

Zusammenfassung

Erhebungen über die Lärmbelästigung durch Strassenverkehr

In diesem Bericht werden die bisher im Ausland angestellten Erhebungen über die Lärmbelästigung durch Strassenverkehr besprochen, die für ein Beurteilungssystem wichtigen Schlussfolgerungen werden dabei zur Diskussion gestellt. Eingegangen wird auf die Wahl des Schallstärkemasses: Manchmal handhabt man L_{eq} , manchmal aber L_{10} oder L_{50} ; auch komplexe Grössen werden verwendet ($L_{NP, TNI}$). Es resultieren verschiedene Dosen (Schallstärke)- Effekt (Lärmbelästigungsausmass) Kurven; mögliche Ursachen dieser Differenzen sind angegeben. Umgerechnet nach Äquivalentniveaus kommen die ausländischen Untersucher zu höchstzulässigen Werten von 50 bis 65 dB(A).

Summary

Investigations into Noise Nuisance from Traffic

The report deals with the investigations into noise nuisance carried out in other countries to date and covers the conclusions which have some bearing on the assessment system. It discusses the choice of measures of noise levels: L_{eq} , L_{10} or L_{50} , or even such complex ones as $L_{NP, TNI}$. Different dose-effect (i.e. noise level and nuisance) curves are the result, and possible causes of the differences are indicated. Converted to equivalent levels, the maximum permissible levels arrived at by foreign investigators range from 50 to 65 dB(A).

Résumé

Enquêtes sur les nuisances sonores dues à la circulation routière

Ce rapport étudie les enquêtes effectuées jusqu'à présent à l'étranger au sujet des nuisances sonores causées par la circulation routière. Il expose également les conclusions importantes pour un système d'appréciation. Il analyse les diverses unités de mesure utilisées pour l'intensité du bruit, à savoir L_{eq} , L_{10} ou encore L_{50} , ainsi que des valeurs plus complexes, comme $L_{NP, TNI}$. Les causes probables des différences entre les courbes dose (intensité du bruit)- effet (ampleur de la nuisance sonore) qui en résultent ont été indiquées. Après conversion à des niveaux équivalents, on constate que les chercheurs étrangers arrivent à des valeurs maximales admissibles de 50 à 65 dB(A).



INSTITUUT VOOR MILIEUHYGIËNE EN GEZONDHEIDSTECHNIEK TNO

Delft

Tel.: 015-569330

Schoemakerstraat 97

Postbus 214

Rapport B 365

ENQUÊTES NAAR DE GELUIDHINDER DOOR WEGVERKEER

door

Drs. C. Bitter

en

Ir. A.A. Jurriëns

september 1975



INHOUD

blz.

1. MAATSTAVEN TER KARAKTERISERING VAN VERKEERS- LAWAAI	1
2. EVALUATIE VAN DE GEPUBLICEERDE ONDERZOEKINGEN NAAR HET VERBAND TUSSEN VERKEERSLAWAAI EN DE ONDERVONDEN HINDER	6
2.1. Inleiding	6
2.2. Onderzoek in het buitenland verricht	7
2.2.1. Onderzoek in Engeland verricht	8
2.2.2. Onderzoek in Frankrijk verricht	9
2.2.3. Onderzoek in Oostenrijk verricht	15
2.2.4. Onderzoek in Zweden verricht	17
2.2.5. Onderzoek in Japan verricht	21
2.3. Samenvatting en conclusies	21
2.4. Slotopmerkingen	27
LITERATUUR	

1. Maatstaven ter karakterisering van verkeerslawaai

Een complex geluid als verkeerslawaai is op te vatten als een samenstel van geluidtrillingen met verschillende frekventies en amplitudes, waarbij frekventie-inhoud en amplitudes in de tijd variëren, dus waarbij het momentane geluidspektrum gedurig verandert.

Met deze fysische karakterisering zijn twee factoren in verband te brengen, die naast vele andere bepalend worden geacht voor de mate van hinder, die van dat lawaai wordt ondervonden.

