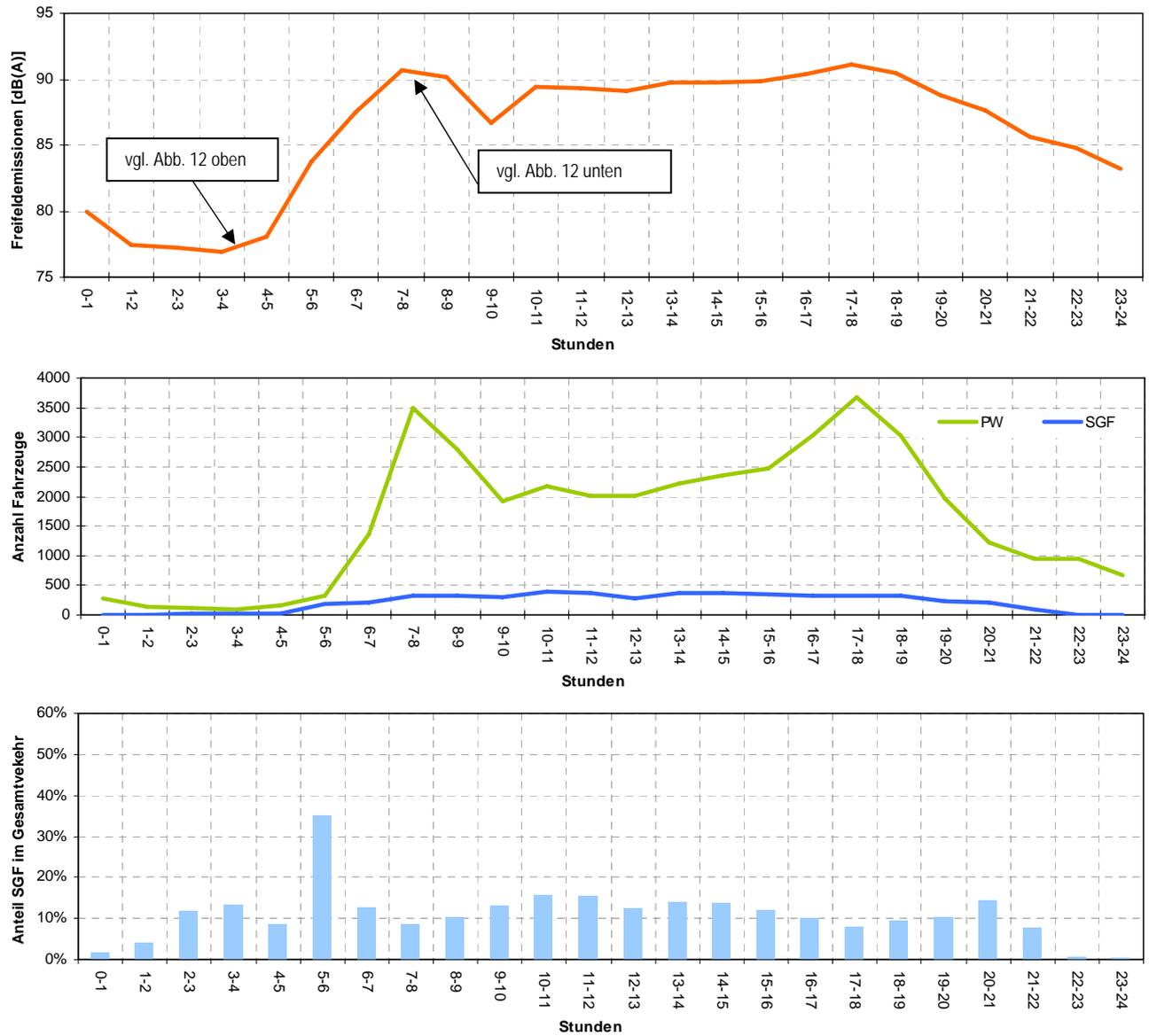
¹² Bei den Messaufzeichnungen wurde der Fokus nur auf den Strassenverkehr gelegt. Mit einem Logbuch wurden nicht erwünschte Lärmereignisse speziell registriert und bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt.

Abb. 11 > Tagesgang der Strassenlärm-Belastung am Beispiel Camignolo.

Oben: Strassenlärm-Emissionen an der Autobahn.

Mitte: Anzahl PW's und schwere Güterfahrzeuge (SGF).

Unten: prozentualer Anteil der schweren Güterfahrzeuge am Gesamtverkehr.



