

«Messlabor» Gubristtunnel

Dass der motorisierte Strassenverkehr zu einer wichtigen Quellengruppen für Luftschadstoffemissionen zählt, ist hinlänglich bekannt und akzeptiert. Wieviele Tonnen Schadstoffe werden bei der Benutzung von Motorfahrzeugen aber tatsächlich freigesetzt? Durch Messungen im Zürcher Strassentunnel «Gubrist» lassen sich die Emissionen mit grosser Genauigkeit feststellen. Darüber hinaus geben die Messdaten Aufschluss über die Auswirkungen der Abgasgrenzwertverschärfungen bei Motorfahrzeugen.

Der motorisierte Strassenverkehr zählt seit den 50er Jahren zu den massgeblichen Quellengruppen für Luftschadstoffemissionen. Insbesondere die Ozon-Vorläuferschadstoffe Stickoxide (NO_x) und flüchtige organische Verbindungen (VOC) stammen zu wesentlichen Teilen aus den Auspuffrohren der benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeuge. Mit der Verordnung über Abgasemissionen leichter Motorwagen (FAV 1) wurde der Einsatz geregelter Dreiweg-Katalysatoren in Personen- und Lieferwagen im Oktober 1986 verbindlich. Mit der FAV 2 – sie gilt für schwere Motorfahrzeuge (Lastwagen, Busse) – wurden zusätzliche Grenzwerte für Abgasemissionen festgelegt. 1991 hat der Bund die Stickoxidgrenzwerte der FAV 2 um weitere vierzig Prozent verschärft.

Hochrechnen oder messen?

Als Grundlage für die Massnahmenplanung braucht das ATAL periodisch aktualisierte Emissionsdaten. Da sich der Fahrzeugpark und damit der Gesamtausstoss der Schadstoffe laufend verändern, müssen die Emissionen immer wieder und in zeitlichen Abständen gemessen werden. Untersucht werden kann die emittierte Schadstoffmenge je Fahrzeugtyp auf zwei Arten; durch Prüfstandmessungen im Labor und durch «Feldmessungen». Bei Prüfstandmessungen werden die Schadstoffmengen einzelner Fahrzeuges ermittelt und die Werte auf den gesamten

Fahrzeugpark hochgerechnet. Dieses synthetische Verfahren eignet sich für Modellierungen.

«Feldmessungen» dagegen erfassen die auf einem Strassenstück real ausgestossene Schadstoffmenge. Messungen dieser Art kommen der Wirklichkeit bedeutend näher als Laborverfahren. Das genaue Aufzeichnen und Zuordnen der Schadstoffquellen im Freien hat jedoch einige Tücken: Die Abgase vermischen und verdünnen sich relativ schnell mit der Umgebungsluft. Auch können benachbarte Quellen wie grosse Feuerungen von Industriebetrieben die Messdaten beeinflussen.

Tunnel als grossmasstäbliches Messlabor

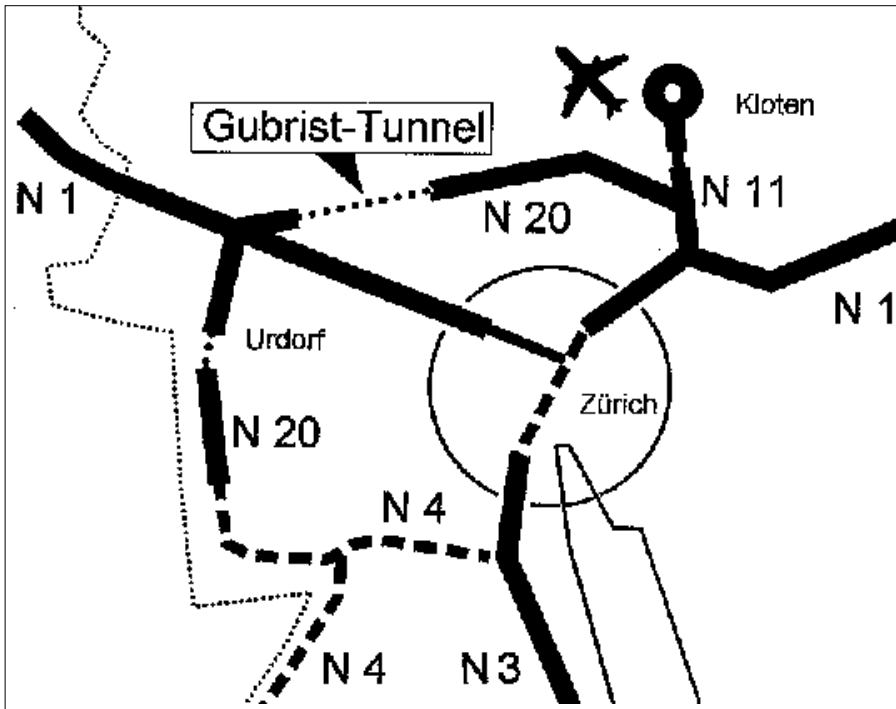
Als Alternative zu Messungen im freien Feld bieten sich Tunnelmessungen an. Die hier gemessenen Daten sind gegenüber Daten, die im Freien aufgezeichnet wurden, qualitativ «wertvoller», das heisst weniger verfälscht. Führt man lufthygienische und verkehrsrelevante Daten zusammen und vergleicht diese mit Resultaten früherer Jahre, können Auswirkungen der Vorschriftverschärfungen hergeleitet werden. 1987 wurde der Gubristtunnel (siehe Kästchen) erstmals für eine Messkampagne ausgewählt, die seither alljährlich zu ungefähr der gleichen Jahreszeit wiederholt wird.

