



COMPUTERMODELL ZUR BERECHNUNG VON STRASSENLÄRM

Teil 1

Bedienungsanleitung zum Computerprogramm StL-86

EMPA Dübendorf
Abteilung Akustik und Lärmbekämpfung

Download PDF
www.umwelt-schweiz.ch/publikationen
(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)
Code: SRU-60-D

© BUS 1987

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einführung	3
1.1 Anwendungsbereich	3
1.2 Verwendetes Berechnungsmodell	3
1.3 Programm-Konzept	4
2. Voraussetzungen	6
2.1 Hardware	6
2.2 Software	6
3. Installation	7
3.1 Inhalt der Diskette	7
3.2 Sicherheitskopie	7
3.3 Arbeitsorganisation	7
4. Programm DATAUF	9
4.1 Zweck	9
4.2 Programmbeschrieb	9
4.3 Bedienungsanleitung	12
5. Programm DATWAHL	17
5.1 Zweck	17
5.2 Programmbeschrieb	17
5.3 Bedienungsanleitung	19
6. Programm STRASSE	22
6.1 Zweck	22
6.2 Akustisches Modell	22
6.3 Programmbeschrieb	29
6.4 Bedienungsanleitung	31
7. Hinweise für die Anwendung	34
7.1 Einführung	34
7.2 Genauigkeit	34
7.3 Modellbildung	35
Anhang	39
Anhang 1: Verzeichnis der verwendeten File-Namen	39
Anhang 2: Datenstrukturen	41
Anhang 3: Fehlermeldungen	43
Literaturverzeichnis	45

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Bsp.	Beispiel
BUS	Bundesamt für Umweltschutz
dB(A)	Dezibel, A-bewertet
d.h.	das heisst
DOS	Disk Operating System, Betriebssystem für Personal Computer
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt
kB	Kilobyte
Leq	energieäquivalenter Dauerschallpegel
MB	Megabyte
PC	Personal Computer
StL-86	Strassen-Lärm-Programm 86
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Berechnung des Aspektwinkels
Abb. 2:	Hinderniswirkung nach Reinhold
Abb. 3:	Hinderniswirkung, Hindernis ausserhalb des Schattenbereiches
Abb. 4:	Hinderniswirkung bei mehreren Hindernissen
Abb. 5:	Maximal zulässige Hinderniswirkung
Abb. 6:	Abschirmung durch Gebäude (Situation)

1. Einführung

1.1 Anwendungsbereich

Das von der EMPA im Auftrag des Bundesamtes für Umweltschutz (BUS) entwickelte Programmpaket StL-86 (Strassen-Lärm-86) dient zur Berechnung von Lärmimmissionen, verursacht durch Strassenverkehr. Für jeden Empfangspunkt wird ein Leq-Wert (energieäquivalenter Dauerschallpegel) in dB(A) berechnet (Dezibel, A-bewertet). Mit den vorliegenden Programmen ist es möglich, Geländeform und Hindernisse direkt in die Berechnung miteinzubeziehen.

StL-86 ist ein Instrument zum Erstellen von Lärmprognosen, sei es im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) oder im Rahmen von Schallschutzprojekten an bestehenden und geplanten Strassen.

1.2 Verwendetes Berechnungsmodell

Das vorliegende Berechnungsmodell kann unterteilt werden in ein Geländemodell und ein akustisches Modell. Das Geländemodell verwendet als Informationsträger Polygonzüge. Diese enthalten die Lagedaten der Quelle (Strasse), der Hindernisse und der Topographie. Um die Topographie möglichst effizient zu beschreiben, werden nicht einfach die Höhenlinien eingegeben, sondern charakteristischen Geländelinien wie Gefällsknicke, Kreten und Senken.

Das akustische Modell erlaubt es, eine gegebene Situation in Segmente aufzuteilen. Für jedes Segment wird ein Geländeschnitt erstellt. Aufgrund dieses Geländeschnittes berechnet das Programm einen Leq-Pegel. Die resultierenden Pegel werden energetisch addiert (detaillierte Beschreibung des akustischen Modells vgl. Abschnitt 6.2). Als Endresultat erhält man einen energieäquivalenten Dauerschallpegel (Leq), d.h. die integrale empfangene Schallleistung und nicht, wie früher üblich, einen statistischen Schallpegel.

1.3 Programm-Konzept

Das Programmpaket **StL-86** besteht aus den drei Programmen **DATAUF**, **DATWAHL** und **STRASSE**. Die wichtigsten Anwendungen der einzelnen Programme sind :

- **DATAUF (DATenAUfbereitung)** : Eingeben und Abspeichern von Lagedaten (Lage der Strassen, Lage von Hindernissen, Lage von markanten Geländelinien) in Form von Polygonzügen. Jeder Polygonzug entspricht einem Datenblock; diese werden auf Files abgespeichert. Auch die Empfangspunkte werden mit dem Programm **DATAUF** definiert. Sämtliche Daten müssen in rechtwinkligen (kartesischen) Koordinaten eingegeben werden.
- **DATWAHL (DATenausWAHL)** : Aus den Datenblöcken, welche mit **DATAUF** erstellt wurden, müssen diejenigen ausgewählt werden, welche nachher mit dem Programm **STRASSE** verarbeitet werden sollen. **DATWAHL** erstellt ein Verzeichnis der zu verarbeitenden Blöcke. Dieses Verzeichnis wird auf einem sogenannten Auswahl-File abgespeichert.
- **STRASSE** : Akustische Berechnung mit den im Programm **DATWAHL** ausgewählten Datenblöcken.

Die Dreiteilung des Programmpaketes **StL-86** hat mehrere Gründe. Einerseits kann durch eine klare Strukturierung die Uebersichtlichkeit sowie die Flexibilität in der Anwendung erhöht werden (Berechnen von Varianten mit Hilfe der Auswahl-Files), andererseits benötigen die einzelnen (kürzeren) Programme weniger Platz im Arbeitsspeicher.

Mit **StL-86** sind ausgesprochen problemorientierte Lösungen möglich, denn das Daten-Konzept mit Polygonzügen erlaubt es dem Benutzer, genau so viel Information einzugeben, wie für das Problem nötig ist. Er kann nämlich die Information dort verdichten, wo es für das akustische Problem wichtig ist (z.B. Geländeform nahe beim Empfangspunkt) und Informationen weglassen, welche keinen Einfluss auf die akustischen Berechnungen haben.

Das Programm STRASSE - in diesem werden die akustischen Berechnungen durchgeführt - unterteilt eine gegebene Situation in Sektoren. Die Sektorgrösse ist variabel; sie hängt im wesentlichen ab von der Lage der eingegebenen Polygonpunkte. Für jeden Sektor wird ein Schnitt erstellt, welcher die Grundlage für die akustischen Berechnungen bildet. Das akustische Modell entspricht in vielen Punkten dem bisher verwendeten EMPA-Modell (vgl. auch [1]).

2. Voraussetzungen

2.1 Hardware

Damit die Programme von StL-86 einwandfrei laufen, sind folgende Hardware-Komponenten notwendig :

- IBM-kompatibler Personal Computer mit minimal 256 kB Arbeitsspeicher
- Farbbildschirm (Textmodus: 25 Zeilen und 80 Kolonnen)
- Farbgraphik-Karte zur Steuerung des Farbbildschirms (Auflösung mindestens 320*200 Punkte)
- 5.25 Zoll Diskettenlaufwerk (360 kB oder 1.2 MB)

Falls Sie grössere Projekte bearbeiten wollen, ist es empfehlenswert, eine Harddisk einzusetzen. So können die Rechenzeiten wesentlich verkürzt werden.

2.2 Software

Um mit den Programmen von StL-86 arbeiten zu können, benötigen Sie lediglich ein DOS-Betriebssystem, Version 2.0 oder höher (Disk Operating System). Dieses weitverbreitete Betriebssystem wird z.B. in den IBM-PCs eingesetzt. Auch einige IBM-kompatible PC arbeiten damit. Diese Voraussetzungen genügen, damit die compilierten Programme laufen.

Falls Sie das Programmpaket StL-86 Ihren Bedürfnissen anpassen möchten, so benötigen Sie neben der Quellen-Version der Programme auch noch einen TURBO-Pascal-Compiler. Damit haben Sie z.B. die Möglichkeit, eine bessere Graphik zu programmieren oder andere Ein-/Ausgabeterminals anzusteuern.

3. Installation

3.1 Inhalt der Diskette

Die Diskette **StL-86** enthält die zwei Directories **COM** und **QUELLE**. Das Directory **COM** enthält die Files **DATAUF.COM**, **DATWAHL.COM** und **STRASSE.COM**. Diese drei Files sind lauffähige Versionen der einzelnen Programme. Sie können direkt vom Betriebssystem (DOS) aus aufgerufen werden, indem der Filename eingegeben wird. Das Directory **QUELLE** enthält nur dann Files, wenn Sie auch die Quellen-Version des Programms (geschrieben in Turbo-Pascal) gekauft haben.

3.2 Sicherheitskopie

Bevor Sie mit der Arbeit beginnen, erstellen Sie unbedingt eine Sicherheitskopie. Verwahren Sie die Originaldiskette an einem sicheren Ort und **ARBEITEN SIE NUR MIT DER KOPIE**. So sind Sie geschützt vor einem versehentlichen Verlust oder einem unbeabsichtigten Löschen.

3.3 Arbeitsorganisation

StL-86 speichert die eingegebenen Daten auf Files. All diese Files werden jeweils im aktuellen Directory abgespeichert bzw. nur dort gesucht. Damit wird der Benutzer gezwungen, mit seinen Files Ordnung zu halten.

Im DOS-System hat sich folgende Arbeitsorganisation bewährt: Sie setzen mit dem DOS-Befehl **PATH** einen Suchpfad zu einem Directory, welches die drei **«.COM»**-Files **DATAUF.COM**, **DATWAHL.COM** und **STRASSE.COM** enthält. Danach erstellen Sie für jedes Projekt, das Sie bearbeiten wollen, ein eigenes Directory. Wenn Sie mit **StL-86** ein bestimmtes Projekt bearbeiten wollen, so müssen Sie nun sicherstellen, dass das aktuelle Directory dem Projekt-Directory entspricht. Wenn Sie jetzt eines der drei Programme starten, werden die Daten sicher am richtigen Ort gesucht bzw. abgespeichert.

Selbstverständlich sind auch andere Organisationsformen möglich. Allerdings müssen Sie dann eines beachten: Die Programme **DATAUF** und **DATWAHL** erzeugen verschiedene Files. Die File-Namen setzen sich immer zusammen aus dem Projektnamen (max. 8 Zeichen), sowie einer Erweiterung (Punkt und 3 Zeichen). In jedem Fall werden die Erweiterungen **«.INH»**, **«.QUE»**, **«.HIN»**, **«.TOP»**, **«.EMP»** und **«.ARB»**

verwendet. Ausserdem können die Erweiterungen <.HxD>, <.Tx0>, <.Tx1>...<.Tx9>, sowie <.AF0>, <.AF1>...<.AF9> entstehen. Sie müssen deshalb sicherstellen, dass das aktuelle Directory keine Files enthält, welche per Zufall den gleichen Namen tragen, aber nicht von StL-86 erzeugt worden sind. Sonst werden die bestehenden Files gelöscht bzw. überschrieben.

