

15 (1988) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

U. Stephenson

STRASCHIRM - Ein Programm zur Prognose von Straßenlärm-Immissionspegeln mit verbesserter Abschirmrechnung

Einführung

Allein durch den Lärm des Straßenverkehrs entstehen in der Bundesrepublik Deutschland jährliche Folgekosten in Milliarden-Höhe; mehr als 50% aller Bürger fühlen sich durch Straßenlärm gestört. Das IBP verstärkt daher seine Anstrengungen auf dem Gebiet des Lärmimmissions-schutzes - insbesondere durch die Entwicklung numerischer Methoden der Prognoserechnung.

Zwar reichen bekannte Berechnungs-Richtlinien [1,2,3] und darauf basierende Computerprogramme in zahlreichen Einzelfällen zur Prognose aus. Die darin enthaltenen Rechenregeln, für Anwender ohne Computer gedacht, enthalten jedoch Vereinfachungen und Kann-Vorschriften, die für Computer-Anwendungen nicht mehr sinnvoll sind, denn geometrisch oder akustisch kompliziertere Fälle können numerisch auch ohne Vereinfachung gelöst werden. Speziell beim Straßenlärm besteht die Aufgabe meist darin, Abschirm-einrichtungen zu optimieren. Straßen als Lärmquellen werden zweckmäßigerweise als Linienquellen betrachtet. Die hier verbleibende Rechenaufgabe birgt vor allem folgende Probleme in sich:

- Wie wird die Linienquelle optimal in Punktquellen aufgelöst?
- Wie sind Mehrfach-Abschirmungen zu behandeln?

Ein im IBP entwickeltes Computerprogramm STRASCHIRM löst diese Probleme mit erhöhter Genauigkeit; und zwar auch in geometrisch komplizierteren Anordnungen. Es lehnt sich dabei an die oben genannten Richtlinien an.

Rechenmethoden

Zur **Aufgliederung der Linien- in Punktquellen** wird von jedem Immissionspunkt aus in der Ebene, die durch diesen und die Straßenlinie geht, ein Strahlenfächer aufgespannt (siehe Bild 1). Die Ersatz-Punktquellen werden auf die Schnittpunkte der Winkelhalbierenden mit der Straße gelegt. Je feiner diese Fächer-Aufgliederung, desto genauer das Rechenergebnis - desto höher aber auch die



Bild 1: Homogener Strahlenfächer teilt Linienquelle (—) in Punktquellen (*) gleicher Immission auf

Rechenzeit. Die Lösung in STRASCHIRM: Die Auffächerung wird nur dort verfeinert, wo der Schallstrahl auf dicht liegende Kanten von Abschirmwänden trifft (Bild 2).

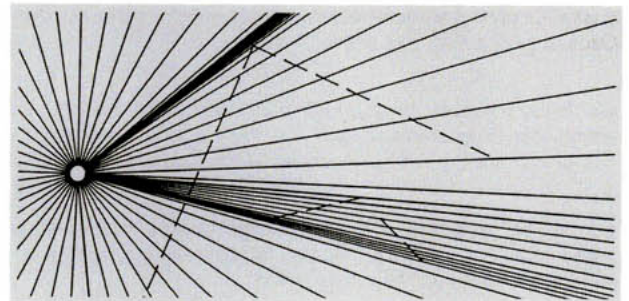


Bild 2: Inhomogener Strahlenfächer: Verdichtung im Winkelbereich von Schirmwand - Seitenkanten (---- = Schirmwände)

Die **Abschirmung** einer einzelnen Wand wird nach dem bekannten Umweg-Verfahren [3] berechnet. Dabei werden die drei Schallpfade um die linke, obere und rechte Kante der Wand konstruiert.

Als Verbesserung wird jeweils der Umlenkpunkt kürzesten Umwegs bestimmt, außerdem das Vorzeichen des Umwegs. Er ist negativ, wenn der direkte Verbindungsstrahl Quelle - Empfangspunkt an der Wand vorbei geht; auch dann ist eine geringe Abschirmwirkung zu berücksichtigen.

