Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 102 (1984)
Heft: 42

Artikel: Berechnung von CO-Imissionen in bebauten Strassen
Autor: Pelli, Tiziano
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75547

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Berechnung von CO-Imissionen in bebauten Strassen

Von Tiziano Pelli, Zürich

In den Jahren 1978 und 1979 wurde in der Stadt Zürich eine Untersuchung durchgeführt mit dem Ziel, Einblick in die Bezüge zwischen Immissionen, Emissionen Oberdachwind und Bebauung zu gewinnen. Aufgrund der Ergebnisse wurden Modelle zur Berechnung der Verteilung der CO-Immissionen in Strassenschluchten erstellt. Der folgende Beitrag zeigt die Ergebnisse der Anwendung dieser Modelle an einigen Strassenraumbeispielen.

Einführung

Die aus den Autoabgasen entstammenden Schadstoffkonzentrationen in Strassenräumen werden mit Messungen und Berechnungen ermittelt. Messungen sind genauer, aber kostspielig. Da die Immissionen (Konzentrationen) in Funktion der Luftströmungsbilder stark variieren, kann mit einzelnen Messungen nur ein sehr lückenhaftes Bild der Immissionssituation in einem bebauten Gebiet gewonnen werden. Berechnungen sind ungenauer, aber billiger und lassen sich mit Vorteil einsetzen, wenn Aussagen globalen Charakters erwünscht sind.

Nicht überall in der Luftreinhaltung können die Immissionen berechnet werden. Im Gegenteil: In den meisten Fällen sind entweder die Emissionen unbekannt oder die Strömungsverhältnisse so kompliziert, dass die Wiedergabe eines Ausbreitungsvorganges mit einem Modell ausgeschlossen ist.

Die Anwendung von Berechnungsmodellen ist unentbehrlich, wenn prognostische Aussagen verlangt werden, d. h., wenn man schätzen will, wie die Immissionen sich verändern, wenn der Verkehr, die Emissionsfaktoren oder die Bebauung modifiziert werden.

Zur Berechnung der Immissionen in Strassenräumen stehen heute viele Modelle zur Verfügung. Im Falle der sogenannten freien Ausbreitung (bei Strassen ohne Bebauung) werden vielleicht am häufigsten die Modelle California, Caline und EPA-Highway benutzt, deren Einsetzbarkeit in [1] besprochen wird. Im Falle einer Strassenschlucht werden meistens die sogenannten APRAC-Modelle eingesetzt [2]. Eine Übersetzung dieser Modelle in Kurvenform ist in [3] publiziert worden.

In den Jahren 1978 und 1979 wurde in der Stadt Zürich eine grossangelegte Kampagne durchgeführt mit dem Ziel, einen Überblick über die zwischen Immissionen, Emissionen, Oberdachwind und Bebauung bestehenden Beziehungen zu gewinnen.

Anhand der Resultate dieser Messkampagne wurden mit Hilfe von Regressionsrechnungen und ausgehend vom damaligen Stand des Wissens relativ einfache Modelle für die Berechnung der Verteilung der CO-Immissionen in Strassenschluchten mit und ohne Lükken an den Gebäudefronten erstellt. Die Ableitung der Berechnungsformeln ist in [4] dargestellt und erläutert.

Gegenstand dieses Beitrages ist die Darstellung der Ergebnisse der Anwendung dieser Modelle an einigen Strassenraumbeispielen mit dem Ziel, die Variation der Immissionen in Funktion der wichtigsten Beeinflussungsparameter zu beschreiben.

Die Beeinflussungsfaktoren

Bevor wir die Ergebnisse der Modellanwendungen präsentieren, erläutern wir kurz, um ein besseres Verständnis der Zusammenhänge zu erleichtern, die Eigenschaften der wichtigsten Beeinflussungsfaktoren und ihre Wirkung auf die Immissionen.

Emissionen

Die Ergebnisse der meisten Untersuchungen [4, 5, 6, 2, 7] zeigen eine deutlich lineare Abhängigkeit der Immissionen von den Emissionen (Bild 1), wobei die Streuung der Messwerte von der Bebauung und von den meteorologischen Verhältnissen abhängt. Das Emissionsfeld wird in den meisten Modellen entweder mit einer Linienquelle oder mit einer Bandquelle approximiert.

Die Emissionen werden mit der Emissionsstärke (Emissionen pro Zeit- und Längeeinheit) wiedergegeben. Letztere ist von den Emissionsfaktoren, von der Verkehrsfrequenz, vom Fahrzustand (mittlere Geschwindigkeit) und von der Verkehrszusammensetzung abhängig [8, 9]. Als Emissionsfaktoren werden die Emissionen einer Fahrzeugklasse pro Zeiteinheit in einem bestimmten Fahrzustand bezeichnet. Diese Faktoren bleiben nicht während mehrerer Jahre konstant. Sie werden sowohl von den Regierungsprogrammen zur Reduktion der Autoabgase [10] wie von den Bestrebungen, den Verbrauch zu senken, beeinflusst.

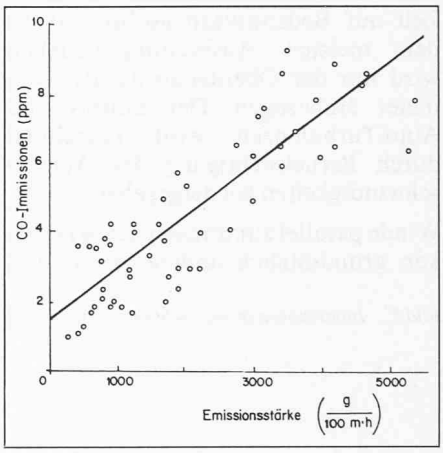


Bild 1. Immissionen in Funktion der Emissionsstärke (aus [7])

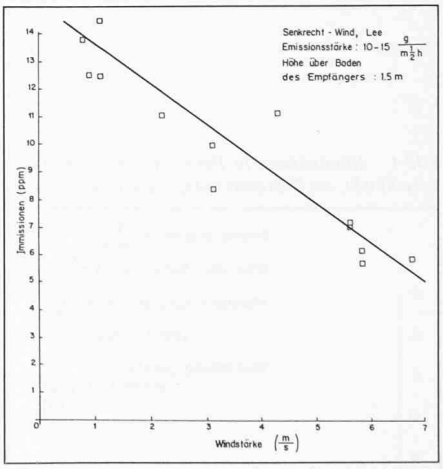
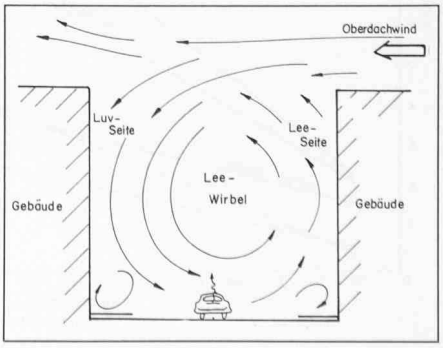


Bild 2. Immissionen in Funktion der Windstärke (aus [4])

Bild 3. Strassenquerschnitt mit Lee-Wirbel



Wind

Luftfremdstoffe werden durch Winde verschoben. Die Ausbreitung der Abgase ist stark von der Windgeschwindigkeit (Bild 2) und von der Windrichtung abhängig. Drei wichtige Grössen beeinflussen die Luftströmungen im Strassenbereich:

- Oberdachwind (horizontale Komponenten)
- durch fahrende Autos erzeugte Turbulenzen
- Auf- und Abwinde.

Für eingehende Betrachtungen über den Einfluss des meteorologischen Zustandes auf die Immissionen sei auf [11, 12] verwiesen. Ausserordentlich hohe Konzentrationen können auftreten, wenn die Inversionsgrenze in kurzer Zeit auf Bodenniveau absinkt [4]. In den meisten Ausbreitungsmodellen wird nur der Oberdachwind als Parameter einbezogen. Der Einfluss der Auto-Turbulenzen wird manchmal durch Berücksichtigung der Autogeschwindigkeiten wiedergegeben.

Winde parallel zur Strassenachse bewirken grundsätzlich andere Strömungsvorgänge als Winde senkrecht zur Strassenachse. Die Entstehung der Immissionen ist daher auch verschieden. Bei Winden senkrecht zur Strasse sind die Konzentrationen auf der dem Wind zugekehrten Seite (Luv-Seite) niedriger als auf der anderen Seite (Lee) (Bild 4).

Winde sind weder in ihrer Richtung noch in ihrer Geschwindigkeit konstant. Um jährliche Immissionsmittelwerte in einem Strassenraum berechnen zu können, ist es notwendig, die örtliche Windhäufigkeitsverteilung zu berücksichtigen. Mit einem besonders dafür erstellten Computerprogramm [4] kann die jährliche Häufigkeitsverteilung der CO-Konzentrationen in Funktion der Windverteilung errechnet werden. Für gewisse Projektierungsarbeiten kann die Berechnung der Immissionen darauf beschränkt werden, die entsprechenden Berechnungsmodelle auf die vorherrschenden Windrichtungen anzuwenden.

Der Einfluss des Oberdachwindes auf die Immissionen ist in Bild 2 und 4 wiedergegeben. Es geht deutlich daraus hervor, dass die Immissionen bei konstant gehaltenen anderen Faktoren mit zunehmender Windgeschwindigkeit abnehmen, und zwar für alle Windrichtungen.

Strassengeometrie

Gebäude und Wände am Strassenrand hindern die Luftzirkulation und damit auch die Ausbreitung der Emissionen.

Die Höhe der Schadstoffkonzentrationen wird stark vom Abstand und von der Höhe der Gebäudefronten beeinflusst. In Bild 4 ist der Einfluss der Breite einer Strassenschlucht durch das Höhen/Breiten-Verhältnis wiedergegeben und bei verschiedenen Oberdachwinden illustriert.

Bei der Ermittlung der Immissionen in einem Strassenraum und besonders bei der Planung von Konzentrationsmessungen sollte dem möglichen Verlauf der Luftströmungen in Funktion der Strassengeometrie und der herrschenden Winde grosse Bedeutung beigemessen werden. Die am häufigsten vorkommenden Ausbreitungssituationen können in folgende Kategorien eingeteilt werden:

