

Gesundheitsinspektorat der Stadt Zürich, Leitung: W. Hess, Gesundheitsinspektor
Stadtärztlicher Dienst der Stadt Zürich, Leitung: Dr. med. H. O. Pfister, Chefstadtarzt
Gerichtl. Med. Institut der Universität Zürich, Direktor: Prof. Dr. F. Schwarz

Die Luftverunreinigung durch Motorfahrzeugabgase

Chemische und medizinische Untersuchungen in der Stadt Zürich in den Jahren 1961–1962

P. Schaetzle, B. Nussbaumer, H. Brandenberger

Zusammenfassung

In den Jahren 1961 und 1962 wurden an 9 verkehrsdichten Straßenkreuzungen der Stadt Zürich Kohlenoxydmessungen durchgeführt. Gleichzeitig ist bei 71 Polizisten, welche an diesen Kreuzungen Verkehrsdienst leisten, der Carboxyhämoglobingehalt des Blutes vor und nach Dienstantritt ermittelt worden. Die gefundenen Kohlenoxydmittelwerte liegen mit wenigen Ausnahmen bedeutend unter dem MAK-Wert, wobei aber an der Kreuzung Rämistraße/Zeltweg zeitweise Mittelwerte von 80–90 ppm mit Spitzen bis 120 ppm registriert wurden.

Bei der Auswertung der Carboxyhämoglobin-Bestimmung war es notwendig, die Versuchspersonen in Raucher und Nichtraucher zu unterteilen, da die Raucher bedeutend erhöhte Anfangswerte aufweisen.

Da die durchschnittliche Carboxyhämoglobin-Sättigung der Endwerte die toxische Grenze von 10% nicht überschritt, kann das Bestehen der Gefahr einer CO-Vergiftung infolge der Verkehrsdienstausführung nicht belegt werden. Immerhin mußte durch Befragen der 71 Verkehrspolizisten festgestellt werden, daß sich deren 39 über Beschwerden wie Kopfschmerz, Übelkeit und Appetitlosigkeit als Nachwirkung des Verkehrsdienstes beschwerten.

Résumé

Dans les années 1961 et 1962, les quantités d'oxyde de carbone ont été mesurées à 9 carrefours très fréquentés de la ville de Zurich. En même temps on a déterminé la carboxy-hémoglobine dans le sang de 71 agents de police chargés de régler la circulation de ces carrefours, avant et après le service. Les moyennes d'oxyde de carbone obtenues sont, à quelques exceptions près, considérablement inférieures à la valeur MAK. Au carrefour Rämistrasse/Zeltweg on a constaté par moments des moyennes de 80–90 ppm avec des pointes allant jusqu'à 120 ppm.

Pour l'interprétation des résultats de la carboxy-hémoglobine il était nécessaire de séparer les fumeurs des non-fumeurs, car les valeurs initiales des fumeurs étaient considérablement plus élevées.

Vu que les saturations moyennes en carboxy-hémoglobine des valeurs finales ne dépassaient pas la limite toxique de 10%, la preuve du danger d'intoxication CO pendant le service n'a pas pu être apportée. Toutefois, il est à noter que 39 des 71 agents se plaignaient de maux de tête, de nausées et de manque d'appétit après le service.

1. Einleitung

Wie in anderen Städten des In- und Auslandes nahm auch in Zürich der Motorfahrzeugverkehr in den Nachkriegsjahren in einem ungeahnten Ausmaß zu. Diese Entwicklung ist noch keinesfalls abgeschlossen, man muß sogar in den nächsten Jahren mit noch größeren Zuwachsraten rechnen. Die stetige Zunahme des Verkehrs als Folge der Wirtschaftsblüte zeitigt als Nebenerscheinung die uns allen bekannten, unliebsamen Folgen. Unübersehbare Autokolonnen, verstopfte Kreuzungen, Parkierungsnöte und tägliche Unfälle sprechen eine beredte Sprache. Dazu sieht sich die Bevölkerung einer Stadt plötzlich einer mehr oder weniger stark empfundenen Belästigung durch Lärm und Gestank ausgesetzt. Wurde früher die Atmosphäre praktisch ausschließlich durch Abgase von häuslichen Feuerungsanlagen und Industriebetrieben verunreinigt, kommen heute als zusätzliche Luftfremdstoffe die Verbrennungsprodukte der Motorfahrzeuge dazu. Am stärksten betroffen durch diese unliebsamen und oft äußerst lästigen Luftfremdstoffe sind Anwohner von belebten Straßen und Kreuzungen, sowie beim Straßenunterhalt oder mit der Verkehrsregelung beschäftigte Personen. So waren es denn auch in Zürich die an stark frequentierten Straßenkreuzungen verkehrsdienstleistenden Polizisten, welche sich zuerst über Beeinträchtigung des Wohlbefindens während der Arbeitsverrichtung beklagten. Aus diesem Grunde beauftragte das Polizeieinspektorat das Gesundheitsinspektorat, an besonders gefährdeten Kreuzungen Messungen über den Abgasgehalt der Luft durchzuführen. Die ersten orientierenden Untersuchungen wurden nach Auswahl der Plätze im April 1961 vorgenommen. Im Herbst des gleichen Jahres sowie im Herbst 1962 wurden die Messungen wiederholt und ausgedehnt auf Untersuchungen des Kohlenoxyd-Hämoglobingehaltes im Blute der jeweils diensttuenden Verkehrspolizisten. Insgesamt wurden 120 Kohlenoxyd-Messungen über eine Dauer von je $\frac{1}{4}$ -2 Stunden durchgeführt, und es konnten Blutuntersuchungen an über 60 Verkehrspolizisten ausgewertet werden.

2. Die Abgasproduktion von Motorfahrzeugen

Über Art und Zusammensetzung der Abgase von Auto- und Dieselmotoren sind in den letzten Jahren eine Reihe vorzüglicher Veröffentlichungen erschienen, wobei wir besonders auf die Arbeiten der Eidg. Expertenkommission zur Lüftung von Autotunneln hinweisen möchten¹. Es ist bekannt, daß in den Abgasen von Automotoren von den gesundheitsschädlichen Komponenten das Kohlenmonoxyd (CO) dominiert. Da zudem die quantitative Erfassung des CO mit einem erträglichen Aufwand an Zeit und Meßinstrumenten durchgeführt werden kann, beschränkten auch wir uns auf die Messung dieses Gases in der

¹ Die Lüftung der Autotunnel, Bericht der Expertenkommission für Tunnellüftung an das Eidg. Amt für Straßen- und Flußbau. Veröffentlicht als Mitteilung Nr. 10 aus dem Institut für Straßenbau an der ETH.

Straßenluft. Dem CO kommt die Rolle eines Indikators für die übrigen Luftverunreinigungen zu. Zudem liegen bereits Resultate von CO-Messungen aus anderen Städten vor, so daß interessante Vergleiche angestellt werden können.

3. Die Messungen in Zürich

3.1 Auswahl der Meßstellen

Um das Ausmaß der Belästigungen oder eventueller Gesundheitsschädigung der Verkehrspolizisten festzustellen, mußten wir vor allem Kreuzungen auswählen, an denen der Polizeimann auf ebener Erde steht, also nicht durch ein Podest oder eine Kanzel erhöht ist. So gingen denn auch die meisten Klagen von solchen Plätzen ein. Zudem wurden mit Absicht Kreuzungen ausgesucht, welche besonders stark befahren werden, so daß die gefundenen Konzentrationen mit großer Sicherheit als Spitzenwerte für Zürich zu beurteilen sind. Während der 3 Meßperioden wurden dann an folgenden Kreuzungen CO-Messungen durchgeführt:

- Rämi-/Stadelhoferstraße
- Rämistraße/Zeltweg
- Central/Weinbergstraße
- Sihlstraße/Geßnerallee
- Lang-/Militärstraße
- Escher Wyß-Platz
- Höngger-/Röschibachstraße
- General Guisan-Quai/Stocklerstraße
- Hauptbahnhof/Ausgang Escherbrunnen

Mit Ausnahme der Kreuzung Höngger-/Röschibachstraße (Kanzel) wird der Verkehrsdienst überall ebenerdig versehen.