Das Mehrfach-Abschirmungs-Problem (siehe Bild 3) wird dadurch gelöst, daß zunächst alle seitlich zusammenhängenden Wände zu Wandgruppen zusammengefaßt werden. Für alle mehr oder weniger abschirmenden (auch leicht abseits liegenden) Wandgruppen wird nun mittels der je drei Umwege ein Abschirm-Transmissionsgrad berechnet. Das Problem, wie bei einer Abschirmrechnung "neben-" oder "hintereinander"- liegende Wände zu unterscheiden sind, wird gelöst, indem kompromißhaft der resultierende Gesamt-Abschirm-Transmissionsgrad der untersuchten Wandanordnung aus dem Minimum der Wandgruppen-Transmissionsgrade bestimmt wird. Das Ergebnis dieses Kompromisses weicht nur unwesentlich vom "wahren" Abschirmwert der Anordnung ab, und liegt - was für die Praxis von Vorteil ist - auf der "sicheren Seite".

Zur Simulation der Luftabsorption wird das bekannte frequenzabhängige Exponentialgesetz angewendet, und zwar auf jeden einzelnen konstruierten Schallpfad, also auch auf die Umwege um Schirmwandkanten.

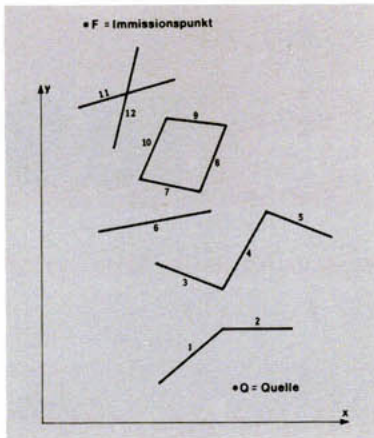


Bild 3:
Beispiel für eine Wandkonstellation, gegliedert in 5 "in Reihe" liegende Wandgruppen aus "parallelen" liegenden Wänden

Programmaufbau

Das Programm ist modular aufgebaut. Dadurch wird ein hoher Bedienungskomfort erreicht.

Im Eingabeteil wird zwischen geometrischen und akustischen Daten unterschieden. Zur ersteren gehört als Option auch die Eingabemöglichkeit von einzelnen Punktquellen, z.B. lärmenden Maschinen.

Um, wie in der Praxis üblich, in der Ausgabe A-bewertete Pegel darzustellen, wird der akustische Eingabeteil aufgeteilt in die Eingabe A-bewerteter Schalleistungspegel (von Punkten und Linien) und die separate Eingabe von Spektralverteilungen, welche dann einzelnen Schallquellen zugeordnet werden können.

Da die Schalleistungspegel von Straßen direkt selten bekannt sind, enthält das Programm auch alternativ die Eingabemöglichkeit von Verkehrsströmen (Kfz/h), Lkw-Anteilen u.s.w. [1].

Für vergleichende Untersuchungen nützlich ist ein komfortabler Korrekturmodus, bei dem z.B. nur eine Schirmwand hinzugefügt und die Rechnung wiederholt werden kann.

Eine weitere praktische Besonderheit ist die Darstellung von Richtdiagrammen der Immission (siehe Bild 4). Diese werden auf Wunsch neben den Immissionspunkten in eine komplette Grundrißzeichnung der eingegebenen Straßen-Schirmwand-Konstellation eingezeichnet. Zu erkennen sind hier z.B. bei Punkt 1 die verstärkten Immissionen aus den Richtungen der Punktquelle links oben sowie von den Seitenkanten von zwei Abschirmwänden. Daraus lassen sich in der Praxis notwendige Verbesserungen der Abschirmungseinrichtungen leicht ablesen.

Die Vorteile von STRASCHIRM zusammengefaßt

- Optimale Aufteilung der Linien- in Punktquellen,
- verbesserte Abschirmrechnung zur Berücksichtigung auch von Mehrfach-Abschirmungen,
- Richtcharakteristiken der Immission.

Das Programm läuft auf Personal-Computern der Firma Hewlett-Packard in der Sprache Basic. Typische Rechnungen (siehe Bild 4) dauern wenige Minuten. Eine ausführliche Bedienungsanleitung enthält [5].