Aufzeichnung lufthygienischer Daten

Die Tunnelluft wird rund dreissig Meter vor Röhrenende entnommen und auf den Kohlenmonoxid-(CO) und Stickoxid-Gehalt (NO_x) untersucht. Die Resultate werden als Halbstunden-Mittelwert aufgezeichnet. Für eine zuverlässige Aussage müssen die Rohdaten allerdings noch «aufbereitet» werden. Beispielsweise müssen Daten, die gemessen wurden, während die Tunnelventilation in

Redaktionelle Verantwortung:
**Amt für technische Anlagen
und Lufthygiene – ATAL**
Dr. Toni Bürgin
8090 Zürich
Telefon 01 259 30 53

LUFT



Nationalstrassennetz im Kanton Zürich – Ausschnitt Region Stadt Zürich – Stand Ende 1993

- in Betrieb
- in Betrieb (Tunnel)
- projektiert

Abb. 1: Der Gubristtunnel ist ein Bestandteil der Nordumfahrung Zürichs. An seinen Ausfahrtportalen werden seit 1987 durch das Amt für technische Anlagen und Lufthygiene jährlich stattfindende Luftschadstoffmessungen durchgeführt.

Betrieb war, ausgeschieden werden. Sie würden die Aussage stark verfälschen, da zum Zeitpunkt der Aufzeichnung bloss der nicht abgesaugte, im Tunnel verbleibende Teil der Abgase registriert wurde.

Zürcher Strassentunnel «Gubrist»

Der Gubristtunnel ist Kernstück des Autobahnabschnitts N 20, der sich zwischen dem Weininger Kreuz (N 1) und dem Anschluss Oberhausen (N 11) erstreckt. Die Einfahrts- und Ausfahrtsportale befinden sich im Osten in der Gemeinde Regensdorf, im Westen in der Gemeinde Weiningen. In den beiden richtungstrennten, zweispurigen Fahrbahnrohren bewegen sich zu Spitzenzeiten über 6000 Fahrzeuge pro Stunde; die signalisierte Höchstgeschwindigkeit ist 100 km/h. Die Fahrbahnen des Tunnels sind um 1,3 Prozent geneigt: die Nordröhre (Fahrt in Richtung Bern) fällt, die Südröhre (Fahrt in Richtung St. Gallen) steigt. Der Tunnel wird durch die Kolbenwirkung der durchfahrenden Fahrzeuge ausreichend längs belüftet. Für Unfälle und Staus steht ein Lüftungssystem zur Verfügung, das gegebenenfalls die Abluft an den Ausfahrtsportalen absaugt und über einen zentralen Abluftkamin auf dem Gubrist abbläst.

Fahren Fahrzeuge durch eine Tunnelröhre, entsteht eine Kolbenwirkung, wodurch Luft ins Freie gepresst wird. Die damit verbundene Selbstbelüftungsrate wurde für den Gubristtunnel erstmals 1989 bestimmt und wird seither für die Berechnung der fahrzeugspezifischen Emissionsfaktoren berücksichtigt.

Automatisches Erfassen verkehrsrelevanter Daten

Für die Bestimmung der Verkehrsfrequenzen und der Verkehrszusammensetzung stehen

inner- und ausserhalb des Tunnels verschiedene Zählstellen zur Verfügung. Induktionsschleifen, die in der Fahrbahn eingelegt sind, messen Geschwindigkeit und Anzahl der vorbeifahrenden Fahrzeuge. Aufgrund des unterschiedlichen Achsabstandes wird bestimmt, wieviele Lastwagen die Messstelle durchfahren. Die Genauigkeit der automatischen Fahrzeugzuordnung wurde durch manuelle Eichzählungen überprüft und mit Eichfaktoren in die Verkehrsdatenbestimmung eingerechnet.

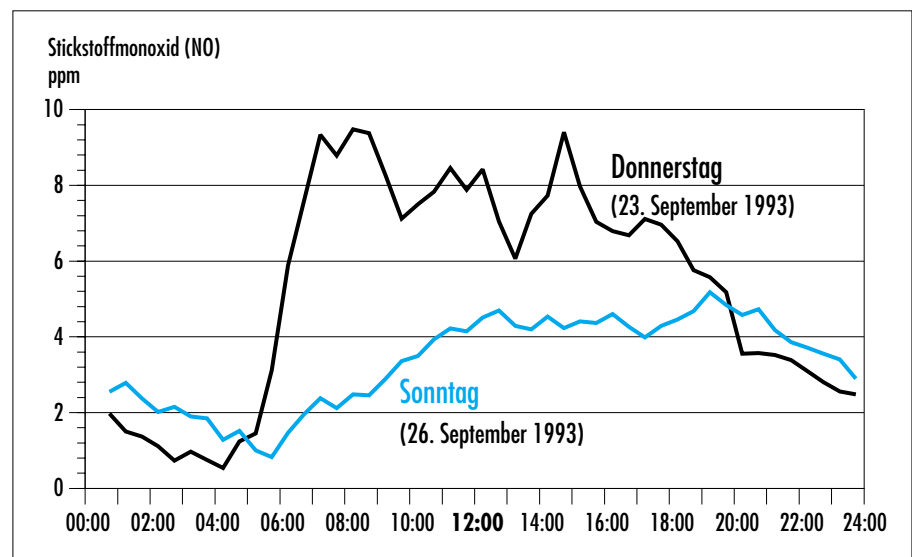


Abb. 2: Tagesgang für NO an einem Donnerstag und einem Sonntag am Ausfahrtportal der steigenden Südröhre.

Welche Schlüsse lassen sich ziehen?

Die Aufzeichnung der Messwerte zeigt für alle Schadstoffe (ab 1991 wurden zusätzlich die Gesamtkohlenwasserstoffe [THC] gemessen) charakteristische Tagesverläufe. Deutlich sind an Werktagen die Morgen- und Abendspitze des Berufsverkehrs erkennbar. Am Sonntag sind die Spitzenbelastungen weniger deutlich und zeitlich verschoben (Abbildung 2). Vergleicht man die Werte der Nord- mit jenen der Südröhre, fällt auf, dass im südlichen Tunnel annähernd doppelt so hohe Schadstoffmengen ausgestossen werden (Abbildung 3). Wie lässt sich das erklären? Die Südröhre ist steigend, was die Fahrzeugmotoren stärker fordert; entsprechend höher fallen die Werte aus.

Von Interesse ist die Entwicklung fahrzeugspezifischer Emissionsfaktoren über die letzten Jahre: Stickoxide (NOx) und Kohlenmonoxid (CO) haben deutlich abgenommen. Der Gesamtkohlenwasserstoff-, der THC-Emissionsfaktor, nahm in der steigenden Südröhre ebenfalls leicht ab, blieb aber in der fallenden Nordöhre auf dem Niveau der Vorjahre.

Die Tabelle (Abbildung 4) zeigt auch, dass aufgrund der relativ groben, automatischen Fahrzeugklassifizierung die Kennwerte pro Personen- oder Lastwagen in einem bestimmten Bereich streuen. Bei den letztjährigen

Messungen standen die Verkehrsdaten erstmals nicht mehr als 1-Stunden-Mittelwerte, sondern im 2^{1/2}-Minuten-Intervall zur Verfügung. Damit konnte die zeitliche Zuordnung zu den Schadstoffdaten und die Datenqualität insgesamt wesentlich verbessert werden. Die jährlichen Luftschadstoffmessungen im

Gubristunnel liefern für die Situation im hohen Geschwindigkeitsbereich auf Autobahnen aussagekräftige Daten, die mit grosser Genauigkeit den Emittenten zugewiesen werden können. Ausserdem geben die Daten Aufschluss über die Entwicklung des Schadstoffausstosses im Strassenverkehr

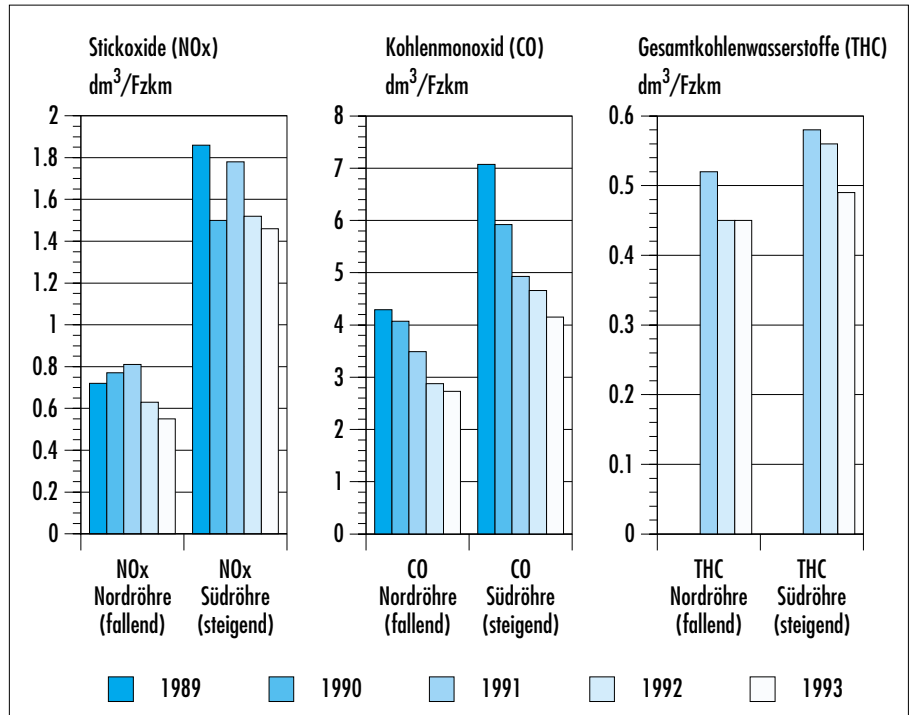


Abb. 3: Entwicklung der fahrzeugspezifischen, durch Messungen im Gubristunnel ermittelten Emissionsfaktoren im Zeitraum 1989 – 1993.

Abb. 4

Detaillierte Kennwerte zu Abbildung 3 der Abgasmessungen in der Nordröhre (fallend) und in der Südröhre (steigend) des Gubristunnels

Kenngrösse	Nordröhre (fallend)					Südröhre (steigend)				
	1989	1990	1991	1992	1993	1989	1990	1991	1992	1993
NOx-Emissionsfaktor (dm³/km.Fz)										
– pro Fahrzeug	0,72	0,77	0,81	0,63	0,55	1,86	1,50	1,78	1,52	1,46
– pro Personwagen	ca. 0,6 - 0,7	ca. 0,5 - 0,8	ca. 0,5 - 1,0	ca. 0,4 - 0,9	ca. 0,3 - 0,7	ca. 1,6 - 1,9	ca. 1,0 - 1,2	ca. 0,9 - 1,6	ca. 0,8 - 1,4	ca. 0,6 - 1,2
– pro Lastwagen	ca. 1,0 - 1,5	ca. 1,5 - 2,5	ca. 2 - 3	ca. 2 - 3	ca. 1,8 - 2,8	unsicher	ca. 7 - 9	ca. 6 - 10	ca. 6 - 10	ca. 6 - 9
CO-Emissionsfaktor (dm³/km.Fz)										
– pro Fahrzeug	4,29	4,07	3,49	2,88	2,73	7,07	5,92	4,93	4,66	4,15
– pro Personwagen	ca. 4,5 - 5,4	ca. 3,6 - 5,4	ca. 3 - 6	ca. 2 - 5	ca. 2 - 4,5	ca. 7,1 - 8,9	ca. 5,4 - 7,1	ca. 4 - 7	ca. 4 - 7	ca. 3,5 - 6
– pro Lastwagen	< 4,5	ca. 4,5	unsicher	unsicher	< 3	< 4,5	ca. 4,5	unsicher	unsicher	< 3
THC-Emissionsfaktor (dm³/km.Fz)										
– pro Fahrzeug	–	–	0,52	0,45	0,45	–	–	0,58	0,56	0,49
– pro Personwagen	–	–	ca. 0,4 - 0,8	ca. 0,35 - 0,7	ca. 0,35 - 0,7	–	–	ca. 0,4 - 0,8	ca. 0,4 - 0,8	ca. 0,4 - 0,75
– pro Lastwagen	–	–	unsicher	unsicher	ca. 1,2 - 2	–	–	unsicher	unsicher	ca. 0,4 - 1,5