Jede Datenart wird in einem File mit einer spezifischen Erweiterung abgespeichert (z.B. Datenart QUELLEN im File mit der Erweiterung <.QUE>). Weitere Datenfiles sind mit den Erweiterungen <.HIN>, <.TOP>, <.EMP>, sowie <.INH> gekennzeichnet. Eine Liste mit sämtlichen möglichen Erweiterungen und ihren Bedeutungen finden Sie in Anhang 1.

Achtung: Die fünf Files mit den Erweiterungen <.QUE>, <.HIN>, <.TOP>, <.EMP>, sowie <.INH> dürfen nur mit den Programmen von StL-86 bearbeitet werden. Löschen Sie keines dieser Files mit DOS, da sonst sämtliche Daten unbrauchbar werden können. Erst wenn Sie sämtliche Daten vernichten wollen, dürfen Sie diese Files mit DOS löschen.

4. Das Programm DATAUF

4.1 Zweck

DATAUF steht für **DATenAUfbereitung**. Mit diesem Programm werden die Daten für ein Projekt eingegeben. Der Benutzer kann Lagedaten von Quellen (Strassen), Hindernissen und Empfangspunkten sowie Lagedaten der Topographie eingeben. Ausserdem müssen für jede Quelle Angaben über den Verkehr (Geschwindigkeit, Menge und Lastwagenanteil) eingegeben werden. Im Weiteren besteht die Möglichkeit, die eingegebene Daten (z.B. zur Kontrolle) auszudrucken.

4.2 Programmbeschreibung

DATAUF ist, wie übrigens auch die beiden andern Programme, in Menutechnik aufgebaut. Als erste Eingabe verlangt **DATAUF** einen Projektnamen. Ist dieser syntaktisch korrekt, so wird überprüft, ob für dieses Projekt bereits Daten existieren. Wenn ja, so wird mit den vorhandenen Daten weitergearbeitet; sonst werden zunächst einmal die notwendigen Files eröffnet.

Zur Beschreibung eines Projektes stehen dem Benutzer folgende vier **Datenarten** zur Verfügung:

- **QUELLE** : Polygonzug, der vom Programm als Lärmquelle interpretiert wird.
- **HINDERNIS** : Polygonzug, der ein (künstliches) Hindernis beschreibt.
- **TOPOGRAPHIE** : Polygonzug, der den Verlauf einer charakteristischen Geländelinie beschreibt.
- **EMPFAENGER** : Lage-Koordinaten der Empfangspunkte

Die wichtigste Arbeit eines Benutzers ist es, seine Arbeitsunterlagen (Pläne, Verkehrsprognosen etc.) in die vier obenstehenden Datenarten umzusetzen. Welche Datenart bearbeitet werden soll, wird schon im ersten Menu nach der Namenseingabe, dem **Hauptmenu**, festgelegt.

Um eine (vorgewählte) Datenart zu bearbeiten, stellt das **Untermenu** fünf Bearbeitungsmodi zur Verfügung (**NEUEINGABE**, **EDITIEREN**, **KOPIEREN**, **LOESCHEN** und **DRUCKEN**). Betrachten wir die einzelnen Bearbeitungsmodi einmal etwas näher:

- **NEUEINGABE** : Erzeugt einen neuen Datenblock der aktuellen d.h. im Hauptmenu festgelegten) Datenart. Auf dem Bildschirm erscheint eine Maske; diese füllen Sie mit Ihren Daten.

- EDITIEREN : Ruft schon existierende Datenblöcke auf, damit man diese abändern und wieder abspeichern kann.
Falls in der aktuellen Datenart noch kein Datenblock existiert, ist EDITIEREN selbstverständlich unmöglich. Existieren jedoch schon Datenblöcke, so erscheint ein Inhaltsverzeichnis dieser Blöcke. Daraus wählen Sie denjenigen aus, welchen Sie bearbeiten möchten. Dieser Block erscheint nun auf dem Bildschirm und Sie haben die Möglichkeit, einzelne Daten zu korrigieren.
- KOPIEREN : Dupliziert einen ausgewählten Datenblock und speichert das Duplikat in der aktuellen Datenart ab.
Als erstes fragt Sie das Programm nach dem Standort des Originalblockes, welchen Sie kopieren wollen (zuerst nach der Datenart und dann, aufgrund eines Inhaltsverzeichnisses, nach dem gewünschten Block).
Zielort beim Kopieren ist immer der aktuelle Standort. Wenn Sie also im Hauptmenu QUELLEN gewählt haben, so wird der kopierte Block zu einem QUELLEN-Block, auch wenn der Originalblock ein HINDERNIS-Block war.
- DRUCKEN : Kontrollausgabe der eingegebenen Datenblöcke auf dem Printer.
Hier erscheint ein weiteres Menu, mit welchem Sie die Art der Ausgabe steuern können. Sie haben die Wahl, sämtliche Datenblöcke einer bestimmten Datenart auszudrucken oder nur einzelne Datenblöcke. Falls Sie sich für die erste Möglichkeit entscheiden, so beginnt der Drucker direkt zu arbeiten; im andern Fall erscheint wieder ein Inhaltsverzeichnis der Datenblöcke und Sie können den gewünschten Datenblock anwählen.
- LOESCHEN : Löscht einen Datenblock und numeriert die nachfolgenden Blöcke neu.
Auch hier erscheint wieder ein Inhaltsverzeichnis mit allen Datenblöcken der aktuellen Datenart. Daraus wählen Sie den gewünschten Block aus. Dieser wird gelöscht. Gleichzeitig werden alle nachfolgenden Blöcke neu numeriert. Selbstverständlich werden auch die Auswahl-Files aktualisiert (detaillierte Beschreibung vgl. Abschnitt 5.2 und 5.3).

Bevor Sie erneut zum Untermenu (Neueingabe, Editieren etc.) gelangen, fragt das Programm nochmals zurück (z.B. "Wollen Sie, dass ich diese Daten endgültig lösche?"). Hier hat der Benutzer zum letzten Mal Gelegenheit, Bedienungsfehler zu korrigieren. Wieder zurück im Untermenu haben Sie wieder die Auswahl zwischen

NEUEINGABE, EDITIEREN, KOPIEREN, DRUCKEN, LOESCHEN und VERLASSEN des Untermenüs. Die letztgenannte Wahl führt Sie zurück ins Hauptmenu. Dort können Sie eine andere Datenart (QUELLE, HINDERNIS, TOPOGRAPHIE und EMPFANGSPUNKTE) auszuwählen um damit erneut im Untermenü einen Bearbeitungs-Modus anzuwählen. Wie im Untermenü, so besteht auch im Hauptmenu eine Option VERLASSEN, hier zum Verlassen des Programms.

4.3 Bedienungsanleitung

Arbeiten Sie diese Bedienungsanleitung durch, indem Sie das Programm DATAUF starten und die einzelnen Punkte gleich im Programm ausprobieren.

Das Programm wird gestartet durch eintippen von DATAUF. Zuerst erscheint eine Titelseite. Als Eingabe verlangt das Programm einen Projektnamen. Jede Eingabe muss mit **<Enter>** (bzw. **<Return>** oder **<New Line>**) abgeschlossen werden.

- Projektname :

Dieser Projektnamen darf höchstens acht Zeichen lang sein und muss aus Buchstaben und Zahlen bestehen. Das erste Zeichen darf nur ein Buchstabe sein. Da dieser Projektname bei allen drei Programmen wieder eingegeben wird, lohnt es sich, einen Namen zu wählen, den man gut behalten kann (es hat sich bewährt, einen Namen zu wählen, der einen Bezug zum Projekt hat). Sobald der Name vom System bestätigt wurde, kann das Hauptmenu aufgerufen werden.

- Hauptmenu :

Wie schon unter 4.2 beschrieben, dient dieses Menu zur Auswahl des Datentyps. Als Eingabe erlaubt sind die Anfangsbuchstaben der aufgezählten Datentypen. (markiert mit dem Symbol <), also ein Buchstabe aus {Q, H, T, E, V}. Sowohl Gross- als auch Kleinbuchstaben sind zulässig.

- Untermenu :

Dieses Menu dient zur Auswahl des Arbeitsmodus. Wie im Hauptmenu, so entsprechen auch hier die zulässigen Eingaben den Anfangsbuchstaben der möglichen Arbeitsmodi. Diese lauten hier: {N, E, K, L, D, V}.

- **Neueingabe/Editieren :**

Die Art der verlangten Eingabe geht jeweils aus dem Bildschirmtext hervor. Als erstes wird z.B. ein Stichwort verlangt. Dieses Stichwort hat für die Berechnung keine Bedeutung, soll aber dem Benutzer helfen, den Ueberblick zu bewahren. Das Stichwort darf bis zu 10 beliebige Zeichen enthalten. Es empfiehlt sich, hier einen Hinweis auf die Daten zu machen, die dieser Block enthält (z.B. für eine Quelleneingabe «Hauptstr.»; oder bei einem Hindernis «süd. Mauer»). Da die Stichworte bei den Inhaltsverzeichnissen jeweils auch aufgelistet werden, haben sie die Funktion von Gedankenstützen. Wie immer sind die Eingaben jeweils mit «Enter» abzuschliessen. Wird eine Eingabe abgeschlossen, welche (syntaktisch) nicht korrekt war, so wird diese wieder gelöscht und der Cursor bewegt sich nicht weiter. Ist die Eingabe korrekt, so wird sie abgespeichert; der Cursor springt zum nächsten Feld und erwartet die nächste Eingabe. Beim Datentyp QUELLE sind folgende zusätzlichen Eingaben notwendig:

- + Verkehrsmenge (Anzahl Fahrzeuge pro Stunde; nur ganzzahlige Eingaben)
- + Lastwagenanteil (Anzahl Lastwagen dividiert durch die Gesamtzahl der Fahrzeuge; als Eingaben sind nur Real-Zahlen zwischen 0 und 1 erlaubt)
- + mittlere Geschwindigkeit (Kilometer pro Stunde; nur ganzzahlige Eingaben).

Bei sämtlichen Datenarten werden die Lagedaten wie folgt eingelesen :

- + x,y,z-Koordinaten sowie h als reelle Zahlen (Real-Zahlen, Eingabe in Metern). Das Programm erwartet einen Dezimalpunkt, wenn eine Zahl Nachkommastellen aufweist. Leerstellen sind nicht erlaubt. Auch hier ist jede Eingabe mit «Enter» abzuschliessen; ist die Eingabe korrekt, so springt der Cursor auf das nächste Feld, sonst können Sie die Eingabe wiederholen.

Die x,y,z-Koordinaten beschreiben immer einen Bodenpunkt, während h die Höhe über Boden ist (ein Wert $h < 0$ ist nur bei Hindernissen und Empfangspunkten möglich). Wollen Sie z.B. die Immission im zweiten Stock eines Hauses berechnen, so setzen sie $h=6.5$ Meter.