Deze twee factoren zijn:

1. de momentane subjektieve geluidsterkte, te verkrijgen door op een bepaald moment de geluidsterkte subjektief te vergelijken met die van een toon van 1000 Hz. Hierbij speelt de frekventieweging van het momentane geluidspektrum door het gehoor een rol.
2. de mate van variatie in subjektieve geluidsterkte, via de variatie van het momentane geluidspektrum verband houdend met de informatie-inhoud van het lawaai, in fysisch technische zin.

Andere hinder bepalende factoren zijn:

- het tonale karakter van het geluid
- informatie-inhoud in semantische zin
- activiteiten op dat moment, vaak verband houdend met de tijd van de dag of de tijd van het jaar
- lichamelijke toestand
- persoonlijkheidsstructuur
- psychologische, zoals berusting of opstandigheid door voorafgaande ervaringen en hoe passend een geluid voor een bepaalde situatie is
- sociale en economische, zoals opleidingsniveau, inkomen, waardering van de buurt en waarde van het huis.

ad 1.

De onderzoekingen naar de reacties van de mens op geluid zijn gestart vanuit algemene ervaringen, dat deze reacties in belangrijke mate werden bepaald door begrippen als geluidsterkte en toonhoogte, die weer in verband gebracht konden worden met fysisch meetbare grootheden als amplitudes en frekventies.

Aanvankelijk zijn alle inspanningen er dan ook op gericht geweest dit fysische houvast zodanig in één getal uit te drukken, dat een nauwkeurige voorspelling van die reacties mogelijk zou zijn.

Vanwege de veelsoortigheid van reacties, zoals gehoorbeschadiging, spraakverstaanbaarheid, luidheid, "lawaaierigheid" en hinder, zijn vele en vaak bewerkelijke maatstaven ontwikkeld, die veelal gebaseerd zijn op het oktaafbandspektrum van het geluid. Daarbij werd het variëren in de tijd voorlopig buiten beschouwing gelaten.

Botsford [8] vergeleek voor 953 lawaaispektra, waaronder 212 spektra van omgevingslawaai, maatstaven als Luidheidsniveau uit berekeningen van de luidheid volgens Stevens en Zwicker, Speech Interference Level (SIL), Noise Criterion (NC) krommen, ISO Noise Rating (NR) krommen, Perceived Noise Level (PNL) en Composite Noise Rating (CNR) met het uit het oktaafbandspektrum berekende geluidniveau in dB(A) en dB(N), met het verschil in geluidniveau (A) en -(C) (informatie over de vorm van het spektrum) als parameter.

Hij vond korrelatiecoëfficiënten (r_1) van 0,99 of meer en stelt: "Gezien de verscheidenheid in beschouwde lawaaispektra en de ingewikkeldheid van de gebruikte lawaaibeoordelingsmethodes kan een betere korrelatie met de aflezing van een eenvoudige geluidniveau-meter nauwelijks worden verwacht.

In vele gevallen hangen de gevonden verbanden zo weinig van het geluidniveau (C) af, dat het geluidniveau (A) alleen gebruikt kan worden.

De korrelatie van elke lawaakaracteriserende grootte met de reactie van de mens op dat lawaai (korrelatiecoëfficiënt r_2) daarentegen is inhaerent matig ($\leq 0,85$) vanwege de grote variatie in individuele reacties op dezelfde stimulus. Betere korrelaties kunnen alleen worden verkregen door rekening te houden met de sociale en psychologische parameters, die deze variatie veroorzaken. De korrelatiecoëfficiënt (r_3), die een direkt verband legt tussen een geluidniveau in dB(A) of dB(N) en de reactie van de mens, is gelijk aan het produkt van r_1 en r_2 , dus korreleren geluidniveaus vrijwel even goed met die reactie als elke andere maatstaf".