3.2 Organisation

Die Zusammenarbeit von 4 Instanzen einerseits und der Umstand, daß die Untersuchungen während der täglichen Verkehrsspitzen ohne Störung des Verkehrs durchgeführt werden mußten, bedingte eine reibungslose Organisation mit entsprechend großen Vorbereitungen. Die Koordination der einzelnen Aktionen lag beim Gesundheitsinspektorat, welches zudem die CO-Messungen durchführte.

Für die Bestimmung des Kohlenoxyd-Hämoglobingehaltes im Blute des diensttuenden Verkehrspolizisten wurde diesem das Blut vor und nach der Verkehrsregelung an Ort und Stelle durch einen Stadtarzt entnommen.

Gleich anschließend wurde die Blutprobe im Chemischen Laboratorium des Gerichtsmedizinischen Institutes der Universität Zürich analysiert. Von der Stadtpolizei schließlich wurden während der Messungen Verkehrszählungen durchgeführt.

Es verdient aufgeführt zu werden, daß sämtliche Untersuchungen genau nach Programm und ohne geringste Störung abgewickelt werden konnten.

3.3 Art der Messungen

Nebst den CO-Bestimmungen in der Straßenluft wurden Windverhältnisse, Lufttemperatur und Feuchtigkeit gemessen, sowie die Verkehrsdichte durch Zählung der Motorfahrzeuge ermittelt. In den Blutproben wurde der Sättigungsgrad des Blutes mit Kohlenoxyd-Hämoglobin bestimmt.

Zudem wurden die Polizisten durch den Arzt persönlich über ihren Gesundheitszustand und Symptome im Zusammenhang mit der Verkehrsregelung befragt.

4. Die Kohlenoxyd-Messungen

4.1 Methode und Apparatur

Die Kohlenoxydmessungen führten wir nach dem Prinzip der katalytischen Oxydation von CO zu CO₂ und Messung der dabei auftretenden Wärmetönung durch. Dazu verwendeten wir das von der MSA (Mine Safety Appliances, Pittsburgh) entwickelte CO-Meßgerät. Dieses Instrument arbeitet mit Hopkalyth als Katalysator, wobei die Wärmetönung mittels Thermoelement auf eine Millivolt-Skala übertragen wird. Mit Hilfe eines Eichgases wird die Anzeigege-nauigkeit des Gerätes vor und während den Messungen laufend überprüft. Die Ansprechempfindlichkeit liegt bei 0,001% CO, und die Genauigkeit beträgt im Mittel $\pm 0,0005\%$ CO.



Abb. 1 Meßeinrichtung zur Bestimmung des CO-Gehaltes und der Windverhältnisse im Einsatz.

Stichprobenweise wurde die Anzeige mittels Kohlenoxyd-Prüfröhrchen kontrolliert. Parallel zu den CO-Bestimmungen wurden auch die Windverhältnisse laufend untersucht. Dazu diente ein Stopani-Handanemometer, welches von der Firma Koch Optik, Zürich, so abgeändert wurde, daß nebst Windgeschwindigkeit auch die Windrichtung bestimmt werden konnte. Ferner wurden während der ganzen Meßdauer Temperatur und Luftfeuchtigkeit registriert.

Abb. 1 zeigt die Meßeinrichtung zur Bestimmung des CO-Gehaltes und der Windverhältnisse.

4.2. Probenahme

Um möglichst wirklichkeitsgetreue Resultate zu erhalten, führten wir die Messungen in der Mitte der jeweiligen Kreuzung beim Standort der Verkehrspolizisten durch. Aus diesem Grunde mußte die Meßanordnung, die aus Abb. 1 ersichtlich ist, konstruiert werden. Die Luftproben wurden in einer Höhe von 1,3 m über Boden entnommen. (Bei der Kreuzung Högger-/Röschibachstraße auf 2,3–2,5 m über Boden.)

Bei den ersten Messungen im April 1961 wurde auf einem Platz jeweils während nur 15 Minuten gemessen. Auf diese Weise konnten wir während einer Verkehrsspitze an mehreren Plätzen messen. Bei den nachfolgenden Messungen im Herbst 1961 und 1962 erstreckte sich die Probenahme über die ganze Dauer des Verkehrsdienstes am betreffenden Platz, d. h. also über $\frac{3}{4}$ –2 Stunden.

5. Die Kohlenoxyd-Hämoglobin-Bestimmungen

5.1 Blutentnahme

Die Blutentnahmen wurden so angeordnet, daß die erste unmittelbar vor Dienstantritt auf dem Platze erfolgte (Ausgangswert) und die zweite direkt im Anschluß an den beendeten Verkehrsdienst (Endwert), so daß eine Verfälschung der Werte durch vor- oder nachherige Atmung im fremden Milieu ausgeschlossen war. Bei den 28 Fällen der zweiten Meßreihe wurden mit Vakuumkanülen etwa 2–3 ml Venenblut entnommen, während wir uns bei der dritten Untersuchungsreihe infolge Verfeinerung der analytischen Methodik auf 0,2 ml aus der Fingerbeere pipettiertes Blut beschränken konnten. Dieses Blut wurde sofort mit 5 ml Hämolyse-lösung vermischt und vom Chemischen Laboratorium des Gerichtsmedizinischen Institutes weiter verarbeitet.

5.2 Analysenmethode

Der Kohlenmonoxydgehalt eines Blutes wird allgemein in sogenannten Sättigungsprozenten angegeben. Man mißt, wieviel Prozent des Bluthämoglobins in Form von Carboxyhämoglobin (an Kohlenmonoxyd gebundenes Hämoglobin) vorliegt und damit für die biologische Funktion des Hämoglobins, den Sauerstoff-Transport, verlorengegangen ist. Zur Bestimmung dieses Kohlenmonoxyd-Sättigungsgrades verwendet man heute meist spektroskopische

Methoden, welche die Verschiedenheit der Absorptionsspektren von Oxyhämoglobin (Sauerstoff bindendes Hämoglobin), Carboxyhämoglobin und freiem Hämoglobin als Meßbasis benutzen, wobei in der Regel im sichtbaren Bereiche des Spektrums zwischen 500 und 600 $m\mu$ gearbeitet wird. In Abb. 2 ist der Verlauf der Absorptionskurven in diesem Spektralbereich veranschaulicht.

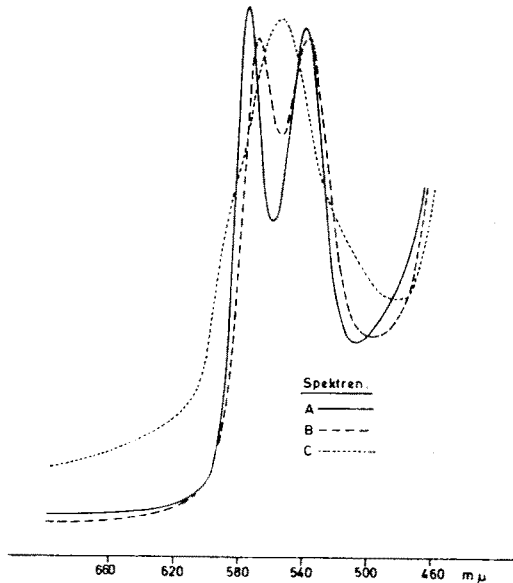


Abb. 2 Absorptionsspektren von mit Boratpuffer pH 9 verdünnten Blutlösungen: A nach Sauerstoffsättigung. B nach Kohlenmonoxydsättigung. C nach Sauerstoffsättigung und Reduktion.

