

> Umweltbelastungen des alpenquerenden Güterverkehrs

Resultate des Projekts MFM-U, Stand 2015



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

> Inhalt

Abstracts	3
Vorwort	5
<hr/>	
Die Alpen – Lebensraum und Transitkorridor	6
<hr/>	
Entwicklung des alpenquerenden Güterverkehrs	8
<hr/>	
Güterverkehr als Verursacher von Luftschadstoffen	10
<hr/>	
Beeinträchtigung der Luftqualität durch den Strassenverkehr	12
<hr/>	
Güterverkehr als Verursacher von Lärm	14
<hr/>	
Lärmbelastung durch Strasse und Schiene	16
<hr/>	
Gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen	18
<hr/>	
Szenarien zur Luft- und Lärmbelastung bis 2020	20

Impressum

Herausgeber

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

Redaktion

dialog:umwelt, Markus Nauser, Bern

Begleitende Arbeitsgruppe

Klaus Kammer, BAFU, Sektion Umweltbeobachtung (Leitung)
Hugo Amacker, BAFU, Abt. Luftreinhaltung und Chemikalien
Marco Andretta, Dipartimento del territorio Ticino, Bellinzona
Angelo Bernasconi, IFEC, Rivera
Susanne Bieri, inNET Monitoring AG, Altdorf
Matthias Brechbühl, Norsonic, Rüegsau
Hanspeter Gloor, Departement Bau Verkehr und Umwelt Aargau, Aarau
Kurt Heutschi, EMPA, Dübendorf
Peter Inäbnit, Amt für Raumplanung Basel-Landschaft, Liestal
Niklas Joos, Amt für Umweltschutz Uri, Altdorf
Walter Krebs, Amt für Natur und Umwelt Graubünden, Chur
Hanspeter Lötscher, Amt für Natur und Umwelt Graubünden, Chur
Ennio Malorgio, Dipartimento del territorio Ticino, Bellinzona
Hansruedi Moser, Lufthygieneamt beider Basel, Liestal
Yves Pillonel, ASTRA, Sektion Umwelt
Dominique Schneuwly, BAFU, Abt. Lärm und NIS
Marco Steiger, Dipartimento del territorio Ticino, Bellinzona
Urs Zihlmann, Dienststelle Umwelt und Energie, Luzern

Gestaltung

Magma Branding, Bern

Fotos

Jean-Pierre Grüter, Luzern (Titelseite, Seiten 8, 10, 14, 18, 20)

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uz-1628-d

Eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden.

Diese Publikation ist auch in italienischer Sprache verfügbar.

Weitere Informationen zur Umweltbelastung durch den alpenquerenden Güterverkehr sind verfügbar unter www.bafu.admin.ch/mfm-u

Die Fotos, die diese Publikation illustrieren, entstanden zwischen Sommer 2008 und September 2009 im Rahmen einer Projektarbeit des Fotografen Jean-Pierre Grüter über Personen oder Familien, die unmittelbar an der Autobahn zwischen Luzern und Mailand leben. Sie wurden 2009 im Bildband «Wohnort Autobahn» beim Benteli Verlag publiziert.

Weitere Informationen zum Projekt «Wohnort Autobahn»:
http://www.j-pg.ch/html/Hauptstruktur/VIII_n1.html

> Abstracts

One of the main aims of Switzerland's transport policy is to ensure that freight traffic can cross the Alps with minimum environmental impact. Records of air and noise pollution along the transit axes through the Alps, as collected since 2003, show a mixed picture. On the one hand technical advances and policy targets for air pollutants and, notably, rail noise have led to significant improvements. On the other hand, the negative impacts of trans-Alpine freight transport on people and environment are still too high. Scenarios for 2020 show the need for further efforts to improve the quality of the environment along the transit axes for the population living there.

Keywords:

environmental monitoring, transalpine freight traffic, air pollution, noise pollution, influence of meteorology and topography, health effects

Die umweltverträgliche Abwicklung des alpenquerenden Güterverkehrs ist ein wichtiges Anliegen der schweizerischen Verkehrspolitik. Erhebungen zur Luftqualität und zum Lärm entlang der Transitachsen im Nord-Süd-Verkehr durch die Alpen seit 2003 ergeben ein uneinheitliches Bild: Zwar haben der technische Fortschritt und politische Vorgaben bei einzelnen Luftschadstoffen und vor allem beim Schienenlärm zu deutlichen Verbesserungen geführt. Die Belastungen für Mensch und Umwelt durch den alpenquerenden Güterverkehr sind aber nach wie vor hoch. Szenariobetrachtungen bis 2020 verdeutlichen, dass es zusätzlicher Anstrengungen bedarf, damit die Transitkorridore ihre Funktion als vollwertige Lebensräume für die lokale Bevölkerung zurückgewinnen.

Stichwörter:

Umweltmonitoring, alpenquerender Güterverkehr, Luftbelastung, Lärmbelastung, Einfluss von Meteorologie und Topografie, gesundheitliche Auswirkungen

Le développement dans le respect de l'environnement du trafic transalpin de marchandises est l'un des objectifs principaux de la politique suisse des transports. Les enquêtes sur la qualité de l'air et le bruit le long des voies de transit nord-sud à travers les Alpes présente un tableau mitigé depuis 2003. Alors que le progrès technologique et les directives-cadres politiques ont conduit à des améliorations significatives pour certains polluants atmosphériques, et principalement pour le bruit ferroviaire, l'impact sur les personnes et l'environnement restent encore élevés. L'évaluation de scénario pour 2020 montre que des efforts supplémentaires sont nécessaires pour que les couloirs de transit retrouvent, à part entière, leur fonction d'habitats pour la population locale.

Mots-clés:

monitoring environnemental, trafic transalpin de marchandises, pollution atmosphérique, pollution sonore, influence de la météorologie et de la topographie, impacts sur la santé

La sostenibilità del traffico transalpino delle merci è uno degli obiettivi principali della politica dei trasporti della Svizzera. I rilevamenti effettuati dal 2003 sulla qualità dell'aria e sull'inquinamento fonico lungo gli assi di transito transalpino nord-sud dipingono uno scenario eterogeneo: nonostante i progressi tecnici e le direttive politiche abbiano contribuito alla notevole diminuzione dei valori di singoli inquinanti atmosferici e, in particolare, del rumore prodotto dalla ferrovia, le ripercussioni del traffico transalpino delle merci sull'uomo e sull'ambiente permangono elevate. Gli scenari fino al 2020 mostrano che occorrono sforzi maggiori affinché i corridoi di transito tornino a essere spazi vitali adeguati per la popolazione locale.

Parole chiave:

monitoraggio ambientale, traffico merci attraverso le Alpi, inquinamento atmosferico, inquinamento fonico, influsso della meteorologia e della topografia, effetti sulla salute

> Vorwort

In den Alpentälern ist der Transport von Gütern seit Jahrhunderten eine wichtige Einkommensquelle. Im 19. Jahrhundert wurden die Bergregionen auch als Erholungsraum entdeckt, was der ansässigen Bevölkerung zusätzliche Erwerbsmöglichkeiten bot.

Mit der Eröffnung der Autobahnen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wandelte sich der einstmals willkommene Verkehr mehr und mehr zu einer Belastung für Mensch und Umwelt. In der Folge wurde 1994 der Alpenschutzartikel in die Bundesverfassung aufgenommen. Dieser verlangt, dass die Alpen als Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen vor den schädlichen Auswirkungen des Transitverkehrs zu schützen sind.

Das 2003 lancierte Projekt «Monitoring Flankierende Massnahmen Umwelt» (MFM-U) ist ein Element des Früherkennungssystems des Bundes zur Verlagerungspolitik. Es überwacht die Umweltqualität entlang der Transitachsen. Die Luftschadstoff- und Lärmbelastung an der Gotthard- und der San-Bernardino-Route werden kontinuierlich gemessen.

Die letzte umfassende Publikation im Rahmen des Projekts MFM-U ist 2011 erschienen. Der vorliegende Bericht präsentiert die seither erhobenen Daten, fasst die wichtigsten Erkenntnisse aus einschlägigen Untersuchungen zusammen und bietet einen Ausblick auf Entwicklungspotenziale bis 2020. Er macht deutlich, dass nach wie vor grosser Handlungsbedarf besteht, um die Umweltsituation und die Lebensbedingungen in den betroffenen Tälern zu verbessern.

Ende 2016 erfolgt die Inbetriebnahme des Gotthard-Basistunnels. Ab diesem Zeitpunkt können in kürzerer Zeit mehr Güter auf der Bahn durch die Alpen transportiert werden. Zugleich stärkt die Flachbahn den umweltschonenden Schienentransport. Es wird interessant sein zu beobachten, wie sich dieser Meilenstein im alpenquerenden Güterverkehr auf die Umweltbelastung auswirkt.

Karine Siegwart
Vizedirektorin
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Die Alpen – Lebensraum und Transitkorridor

Viele Alpentäler der Schweiz sind seit Menschengedenken wichtige Verkehrswege auf den Nord-Süd-Achsen. Mit der Konstruktion von Bahnlinien (1882: Eröffnung Gotthard-Bahntunnel) und dem Ausbau der Strassen zu einem Autobahnnetz (1967: Eröffnung San-Bernardino-Strassentunnel, 1980: Eröffnung Gotthard-Strassentunnel) stieg das Verkehrsaufkommen in den Alpentälern stark an – und mit ihm die Belastung von Umwelt und Bevölkerung durch Luftschadstoffe und Lärm. Dagegen formierte sich politischer Widerstand in Form der eidgenössischen Volksinitiative «zum Schutze des Alpengebietes vor dem Transitverkehr». Diese Initiative wurde 1994 angenommen. In Artikel 84 der Bundesverfassung ist seither verankert, dass

- > das Alpengebiet vor den negativen Auswirkungen des Transitverkehrs zu schützen ist,
- > die Belastungen für Menschen, Tiere und Pflanzen sowie ihre Lebensräume auf ein unbedenkliches Mass zu begrenzen sind,
- > der alpenquerende Gütertransitverkehr von Grenze zu Grenze auf der Schiene zu erfolgen hat.

