

# Lufthygiene und Strassenverkehr

Autor(en): **Cicotto, Angelo**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **72 (1980)**

Heft 9

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941406>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Lufthygiene und Strassenverkehr

Angelo Ciotto

## Zusammenfassung

Die durch den motorisierten Strassenverkehr bedingte Immissionsituation an Strassen wurde untersucht.

Gemessen an den Immissionswerten der deutschen TA-Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft), lassen die bisherigen Messungen folgenden Schluss zu: In engen, vielbefahrenen Strassen und auf verkehrsreichen Plätzen treten Schadstoffkonzentrationen auf, die oft im kritischen Bereich und manchmal auch darüber liegen.

Das negative Bild lokaler Messungen wird durch die ungünstigen Voraussagen über die Gesamtentwicklung der Belastung durch Verkehrsabgase verschärft: Sowohl die zürcherischen Belastungsstudien (1977) wie auch die Schlussfolgerungen der Eidgenössischen Kommission für die Gesamtverkehrskonzeption (GVK) sagen voraus, dass die Belastung durch Verkehrsabgase bis mindestens Mitte der achtziger Jahre zunehmen und auch danach nur bei Verwirklichung der Quellenbekämpfungsprogramme durch den Bund wesentlich abnehmen wird. Man ist sich bewusst, dass die Möglichkeiten von Kanton und Gemeinden, die Ursachen dieser Entwicklung kurzfristig zu beeinflussen, gering sind.

Dazu müsste beispielsweise:

- vermehrt auf die Benützung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren verzichtet werden;
- die Förderung umweltfreundlicher Transportmittel zum Tragen kommen;
- die zulässigen Abgaswerte rascher und schärfer begrenzt werden;
- schädliche Treibstoffkomponenten rascher und wirksamer eliminiert werden.

Im Bereich der Quellenbekämpfung können Kanton und Gemeinden praktisch nur in enger Zusammenarbeit mit dem Bund erfolgreich sein. Wenn trotzdem ein Massnahmenpaket vorgeschlagen wird, dann deshalb, weil man in der Lufthygiene – sowenig wie bei der Lärmbekämpfung an Strassen – um eigene Anstrengungen nicht herumkommt. Das gilt sowohl für die weitere Verbesserung der bereits heute möglichen Quellenbekämpfung als auch für die Sanierung unzumutbarer Immissionsituationen.

Alle kritischen Ortsdurchfahrten und Plätze sind zu ermitteln. Sanierungsmöglichkeiten liegen bei der Verflüssigung stockenden Verkehrs und Umleitung, einem verstärkten Wohnschutz und beim Motorabstellen.

Nicht alles und jedes muss vom Kanton oder von den Gemeinden getragen werden. Es ist vermehrt auch auf die Unterstützung von privater Seite, also auf die Hilfe des einzelnen Bürgers, der Verkehrsverbände, des Autogewerbes zu hoffen.

## Résumé: Hygiène de l'air et circulation routière

Une étude a été effectuée sur les immissions causées sur les routes par la circulation automobile.

La comparaison avec les valeurs d'immission citées dans la directive allemande TA-Luft – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (Directives techniques concernant la protection de l'air) permet de tirer les conclusions suivantes:

Sur les routes étroites et très fréquentées, ainsi que sur les places à circulation intense, les concentrations de substances nocives atteignent souvent et dépassent parfois les valeurs critiques. L'impression défavorable que donnent

les mesures locales est encore renforcée par les prévisions pessimistes sur l'évolution générale de la pollution par les gaz d'échappement. Selon une étude, la pollution globale causée par ces gaz va augmenter jusqu'au milieu des années quatre-vingts, puis ne diminuera sensiblement que si les programmes de la Confédération concernant la lutte contre la pollution à la source sont réellement appliqués.

## Summary: Air Protection and Road Traffic

A study has been made on the pollution situation caused by motor vehicles.

Comparison with the ambient air quality standards of the German TA-Luft – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (Technical Guidelines regarding Air Protection) leads to the following conclusions:

On narrow roads and squares where traffic is particularly intensive, the concentrations of harmful substances often reach and sometimes exceed the critical range. The bad impression given by local measures is increased by pessimistic forecasts regarding the general development of the total pollution caused by exhaust gas. According to another study, the total motor vehicle pollution will increase until the middle of the eighties; afterwards, it will only decrease perceptibly if the pollution abatement programs of the Confederation are really applied.

## 1. Einleitung

### 1.1 Der Auftrag

Seit der Inbetriebnahme der zürcherischen Nationalstrassenabschnitte sind die Lärmimmissionen des motorisierten Strassenverkehrs zu einem ernsthaften Problem geworden.

In jüngster Zeit zeigte es sich immer mehr, dass auch die Immissionen durch Schadstoffe in der Luft entlang Strassen, vorab solcher mit grösserem Verkehrsaufkommen in Siedlungsrandbereichen und innerorts, ernsthafte Probleme aufwerfen. Der Immissionsschutz an Strassen verlangt Massnahmen sowohl zur Bekämpfung des Lärms als auch zur Reinhaltung der Luft.

Es erwies sich daher als notwendig, in Ergänzung des vorliegenden Rahmenprogramms zur Lärmbekämpfung an Strassen einen geeigneten Massnahmenkatalog zur Abwehr von Luftverschmutzungsimmissionen entlang Strassen auszuarbeiten.

Bild 1. Mit dem Lufthygiene-Messwagen werden die wichtigsten Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Staub und Blei wie auch die meteorologischen Daten Tag und Nacht gemessen und registriert.



Die guten Erfahrungen bei der Erarbeitung des Lärmbekämpfungsprogramms durch eine Sonderkommission im Rahmen der kantonalen Lärmbekämpfungskommission lassen es als zweckmässig erscheinen, die anstehenden Arbeiten analog im Rahmen der Lufthygienekommission abzuwickeln. Aus dieser wie aus Fachkreisen bildete der Regierungsrat des Kantons Zürich eine Arbeitsgruppe «Lufthygiene an Strassen». Dieser gehörten an:

Dr. A. Ciotto, Amt für technische Anlagen und Lufthygiene (Vorsitz)

Dr. R. Tobler, Tiefbauamt (Geschäftsstelle)

Dr. E. Bovay, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrilkulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld BE

Prof. K. Dietrich, Institut für Verkehrsplanung und Transporttechnik der ETH, als Vertreter der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute

P. Graf, Amt für Luftverkehr

W. Hess, vertreten durch R. Mädler, Gesundheitsinspektorat der Stadt Zürich

Dr. W. Jutzi, vertreten durch Dr. R. Müller, EMPA, Dübendorf

P. Linsi, Tiefbauamt

lic. iur. H. P. Margulies, Gesundheitsdirektion/Koordinationsstelle für Umweltschutz

H. Marti, Strassenverkehrsamt

W. Stäger, Tiefbauamt

PD Dr. H. U. Wanner, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH

R. Weber, Kantonspolizei

Es stellte sich die Aufgabe, die Schadstoffe in der Luft entlang von Strassen, insbesondere solcher mit grösserem Verkehrsaufkommen in Siedlungsrandbereichen und innerorts, zu beurteilen und Richtlinien für die zu beachtenden Grenzrichtwerte zu empfehlen sowie geeignete Massnahmen zur Abwehr der Luftverschmutzung entlang Strassen vorzuschlagen.

Es ist zu prüfen, wie sich die Massnahmen gegen Lärmimmissionen auf die Luftverschmutzung auswirken, zum Beispiel wenn durch Geschwindigkeitsbeschränkung der Anfall an Schadstoffen in der Luft vermehrt wird.

### 1.2 Die aktuelle Lage und die weitere Entwicklung

Setzt sich die von der Gesamtverkehrskonzeption (GVK) vorausgesagte Wirtschaftsentwicklung fort, so nimmt der Verkehr vor allem im Dreieck Bern, Zürich, Basel bis Mitte der achtziger Jahre noch erheblich zu. In den Randgebieten der Agglomerationen, aber auch im eigentlichen Innerortsbereich dürfte daher der Verkehrsdruck kaum abnehmen. Die Lebensqualität wird weiterhin beeinträchtigt durch Unfallgefährdungen, Lärm und Luftverschmutzung durch Abgase.

Bei der Luftverschmutzung durch Verkehrsabgase rechnen zwar sowohl die zürcherischen Belastungsstudien wie die GVK mit einer langfristigen Abnahme. Die Erfüllung dieser Prognose wird aber von mehreren Bedingungen abhängig gemacht: So davon, dass das Quellenbekämpfungsprogramm des Bundes (Verschärfung der Zulassungsbestimmungen für Motorfahrzeuge durch Anpassung der Typenprüfungswerte) vollumfänglich realisiert wird, ferner davon, dass die Energiepolitik (Sparen) zum Tragen kommt, sodann von einer wesentlich höheren Attraktivität der öffentlichen Verkehrsmittel. Auch werden alle Luftreinhaltemassnahmen erst nach einer gewissen Verzögerungszeit wirksam, denn beispielsweise gelten Typenprüfungswerte nur für neue Fahrzeuge. Die Erneuerung des gesamten Fahrzeugparkes beansprucht etwa zehn Jahre.

Der Verlauf der Verhandlungen über die neuen ECE-Typenprüfungsreglemente im Spätsommer 1978 war für die Schweiz negativ. Falls sie die Vereinbarung nicht kündigt und wie Schweden einen eigenen Weg in der Abgasbekämpfung beschreitet, muss das bundesrätliche Programm bereits heute als gefährdet gelten. Das Bundesprogramm wird kaum im gewünschten Mass realisiert werden können.