Unter den vielen spektroskopischen Kohlenmonoxyd-Bestimmungen wählten wir diejenige von A. C. Maehly (Dtsch. Z. ger. Med. 52, 369 [1962]), die sich zufolge ihrer Einfachheit in der Ausführung für Serienuntersuchungen wie die vorliegenden speziell eignet. Sie gibt ferner für Messungen von Blutkohlenmonoxyd-Gehalten unter 20 Sättigungsprozenten, also in dem uns interessierenden Bereiche, relativ genaue Resultate. Das Prinzip des Meßverfahrens ist in Abb. 3 veranschaulicht:

Das Spektrum der hämolysierten und verdünnten Blutlösung wird zuerst gegen das Lösungsmittel (Boratpuffer von pH 9) aufgenommen (Spektrum D) und die Extinktionsdifferenz zwischen dem Minimum um 560 $m\mu$ und dem Wert bei 620 $m\mu$ (um den Einfluß von Trübungen zu reduzieren, wird nicht von der Grundlinie aus gemessen) bestimmt. Diese Größe A ist einmal abhängig von der Konzentration des Blutes und seiner Beschaffenheit (Hämoglobingehalt), wächst aber auch mit seinem Kohlenmonoxydgehalt, da ein solcher, wie aus Fig. 2 ersichtlich, das Minimum um 560 $m\mu$ abflacht. Anschließend wird ein Anteil der Blutlösung mit dem Reduktionsmittel Natriumdithionit versetzt, welches nur das labilere Oxyhämoglobin, nicht aber Carboxyhämoglo-

bin, in freies Hämoglobin überführen kann. Die Farbunterschiede zwischen reduziertem und nicht reduziertem Blut werden in einem sogenannten Differenzspektrum (Spektrum E, Fig. 3) festgehalten, dessen Extinktionshöhen (um Störungen zu vermeiden, werden ein Maximum und ein Minimum zur ab-

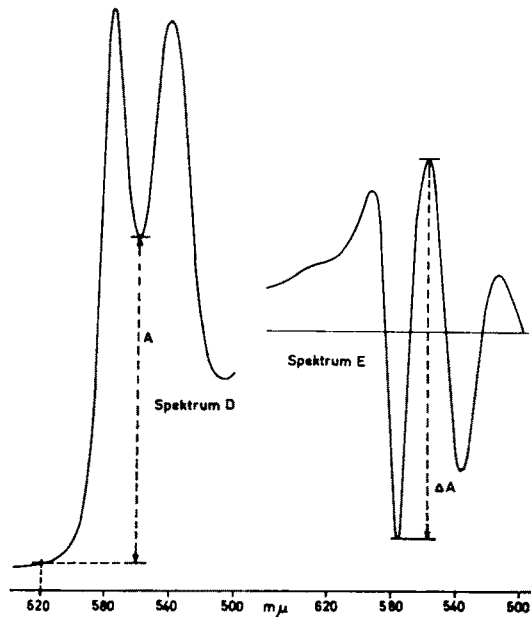


Abb. 3 Bestimmung des Kohlenmonoxyd-Sättigungsgrades einer Blutlösung anhand der Aufnahmen von Grundspektrum (mit Boratpuffer verdünntes Blut gegen Pufferlösung, Spektrum D) und Differenzspektrum nach Reduktion (reduzierte Blutlösung gegen ursprüngliche Blutlösung, Spektrum E), Spektrophotometer Beckman DB mit logarithmisch registrierendem Photovolt-schreiber Varicord.

soluten Summe ΔA addiert) umgekehrt proportional sind dem Kohlenmonoxyd-Sättigungsgrad des Blutes, ferner wie der Meßwert A wiederum abhängig von der Blutbeschaffenheit und dessen Konzentration. Durch Kombination der Meßwerte aus Grundspektrum D und Differenzspektrum E in einem Quotienten $A/\Delta A$ läßt sich die Abhängigkeit von Blutkonzentration und Beschaffenheit eliminieren. Bei geeigneter Eichung der Methode wird dieser Quotient zu einem direkten Maß für den Kohlenmonoxyd-Sättigungsgehalt des Blutes.

5.3 Durchführung der Analysen

Vom Venenblut (Herbst 1961) wurde 1 ml mit Wasser und einigen Tropfen verdünntem Ammoniak auf 10 ml verdünnt und nach 15minütiger Hydrolyse filtriert. 5 ml dieses Filtrates haben wir dann mit Boratpuffer pH 9 verdünnt, meist auf 50 ml, und wie vorn beschrieben ausgemessen. Die hämolysierten Lösungen aus den etwa 0,2 ml Fingerspitzenblut (Herbst 1962) wurden mit Boratpuffer auf 20 ml gebracht, filtriert und anschließend ausgemessen.

Die Aufnahme der Spektren erfolgte:

- im Herbst 1961 mit einem Beckman-Spektrophotometer DB mit angeschlossenen logarithmisch registrierendem Potentiometer-Schreiber Varicord (Photovolt),
- im Herbst 1962 mit einem Beckman-Spektrophotometer DK-2.

Die Instrumente wurden uns von der Firma Kontron AG in Zürich zur Verfügung gestellt, wofür wir auch an dieser Stelle unseren besten Dank aussprechen möchten.

Eine quantitative Überprüfung der Methode ergab, daß wir mit einer Genauigkeit von knapp $\pm 1,0$ Sättigungsprozenten Carboxyhämoglobin zu rechnen haben. Differenzen zwischen Anfangs- und Endwerten von Kohlenmonoxydgehalten, die unter 2,0 Sättigungsprozenten liegen, können deshalb noch nicht als signifikant angesehen werden.

6. Resultate

6.1 Ergebnisse der Kohlenoxyd-Messungen

In den Tabellen 1–3 sind sämtliche Meßergebnisse der 3 Meßperioden aufgetragen. Die in der Luft gemessenen Kohlenoxydgehalte sind in ppm (parts per million oder cm^3 Kohlenoxyd/ m^3 Luft) angegeben. Die Ablesungen am Meßgerät erfolgten alle 2 Minuten und die in der Tabelle aufgeführten Mittelwerte sind das arithmetische Mittel aus allen Ablesungen. Die Spitzenwerte sind die höchsten während einer Dauer von mindestens 2 Minuten gemessenen Kohlenoxyd-Konzentrationen.

Auf die gleiche Art wurden die Windverhältnisse ermittelt. Die Verkehrszählungen erstreckten sich jeweils über 15 Minuten und erfassen sämtliche

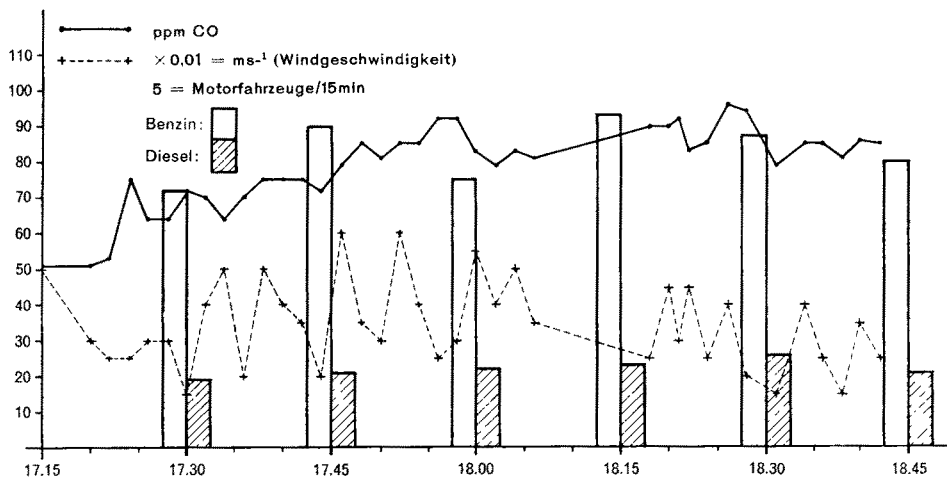


Abb. 4 CO-Konzentration, Windgeschwindigkeit und Verkehrsdichte im Verlauf einer 1½-stündigen Meßperiode an der Kreuzung Rämistraße/Zeltweg.