Um diese Vorgaben zu erreichen, hat sich die schweizerische Verkehrspolitik zum Ziel gesetzt, die Anzahl Fahrten des schweren Strassengüterverkehrs durch die Schweizer Alpen auf jährlich 650 000 zu begrenzen. Dies bedeutet eine Reduktion von rund 35 % gegenüber heute.

Der Wert der Alpentäler als gesunder und attraktiver Lebensraum soll erhalten bleiben, gleichzeitig aber der freie Warenfluss im europäischen Nord-Südverkehr nicht behindert werden. Die verkehrspolitischen Massnahmen der Schweiz zielen darauf ab, dass Güter möglichst mit der Bahn durch die Alpen befördert werden. So erbringt die Schweiz unter anderem mit der Modernisierung und dem Ausbau der Bahninfrastruktur im Nord-Süd-Verkehr (NEAT, Neue Eisenbahn Alpentransversale), der Verwirklichung eines durchgehenden Vier-Meter-Korridors für Sattelaufzieger sowie dem Bau von Umschlagsanlagen (Terminals) wichtige Vorleistungen. Gleichzeitig bietet die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) Anreize, um Gütertransporte vermehrt auf der Schiene abzuwickeln.

Trotz dieser Massnahmen ist es in den letzten Jahren nicht gelungen, die Anzahl der Strassengütertransporte im Alpen transit im erforderlichen Umfang zu reduzieren (siehe Seite 9). Es erscheint wenig realistisch, dass das Verlage-

rungsziel von maximal 650 000 Fahrten pro Jahr bis 2018 noch erreicht werden kann. Gestützt auf den Verlagerungsbericht vom November 2015 schlägt der Bundesrat deshalb vor, die LSVA-Sätze anzuheben und die Trassenpreise für die Nutzung der Transitstrecken befristet so anzupassen, dass namentlich die alpenquerenden Güterzüge davon profitieren. Mit diesen Massnahmen soll die Zeit überbrückt werden, bis dem Schienengüterverkehr die gesamte NEAT inklusive Ceneri-Basistunnel (geplante Inbetriebnahme: 2020) als Flachbahn zur Verfügung steht.

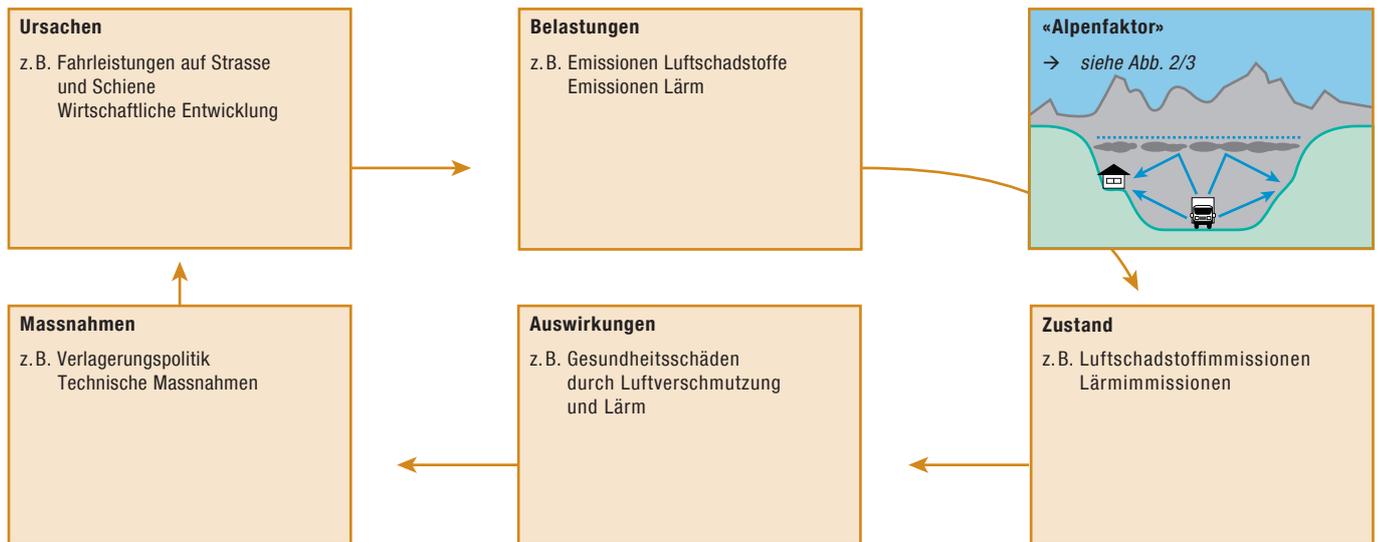
Um auf die Umweltqualität bezogene Erfolge und Defizite der Verlagerungspolitik zu dokumentieren, betreibt der Bund gemeinsam mit den betroffenen Kantonen das Projekt «Monitoring flankierende Massnahmen Umwelt» (MFM-U). Abbildung 1 gibt einen schematischen Überblick über wichtige Faktoren, welche die Umweltbelastungen im alpenquerenden Verkehr beeinflussen.

Topografische und meteorologische Bedingungen spielen in den Alpentälern eine besondere Rolle. Die durch die steilen Bergflanken eingeschränkte Ausbreitung von Luftschadstoffen und Lärm verstärkt die Belastung der Umwelt, man spricht in diesem Zusammenhang auch vom «Alpenfaktor» (Abbildungen 2 und 3). Je nach meteorologischer Situation wird dieser Geländeeffekt intensiviert durch eine sogenannte bodennahe Inversionslage, wenn im Winter kalte Luft am Talboden liegt und sich darüber wärmere Luftmassen schichten.

Schadstoffe konzentrieren sich bei solchen Wetterlagen auf engem Raum. Mehrere Studien haben gezeigt, dass eine bestimmte Emissionsmenge an Stickoxiden in einem Alpental eine etwa dreimal so hohe Immission bewirkt wie über flachem Land (Alpenfaktor = 3). Ähnliches gilt für den Lärm: In den engen Tälern ist die Ausbreitung der Schallwellen reduziert. Bei direkter Sichtverbindung zur Auto- oder Eisenbahn wird dieselbe Schallquelle an den Bergflanken in 3-facher Entfernung gleich laut wahrgenommen wie sonst in ebenem Gelände.

Abb. 1 > Wirkungskette der Umweltbelastungen im alpenquerenden Verkehr

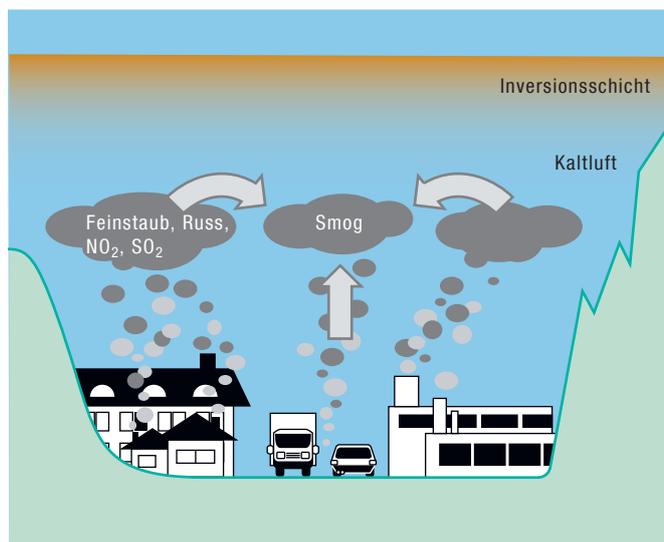
Verschiedene verursachende Faktoren führen zu Belastungen, welche sich in einer Veränderung des Umweltzustands niederschlagen. Daraus ergeben sich Auswirkungen auf Mensch und Natur, was wiederum Massnahmen zur Beeinflussung der verursachenden Faktoren auslösen kann. Im Alpenraum spielen die besonderen topografischen und meteorologischen Bedingungen eine wichtige Rolle, indem sie die Luftschadstoff- und Lärmbelastung verstärken («Alpenfaktor»).



Quelle: BAFU

Abb. 2 > Einfluss der Topografie auf die Luftschadstoffausbreitung

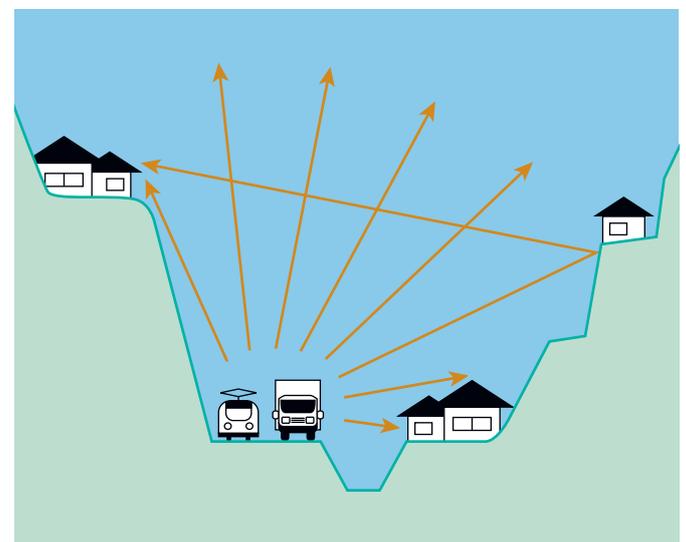
Vor allem in der Nacht und im Winter entstehen sogenannte Inversionslagen: Ein Kaltluftsee bildet sich vom Talboden bis an die Grenze zu höheren, wärmeren Luftschichten aus. Innerhalb des Kaltluftsees reichern sich Schadstoffe an.