Bild 5. Immissionen in einer schmalen Strassenschlucht auf 1,5 m Höhe

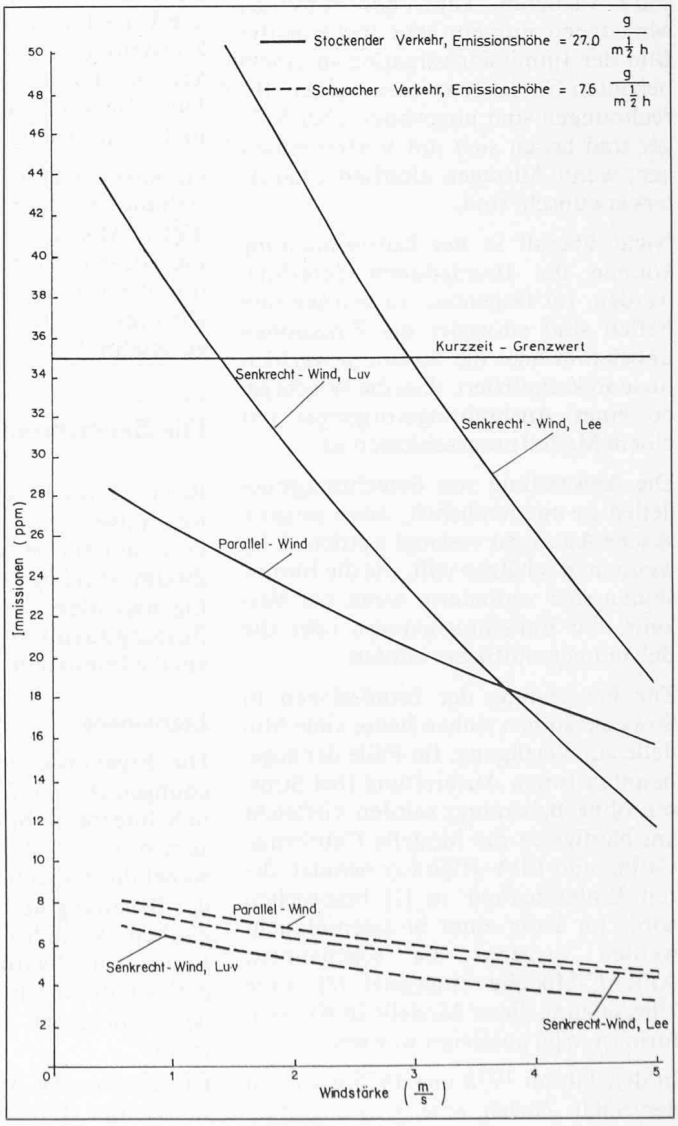
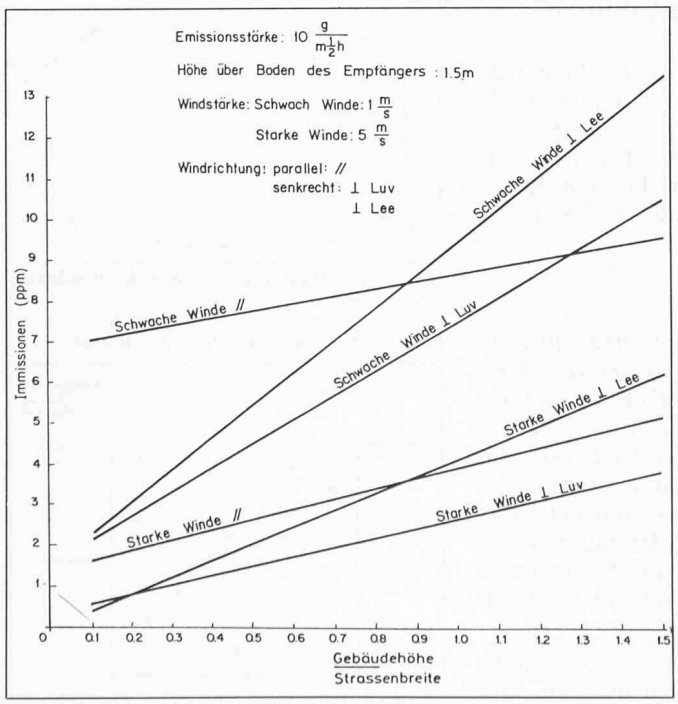


Bild 4. Immissionen in Funktion des Höhen/Breiten-Verhältnisses der Strassenschlucht, am Strassenrand gemessen, Strassenbreite 12–30 m (aus [4])



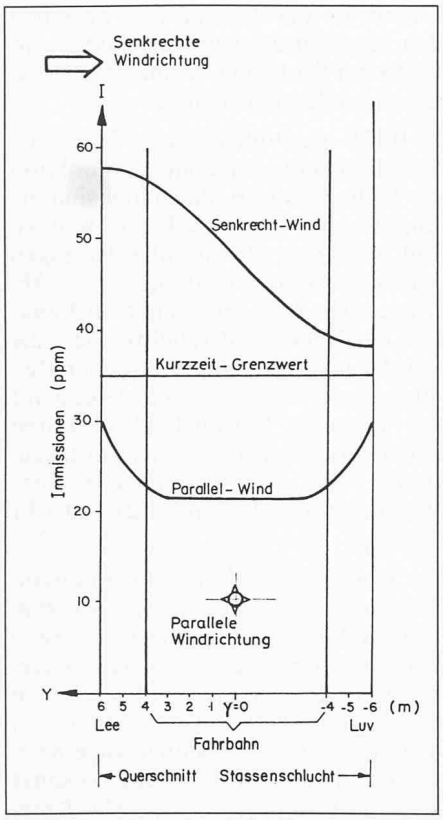


Bild 7. Verteilung der Immissionen im Querschnitt einer schmalen Strassenschlucht auf 1,5 m über Boden bei stockendem Verkehr und schwachen Winden

- nicht bebaute Strassen
- beidseitig bebaute Strassenschluchten
- Strassenschluchten mit zweiseitigen Gebäudelücken
- Strassenschluchten mit einseitigen Gebäudelücken
- einseitig kontinuierlich bebaute Strassen
- einseitig kontinuierlich bebaute Strassen mit Gebäudelücken.

Der nächste Abschnitt zeigt die Variation der Immissionen in Funktion der einzelnen Parameter für einige Strassenbeispiele. Die Immissionen wurden anhand der in [4] erstellten Modelle berechnet.

Anwendungsbeispiele

Enge Strassenschlucht

Als erstes Beispiel betrachten wir eine Strassenschlucht ohne Seitenöffnungen, d. h. ohne Baulücken an den Gebäudefronten und ohne Querstrassen. Der Abstand zwischen den Gebäudefronten beträgt 12 m, die Gebäude sind gleichmässig etwa 18 m hoch, die Fahrbahn ist 8 m breit und die beidseitigen Trottoirs 2 m.

In Bild 5 ist die Variation der CO-Konzentrationen in Menschenhöhe in Funktion der Windstärke für die fünf folgenden Verkehrs- und Windsituationen illustriert:

- Wind parallel zur Strassenachse
- Wind senkrecht zur Strassenachse (so dass der Empfänger sich an der Lee-Seite befindet, vgl. Bild 3) und
- Wind senkrecht zur Strassenachse (so dass der Empfänger sich an der Luv-Seite befindet)
- stockender Verkehr ohne Lastwagen: 1200 Fahrzeuge pro Stunde mit einer mittleren Geschwindigkeit von 10 km/h, Emissionsstärke = 27,0 g/m · ½ · h (starke Emissionen)
- flüssiger Verkehr ohne Lastwagen, nur durch Lichtsignale eingeschränkt: 1000 Fahrzeuge pro Stunde mit einer mittleren Geschwindigkeit von 50 km/h, Emissionsstärke = 7,6 g/m · ½ · h (schwache Emissionen).

Die Emissionsstärken wurden mit Hilfe der Emissionsfaktoren von 1978 für schweizerische Verhältnisse berechnet.

Wie schon im vorangehenden Abschnitt erwähnt, hängen die ermittelten Konzentrationen sehr stark von der Emissionsstärke ab. Im Falle von flüssigem Verkehr liegen die Konzentratio-

Bild 8. Immissionen in einer breiten Strassenschlucht auf 1,5 m Höhe, 1 m vom Fahrbahnrand, in Funktion der Windstärke für zwei Verkehrsvarianten und drei Windrichtungen

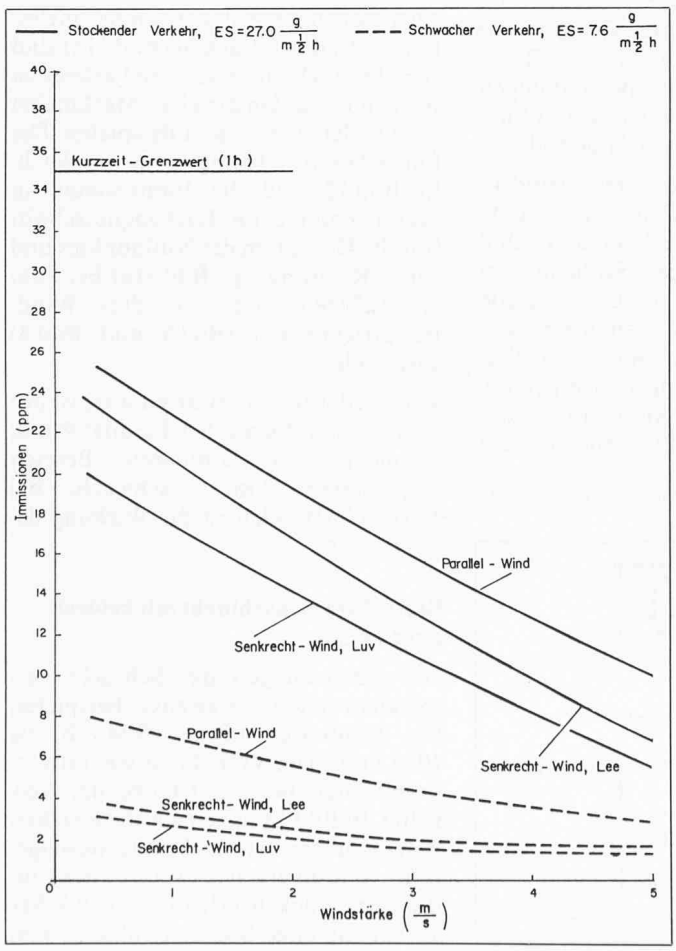


Bild 6. Immissionen in einer schmalen Strassenschlucht, 1 m vom Fahrbahnrand, in Funktion der Höhe über Boden bei stockendem Verkehr und schwachen Winden (1 m/s)

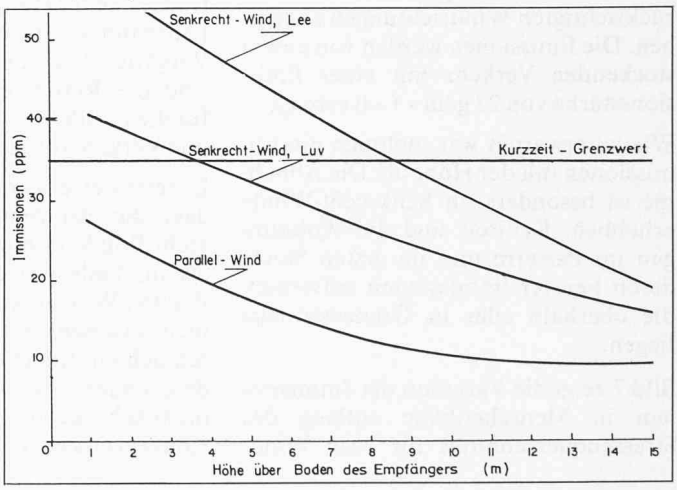
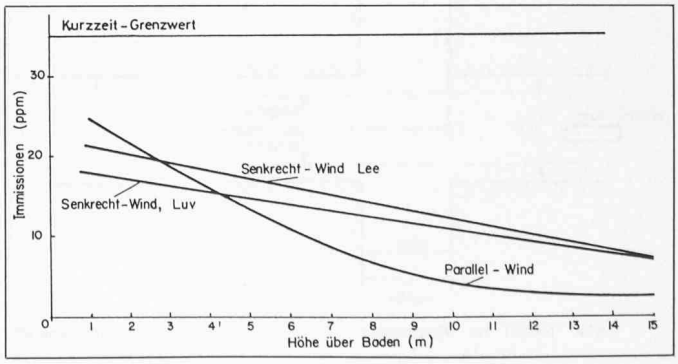


Bild 9. Immissionen in einer breiten Strassenschlucht, 1 m vom Fahrbahnrand, in Funktion der Höhe über Boden bei stockendem Verkehr und schwachen Winden (1 m/s)