Tabelle 1 CO-Konzentration, klimatische Bedingungen und Verkehrsdichte von 15minütigen Meßperioden an Zürcher Straßenkreuzungen (1. Meßperiode April 1961)

Datum	Zeit	Kreuzung	CO-ppm		Wind-Richtung	Windstärke m/s		Temp. °C	Luftfeuchtigkeit in % (rel. F.)	Motorfahrzeuge in 15'
			Mittel	Spitze		Mittel	Spitze			
10.4.61	07.10-07.15	Rämi-/Stadelhoferstr.	20	40	SE	1,0	—	12	95	460
11.4.61	17.10-17.25		20	40	SW	1,1	—	17	70	500
12.4.61	11.50-12.05		20	30	NE	1,1	1,7	22	60	470
19.4.61	17.50-18.05		40	60	NW	0,6	1,5	17	52	476
20.4.61	08.00-08.15		30	40	WNW	1,0	1,6	11	90	388
21.4.61	13.50-14.05		30	40	W	1,7	2,0	15	90	410
10.4.61	07.25-07.40	Rämistr./Zeltweg	30	40	SE	1,0	1,5	14	80	540
11.4.61	17.45-18.00		40	60	SW	0,2	—	16	70	504
12.4.61	13.55-14.10		20	—	NW	0,9	2,0	25	45	587
18.4.61	07.55-08.10		40	60	SE	0,8	1,3	11	95	517
19.4.61	11.50-12.05		30	40	ENE	1,1	1,9	16	65	488
20.4.61	18.10-18.25		40	50	WNW	1,0	—	15	70	559
10.4.61	11.45-12.00	Central/Weinbergstr.	25	50	SW	0,3	0,6	25	50	509
11.4.61	18.15-18.30		30	50	SW	0,5	1,0	17	70	570
12.4.61	17.10-17.25		30	40	NW	1,2	—	25	45	468
13.4.61	07.40-07.55		40	50	WSW	0,1	0,6	13	85	449
18.4.61	07.20-07.35		45	70	ESE	0,5	1,0	11	90	370
19.4.61	13.50-14.05		30	40	WSW	0,9	2,0	19	50	463
20.4.61	17.40-17.55	40	50	NW	0,8	3,0	16	65	357	
10.4.61	13.50-14.05	H. B./Escherbrunnen	20	40	NW	1,1	—	26	30	297
11.4.61	07.05-07.20		30	60	E	0,6	1,4	13	95	170
12.4.61	17.50-18.05		40	70	SE	—	1,5	22	45	242
13.4.61	11.50-12.05		—	—	WSW	1,0	4,0	24	48	205
18.4.61	13.50-14.05		20	—	NW	1,9	2,7	13	72	90
21.4.61	07.45-08.00		35	55	W	0,5	1,0	13	95	220
10.4.61	17.00-17.15	Sihlstr./Geßnerallee	30	50	N	—	1,6	18	55	354
11.4.61	07.55-08.10		40	50	SSW	0,5	1,6	13	90	439
12.4.61	18.35-18.50		40	60	SE	1,0	1,7	20	48	448
13.4.61	13.50-14.05		30	—	SW	0,9	2,0	26	38	389
18.4.61	11.45-12.00		30	40	WSW	0,7	1,6	13	75	450
20.4.61	07.25-07.40		40	—	NW	0,4	0,9	11	82	371
21.4.61	17.35-17.50	40	60	SE	1,3	1,6	13	—	545	
10.4.61	17.30-17.45	Lang-/Militärstr.	50	70	SE	—	2,0	18	55	521
11.4.61	11.45-12.00		50	80	NW	0,6	2,3	18	65	458
12.4.61	07.00-07.15		40	50	NW	0,8	2,0	14	80	412
19.4.61	07.40-07.55		40	60	NW	0,9	3,0	9	95	243
20.4.61	13.15-13.30		40	70	NW	1,3	2,0	13	95	361
21.4.61	11.50-12.05		45	70	SE	1,1	2,0	13	Regen	484
10.4.61	18.15-18.30	Höngger-/Röschibachstr.	30	—	NW	0,8	1,5	18	55	630
11.4.61	13.50-14.05		30	—	NE	0,6	1,5	18	65	697
12.4.61	07.40-07.55		30	—	NW	0,8	1,0	14	80	659
18.4.61	17.40-17.55		30	—	WSW	0,7	1,6	12	Regen	645
19.4.61	07.00-07.15		30	—	SSE	1,6	—	8	95	817
20.4.61	11.45-12.00		30	—	NW	1,0	1,6	13	90	748
18.4.61	18.25-18.40	Unterführung/Langstr.	100	150	—	0,5	1,0	12	Regen	470

Fahrzeuge, welche die betreffende Kreuzung überquerten. In der letzten Meßperiode wurde noch gesondert nach Diesel- und Benzinfahrzeugen unterschieden.

Abb. 4 zeigt den Verlauf einer Messung über die ganze Meßdauer von 1½ Stunden an der Kreuzung Rämistraße/Zeltweg.

Die Ergebnisse der 2. und 3. Meßperiode von 2 Kreuzungen sind zum besseren Verständnis in Abb. 5 und 6 graphisch aufgezeichnet.

6.2 Ergebnisse der Carboxyhämoglobin-Bestimmungen

Diese sind in Tabelle 4 und 5 zusammengestellt, und zwar für jede Versuchsperson der Kohlenmonoxyd-Sättigungsgehalt bei Dienstantritt und bei Dienst-

Tabelle 2 CO-Konzentration, klimatische Bedingungen und Verkehrsdichte von 60. bis 120-minütigen Meßperioden an Zürcher Straßenkreuzungen (2. Meßperiode September 1961)

Datum	Zeit	Kreuzung	CO-ppm		Wind-Richtung	Windstärke m/s		Temp. °C	Luftfeuchtigkeit in % (rel. F.)	Motorfahrzeuge in 15'
			Mittel	Spitze		Mittel	Spitze			
11.9.61	07.00-08.15	Rämi-/Stadelhoferstr.	40	70	SE	0,75	1,5	14	95	350
14.9.61	11.30-12.30		45	60	SW	0,8	1,1	23	58	330
18.9.61	13.30-14.30		30	55	SSW	0,7	1,2	27	55	330
19.9.61	17.00-19.00		45	80	SW	0,7	1,2	25	75	430
20.9.61	13.30-14.30		25	50	W	1,2	1,7	30	55	360
11.9.61	11.30-12.30	Rämistr./Zeltweg	50	90	WSW	1,1	2,0	14	95	540
14.9.61	13.30-14.30		30	50	NNW	0,8	1,4	25	55	460
15.9.61	17.00-19.00		90	120	NNE	0,5	0,9	25	64	450
14.9.61	07.00-08.15	Central/Weinbergstr.	45	60	SSW	1,2	1,95	19	95	380
18.9.61	11.30-12.30		45	50	S	0,8	1,1	26	65	550
19.9.61	07.00-08.00		35	50	ESE	0,8	1,2	19	85	450
20.9.61	17.00-18.30		50	55	W	0,7	1,1	27	55	600
12.9.61	07.00-08.15	Sihlstr./Geßnerallee	50	80	NW	0,5	1,0	17	78	340
15.9.61	11.30-12.30		35	60	NW	0,75	0,95	20	65	380
19.9.61	13.30-14.30		25	35	SE	1,0	1,7	27	27	300
20.9.61	11.30-12.30		15	20	NNW	0,8	1,3	25	65	340
12.9.61	11.30-12.30	Lang-/Militärstr.	55	70	N	0,9	1,7	22	60	370
13.9.61	07.00-08.15		45	70	N	0,6	0,95	15	80	370
14.9.61	17.00-18.30		50	—	SW	0,5	—	20	Regen	380
19.9.61	11.30-12.30		45	65	SW	0,9	1,8	26	60	460
12.9.61	13.30-14.30		Escher-Wyß-Platz	40	55	NNW	2,0	3,0	21	55
13.9.61	11.30-12.30	30		50	NNW	1,5	2,2	25	50	290
15.9.61	07.00-08.15	40		75	NNE	0,5	0,8	20	95	360
18.9.61	17.00-19.00	45		65	N	0,6	1,0	25	70	400
20.9.61	07.00-08.15	20		50	NNE	0,6	0,9	18	95	360
12.9.61	17.00-19.00	Höngger-/Röschibachstr.	50	70	NNW	0,5	0,9	20	60	600
13.9.61	13.30-14.40		10	50	NNW	1,3	2,3	25	45	580
18.9.61	07.00-08.15		40	65	NW	0,4	0,6	18	95	650

Tabelle 3 CO-Konzentration, klimatische Bedingungen und Verkehrsdichte von 45- bis 105-minütigen Meßperioden an Zürcher Straßenkreuzungen (3. Meßperiode September/Oktober 1962)

Datum	Zeit	Kreuzung	CO-ppm		Wind-Richtung	Wind-stärke/m/s		Temp. °C	Luftfeuchtigkeit in % (rel. F.)	Motorfahrzeuge in 15'		
			Mittel	Spitze		Mittel	Spitze			Benzin	Diesel	Total
12.9.62	17.00-18.45	Rämi-/Stadelhoferstr.	20	40	NW	0,4	2,3	26	52	335	80	415
17.9.62	11.30-12.30		40	50	SE	0,9	1,9	12	100	330	45	375
19.9.62	07.00-08.15		20	25	NE	0,7	1,2	8	90	335	60	395
24.9.62	13.30-14.30		35	55	NW	1,4	2,3	17	58	365	65	430
26.9.62	11.30-12.30		35	55	W	0,7	1,2	14	75	330	60	390
1.10.62	13.30-14.30		65	70	SW	1,9	2,0	20	65	295	55	350
13.9.62	11.30-12.30	Rämistr./Zeltweg	20	30	SW	1,3	2,7	—	—	500	70	570
17.9.62	13.30-14.30		35	55	SE	0,7	1,1	12	95	470	70	540
20.9.62	07.00-08.15		40	65	N	0,4	0,8	8	80	415	110	525
25.9.62	13.30-14.30		50	60	—	0,9	1,8	16	65	355	90	445
28.9.62	17.00-18.45		50	70	NW	0,5	1,0	15	100	470	100	570
1.10.62	17.00-18.45		80	95	SE	0,35	0,6	14	80	420	110	530
2.10.62	11.30-12.30	65	75	NE	0,8	—	25	60	335	90	425	
11.9.62	07.00-08.15	Central/Weinbergstr.	20	30	SSE	0,25	0,75	—	—	380	70	450
13.9.62	13.30-14.30		25	40	—	1,2	1,8	24	40	390	60	450
17.9.62	17.00-18.45		20	40	S	1,4	2,2	11	78	390	100	490
19.9.62	11.30-12.30		15	25	SW	1,0	2,0	15	48	415	115	530
24.9.62	07.00-08.15		30	40	NW	0,7	1,1	11	85	450	60	510
26.9.62	13.30-14.30		40	50	SW	0,6	0,9	17	68	570	80	650
28.9.62	11.30-12.30	45	60	NW	0,75	1,3	15	100	345	65	410	
11.9.62	11.30-12.30	Sihlstr./Gebfnerallee	25	45	SSE	1,0	1,8	26	55	270	130	400
13.9.62	17.00-18.45		30	50	NE	1,4	2,1	19	54	370	125	495
18.9.62	07.00-08.15		30	45	NW	1,2	2,9	8	100	290	340	50
20.9.62	13.30-14.30		20	30	NW	1,0	1,9	8	100	300	90	390
21.9.62	11.30-12.30		20	30	N	1,35	2,5	16	46	275	120	395
2.10.62	13.30-14.30		45	60	NE	0,5	1,2	30	55	420	105	525
11.9.62	13.30-14.30	Lang-/Militärstr.	20	40	SSE	0,85	1,8	28	50	285	95	380
14.9.62	11.30-12.30		15	40	NE	1,8	2,7	19	60	285	115	400
19.9.62	17.00-18.45		30	55	NE	0,6	1,25	13	55	325	90	415
21.9.62	07.00-08.15		30	40	N	1,1	2,3	9	82	320	75	395
25.9.62	11.30-12.30		45	60	W	1,1	2,9	18	60	340	120	460
26.9.62	17.00-18.45		55	70	SW	0,25	0,7	15	80	350	70	420
12.9.62	07.00-08.15	Escher Wyß II	30	40	NNW	0,7	1,2	19	80	315	80	395
14.9.62	13.30-14.30		10	15	NE	1,2	1,9	19	60	335	85	420
18.9.62	11.30-12.30		20	25	NE	0,7	1,2	9	100	260	105	365
20.9.62	17.00-18.45		25	35	N	0,7	1,2	14	45	230	70	300
21.9.62	13.30-14.30		20	25	N	0,95	1,6	14	54	520	120	640
25.9.62	07.00-08.15		15	20	S	0,7	1,2	9	85	415	115	530
12.9.62	13.30-14.30	General Guisan-Quai/Stockenstr.	10	20	NNW	2,9	5,0	—	—	590	105	695
14.9.62	07.00-08.15		15	25	NW	1,5	2,2	13	86	670	110	780
18.9.62	17.00-18.45		35	75	W	0,7	1,2	16	55	660	100	760
24.9.62	11.30-12.30		35	45	W	1,25	3,8	16	60	570	65	635
28.9.62	13.30-14.30		45	55	W	0,9	1,3	17	68	595	75	670
1.10.62	11.30-12.30		55	70	E	0,7	0,9	18	72	880	105	985
2.10.62	17.00-18.45	45	70	NE	0,55	1,0	17	100	610	90	700	

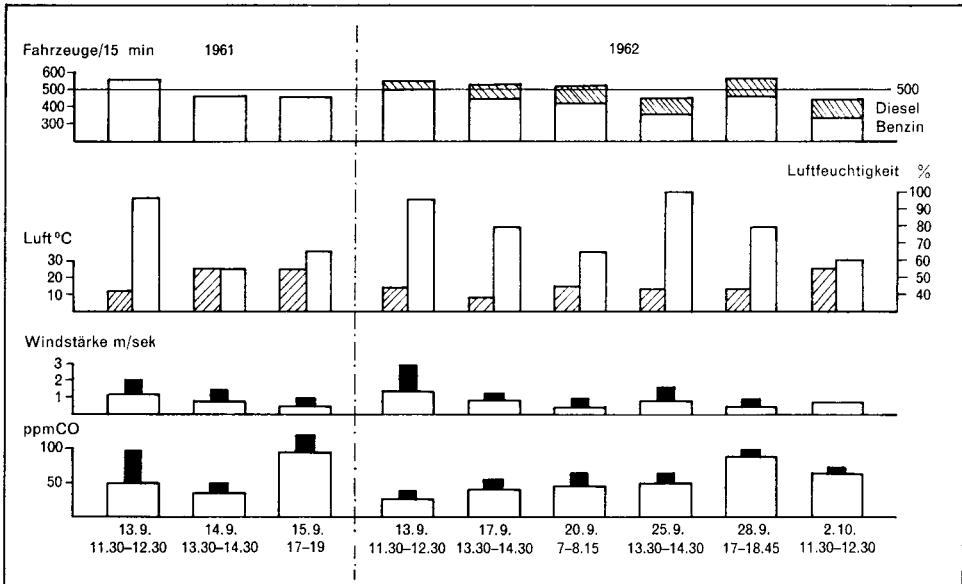


Abb. 5 CO-Konzentration, Verkehrsdichte und klimatische Bedingungen an der Meßstelle Rämistraße/Zeltweg.