Quellen: BAFU

Abb. 3 > Einfluss der Topografie auf die Lärmbelastung

Steile Bergflanken beeinflussen die Ausbreitung von Schallwellen und führen zur Reflexion des Lärms. Dadurch werden auch Gebiete ohne direkte Sichtverbindung zur Lärmquelle in Mitleidenschaft gezogen.



Quellen: BAFU

> Entwicklung des alpenquerenden Güterverkehrs

Der Strassengüterverkehr über die Alpenübergänge Gotthard, San Bernardino, Simplon sowie Grosser St. Bernhard erfuhr in den 1980er- und 1990er-Jahren ein stetiges, starkes Wachstum. Mit 1,4 Mio. registrierten Fahrten schwerer Güterfahrzeuge erreichte er 2000 ein Maximum.

Seit 2001 wurden verschiedene Massnahmen ergriffen, um die Anzahl Fahrzeuge im alpenquerenden Güterverkehr zu reduzieren. Die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe LSWA, aber auch die Erhöhung der Gewichtslimite für schwere Güterfahrzeuge auf 40 Tonnen, haben dazu beigetragen, dass die Fahrtenzahl ab diesem Zeitpunkt nicht mehr weiter anstieg.

Vom gesetzlich verankerten Verlagerungsziel von 650 000 Fahrten pro Jahr bis 2018 ist der Strassengüterverkehr auf den Transitachsen noch weit entfernt (Abb. 4). Auch das Zwischenziel von jährlich maximal 1 Mio. Fahrten bis 2011 konnte bisher nicht erreicht werden.

Zwischen 1984 und 2008 stieg das Gütertransportvolumen auf den Transitkorridoren kräftig an. Im Vergleich zur Strasse verlor die Schiene bis 2002 kontinuierlich an Transportanteilen. Dies änderte sich erst mit der Einführung verlagerungs-

politischer Massnahmen. Ab dem Jahr 2002 nahmen die mit der Bahn transportierten Gütermengen überproportional zu. Insbesondere seit 2009 verschob sich das Verhältnis der transportierten Mengen deutlich zugunsten der Bahn (Abb. 5).

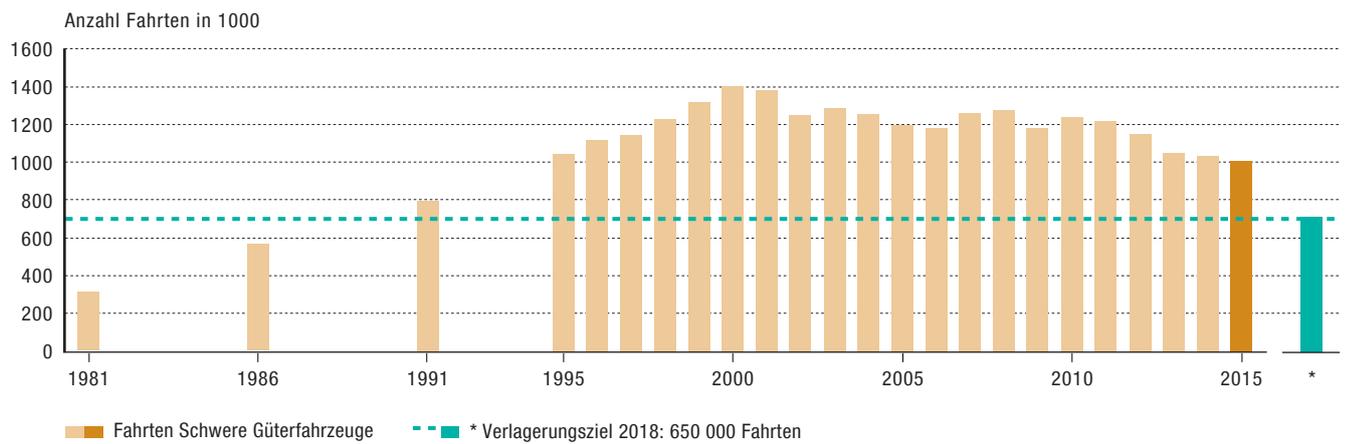
In den letzten Jahren haben sowohl verkehrspolitische Gründe als auch wirtschaftliche Faktoren die Entwicklung der Gütertransporte geprägt: Die globale Wirtschafts- und Finanzkrise von 2008 bewirkte einen kurzfristigen Einbruch. 2013/2014 führte die konjunkturelle Abkühlung insbesondere in Italien zu einem Rückgang der Fahrten auf der Nord-Süd-Achse. Vom Wiedererstarken der Wirtschaft, aber auch von der Verlagerungspolitik, hat seither vor allem der Schienenverkehr profitiert. 2015 wurde die grösste bisher mit der Bahn transportierte Gütermenge registriert.

Luzern (LU)



Abb. 4 > Trend zur Abnahme bei der Anzahl Fahrten schwerer Güterfahrzeuge

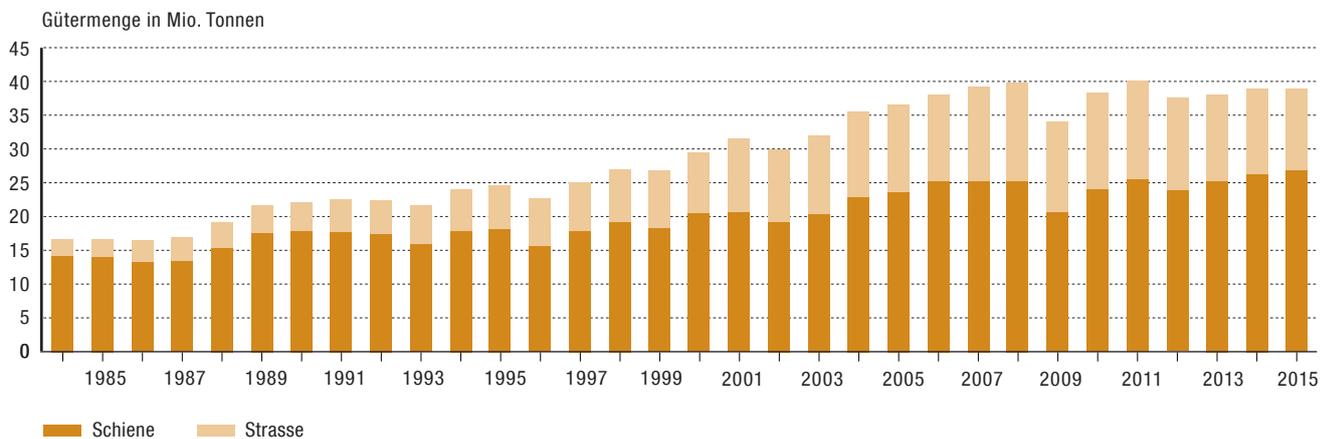
Die Anzahl schwerer Güterfahrzeuge (Gesamtgewicht über 3,5 Tonnen) schwankte zwischen 2002 und 2011 im Bereich von 1,18–1,29 Millionen. Seit 2011 ist ein deutlicher Rückgang feststellbar.



Quelle: BAV

Abb. 5 > Transportanteile von Strasse und Schiene: Die Bahn legt zu

Das Gütertransportvolumen hat sich zwischen 1984 und 2008 mehr als verdoppelt. Während der Anteil der Strasse bis 2002 deutlich zunahm, hat die Schiene seither verstärkt am Mengenwachstum partizipiert. Sie konnte ihren Anteil in den letzten Jahren deutlich ausbauen.



Quelle: BAV

> Güterverkehr als Verursacher von Luftschadstoffen

Der Verkehr ist eine der Hauptquellen für den Luftschadstoff-Ausstoss. Er ist massgeblich für die Emission von Stickoxiden (NO_x), Feinstaub (PM10) und Russ verantwortlich und ist heute in der Schweiz die bedeutendste Quelle für das Klimagas CO₂.

Seit 2009 hat der übrige Verkehr den schweren Güterverkehr als Hauptverursacher der NO_x-Emissionen auf den beiden Transitachsen A2 und A13 abgelöst. Der Einfluss verbesserter Motorentechnologien beim Güterverkehr und des zunehmenden Anteils dieselbetriebener Fahrzeuge beim Personenverkehr kommt in der Modellierung¹ der Emissionsentwicklung im Alpenraum deutlich zum Ausdruck (Abb. 6). Gemessen am Anteil an den gefahrenen Kilometern von rund 8% sind die schweren Güterfahrzeuge allerdings auch heute noch eine bedeutende Quelle von Stickoxiden auf der Gottard- und der San-Bernardino-Route.

Ein anderer Verlauf zeigt sich bei den Kohlendioxidemissionen (CO₂), die hauptverantwortlich sind für die Klimaerwärmung. Die Menge dieser Emissionen entwickelt sich proportional zur Menge des verbrauchten Treibstoffs. Sie hat

sich zwischen 2004 und 2014 nur geringfügig verändert (Abb. 7). Der Anteil des schweren Güterverkehrs an den gesamten CO₂-Verkehrsemissionen auf den zwei Transitachsen liegt konstant bei 27–29%.