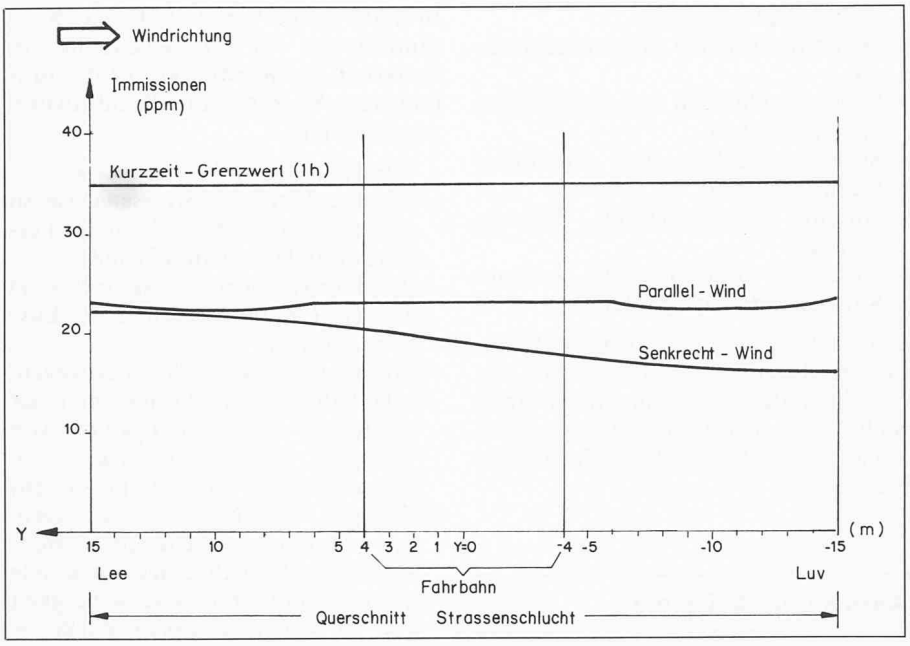


Bild 10. Verteilung der Immissionen im Querschnitt einer breiten Strassenschlucht, auf 1,5 m Höhe, bei stockendem Verkehr und schwachen Winden

nen wesentlich niedriger als der übliche Kurzzeitgrenzwert von 35 ppm. Bei stockendem Verkehr sieht die Situation ganz anders aus. Der Grenzwert wird für beide Senkrecht-Richtungen bei relativ schwachen Winden überschritten. Bei diesen Windrichtungen ist die Abhängigkeit von der Windstärke gross.

In Bild 6 ist die Variation der CO-Konzentration in Funktion der Höhe und der drei im vorangehenden Bild berücksichtigten Windrichtungen angegeben. Die Emissionen werden von einem stockenden Verkehr mit einer Emissionsstärke von 27 g/m · ½ · h erzeugt.

Wie zu erwarten war, nehmen die Immissionen mit der Höhe ab. Die Abnahme ist besonders für Senkrecht-Winde erheblich. Kritisch sind die Wohnungen im Parterre und im ersten Stock, deren Fenster Immissionen aufweisen, die oberhalb oder in Grenzwertnähe liegen.

Bild 7 zeigt die Variation der Immissionen in Menschenhöhe entlang des Strassenquerschnittes für zwei Windrichtungen. Die Konzentrationen erweisen sich besonders hoch bei Senkrecht-Winden für Empfänger an der Lee-Seite.

Breite Strassenschlucht

Wir haben die in den Bildern 5 bis 7 illustrierten Berechnungen für eine breite Strassenschlucht (auch ohne Seitenöffnungen) mit folgenden Abmessungen wiederholt: Abstand der Gebäudefronten 30 m, Höhe der Gebäude 15 m, Fahrbahn 8 m, beidseitige Trottoirs und Vorgärten 11 m an jeder Seite. In Bild 8 sind die Resultate der Berechnungen für die in Bild 5 berücksichtigten Wind- und Verkehrssituationen dargestellt.

Es zeigt sich erwartungsgemäss (Bild 4), dass die Konzentrationen bei Senkrecht-Winden wesentlich niedriger sind als im Falle der engen Schlucht. Bei Parallel-Winden sind die Unterschiede nicht so ausgeprägt. In breiten Strassenschluchten findet bei Senkrecht-Winden, anders als in engen Schluchten, praktisch keine Akkumulation der Konzentrationen statt. Aus diesem Grund ist der Unterschied zwischen den Konzentrationen von Bild 5 und Bild 8 bei Senkrecht-Winden viel grösser als bei Parallel-Winden.

In Bild 9 ist, ähnlich wie in Bild 6, die Variation der Immissionen in Funktion der Höhe illustriert. Auch hier sind die Immissionen bei Senkrecht-Winden viel schwächer als im Falle der engen Schlucht. Man beachte die starke Abnahme der Konzentrationen in Funktion der Höhe bei Parallel-Winden, die auf die niedrigere Bedeutung der Reibung der Wände der Gebäude und auf die besseren Entweichmöglichkeiten der Abgase über die Dächer zurückzuführen ist. Das Verschwinden der Wandreibung zeigt sich in Bild 10 sehr deutlich.

Es ist besonders darauf hinzuweisen, dass enge Strassenschluchten mit stokkendem Verkehr, ähnlich wie im ersten Beispiel, in Schweizer Städten relativ häufig sind. Auch die Windlage, wie in der Einführung schon erwähnt, ist oft ungünstig (in ca. 30% aller Tage herrschen Windgeschwindigkeiten kleiner als 1 m/s), so dass der deutsche Kurzzeit-Grenzwert für CO, mindestens im Jahre 1978, häufig überschritten wurde.

Enge Strassenschlucht mit beidseitiger Lücke

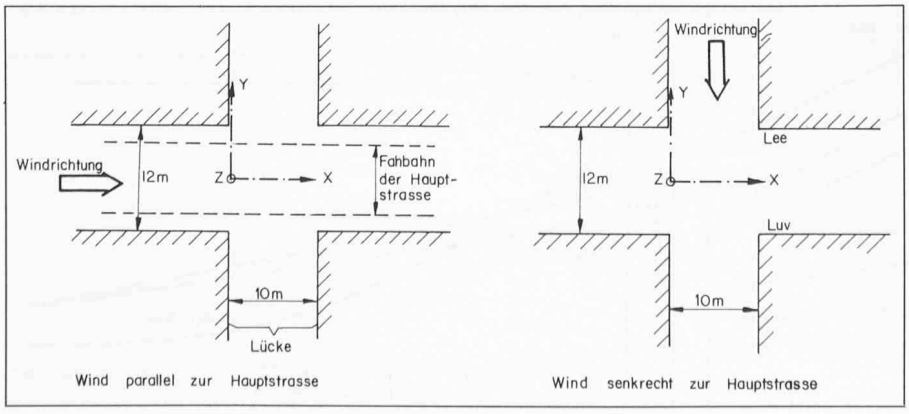
Die Abmessungen der in diesem Beispiel untersuchten Strassenschlucht entsprechen jenen des ersten Beispieles. Die beidseitigen Lücken (Bild 11a) sind 10 m breit. Der herrschende Verkehr ist stockend, mit den gleichen Merkmalen wie bei den zwei ersten Beispielen. Die Emissionstärke beträgt 27 g/m · ½ · h. In Bild 12 sind die Immissionen in Menschenhöhe im Lückenquerschnitt (für die Definition des Nullpunktes und der X-Richtung vgl. Bild 11a) bei zwei Windstärken und den drei Wind-Hauptrichtungen (Bild 5 und Bild 8) dargestellt.

Wie wiederum zu erwarten war, ist der Einfluss der Lücke bei Parallel-Wind, besonders im laminaren Bereich (Windstärke: 1 m/s), schwach. Bei Senkrecht-Winden ist die Wirkung dagegen gross.

Breite Strassenschlucht mit beidseitiger Lücke

Die Abmessungen der Schlucht entsprechen jenen des zweiten Beispieles. Die beidseitige Lücke (Bild 11b) ist 10 m breit. Der Verkehr ist wie im vorangehenden Beispiel (stockender Verkehr). In Bild 13 haben wir die gleichen Berechnungen wie in Bild 12 durchgeführt. Wie zu erwarten war, ist der Einfluss der Lücken erheblich schwächer als für die enge Strassenschlucht. Von

Bild 11. Geometrische Situation eines Strassenabschnittes mit einer beidseitigen Lücke; a: Wind parallel zur Hauptstrasse; b: Wind senkrecht zur Hauptstrasse



Bedeutung ist nur die Abschwächung bei schwachen Senkrecht-Winden.

Vergleich der Immissionen bei dichter und bei lockerer Bebauung

Im folgenden Beispiel (Bild 14) werden die Auswirkungen auf die Immissionen von zwei verschiedenen Strassenführungen, einmal durch dicht bebautes Gebiet (Strassenabschnitt A) und einmal durch locker bebautes Gebiet (Strassenabschnitt B), verglichen. Der Strassenabschnitt A ist eine beidseitig durchgehend bebaute, 12 m breite Strassenschlucht, und der Abschnitt B hat nur freistehende Einzel-Gebäude, getrennt durch unbebaute Flächen wie Gärten, Höfe oder Strassen.

Alle weiteren beeinflussenden Parameter sind in beiden Fällen identisch. Sie sind in Bild 14 aufgeführt. Der Verkehr ist ein typischer Stadtverkehr, der zwischen den zwei bis jetzt betrachteten Extremfällen - stockend und flüssig - liegt. Für beide Abschnitte haben wir CO-Konzentrationen mit den erstellten Formeln am Fahrbahnrand für die Lee-Seite bei Winden senkrecht zur Strasse ermittelt. Das Ergebnis ist in Bild 14 dargestellt. Wir haben weiter die Mittelwerte dieser Konzentrationen entlang den Strassenachsen berechnet. Das Ergebnis lautet:

- für den Strassenabschnitt A:
  $I_{Lee} = 43$ ppm
- für den Strassenabschnitt B:
  $I_{Lee} = 21{,}5$ ppm

Dieses Beispiel zeigt, in welchem Masse sich eine lockere Bebauung auf die Luftqualität im Strassenbereich auswirkt. Die Immissionswerte sind im Strassenabschnitt B bedeutend niedriger als der übliche Kurzzeit-Grenzwert (35 ppm), der im Strassenabschnitt A überschritten wird.

Genauigkeit der Berechnungen

Die Genauigkeit der im vorangehenden Abschnitt gezeigten Berechnungsergebnisse ist unterschiedlich; sie hängt einerseits von der Komplexität der zu simulierenden Strömungsvorgänge und anderseits von der Raffiniertheit des benutzten Modelles ab; letztere ist ihrerseits vom Stand des Wissens und von den eingesetzten Simulationsmitteln abhängig.

Im Falle einer Strassenschlucht ohne Öffnungen sind die strömungsdynamischen Vorgänge relativ einfach (auch wenn sie alles andere als elementar sind: Man denke an die Zustandsänderungen zwischen laminar und turbulent, an die von den Autos verursachten Turbulenzen, an die unterschiedliche Form der Dächer usw.).

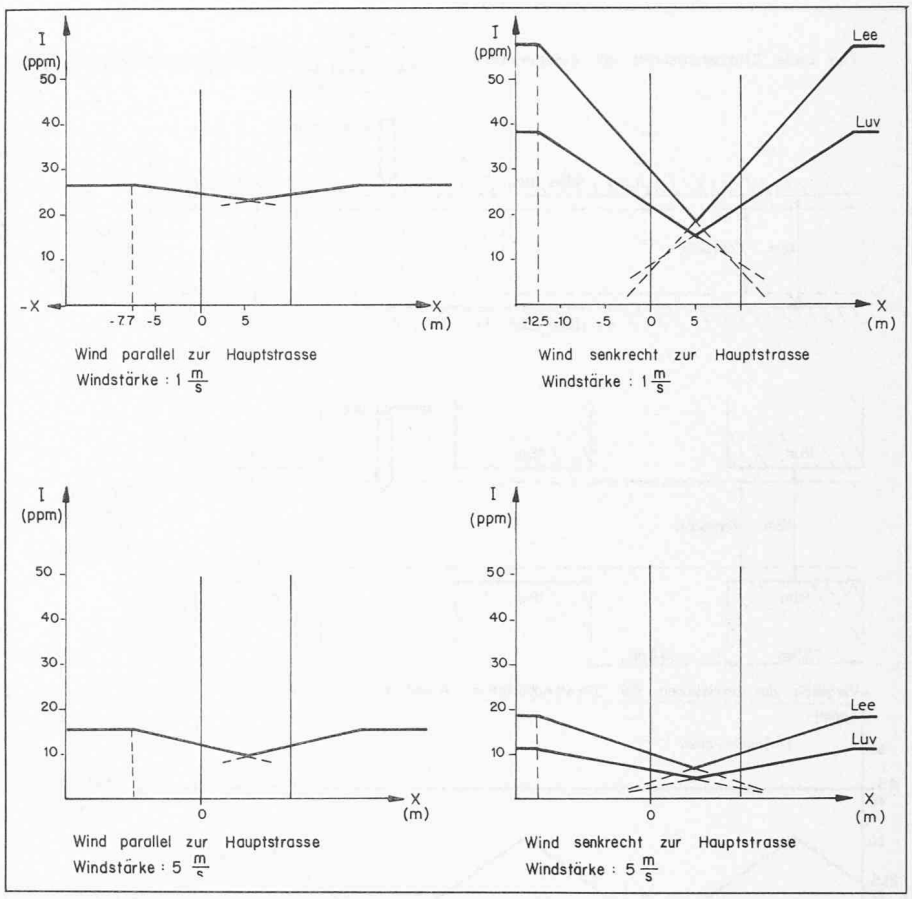
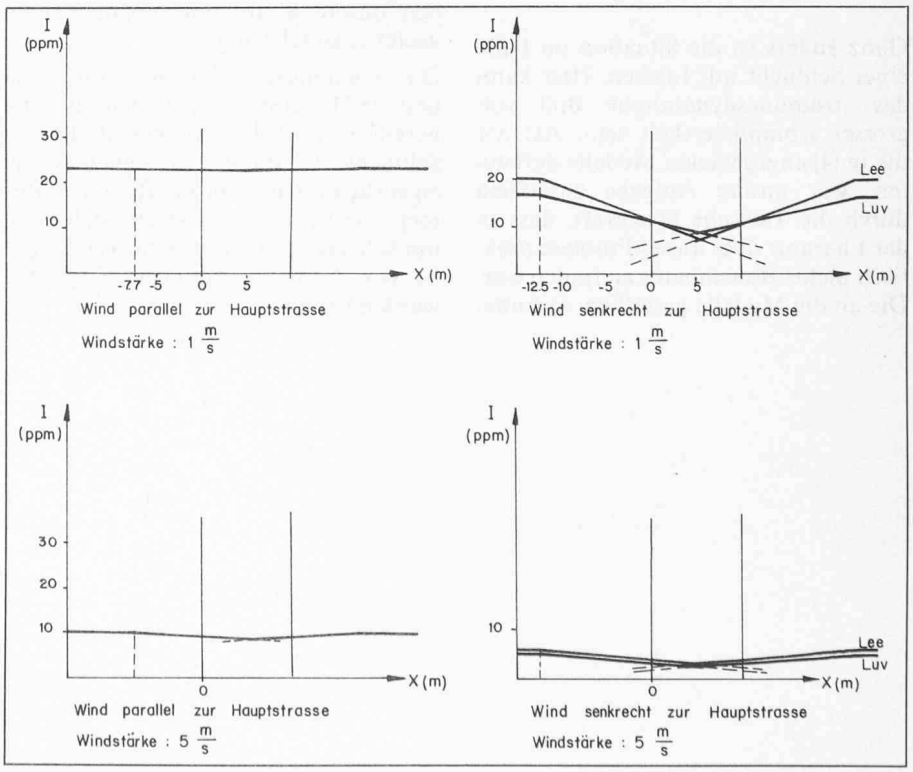


Bild 12. Immissionen im Lückenquerschnitt und in Menschenhöhe bei stockendem Verkehr für eine schmale Strassenschlucht, zwei Windstärkenvarianten und drei Windrichtungen

Das Problem der Berechnung der Ausbreitung von Autoabgasen in einer Strassenschlucht hat Anlass zu zahlreichen Arbeiten gegeben. Beim Aufbau unserer Modelle war uns möglich, von einem hohen Stand des Wissens auszugehen. Die damit erreichte Modellgüte scheint uns für die vorgesehenen Einsatzmöglichkeiten befriedigend (für quantitative Angaben vgl. [4]), auch

Bild 13. Immissionen in der Umgebung der Lücke in Menschenhöhe bei stockendem Verkehr für eine breite Strasse, zwei Windstärkenvarianten und drei Windrichtungen



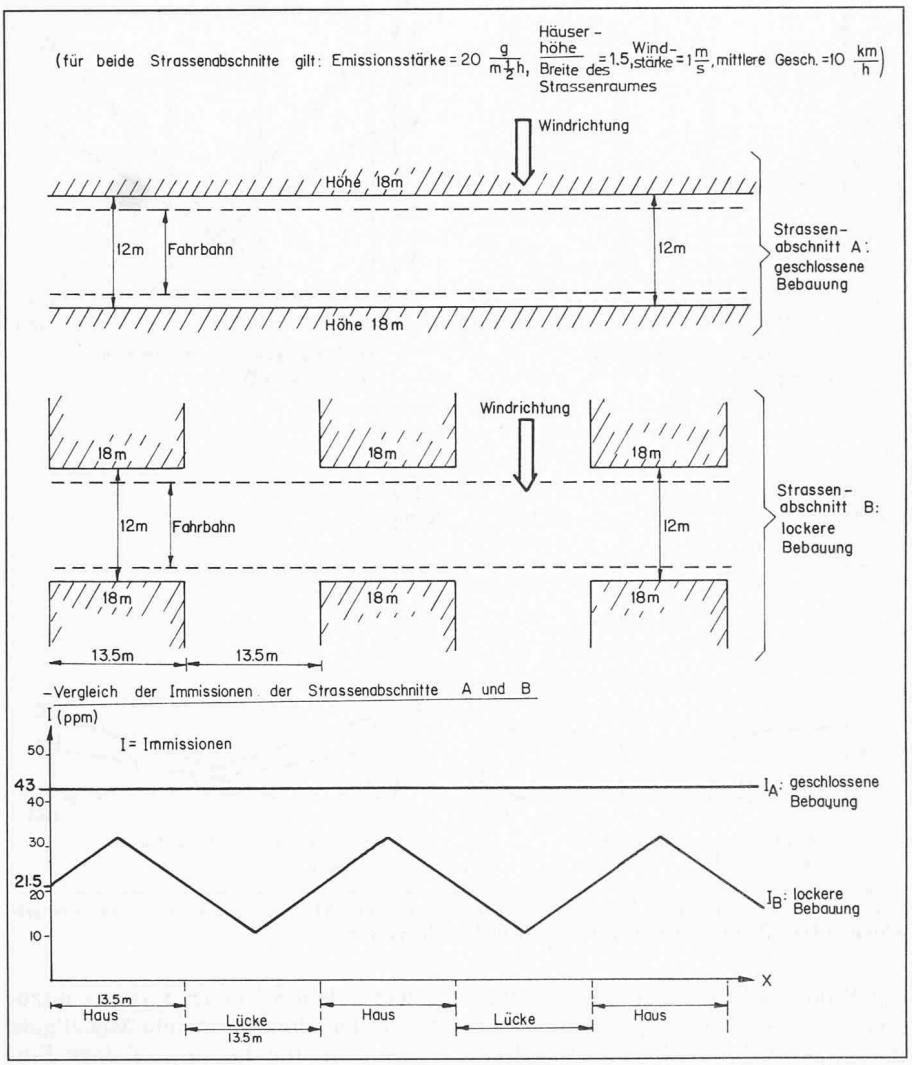


Bild 14. Vergleich der Immissionen bei geschlossener und lockerer Bebauung, stockendem Verkehr in einer schmalen Strasse und schwachen Winden (aus [4])

wenn die Genauigkeit in Abhängigkeit der Werte der einzelnen Parameter variiert.

Ganz anders ist die Situation im Falle einer Schlucht mit Lücken. Hier kann das strömungsdynamische Bild von grosser Kompliziertheit sein. Als wir die in [4] angegebenen Modelle aufbauten, war unsere Aufgabe zusätzlich durch die Tatsache erschwert, dass in der Literatur über dieses Problem praktisch nichts Brauchbares zu finden war. Die an die Modelle gestellten Anforderungen der Einfachheit – die Berechnungen hätten mit einem Taschenrechner durchgeführt werden sollen – haben unsere Simulationsmöglichkeiten weiter eingeschränkt.

Die Genauigkeit der Berechnungen und die Modellgüte sind in den Lückenbereichen erheblich kleiner als in der Schlucht. In diesen Bereichen kann eigentlich nicht mehr die Rede von Berechnungen sein; es handelt sich eher um Schätzungen, die nur zur Wiedergabe von Grössenordnungen eingesetzt werden können.

Literaturnachweis

[1] *Noll, K. E., Miller, T. L., Claggett, M.:* A Comparison of three Highway Line Source Dispersion Models. Atmospheric Environment, Vol. 12, 1978

[2] *Johnson, W. B., Ludwig, F. L., Dabberdt, W. F., Allen, R. J.:* An Urban Diffusion Simulation Model for CO (APRAC Model). Journal of the air pollution control association, Nr. 23, 1973

[3] *Basler & Hoffmann:* Leitfaden zur Abschätzung der Luftfremdstoff-Immissionen durch Strassenverkehrsanlagen. Bundesamt für Umweltschutz

[4] *Pelli, T., Bukowiecki, Y., Flury, H.:* Untersuchung der Beziehungen zwischen Immissionen und Emissionen von Autoabgasen in städtischem Gebiet. Im Auftrag des Gesundheitsinspektorates der Stadt Zürich, 1980

[5] *Hess, W., Haerter, A.:* Messtechnisch begründeter Modellvorschlag zur Berechnung der Ausbreitung von CO-Abgasen aus Kraftfahrzeugen an verkehrsreichen Strassen. VDI-Berichte. Ausbreitung luftverunreinigender Stoffe, Düsseldorf, 1972, Hft. 200

[6] *Sobottka, H.:* Messtechnische Erfassung von Immissionssituationen in verkehrsreichen Strassenschluchten. TUEV Rheinland, Köln, 1973

[7] *Schulz, V., Schuch, P. G.:* Untersuchung der Einflussgrössen auf die Kfz-bedingten Kohlenmonoxid-Immissionen in Dortmund. Staub-Reinhalt. der Luft 38, Nr. 4, 1978

[8] BMP Dr. Pelli & Co.: Emissionskataster für Motorfahrzeuge in der Schweiz – Luftfremdstoffemissionen durch den Strassenverkehr 1970. Eidg. Amt für Umweltschutz, Bern 1976, Nachführung 1975, nicht veröffentlicht

[9] *May, H., Plassmann, E.:* Abgasemissionen von Kraftfahrzeugen in Grossstädten und industriellen Ballungsgebieten. TUEV Rheinland, Köln 1973

[10] Technischer Überwachungsverein Rheinland e. V.: Das Emissionsverhalten vom PKW in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1975. Berichte 3/78, Erich-Schmidt-Verlag, Berlin 1978

[11] *Wang, I. T., Myers, R. L., Mc Kinlay, C. M.:* Concerning the Use of Routine Meteorological Data in Estimating Atmospheric Diffusion Parameters. Journal of Applied Meteorology, Vol. 17, 1978

[12] *Dabberdt, W. F.:* Experimental Studies of Near-Roadway Dispersion. Air Pollution Control Association, Portland, 1976

Adresse des Verfassers: Dr. *T. Pelli*, Splügenstr. 2, 8002 Zürich.