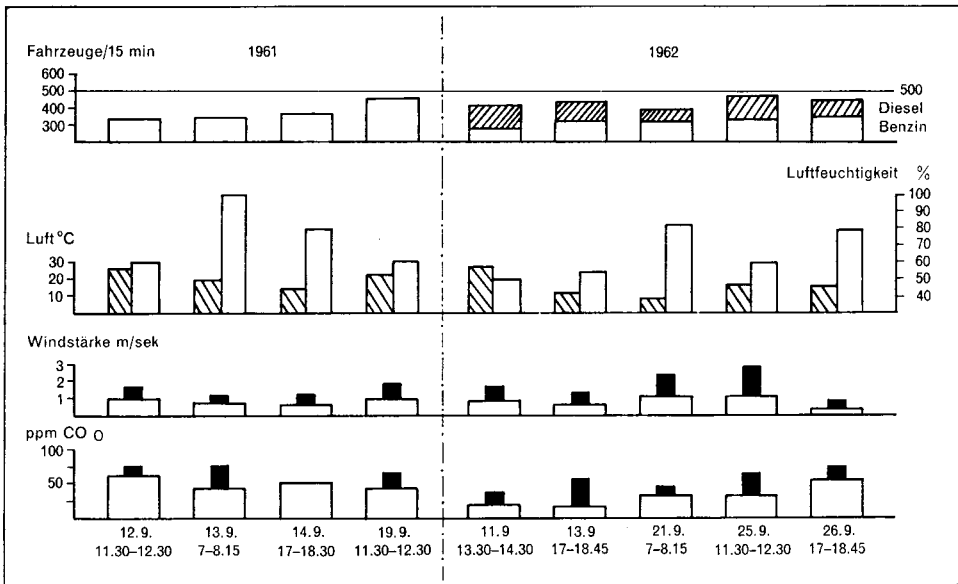


Abb. 6 CO-Konzentration, Verkehrsdichte und klimatische Bedingungen an der Meßstelle Langstraße/Militärstraße.

Tabelle 4 Der Carboxyhämoglobin (CO-Hb)-Gehalt im Blut von Verkehrspolizisten und der CO-Gehalt der Luft während der Expositionszeit (1. Meßperiode 1961)

Datum	Zeit	Mittlerer CO-Gehalt der Luft in ppm	% CO-Hb im Blut			Bemerkungen
			vor ¹	nach ²	Zu- od. Abn. + -	
12. 9. 61	13.30–14.30	40	9.4	8.1	– 1.3	Raucher
	17.00–18.30	50	10.7	4.9	– 5.8	Raucher
13. 9. 61	07.00–08.15	45	4.0	5.3	+ 1.3	
	11.30–12.15	30	3.3	5.2	+ 1.9	
14. 9. 61	13.30–14.30	10	5.3	4.6	– 0.7	
	07.00–08.15	45	1.2	6.4	+ 5.2	
	11.30–12.15	45	9.7	11.1	+ 1.4	Raucher
	13.30–14.30	30	10.7	2.7	– 8.0	
15. 9. 61	17.00–18.30	40	0.8	2.3	+ 3.1	
	07.00–08.15	40	5.4	2.0	– 3.4	
	11.30–12.15	35	8.3	2.7	– 5.6	Raucher
18. 9. 61	17.00–18.30	90	3.7	6.3	+ 2.6	
	07.00–08.15	40	0.9	1.7	+ 0.8	
	11.30–12.15	45	2.1	4.3	+ 2.2	Raucher
	13.30–14.15	30	6.1	5.7	– 0.4	
19. 9. 61	17.00–18.30	45	2.5	4.9	+ 2.4	
	07.00–08.15	35	2.6	1.5	– 1.1	Raucher
	11.30–12.15	45	4.6	6.2	+ 1.6	
	13.30–14.30	25	2.5	0	– 2.5	
20. 9. 61	17.00–18.30	45	1.0	3.7	+ 2.7	Raucher
	07.00–08.15	20	3.6	2.1	– 1.5	Raucher
	11.30–12.15	15	6.5	4.9	– 1.6	Raucher
	13.30–14.15	25	4.6	0.8	– 3.8	
	17.00–18.30	50	6.6	0.4	– 6.2	

¹ vor = Unmittelbar vor Verkehrsdienst
² nach = Unmittelbar nach Verkehrsdienst

ende sowie die Differenz. Einige Messungen erfolgten unter erschwerten Umständen. Diese mit X markierten Zahlen sind deshalb weniger gut gesichert als die anderen.

Tab. 6 enthält eine interessante Statistik über die Resultate der 2. Meßperiode.

7. Diskussion der Ergebnisse

7.1 Der CO-Gehalt der Zürcher Straßenluft

Um die an Zürcher Straßenkreuzungen gemessenen Kohlenoxydwerte kritisch zu würdigen, bedarf es der Kenntnis der Toxikologie des Kohlenoxyds und der Wirkung dieses Gases auf den Menschen. Kohlenoxyd ist ein farb- und geruchloses Gas und wirkt beim Einatmen durch den Menschen als Blutgift. Es hat eine etwa 300 mal größere Affinität zum roten Blutfarbstoff (Hämoglobin)

Tabelle 5 Der Carboxyhämoglobin (CO-Hb)-Gehalt im Blut von Verkehrspolizisten und der CO-Gehalt der Luft während der Expositionszeit (2. Meßperiode 1962)

Datum	Zeit	Mittlerer CO-Gehalt der Luft in ppm	% CO-Hb im Blut			Bemerkungen
			vor ¹	nach ²	Zu- od. Abn. + -	
11.9.62	07.00-08.15	20	0	- 0.2	- 0.2	X
	11.30-12.30	25	- 0.9	- 1.1	- 0.2	
	13.30-14.30	20	2.3	2.3	0	
12.9.62	07.00-08.15	30	0.5	- 1.4	- 1.9	
	13.30-14.30	10	2.0	3.9	- 1.9	
	17.00-18.45	20	3.4	3.7	+ 0.3	
13.9.62	11.30-12.30	20	0.2	2.7	+ 2.5	
	13.30-14.30	25	5.3	3.0	- 2.3	
	17.00-18.45	30	1.7	1.1	- 0.6	
14.9.62	07.00-08.15	15	0.5	0	- 0.5	
	11.30-12.30	15	1.6	1.7	+ 0.1	
	13.30-14.30	10	1.4	4.9	+ 3.5	
17.9.62	11.30-12.30	40	1.4	0.3	- 1.1	
	13.30-14.30	35	3.2	3.2	- 1.0	
	17.00-18.45	20	0.8	2.5	+ 1.7	
18.9.62	07.00-08.15	30	- 1.4	0	+ 1.4	
	11.30-12.30	20	0.8	2.1	+ 1.3	
	17.00-18.45	35	3.8	3.3	- 0.5	
19.9.62	07.00-08.15	20	1.7	1.7	0	
	11.30-12.30	15	2.6	1.0	- 1.6	
	17.00-18.45	30	0.6	1.5	+ 0.9	
20.9.62	07.00-08.15	40	1.0	0.4	- 0.6	X
	13.30-14.30	20	5.2	3.3	- 1.9	
	17.00-18.45	25	6.4	3.4	- 3.0	
21.9.62	07.00-08.15	30	2.4	1.8	- 0.6	
	11.30-12.30	20	0.5	5.0	+ 4.5	
	13.30-14.30	20	1.3	- 0.7	- 2.0	
24.9.62	07.00-08.15	30	0.3	0.9	+ 0.6	
	11.30-12.30	35	- 1.6	2.6	+ 4.2	
	13.30-14.30	35	- 0.3	1.8	+ 2.1	
25.9.62	07.00-08.15	15	0	1.8	+ 1.8	X
	11.30-12.30	45	1.6	1.6	0	
	13.30-14.30	50	1.2	3.4	+ 2.2	
26.9.62	11.30-12.30	35	3.2	3.2	0	X X
	13.30-14.30	40	3.7	2.7	- 1.0	
	17.00-18.45	55	2.0	3.7	+ 1.7	
28.9.62	11.30-12.30	45	- 0.3	0.9	+ 1.2	
	13.30-14.30	45	1.6	0	- 1.6	
	17.00-18.45	50	- 1.3	2.1	+ 3.4	
1.10.62	11.30-12.30	55	1.6	1.3	- 0.3	
	13.30-14.30	65	0.8	2.4%	+ 1.6	
	17.00-18.45	80	- 0.7	2.7	+ 3.4	
2.10.62	11.30-12.30	65	0.2	2.1	+ 1.9	X
	13.30-14.30	45	-	-	-	
	17.00-18.45	45	0.4	0.6	+ 0.2	

¹ vor = Unmittelbar vor Verkehrsdienst
² nach = Unmittelbar nach Verkehrsdienst

als Sauerstoff. Wenn nun beim Einatmen mit der Atemluft auch Kohlenoxyd in die Lunge gelangt, verbindet sich dieses mit dem Hämoglobin und verhindert in entsprechendem Maße die Aufnahme von Sauerstoff. Durch diesen Vorgang kommt es zu einer inneren Verarmung an Sauerstoff, was bei entsprechenden Kohlenoxydkonzentrationen zum Erstickungstod führen kann.