- + Bedeutung eines Datenblockes : Bei den Datenarten QUELLE, HINDERNIS und TOPOGRAPHIE entspricht jeder einzelne Datenblock einem Polygonzug mit maximal 10 Polygonpunkten (und somit maximal neun Polygonseiten). Falls Sie mehr als 10 Polygonpunkte benötigen, um z.B. eine Quelle zu beschreiben, so teilen Sie diese einfach auf in zwei Datenblöcke. Dabei müssen Sie darauf achten, dass die ersten Lagekoordinaten des neuen Blockes übereinstimmen mit den letzten Lagekoordinaten des alten Blockes. Jeder Datenblock besteht programmintern aus zehn Punkten, gleichgültig ob Sie alle Punkte ausnützen oder nicht. Alle Punkte, die Sie nicht benutzen (d.h. Punkte, in welche Sie keine Daten einlesen) haben die Koordinaten (0,0,0), sowie eine Höhe über Boden von $h=32'767$. Diese Höhe ist für das Programm ein Zeichen, dass die entsprechende Zeile keine relevanten Daten enthält. Dem Benutzer kann diese unübliche Zahl höchstens im Editier-Modus auffallen. Bei der Datenart EMPFAENGER werden die Punkte nicht zu einem Polygonzug verknüpft, sondern jeder einzelne Punkt entspricht einem Empfangsort.
- + Spezialitäten von NEUEINGABE : Falls in einem Datenfeld, in welchem eine Eingabe erwartet wird, nur die «Enter»-Taste gedrückt wird (also keine Eingabe gemacht wird), so kopiert DATAUF die Zahl aus der darüberliegenden Zeile. Dies ist z.B. hilfreich, wenn Sie bei einem Empfangspunkt den Pegel für jedes Stockwerk berechnen wollen: Sie kopieren die x-, y- und z-Koordinate jeweils durch antippen der «Enter»-Taste. In der Spalte h geben Sie die jeweilige Höhe ein. Bei den Datenarten Topographie und Quelle kann die Höhe über Grund nur $h=0$ sein (per Definition). Deshalb erwartet DATAUF bei diesen beiden Datenarten keine Eingabe im h-Feld (h wird vom Programm auf $h=0$ gesetzt) und überspringt dieses Feld automatisch. Nur bei den Datenarten Hindernis und Empfänger kann man eine Höhe h eingeben. Eine weitere Spezialität im NEUEINGABE-Modus ist das direkte Hinüberwechseln in den EDIT-Modus mit Hilfe der Taste «&». Der gleiche Datenblock kann so sofort editiert werden.

- + Spezialitäten von EDITIEREN : Sie können jeweils das Feld ändern, auf dem der Cursor steht. Wollen Sie keine Änderung vornehmen, so tippen Sie einfach <Enter>. Darauf springt der Cursor zum nächsten Datenfeld, ohne etwas zu verändern. Man kann mit dem Cursor nur von Feld zu Feld vorwärts springen. Erst wenn er auf der zehnten Zeile im letzten Feld angekommen ist, springt er wieder zur ersten Zeile ins erste Feld. Damit die Arbeit mit dem Editor trotzdem noch einigermaßen komfortabel ist, verfügt er über die beiden Optionen löschen der aktuellen Cursorzeile (Aufruf mit dem Zeichen </>) und einfügen einer Zeile vor der aktuellen Cursorzeile (Aufruf mit dem Zeichen <&>).
- + Verlassen von NEUEINGABE/EDITIEREN : durch Eingeben von <\$> können Sie den gewählten Modus jederzeit verlassen. Auch hier ist die Eingabe selbstverständlich mit der <Enter>-Taste abzuschliessen.

- Kopieren :

Wie schon im Abschnitt 4.2 erwähnt, fragt das Programm zuerst, von welcher Datenart der zu kopierende Datenblock sei. Als Eingabe sind wieder die gleichen Buchstaben zulässig wie beim Hauptmenu. Darauf erstellt DATAUF ein Verzeichnis aller Datenblöcke mit der ausgewählten Datenart. In diesem Verzeichnis werden dann die Nummern der Datenblöcke sowie das eingegebene Stichwort (vgl. Neueingabe/Editieren) aufgelistet. Darauf geben Sie die Nummer des Datenblockes ein, den Sie zu kopieren wünschen.

Die Funktion KOPIEREN ist besonders hilfreich, wenn Sie z.B. eine Lärmschutzwand berechnen und deren Höhe optimieren wollen. Sie können die Lärmschutzwand einmal mit der Funktion NEUEINGABE eingeben, diesen Block dann kopieren und schliesslich mit Hilfe der Funktion EDITIEREN die Höhen anpassen.

Eine Besonderheit der Funktion KOPIEREN ist die automatische Höhenanpassung. Wenn Sie z.B. einen Hindernis-Block umkopieren wollen zu einem Topographie-Block, so ist die Höhe über Grund beim Hindernis $h > 0$. Beim Topographie-Block dagegen muss die Höhe per Definition $h = 0$ sein. Die Funktion KOPIEREN nimmt diese Anpassung automatisch vor.

- Löschen :

Bei dieser Funktion erscheint ein Inhaltsverzeichnis mit den Blocknummern und den entsprechenden Stichworten. Sie können einen Block löschen durch Eingeben der entsprechenden Blocknummer. Bevor der ausgewählte Block endgültig gelöscht wird, fragt DATAUF nochmals nach, ob Sie diesen Block wirklich löschen wollen. Erst wenn Sie diese Frage beantwortet haben, wird der Block endgültig gelöscht (oder eben nicht). Danach kehrt das Programm ins Untermenü zurück.

Pro Durchgang kann jeweils nur ein Block gelöscht werden. Beim Löschen eines Datenblocks werden automatisch alle nachfolgenden Blocknummern korrigiert, d.h. um eins erniedrigt. Falls schon ein Auswahl-File existiert (Erklärung vgl. Abschnitt 5.2), werden selbstverständlich auch dort alle nötigen Korrekturen vorgenommen.

- Verlassen des Programms :

Wie schon oben erwähnt, kann jedes Menü gemäss Bedienerführung verlassen werden (z.B. beim Editieren mit «\$», beim Untermenü und beim Hauptmenü mit «V»).

Bei DOS gibt es jedoch die Möglichkeit, mit «Ctrl-Break» ein laufendes Programm abubrechen und damit das Programm zu verlassen. Wenn Sie DATAUF mit «Ctrl-Break» verlassen, so ist nicht sichergestellt, dass alle Datenfiles korrekt abgeschlossen werden. Files könnten unter Umständen irreparabel beschädigt werden. Verlassen Sie deshalb DATAUF wenn möglich nicht mit «Ctrl-Break», sondern mit Hilfe der Menuauswahl.

5. Das Programm DATWAHL

5.1 Zweck

DATWAHL ist ein Programm, das einem bei der **DATenausWAHL** helfen soll. Es ist gleichzeitig Bindeglied zwischen den Programmen **DATAUF** (Dateneingabe) und **STRASSE** (akustische Berechnungen). Wie schon im Abschnitt 4.2 erwähnt, werden die mit **DATAUF** eingegebenen Datenblöcke auf Files abgespeichert. Mit dem Programm **DATWAHL** können Sie aus den abgespeicherten Blöcken diejenigen aussuchen, welche Sie für eine konkrete Berechnung benötigen. Dabei wird wieder ein File erstellt (ein sogenanntes Auswahl-File), in welchem die Adressen der ausgewählten Blöcke abgespeichert werden. Das Programm **STRASSE** benötigt diese "Adress-Liste" (Auswahl-File), um die Datenblöcke zu finden. Im Programm **STRASSE** werden also nur diejenigen Datenblöcke verarbeitet, welche mit **DATWAHL** ausgewählt und auf die "Adress- Liste" gesetzt wurden.

5.2 Programmbeschreibung

Grundlage für die Arbeit mit **DATWAHL** sind die Datenblöcke, die mit **DATAUF** erstellt worden sind. Auch dieses Programm ist in Menutechnik aufgebaut. Das Hauptmenu umfasst folgende Optionen:

- **Erstellen eines neuen Auswahl-Files:**

Der Benutzer kann aus einem Katalog (Inhaltsverzeichnis) diejenigen Datenblöcke auswählen, die er für die akustischen Berechnungen verwenden will. Die "Adressen" der ausgewählten Blöcke werden auf einem von **DATWAHL** erzeugten **Auswahl-File** abgespeichert. Die Auswahl der Adressen erfolgt für jede Datenart einzeln.

- **Kontrollieren eines Auswahl-Files auf dem Bildschirm:**

Kontrolle eines schon erstellten Auswahl-Files.

Der Benutzer hat im Prinzip zwei Kontrollmöglichkeiten:

- + **Liste der gewählten Datenblöcke :** Die Liste der Datenblöcke enthält Datentyp, Block-Nummer und das Stichwort (vgl. Abschnitt 4.3) für jeden Block.

- + **Situationsplan mit den gewählten Datenblöcken :** Der Plan zeigt - in unterschiedlichen Farben für die verschiedenen Datentypen - einen Grundriss der eingegebenen Daten. Sie haben die Möglichkeit, einen Uebersichtsplan oder einen frei wählbaren Planausschnitt zeichnen zu lassen. Ausserdem können Sie noch die darzustellenden Datentypen festlegen.
- **Löschen eines Auswahl-Files:**
Auswahl-Files, die nicht mehr benötigt werden oder die Fehler enthalten, können gelöscht werden. Da höchstens zehn Auswahl-Files gleichzeitig existieren dürfen, ist es empfehlenswert, alle Auswahl-Files, die nicht mehr benötigt werden, sofort zu löschen.
- **Drucken eines Auswahl-Files:**
Für ein existierendes Auswahl-File kann eine Liste der gewählten Datenblöcke ausgedruckt werden. Diese Liste enthält wieder die gleichen Elemente wie die Liste bei "Kontrollieren eines Auswahl-Files", nämlich Datenart, Blocknummer und Stichwort.
Im Programm DATWAHL ist es nur möglich, Auswahl-Files auszudrucken, nicht aber einzelne Datenblöcke. Diese können jedoch mit Hilfe des Programms DATAUF oder STRASSE ausgedruckt werden.
- **Verlassen des Hauptmenus:**
Mit dieser Option kann das Programm wieder verlassen werden.

5.3 Bedienungsanleitung

Sie profitieren am meisten von dieser Bedienungsanleitung, wenn Sie das Programm DATWAHL gleich starten und Punkt für Punkt der Bedienungsanleitung ausprobieren. Voraussetzung ist, dass Sie schon das Programm DATAUF durchgearbeitet haben und dass einige Datenblöcke existieren.

- Projektname :

Als erstes verlangt das Programm vom Benutzer wieder einen Projektnamen. Selbstverständlich ist hier wieder der gleiche Projektname einzugeben wie bei DATAUF; dieser Name ist der "Schlüssel" zu den Files mit den Datenblöcken, welche mit DATAUF eingegeben wurden. DATWAHL überprüft, ob für einen eingegebenen Namen Datenblöcke bestehen. Falls nicht, so akzeptiert er diesen Namen nicht.