Ook uit andere, soortgelijke onderzoeken, bijvoorbeeld [12], [13], is gebleken, dat met name het geluidniveau in dB(A) niet slechter

met de subjektieve reacties korreleert dan andere maatstaven en er is dus alle reden om dit eenvoudig te bepalen geluidniveau (A) aan te bevelen als maatstaf voor de (momentane) subjektieve geluidsterkte. Bij de bepaling van het geluidniveau in dB(A) wordt het geluidspektrum gewogen met een frekwentiekarakteristiek, die voor een groot frekwentiegebied (400 - 4000 Hz) nagenoeg samenvalt met de isofoon voor een luidheidsniveau van 30 foon. Deze isofoon of lijn van konstante subjektieve geluidsterkte wordt verkregen door het geluidniveau van enkelvoudige tonen van verschillende frequenties zodanig te regelen, dat die tonen even luid klinken als een toon van 1000 Hz met een geluidsdruk-niveau van 30 dB, gedefinieerd als een toon met een luidheidsniveau van 30 foon. Voor samengestelde tonen en meer complexe geluidspektra kan dit door weging volgens de A-karakteristiek benaderde luidheidsniveau aanzienlijk afwijken van de uit subjektieve vergelijking verkregen werkelijke subjektieve geluidsterkte, een en ander afhankelijk van de vorm van het spektrum. Voor onderlinge vergelijking van gelijksoortige geluiden blijft het geluidniveau in dB(A) desondanks steeds bruikbaar.

ad 2.

Hoewel ook bekend uit algemene ervaring is aanvankelijk relatief weinig moeite gedaan om de faktor variatie in geluidspektrum te kwantificeren en aan de subjektieve reacties te relateren. De wens om ook hiervoor een enkelvoudige maatstaf te vinden is dan ook veel moeilijker te verwezenlijken. Onderzoekingen hebben aangetoond, dat lawaai met een bepaalde subjektieve geluidsterkte als des te hinderlijker wordt ervaren, naarmate de informatie-inhoud ervan groter is. [9]

Bijvoorbeeld zal bij verkeerslawaai iedere verandering van het karakter ervan door remmen, optrekken, klapperen van een laadbak enz. de aandacht van een niet-verkeersdeelnemer trekken. Dit voortdurend onbewuste opeisen van de aandacht werkt bijzonder storend.

Voor al bij de analyse van verkeerslawaai tonen vergelijkingen van verschillende bandspektra aan, dat als dragers van de informatie niet zozeer de veranderingen in frequentie als wel de veranderingen

in niveau aangeduid moeten worden. Met veranderingen in frequentie-inhoud gaan steeds veranderingen in niveau samen.

Voor het voorspellen van de hinder, ondervonden van fluktuierend lawaai, zou dus, wat de faktor variatie in geluidspektrum betreft, het beschouwen van de veranderingen in momentane geluidsterkte voldoende zijn.

De subjektieve ervaring van die momentane geluidsterkte wordt, zoals ad 1 uiteengezet is, voldoende in rekening gebracht door beschouwing van het momentane geluidniveau in dB(A).

Wanneer het in de tijd variërende geluidniveau van verkeerslawaai, gemeten in dB(A), gedurende bepaalde tijd geregistreerd is, kunnen daaruit door statistische analyse een aantal grootheden worden afgeleid, zoals L_{10} , L_{50} en L_{90} , de niveaus die gedurende respectievelijk 10, 50 en 90 procent van de beschouwde tijd overschreden worden.

L_{90} kan beschouwd worden als een maat voor het achtergrondniveau, terwijl L_{10} de piekwaarden representeert.

Daarnaast wordt ook L_{eq} , het energie-equivalent continu niveau, gebruikt. Hierbij wordt ervan uitgegaan, dat een in de tijd variërend niveau een gelijke storende werking heeft als een continu niveau met gelijke totale energie gedurende die tijd.

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L(t)/10} dt \quad \text{dB(A)}$$

waarin $L(t)$ het momentane niveau voorstelt.