In der Arbeitsmedizin wurde die Grenzkonzentration, welche bei 8stündiger Exposition dem Menschen nicht schadet, auf 100 ppm CO (= 100 cm³ CO in 1 m³ Luft) festgelegt. Dieser sogenannte MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) darf also in Arbeitsräumen nicht überschritten werden. Wie unsere Meßergebnisse zeigen, wird also in der Stadtluft eine CO-Konzentration von 100 ppm praktisch nie oder dann nur kurzzeitig erreicht.

Die Messungen vermitteln uns aber nur ein Bild über den Gehalt der Luft an Kohlenmonoxyd, währenddem aber durch Motorfahrzeugabgase noch eine Menge anderer giftiger Stoffe an die Luft abgegeben werden. Wohl dürfte auch deren Konzentration selten oder nie den entsprechenden MAK-Wert erreichen, also die einzelnen Giftdosen für sich gemessen für den Menschen keine Gefahr bedeuten, doch ist es heute noch nicht abgeklärt, welche Bedeutung der Summenwirkung all dieser Luftfremdstoffe zuzuschreiben ist. Die gefundenen Kohlenoxydwerte dienen also zugleich als Indikator für die übrigen Abgas-komponenten und müssen in diesem Zusammenhang betrachtet werden.

Aus den Meßergebnissen geht deutlich hervor, daß die meteorologischen Faktoren von großer Bedeutung für die Ansammlung von Luftverunreinigungen sind. Weniger stark fällt dagegen die Verkehrsdichte ins Gewicht, dafür aber um so mehr die Verkehrsabwicklung. Ständige Stockungen und sich nur langsam vorwärtsbewegende Autokolonnen haben sofort einen Kohlenoxyd-Anstieg in der Luft zur Folge. Aber auch die topographische Lage jedes einzelnen Platzes sowie dessen Umgebung ist von großer Bedeutung.

Die höchsten Meßergebnisse in bezug auf den Kohlenoxydgehalt der Luft wurden im September 1961 erhalten. Dies ist meteorologisch bedingt, herrschte doch während der ganzen Meßperiode schönes Wetter mit hohen Temperaturen und zeitweise nur geringen Windbewegungen. Etwas schlechtere Wetterverhältnisse bei den Messungen im Herbst 1962 brachten trotz hohen Verkehrspitzen fast durchgehend geringere Kohlenoxydkonzentrationen. Es sind vor allem die in den Straßen Zürichs herrschenden Windverhältnisse, welche in den meisten Fällen für eine gute Durchlüftung sorgen.

An einzelnen Tagen wurden aber immerhin Kohlenoxydkonzentrationen festgestellt, welche zum Aufsehen mahnen und mit aller Deutlichkeit zeigen, daß eine Sanierung der heutigen Verkehrsverhältnisse nicht mehr lange auf sich warten lassen darf. Es sei besonders auf die Messung vom 15. September 1961 von 17.00–19.00 h an der Kreuzung Rämistraße/Zeltweg verwiesen. Hier lag der mittlere Kohlenoxydgehalt während 2 Stunden sehr nahe am MAK-Wert und überschritt diesen kurzzeitig sogar beträchtlich. Der betreffende

Freitagabend war gekennzeichnet durch außerordentlich dichten Verkehr, verbunden mit Stockungen bis 15 Minuten. Dabei herrschten nur geringe Windbewegung und eine drückende Wetterlage. Das Zusammentreffen all dieser ungünstigen Faktoren hatte den bekannten hohen Kohlenoxydgehalt zur Folge. Parallel mit dem Kohlenoxyd steigen natürlich auch die übrigen Abgasbestandteile in der Luft an, so daß wir verstehen können, daß nach einer Verweilzeit von 2 Stunden an diesem Platz das Wohlbefinden eines Menschen beeinträchtigt ist.

7.2 Der Carboxyhämoglobin-Gehalt im Blute der Versuchspersonen

Will man sich über Gefährdung von Menschen durch Kohlenmonoxyd ein klares Bild machen, so ist die Erfassung des Carboxyhämoglobin-Gehaltes im Blut besonders wertvoll. Der Toxikologe bezeichnet im allgemeinen einen Carboxyhämoglobin-Sättigungsgrad von 10 oder mehr Prozent als über der Grenze des Zulässigen liegend, trotzdem vorübergehende Gehalte zwischen 10 und 20% nicht unbedingt mit Unwohlsein oder anderen schädlichen Auswirkungen verbunden sein müssen. Wir sind der Ansicht, daß die Grenze von 10% schon reichlich hoch gefaßt ist und ein niedrigerer Toleranzwert eingesetzt werden könnte, sobald es sich um eine täglich sich wiederholende längere Expositionszeit einer Gruppe von Menschen handelt, wie im vorliegenden Falle.

Bei unseren Untersuchungen ist der vorerwähnte Grenzgehalt von 10% Carboxyhämoglobin nur in wenigen Ausnahmefällen erreicht worden. Besonders auffallend an unseren Meßwerten ist die Tatsache, daß während der Diensttätigkeit der Polizeibeamten in sehr vielen Fällen nicht eine Erhöhung, sondern eine Erniedrigung des Blutkohlenmonoxyd-Spiegels erfolgte. Diese auf den ersten Blick etwas erstaunliche Tatsache wird bedeutend verständlicher, wenn wir unsere Versuchspersonen in Raucher und Nichtraucher unterteilen. Im Herbst 1961 befanden sich unter 28 untersuchten Polizisten 10 Raucher und 18 Nichtraucher, wobei die ersteren zum Teil mit sehr hohen Blut-Kohlenmonoxyd-Gehalten ihren Dienst antraten.

Vereinzelte höhere Ausgangswerte in der Gruppe der Nichtraucher hängen wahrscheinlich damit zusammen, daß sich diese Personen vor der verkehrsregulierenden Tätigkeit im rauchgefüllten Theoriesaal aufgehalten hatten. Bei solch hohen Ausgangswerten trat dann sehr oft während der Verkehrsregulierung ein Verlust an Blut-Kohlenmonoxyd auf, nicht eine Erhöhung.

Im Herbst 1962 waren wir deshalb bemüht, mit Nichtrauchern zu arbeiten. Unter den 44 Versuchspersonen befanden sich lediglich 4 Raucher. Diese Gruppe lieferte wiederum die höchsten Ausgangswerte und ist mit einer Ausnahme für alle als Einzelwerte signifikanten Abnahmen des Kohlenmonoxyd-Spiegels während der fraglichen Arbeitsperiode verantwortlich.

Das Auftreten von Blut-Kohlenmonoxyd-Verlusten während der Verkehrs-

Tabelle 6 Mittlerer Hämoglobingehalt rauchender und nichtrauchender Verkehrspolizisten vor und nach dem Dienst (September 1961)

	Mittlerer CO-Gehalt in Luft ppm	Zeit	Raucher und Nichtraucher		Raucher		Nichtraucher	
			Anzahl	% CO-Hb	Anzahl	% CO-Hb	Anzahl	% CO-Hb
Höchste Konz. vor Dienst				10.7		10.7		10.7
Höchste Konz. nach Dienst				11.1		11.1		6.3
Tiefste Konz. vor Dienst				0		1.0		0
Tiefste Konz. nach Dienst				0		1.5		0
Mittlere Konz. vor Dienst			24	4.7	9	6.0	15	4.1
Mittlere Konz. nach Dienst			24	4.1	9	4.8	15	3.6
Mittlere Zunahme			11	2.2	3	2	8	2.3
Mittlere Abnahme			13	3.2	6	2.7	7	3.6
Mittlere Konz. vor Dienst		Vormittag	12	4.4	6	5.5	6	3.3
Mittlere Konz. nach Dienst		Vormittag	12	4.4	6	4.4	6	4.4
Mittlere Konz. vor Dienst		N'mittag	12	5.3	3	7.0	9	4.7
Mittlere Konz. nach Dienst		N'mittag	12	4.0	3	5.5	9	3.1
Mittlere Konz. vor Dienst	≥ 45		11	4.2	4	5.9	7	3.3 ¹
Mittlere Konz. nach Dienst	≥ 45		11	5.2	4	6.0	7	4.5 ¹
Mittlere Konz. vor Dienst	< 45		13	5.3	5	6.1	8	4.0 ²
Mittlere Konz. nach Dienst	< 45		13	3.2	5	3.9	8	2.9 ²

¹ = 9 Zunahmen / 2 Abnahmen
² = 2 Zunahmen / 11 Abnahmen

regulierung wird auch durch einen Vergleich mit den entsprechenden Kohlenmonoxyd-Gehalten in der Arbeitsluft in ein recht interessantes Licht gerückt. Aus der Meßserie vom Herbst 1961 läßt sich ableiten, daß bei einem Kohlenoxyd Gehalt der Luft von > 45 ppm das Blutkohlenmonoxyd in 9 von 11 Fällen anstieg (Tab. 6). Diese Grenze ließ sich bei den Untersuchungen im Herbst 1962 nicht mit der gleichen Deutlichkeit reproduzieren.

8. Zusammenfassung

8.1 In den Jahren 1961 und 1962 wurde an 9 verkehrsdichten Straßenkreuzungen der Stadt Zürich während der Verkehrsspitzen der Kohlenoxyd Gehalt der Luft ermittelt. Die 125 Messungen ergaben einen Kohlenoxydmittelwert von 30–40 ppm. Dieser Kohlenoxyd Gehalt liegt also erheblich unter dem MAK-Wert von 100 ppm.

8.2 An der Straßenkreuzung Rämistraße/Zeltweg wurden zeitweise Mittelwerte von 80–90 ppm mit vorübergehenden Spitzen von 95–120 ppm registriert.

Das Zustandekommen so hoher Konzentrationen ist eindeutig auf den beobachteten Umstand zurückzuführen, daß sich bei langsamer Verkehrsabwicklung, Stockungen und ganz besonders, wenn die Fahrzeuge mit laufendem Motor stehen bleiben, erhebliche Mengen von Auspuffgasen ansammeln.

8.3 Die Bestimmung des Carboxyhämoglobin-Gehaltes im Blute von 71 Verkehrspolizisten vor und nach Dienstantritt zeigt deutlich, daß eine Unterteilung in Raucher und Nichtraucher unerläßlich ist. Bei den Rauchern weisen besonders die Ausgangswerte einen hohen Carboxyhämoglobin-Gehalt auf. Bei ihnen fanden wir durchwegs Werte von über 5%, während die Durchschnittswerte der Nichtraucher um 3% liegen. Die erhöhten Ausgangswerte der Raucher erfuhren sogar durch den in kohlenoxydhaltiger Luft ausgeübten Verkehrsdienst regelmäßig eine Abnahme, währenddem die tieferen Ausgangswerte der Nichtraucher in den meisten Fällen eine Zunahme ergaben.

8.4 Da die durchschnittlichen Carboxyhämoglobin-Sättigungen der Endwerte die toxische Grenze von 10% nicht überschritten, kann das Bestehen der Gefahr einer Kohlenmonoxyd-Vergiftung infolge der Ausübung des Verkehrsdienstes nicht belegt werden.

8.5 Schwere Krankheitssymptome oder gesundheitsbeeinträchtigende Folgen, die mit dem Einatmen der kohlenoxydhaltigen Luft während der Dienstzeit hätten in Zusammenhang gebracht werden können, ließen sich durch Befragen und kurze Inspektion der Versuchsperson nicht erheben. Immerhin läßt sich nicht übersehen, daß von den 71 Verkehrspolizisten deren 39, also etwas mehr als die Hälfte, Beschwerden wie Kopfschmerzen, Übelkeit und Appetitlosigkeit als Nachwirkung der jeweiligen Dienstzeit von 1–2 Stunden angegeben haben.

8.6 Auf Grund unserer Gesamtuntersuchung kann das Vorkommen einer chronischen Kohlenmonoxyd-Vergiftung bei den Polizeimännern eindeutig verneint werden. Dieses Ergebnis dürfte auch eine entsprechende Verallgemeinerung auf die Bevölkerung der Stadt Zürich erlauben.

9. Schlußfolgerungen

Trotzdem unsere Messungen im allgemeinen keine gefährlichen Kohlenoxydkonzentrationen ergaben und eine akute gesundheitliche Gefährdung der Verkehrspolizisten verneint werden muß, drängen sich für die Zukunft folgende Schlußfolgerungen auf.

9.1 Der Kohlenoxydgehalt der Straßenluft muß periodisch überwacht werden.

9.2 Weitere Untersuchungen des Carboxyhämoglobin-Gehaltes im Blute von Verkehrspolizisten sind vorläufig nicht nötig. Die vorhandenen Meßergebnisse lassen den Schluß zu, daß ein Ansteigen des Kohlenoxyd-Hämoglobins im Blute erst dann eintreten kann, wenn die Atmungsluft mehr als 50 ppm Kohlenoxyd enthält.

9.3 In der zukünftigen Stadtplanung sind besonders kritische Straßenkreuzungen so auszubilden, daß eine flüssigere Verkehrsabwicklung möglich ist, um ein weiteres Ansteigen des Kohlenoxydgehaltes der Luft zu vermeiden.

9.4 Übersteigt an Straßenkreuzungen der Kohlenoxydgehalt der Luft im Mittel 50 ppm, so sollte die Dienstzeit des Polizisten auf diesem Platz auf eine Stunde herabgesetzt und weitere Messungen angeordnet werden.

10. Verdankung

Die Verfasser danken den Herren L. Jablonkay und R. Brühlmann für die Mithilfe bei den Untersuchungen. Dank gebührt auch dem Polizeiinspektorat der Stadt Zürich sowie den beteiligten Polizisten für die wertvolle Mitarbeit.

Adresse der Autoren: *P. Schatzle*, Gesundheitsinspektorat der Stadt Zürich, Walchestraße 33, Dr. *B. Nussbaumer*, Stadtärztlicher Dienst der Stadt Zürich, Walchestraße 31/33, Dr. *H. Brandenberger*, Gerichtlich-med. Institut der Universität Zürich, Zürichbergstraße 8.

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1 Meßeinrichtung zur Bestimmung des CO-Gehaltes und der Windverhältnisse im Einsatz.

Abb. 2 Absorptionsspektren von mit Boratpuffer pH 9 verdünnten Blutlösungen: A nach Sauerstoffsättigung, B nach Kohlenmonoxydsättigung, C nach Sauerstoffsättigung und Reduktion.

Abb. 3 Bestimmung des Kohlenmonoxyd-Sättigungsgrades einer Blutlösung anhand der Aufnahmen von Grundspektrum (mit Boratpuffer verdünntes Blut gegen Pufferlösung, Spektrum D) und Differenzspektrum nach Reduktion (reduzierte Blutlösung gegen ursprüngliche Blutlösung, Spektrum E), Spektrophotometer Beckman DB mit logarithmisch registrierendem Photovolt-schreiber Varicord.

Abb. 4 CO-Konzentration, Windgeschwindigkeit und Verkehrsdichte im Verlauf einer 1 $\frac{1}{2}$ -stündigen Meßperiode an der Kreuzung Rämistraße/Zeltweg.

Abb. 5 CO-Konzentration, Verkehrsdichte und klimatische Bedingungen an der Meßstelle Rämistraße/Zeltweg.

Abb. 6 CO-Konzentration, Verkehrsdichte und klimatische Bedingungen an der Meßstelle Langstraße/Militärstraße.