- Hauptmenu :

Dieses enthält die fünf Optionen **Neues File erstellen**, **Kontrollieren eines bestehenden Files (auf dem Bildschirm)**, **Drucken eines bestehenden Files**, **Löschen eines bestehenden Files** und **Verlassen des Programms**. Wie gewohnt kann eine Option angewählt werden, indem man den entsprechenden Anfangsbuchstaben eingibt. In diesem Fall sind also folgende Eingaben erlaubt: N, K, L, D und V.

- Erstellen eines neuen Auswahl-Files :

Als erstes meldet das Programm dem Benutzer, wie das neu erstellte File heisst. Merken Sie sich insbesondere die letzte Ziffer des Filenamen-Zusatzes. Nur in dieser Ziffer unterscheiden sich die einzelnen Auswahl-Files (Numerierung: aufsteigend von 0..9).

Danach wird - für jede Datenart einzeln - ein Inhaltsverzeichnis der bestehenden Datenblöcke aufgelistet. Dieses Inhaltsverzeichnis enthält, wie Sie es schon von DATAUF kennen, die Blocknummern und die Stichwörter. Aufgrund dieses Inhaltsverzeichnisses können Sie nun ihre Auswahl treffen. Dabei haben Sie folgende Möglichkeiten zur Eingabe der Datenblock-Nummern:

- + Eingabe einer einzelnen Nummer. Die Eingabe ist mit der **<Enter>**-Taste abzuschliessen.
- + Eingabe mehrerer Nummern: Geben Sie die Nummern in aufsteigender Reihenfolge ein. Nach jeder Nummer müssen Sie die **<Enter>**-Taste betätigen.

- Eingabe mehrerer aufeinanderfolgender Nummern: Geben Sie zuerst die untere Nummer ein. Anschliessend tippen Sie <-> und dann die obere Nummer. Syntaktisch entspricht dies der Eingabe einer negativen Zahl, doch hier bedeutet diese Eingabe "bis zu".
Bsp: Sie wollen die Datenblöcke Nummer 2,4,5,6,7 und 10 auswählen. Ihre Eingabe lautet: <2>, <Enter>, <4>, <Enter>, <-7>, <Enter>, <10>, <Enter>.
- Eingabe aller Datenblock-Nummern einer Datenart:
Tippen Sie <A>
- Ueberige Optionen : <W>, , <\$>
Falls Sie bei der Auswahl einen Fehler begangen haben, so können Sie durch Eintippen des Buchstabens <W> die ganze Auswahl innerhalb der aktuellen Datenart wiederholen. Wenn Sie die Auswahl für alle Datenarten wiederholen wollen, so tippen Sie die Option .
Zum Verlassen des aktuellen Menus existiert die Option <\$>. Das Programm verlässt jedoch das Menu automatisch, wenn Sie die Option <A> wählen oder wenn Sie die höchste existierende Blocknummer eingeben (springt zum nächsten Block-Auswahl-Menu), bzw. wenn Sie die Option anwählen (springt zurück zum ersten Block-Auswahl-Menu).
Bevor ein neu erstelltes Auswahl-File abgespeichert wird, kontrolliert DATWAHL, ob mindestens ein Quellenblock und ein Empfängerblock enthalten sind (ohne Strasse kein Strassenlärm, ohne Empfänger kein Lärmproblem). Allerdings ist der Benutzer dafür verantwortlich, dass die Koordinaten, welche die Blöcke enthalten, auch sinnvoll sind.
- Kontrollieren einer bestehenden Auswahl auf dem Bildschirm :
Als erstes erscheint eine Liste der existierenden Auswahl-Files. Durch Eintippen der entsprechenden Nummer können Sie dasjenige auswählen, das Sie kontrollieren wollen.
Danach haben Sie wiederum mehrere Kontrollmöglichkeiten: Sie können ein Verzeichnis der ausgewählten Blöcke betrachten (in diesem Verzeichnis erscheint wieder, für jede Datenart einzeln, die Blocknummern und die Stichwörter). Ausserdem können Sie sich einen Uebersichtsplan bzw. einen Planausschnitt zeichnen lassen. Beim Planausschnitt müssen Sie natürlich noch die Ausschnittsgrenzen eingeben; diese müssen innerhalb der Grenzen des Uebersichtsplans liegen. Falls Sie einfach <Enter> eintippen, so werden die gleichen Werte verwendet wie beim letzten Durchgang (bzw. die Grenzwerte für den Uebersichtsplan beim ersten Durchgang).

In einem weiteren Menu können Sie festlegen, welche Datenarten Sie zeichnen lassen wollen. Sie können jede Datenart einzeln zeichnen lassen, aber auch Kombinationen von Datenarten (d.h. zum Zeichnen der Quellen und Empfänger tippt man «Q», «E», «Enter»). Dieses Menu enthält noch eine Besonderheit, die auf dem Bildschirm nicht ersichtlich ist. Bei verschiedenen Bildschirmen wird das Bild etwas verzerrt, d.h. das Längen-Breiten-Verhältnis ist nicht korrekt. Dieser Mangel kann durch einen sog. Skalenquotienten korrigiert werden. Falls Sie dies wünschen, tippen Sie in diesem Menu «S» ein. Darauf können Sie einen neuen Quotienten eingeben. Der Skalenquotient ist definiert als Quotient aus Anzahl Bildpunkte pro Zentimeter horizontal und Anzahl Bildpunkte pro Zentimeter vertikal. Sinnvolle Skalenquotienten liegen nahe bei 1.

- Löschen eines Auswahl-Files :

Auch hier erscheint zuerst eine Liste der vorhandenen Files. Wieder kann man durch Eintippen der entsprechenden Nummer dasjenige auswählen, das man löschen will. Selbstverständlich kommt auch bei dieser Löschfunktion nochmals eine Kontrollfrage, bevor das File endgültig gelöscht wird.

- Drucken eines Auswahl-Files :

Wieder erscheint zuerst eine Liste der bestehenden Files. Daraus kann man - wie oben - das gewünschte File auswählen. Im Prinzip werden die gleichen Daten ausgedruckt, wie Sie im auf dem Bildschirm gezeigt wurden. Dies sind also : Datenart, Blocknummern und Stichwörter.

- Verlassen des Programms :

Mit dieser Option wird das Programm regelkonform verlassen.

6. Programm STRASSE

6.1 Zweck

Das Programm STRASSE ist das Herzstück des Programmpaketes StL-86; es berechnet für jeden Empfangspunkt einen Leq-Wert in dB(A) (Dezibel, A-bewertet). Als Ausgangsdaten benötigt STRASSE die Datenblöcke, welche mit DATAUF erstellt wurden, sowie ein Auswahl-File, welches mit DATWAHL erzeugt wurde.

6.2 Akustisches Modell

6.2.1 Uebersicht

In den letzten Jahren ist an der EMPA ein Berechnungsmodell für Strassenlärm entwickelt worden, welches sich für computergestützte Berechnungen ausserordentlich gut eignet. Das akustische Modell weist keine wesentlichen Neuerungen auf; es werden Formeln benutzt, welche sich bei der EMPA in den letzten Jahren bewährt haben.

Wie jedes akustische Modell, so kann auch dieses aufgeteilt werden in einen Teil, welcher die Eigenschaften der Quelle beschreibt (vgl. Abschnitt 6.2.2 und 6.2.3) und einen Teil, welcher die Einflüsse bei der Schallausbreitung beschreibt (vgl. Abschnitt 6.2.3-6.2.6). Der erste Teil enthält im wesentlichen eine Funktion, welche einen Pegel in einem Meter Entfernung von der Quelle ergibt. Der zweite Teil enthält Funktionen, welche die geometrische Dämpfung (durch die Ausbreitung), die Bodendämpfung, die Luftdämpfung und die Hindernisdämpfung beschreiben.

6.2.2 Quellenfunktion

Der Schallpegel, der durch den Strassenverkehr abgestrahlt wird, ist abhängig von der Verkehrsmenge, vom Lastwagenanteil und von der Geschwindigkeit. Die verwendete Formel wurde in den Jahren 1978 bis 1981 an der EMPA entwickelt. Für eine ausführliche Beschreibung dieser empirischen Formel sei auf [1] und [3] verwiesen.

Die verwendete Formel lautet:

$$L = A + 10 \cdot \log[(1 + (v/50)^3) \cdot (1 + B \cdot \text{Eta} \cdot (1 - v/150))] + 10 \cdot \log[M]$$

L : Energieäquivalenter Dauerschallpegel in dB(A)
A, B : empirische Konstanten. A=42, B=20
v : Geschwindigkeit
Eta : Lastwagenanteil (bzgl. gesamtem Verkehr)
M : Verkehrsmenge (Anzahl Fahrzeuge pro Stunde)

6.2.3 Korrektur aufgrund der Steigung

Da der Strassenlärm u.a. von der Motorleistung abhängt, ist der Schallpegel umso höher, je steiler eine Strasse ist (bei einem steilen Strassenstück ist ja die Motorleistung höher).

Deshalb wird hier ein "Steigungs-Korrekturwert" eingeführt, der zum Grundwert dazugezählt werden muss.

Die Funktion für diesen Korrekturwert lautet:

$$\begin{array}{ll} K = 0 & \text{für Steigungen } p \leq 3\% \\ K = (p-3) \cdot 0.5 & \text{für Steigungen } p > 3\% \end{array}$$

p : Steigung der Strasse in % (immer $p \geq 0$)

6.2.4 Abstands- und Aspektwinkelverluste

Das Abstandsgesetz für eine Linienquelle - eine Strasse wird in StL-86 als solche behandelt - lautet in seiner einfachsten Form:

$$\Delta L = 10 \cdot \log(s/s_0)$$

s : kürzester Abstand vom Empfänger zur Quelle
s₀ : Referenzabstand; in unserem Modell gilt s₀=1 Meter

Diese Formel gilt nur, wenn die Quelle unendlich lang und ungehindert sichtbar (Aspektwinkel $\Phi = 180^\circ$) ist. Ist der Aspektwinkel Φ eingeschränkt, so wird die eingestrahelte Intensität im Verhältnis $\Phi/180$ reduziert.

Damit lautet die Formel für Abstands- und Aspektwinkelverluste :

$$\Delta a_L = 10 \cdot \log[(s \cdot 180) / (\bar{\Phi} \cdot s_0)]$$

- s : kürzester Abstand vom Empfänger zur Quelle
 $\bar{\Phi}$: Aspektwinkel (in °, Winkelmaß), d.h. Winkel, unter dem das zu berechnende Strassenstück sichtbar ist.
 s_0 : Referenzabstand; hier $s_0 = 1$ Meter

Mit dieser Formel werden auch im Programm **STRASSE** die Abstands- und Aspektwinkelverluste berechnet. Sowohl der Aspektwinkel als auch der kürzeste Abstand werden im Raum (dreidimensional) berechnet. Deshalb stimmen sie nicht immer überein mit Elementen, welche aus einem Plan herausgelesen werden.