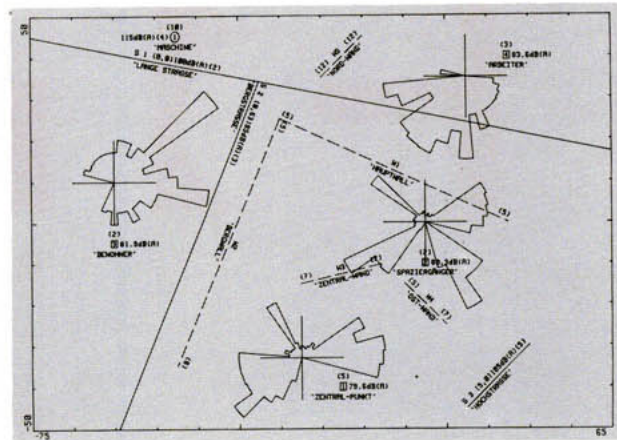


Bild 4: Grafische Darstellung der Konstellation "TEST 1" mit Rechenergebnis

- = Straße; S = Anfangspunkt; (0,63) = (Höhe, Steigung in %)
- 100 dB (A) = Schalleistung/Länge-Pegel, (2) = Spektrum-Typ
- ① = Punktquelle; 115 dB (A) = Schalleistungspegel, (4) = Spektrum-Typ
- = Abschirmwand; W = Wandmitte
- 1 = Immissionspunkt; 79,6 dB (A) = Pegel der Gesamtintensität (von allen Quellen, allen Richtungen)
- (5) = lokale Höhe

Die Fläche jedes Richtdiagramms ist vom Gesamtpegel unabhängig und gleich der Kreisfläche um das Achsenkreuz, dieser Radius entspricht mittlerer Immission; die Fläche jedes Kreissegments ist proportional der immittierten Intensität aus dem zugehörigen Richtungs-bereich.

Ausblick

Die Beschäftigung mit der Abschirmrechnung nach der "klassischen" Umweg-Methode und die gefundenen Kompromisse zeigen die Notwendigkeit zur Entwicklung von leistungsfähigen Simulations-Methoden [4]. So bleibt z.B. das Problem der Abschirmung sich überlappender Wände, die Zick-Zack-Strahlenverläufe bewirken, im allgemeinen unlösbar. Abhilfe könnte hier die Schallteilchen-Simulations-Methode schaffen (auch Ray-Tracing-Technik genannt). Dazu muß aber in dieses Strahlenmodell der Welleneffekt "Beugung" in Form eines möglichst unbegrenzt anwendbaren Unterprogramms eingebaut werden; an diesem Problem wird im IBP gearbeitet. Seine Lösung wird die Teilchen-Simulations-Methode zu einer vielseitigen Schallimmissions-Methode machen - nicht nur in Innenräumen (z.B. Fabrikhallen) sondern auch für Industrie- und Stadtgebiete.

Literatur

- [1] DIN 18 005 "Schallschutz im Städtebau", Teil 1 "Berechnungsverfahren" Beuth-Verlag, Berlin, Mai 1987
- [2] RLS-81 "Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen" Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, eingeführt vom Bundesministerium für Verkehr, Juli 1981
- [3] VDI 2720, Blatt 1 "Schallschutz durch Abschirmung im Freien" Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Kommission Lärmmin-derung, Düsseldorf, Juli 1986
- [4] Stephenson, U.; Mechel, F.P.: "Neue Berechnungsmodelle zur Computersimulation der Schallausbreitung in Fabrikhallen und im Freien" VDI-Bericht 629, VDI-Kommission Lärmmin-derung, Düsseldorf 1987
- [5] Stephenson, U.: "STRASCHIRM - ein Computerprogramm zur Berechnung von Immissionspegeln insbesondere von Stra-ßenlärm unter besonderer Berücksichtigung der Abschirmwir-kung" BS 169/87, IBP Stuttgart, 1987



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK
7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel.(0711)6868-00
8150 Holzkirchen (OBB), Postf. 1180, Tel. (08024)643-0

Herstellung und Druck:
IRB Verlag, Informationszentrum RAUM und BAU
der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart

Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik