

Amtlicher Bericht zur Gotthardsperre 2001: Fehlerhafte Beurteilung veränderter Feinstaubbelastungen

René Weiersmüller, Meilen

Laut dem amtlichen Bericht zur Gotthard-Strassensperre «Umleitung Gotthard 2001»¹⁾ haben sich als Folge der Sperre sowohl die Stickstoffdioxid- wie auch die Feinstaubbelastungen deutlich verändert. Wie Nachauswertungen zeigen, trifft das jedoch nur für die Stickstoffdioxidbelastung zu. Nicht nachweisbar sind dagegen irgendwelche Auswirkungen auf die Feinstaubbelastungen²⁾³⁾. Ob das auf eine generelle Überbewertung der Feinstaubemissionen vom Strassenverkehr zurückzuführen ist oder andere Ursachen hat, wird die Zukunft zeigen

Aus diesem Ergebnis lässt sich hingegen ableiten: Wenn selbst bei einer nahezu totalen Verkehrssperre keine verminderte Feinstaubbelastung nachweisbar ist, sind von Massnahmen wie Temporeduktionen oder Umweltzonen mit ihren partiellen Fahrverboten erst recht keine geringeren Feinstaubbelastungen zu erwarten. Dazu bräuchte es offensichtlich mehr als nur ideologischen Kleinkram.

Mit Schwerpunkt Feinstaub wird im Folgenden aufgezeigt, warum die entsprechende Schlussfolgerung im amtlichen Bericht unhaltbar ist. Von der Kritik ausgeklammert ist dabei ein Versehen, das geschehen kann, aber nicht geschehen sollte: Die im amtlichen Bericht numerisch wohl richtig berechnete Feinstaubzunahme von 24 Prozent durch den Mehrverkehr auf der Alpensüdseite der A13 wird in der Zusammenfassung fälschlicherweise mit 32 Prozent angegeben.

Durch die wegen eines Tunnelbrandes erfolgte Sperre des Gotthardtunnels vom 24.10. – 21.12.2001 ergaben sich massive Verlagerungen des Transitverkehrs: Dieser kam auf der Autobahn A2 auf der Alpennordseite (Reusstal) sowie auf der Alpensüdseite (Leventina) praktisch zum Erliegen. Entsprechend nahm der Verkehr auf der Umgehungsroute San Bernadino, d.h. auf der Autobahn A13 zu.

Dies hatte Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung der Luft. Im amtlichen Bericht «Umleitung Gotthard 2001»¹⁾ sind dazu u.a. folgende Zahlen aufgeführt bzw. aus Säulengrafiken abschätzbar (Tabelle 1):

Werte in µg/m ³	NO ₂	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM10
	2000	2001	Differenz	2000	2001	Differenz
A2 Alpennordseite Erstfeld	~34.5	~24.5	- 29 %	~24.5	~22	- 9 %
A2 Alpensüdseite Bodio	~50	~31	- 38 %	~33.5	~34	+ 2 %
A13 Alpensüdseite Roveredo	~28	~38	+ 38 %	~31	~38	+ 24 %

Tabelle 1: Veränderung der Schadstoffbelastung mit Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM10) durch die Gotthardsperre im Vergleich zur derselben Periode des Vorjahres (jeweils ohne Sonntage) gemäss amtlichem Bericht. Rot hinterlegt = kaum Verkehr, grün hinterlegt = starker Mehrverkehr.

Beim **Stickstoffdioxid** (NO₂) sind die Folgen durch Mehr- resp. Minderverkehr und im Vergleich mit demselben Zeitraum des Jahres 2000 beidseits der Alpen eindrücklich und entsprechend den Erwartungen.

Beim **Feinstaub** (PM10) ist die Situation weniger konsistent: Die Sperre bewirkte zwar an der A2 auf der Alpennordseite gegenüber der gleichen Periode des Vorjahres einen Feinstaubrückgang. Dieser ist mit 9 Prozent rund dreimal kleiner als der entsprechende Rückgang der Stickstoffdioxid-Belastung. An der A2 auf der Alpensüdseite stieg die Feinstaubbelastung (zahlenmässig) gar etwas an. Dies trotz der entsprechend deutlich verminderten Stickstoffdioxidbelastung von minus 38 Prozent!

Allein schon dieser Widerspruch – massiv weniger Stickstoffdioxid und trotzdem etwas gestiegene Feinstaubbelastung als Folge der Sperre – hätte die Autoren des amtlichen Berichtes alarmieren müssen. Zwar ist eine Zunahme der Feinstaubbelastung um 2 Prozent mit Blick auf die mehrfach grössere Messungenauigkeit vernachlässigbar. Immerhin ist das aber ein Indiz, dass die Feinstaubbelastung möglicherweise nicht wie die Stickstoffdioxidbelastung auf entsprechend veränderte Emissionen reagiert.

Nach dem amtlichen Bericht hat der Mehrverkehr auf der Alpensüdseite auch zu einer deutlich erhöhten Feinstaubbelastung an der A13 geführt. Die ausgewiesene Zunahme von 24 Prozent entspricht etwa 3/5 der Stickstoffdioxidzunahme (NO₂) von 38 Prozent.

Nachträgliche Überprüfungen ergeben andere Zahlen

Die Tagesmittelwerte der Alpennordseite sind im Internet abrufbar (www.inluft.ch), diejenigen von Roveredo und Bodio stellten die entsprechenden Amtsstellen der Kantone Tessin und Graubünden zur Verfügung. Nachrechnungen ergaben die farblich nicht hinterlegten Werte nach Tabelle 2.

Werte in µg/m ³	NO ₂	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM10
	2000	2001	Differenz	2000	2001	Differenz
A2 Alpennordseite Erstfeld	~34.5	~24.5	- 29 %	~24.5	~22	- 9 %
A2 Alpennordseite Erstfeld	34.8	24.9	- 28 %	23.7	23.3	- 2 %
A2 Alpensüdseite Bodio	~50	~31	- 38 %	~33.5	~34	+ 2 %
A2 Alpensüdseite Bodio	47.8	31.0	- 35 %	34.6	38.5*)	+ 11 %
A13 Alpensüdseite Roveredo	~28	~38	+ 38 %	~31	~38	+ 24 %
A13 Alpensüdseite Roveredo	27.1	37.9	+ 40 %	32.7*)	41.2	+ 26 %

*Tabelle 2: Veränderungen der Schadstoffbelastung gemäss amtlichem Bericht und effektive Veränderung mit Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM10) durch die Gotthardsperre im Vergleich zur derselben Periode des Vorjahres (jeweils ohne Sonntage). Rot hinterlegt = kaum Verkehr, grün hinterlegt = starker Mehrverkehr. Farblich nicht hinterlegt = effektive Veränderungen. Die mit *) bezeichneten Mittelwerte stammen aus unvollständigen Messreihen. Datenquellen siehe Text.*

Die Übereinstimmung zwischen den amtlichen und den nachträglich berechneten Werten ist beim Stickstoffdioxid (NO₂) akzeptabel. Bei den Feinstaubwerten (PM10) haben sich jedoch im Falle der A2 auf der Alpennord- und auf der Alpensüdseite offensichtliche Ungenauigkeiten eingeschlichen, die sich bei der Bildung von Differenzen zu grösseren Fehlern aufsummieren. Die an der A2 im amtlichen Bericht ausgewiesenen minus 9 Prozent als Folge der Sperre auf der Alpennordseite reduzieren sich so auf minus 2 Prozent, die laut amtlichen Bericht mit plus 2 Prozent berechnete Zunahme(!) auf der Alpensüdseite erhöht sich (immer als Folge des wegfallenden Transitverkehrs?) sogar auf plus 11 Prozent.

Woher diese Differenzen kommen, ist unklar. Dem Vernehmen nach sollen damals jedoch keine provisorischen Werte verarbeitet worden sein. Andererseits ist der Verfasser auch schon über (reproduzierbare) Softwarefehler bei dem am meisten verbreiteten Tabellenkalkulationsprogramm gestolpert...

Problematische Mittelwertbildung

Der in Tabelle 2 angegebene und mit *) bezeichnete Feinstaub-Mittelwert 2001 von Bodio besteht lediglich aus 42, derjenige mit *) bezeichnete von Roveredo aus 44 einzelnen Tagesmittelwerten. Dies anstelle von 51 Einzelwerten bei lückenlosen Messreihen.

Die massgebende Einflussgrösse für die Feinstaubbelastung ist das Wetter. Ein Mittelwertvergleich auf der Basis von unvollständigen Messreihen ist daher ebenso unzulässig wie der Vergleich von zwei Jahresmitteltemperaturen, wo bei dem einen Mittel Winterwerte fehlen und bei dem andern Sommerwerte. Und es gibt mit Blick auf die fehlenden Werte – analog dem Feinstaub – keine Korrekturmöglichkeit. Auswertungen über Mittelwertbildungen sind daher bei unvollständigen Messreihen unzulässig, um so mehr als es bessere Methoden gibt. Ausser der zahlenmässige Unterschied als Folge der Massnahme sei dermassen gross, dass der Wettereinfluss vernachlässigbar ist. Das ist hier aber insbesondere beim Feinstaub nicht der Fall, weshalb die Werte in Tabelle 2 durchgestrichen sind. Dies auch deshalb, weil bei einem Messgeräteausfall meist eine Serie von Fehlmessungen vorangeht und/oder nachfolgt. Eine überschlägige Auswertung ist in ²⁾ beschrieben.

Übergangene Messstation Altdorf an der A2

Wieso Altdorf als weitere Messstation an der A2 auf der Alpennordseite nicht in das Auswertungsprozedere aufgenommen wurde, ist unklar. Dabei wäre diese Station für einen Vergleich ebenso gut geeignet wie Erstfeld, ist doch der Rückgang von Stickstoffdioxid (NO₂) während der Sperre bei beiden Messstationen praktisch gleich (Tabelle 3). Die sperrebedingte Veränderung der Feinstaubbelastung an der Messstation Altdorf ist wie bei der Station Erstfeld in ähnlicher Grössenordnung. Mit Blick auf die Messgenauigkeit von im Idealfall plus/minus 5 – 10 Prozent sind die Differenzen etwa gleich hoch bzw. zu vernachlässigen.

Werte in µg/m ³	NO ₂	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM10
	2000	2001	Differenz	2000	2001	Differenz
A2 Alpennordseite Erstfeld	34.8	24.9	- 28 %	23.7	23.3	- 2 %
A2 Alpennordseite Altdorf	32.7	24.1	- 26 %	26.6	27.5	+ 3 %

Tabelle 3: Effektive Veränderung der Schadstoffbelastung mit Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM10) durch die Gotthardsperre im Vergleich zur derselben Periode des Vorjahres (jeweils ohne Sonntage). Datenquelle: www.inluft.ch.

Fragliche Genauigkeiten

Als Folge vieler Störeinflüsse ist eine exakte Auswertung bei Luftschadstoffen (wie auf der Basis einer Wägung oder einer Längenmessung) nicht möglich. Insbesondere bei der vergleichenden Beurteilung von Schadstoffwerten können sich zudem Fehler aus Differenzbildungen wie erwähnt mehrfach verstärken. Bei der Wahl der Auswertungsmöglichkeiten gilt es somit wenigstens diejenige auszuwählen, welche eine Fehlbeurteilung noch am zuverlässigsten ausschliesst. Wenn hier also Resultate mit einer Nachkommastellen angegeben werden, ist das nicht zur Vortäuschung einer (keineswegs vorhandenen!) Genauigkeit, sondern um Rundungsfehler bei einer allfälligen Verifikation auszuschliessen.

Die Repräsentativität der Messstelle ist auf das Messresultat von besonderer Bedeutung. So ist es beispielsweise unsinnig, Schadstoffbelastungen am Strassenrand, im Staubereich einer Lichtsignalanlage, unter Umständen noch im Einflussbereich einer gut frequentierten Parkierungsanlage usw. zu messen. Wenig sinnvoll sind ebenfalls Messungen in einem Tunnel, über einem Tunnelportal oder an der Autobahn im Bereich der Ausfahrt (Beschleunigungsspur) einer Autobahnraststätte. Nicht zu reden von den Fällen, wo die Messstation direkt von Fahrzeugabgasen umspült wird. Letztlich will man ja die Belastung erfassen, also die Immissionen - und nicht die Emissionen oder etwas dazwischen.

Messfehler sind zwar minimierbar, aber nie völlig auszuschliessen. Systematischen Messfehler wie Mängel bei der Geräteeichung, Querempfindlichkeiten oder Temperatureinflüsse sind im Idealfall(!) meist in der Grössenordnung von plus/minus einigen Prozenten. Selbst bei guter Überwachung der Geräte können jedoch zufällige Messfehler ein Vielfaches davon ausmachen, und die Ursachen sind nicht immer klar.

Der Schadstoffverlauf ist oft an einen Tagesgang gebunden, beispielsweise hohe Werte am Tag und tiefe Werte in der Nacht. Dazu kommt meist noch ein Jahrgang, das heisst hohe Werte im Sommer und tiefe Werte im Winter (Ozon) oder umgekehrt (u.a. Feinstaub). Gleiches mit Gleichem zu vergleichen ist daher auch mit Blick auf den zeitlichen Raster wichtig.

Auf die Problematik der Mittelwerte ist bereits oben hingewiesen worden.

Untaugliches Auswertungsverfahren

Der Vergleich zeitlich verschiedener Feinstaubmesswerte von der gleichen Messstation setzt voraus, dass die Belastungen während den einander gegenübergestellten Perioden eigentlich gleich hoch wären, würden die Werte nicht zusätzlich durch den nachzuweisenden Faktor x (meist ist das der Schadstoffausstoss) beeinflusst. Dass diese Prämisse nicht einhaltbar ist, zeigen die unterschiedlichen Veränderungen mit früheren und/oder späteren Jahren an denselben Messstationen.

Dazu ein Beispiel als Vergleich: Wenn im Herbst 2000 eine Durchschnittstemperatur von 7.3 Grad gemessen wird, im Folgejahr jedoch 9.6 Grad, wird selbst ein extremer Scharfmacher das nicht als Beweis für eine Klimaerwärmung interpretieren. Dies um so mehr, als die Abweichungen vom Mittelwert der vorangehenden und folgenden Jahre positiven wie negativen Schwankungen in ähnlichen Größenordnungen unterworfen sind.

Nochmals: Bei einer repräsentativen Positionierung der Messstation ist das Wetter und nicht der Feinstaubausstoss der entscheidende Einfluss auf die Höhe der Feinstaubbelastung. Die oben aufgeführte Voraussetzung ist daher völlig illusorisch:

- Wetterbedingt kann der grenzwertrelevante(!) Tagesmittelwert der Feinstaubbelastung an derselben Messstation (trotz praktisch unveränderten Feinstaubemissionen) um bis den Faktor 30,
- Monatsmittel können zirka um den Faktor 2 und
- Jahresmittel immer noch etwa plus/minus 10 Prozent um einen entsprechenden Mittelwert schwanken.

Je kürzer also die Vergleichsperiode, um so stärker überdeckt der Weterereinfluss den zudem oft nur geringfügig veränderten Schadstoffausstoss.

Selbst der Vergleich zweier Jahresmittelwerte von derselben Messstation ist also mit Blick auf einen veränderten Schadstoffausstoss nur bedingt aussagekräftig; verlässliche Aussagen sind somit erst bei mehrjährigen Messreihen möglich. Besonders manipulierbar ist das Resultat, wenn nicht Mittelwerte, sondern die Zahl der Grenzwertüberschreitungen oder gar Spitzenwerte so miteinander verglichen werden. In diesen Fällen ist selbst ein Jahrvergleich problematisch, wie beispielsweise der unstete Verlauf der jährlichen Anzahl Grenzwertüberschreitungen beim Ozon⁴⁾ zeigt.

Fazit

Die laut dem amtlichen Bericht behauptete Verlagerung der Feinstaubbelastungen durch die Gotthardsperre ist nicht nachvollziehbar. Die entsprechenden Zahlen sind durchwegs ungenau oder sogar völlig falsch. Die gewählte Auswertungsmethode, der Vergleich mit den Schadstoffwerten der gleichen Messstationen mit derselben Periode des Vorjahres, ist unzulässig. Die bevorzugt anzuwendende, auf Korrelationen mit andern Messstationen beruhende Auswertungsmethode²⁾³⁾ ist zwar auch nicht absolut sicher, ergibt aber doch klar aussagekräftigere Resultate.

CH-8706 Meilen, im April 2009

- 1) Umleitung Gotthard 2001. Auswirkung der Verkehrsverlagerung auf die Luft- und Lärmbelastung in den Kantonen Graubünden, Tessin und Uri. Herausgeber: Kantonale Umweltschutzämter GR, TI und UR sowie BUWAL.
http://www.umwelt-gr.ch/dienste/pdf-daten/archiv/gotthard_2001_neu.pdf
- 2) http://rene.weiersmueller.com/files/gotthardsperre_2001.pdf
- 3) http://rene.weiersmueller.com/files/gotthardsperre_2001_anhang.pdf
- 4) http://www.ubst.bafu.admin.ch/cgiluft/m_seit1988.pl?lang=de&kind=03_N120.txt