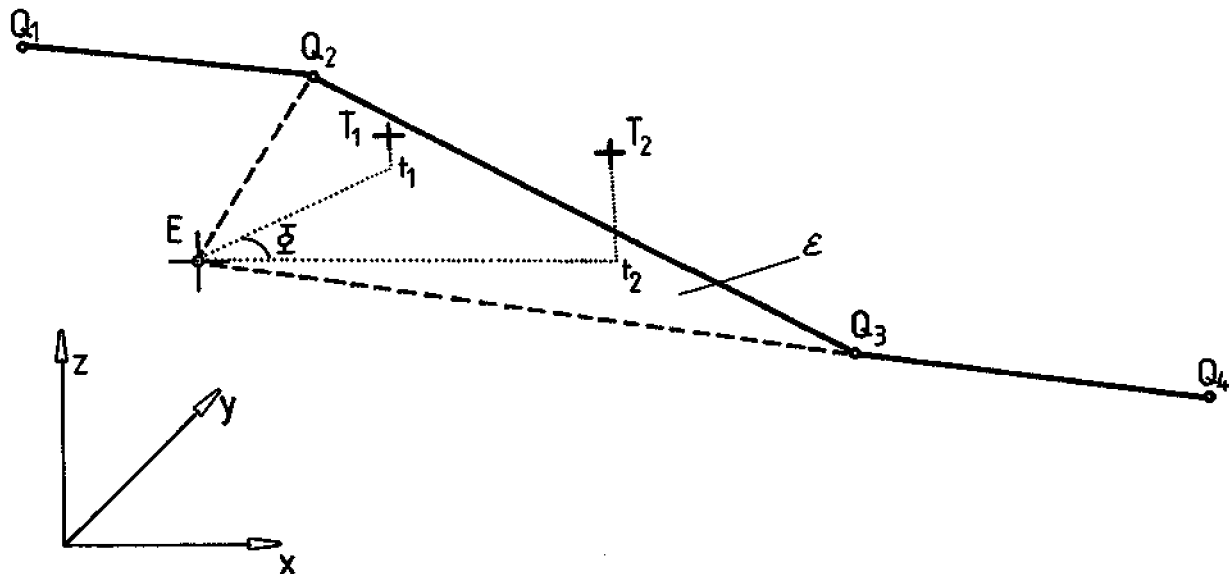


Abb. 1 Berechnung des Aspektwinkels $\bar{\Phi}$

- E : Empfangspunkt
 $Q_1 \dots Q_4$: Quell-Punkt Nr. 1 bis Nr. 4
 T_1, T_2 : Topographie-Punkt Nr. 1 und Nr. 2
 ε : Ebene durch (Q_2EQ_3)
 t_1 : Projektion des Punktes T_1 auf ε
 (Projektionsrichtung \parallel z -Achse)
 t_2 : Projektion des Punktes T_2 auf ε

6.2.5 Luftdämpfung

Unter Luftdämpfung versteht man die Dämpfung durch molekulare Schallabsorption. Diese ist eigentlich frequenzabhängig. Da Strassenlärm jedoch ein einigermaßen konstantes Spektrum aufweist, gilt in guter Näherung :

$$\text{Dämpfung}_L = 0.005 * r$$

r : Schallweg in Meter
(Entspricht der Distanz Quelle-Empfänger)

Eine detailliertere Beschreibung des verwendeten Luftdämpfungsmodells findet sich in [3].

6.2.6 Bodendämpfung

Interferenzeffekte zwischen der direkten und der am Boden reflektierten Schallwelle führen zu einer Dämpfung in Bodennähe (vgl. auch [3] und [4]).

Näherungsweise kann dieser Effekt mit folgender Formel beschrieben werden:

$$\text{Dämpfung}_B = [C/(h+1)] * [1-\exp(-r/D)]$$

C, D : Konstanten, abhängig vom Spektrum. Für Strassenlärm gilt: C=20, D=300

h : Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund (in Meter)

r : Distanz Quelle-Empfänger (in Meter)

6.2.7 Hinderniswirkung

Die Hinderniswirkung wird nach der (erweiterten) Formel von Reinhold [6] berechnet. Bei der verwendeten Formel ist die Hindernisdämpfung abhängig vom Umweg w , den der Schall zurücklegt.

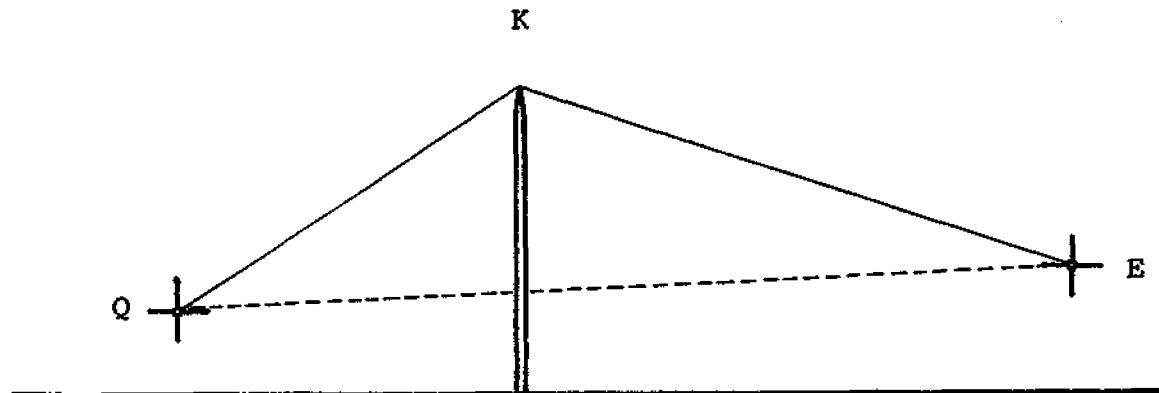


Abb. 2 Hinderniswirkung nach Reinhold

Aus Abbildung 2 wird der Umweg w ersichtlich : $w = \overline{QK} + \overline{KE} - \overline{QE}$

Wenn $w \geq 0.025$ ist, so gilt für die Hinderniswirkung :

$$H = 10 \cdot \log(5 + 80 \cdot w)$$

Doch auch wenn die Kante K unterhalb der Gerade QE (vgl. Abb. 3) liegt (ausserhalb des "Schattenbereichs"), bewirkt das Hindernis unter Umständen noch eine Minderung des Schallpegels.

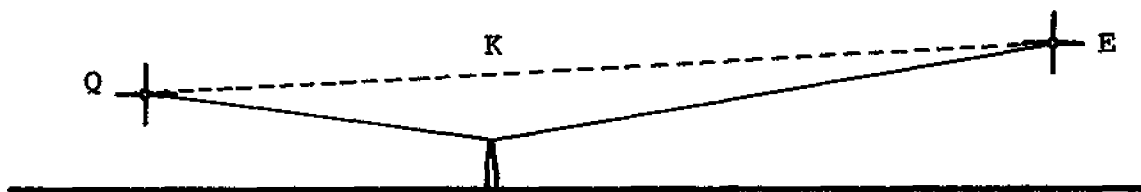


Abb. 3 Hinderniswirkung, Hindernis ausserhalb Schattenbereich

Liegt die Hinderniskante K ausserhalb des Schattenbereichs, so ist w per Definition negativ :

$$w = \overline{QE} - \overline{QK} - \overline{KE}.$$

Für den Bereich $-0.0125 \leq w < 0.025$ wird die Formel für die Hinderniswirkung wie folgt angepasst :

$$H = 10 \cdot \log(3 + 160 \cdot w)$$

Falls die Hinderniskante weiter ausserhalb der Schattenzone liegt ($w < -0.0125$), so fällt die Hinderniswirkung dahin.

Damit setzt sich die Hindernisfunktion aus drei Teilen zusammen :

$H = 0$:	für $w < -0.0125$
$H = 10 \cdot \log(3 + 160 \cdot w)$:	für $-0.0125 \leq w < 0.025$
$H = 10 \cdot \log(5 + 80 \cdot w)$:	für $w \geq 0.025$

Die Formeln von Reinhold beschreiben nur die Situation mit **einem** Hindernis. Da das Programm in der Lage ist, mehrere Hindernisse (oder auch Geländeformen, welche Hinderniswirkung haben) zu bearbeiten, musste auch dafür ein passendes Modell gefunden werden.

Dieses Modell wird anhand der Abbildung 4 erläutert. Ausgehend von der Quelle (bzw. vom Empfänger) wird der steilste Strahl konstruiert, welcher das Gelände (oder eine Hinderniskante) gerade noch berührt. Beim Schnittpunkt dieser beiden Strahlen wird ein imaginäres Hindernis eingeführt. Die Berechnung der Hinderniswirkung erfolgt nun mit diesem imaginären Hindernis, gemäss den Regeln, die wir oben eingeführt haben.

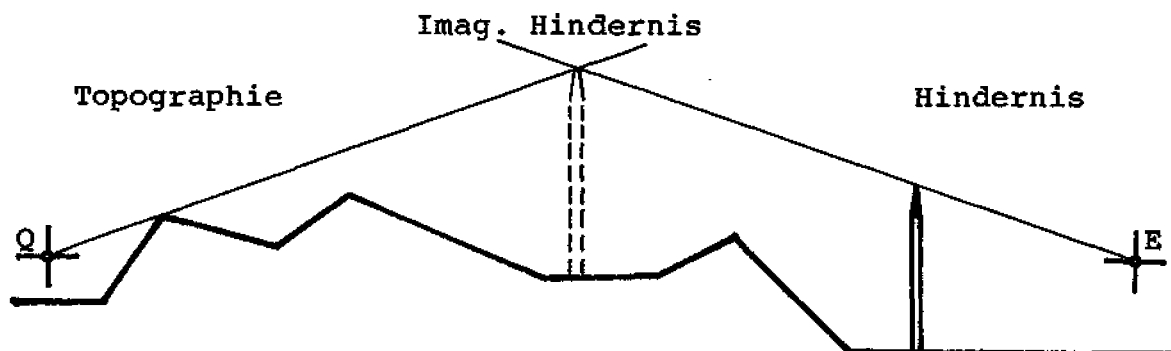


Abb. 4 : Hinderniswirkung bei mehreren Hindernissen

Diese Berechnungsart hat allerdings einen Nachteil; es können sehr grosse imaginäre Hindernisse entstehen, welche zu völlig unrealistischen Dämpfungen führen würden. Deshalb wurde eine maximal zulässige Hinderniswirkung eingeführt, welche durch das folgende Diagramm beschrieben werden kann:

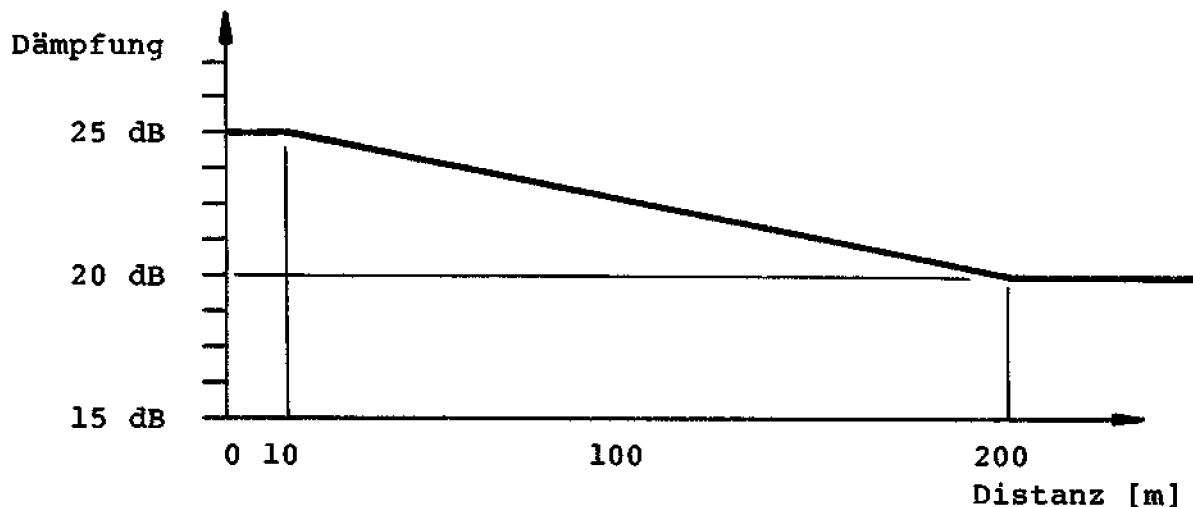


Abb. 5 : Maximal zulässige Hinderniswirkung

Wie aus dem Diagramm in Abbildung 5 hervorgeht, ist die Funktion für die maximale Hindernisdämpfung abhängig von der Distanz Quelle-Empfänger. Diese Funktion ist rein empirisch. Sie berücksichtigt die Tatsache, dass die Hinderniswirkung auf kurze Distanzen wesentlich grösser ist als auf grosse Distanzen (Grund: gekrümmte Schallwege).

6.3 Programmbeschreibung

Im Programm STRASSE werden die akustischen Berechnungen durchgeführt. Voraussetzung für diese Berechnungen sind allerdings einige organisatorische und rechnerische "Vorbereitungsarbeiten". Als erstes wird aufgrund eines Auswahl-Files überprüft, welche Datenblöcke eigentlich benutzt werden sollen. Sobald die nötigen Datenblöcke aktiviert sind, werden - für jeden Empfangspunkt einzeln - folgende Schritte durchgeführt: Sämtliche Topographie- und Hindernispunkte werden transformiert vom kartesischen Koordinatensystem (das für die Eingabe benutzt wurde) in ein Zylinderkoordinatensystem mit dem Empfangspunkt als Koordinatennullpunkt. Danach wird das erste Quellenstück (d.h. das Strassenstück zwischen den ersten beiden Punkten eines aktiven Datenblocks) ins gleiche Zylinderkoordinatensystem transformiert. Diese beiden Quell-Punkte begrenzen den sogenannten Quell-Sektor.

Anschliessend sucht das Programm sämtliche Punkte, welche im Quell-Sektor liegen und sortiert diese nach aufsteigendem Azimut (Winkel zwischen der y-Achse und dem Grundriss des Strahls, auf dem ein Punkt liegt, im Uhrzeigersinn gemessen). Die sortierten Punkte unterteilen den Quell-Sektor weiter in kleinere Sektoren. Innerhalb eines solchen Sektors verlaufen nun die "äusseren Bedingungen" (Topographie, Hindernisse) stetig, es treten keine Sprünge mehr auf.

Damit die Verhältnisse in einem Sektor nicht nur stetig sondern auch noch einigermaßen konstant sind, darf der Winkel zwischen den Sektorgrenzen nicht zu gross sein. Im Programm STRASSE beträgt der maximal zulässige Winkel 9 Grad. Dieser Winkel wird berechnet, indem die Sektorgrenzen in z-Richtung auf die Quell-Ebene (enthält die aktuelle Quellen-Polygonseite und den Empfangspunkt) projiziert werden. Überprüft wird der Raumwinkel zwischen den beiden projizierten Strahlen (Vorsicht: der Raumwinkel entspricht nicht unbedingt der Differenz zwischen zwei benachbarten Azimuten, da die Azimute auf der xy-Ebene festgelegt werden; vgl. auch Abb.1). Ist ein solcher Sektor grösser als 9 Grad, so unterteilt ihn das Programm automatisch, bis er eine zulässige Grösse erreicht hat.

In jedem Sektor wird nun entlang der Sektor-Winkelhalbierenden ein Schnitt erstellt. Dieser Geländeschnitt bildet die Grundlage für die akustischen Berechnungen.

Aufgrund der Verkehrsdaten (Geschwindigkeit, Verkehrsmenge und Lastwagenanteil) wird mit der Quellenfunktion (vgl. Abschnitt 6.2.2) ein Grundwert-Pegel berechnet. Mit dem Abstands- und Aspektwinkel-Gesetz (Abschnitt 6.2.3) werden die geometrischen Ausbreitungs-Verluste berechnet.

Um die Einflüsse bei der Schallausbreitung korrekt zu erfassen, sind einige Zusatzdaten nötig (mittlere Höhe des Schallweges über Boden, Lage des wirksamsten Hindernisses oder Lage des imaginären Hindernisses). All diese Daten berechnet das Programm selbständig aufgrund des oben erstellten Geländeschnittes. Danach werden mit Hilfe der in den Abschnitten 6.2.4-6.2.6 erörterten Formeln die einzelnen Dämpfungen berechnet. Subtrahiert man alle Dämpfungen und Verluste vom Grundwert-Pegel, so erhält man den Pegel für den bearbeiteten Sektor.

Auf die gleiche Art wird nun Sektor um Sektor innerhalb eines Quell-Sektors berechnet. Die einzelnen Sektor-Pegel werden fortlaufend energetisch addiert.

Um für den bearbeiteten Empfangspunkt einen Leq-Wert zu erhalten, muss Quell-Sektor um Quell-Sektor in der oben gezeigten Weise bearbeitet werden. Das Resultat (ein A-bewerteter Leq-Pegel) errechnet das Programm STRASSE aus der energetischen Addition der einzelnen Quell-Sektor-Pegel.

6.4 Bedienungsanleitung

Auch beim Programm STRASSE ist es sinnvoll, das Programm aufzustoarten und die einzelnen Punkte der Bedienungsanleitung gleich nachzuvollziehen.

- Projektname :

Als erstes verlangt STRASSE vom Benutzer einen Projektnamen. Da für die Auswahl der zu bearbeitenden Datenblöcke ein sog. Auswahl-File notwendig ist, überprüft das Programm zuerst, ob für den eingegebenen Projektnamen überhaupt ein Auswahl-File existiert. Ist dies nicht der Fall, so wird die Eingabe zurückgewiesen.

Geben Sie deshalb nur Projektnamen ein, für welche schon (mindestens) ein Auswahl-File existiert.

- Hauptmenu (Datenwahl) :

Auf dem Bildschirm erscheint eine Liste aller Auswahl-Files, welche Sie mit dem Programm DATWAHL für das gewählte Projekt erstellt haben. Zum Bearbeiten eines bestimmten Files tippen Sie einfach die entsprechende Nummer ein.

Selbstverständlich haben Sie auch hier die Möglichkeit, das Programm zu verlassen, indem Sie <V> eintippen.

- Menu Datenausgabe :

Wie schon mehrmals erklärt, berechnet STRASSE für jeden Empfangspunkt einen A-bewerteten Leq-Pegel. Dieser wird immer ausgegeben. Oft ist es jedoch wünschenswert, neben diesem Endresultat auch noch die Ausgangsdaten zu kennen. Mit Hilfe dieses Menus können Sie zusätzlich Daten abrufen, die Sie vielleicht interessieren könnten. Dies sind natürlich in erster Linie die Ausgangsdaten (Lagedaten von allen Datentypen), aber auch Verkehrsdaten (Verkehrsmenge, Geschwindigkeit und Lastwagenanteil).

Daneben hat man noch eine Möglichkeit, zu kontrollieren, was das Programm berechnet: Wie schon oben erwähnt, rechnet STRASSE sektorweise und erstellt für jeden Sektor einen Schnitt. Auf diesen Schnitt wird das akustische Modell angewandt. Mit der Option Kontrolldaten für jeden Schnitt werden Ihnen die Zwischenresultate in jedem Schnitt zugänglich gemacht.

Ausserdem hat der Benutzer die Möglichkeit, die einzelnen Schnitte auf dem Bildschirm graphisch darstellen zu lassen. So

hat man wiederum eine Kontrollmöglichkeit, insbesondere auch bezüglich der z-Koordinate (diese wird beim Plan in DATWAHL ja nicht ersichtlich und kann deshalb dort nicht graphisch kontrolliert werden).

ACHTUNG: Die Grafik ist nicht überhöht, aber jedes Bild kann einen anderen Massstab aufweisen. Für eine korrekte Interpretation der einzelnen Bilder benötigt man die "Kontrolldaten für jeden Schnitt" (z.B. Distanz vom Empfänger zur Quelle --> $\text{Dist}(Q)$).

Dieses Menu enthält eine Besonderheit. Ausnahmsweise können Sie eine beliebige Kombination von Optionen auswählen und diese "in einem Zug" eingeben. Wollen Sie beispielsweise alle Quellendaten (Option A und B), sowie die Lagedaten der Hindernisse (Option D) kontrollieren, so tippen Sie **<A>**, ****, **<D>**, **<Enter>**. Sie schliessen die Eingabe also erst mit **<Enter>** ab, wenn sie sämtliche gewünschten Optionen eingegeben haben.

Mit der Option H (keine weiteren Daten) werden nur die Leq-Werte berechnet und herausgegeben. Selbstverständlich ist eine Kombination dieser Option mit einer andern nicht erlaubt, da widersprüchlich.

Eine weitere Option ist im Bildschirm-Menu nicht ersichtlich: Auch hier können Sie das Programm regulär verlassen, indem Sie **<\$>** eintippen.

- **Menu Ausgabeeinheit :**

Hier haben Sie drei Möglichkeiten, nämlich Ausgabe der Daten auf dem Bildschirm, Ausgabe der Daten auf dem Drucker oder Ausgabe der Daten auf ein File. Die letzte Option erlaubt Ihnen eine Weiterverarbeitung der errechneten Daten.

Falls Sie im vorangehenden Menu die Option **Graphik der bearbeiteten Schnitte** angewählt haben, so erscheint diese - unabhängig von der Wahl der Ausgabeeinheit - immer auf dem Bildschirm.

Wenn Sie als Ausgabeeinheit den Bildschirm wählen und im vorangehenden Menu **Kontrolldaten für jeden Schnitt**, so können Sie das Programm durch Niederdrücken einer beliebigen Taste anhalten (Sie müssen Sie allerdings einige Zeit hinuntergedrückt halten, bis die "Bremse" anspricht). So haben Sie die Möglichkeit, Kontrolldaten für einzelne Schnitte in aller Ruhe zu studieren. Um weiterzufahren tippen Sie **<Enter>**.

Damit Sie die erhaltenen Zusatzdaten (insbesondere die Kontrolldaten der einzelnen Schnitte) auch richtig interpretieren können, sind einige Erklärungen von Abkürzungen und Begriffen notwendig.

Wenn Sie die Kontrolldaten für jeden Schnitt auf den Drucker ausgeben lassen, so erscheint dort folgende Kopfzeile:

Schnittdaten:

Azimuth	Winkel	D-Hind/H-Hind	m.H	Grundpegel	A&W	LD	HD	BD	Resultat
---------	--------	---------------	-----	------------	-----	----	----	----	----------

Die einzelnen Ueberschriften haben folgende Bedeutung :

- Azimuth : Winkel zwischen der y-Achse und der Schnittachse, im Uhrzeigersinn gemessen (0 - 360 Grad)
- Winkel : Oeffnungswinkel des betrachteten Sektors
ACHTUNG: Dieser Winkel wird berechnet, indem die Sektorgrenzen auf die Quell-Ebene (Ebene, welche durch das aktuelle Quellen-Segment und den Empfangspunkt läuft) projiziert werden. Der Winkel entspricht dem Raumwinkel zwischen den beiden projizierten Sektorgrenzen. Das Azimuth ist jedoch eine Projektion des Schnittes auf die xy-Ebene. Die Differenz zwischen zwei Azimuthen stimmt deshalb nicht unbedingt mit dem (Raum-)Winkel überein.
- D-Hind/H-Hind : Die Distanz und die Höhe des massgebenden Hindernisses werden angegeben. Bezugspunkt ist der Bodenpunkt des aktuellen Empfangspunktes (x,y,z-Koordinaten). Falls die Schallausbreitung nicht durch ein Hindernis gestört wird, so wird der Distanz-Wert auf Null gesetzt. H-Hind erhält die Höhe des Empfangspunktes über Boden.
- m.H : mittlere Höhe des angenommenen Schallweges über Grund
- Grundpegel : Pegel, berechnet mit der Quellenfunktion (vgl. Abschnitt 6.2.2) und der Steigungs-Korrektur-Funktion (vgl. Abschnitt 6.2.3)
- A&W : Abstand- und Aspektwinkelverluste (vgl. Abschnitt 6.2.4)
Dieser Wert bleibt konstant für den ganzen Quellensektor
- LD : Luftdämpfung (vgl. Abschnitt 6.2.5)
- HD : Hindernisdämpfung (vgl. Abschnitt 6.2.6)
- BD : Bodendämpfung (vgl. Abschnitt 6.2.7)
- Resultat : Pegel, welcher für einen Schnitt berechnet wurde.
Alle Verlust- und Dämpfungswerte wurden vom Grundpegel weggezählt.

Die gleichen Daten - wenn auch in anderer Darstellung - erhalten Sie, wenn Sie die Kontrolldaten auf dem Bildschirm abrufen. Zusätzlich erscheint dort jedoch noch der Abstand, d.h die kürzeste Distanz zwischen Empfangspunkt und Quelle.

7. Hinweise für die Anwendung

7.1 Einführung

Das Programmpaket StL-86 ist ein Hilfsmittel zur Berechnung der Lärmimmission aus Strassenlärm. Mit Hilfe dieser Computerprogramme gelangt man sehr einfach zu Resultaten. Damit diese Resultate aber auch einigermaßen richtig sind, sollte der Anwender nicht nur die Funktionsweise des Modelles kennen, sondern auch dessen Grenzen, ebenso wie die Fehler durch die Modellbildung (Umsetzen der Realität in das Computer-Modell). Neben den Modellfehlern muss man natürlich auch mit Fehlern beim Datenmaterial rechnen (z.B. fehlerhafte Eingabe der Koordinaten). Um wenigstens grobe Fehler frühzeitig zu eliminieren lohnt es sich, auf dem Bildschirm einen Uebersichtsplan darstellen zu lassen (Programm DATWAHL, zum Erkennen von Lagefehlern), bzw. die einzelnen Schnitte anzuschauen (Programm STRASSE, zum Erkennen von Höhenfehlern).

Im folgenden Abschnitt wird noch näher auf die Grenzen des Programmpaketes (Genauigkeit!) eingegangen, während im letzten Abschnitt einige Grundsätze für die Modellbildung behandelt werden. Die Modellbildung - also die Umsetzung von Planunterlagen in ein ComputermodeLL - ist sicher das anspruchsvollste und interessanteste Problem bei der Arbeit mit StL-86.

Die Qualität einer Lärmprognose hängt nämlich nicht vom verwendeten Drucker ab, sondern von der Auswahl der bearbeiteten Daten.

7.2 Genauigkeit

Wie in Kapitel 6.2 beschrieben, setzt sich das akustische Modell aus mehreren Komponenten zusammen (Quellenfunktion, Luftdämpfung, Hinderniswirkung und Bodendämpfung). Alle diese Komponenten sind mit Unsicherheiten und Fehlern behaftet, welche sich zum Teil aufheben, zum Teil aber auch summieren. Ausserdem berücksichtigt das Modell einige Faktoren nicht, welche trotzdem einen gewissen Einfluss auf die Schallausbreitung haben können.

Nicht berücksichtigte Einflüsse sind z.B:

- Windeinfluss (oft ganz erheblich, Vorsicht bei Vergleichsmessungen!)
- Krümmung des Schallweges aufgrund des vertikalen Temperaturgradienten
- Reflexionen an schallharten Flächen
- Beugung von Schallwellen an vertikalen Kanten (z.B. Beugung um Hausecken)

Wie theoretische Ueberlegungen und Vergleiche mit gemessenen Situationen ergaben, beträgt der Fehler des Modells normalerweise 1-3 dB(A) (Standardabweichung), je nach Situation. Je grösser die Distanzen, desto grösser sind auch die Fehler.

7.3 Modellbildung

7.3.1 Quellen

Bei der Eingabe einer Quelle gibt es einige Punkte zu beachten, damit die Realität (Strasse) möglichst gut in ein Modell (Polygonzug) umgesetzt wird.

Wie detailliert die Angaben über eine Strasse sein müssen, hängt von der Problemstellung ab und lässt sich nicht generell beantworten. Immerhin sollten folgende Grundsätze beachtet werden:

- Je näher ein Empfangspunkt bei einer Quelle liegt, desto detaillierter muss eine Quelle beschrieben werden.
- Je näher ein Hindernis bei der Quelle liegt, desto detaillierter müssen Quelle und Hindernis beschrieben werden.

Eine Möglichkeit für eine detaillierte Eingabe ist z.B. die Auftrennung einer Strasse in einzelne Fahrspuren. Selbstverständlich muss dabei die Gesamtverkehrsmenge sinnvoll auf die verschiedenen Fahrspuren umgelegt werden.

Ebenso wichtig wie eine geometrisch genaue Erfassung der Situation ist die Wahl der richtigen Geschwindigkeit. Der Grundpegel ist nicht abhängig von der signalisierten Geschwindigkeit, sondern von der gefahrenen Geschwindigkeit!

Ausserdem darf man nicht vergessen, dass die Quellenfunktion nur für trockenen Asphalt gilt.

Gemäss [1] müssen für andersartige Beläge folgende Zuschläge berücksichtigt werden:

Belag Beton rauh	:	+ 2 dB(A)
Belag Pflasterung	:	+ 6 dB(A)

Neben der Beschaffenheit der Belagsoberfläche kann auch die Bebauung entlang einer Strasse einen gewissen Einfluss haben (Reflexionen).

Solche Einflussfaktoren müssen durch den Benutzer korrigiert werden, das Programm berücksichtigt sie nicht automatisch.

Ein weiteres Problem beim Umgang mit Quellen ergibt sich immer am Rand eines zu bearbeitenden Perimeters. Oft ist man versucht, das Ende der Quelle mit der Grenze des Perimeters gleichzusetzen. Dies ist nur korrekt, wenn die Strasse ausserhalb des Perimeters nicht mehr sichtbar ist. Sonst muss die Strasse weitergeführt werden, bis sie nicht mehr sichtbar ist.

7.3.2 Empfangspunkte

Die Lage der Empfangspunkte ist meist gegeben durch die Problemstellung. Normalerweise interessieren den Benutzer die lärmexponiertesten Punkte. Dies sind meistens Punkte, die möglichst hoch über dem Boden liegen (oberstes Geschoss), da dort Hinderniswirkung und Bodendämpfung kleiner sind.

Wie schon weiter oben erwähnt, haben Hindernisse in der Nähe der Quellen oder der Empfangspunkte einen grösseren Einfluss als Hindernisse in der Mitte (Hinderniswirkung ist abhängig vom Umweg). Deshalb muss bei der Eingabe der Empfangspunkte ebenso wie bei der Eingabe der Quellen darauf geachtet werden, ob es im Nahbereich Hindernisse gibt, welche den Empfangspunkt beeinflussen könnten.

Beispiel :

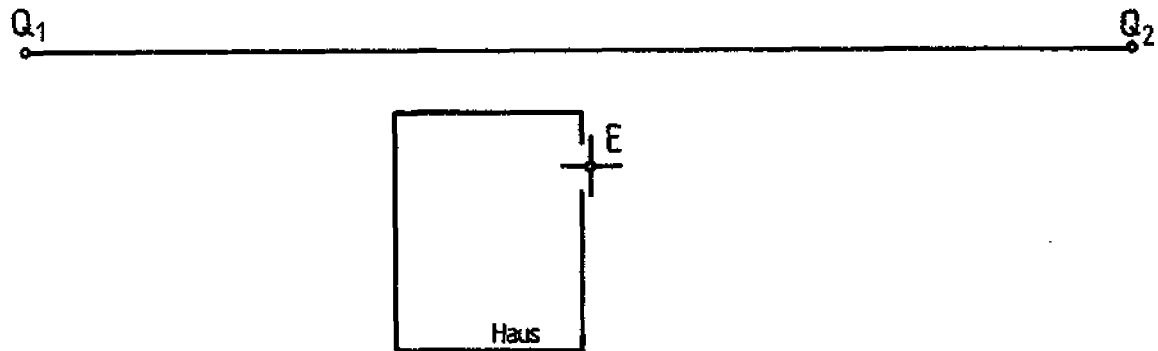


Abb. 6: Abschirmung durch Gebäude (Situation)

Im obenstehenden Beispiel wirkt das Haus selber als Abschirmung; es ist nur die halbe Quelle sichtbar (Differenz : 3 dB(A)!!)

7.3.3 Topographie und Hindernisse

Die Topographie kann sowohl die Hinderniswirkung als auch die Bodendämpfung nachhaltig beeinflussen. Die Topographie wirkt als Hindernis, sobald sie den Strahl Empfänger-Quelle unterbricht. Die Bodendämpfung wird beeinflusst durch die mittlere Höhe über Boden des (angenommenen) Schallweges. Die Höhe selbstverständlich ist direkt abhängig vom Verlauf der Topographie. Deshalb muss auch die Topographie mit der entsprechenden Sorgfalt ins Modell umgesetzt werden.

Wie bei den Hindernissen muss auch die Topographie nahe bei Quelle oder Empfangspunkt besonders sorgfältig bearbeitet werden. Hier wirken sich Ungenauigkeiten besonders stark aus, wenn eine dieser Polygonseiten als Hindernis wirkt.