Is de statistische verdeling van het lawaai bekend, dan wordt dit:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{N} \sum 10^{L_i/10} N_i \quad \text{dB(A)}$$

waarin N_i de menigvuldigheid is, waarmee het niveau in een klasse L_i valt, en $N = \sum N_i$.

L_{eq} wordt vooral bepaald door de piekwaarden en bleek dan ook in onderzoekingen [4] sterk gekorreleerd met L_{10} .

Gebaseerd op de reeds vermelde samenhang tussen hinder, informatie-inhoud en variatie in niveau zijn, naast de tot nu toe genoemde "enkelvoudige" grootheden L_{10} , L_{50} , L_{90} en L_{eq} , ook nog twee

"samengestelde" maatstaven ontworpen, die behalve met een bepaald niveau ook rekening houden met de grootte van de spreiding in niveau van het lawaai.

Deze maatstaven zijn: Traffic Noise Index (TNI) en Noise Pollution Level (L_{NP})

Zij worden gevonden uit de volgende formules:

$$TNI = L_{90} + 4(L_{10} - L_{90}) - 30$$

$$L_{NP} = L_{eq} + 2,56 \sigma \text{ of:}$$

$$L_{NP} = L_{50} + (L_{10} - L_{90}) + \frac{1}{60} (L_{10} - L_{90})^2$$

Theoretische berekening van de invloed van de parameters als afstand tot de weg en verkeersintensiteit op alle genoemde maatstaven [9] brengt duidelijk beperkingen van de TNI naar voren, die terug te brengen zijn tot een overschatting van het aandeel van de spreiding in de samenstelling van de TNI. Daardoor voorspelt bijvoorbeeld de TNI een te grote hinder bij lage verkeersintensiteiten en in bepaalde situaties een afname van de hinder na aanleg van een verkeersweg.

In [14] wordt van bovengenoemde en andere maatstaven een meer gedetailleerd overzicht gegeven.

2. Evaluatie van de gepubliceerde onderzoeken naar het verband tussen verkeerslawaai en de ondervonden hinder

2.1 Inleiding

Verkeerslawaai in stedelijke en sub-stedelijke gebieden is in een aantal landen onderwerp van onderzoek.

Doel van dit onderzoek is inzicht te krijgen in de lawaai-omstandigheden in verschillende stedelijke situaties en inzicht te krijgen in de in deze situaties door de bewoners ondervonden hinder.

Uiteindelijk wordt dan getracht een verband tussen de lawaai-belasting en de ondervonden hinder op te sporen op grond waarvan men maatregelen kan nemen ter bestrijding van het lawaai c.q. ter beperking ervan.

Het gaat daarbij zowel om bestaande situaties als om toekomstige situaties. Degenen die het meest gebaat zijn bij het inzicht in deze materie zijn de milieudeskundigen, die moeten waken over de leefbaarheid van ons milieu (in dit geval dus wat betreft onze akoestische omgeving) en de planologen en stedenbouwkundigen, die vorm moeten geven aan dat milieu.

Een moeilijkheid is dat de stormachtige ontwikkeling die het verkeer in allerlei vormen heeft doorgemaakt in hoge mate geleid heeft tot het doen ontstaan van velerlei onhoudbare situaties.

Het is genoegzaam bekend dat er de laatste tijd een aantal conflictsituaties is ontstaan die dringend om een oplossing vragen. Het betreft dan doorgaans een situatie waarin bewoners aan een verkeersweg, hetzij door verbreding van deze weg i.v.m. toegenomen verkeersintensiteit, hetzij door andere verkeersplanning, aan een veel hogere lawaai-belasting worden blootgesteld dan ze tot nu toe gewend waren.

Het gehele onderwerp "verkeerslawaai" is daarom zo'n complex onderwerp omdat de ondervonden hinder van verkeerslawaai zowel situationeel- als persoonsgebonden is. Dat heeft men in buitenlandse onderzoeken ook onderkend.

Men heeft er rekening mee gehouden bij de keuzen van de situaties (de "sites") en bij de steekproef van de in verschillende situaties te ondervragen populatie.