Nach GVK lässt sich bis Mitte der achtziger Jahre auch unter den günstigsten Voraussetzungen eine vorübergehende Zunahme der Emissionen kaum vermeiden. Sie soll zu Beginn der achtziger Jahre eine Spitze erreichen. Der Grundsatz der Eidgenössischen Lufthygienekommission, nämlich, dass die 1970 festgestellte Luftverschmutzung gesamthaft nicht weiter ansteigen sollte, dürfte damit bei der Abgasbelastung erst langfristig eingehalten werden können.

### Der Spielraum

Welcher Spielraum steht Kantonen und Gemeinden in den nächsten 5 bis 10 Jahren beim Realisieren der Massnahmen zur Verfügung? Und nicht zuletzt wie gross ist ihr Spielraum, der bei der Erfüllung ihres gesundheitspolitischen Auftrages als Ganzes zur Verfügung steht? Bei den interessantesten Massnahmen ist dieser Spielraum leider am kleinsten:

Die umweltpolitisch und wirtschaftlich interessantesten sind solche, die entweder die Benützung motorisierter Fahrzeuge oder wenigstens den Abgasausstoss an der Quelle reduzieren helfen. Neben dieser Quellenbekämpfung kann theoretisch auch mit Strassenplanung und -führung vorbeugend viel erreicht werden. Erst in letzter Linie versprechen verkehrstechnische, organisatorische und bauliche Vorkehren Erfolg.

Erstens: In der Ursachenbekämpfung haben Kanton und Gemeinden am wenigsten Einfluss: Die Benützung motorisierter Fahrzeuge lässt sich nicht beliebig durch den Staat reglementieren. Ihr umweltgerechter Einsatz hängt weitgehend von der Vernunft des einzelnen ab und davon, ob er auf andere Verkehrsmittel umsteigen kann. Langfristig können hier Kanton und Gemeinden Einfluss nehmen. Kurzfristig können sie höchstens in Zusammenarbeit mit den Verkehrsverbänden Informationskampagnen fördern. Zweitens: Die Festsetzung der Typenprüfungswerte für die in der Schweiz zugelassenen Motorfahrzeuge ist Sache des Bundes. Die Kantone können hier höchstens den Vollzug durch kürzere Nachkontrollintervalle etwas verbessern (vgl. unten).

Drittens: Auch mit vorbeugenden Strassenplanungen und -führungen kann nicht mehr viel erreicht werden. Die Verkehrsträger für den motorisierten Verkehr sind zur Hauptsache entweder bereits gebaut oder befinden sich in einem fortgeschrittenen Planungsstadium. Nur lokal lassen sich hier gewisse Verbesserungen erreichen.

Ausserhalb der langfristigen Förderung des öffentlichen Verkehrs beschränkt sich der Spielraum für Kanton und Gemeinden also auf folgendes: Sie können kurzfristig vor allem optimale Kontrollen und Nachkontrollen der zugelassenen Fahrzeuge gewährleisten (womöglich indem sie einen Teil der Nachkontrollen dem Gewerbe delegieren). Besonders prekäre lokale Belastungen können weiter durch verkehrstechnische und organisatorische Massnahmen saniert werden. Dazu müssen die heiklen Immissionslagen erfasst werden. Weiter kommt der vermehrten Information über Energiesparen und Luftreinhaltemassnahmen durch den einzelnen besondere Bedeutung zu. Hier bietet sich eine vermehrte Zusammenarbeit mit den Verkehrsverbänden als praktischster Weg an. Im Vordergrund stehen

Ratschläge für Ankauf, Wartung und Betrieb von Motorfahrzeugen.

## 2. Luftverunreinigung aus dem Strassenverkehr

Bei der Bearbeitung lufthygienischer Probleme zeigte sich bald, dass die Zusammenhänge Emission-Immission komplex sind, was die Behandlung der gesamten Fragen erschwert.

Die Luftverschmutzung durch Motorfahrzeuge stammt hauptsächlich aus den Auspuffgasen. Es sind dies komplexe Gemische von Gasen, Dämpfen, Rauch und Staub. In Routineuntersuchungen können sie vorderhand nicht in ihrer Gesamtheit analysiert werden. Die Untersuchung erstreckt sich lediglich auf einzelne Komponenten. Das Kohlenmonoxid wird wegen seiner einfachen Bestimmung häufig in den Vordergrund gestellt. Daneben werden auch die Oxide des Stickstoffs, die Stickstoffoxide, sowie die Kohlenwasserstoffe und ihre Abkömmlinge, meist als Gesamtgruppe, bestimmt. Bei Blei ist zu unterscheiden zwischen flüchtigen und staubförmigen Verbindungen. Eine hygienisch wichtige Gruppe, diejenige der *übelriechenden Stoffe* – chemisch sind dies unvollständig verbrannte Treibstoffanteile – kann bis heute nicht quantitativ erfasst und objektiv beurteilt werden.

Unser Geruchssinn spricht nicht auf alle schädlichen Luftverunreinigungen an. Einige Giftstoffe werden zwar in sehr geringen Mengen wahrgenommen, lösen jedoch keine Abwehrreaktionen aus. Auch die Wirkung vieler Reizgase verläuft nicht mit ihrer Schädlichkeit parallel. Die Empfindlichkeit der Menschen gegen viele an sich riechbare Luftverunreinigungen ist sehr verschieden. Bei manchen Giftstoffen treten Gewöhnungserscheinungen auf.

Durch die Zunahme der Vielfalt und der Mengen luftfremder Stoffe wurden zusätzliche Beurteilungsmöglichkeiten der Luftqualität notwendig. Die chemische Analyse hat – ergänzt durch physikalische Messungen – die vielfältigen Aufgaben der Luftuntersuchung übernommen.

Damit Resultate verglichen werden können, war es notwendig, einheitliche Messmethoden festzulegen. Es war auch zu regeln, in welcher Form die Messwerte dargestellt werden können, um damit eine klare Interpretation zu gewährleisten.

## 3. Immissionsgrenzwerte

Um die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft von Emittenten vor Gefahren, erheblichen Nachteilen oder Belästigungen zu schützen, werden Immissionsgrenzwerte vorgeschlagen.

Immissionsgrenzwerte haben allgemein präventiv-medizinische Bedeutung oder sie umschreiben bei der Lösung bestimmter Aufgaben die Mindestanforderungen, die an die Reinheit der Luft gestellt werden sollen. Sie werden ausgedrückt als Konzentrationen eines Stoffes in der Außenluft, die als Durchschnitt während einer bestimmten Zeitspanne (30 Minuten, 24 Stunden, 1 Monat, 1 Jahr usw.) nicht überschritten werden sollen. Ein Immissionsgrenzwert gilt als eingehalten, wenn der festgesetzte Wert in einem bestimmten Prozentsatz von Einzelmessungen (z. B. 95 %) nicht überschritten wird. Soweit für die Anwendung der Grenzwerte Immissionsmessungen erforderlich sind, sind diese nach vorgeschriebenem Verfahren durchzuführen.

Grenzwerte sind keine naturwissenschaftlich definierte Grössen. Sie werden vielmehr unter Berücksichtigung be-

stimmter Beobachtungen von verantwortlichen Gremien nach pflichtgemäßem Ermessen festgesetzt, wobei nicht nur medizinische und biologische, sondern auch andere, vielfach politische Erwägungen in Betracht gezogen werden.

Ein Grenzwert soll ein operatives Mittel sein, ob er lediglich als Rechnungsgrundlage bei Planungsaufgaben oder in einem weiteren Bereich eingesetzt wird. Wird er im Rahmen der Luftüberwachung verwendet, sollten, wenn er überschritten wird, bestimmte Massnahmen, die in einem angemessenen Verhältnis zur allenfalls drohenden Gefahr stehen, vorgesehen werden. Es ist wenig sinnvoll, Grenzwerte festzusetzen, ohne gleichzeitig die konkreten Vorkehrungen, die bei ihrem Überschreiten zu treffen sind, festzulegen.

Immissionsgrenzwerte können unter verschiedenen Gesichtspunkten festgelegt werden:

*Sicherheitsgrenzwerte* sind Höchstkonzentrationen, die im Hinblick auf die Sicherung der Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen noch als zulässig betrachtet werden (biologische Begründung).

Bei der Festsetzung von *Richtwerten* wird vom Grundsatz ausgegangen, dass die Verunreinigung der Luft, wie sie derzeit besteht, in Zukunft nicht weiter zunehmen dürfe. Die Immissionswerte, die in einem bestimmten Zeitpunkt vorgefunden worden sind, werden dementsprechend zur Grundlage der Richtwerte gemacht.

Wird die bestehende Luftverunreinigung als zu hoch betrachtet, werden deshalb als Grenze tieferliegende *Zielwerte* festgesetzt, die innert eines bestimmten Zeitraums erreicht werden sollen.

Die Verwendung von Sicherheitsgrenzwerten erscheint auf den ersten Blick zweckentsprechend und logisch; bei näherem Zusehen zeigt sich jedoch, dass deren Festsetzung und Anwendung eine Reihe von Problemen mit sich bringt, die nur schwer befriedigend zu lösen sind.

In einer Reihe von Ländern sind für einzelne Stoffe Immissionsgrenzwerte im Gebrauch (vor allem für Schwefeldioxid, zum Teil auch für einzelne andere Stoffe wie Staub, Russ und Kohlenoxid). In den USA, der BRD, der UdSSR und den meisten osteuropäischen Staaten sind solche Werte – allerdings mit verschiedenen Anwendungsmodalitäten – in der Gesetzgebung verankert; in zahlreichen anderen Staaten (Frankreich, Schweden, Holland, Schweiz usw.) wurden sie nur als Richtlinien von Sachverständigengremien aufgestellt, Grossbritannien kennt keine Immissionsgrenzwerte. Es wird dies vor allem mit dem Hinweis begründet, dass die biologischen und medizinischen Unterlagen für die Festsetzung solcher Werte unzureichend seien.

Die Zahl der Stoffe, für die Immissionsgrenzwerte gesetzlich oder als Richtlinie festgelegt worden sind, ist in den meisten Ländern gering (USA: 6, BRD: 5, Frankreich und Türkei: 2, Holland, Schweden, Schweiz je 1). Sie genügt nicht, um die Luftverunreinigung umfassend zu kontrollieren. Lediglich die UdSSR kennt eine Liste von 35 Stoffen. Sie basiert praktisch ausschliesslich auf Laboratoriumsuntersuchungen. Über ihre praktische Anwendung ist kaum etwas bekannt. Der Verein Deutscher Ingenieure hat ebenfalls eine längere Grenzwertliste ausgearbeitet. Sie ist indessen vorderhand nicht in die Gesetzgebung übergegangen.

Die Anwendung der Grenzwerte in den einzelnen Ländern ist verschieden. In den USA ist man neuerdings bestrebt, die Grenzwerte zu einer allgemeinen Grundlage für die Massnahmen zur Reinhaltung der Luft zu machen. In der Bundesrepublik werden die gesetzlich festgelegten Grenz-

Tabelle 1. Zusammenstellung von Immissionswerten.

Immissionswerte (Richtwerte)		
IW 1	Werte für Langzeiteinwirkung (Durchschnitt aller Einzelwerte)	
IW 2	Werte für Kurzzeiteinwirkung (95 % der Summenhäufigkeitsverteilung)	
Gemessene Kenngrösse		
I 1	für Vergleich mit IW 1	
I 2	für Vergleich mit IW 2	
Der Wert I 2 ist der 95 %-Wert der Summenhäufigkeitsverteilung. Dies bedeutet, dass, bezogen auf den Messzeitraum, 95 % aller Halbstunden-Mittelwerte der untersuchten Immissionen niedriger als der Wert I 2 sein müssen. Der Wert I 1 ist der arithmetische Mittelwert, der gebildet wird, indem die Summe aller gemessenen Einzelwerte (Halbstunden-Mittelwerte) durch die Anzahl der Einzelwerte dividiert wird.		
Messdauer		
Art der Messung	I 1	I 2
Staubniederschlag	Mittelwert aller Messungen während eines Jahres	höchster Monatsmittelwert
Konzentrationsmessung des Staubes (Teilchen unter 10 µm)	Tagesmittelwerte	95 %-Summenhäufigkeit der Tagesmittelwerte
Konzentrationsmessung von Gasen	Halbstundenmittelwerte	95 %-Summenhäufigkeit der Halbstunden-Mittelwerte
Immissionswerte für Gase		
Art der Immission	Massenkonzentration mg/m <sup>3</sup>	
	IW 1	IW 2
Kohlenmonoxid (CO)	10,0	30,0
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	0,14	0,40
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	0,10	0,30
Stickstoffmonoxid (NO)	0,20	0,60
Immissionswerte für Staub		
Für Staubniederschlag		
IW 1	0,35 g/(m <sup>2</sup> Tag) Monatsmittel	
IW 2	0,65 g/(m <sup>2</sup> Tag) Monatsmittel	
Für Schwebestaub		
IW 1	0,20 mg/m <sup>3</sup>	
IW 2	0,40 mg/m <sup>3</sup>	
IW 1	0,10 mg/m <sup>3</sup> unter 10 µm	
IW 2	0,20 mg/m <sup>3</sup> unter 10 µm	
Immissionswert für Blei (Pb)		
0,002 mg/m <sup>3</sup> Jahresmittel (VDI 2310,1974)		

werte heute vor allem als Rechnungsgrundlage für die Lösung von Planungsaufgaben und für die Berechnung der erforderlichen Kaminhöhen bei neuen Fabrikanlagen verwendet, daneben auch für die Beurteilung des Luftzustandes (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft). In Frankreich ist ihre Anwendung auf die Berechnung von Kaminhöhen in der Region von Paris beschränkt. Analog zu Unterschieden in der Art der Anwendung finden sich von Land zu Land auch erhebliche Unterschiede in der Art der Umschreibung und der Festsetzung, so dass direkte Vergleiche zwischen den Ländern kaum möglich sind. In der Schweiz bestehen zurzeit nur die 1979 vom Bundesamt für Umweltschutz empfohlenen Grenzwerte für Schwefeldioxid. Von verschiedenen Seiten wird gefordert, dass vermehrt Grenzwerte festgesetzt, ja dass sie als massgebendes Element in die kommende Gesetzgebung eingebaut werden müssten. Die Befürworter hoffen dadurch einfache, gesetzlich verankerte Kriterien zur Beurteilung des Luftzustandes zu gewinnen, die von jedermann verstanden und angewendet werden könnten und die in der Folge als massgebende Grundlage aller Massnahmen zur Reinhaltung der Luft dienen müssten.

Aus der Vielzahl möglicher Immissionswerte erscheint es sinnvoll, die Werte der deutschen Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft), 1974, wie auch die Richtlinien (maximale Immissionswerte) des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) im Sinne von Richtwerten auf Zusehen zu übernehmen, bis eidgenössische Normen vorliegen.

Als allgemeine Verwaltungsvorschrift wendet sich die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft nicht unmittelbar an die Betreiber von genehmigungsbedürftigen Anlagen. Sie soll vielmehr bundeseinheitlich ein planmässiges Handeln der Behörden gewährleisten. Sie orientiert auch die Betreiber darüber, wann und wie die Behörden tätig werden müssen.

Diese Standards werden als Immissions- Konzentrationswerte in Milligramm pro Kubikmeter Luft angegeben (siehe Tabelle 1).

#### 4. Bisherige Messungen im Kanton Zürich

Luftverschmutzung an Strassen wird von folgenden Fachstellen gemessen: Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETHZ, Kantonales Amt für technische Anlagen und Lufthygiene sowie vom Gesundheitsinspektorat der Stadt Zürich (auf das Stadtgebiet beschränkt). Diese drei Stellen verfügen neben der benötigten Instrumentierung auch über qualifiziertes Personal. Immissionsmessungen erfordern grossen finanziellen Aufwand.

Bis vor kurzem beschränkte sich das Interesse sowohl bei den Messungen als auch bei der Interpretation von Messreihen vorwiegend auf das *Kohlenmonoxid* (CO). Für CO gibt es seit Jahren geeignete und auch taugliche Messgeräte auf dem Markt. Bei CO liegen auch viele Erkenntnisse über seine Auswirkungen und Schädigungen vor. Dies findet seinen Niederschlag darin, dass für CO in sehr vielen Ländern Grenzwerte festgelegt wurden. Auch von der Emissionsseite her musste CO lange Jahre hindurch als die dominierende Schadstoffkomponente der benzinbetriebenen Personenwagen angesehen werden. Diese Situation hat sich heute etwas verändert. Strenge Emissionsvorschriften (sowohl in Europa wie auch in Übersee) haben dazu geführt, dass der Ausstoss von CO und von *Kohlenwasserstoffen* drastisch reduziert wurde. Diese an und für sich erfreulichen Verminderungen des Schadstoffausstosses hatten leider zur Folge, dass dafür der Ausstoss von *Stickstoffoxiden* (NO<sub>x</sub>) um einiges erhöht wurde (zurzeit fehlen in Europa Emissionsbegrenzungen für NO<sub>x</sub>). Über die Schädlichkeit der Stickstoffoxide weiss man erst in neuerer Zeit Konkreteres.

Dass man heute vermehrt die NO<sub>x</sub> in den Mittelpunkt des Interesses stellt, soll nicht heissen, dass man die Bedeutung der anderen Schadstoffe ausser acht lässt. Die Gewichtung der vielen lufthygienisch relevanten Schadstoffe, die vom Motorfahrzeugverkehr produziert und in die Umwelt abgegeben werden, hat sich vielmehr nach den neuesten Erkenntnissen der Wissenschaft, Messtechnik und nach dem Stand der Automobiltechnik bezüglich Emissionsverminderung zu richten. Es ist durchaus denkbar, und es deuten auch einige Indizien darauf hin, dass man in Zukunft vermehrt einigen Komponenten der Kohlenwasserstoffe grössere Bedeutung zumessen wird.

Die zahlreichen CO-Messungen im Kanton wurden auf einer Karte aufgetragen. Neben dem Messort wurde auf der Karte die gemessene 95 %-Häufigkeit der CO-Konzentration im Vergleich zum deutschen IW 2-Grenzwert (30 mg

CO/m<sup>3</sup> aufgezeichnet. In der gewählten Darstellungsweise können wir drei Fälle unterscheiden:

- A) – Kreis ausgefüllt = 30 mg CO/m<sup>3</sup> erreicht
- B) – Kreisring = 30 mg CO/m<sup>3</sup> überschritten
- C) – Kreis mit Punkt = 30 mg CO/m<sup>3</sup> unterschritten

Nachfolgend sind die Messorte aufgezählt, wo die Werte unter und über dem Immissionswert IW 2 gefunden wurden.

An vielen Orten wurde noch nicht gemessen, so dass die Karte keine vollständigen Angaben liefern kann. Bei der Beurteilung dieser Einstufung ist zu berücksichtigen, dass an den meisten Messorten nur an einzelnen Tagen gemessen wurde. Die Klassifizierung hat daher orientierenden Charakter.

**A) Immissionswert erreicht**

- Zürich Centralplatz
- Zürich Bahnhofplatz
- Zürich Schwamendingen
- Rapperswil untere Bahnhofstrasse
- Dietikon Löwenstrasse

**B) Immissionswert überschritten**

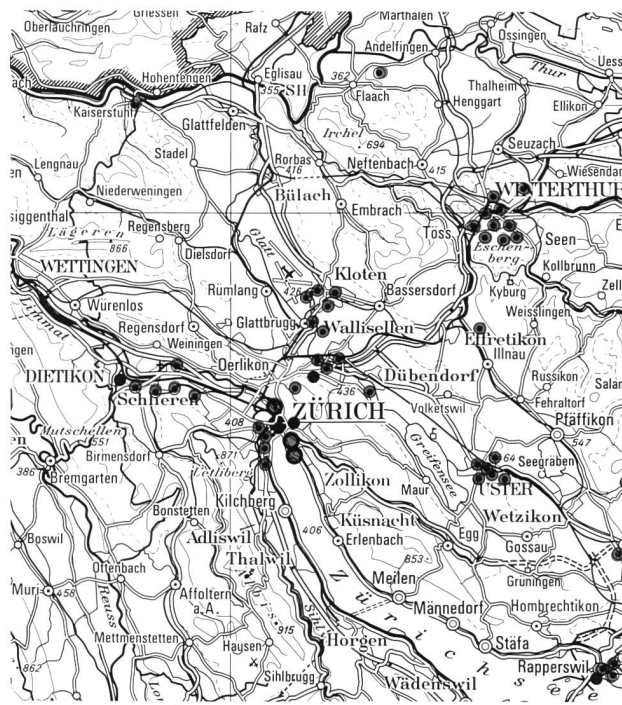
- Zürich Bellevueplatz
- Zürich Utoquai
- Zürich Langstrasse

**C) Immissionswert unterschritten**

Zürich Sihlhochstrasse	6 Messorte
Zürich Irchel	.
Zürich Aubrugg	.
Zürich Auzelg	.
Schlieren	3 Messorte
Dietikon	5 Messorte
Unterengstringen	2 Messorte
Wallisellen	3 Messorte
Opfikon	1 Messort
Glattbrugg	1 Messort
Kloten	5 Messorte
Flaach	1 Messort
Weiach	1 Messort
Winterthur	10 Messorte
Effretikon	1 Messort
Dübendorf	4 Messorte
Uster	6 Messorte
Bäretswil	1 Messort
Hinwil	1 Messort
Wädenswil	2 Messorte

Wesentlich für die Interpretation dieser Resultate ist die genaue Angabe des Messortes bzw. der exakten Messanordnung. Als Messorte wurden ausschliesslich stark belastete Kreuzungen und Hauptverkehrsstrassen gewählt. Die verschiedenen Messonden wurden in der Regel so angeordnet, dass die Probenluft in einer Höhe von 1,20 m bis 1,50 m über Boden und am Strassen- respektive Trottoirrand angesogen wurde. Dies erlaubt es, die verschiedenen Ergebnisse – wenn auch mit gewissem Vorbehalt – untereinander zu vergleichen.

Die Aussagekraft dieser Darstellungen darf in verschiedener Beziehung nicht überschätzt werden. Die wohl wichtigste Einschränkung ist die Tatsache, dass die Konzentration dieses Schadstoffs beiden Schadstoffe bereits in einigen Metern Distanz von der Strasse oder in wenigen Stockwerken über dem Strassenniveau wesentlich tiefer liegen können. Eine quantitative Angabe über diese Ausbreitungs- und Abnahmeverhältnisse kann mit dem heuti-



Kurzzeitwert IW 2 (TA-Luft), 95% Summenhäufigkeit, 30 mg CO/m<sup>3</sup> = 24,0 ppm CO, 760 Torr, 0° C; = 26,7 ppm CO, 720 Torr, 15° C.

- Überschreitung
- Unterschreitung

Langzeitwert IW 1 = Mittelwert = 10 mg CO/m<sup>3</sup> = 8,0 ppm CO, 760 Torr, 0° C; = 9,0 ppm CO, 720 Torr, 15° C.

Bild 2. Immissionsmessungen im Kanton Zürich (Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 30.5.80).

gen Stand des Wissens nicht vorgenommen werden. Eine weitere, beinahe ebenso wesentliche Einschränkung bedeutet die Tatsache, dass einige dieser Messungen über recht kurze Zeiträume von nur zwei bis drei Tagen vorgenommen wurden.

**5. Beurteilung der Gesamtsituation**

Aus den zurzeit vorliegenden Messwerten, den Vergleichen mit Messungen im Ausland und den Einstufungen zu verschiedenen Immissionswerten können wir folgendes festhalten:

Im Nahbereich von Strassen sind die Belastungen durch Luftfremdstoffe von der Frequenz und der Fahrweise der Motorfahrzeuge sowie der Bebauung längs der Strasse abhängig. Entlang Autobahnen sowie Strassen mit offener Bebauung bleiben die Abgaskonzentrationen infolge der raschen Verdünnung unterhalb der Immissionswerte. In engen Strassen sowie an verkehrsreichen Plätzen treten jedoch Kohlenmonoxid-, Stickstoffdioxid- und Bleikonzentrationen auf, die im Bereich der Grenzwerte liegen.

Aufgrund der im Bericht vorgelegten Ergebnisse von Kohlenmonoxid-Messungen (Leitkomponente der Abgase) werden an folgenden Strassen und Plätzen die Immissionswerte erreicht bzw. überschritten: in der Stadt Zürich an der Langstrasse, am Utoquai, am Bellevueplatz, am Central, am Bahnhofplatz, an den Messstellen Dietikon und Rapperswil. Im Nahbereich dieser Strassen und Plätze ist die Lage als kritisch zu bezeichnen. Die Beurteilung stützt sich allerdings nur auf die Kohlenmonoxid-Messungen – zum Teil noch mit unvollständigen Langzeitmessungen. Die verfügbaren Ergebnisse von Stickstoffdioxid-, Kohlenwasserstoff- und Bleimessungen zeigen jedoch, dass bei erhöhten Kohlenmonoxid-Werten auch diese wei-

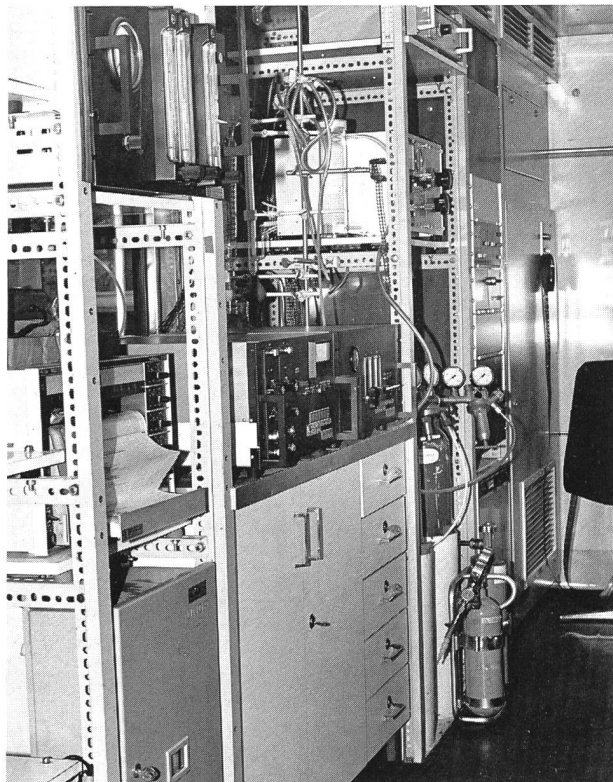


Bild 3. Blick in den Messwagen mit Messgeräten und Computer zur Erfassung und Auswertung der luftfremden Stoffe.

tern toxischen Abgaskomponenten im Bereich der Immissionswerte liegen. Zur besseren Beurteilung der Belastung der Bevölkerung sind vermehrt Langzeit-Messungen der verschiedenen Schadstoffe an einigen ausgewählten, repräsentativen Messstellen erforderlich.

Hohe oder sogar kritische Immissionen von CO und NO<sub>x</sub> treten in Strassenschluchten mit einem hohen Anteil an stockendem Verkehr auf. Dieser «Langstrasseneffekt» dürfte noch an verschiedenen Orten in Zürich oder in anderen Agglomerationen des Kantons anzutreffen sein.

Nicht allein die Frequenz des Verkehrs, sondern auch die Geschwindigkeit der Fahrzeuge beeinflussen die Immissionen.

Die «Durchlüftung» eines Strassenzuges oder eines Platzes ist ebenfalls eine Haupteinflussgrösse. Die Durchlüftung wird durch den Wind, durch die Möglichkeit seines Eindringens in eine Strassenschlucht und vor allem auch durch die Eigenturbulenz des Fahrzeugverkehrs bestimmt. Bewegen sich die Motorfahrzeuge flüssig und rasch, ist eine wesentlich bessere Durchlüftung gewährleistet als bei stockendem oder sogar stehendem Verkehr.

Bei der derzeitigen Gesamtbeurteilung ist zu beachten, dass gemäss den durch das Bundesamt für Umweltschutz ausgearbeiteten Prognosen die Emissionen durch den Motorfahrzeugverkehr bis 1985 noch weiter zunehmen werden. Die vom Bundesrat vorgesehenen Verschärfungen der Abgasvorschriften werden sich erst nach diesem Zeitpunkt auf eine Verbesserung der Immissions-Situation auswirken. Eine Überprüfung der kritischen Orte ist deshalb unerlässlich, um die notwendigen Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlicher Beeinträchtigung rechtzeitig in die Wege zu leiten. Gleichzeitig dürfen die vom Bund vorgesehenen Massnahmen für eine wirksame Quellenbekämpfung – Verminderung des Kohlenmonoxid-, Stickstoffoxid- und Kohlenwasserstoffausstosses sowie Herabsetzung des Bleigehaltes im Benzin – auf keinen Fall verzögert werden.

## 6. Massnahmenkatalog

### 6.1 Luftverschmutzung an der Quelle

Das vom Bundesrat vorgeschlagene Quellenbekämpfungsprogramm der nächsten 10 Jahre führt, sofern es vollumfänglich realisiert wird, zu einer Reduktion des Verschmutzungsindex von 20 bis 25 % im Mittel. Die Quellenbekämpfung bei Motorfahrzeugen ist gesamthaft gesehen – genau wie die konsequente Hausfeuerungs- und Industriefeuerungskontrolle – die kostenwirksamste Massnahme.

#### *Forderungen an die Zusammenarbeit zwischen Bund und Kanton*

Die Kantone sollen dem Bund für die geplanten Revisionen der Verordnung über den Bau und die Ausrüstung der Strassenfahrzeuge (BAV) Hilfe anbieten. Es ist dabei auf eine gleichzeitige Reduktion aller relevanten Schadstoffkomponenten hinzuwirken. Jede Vernehmlassung zu den Revisionen von Anhang 3 der BAV «Messung der Abgase von Benzin- und Dieselmotoren» ist im Kanton Zürich der Lufthygienekommission zur Stellungnahme zuzuweisen.

Begründung: Ist-Zustand und Prognose für einzelne Schadstoffe (z. B. Stickstoffoxide) ergeben ein Anwachsen der Mengen, falls keine wirksame Quellenbekämpfung durch den Bund erfolgt.

Beim Bund ist eine raschere Einführung bleiarmer Superbenzins zu verlangen. Er kann dazu die laufende Vernehmlassung zur Änderung der Verordnung über verbotene giftige Stoffe benützen. Ebenso soll gefordert werden, dass die Zollbelastung bei Treibstoffen unterhalb der Import-Grenzwerte auf das Ausmass der verursachten Umweltbelastung ausgerichtet wird (Blei-, Schwefelgehalt usw.).

Begründung: Die vom Bund 1978 eingeführte Reduktion des Bleigehaltes bezieht sich nur auf Normalbenzin, also nur auf rund 18 % der jährlich verkauften Gesamtmenge.

Im Grundsatz wirkt sich neben der absoluten Begrenzung des zulässigen Höchstgehaltes an schädlichen Treibstoffbestandteilen eine fiskalische Belastung am wettbewerbsneutralsten aus.

Vom Bund ist zu verlangen, dass die Frage geprüft wird, ob beim Import von Motorfahrzeugen und bei deren Zulassung weitere Bedingungen gestellt werden können, die sich vor allem günstig auf die Innerortsbelastung auswirken (Treibstoffverbrauch, Abgasausstoss und Lärmwerte bei kritischen Geschwindigkeiten innerorts, beispielsweise bei 60 km/h usw.).

Begründung: Die polizeilichen Überwachungsaufgaben und Nachkontrollen werden durch Zulassungsbedingungen, die die Fahrzeuge den Umwelanforderungen des Innerortsverkehrs im vornherein anpassen, wesentlich erleichtert.

#### *Forderungen kantonsintern und für die Zusammenarbeit mit Gemeinden, Gewerbe, Privaten*

Hier liegt das Hauptgewicht der Quellenbekämpfung bei der Nachkontrolle einmal zugelassener Fahrzeuge in optimalen Zeitabständen, ferner bei der vermehrten Information der Lenker über Unterhalt und Gebrauch der Fahrzeuge.

Die *Nachkontrollintervalle* für zugelassene Fahrzeuge sollen verkürzt und auf den optimalen Wert von einem Jahr, bzw. 10 000 bis 15 000 Fahrkilometern bei Personenwagen und Motorrädern gebracht werden. Womöglich sind solche Nachkontrollen auf freiwilliger Basis an entsprechend ausgerüstete Gewerbebetriebe zu delegieren. Vorausset-

zung ist, dass Stichproben vorgenommen und ein Eichservice für die Geräte organisiert werden kann. Die mit dem Gewerbe diesbezüglich aufgenommenen Kontakte sind fortzusetzen.

Begründung: Die Intervalle für die Gesamtkontrollen liegen bei Personenzugmaschinen im allgemeinen bei drei Jahren. Technisch richtig durchgeführte, zusätzliche Nachkontrollen und fliegende polizeiliche Kontrollen ergänzen diese zu langen Nachkontrollintervallen. Eine Delegation der Aufgabe an das zur Zusammenarbeit an sich bereite Gewerbe entlastet Strassenverkehrsämter und Verkehrspolizei.

Die *fliegenden Kontrollen* sind weiterzuführen und sollen wie bisher jährlich mindestens 2 % des Fahrzeugbestandes erfassen. Sie sind auch auf die Kontrolle von Dieselausgasen auszudehnen.

Begründung: Die bisherigen Kontrollen wirkten sich trotz Erfassung von nur 2 % günstig auf den Gesamtbestand aus.

Im Rahmen der *Verkehrserziehung* sollen vor allem die Verbände aufgezeigt werden, wie sanfter, energiesparender und schadstoffärmer (gleichzeitig auch leiser) gefahren werden kann. Entsprechende Schritte sind über die bereits bestehenden Kontakte von den Behörden zu den Verbänden zu veranlassen.

Begründung: Sanftes, energiesparendes Fahren reduziert sowohl die Luftverschmutzung wie auch den Lärm.

Die *Messresultate* sind, soweit überhaupt möglich, in allgemeinverständlicher Darstellung regelmässig zu *publizieren*. Sie sind schematisch immer gleich zu kommentieren.

Begründung: Die Bevölkerung und die Direktbetroffenen sollten vermehrt Auskünfte über die Immissionslage erhalten und die Entwicklung mitverfolgen können. Damit keine Missverständnisse entstehen, müssen jedoch solche Auskünfte nicht nur allgemein verständlich sein, sondern auch den wissenschaftlichen Anforderungen genügen.

## 6.2 Polizeiliche und verkehrstechnische Massnahmen

Sie dienen in erster Linie der Sanierung bereits prekärer Situationen. Diese finden sich am häufigsten in eng bebauten Strassen«schluchten» und zwar schon bei niedrigen Frequenzen. Stillstehender Verkehr und Schritttempo sind zu vermeiden. Die Wirksamkeit behördlicher Massnahmen hängt aber häufig von der vernünftigen Mitwirkung jedes einzelnen Fahrers ab (Motor abstellen). Das Hauptgewicht für behördliche Massnahmen liegt bei der flüssigen Gestaltung des Verkehrsablaufes.



Bild 4, links. Bei hohem Verkehrsaufkommen werden die Verkehrsabgase, infolge der beidseitigen engen Bebauung gefangen gehalten und ungenügend ventiliert.

Bild 5, rechts. Zur Verflüssigung des Verkehrs müsste, wo nicht vorhanden, die Einführung der Gelbphase vor Rot geprüft werden.



### Beiträge des einzelnen

Der einzelne soll vermehrt zu sanftem, energiesparendem Fahren motiviert werden. Begründung: Vergleiche entsprechenden Vorschlag unter Quellenbekämpfung.

Der Motor ist überall dort abzustellen, wo mit Wartezeiten von mehr als 15 s zu rechnen ist. Im Kontakt mit den Verkehrsverbänden soll das Motorabstellen vermehrt gefördert werden. Falls notwendig, sind zusätzliche Versuche an besonders kritischen Verkehrslagen durchzuführen. Begründung: Der Fahrer kann damit zum «Brechen von lokalen Belastungsspitzen» beitragen. Die bisher vorliegenden Arbeiten bezeichnen bereits Standzeiten von 10 s als lohnend für das Motorabstellen. Aus psychologischen Gründen und um Verkehrsbehinderungen vorzubeugen, sollten jedoch etwas längere Wartezeiten genannt werden.

### Beiträge der Behörden

Bei der Realisierung von verkehrstechnischen und polizeilichen Massnahmen ist folgendes zu beachten:

– Sind Verkehrsumlagerungen die Folge der beabsichtigten Massnahmen, so ist frühzeitig mit Verkehrsplanern zusammenzuarbeiten. Verteilung und Umlagerung des Verkehrs dürfen nicht andernorts zu ähnlichen kritischen Immissionen führen.

– Signaltechnische Lösungen (beispielsweise die Einführung der Gelbphasen, usw.) sollten auch unter den Gesichtspunkten von Kosten/Nutzen vertretbar bleiben.

– Der Beachtungsgrad ist zu prüfen.

Der Agglomerationsverkehr soll entweder mit Hilfe von Parkhäusern und Park and Ride Anlagen von empfindlichen Gebieten ferngehalten werden, oder es ist mindestens aber für eine flüssige Zu- und Ableitung des Verkehrs zu sorgen. Die Vortrittsberechtigung von öffentlichen Verkehrsmitteln soll nicht auf Kosten der Lufthygiene eingeführt werden.

Begründung: Stauungen bei Zu- und Ableitung des Verkehrs verlagern sich heute vor allem in Stosszeiten häufig an den Rand von Städten und damit in eigentliche Wohngebiete. Bündelung und Kanalisierung als Hauptmassnahmen helfen nur, solange das «Kapillarsystem» der Innerortsstrassen nicht gleichzeitig überlastet wird. Zentral wie peripher kann ausserdem (bei gemischtem privatem und öffentlichem Verkehr) die einseitige Bevorzugung des öffentlichen Verkehrs zu unerwünschten Stauungen des privaten führen.

Durch Umleitung des Verkehrs soll nur dort saniert werden, wo keine unerwünschten Verlagerungen von Lärm



und Luftverschmutzung verursacht werden. Nur eine sorgfältige Prüfung des Einzelfalles hilft hier Fehler vermeiden. Es soll geprüft werden, ob das Motorabstellen durch die Einführung von Gelbphasen vor Grün oder dem gleichen Zweck dienende Hilfen technisch zu unterstützen ist.

Begründung: In einem Teil der schweizerischen Kantone bewährt sich die Gelb- vor der Grünphase bereits seit langem. Sie könnte das Motorabstellen erleichtern. Eine offene Frage sind nach wie vor die Kosten der Umrüstung bestehender Anlagen. Die Signalisation hat im ganzen Kanton einheitlich zu geschehen.

Sofern genügend verkehrssicher, sind Verkehrsampeln in Zeiten mit schwachen Frequenzen auf gelbe Blinklichter umzuschalten, wie das zum Teil bereits praktiziert wird.

Begründung: Zusätzliche Halte verursachen mehr Lärm und mehr Luftverschmutzung.

### 6.3 Raumplanerische Massnahmen

Mindestens kurz- und mittelfristig, d. h. in den nächsten zehn Jahren, ist hier der Spielraum für kantonalen Immissionsschutz klein (vgl. Einleitung). Die Planung neuer Strassen als Hauptverkehrsträger bringt höchstens in einzelnen Fällen lokale Verbesserungen. Bei einer Verbesserung des Leistungsangebotes des öffentlichen Verkehrs (Umlagerung) kann allerdings schon in den nächsten zehn Jahren eine Trendbeeinflussung erreicht werden. Dieser Hinweis zeigt, dass einer auf den Immissionsschutz ausgerichteten Verkehrsplanung im weitesten Sinne (trotz beschränkter Möglichkeiten im Strassenbau selbst) nach wie vor hohe Bedeutung zukommt. Bei der systematischen Überprüfung der GVK im Sinne einer Umweltverträglichkeitsprüfung auf kantonaler und regionaler Ebene werden bedeutend mehr Zusammenhänge und Möglichkeiten sichtbar, als dies bei der Überprüfung einzelner Streckenabschnitte möglich ist.

Im folgenden werden die neuen Planungsinstrumente aufgezählt und kommentiert. Es bleibt zu hoffen, dass ein umfassender Immissionsschutz frühzeitig in alle künftigen Verkehrsplanungen integriert wird.

#### Durch Richtplanung

Im Rahmen des Siedlungs- und Landschaftsplanes, im Rahmen des Verkehrsplanes, auf Stufe von Kanton, Regionen und Gemeinden können Freiflächen («Lungen») durch abgestufte Zonenordnungen geschaffen oder erhalten werden.

Geeignete Erschliessung heikler Aufenthaltsgebiete inkl. Biotope, Entlastung von Gebieten mit heikler Bausubstanz, Umlagerung des Verkehrs auf abgasarme Träger (Park and Ride, Parkhäuser) sollen schon im Verkehrsplan vorgesehen werden. Wo nötig, sind Immissionsprognosen zu erstellen.

Im Sinne der offenen Planung kann auch im Einwendungsverfahren erreicht werden, dass aus den Kreisen der Betroffenen die Optimierung in Lufthygiene- und Lärmfragen angeregt und mitgetragen wird.

#### Durch Nutzungsplanung (Zonenpläne)

Die Nutzungsplanung wird auf die Richtplanungsziele wie «Anlagen und Zufahrten zu Betrieben mit Schwerverkehr» ausgerichtet.

#### Durch Sicherung und Gestaltung bestehender und geplanter Verkehrsanlagen und -flächen

Flüssige Zu- und Ableitung des Verkehrs bedingt richtige Dimensionierung und Gestaltung der Ausführungsprojekte. Bei Untertunnelung und Überdachungen sind die

Lüftungsprobleme zu beachten. Immissionsprognosen sind schon im Projekt zu erarbeiten.

Falls nötig sind sogar Baulinien auszuschneiden. Je nach Windbedingungen und zu erwartenden Frequenzen sind meist Strassenabstände zwischen 40 und 150 m optimal.

Für grössere Tunnelentlüftungen, Parkhäuser, Park-and-Ride-Anlagen ist frühzeitig das Land sicherzustellen und freizuhalten.

#### Quartierplanung

Gemeinschaftliche Ausrüstung und Ausstattung von Sammelgaragen, Zu- und Ausfahrten sind so festzulegen, dass nicht unnötige Luftverschmutzungen durch Motorfahrzeuge in Aufenthaltsgebiete und Wohnschutzzonen getragen werden.

### 6.4 Bauliche Massnahmen

Wie bei der Planung ist auch bei der Ausführung von Strassenprojekten Rücksicht auf Meteorologie, Topographie und Schutzobjekte zu nehmen (Bepflanzung von angrenzenden Flächen, Dämme, Wälle, Untertunnelungen, Tieflage usw.).

Angrenzende Bauten sind so zu gestalten, dass Aufenthalts-, Wohn- und Arbeitsräume nicht unnötig dem Lärm und den Abgasen exponiert werden. Besondere Aufmerksamkeit ist dabei der Auslegung der Belüftungsmöglichkeiten (kein Ansaugen von Schadstoffen zusammen mit der Frischluft) zu schenken.

## 7. Ausbreitungsmodelle

Für die rechnerische Ermittlung der Belastung eines Gebietes durch den Lärm wurde ein Ausbreitungsmodell entwickelt. Ein Modell für die Schadstoffausbreitung der Abgase wird als wünschenswert erachtet. Es berechnet die durch Emissionen des Verkehrs verursachten Immissionen in überbauten Gebieten. Für die Berechnungen werden die Verkehrsverhältnisse und die meteorologischen Daten eingegeben; dabei kann auch eine Vorbelastung der anströmenden Luftmasse berücksichtigt werden.

## 8. Anhang

### 8.1 Ursachen der Luftverschmutzung

Fast alle technischen Verfahren, vor allem aber die Verbrennungsprozesse, sind mit einem mehr oder weniger grossen Ausstoss fester, flüssiger oder gasförmiger Stoffe in die Atmosphäre verbunden. Betrachtet man den Ausstoss von Schadstoffen an der Quelle, so spricht man von Emissionen. Immissionen werden die unmittelbar auf das Biotop und Sachgüter wirkenden Stoffe genannt. Verbrennungsprozesse finden statt zur Erzeugung von Strom (Kraftwerke), von Heizwärme (Heizkraftwerke, Zentral- und Ofenheizung), von Prozesswärme (für industrielle Herstellungs- und Umwandlungsverfahren) sowie von Antriebsenergie (Verbrennungsmotoren in Fahrzeugen). Neben den Verbrennungsprozessen bestehen vor allem im Bereich der Grundstoffindustrie eine Reihe chemischer und technischer Herstellungsverfahren, die ebenfalls mit Emissionen verbunden sind (z. B. in Raffinerien, Zementwerken usw.).

Ausmass und Zusammensetzung der Emissionen aus Feuerungsanlagen hängen von Art und Menge der eingesetzten Brennstoffe ab wie Kohle, Heizöl schwer und leicht, Erdgas, Benzin, Dieseltreibstoff und Kerosen. Sie sind von Anlagentyp zu Anlagentyp verschieden und werden wesent-

lich vom Stand der Technik, von der Wartung und Bedienung der Anlagen beeinflusst.

## 8.2 Art und Wirkung der Luftverschmutzung

Von den einigen hundert bisher bekannten Fremdstoffen in der Luft sind nur einige Dutzend in ihrer Wirkung auf Lebewesen, Pflanzen und Sachgüter genauer untersucht worden. Die Bedeutung dieser luftverunreinigenden Stoffe hängt von ihrer Immissionsmenge und vom Grad ihrer Schädlichkeit oder der Stärke ihrer Geruchsbelästigung ab.

Die wichtigsten, fast überall anzutreffenden Luftverunreinigungen sind:

Kohlenmonoxid	(CO) Leitkomponente für Autoabgase
Schwefeldioxid	(SO <sub>2</sub> ) Leitkomponente für Feuerungsabgase
Stickstoffoxide	(NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , NO)
Kohlenwasserstoffe	(CH)
Staub, Russ und Bleiverbindungen.	

Weitere Stoffe, wie Chlor- und Fluorverbindungen, können aufgrund ihrer hohen Toxizität in der Umgebung von entsprechenden Industrieanlagen trotz geringer Immissionsmengen von Bedeutung sein.

Die Wirkungen dieser Schadstoffe auf den Menschen reichen von Ermüdungserscheinungen, Kopfschmerzen, Übelkeit, Reizung der Augen und Schleimhäute bis zur Erkrankung der Atmungsorgane, je nach Stärke und Dauer der Schadstoffbelastung. Schädigungen des Blut-, Nerven-, Zell- und Knochensystems entstehen bei lang andauernden Einwirkungen. Mehrere Stoffe stehen unter dem Verdacht, krebserregende Wirkung zu besitzen. Besonders gefährdet sind Kleinkinder, alte Menschen und Kranke.

Die Vegetation kann durch Schadstoffbelastung in ihrem Wachstum beeinträchtigt werden, Bäume werfen ihre Blätter vorzeitig ab. In stark belasteten Gebieten zeigen vor allem die Nadelbäume einen nur kümmerlichen Wuchs, oder sie sterben ganz ab.

Blei wird durch die Pflanzen am Rande stark befahrener Strassen aufgenommen. Über pflanzliche Erzeugnisse (Obst, Gemüse) oder über Futterpflanzen kann es in den menschlichen Organismus gelangen.

Die Wirkungen auf Sachgüter, insbesondere auf Bauwerke und Denkmäler, bestehen in der starken Verschmutzung von Fassaden, der Verwitterung von Denkmälern und der Korrosion von Metallkonstruktionen.

Die Belästigung durch Abgase wird aber auch subjektiv empfunden.

## 8.3 Quellen der Luftverunreinigung

Die Quellen, aus denen Luftfremdstoffe in die Aussenluft entweichen, lassen sich grob in drei Gruppen unterteilen:

### Industrie und Gewerbe

Feuerungsanlagen zur Erzeugung von Wärme, vielfältige technische und chemische Prozesse, aus welchen Luftfremdstoffe abzuleiten sind, Abfallverbrennung usw.

### Hausfeuerungen

Anlagen zur Erzeugung von Warmwasser, hauptsächlich zum Zweck der Raumheizung. Die Quellenhöhen (Kamine) liegen in dieser Gruppe deutlich niedriger, als bei Industrie und Gewerbe. Die Emissionen sind ausserdem flächig über den gesamten Siedlungsraum verteilt.

## Verkehr

Benzin- und Dieselmotoren. Die Emission luftfremder Stoffe geschieht unmittelbar über dem Strassenniveau. Einzelne Strassenzüge bilden Linienquellen, in städtischen Verhältnissen ist auch die Belastung der Aussenluft mit Verkehrsabgasen mehr oder weniger flächenmässig verteilt.

Die Bedeutung einzelner Quellen hängt nicht allein von der Abgasmenge, sondern vor allem auch von der biologischen Aktivität der im Abgas enthaltenen Stoffe ab, ferner von der Höhe des Ausstosses über Boden und von der Abgastemperatur.

Dieser Sachverhalt kann sich auf die in Bodennähe auftretenden Konzentrationen in verschiedener Weise auswirken. Entsprechend der Vielfalt der wirksamen Faktoren wechselt die Bedeutung der einzelnen Quellen und Quellengruppen von Ort zu Ort, oft aber auch mit der Jahreszeit. An einem bestimmten Ort können im Sommer die Industrieabgase, im Winter die Heizungsabgase und unter Umständen auch die Motorfahrzeugabgase im Vordergrund stehen. Nur selten sind die Verhältnisse eindeutig.

## 8.4 Anteil der Luftverunreinigungen

Kohlenmonoxid (CO), das aufgrund unvollständiger Verbrennungen entsteht, stammt in erster Linie aus dem motorisierten Strassenverkehr, gefolgt vom Hausbrand. Da diese Quellen unmittelbar im Aufenthaltsbereich des Menschen liegen, erreicht die CO-Belastung örtlich, zum Beispiel an verkehrsreichen Strassen, oft gesundheitsgefährdende Ausmasse, obwohl die Toxizität des CO niedriger ist als die vieler anderer Schadstoffe.

Das wesentlich giftigere Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) stammt überwiegend aus den Feuerungsanlagen von Hausbrand und der Industrie. Die SO<sub>2</sub>-Mengen sind vom Schwefelgehalt der fossilen Brennstoffe abhängig.

Die Stickstoffoxide stammen in grösseren Mengen aus den Verbrennungsmotoren der Kraftfahrzeuge. Zusammen mit zum Teil erheblichen grossräumigen Belastungen aus Industrie und Hausbrand können sich in verkehrsreichen Innenstädten kritische Immissionswerte ergeben. Über grösseren Ballungsräumen stellen sich gelegentlich bei ungünstigen Wetterlagen (Inversionen) und unter Einwirkung der Sonneneinstrahlung chemische Reaktionen der Stickstoffoxide ein, die zusammen mit anderen Luftverunreinigungen, zum Beispiel Russ, Staub und Kohlenwasserstoffen, zur Bildung des berüchtigten Smogs führen.

Die Emissionen von Russ, Staub und anderen Feststoffen stammen aus allen genannten Quellengruppen. Besonders gesundheitsgefährdend sind die lungengängigen Feinstäube. Zusammen mit dem Schwefeldioxid bilden sie eine Schadstoffbelastung, deren Toxizität um ein vielfaches grösser ist, als die der beiden Stoffe allein. Man spricht in solchen Fällen von Synergismus.

## 8.5 Die Wirkung der Luftschadstoffe

Die Beschreibung der Wirkungen der Luftschadstoffe kann nach den verschiedenen Gruppen von Empfängern – Menschen, Tieren, Pflanzen und Material – unterteilt werden. Diese verschiedenen Empfänger stehen in einer natürlichen Wechselwirkung zueinander.

Bei den Wirkungen auf den Menschen unterscheidet man zwischen

– der Beeinträchtigung seiner Tätigkeit oder des physischen oder psychischen Wohlbefindens ohne Einwirkung auf seine Gesundheit (z. B. Sichtbehinderung durch Nebel, Belästigung durch Gerüche)

– der reversiblen Störung der körperlichen oder psychischen Funktionen (z. B. Reizung der Augen) und

– der irreversiblen Schädigung (z. B. Zerstörung der Lungenalveolen).

Im folgenden werden einige Wirkungen der wichtigsten Luftschadstoffe beschrieben.

#### *Kohlenwasserstoffe (CH)*

Die Bedeutung einzelner Stoffe aus dieser Gruppe der Luftfremdstoffe ist sehr unterschiedlich. Die Mehrzahl dieser Stoffe hat, in den Konzentrationen wie sie heute üblicherweise vorliegen, keine wesentliche hygienische Bedeutung. Einzelne Komponenten haben allerdings einen starken, oft widerlichen Geruch, was zu einer erheblichen Belästigung der betroffenen Menschen führen kann. Äthylen ist ein ausgesprochenes Pflanzengift. Polyzyklische Aromaten (z. B. 3,4-Benzpyren) sind als krebserregend bekannt oder vermutet. Neben der vorgenannten, direkten Bedeutung der Gruppe der Kohlenwasserstoffe gelten sinngemäss die Ausführungen über Smogbildung im Abschnitt über die Stickoxide.

#### *Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, NO)*

Was ihre direkte Wirkung auf Menschen anbelangt, hat von den Stickoxiden das Stickstoffdioxid heute eine grössere Bedeutung. Es wirkt vor allem auf die tiefliegenden Teile des Atemtrakts. Erkennbare gesundheitliche Auswirkungen bei Schulkindern wurden in einer amerikanischen Studie bei mittleren Stickstoffdioxidgehalten um 0,1 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> festgestellt (ppm = parts per million = cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>). Eine weitere Bedeutung der Stickoxide liegt darin, dass unter bestimmten Voraussetzungen wie der Anwesenheit von Kohlenwasserstoffen und unvollständig verbrannten Treibstoffanteilen in der Luft, einer intensiven Sonneneinstrahlung u.a., Reaktionen in der Atmosphäre ablaufen, welche schliesslich zur Bildung des sogenannten (photochemischen) Smogs führen können.

#### *Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)*

SO<sub>2</sub> erzeugt in Konzentrationen von 4 bis 5 ppm eine akute Reizung der Schleimhäute des oberen Respirationstraktes. Die chronische Wirkung niedrigerer Konzentrationen (0,05 bis 0,1 ppm) ist noch nicht abgeklärt. Hinweise können durch die Untersuchung von Luftkatastrophen erhalten werden. Die Luftkatastrophe von London im Dezember 1952, bei der die SO<sub>2</sub>-Konzentration kurzfristig auf etwa 0,7 ppm anstieg, führte zu einer Zunahme der Sterberate. Innerhalb von 3 Wochen starben 4000 Menschen mehr, als aufgrund der durchschnittlichen Sterblichkeit in dieser Jahreszeit zu erwarten war. An Orten mit erhöhten jährlichen Durchschnittskonzentrationen an SO<sub>2</sub> treten mehr Sterbefälle infolge chronischer Bronchitis auf.

Die schädliche Wirkung von SO<sub>2</sub> wird durch die gleichzeitige Anwesenheit von Staub und Russ in der Atmosphäre verstärkt (Synergismus, vgl. «Staub und Russ, Blei»).

SO<sub>2</sub> bewirkt Pflanzenschäden, indem es den Zellstoffwechsel stört. Der Grenzwert liegt bei 0,2 ppm, bei einigen Arten aber noch wesentlich tiefer. Die Empfindlichkeit der Pflanzen ist auch stark von den Witterungsbedingungen und der Jahreszeit abhängig. Schwefelsäurehaltiger Regen erhöht den Säuregehalt der Gewässer, wodurch die Lebensbedingungen für Fauna und Flora verschlechtert werden.

SO<sub>2</sub> verursacht Schäden an Gebäuden, indem es den Zerfall der Fassaden beschleunigt. Gravierend wirkt sich die Korrosion bei historischen Bauten und Denkmälern aus.

#### *Kohlenmonoxid (CO)*

Kohlenmonoxid bildet im Blut Carboxyhämoglobin und

vermindert dadurch die zum Sauerstofftransport verfügbare Menge Hämoglobin. Nach einer bestimmten Zeit stellt sich ein konstanter Gehalt an Carboxyhämoglobin ein, dessen Höhe von der CO-Konzentration in der eingeatmeten Luft abhängig ist. Bis dieser Gleichgewichtszustand erreicht ist, dauert es mehrere Stunden. Der Grenzwert von 100 ppm, oberhalb dessen beim Menschen die ersten Vergiftungserscheinungen (Kopfschmerz, Kurzatmigkeit) auftreten können, wird in stark befahrenen Strassen kurzfristig erreicht.

Bei tieferen CO-Konzentrationen unter 10 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (Tagesmittel), wie sie in Städten dauernd vorherrschen, sind insbesondere die Herz- und Kreislaufkrankheiten gefährdet. Wahrscheinlich erhöhen sie die Unfallgefahr: Eine Zunahme von 4 bis 5 % Carboxyhämoglobin über den normalen Blutspiegel beeinträchtigt wichtige Funktionen des zentralen Nervensystems (z. B. Sehvermögen, Zeitsinn). Bei einem täglichen Aufenthalt in einer Atmosphäre mit 25 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> CO wird ein Carboxyhämoglobingehalt von 5 % erreicht, was die obere Grenze des Zulässigen darstellen könnte.

#### *Staub und Russ, Blei*

Massgebend für die Wirkung von Staubteilchen auf den menschlichen Organismus sind Grösse, Löslichkeit und Giftigkeit der Partikel. Grössere Teilchen (> 5 µm) gelangen nur bis in die Bronchien, wo sie durch die Bewegung der Flimmerhärchen in den Rachen befördert und verschluckt werden. Die kleineren Teilchen gelangen tief in die Lunge, wo sie zum Teil durch Phagozyten vernichtet werden. Leichtlösliche Partikel werden aufgelöst und entfalten je nach Giftigkeit ihre Wirkung: schwerlösliche bewirken im besten Fall eine Verstaubung der Lunge (zum Beispiel Eisenoxid), oder aber sie reagieren mit dem Lungengewebe unter Neubildung von nicht atmefähigem Bindegewebe, was zu einer krankhaften Veränderung der Lunge führt (zum Beispiel, Quarz, Asbest). Asbeststaub verursacht auch Lungenkrebs.

Staub (insbesondere Russ) übt zusammen mit gasförmigen Schadstoffen einen synergistischen Effekt aus: Russ wirkt als Träger für absorbierte Stoffe (SO<sub>2</sub>, krebserregende Kohlenwasserstoffe), die auf diese Art besonders tief in die Lunge eindringen können und dort zurückgehalten werden. In der Statistik der Todesfälle drückt sich dieser Effekt so aus, dass die durch Luftverschmutzung verursachte Erhöhung der Sterberate nicht proportional ist zur Summe, sondern zum Produkt der SO<sub>2</sub>- und der Staubkonzentration.

Bleiverbindungen gelangen entweder mit der Nahrung oder durch die Atemwege in den Körper. Ein grosser Teil davon wird wieder ausgeschieden, der Rest wird in den Knochen als tribasisches Phosphat gespeichert. Vor allem werden wichtige Enzyme gestört, deren Wirksamkeit mit Erhöhung der Bleikonzentration abnimmt. Blei ist ein kumulatives Gift; es wird hauptsächlich in Knochen eingelagert und wirkt sich auf die Blutbildung aus. Es ist daher eine möglichst weitgehende Verminderung der Bleiaufnahme anzustreben.

### *8.6 Schadstoff-Ausbreitung*

Die aus den verschiedenen Quellen stammenden Verunreinigungen verteilen und überlagern sich im umgebenden Luftraum in vielfältiger Weise.

Von der Stärke der Emissionen, der Quellenhöhe, der Lage der Quellen zueinander und vor allem von der Wetterlage hängt es ab, wie weit die Verunreinigungen fortgetragen, ob sie mit reiner Luft vermischt werden oder ob sie

sich mit dem Ausstoss anderer Quellen überlagern und im Lebensraum des Menschen zu unzulässigen Immissionsbelastungen führen. Diese komplizierten Vorgänge zwischen Emissions- und Immissionswirkung sind nur schwer vorherzuberechnen. Aus den Einflussfaktoren der Schadstoffausbreitung können jedoch wichtige Hinweise zu ihrer Beeinflussung abgeleitet werden.

### 8.7 Einfluss der Überlagerung der Emissionsquellen

Die im Aufenthaltsbereich des Menschen (Wohnung, Strassen, Plätze) anzutreffenden Immissionsbelastungen können aus entfernten starken Quellen (Industriegebiete) und aus nahegelegenen schwächeren Quellen (zum Beispiel Verkehr, Hausbrand) stammen. Von der räumlichen Lage dieser Quellen hängt es ab, ob sich ihre Wirkungen überlagern, so dass kritische Immissionsbelastungen erreicht werden.

### 8.8 Einfluss des Windes und des Klimas

Je höher die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ist und je seltener Windstillen vorkommen, um so besser ist im allgemeinen die Verteilung und Verdünnung der Luftverunreinigung in einer Region.

Die Ausbreitung der Luftverunreinigungen in der Atmosphäre hängt nicht nur von Windstärke und -richtung ab sondern sie wird entscheidend von der Temperaturschichtung der Atmosphäre beeinflusst. Bei normalen Wetterlagen nimmt die Temperatur mit der Höhe über dem Erdboden gleichmässig ab. Damit ist ein gleichmässiger Luftaustausch in vertikaler Richtung verbunden, so dass sich die Luftverunreinigungen nicht nun in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung ausbreiten und verdünnen können.

Bei Inversionswetterlagen nimmt die Lufttemperatur bis zu einer gewissen Höhe ab, und erst darüber zu. Damit ist der Luftaustausch in vertikaler Richtung unterbrochen und die Emissionen füllen den Luftraum unterhalb der Inversionsschicht an. Bevor sich bei Auflösung der Inversionsschicht die Verunreinigungen wieder ausbreiten können, kommt es oft zu kurzzeitigen starken Immissionsbelastungen.

Inversionswetterlagen treten besonders häufig im Winter auf, sie können wenige Stunden bis zu einigen Tagen andauern. Wenn die Inversion länger andauert, kann die Immissionsbelastung in sonst mässig belasteten Regionen ein kritisches Ausmass erreichen. Manche Tal- und Kessellagen – auch wenn sie nur wenig ausgeprägt sind – weisen besonders häufig derartige Inversionen auf. Bei grossen Ballungsgebieten wird die Entstehung von Inversionen durch das Stadtklima (Aufwärmung des Luftraums über Siedlungen, Dunstglocke) begünstigt. Durch den Einfluss der Luftverschmutzung kann hier die Sonneneinstrahlung erheblich herabgesetzt sein.

### 8.9 Einfluss des Stadtklimas

Wind- und Temperaturverhältnisse bestimmen in entscheidendem Masse die Luftqualität einer Stadt. Dabei hängt es nicht nur von den natürlichen Gegebenheiten des Klimas und der Landschaft ab, ob die Durchlüftung in einer Stadt günstig oder ungünstig ist. Das Kleinklima einer Stadt (Stadtklima) wird durch die Anlage von Gebäuden, Grünflächen, durch ihre Anordnung und Gestaltung in entscheidendem Masse beeinflusst.

Der Wechsel zwischen Grünflächen und Siedlung führt zu örtlichen Luftkreisläufen, die zur Verdünnung der Luftverunreinigungen beitragen. Besonders von unbelasteten Aussengebieten bis in die Stadt hineinreichende Grünzüge können durch Luftaustausch zur Lufterneuerung in

Innenstädten beitragen und sollten daher erhalten bleiben oder ausgeweitet werden. Talhänge oder Talzüge besitzen oftmals eine wichtige Funktion bei der Lufterneuerung, indem sie Frischluftströme in das Stadtgebiet führen. Die bauliche Nutzung (besonders durch Hochhausbebauung) in den Frischluftschneisen führt zu einer Abbremsung und Abriegelung dieser Luftströme und sollte daher vermieden werden.

### 8.10 Einfluss von Schutzzonen

Vegetationsflächen, vor allem Alleen, Parks und Waldungen, wirken sich noch weiterer Hinsicht günstig auf die Luftqualität aus. Für die Staubteilchen besitzt das Blätterwerk eine Filterwirkung. Ferner tragen Baumreihen zur Durchmischung der Luftverunreinigungen durch Verwirbelung bei. Die Erhaltung von Bäumen in der Stadtlandschaft dient also der Erhaltung der Umweltqualität. Industriezonen und Schnellstrassen sollten durch breite Schutzzonen mit nicht zu dichten Mischwaldbeständen vor Immissionswirkungen auf Siedlungsgebiete abgeschirmt werden. Derartige Schutzzonen bewirken keine Wunder. Die grossräumige Schadstoffausbreitung aus grossen Emissionsquellen kann durch sie gemindert, aber nicht verhindert werden.

Adresse des Verfassers: Dr. Angelo Ciotto, Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich, Weinbergstrasse 15–17, 8090 Zürich.

## Kraftwerk Bitsch nimmt dritte Maschinengruppe in Betrieb

Mit der Inbetriebnahme einer zusätzlichen Generatorgruppe Anfang Juli 1980 ist im Kraftwerk Bitsch im Oberwallis ein weiterer Schritt zur intensiveren Nutzung der einzigen natürlichen Energiequelle der Schweiz von Bedeutung, der Wasserkraft, getan worden. Die schon bei der Erstellung der Anlagen im Jahre 1969 vorgesehene dritte Maschine wurde von der Brown, Boveri & Cie. (BBC), Baden, in nur 25 Monaten projektiert, konstruiert und montiert, so dass noch die starke Sommerschmelze des Aletschgletschers, dessen Wasser durch das Flussbett der Massa in den Stausee fliesst, genutzt werden konnte. Gleich wie die beiden bestehenden Generatoren ist die neue Gruppe mit einer Pelton-Turbine bestückt, auf die aber nicht nur von vier, sondern von fünf Düsen Wasser geleitet wird, um eine höhere Leistung zu erzielen. Bei dem neu installierten Generator von 133 MW bzw. 140 MVA handelt es sich um die gegenwärtig grösste derartige in der Schweiz laufende Maschine. Die seit 1969 arbeitenden Gruppen weisen eine Leistung von je 100 MW (108 MVA) auf.

Die jährliche Energieerzeugung des Kraftwerkes Bitsch ist mit 400 GWh veranschlagt. Dieser Wert wird auch dann erreicht, wenn im Falle von Revisionen, wie sie bei derartigen hydraulischen Anlagen üblich sind, einer der drei Maschinensätze zeitweilig abgeschaltet wird. Mit der Inbetriebnahme des neuen Generators ist es zudem im Hochsommer dank intensiverer Nutzung der Staukapazität möglich, aus dieser Anlage 40 GWh Spitzenlastenergie zur Verfügung zu stellen.

Um die Erzeugung von Spitzenenergie im Kraftwerk Bitsch auch in den wasserarmen Wintermonaten aufrechtzuerhalten, wird die akkumulierte Reserve des Staubeckens