Messungen am 25.10.2005

Die Grafiken in Abbildung 11 zeigen uns den Verlauf des Lärmpegels an der Autobahn A2, der Verkehrsmenge sowie des jeweiligen prozentualen Anteils des schweren Güterverkehrs am Gesamtverkehr. Betrachtet man zunächst den Verlauf der Verkehrsmenge (mittlere Grafik), sieht man wie der Gesamtverkehr ab 5 Uhr morgens rapide ansteigt. Nach der Spitzenbelastung zwischen 7 bis 8 Uhr geht dieser wieder deutlich zurück und nimmt ab Mittag wieder zu bis zur zweiten Tagesspitze zwischen 17 bis 18 Uhr. Danach nimmt der gesamte Verkehr ständig ab mit einem Minimum in den frühen Morgenstunden. Betrachtet man nur den Verlauf der schweren Güterfahrzeuge, dann steigt dieser in den frühen Morgenstunden an und bleibt relativ konstant bis ca. 19 Uhr um dann abzunehmen.

Der Verlauf der Lärmbelastung (siehe obere Grafik) hat einen ähnlichen Verlauf analog zum Gesamtverkehrs-Aufkommen. Die Lärmbelastung ist am geringsten bei wenig Verkehr während den Nachtstunden und steigt in den frühen Morgenstunden ab 4 Uhr deutlich an mit einer Spitze zwischen 7 bis 8 Uhr. Die Lärmbelastung bleibt dann relativ konstant bis 18 Uhr, um dann stetig abzunehmen.

Betrachtet man den Anteil des schweren Güterverkehrs am Gesamtverkehr (untere Grafik), ist dieser zwischen 5 bis 6 Uhr mit gut 35% weitaus am grössten, tagsüber schwankt er zwischen ca. 10 bis 15%.

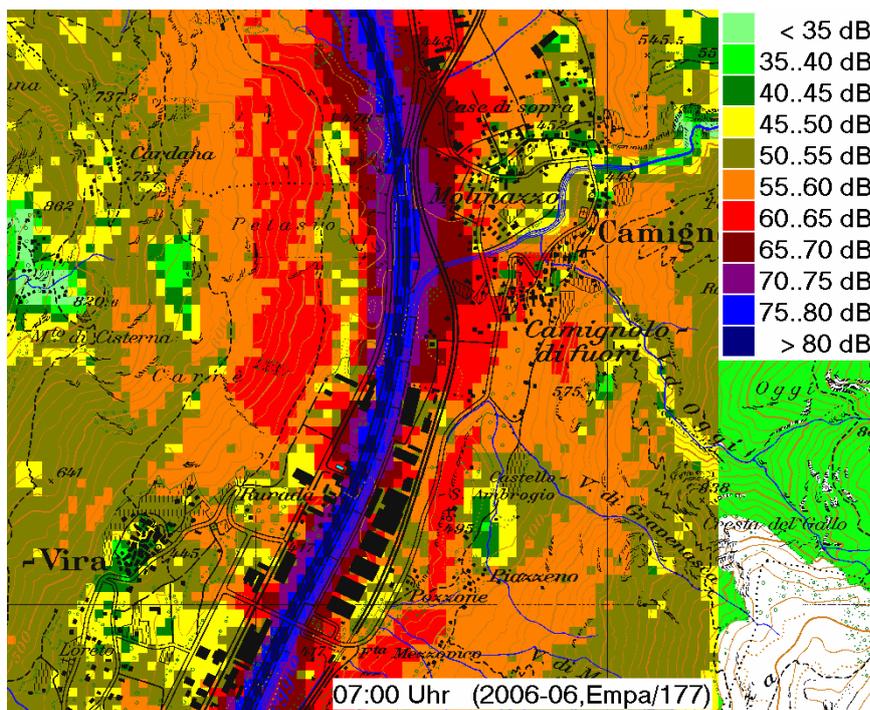
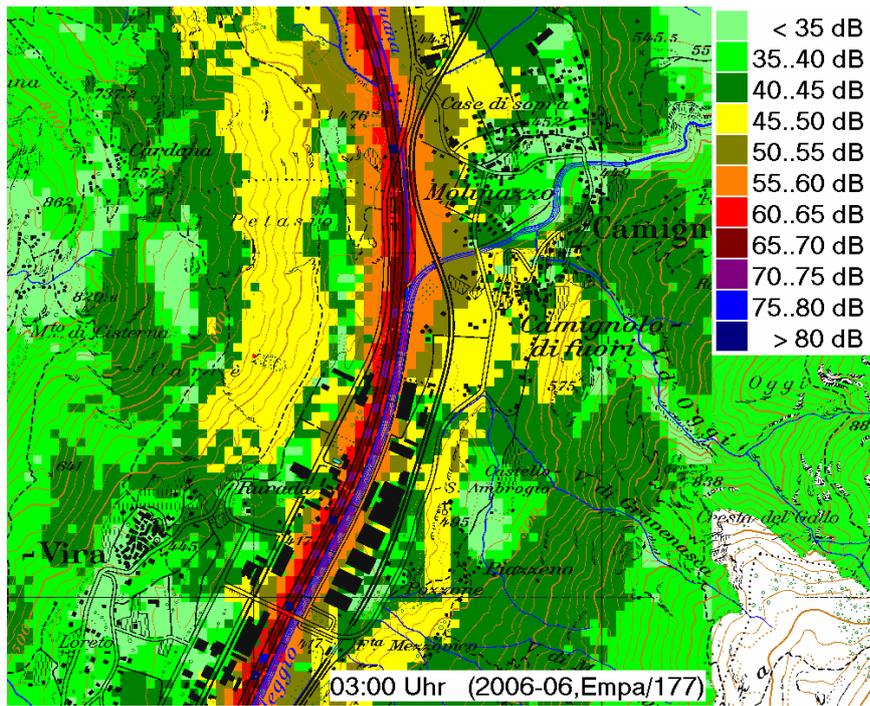
Schwere Güterfahrzeuge sind lauter als PW's. Dies erklärt, weshalb in Abbildung 10 die Emissionen nach der morgendlichen Verkehrsspitze nicht so stark zurückgehen wie die gesamte Verkehrsmenge. Trotz eines mengenmässig geringen Anteils am Gesamtverkehr bleibt v.a. wegen den schweren Güterfahrzeugen die Lärmbelastung tagsüber relativ konstant.

Die beiden Karten (Abbildung 12) zeigen die flächenhafte Lärmbelastung aufgrund des Verkehrs auf der A2. Es wurden die zwei Zeitschnitte gewählt, die den minimalen respektive den ersten maximalen Strassenlärm-Emissionen in den Morgenstunden an der A2 entsprechen (vgl. Abbildung 11 oben). Die Karte mit der minimalen Lärmbelastung morgens zwischen 3 bis 4 Uhr zeigt, dass auch in den Nachtstunden der Verkehr für eine minimale Grundbelastung verantwortlich zeichnet. Morgens zwischen 7 bis 8 Uhr ist mit dem Pendler- und dem schweren Güterverkehr die maximale Beschallung des Tales erreicht. Bis zu einer Distanz von 1,5 km nahm an allen Flächen in den Talflanken, die eine direkte Sichtverbindung zur Autobahn haben, die Lärmbelastung um 10 bis 15 Dezibel zu. In der Nacht waren aufgrund des Strassenlärms der Autobahn noch in 500 m Entfernung Gebiete einer Belastung von 50 dB ausgesetzt. Dieser Wert entspricht dem Immissionsgrenzwert für Wohnzonen während der Nachtperiode gemäss der Lärmschutz-Verordnung (LSV). Macht man denselben Vergleich für die Tagperiode gemäss der LSV, so waren bis in 800 m Entfernung Gebiete mit dem Grenzwert von 60 dB betroffen.

Aufgrund der speziellen Topographie sind Alpentäler besonders empfindlich auf Verlärmung. Bei den Messungen wurde an den Talflanken im Vergleich zur Ebene in rund 3-facher Entfernung die gleiche Lärmbelastung festgestellt.

Abb. 12 > Strassenlärm-Immissionen [Leq(A)] für die Stunden zwischen 3 bis 4 Uhr nachts (oben) und der Morgenstunde zwischen 7 bis 8 Uhr (unten). PK25 © swisstopo (DV 351.5)

Die Zeitschnitte entsprechen dem Emissions-Verlauf an der Autobahn in Abbildung 11.



3.4

Zusammenfassung und Interpretation Lärmmonitoring

Die Lärmbelastung des Jahres 2005 hat sich im Vergleich zum Vorjahr nicht wesentlich verändert. Da schwere Güterfahrzeuge im Vergleich zum übrigen Verkehr relativ viel Lärm verursachen, tragen sie im Vergleich zu ihrem verkehrlichen Anteil überproportional an den Gesamtlärm bei. Dies macht sich besonders in den frühen Morgenstunden mit dem Ende des Nachtfahrverbotes um 5 Uhr bemerkbar, die Lärmbelastung nimmt zwischen 5 bis 6 Uhr rapide zu. Berechnungen zeigen, dass während dieser Stunde der schwere Güterverkehr mit rund $\frac{2}{3}$ den grössten Anteil an den Gesamtemissionen hat. Die Werktage sind stärker und länger als die Sonntage mit Lärm belastet. Tagsüber sind die Belastungen um mindestens 5 dB höher als während der Nacht.

Aufgrund der speziellen Topographie sind Alpentäler besonders empfindlich auf Verlärmung. An den Talflanken wird im Vergleich zur Ebene in rund 3-facher Entfernung die gleiche Lärmbelastung festgestellt.

> Verzeichnisse

Abkürzungen

Benzol

leicht flüchtige Flüssigkeit, die bei Verbrennungsprozessen und Verdunstung freigesetzt wird. Ist im Benzin enthalten und krebserregend.

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.

CO

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

Fzge

(Anzahl) Fahrzeuge.

Fzkm

Fahrzeug-Kilometer, Einheit für die Fahrleistung.

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 / 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 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.

Toluol

hat ähnliche Eigenschaften wie Benzol, ist ebenfalls im Benzin enthalten aber weniger giftig.

t/Jahr

Tonnen pro Jahr. Einheit für Emissionsfrachten.

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

Abb. 1 Standorte der MFM-U Messstationen entlang der A2 und der A13.	12
Abb. 2 Einflussfaktoren auf Luft- und Lärmbelastung durch den Strassenverkehr.	14
Abb. 3 Fahrleistung und Treibstoffverbrauch von schweren Güterfahrzeuge (SGF) und den übrigen Fahrzeugen auf den Alpentransitachsen A2 und A13 (Altdorf bis Bellinzona und Bonaduz bis Bellinzona).	16
Abb. 4 NO _x - und Partikel-Emissionen (Auspuff sowie Brems-, Pneu- und Strassenantrieb) von schweren Güterfahrzeuge (SGF) und den übrigen Fahrzeugen auf den Alpentransitachsen A2 und A13 (Altdorf bis Bellinzona und Bonaduz bis Bellinzona).	17
Abb. 5 Fahrleistung und Treibstoffverbrauch von schweren Güterfahrzeuge (SGF) und den übrigen Fahrzeugen auf den Alpentransitachsen A2 und A13 (Altdorf bis Bellinzona und Bonaduz bis Bellinzona) in den Jahren 2000, 2003 und 2005.	18
Abb. 6 NO _x - und Partikel-Emissionen (Auspuff sowie Brems-, Pneu- und Strassenantrieb) von schweren Güterfahrzeuge (SGF) und den übrigen Fahrzeugen auf den Alpentransitachsen A2 und A13 (Altdorf bis Bellinzona und Bonaduz bis Bellinzona) in den Jahren 2000, 2003 und 2005.	19
Abb. 7 Verschiebung der Stickoxid- und Partikelbelastung von der A2 auf die A13 aufgrund der Gotthardsperrung.	22
Abb. 8 Mit der Zunahme des Schwerverkehrs auf der A13 hat auch die Luftbelastung deutlich zugenommen.	23
Abb. 9 Die Abgase des Schwerverkehrs beeinträchtigen die ganze Talsohle der engen Alpentäler.	23
Abb. 10 Mittlerer Tagesgang Lärm 2005 exemplarisch für 3 Messstationen.	28
Abb. 11 Tagesgang der Strassenlärm-Belastung am Beispiel Camignolo.	29

Abb. 12

Strassenlärm-Immissionen [Leq(A)] für die Stunden von 03-04 Uhr nachts (oben) und der Morgenstunde zwischen 07-08 Uhr (unten). PK25 © swisstopo (DV 351.5).	31
---	----

Tabellen

Tab. 1 Emissionsfaktoren von schweren Güterfahrzeugen (SGF) und Personenwagen (PW) auf den Alpentransitachsen im Jahr 2005.	13
Tab. 2 Messwerte 2005 für Stickoxide und Feinstaubpartikel. Grenzwerte gemäss der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).	20
Tab. 3 Messwerte 2005 für Luftschadstoffe ohne Immissionsgrenzwerte in der LRV.	20
Tab. 4 Luftschadstoffbelastung an den MFM-U Stationen entlang der A2 und A13.	21
Tab. 5 Messwerte 2004 und 2005 für die Lärmemissions-Belastung entlang der A2 und A13 in Freifeldemissionen (vgl. Text und Fussnote) und dem energetischen Anteil der schweren Güterfahrzeuge an der gesamten Schallenergie (=100%).	26