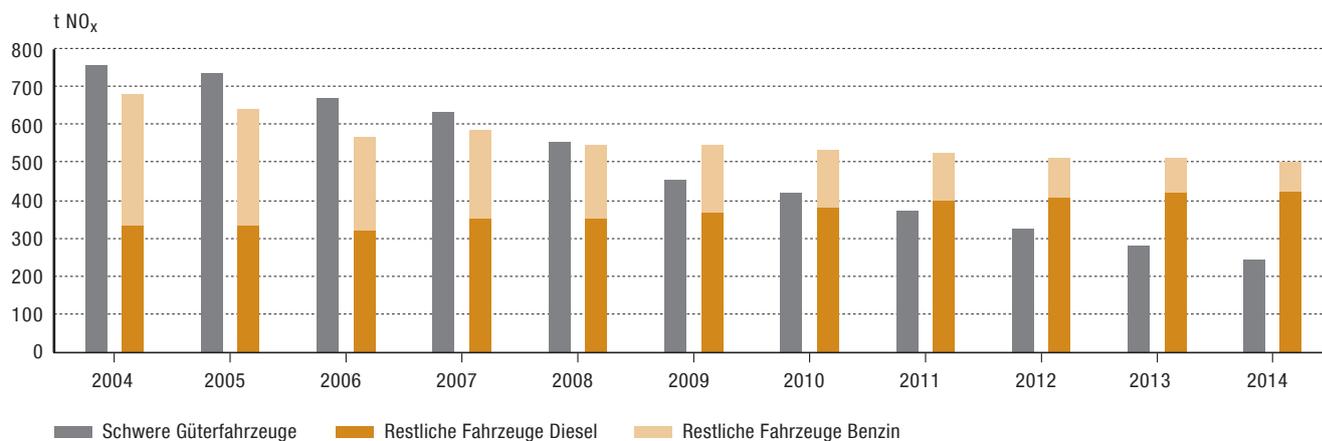
¹ Die Zahlenangaben in diesem Kapitel beruhen nicht auf Messungen sondern auf Modellrechnungen. Diese entsprechen im Wesentlichen dem realen Abgasverhalten der Fahrzeuge, sie tragen aber den Abgasmanipulationen bei Diesel-PW, die bei verschiedenen Herstellern entdeckt wurden («VW-Abgaskandal»), noch nicht Rechnung. Die Modellierung berücksichtigt die Fahrzeugzusammensetzung des schweren Güterverkehrs auf den Transitachsen, die Nicht-LKW-Flotte entspricht hingegen dem gesamtschweizerischen Durchschnitt. Die Zeitreihen wurden anhand verbesserter Basisdaten (inkl. einer präziseren Abschätzung der Anzahl schwerer Güterfahrzeuge) rückwirkend bis und mit 2004 neu berechnet.

Buochs (NW)



Abb. 6 > Grosse Fortschritte bei den Stickoxidemissionen des Güterverkehrs

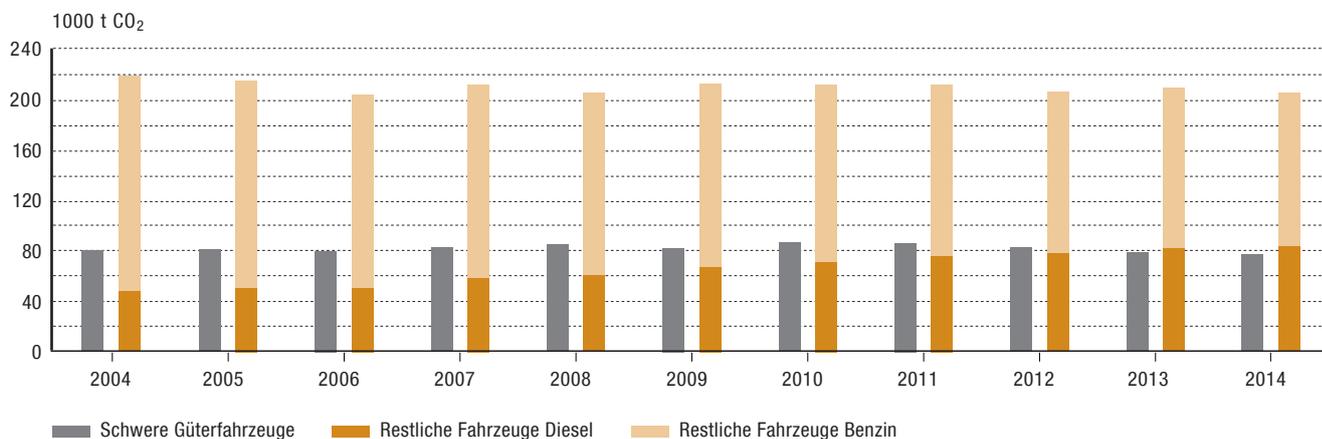
Der absolute Anteil des Schwerverkehrs an den verkehrsbedingten NO_x-Emissionen hat sich dank verbesserten Motorentechnologien seit 2004 deutlich verringert. Die zunehmende Bedeutung von Dieseltreibstoff prägt bei den restlichen Fahrzeugen den Trend (Werte für die Strecken Altdorf–Bellinzona bzw. Bonaduz–Bellinzona).



Quelle: BAFU

Abb. 7 > Stagnierende CO₂-Emissionen beim Güter- und beim Personenverkehr

Höhere Fahrleistungen (Personenverkehr) und Transportmengen (Güterverkehr) kompensieren den CO₂-reduzierenden Effekt sparsamerer Motoren. Bei den Emissionen der restlichen Fahrzeuge trägt v.a. die Substitution von Benzin durch Dieselmotoren zur Stabilisierung bei (Werte für die Strecken Altdorf–Bellinzona bzw. Bonaduz–Bellinzona).



Quelle: BAFU

> Beeinträchtigung der Luftqualität durch den Strassenverkehr

Insgesamt sechs Messstationen erfassen seit 2003 die Luftschadstoffkonzentration entlang der A2 und der A13.

Der Ausstoss der Stickoxide erfolgt als NO und NO₂, die unter dem Begriff NO_x zusammengefasst werden. Durch Oxidation wird NO in gesundheitsschädigendes NO₂ umgewandelt, für das die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) Grenzwerte festlegt. An der verkehrsreicheren A2 wird der Grenzwert für den Jahresmittelwert an allen Messstationen überschritten. An der weniger stark befahrenen A13 (Messstation Rothenbrunnen GR) liegen die Messwerte unterhalb des Grenzwerts (Abb. 8). Dies ist in Übereinstimmung mit der allgemeinen Belastungssituation in der Schweiz: Die NO₂-Immissionen sind in den Städten und entlang von Hauptverkehrsachsen nach wie vor zu hoch. Der Jahresmittel-Grenzwert wird dort teilweise deutlich überschritten.

Die Höhe der NO₂-Belastung ist nicht nur vom Verkehrsvolumen abhängig. Obwohl die weitaus höchsten Fahrzeugfrequenzen entlang der Transitkorridore ausserhalb des Alpenraums, in der Nähe von Basel (Hardwald BL) registriert werden, sind die gemessenen NO₂-Werte dort nur wenig höher als an Messstationen im Alpenraum (z. B. Moleno TI). Hier kommt der «Alpenfaktor» ins Spiel, d.h. der Einfluss der topografischen und meteorologischen Besonderheiten von Alpentälern auf die Schadstoffausbreitung (siehe Seite 6). Trotz deutlich geringerer Fahrzeugfrequenzen bewegt sich z. B. die NO₂-Konzentration entlang der Anfahrtsstrecken nördlich und südlich des Gotthards in vergleichbarer Höhe wie im Flachland.

Die Zunahme des Anteils Dieselfahrzeuge in der Personwagenflotte verzögert die Abnahme der NO_x-Emissionen, da ein Dieselmotor mehr NO_x ausstösst als ein Benzinmotor. Damit künftig der NO₂-Immissionsgrenzwert eingehalten werden kann, ist eine weitere Absenkung der NO_x-Emissionen notwendig.

Beim durch den Strassenverkehr verursachten Feinstaub gefährdet insbesondere der durch unvollständige Verbrennungsprozesse emittierte Russ aus Dieselfahrzeugen die Gesundheit. Für Feinstaubpartikel mit einem Durchmesser kleiner gleich 10 Mikrometer (PM10) gibt es einen Grenzwert in der LRV, beim krebserregenden Russ gilt ein Minimierungsgebot.

Die PM10- und Russkonzentrationen entlang der A2 haben seit Beginn der Messungen generell abgenommen (Abb. 9, Abb. 10). Die PM10-Werte lagen im Jahr 2014 erstmals an allen Messstationen unter dem Jahresmittel-Grenzwert. Während die Stickoxid- und die Russkonzentrationen direkt und in starkem Mass vom vorbeifahrenden Verkehr dominiert werden, tragen beim PM10 auch die umliegenden Quellen wie Industrie und Gewerbe, Haushalte sowie Land- und Forstwirtschaft wesentlich zu den gemessenen Konzentrationen bei.

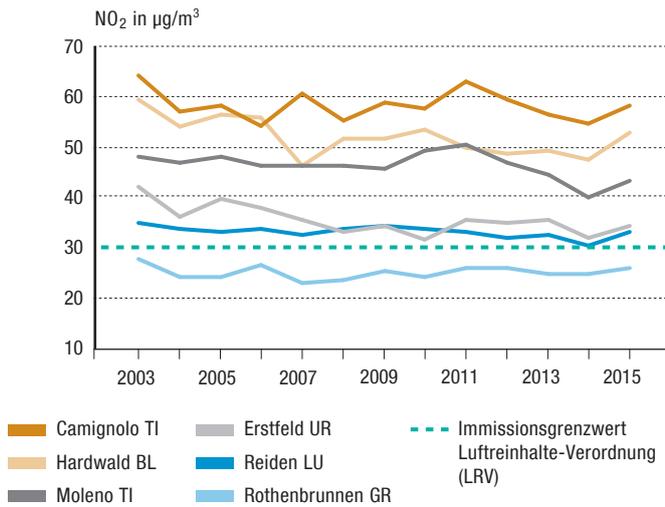
Die Bedeutung der schweren Güterfahrzeuge für die Luftbelastung zeigt sich an der Entwicklung der NO₂-Messwerte im Wochenverlauf. An Werktagen ist der Anteil der schweren Güterfahrzeuge am Gesamtverkehr relativ hoch. Gegen das Wochenende nimmt er im Vergleich zu den Personwagen massiv ab und am Sonntag verkehren infolge des Nacht- und Sonntagsfahrverbots für den Schwerverkehr nur noch sehr wenige Lastwagen.

Dieser charakteristische Wochengang kommt auch in den Messwerten in Erstfeld zum Ausdruck (Abb. 11). Obwohl auf der A2 von Freitag bis Sonntag am meisten Strassenfahrzeuge unterwegs sind, liegt die NO₂-Belastung am Samstag bereits deutlich tiefer im Vergleich zu den Werten, die Montag bis Freitag gemessen werden. Das Sonntagsfahrverbot bringt folglich nicht nur eine Lärmreduktion (Abb. 16), es verbessert auch die Luftqualität am Wochenende.

Auch Lieferwagen (Gewicht < 3,5 Tonnen) haben im Vergleich zum Verkehrsaufkommen einen bedeutenden Anteil an der NO₂-Belastung. Dieser liegt an Werktagen bei rund 20%; an den Wochenenden ist er noch höher, da für diese Fahrzeugkategorie kein Sonntagsfahrverbot gilt.

Abb. 8 > NO₂: Tendenz leicht sinkend – Grenzwert verbreitet überschritten

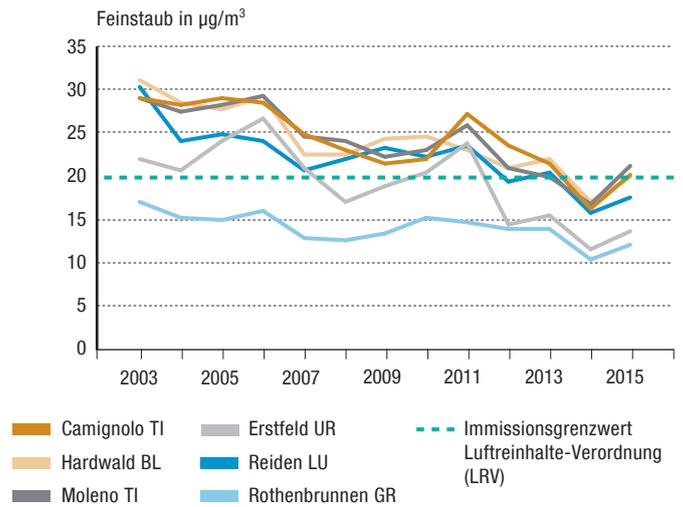
Entlang der A2 werden vor allem südlich der Alpen und im Raum Basel zu hohe NO₂-Immissionen gemessen. In der Innerschweiz und an der A13 liegen die Messwerte nahe beim Grenzwert.



Quelle: BAFU

Abb. 9 > Feinstaub (PM10): 2014 Grenzwert erstmals an allen Messstationen eingehalten

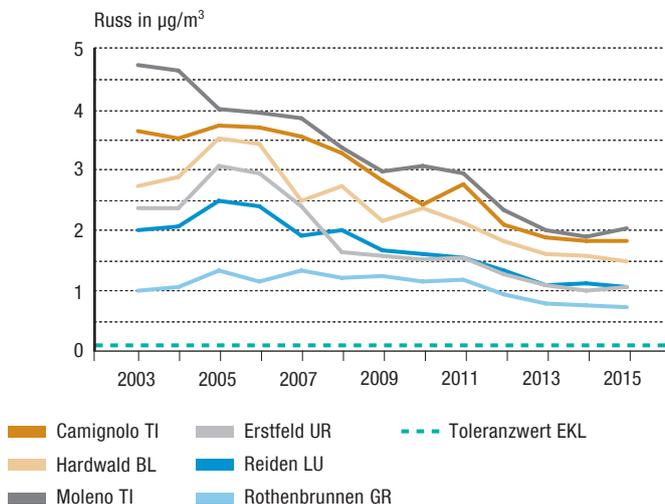
Die Luftbelastung mit Feinstaub (PM10) weist – bei starken jährlichen Schwankungen – eine abnehmende Tendenz auf. 2014 lagen die Messwerte erstmals verbreitet unter dem Immissionsgrenzwert.



Quelle: BAFU

Abb. 10 > Russ: Positive Entwicklung, aber klar überschrittener Toleranzwert

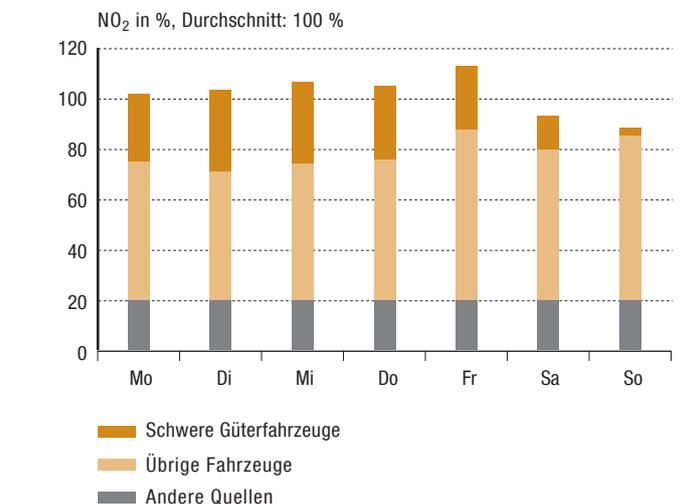
Während die Russ-Immissionen bis 2005 noch eine mehrheitlich steigende Tendenz aufwiesen, hat sich die Belastungssituation in den letzten Jahren an allen Messstandorten verbessert. Der Toleranzwert bleibt indessen weiträumig überschritten.



Quelle: BAFU

Abb. 11 > Sonntagsfahrverbot verbessert Luftqualität

Dank dem Sonntagsfahrverbot für schwere Güterfahrzeuge wird bei Erstfeld (UR) am Samstag und Sonntag eine deutlich tiefere NO₂-Belastung gemessen als unter der Woche (Stand 2014).



Quelle: BAFU

> Güterverkehr als Verursacher von Lärm

Die Lärmemissionen werden an mehreren Stationen entlang der Autobahnen A2 und A13 gemessen. Der Gesamtlärm und die Lärmbelastung durch schwere Güterfahrzeuge werden seit 2004 separat bestimmt.

Beim Gesamtverkehr ist keine signifikante Veränderung des Lärmpegels erkennbar. Die durch den schweren Güterverkehr verursachte Lärmbelastung hingegen nahm an der A13 (Messstation Rothenbrunnen) – bedingt durch die überdurchschnittliche Zunahme von Sattelzügen – bis 2011 im Vergleich zum Gesamtverkehr leicht zu.

In den Jahren 2012 und 2013 wurden die verschiedenen Fahrspuren bei Rothenbrunnen mit einem lärmarmen Belag versehen. Der lärmreduzierende Effekt betrug 2015 insgesamt ca. 4 Dezibel, was akustisch einer Halbierung des Verkehrsaufkommens gleichkommt. Dies zeigt, dass lärmarme Beläge eine wirksame Massnahme sein können, um die Lärmbelastung zu reduzieren (Abb. 12).

Der Verkehrslärm ist unter anderem von der Fahrzeugkategorie (siehe Abb. 17) und der gefahrenen Geschwindigkeit abhängig. Gemessen an ihrem Verkehrsanteil tragen die schweren Güterfahrzeuge an der A2 bei Reiden rund das 3-fache und an der A13 bei Rothenbrunnen rund das 5-fache zum Gesamtlärm bei (Abb. 13).

Der Bahnlärm wird an mehreren Stationen an den beiden Alpentransitkorridoren Gotthard und Lötschberg gemessen. Abbildung 14 zeigt für die beiden Zeitpunkte 2003 bzw. 2015 den Schallpegel der Züge, die die Messstation Steinen (SZ) passiert haben.

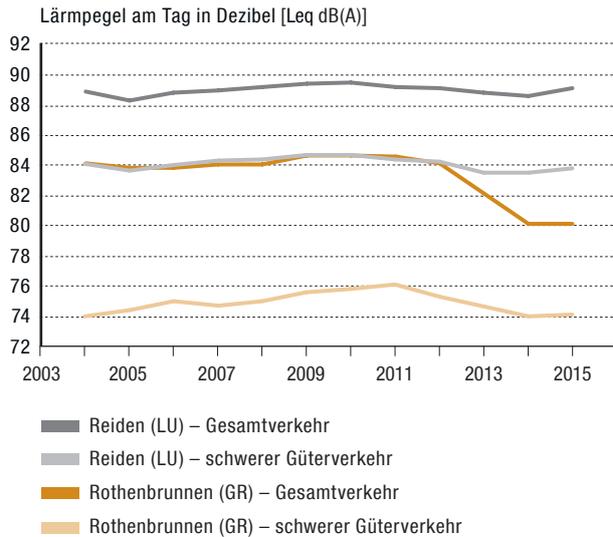
Die Veränderung der Lärmesswerte bei Steinen illustriert die Entwicklung des Rollmaterials: Der Anteil lauter Wagen hat bei den Personenzügen markant abgenommen, es werden heute grösstenteils Züge mit tiefen Lärmemissionen eingesetzt. Bei den Güterzügen wurden ebenfalls grosse Fortschritte erzielt, der Substitutionsprozess ist aber noch nicht abgeschlossen. Zwar kommt bereits mehrheitlich leises Rollmaterial zum Einsatz, das Lärmniveau wird aber stark durch die verbliebenen, lauten Wagen beeinflusst.

Wassen (UR)



Abb. 12 > Markanter Effekt lärmarmen Strassenbeläge an der A13

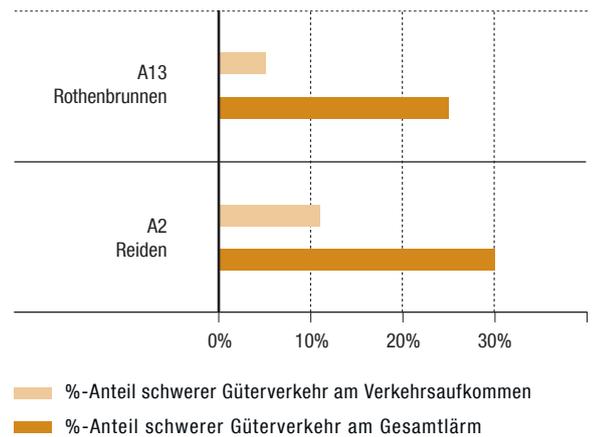
Der Gesamtlärmpegel an der A2 (Reiden) hat sich seit 2004 nur unwesentlich verändert. Auf der Bernardino-Route zeigt sich hingegen klar der Effekt der schallschluckenden Beläge, die 2012/2013 bei Rothenbrunnen eingebaut wurden.



Quelle: BAFU

Abb. 13 > Schwerer Güterverkehr trägt überproportional zum Gesamtlärmpegel bei

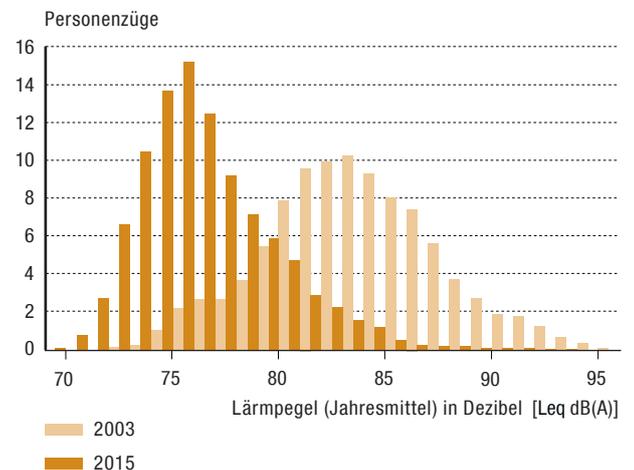
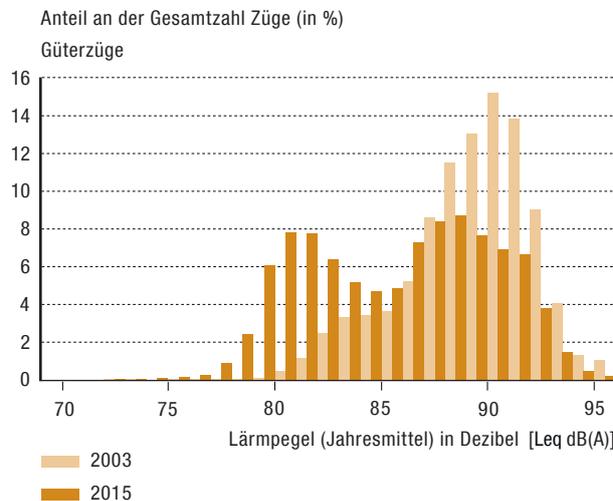
Obwohl schwere Güterfahrzeuge einen vergleichsweise kleinen Anteil am Verkehrsaufkommen haben, tragen sie massgeblich zur Lärmbelastung entlang der Transit-routen bei (Stand 2015).



Quelle: BAFU

Abb. 14 > Reduktionspotenzial beim Rollmaterial des Güterverkehrs noch nicht ausgeschöpft

Während bei den Lärmemissionen von Personenzügen gegenüber dem Stand 2003 eine massive Verbesserung erreicht wurde, ist der Modernisierungsstand beim Rollmaterial der Güterzüge noch sehr uneinheitlich.



Quelle: BAFU

> Lärmbelastung durch Strasse und Schiene

Wer näher als einen Kilometer neben der Bahnlinie oder der Autobahn lebt, riskiert, von Lärm über dem zulässigen Grenzwert betroffen zu sein. Für die Strecke zwischen Erstfeld und Bellinzona haben detaillierte Auswertungen ergeben, dass 2014 in diesem Perimeter nachts knapp 16% der Anwohner von übermässigem Schienenlärm und gut 11% von zu grossem Strassenverkehrslärm betroffen waren. Tagsüber sind knapp 5% zu stark durch Schienen- oder Strassenlärm belastet (Abb. 15)².

Der Anteil der durch Schienenverkehrslärm über dem zulässigen Grenzwert Belasteten hat in den letzten Jahren sowohl nachts als auch tagsüber abgenommen. Mit der Eröffnung des Gotthard-Basistunnels ist mit einer weiteren, deutlichen Abnahme im betroffenen Streckenabschnitt zu rechnen. Beim Strassenverkehrslärm hat sich der Anteil der Betroffenen nur geringfügig vermindert.

Bei den 2014 von Lärm über dem Immissionsgrenzwert betroffenen Flächen dominiert sowohl am Tag als auch in der Nacht der Strassenverkehr als Ursache.

Ähnlich wie bei der Luftbelastung (Abb. 11) kann auch beim Lärm der Effekt des Sonntagsfahrverbots untersucht werden (Abb. 16). Das Beispiel Reiden zeigt, dass die Gesamtlärmbelastung am Sonntag rund 2 Dezibel tiefer liegt als an Werktagen. Während die Lärmbelastung durch den übrigen Verkehr über alle Wochentage hinweg konstant bleibt, bewirkt das Sonntagsfahrverbot einen deutlichen Rückgang des Güterverkehrslärms an Wochenenden.

Die schweren Güterfahrzeuge prägen auch die Lärmbelastung im Tagesverlauf. Insbesondere während der Morgenstunden zwischen 5 bis 6 Uhr ist ihr Lärmanteil unter der Woche gross.

Verschiedene Fahrzeugklassen haben unterschiedliche Emissionseigenschaften. Ein schweres Güterfahrzeug verursacht deutlich mehr Lärm als ein Personenwagen. Der Anteil des Schwerverkehrs am Gesamtlärm ist darum grösser als sein Anteil am Verkehrsaufkommen. Weitere lärmwirksame Einflussfaktoren sind die vor Ort gefahrenen Geschwindigkeiten, der Reifentyp sowie die Beschaffenheit des Strassenbelags.

Mit Auswertungen einzelner Vorbeifahrten kann pro Fahrzeug ein akustischer «Fingerabdruck» ermittelt werden. So lässt sich das Lärmspektrum der verschiedenen Fahrzeugklassen aus Sicht des Lärmschutzes genauer charakterisieren.

Abbildung 17 zeigt die Verteilung der Lärmemissionen innerhalb von sechs Fahrzeugklassen. Für jede Fahrzeugklasse wird die statistische Verteilung des Lärmpegels der einzelnen Durchfahrten dargestellt. Das maximale Lärm-

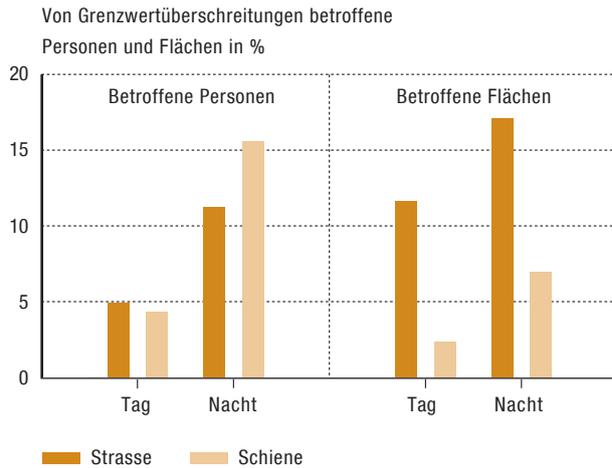
niveau von Bussen und Motorrädern liegt deutlich über demjenigen von Personenwagen. Akustisch entsprechen diese Fahrzeuge den Lastwagen. Der Lärmpegel von Lieferwagen liegt dazwischen. Bemerkenswert sind auch die Unterschiede innerhalb des schweren Güterverkehrs: Ein typischer Sattelzug (Zugfahrzeug mit Auflieger) verursacht rund drei Dezibel mehr Lärm als ein Lastwagen.

Abbildung 17 illustriert auch, dass die Streubreite des Fahrzeuglärms bei Personen- und Lieferwagen kleiner ist als bei den anderen Fahrzeugklassen. Die Lärmemissionen innerhalb gewisser Klassen können von Fahrzeug zu Fahrzeug stark variieren. Solche Informationen geben wichtige Hinweise auf das Potenzial von Lärmbekämpfungsmassnahmen.

² Die Grenzwertüberschreitungen beziehen sich auf Überschreitungen der Belastungsgrenzwerte gemäss der Empfindlichkeitsstufe II für Strassenverkehrs- und Eisenbahnlärm in der Lärmschutz-Verordnung.

Abb. 15 > Vor allem nachts übermässige Lärmbelastung nahe der Verkehrswege

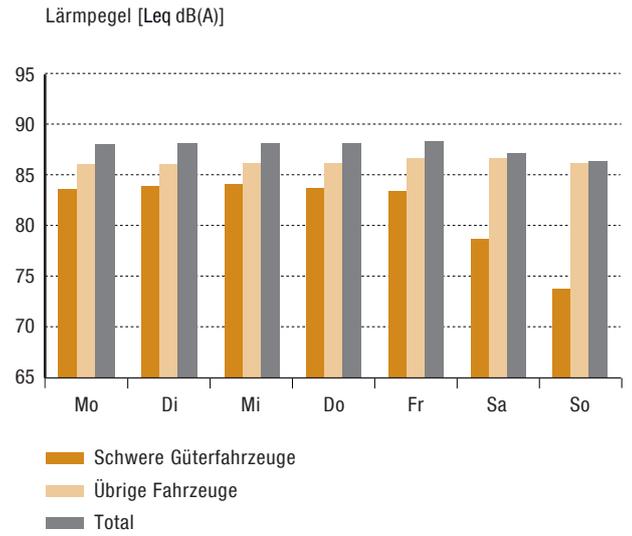
Personen und Flächen in weniger als 1 km Entfernung zur Autobahn bzw. zur Eisenbahn sind vor allem in der Nacht Lärmbelastungen über dem gesetzlichen Grenzwert ausgesetzt. Auswertung für den Abschnitt Erstfeld–Bellinzona.



Quelle: BAFU

Abb. 16 > Weniger Lärm dank Sonntagsfahrverbot für Lastwagen

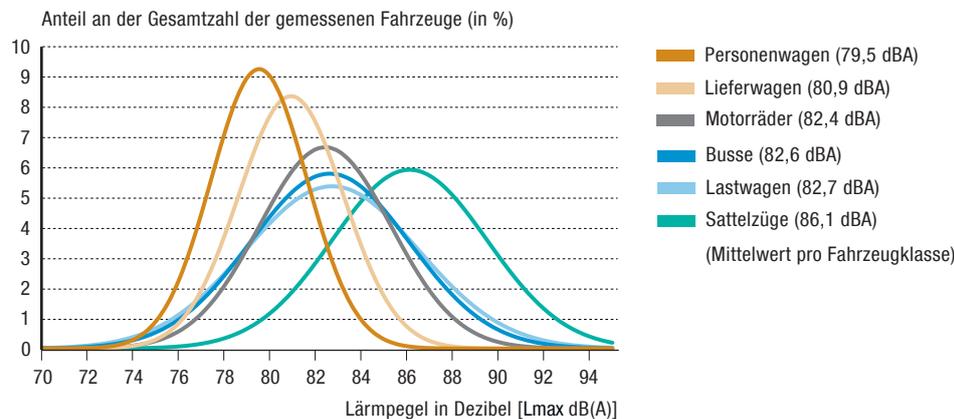
Das Sonntagsfahrverbot führt bei Reiden (LU) zu einer deutlichen Abnahme des durch den Güterverkehr verursachten Strassenlärms. Der Lärmpegel des übrigen Verkehrs variiert im Wochenverlauf kaum. (Stand 2015)



Quelle: BAFU

Abb. 17 > Grosse Unterschiede beim Lärmpegel innerhalb und zwischen Fahrzeugklassen

Personenwagen weisen einen vergleichsweise tiefen Lärmpegel auf und die Streubreite ihres Lärmpegels ist eher klein. Im Gegensatz dazu sind Sattelzüge besonders laut, wobei innerhalb dieser Fahrzeugklasse grosse Unterschiede gemessen werden.



Quelle: BAFU

> Gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen

Die Auswirkungen der Luftschadstoffbelastung entlang der A2 und der A13 auf die Bevölkerung wurden mittels Studien im Urner Reusstal vertieft untersucht. Zwischen der Verkehrsdichte auf der A2 und der Belastung durch Stickstoffdioxid (NO₂) besteht ein deutlicher Zusammenhang: Je mehr Fahrzeuge verkehren, umso höher sind die NO₂-Werte. Die Bedeutung des Schwerverkehrs zeigt sich daran, dass dieser für 33 % des Stickoxid-Ausstosses auf den Transitachsen im Alpenraum verantwortlich ist.

Hohe Werte entlang der A2 werden sowohl für Stickstoffdioxid als auch für die Russpartikel aus der Dieselerbrennung gemessen. Die Schadstoffkonzentrationen nehmen mit zunehmender Entfernung zur Autobahn deutlich ab und erreichen nach ca. 200 Metern das für den übrigen Talboden typische Hintergrundniveau. Dieses ergibt sich aus den Autobahnemissionen, den übrigen Verkehrsemissionen sowie weiteren Emissionsquellen wie Gewerbe, Industrie und Haushalte. Im dicht bebauten Siedlungsgebiet, z. B. im Zentrum von Altdorf, steigen die Schadstoffkonzentrationen wieder an (Abb. 18).

Die Auswirkungen der erhöhten Luftschadstoffkonzentration auf Atemwegserkrankungen wurden mittels Befragun-

gen der Bevölkerung und Analysen der Atemluft von Kindern untersucht. Die Ergebnisse sind eindeutig: Über 10 % der Menschen, die in einem Korridor von 200 Metern Breite neben der Autobahn wohnen, leiden unter Asthma oder Bronchitis. Wo keine anderen Belastungsquellen existieren, nimmt die Häufigkeit der entsprechenden Symptome seitlich der Autobahn rasch ab (Abb. 19).

Aufgrund der Untersuchungen haben Kinder, die zu Hause relativ hohen Feinstaubkonzentrationen ausgesetzt sind, ein 15–30 % erhöhtes Risiko, an Atemwegssymptomen (insbesondere pfeifende Atmung, Heuschnupfen) zu leiden. Die Grössenordnung der im Reusstal gefundenen Effekte ist vergleichbar mit den Auswirkungen bei Kindern in einem Raucherhaushalt.

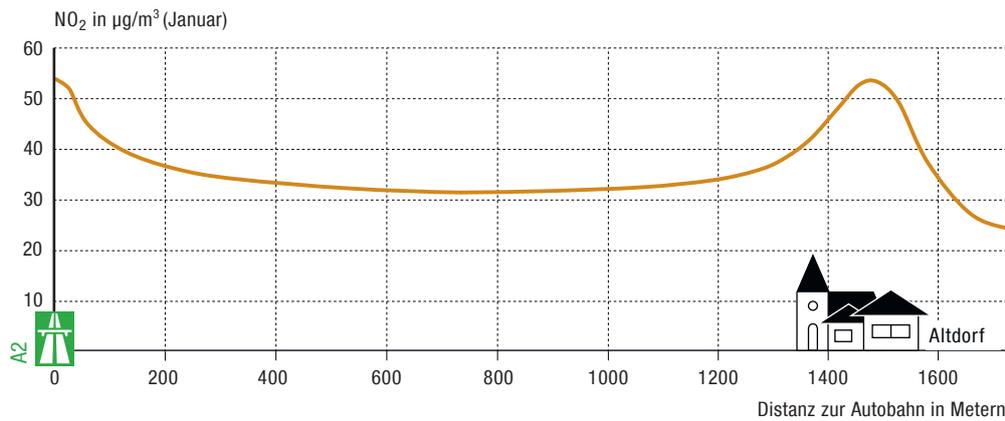
Auch übermässige Lärmbelastung jeglicher Art erhöht das Risiko für Gesundheitsschäden. Bei störenden Geräuschen steigt der Blutdruck, das Herz schlägt schneller und die Atemfrequenz nimmt zu. Lärmbedingte Schlafstörungen haben verminderte Aufmerksamkeit und Leistungsfähigkeit am nächsten Tag zur Folge. Die wichtigste Lärmquelle in der Schweiz ist der Strassenverkehrslärm.

Maroggia (TI)



Abb. 18 > Hohe NO₂-Belastung im Umfeld der Autobahn

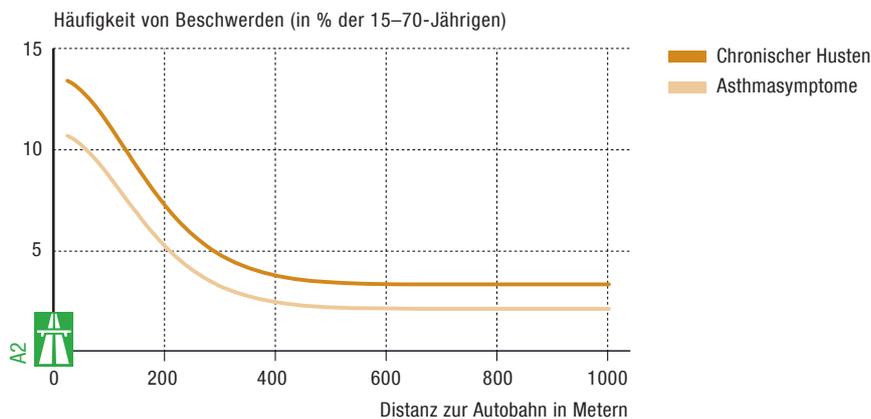
Die NO₂-Konzentration ist im Siedlungsgebiet erhöht, im offenen Umland liegt sie generell deutlich tiefer. Beidseits der Autobahn werden vergleichbare Werte gemessen wie an den Strassenzügen eng bebauter Gebiete.



Quelle: Amt für Umweltschutz Uri

Abb. 19 > Atemwegserkrankungen in Autobahnnähe signifikant häufiger

Analysen entlang des Urner Reusstals haben gezeigt, dass Personen, die in relativ geringer Distanz zur Autobahn leben, eher Gefahr laufen, an chronischem Husten oder Asthma zu erkranken.



Quelle: Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH)

> Szenarien zur Luft- und Lärm- belastung bis 2020

Um abzuschätzen, wie sich die Luft- und die Lärmbelastung an den Strecken entlang der A2 zwischen Altdorf und Bellinzona bzw. der A13 zwischen Bonaduz und Bellinzona durch den Transitverkehr bis 2020 verändern, wurden im Rahmen des Projekts MFM-U verschiedene Modellrechnungen durchgeführt. Dabei wurde untersucht, wie sich absehbare Trends beim Verkehrsaufkommen, Entwicklungen bei der Motorenteknologie sowie Szenarien zur Umsetzung politischer Massnahmen (Verlagerungspolitik des Bundes, Tempobeschränkungen für PWs, Verbot lauter Güterwagen etc.) auf die Einhaltung der aktuell gültigen Immissionsgrenzwerte auswirken. Das Trendszenario geht davon aus, dass die Anzahl der Lastwagenfahrten bis 2020 auf rund 1,46 Millionen pro Jahr zunimmt, wenn die bisherige Verlagerungspolitik ohne weitere, verschärfende Massnahmen beibehalten wird. Auch beim übrigen Verkehr (v.a. PWs, Lieferwagen) wird ein Anstieg des Verkehrsvolumens erwartet.

Luftbelastung: Die Tendenz zu sinkenden Stickoxid-Emissionen beim schweren Güterverkehr (vgl. Abb. 6) wird sich auch in Zukunft fortsetzen, da ein immer grösserer Anteil der

Lastwagenmotoren der sehr schadstoffarmen Euro-VI-Norm entspricht. Gemäss den aktuellen Modellrechnungen für das Szenario «Trend» dürften die NO_x-Emissionen des Schwerverkehrs im Alpenraum 2020 rund 58 % tiefer liegen als 2014. Bei den übrigen Fahrzeugen fällt die erwartete Abnahme mit 24 % geringer aus (Abb. 20).

Eine andere Entwicklung zeichnet sich bei den CO₂-Emissionen ab. Diese variierten in den vergangenen zehn Jahren nur wenig (vgl. Abb. 7). Bei den Lastwagen führt der prognostizierte Trend bis 2020 zu einem Anstieg der CO₂-Emissionen um 15 % gegenüber 2014. Bei den übrigen Fahrzeugen wird mit einer leichten Abnahme um 4 % gerechnet.

Die Modellrechnungen zum Trend der NO₂-Belastung in den beiden Transitkorridoren (Abb. 21) zeigen, dass die erwarteten Verbesserungen bei der Fahrzeugtechnologie (Güter- sowie Personenfahrzeuge) bis 2020 zu einer Reduktion der Immissionen in der Grössenordnung von gesamthaft 20 % gegenüber dem Stand 2011 führen.

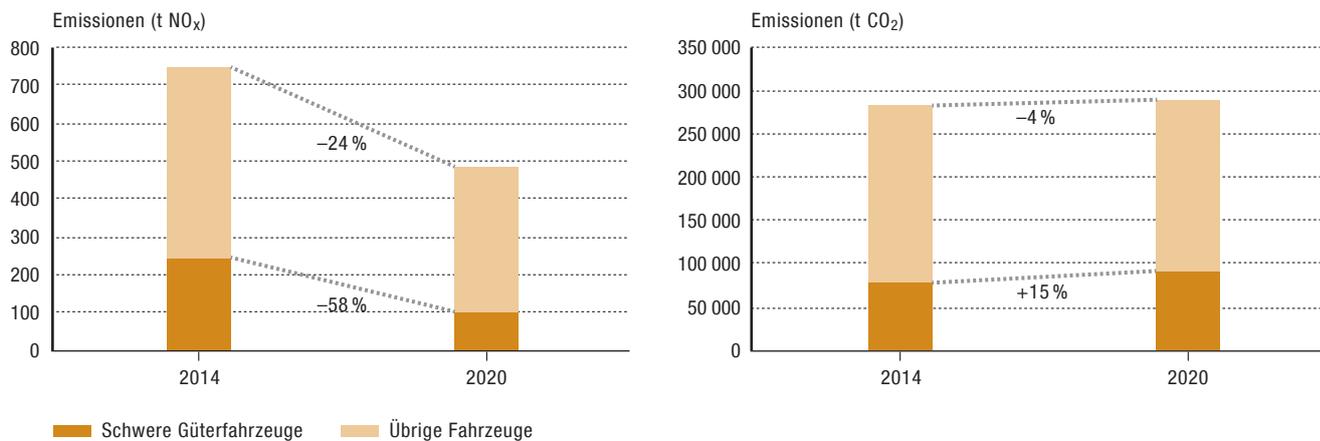
An der A13 (Messstation Rothenbrunnen) wird der Grenzwert bereits heute eingehalten. Bei Erstfeld trifft dies

Balerna (TI)



Abb. 20 > Emissionstrend bis 2020: Abnahme bei den Stickoxiden, Stagnation beim CO₂

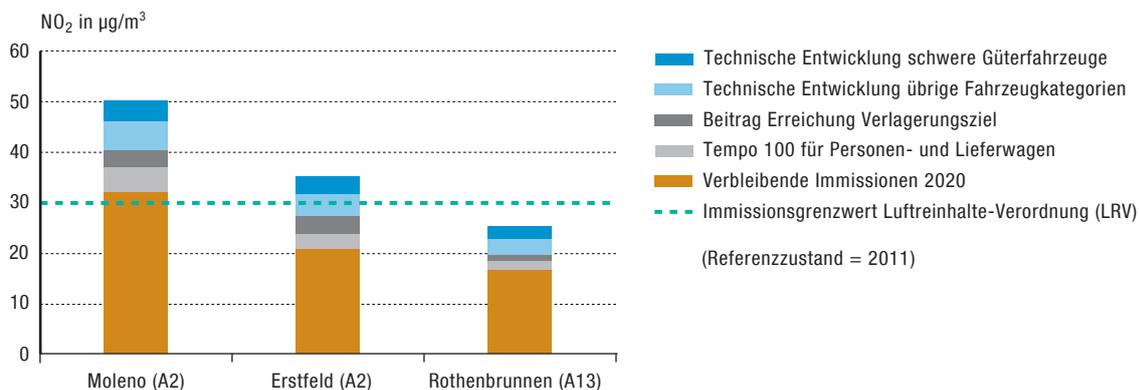
Der technische Fortschritt führt auch ohne zusätzliche verkehrs- und verlagerungspolitische Massnahmen zu sinkenden NO_x-Emissionen (Szenario 'Trend'). Beim CO₂ werden die Effizienzgewinne durch das steigende Verkehrs- bzw. Transportvolumen kompensiert.



Quelle: Bundesrat (Verlagerungsbericht 2015)/Infras

Abb. 21 > NO₂-Immissionsgrenzwert bis 2020 zum Teil nur mit Zusatzmassnahmen eingehalten

An der A13 wird die Belastungsgrenze für NO₂ bereits heute unterschritten. An der A2 ist die Einhaltung des NO₂-Grenzwerts auf der Alpensüdseite bis 2020 selbst bei erfolgreicher Verkehrsverlagerung und Tempobeschränkungen ungewiss.



Quelle: Infras

gemäss Szenario im Jahr 2020 ebenfalls zu. Bedingung dafür ist aber, dass die Fahrzeugemissionen im Praxisbetrieb entsprechend den Messungen auf dem Prüfstand abnehmen.

Aufgrund bisheriger Erfahrungen kann dies nicht vorausgesetzt werden. Bei Erstfeld besteht darum nur mit zusätzlichen Massnahmen (Erreichung Verlagerungsziel oder Tempo 100 für PW und Lieferwagen) Gewähr, dass die NO₂-Konzentration 2020 mit Sicherheit unter dem Grenzwert liegt. An der A2 südlich der Alpen (Messstation Moleno) ist selbst mit diesen zusätzlichen Massnahmen unsicher, ob der Grenzwert eingehalten werden kann.

Lärmbelastung: Der alpenquerende Transitverkehr ist auch eine bedeutende Lärmquelle. Die Verlagerungspolitik des Bundes hat einen beschränkten Einfluss auf das Lärmniveau in den Strassentransitkorridoren. Der zukünftige Lärmpegel wird in erster Linie vom erwarteten, kontinuierlichen Anstieg der PW-Fahrten geprägt. Lastwagen und insbesondere Sattelzüge sind zwar deutlich lauter als PWs (vgl. Abb. 17), zahlenmässig fallen sie aber im Vergleich zum Personenverkehr weniger ins Gewicht.

Die Modellrechnungen zur Lärmentwicklung gegenüber dem Referenzzustand 2011 machen dies deutlich. Auf der Autobahn ist unabhängig vom Szenario mit einer kaum wahrnehmbaren Zunahme des Lärmpegels um weniger als ein Dezibel zu rechnen. Einen im Vergleich dazu etwas grösseren, lärm mindernden Effekt hätte die generelle Reduktion der Höchstgeschwindigkeit auf der Autobahn für Personen- und Lieferwagen auf 100 km/h (Abb. 22).

In diesen Modellrechnungen sind die Reduktionspotenziale von lärmarmen Belägen (vgl. Abb. 12), aber auch leiseren Reifen noch nicht eingerechnet. Das generelle Lärmreduktionspotenzial dieser beiden zusätzlichen Massnahmen beträgt je rund 2 Dezibel, die kumulierte Wirkung hätte eine zusätzliche Reduktion von 3 Dezibel beim Strassenlärm zur Folge. Allerdings nimmt diese Wirkung nach einigen Jahren ab.

Auf der Schiene führen die ab 2020 gültigen Emissionsgrenzwerte zu einer deutlichen Lärmreduktion, da bis dann keine Güterwagen mit lärmigen Graugussbremsen mehr verkehren dürfen. Unter der (hypothetischen) Annahme, dass das Verlagerungsziel auf der Strasse bis 2020 erreicht wird, würde jedoch ein Teil der erzielten Lärmverminderung durch den Mehrverkehr auf der Schiene wieder zunichte gemacht.

Mit der Betriebsaufnahme der NEAT Ende 2016 wird ein zusätzlicher, positiver Effekt auf die Lärmbelastung durch die Eisenbahn im Abschnitt zwischen dem Nord- und dem Südportal des neuen Gotthard-Basistunnels (südlich von Erstfeld bis nördlich von Biasca) erwartet. Dieser ist in Abbildung 22 nicht enthalten.

Abb. 22 > Reduzierter Lärm bis 2020 vor allem beim Schienenverkehr absehbar

Unabhängig von der Umsetzung der Verlagerungspolitik wird der Schienenlärm in den kommenden Jahren dank der Modernisierung des Rollmaterials im Güterverkehr hörbar abnehmen. Die erwartete Veränderung beim Strassenverkehr bis 2020 ist marginal.