Um eine möglichst optimale Umsetzung der Realität ins Modell - und damit eine möglichst gute Datenwahl - zu gewährleisten, sollte man sich immer vor Augen halten, dass das Programm Schnitte vom Empfangspunkt zur Quelle erstellt. Wenn man sich fragt,

welche Informationen für diese Schnitte relevant sind (welches sind bei diesem Schnitt die "Berge", welches sind die "Täler"?), so kann man ohne grosse Probleme die wichtigen Topographie-Polygonzüge festlegen.

Dieses Vorgehen hat den Nachteil, dass die wichtigen Topographie-Polygonzüge von Empfangspunkt zu Empfangspunkt stark variieren können. In der Praxis hat sich deshalb ein zweistufiges Verfahren zum Festlegen der Topographie bewährt. In einem ersten Schritt werden auf den Planunterlagen sämtliche charakteristischen Geländelinien (Kreten, Senken, Gefällsbrüche) zwischen den Empfangspunkten und den Quellen festgelegt. In einem zweiten Schritt werden die wichtigen Linien gemäss dem oben beschriebenen Verfahren herausgesucht und - wo nötig - ergänzt. Nur diejenigen Linien, die notwendig sind, werden dann auch eingegeben.

Mit diesem Vorgehen hat man Gewähr, dass man mit vernünftigen Aufwand ein Modell bilden kann, welches (für die akustischen Komponenten) eine gute Abbildung der Realität darstellt.

Anhang 1: VERZEICHNIS DER VERWENDETEN FILE-NAMEN:

Jeder File-Name besteht aus einem Dateinamen und einer Erweiterung. Der Dateiname ist immer identisch mit dem Projektnamen, den der Benutzer eingibt. Durch die Erweiterung wird in StL-86 festgelegt, welche Art von Daten im entsprechenden File abgespeichert werden.

Erweiterung	Beschreibung
<.QUE>	Enthält die Datenblöcke mit den Lagedaten der einzelnen Quellen (x,y,z-Koordinaten).
<.HIN>	Enthält die Datenblöcke mit den Lagedaten der einzelnen Hindernisse (x,y,z-Koordinaten, sowie Höhe der Hinderniskrone über Boden)
<.TOP>	Enthält die Datenblöcke mit den Lagedaten der einzelnen Topographie-Linien (x,y,z-Koordinaten)
<.EMP>	Enthält die Datenblöcke mit den Lagedaten der einzelnen Empfangspunkte (x,y,z-Koordinaten, sowie die Höhe über Grund)
<.INH>	Enthält ein Inhaltsverzeichnis aller Datenblöcke mit Zusatzinformationen wie Stichwort, Verkehrsmenge, Lastwagenanteil und Geschwindigkeit.
<.ARB>	Arbeitsfile; gleich Struktur wie <.INH>. Wird im allgemeinen nach Gebrauch wieder gelöscht.
<.HXD>	Arbeitsfile zum Bearbeiten des Files <.INH>. Wird im allgemeinen nach Gebrauch wieder gelöscht.
<.AF0> .. <.AF9>	Auswahl-File Nr. 0-9; diese Files enthalten die "Adressen" aller Datenblöcke, die für ein Projekt bearbeitet werden müssen. Die Struktur der Auswahl-Files ist identisch mit der Struktur der Inhaltsverzeichnisse

«.TX0» Text-File Nr. 0-9; beim Programm Strasse hat man
 .. die Möglichkeit, die Ausgabe auf ein File schreiben
«.TX9» zu lassen. Dieses Text-File erhält in der Erweiterung
 die gleichen Nummer wie das Auswahl-File, auf dem die Berechnungen basieren.
Bsp: Sie starten die Berechnungen mit dem Auswahl-File Nr. 3 («.AF3»), ihr Text-File erhält die Erweiterung «.TX3».

Falls der Skalenquotient verändert wird, so entsteht im aktuellen Directory ein File mit dem Namen «STL-86.SKA». Dieses File enthält nur eine einzige Real-Zahl, den Skalenquotienten.

Anhang 2: DATENSTRUKTUREN

Dieser Anhang richtet sich an jene Benutzer, welche die Dateneingabe an ihre individuellen Bedürfnisse anpassen möchten und deshalb einige weitere Informationen über die verwendete Datenstruktur benötigen.

Wie schon in der Einleitung erwähnt, ist das Programmpaket StL-86 in TURBO-Pascal geschrieben. Hier die wichtigsten Deklarationen :

```
const      Max_Anz_PP   = 10; { Maximale Anzahl Polygonpunkte
                                pro Block}

type       Datenart     = (QUELLE, HINDERNIS, TOPOGRAPHIE,
                                EMPFAENGER);

            Koordinaten = record
                                x : real  { x-Koordinate    }
                                y : real  { y-Koordinate    }
                                z : real  { z-Koordinate    }
                                h : real  { Höhe über Grund }
            end;

            Polygonzug   = array [1..Max_Anz_PP] of Koordinaten;

            Kopf         = record
                                Nummer    : integer; {Blocknummer}
                                Name      : string[10];{Stichwort}
                                Link      : Datenart;
                                Art       : char;{nicht verwendet}
                                Verkehrsmenge : integer; { Fz/h }
                                Geschwindigkeit: integer; { km/h }
                                Lastwagenanteil: real;   { 0..1 }
            end;
```

Das File mit der Erweiterung <.INH> ist vom Typ file of Kopf, während die Files mit den Erweiterungen <.QUE>, <.HIN>, <.TOP> und <.EMP> vom Typ file of Polygonzug sind. In diesen Files müssen die Blöcke entsprechend Ihren Blocknummern abgespeichert werden, d.h. der Standort des Blockes entspricht genau der Blocknummer, die in der Datenstruktur Kopf abgespeichert wird. Im Inhaltsverzeichnis (Erweiterung <.INH>) muss innerhalb einer Datenart wieder die genau gleiche Reihenfolge eingehalten werden. Die Reihenfolge der Datenarten ist jedoch beliebig.

Beispiel:

File LAUTDORF.INH:

Nr.	Name	Link	Art	Verkehr	Geschw.	LW-Anteil
1	Südstr.	QUELLE	-	500	50	0.11
1	Mauer	HINDERNIS	-	--	--	--
2	Wall	HINDERNIS	-	--	--	--
1	Krete N	TOPOGR.	-	--	--	--
2	Krete NW	TOPOGR.	-	--	--	--
3	Senke	TOPOGR.	-	--	--	--
4	Bruch	TOPOGR.	-	--	--	--
1	Haus	EMPFAENGER-	-	--	--	--

File LAUTDORF.QUE

enthält nur ein Array [1..Max_Anz_PP] of Koordinaten, mit den Koordinaten der Südstrasse.

File LAUTDORF.HIN

enthält zwei Arrays of Koordinaten; im ersten Array sind die Koordinaten des Hindernisses **Mauer**, im zweiten diejenigen des Hindernisses **Wall**.

File LAUTDORF.TOP

enthält vier Arrays mit Koordinaten; in ersten Array sind die Koordinaten des Topographie-Polygonzuges **Krete N**, im zweiten diejenigen des Polygonzuges **Krete NW**, das dritte Array enthält die **Senke** und das vierte den **Bruch**.

File LAUTDORF.EMP

enthält ein einziges Array of Koordinaten mit den Koordinaten des Blockes **Haus**.

Anhang 3: Fehlermeldungen

Bei schwerwiegenden Fehlern (z.B. Division durch null) kommt es zu einem Programmabbruch. Die wahrscheinlichsten Fehler werden vom Programm selbst aufgefangen. Dabei wird der Grund für den Abbruch explizit angegeben.

Bei Fehlern, welche vom Programmierer nicht abgefangen wurden, kommt es zu einer TURBO-Pascal-Fehlermeldung. Diese Fehlermeldungen werden im folgenden erklärt. Die Listen der Fehlermeldungen wurden aus [7] übernommen.

1. Laufzeit-Fehlermeldungen

Laufzeit-Fehler bewirken die Anzeige folgender Fehlermeldung:

Run-time error NN, PC=addr
Program aborted

Dabei ist NN die (hexadezimale) Nummer des Fehlers und addr die Adresse im Programmcode, bei welcher der Fehler aufgetreten ist.

- | | |
|----|---|
| 01 | Gleitkommaüberlauf |
| 02 | Versuch, durch Null zu dividieren |
| 03 | Versuch, die Wurzel aus einer negativen Zahl zu ziehen |
| 04 | Versuch, den Logarithmus einer Zahl ≤ 0 zu ermitteln |
| 90 | Array-Index ausserhalb des gültigen Bereiches |
| 91 | Skalar oder Teilbereich ausserhalb des zulässigen Bereiches |
| 92 | Einer Integer-Zahl wurde ein ganzzahliger Wert ausserhalb des zulässigen bereiches (-32768..32767) zugeordnet |
| FF | Heap/Stackkollision (nicht genügend Platz im Arbeitsspeicher) |

2. Eingabe/Ausgabe-Fehlermeldungen

Ein Fehler während einer Ein-/Ausgabe-Operation bewirkt folgende Fehlermeldung:

I/O error NN, PC=addr
Program aborted

Dabei ist NN wieder die Fehlernummer und addr die Programmadresse, bei welcher der Fehler aufgetaucht ist.

- 01 Versuch, auf eine Datei zuzugreifen, welche nicht vorhanden ist
- 02 Versuch, von einer Datei zu lesen, welche nicht zum Lesen vorbereitet wurde.
- 03 Versuch, auf eine Datei zu schreiben, welche nicht beschrieben werden kann
- 04 Versuch, auf eine Datei zu schreiben, welche nicht zum Schreiben eröffnet wurde
- 10 Ein String, der von einer Textdatei in eine numerische Variable eingelesen wurde, entspricht nicht dem richtigen Format
- 99 Unerwartetes End-of-File
- F0 Diskettenschreibfehler: Beim Versuch, eine Datei zu vergrößern, ist die Diskette voll geworden oder der Schreibpuffer wurde zum Überlaufen gebracht.
- F1 Directory ist voll: Es wurde versucht, eine neue Datei zu erstellen, aber es ist kein Platz mehr im Directory
- F2 Dateigrößenüberschreitung
- FF Datei verschwunden: Es wurde versucht, eine Datei zu schliessen, die nicht mehr im Directory vorhanden ist (weil Sie z.B die Diskette gewechselt haben)

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] : BUS/EMPA: Unterlagen zum Kurs "Strassenlärm" vom
18./19.6.84
- [2] : Herschel, Rudolf: Turbo Pascal, Oldenburg, 1985
- [3] : Hofmann, Robert : Lärmbekämpfung I,
Vorlesungsscript ETHZ 1983
- [4] : Lauber, Anselm : Akustische Grundlagen
Vorlesungsunterlagen ETHZ 1980
- [5] : Rathe, E. J. und Meury, F. : Model 77 : Computer Model
for Noise Propagation Studies (User's Guide)
- [6] : Reinhold, Günter : Die Wirkung von Abschirmungseinrich-
tungen zur Lärminderung an Strassen, Strassenbau und
Strassenverkehrstechnik, Heft 157, 1974
- [7] : Turbo Pascal 3.0, Handbuch, Heimsoeth Software, 1985
- [8] : Wirth, Niklaus: Algorithmen und Datenstrukturen,
Teubner , Stuttgart 1983