Alvorens over te gaan tot een evaluatie van de in verschillende landen verrichte enquêtes naar het verband tussen verkeerslawaai en de ondervonden hinder wordt een aantal opmerkingen gemaakt die ontleend zijn aan een "meeting on road traffic noise" die op 2 en 3 mei 1967 in het Instituut voor Gezondheidstechniek TNO te Delft werd gehouden.

Op deze meeting waren zowel fysici als sociale wetenschappers aanwezig en werd duidelijk dat intensieve samenwerking tussen fysici en sociale wetenschappers noodzakelijk is om bruikbare criteria voor planologen en stedenbouwkundigen te verkrijgen.

Het was duidelijk dat we hen geen criteria kunnen verschaffen als we geen effectieve hinderindices vinden die met fysische metingen van het verkeerslawaai correleren.

Aan de akoestische kant zouden we graag een soort expositie index (of een lawaai-expositie schaal) willen hebben die de akoestische situatie adequaat beschrijft.

Aan de psychologische kant zouden we graag een gevoeligheids/hinderschaal willen hebben van goede betrouwbaarheid (mogelijk een schaal van numerieke indices).

Men moet hierbij wel bedenken dat stadsverkeer en verkeer op auto-snelwegen verschillende zaken zijn. Een extra probleem zijn de invoerroutes naar de stedelijke bebouwingscentra.

In woongebieden moet men zowel wat de lawaai-expositie als wat de ondervonden hinder betreft rekening houden met de menselijke activiteiten over 24 uur.

In de nachtelijke uren zijn de variaties in lawaainiveau groter dan overdag; daarmee is een grotere kans op slaapstoring gegeven.

2.2 Onderzoek in het buitenland verricht

Wij zullen nu achtereenvolgens de bestaande buitenlandse onderzoeken, die van voldoende belang zijn, bespreken.

De volgende onderzoeken werden daartoe uitgekozen:

1. Subjective response to road traffic noise: door J.D. Griffiths en F.J. Langdon; Building Research Station, April 1968.
2. The traffic noise index: a method of controlling noise nuisance, door F.J. Langdon en W.E. Scholes; Building Research Station, April 1968.

3. La gêne due au bruit de la circulation automobile; une enquête auprès de riverains d'autoroutes; Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Octobre 1967, cahier 762, door M. Bacelon.
4. Le bruit des rues et la gêne exprimée par les riverains.
D. Aubrée, psychosociologue au CSTB
S. Auzou et J.M. Rapin, ingénieurs au CSTB
(Cahier du Centre Scientifique en Technique du Bâtiment: Avril 1973, cahier 1174)
5. Störung der Bevölkerung durch Verkehrslärm, door F. Bruckmayer en J. Lang, Wien 1967.
6. Traffic Noise in residential areas; study by the National Swedish Institute for Building Research and the National Swedish Institute of Public Health; Stockholm 1968.
7. On judging the noise from high speed road; O. Kitamura, M. Sasaki, M. Saito (Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University), in Reports of the 6th International Congress on Acoustics, Tokyo, Japan (1968).

De bespreking van bovengenoemde rapporten is gezien de korte tijd die beschikbaar is voor het samenstellen van dit rapport, beknopt gehouden.

Wat na bestudering van de rapporten al direct opvalt is de moeilijke vergelijkbaarheid van de uitkomsten.

Dat komt wat de subjectieve kant betreft omdat door de onderzoekers verschillende hinderschalen gehanteerd zijn, met soms een verwijzing naar onderzoek procedures van buitenlandse collega's.

2.2.1 Onderzoek in Engeland verricht

Het onder 1. en 2. genoemde onderzoek hanteert als voornaamste subjectieve reactie de ontevredenheid met de akoestische omgeving (i.c. verkeerslawaai) aangegeven op een 7-punts dissatisfactie schaal (ontevredenheidsschaal), waarvan alleen de eindpunten benoemd waren: bepaald tevreden - (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) - bepaald ontevreden. Daarnaast werden specifieke hinder aspecten nagegaan en de moeilijkheden die daardoor veroorzaakt werden.

De onderzoekers hebben de gemiddelde ontevredenheidsscores per onderzocht gebied gerelateerd aan verschillende maten voor verkeerslawaai te weten het geluidniveau in dB(A) dat gedurende 10%, 50% of 90% van de tijd werd overschreden (resp. L_{10} , L_{50} , L_{90}).

Als belangrijkste resultaat van het onderzoek kwam naar voren dat geen dezer drie maten een hoge correlatie met de ondervonden hinder opleverde.

Griffiths en Langdon verwijzen naar J. Lang (Verkehrslärm - Messung und Darstellung: F.35, 5e Congrès International d'Acoustique, Liège, Sept. 1965) die van mening is dat het equivalent geluid niveau (äquivalenter Dauerstörpegel) of \bar{Q} waarde, in dB(A), de basis zou moeten zijn voor hindercriteria voor verkeerslawaai. Mevr. Lang relateert haar \bar{Q} aan twee onderdelen van het etmaal: avond en nacht (18-6 uur) en dag (6-18 uur).

Griffiths en Langdon menen echter een betere maat te hebben opgesteld, die zij Traffic Noise Index (TNI) noemen en die berekend wordt met de volgende formule:

$$4(\text{mean } 10\% \text{ level} - \text{mean } 90\% \text{ level}) + \text{mean } 90\% \text{ level} - 30.$$

De TNI refereert aan lawaaiconditities over een periode van 24 uur. De gegevens van 1091 ondervraagden worden verwerkt, verdeeld over 13 onderzoekgebieden.

De correlatie tussen TNI en mediane hinder is $r = 0,88$.

De correlatie tussen TNI en individuele hinder is $r = 0,29$.

Er is een grote overeenstemming tussen de door Lang gevonden storing als functie van de geluidsterkte, beschreven met L_{eq} in dB(A), en de door Griffiths en Langdon gevonden ontevredenheidsscore als functie van het geluid (uitgedrukt door L_{50} in dB(A): fig. 2, pag. 6, ref. 1.) (Zie figuur A1).

(Terzijde: Stephenson en Vulkan: "Urban planning against noise", Official Arch. and Planning, May 1967, hanteren het 50% lawaai-niveau).

2.2.2 Onderzoek in Frankrijk verricht

Over de onder 3 en 4 vermelde franse onderzoekingen kan het volgende worden vermeld.

M. Bacelon (ref. 3) heeft gewerkt met een hinder-index die voor

elke ondervraagde verkregen werd door zijn ongunstige reacties op een 15-tal vragen op te tellen en het totaal te transformeren tot een 10-punts schaal.

Index 0 betekent dat de ondervraagde geen enkele ongunstige reactie had; index 10 betekent dat alle reacties ongunstig waren.

De lawaainiveaus werden gemeten

- a. vóór de gevel
- b. binnenshuis met dichte ramen (10 à 15 dB lager dan a.)
- c. binnenshuis met open ramen (0 à 5 dB lager dan a.)

Van 370 ondervraagden waren de enquête resultaten geschikt voor bewerking en voor vergelijking met de lawaabelasting door het verkeer. Deze lawaabelasting lag wat de mediane waarden betreft in het gebied tussen 53 en 71 L_{50} dB(A).

Voor een verkeersdichtheid van meer dan 2000 voertuigen per uur vond men een correlatie $r = 0,61$ tussen de gehanteerde hinderindex en L_{50} .

Men vond bij een lawaainiveau van ongeveer 60 dB(A) een hinderindex van 2,5; bij ongeveer 75 dB(A) een hinderindex van 7,5.

De kritische waarde ligt volgens M. Bacelon wat de hinder waardering betreft tussen 60 en 65 L_{50} dB(A) (pag. 10, conclusion, ref. 3).

D. Aubrée (ref. 4) heeft 700 personen ondervraagd op 100 punten verdeeld over Parijs en de voorsteden.

De akoestische karakteristieken van de uitgekozen enquête situaties zijn gedetailleerd aangegeven (zie punt 2.24 ref. 4).

De vragenlijst is volledig als bijlage opgenomen; de enige maal dat dit bij de genoemde referenties werd aangetroffen.

- 23 vragen van de totaal 60 vragen bevattende vragenlijst hebben betrekking op de hinder die uitdrukkelijk verbonden is aan het lawaai. Men noemt "hindervariabelen" de antwoorden, eventueel ghergroepeerd, op deze vragen.
- 26 vragen hebben betrekking op gegevens of op opinies die niet

direct de hinder betreffen die van het geluid ondervonden wordt.

De antwoorden leveren de "correctievariabelen".

De andere vragen zijn beschrijvende vragen, of controle vragen (b.v. uur van opstaan of uur van slapen gaan).

Er worden twee groepen hindervariabelen gehanteerd

- opinies met betrekking tot het omgevingslawaai. Ze zijn vastgesteld door middel van 7-puntsschalen waarvan alleen de uitspraken benoemd zijn. Men heeft getracht te laten schatten de satisfacties (tevredenheid) (de vragen 2 en 3 van de vragenlijst, resp. mate van ontevredenheid overdag en 's nachts) en de verdraagzaamheid (vragen 48, 49 en 50) van de ondervraagden m.b.t. het geluid waaraan ze zijn blootgesteld.
- storingen door het lawaai waaraan men is blootgesteld van bepaalde activiteiten. De betreffende activiteiten zijn: lezen; luisteren naar radio en televisie; gesprekken in het gezin of met bezoekers; de slaap (deze heeft men gesplitst in drie fases: inslapen, eigenlijke slaap, het ontwaken 's morgens).

De correctievariabelen zijn verdeeld in vier groepen:

- variabelen betreffende de ondervraagde personen: leeftijd, geslacht, beroep, gebruik van slaapmiddelen, bezit en gebruiksfrequentie van een auto.
- variabelen betreffende andere geluiden, die de correlaties zouden kunnen beïnvloeden.
- variabelen betreffende de woning.
 - expositie aan straatlawaai = $\frac{\text{aantal kamers aan de straat}}{\text{totaal aantal kamers}}$
 - woningbezetting = $\frac{\text{aantal personen}}{\text{aantal kamers}}$
 - de plaats waar naar radio en TV geluisterd wordt
 - de ligging van de kamer
 - de tijd in de woning doorgebracht, overdag en 's nachts
 - de bewoningsduur

Elk van deze variabelen kan de mate van hinder beïnvloeden

- variabelen betreffende de opinie van de ondervraagden i.v.m.
 - tevredenheid m.b.t. de woonwijk
 - mening over de eventuele effecten van het geluid op de lichamelijke en geestelijke gezondheid

- mening over de doeltreffendheid van de strijd tegen het lawaai
De invloed van de 13 correctievariabelen op de ondervonden hinder werd nagegaan door middel van variantie analyse. Slechts 5 correctie variabelen bleken een invloed te hebben op bepaalde hinder-variabelen. Deze variabelen waren:

- geslacht en tijd overdag in de woning doorgebracht
- gebruik van slaapmiddelen
- tevredenheid met de woonwijk
- vergelijking van lawaai-expositie van vorige woning met lawaai-expositie van huidige woning
- de expositie van de woning aan straatlawaai

Vervolgens is de invloed van de geluidvariabelen nagegaan op de ondervonden hinder.

Factoranalyse van de hindervariabelen resulteerde in twee hoofdgroepen. De ene groep (A) wordt gevormd door de globale mening met betrekking tot het geluidniveau en de hinder die ondervonden wordt bij activiteiten overdag:

lezen, radio en T.V. luisteren, gesprek.

De andere groep (B) wordt gevormd door hinder met betrekking tot de slaap: inslapen, slapen, wakker worden.

De correlatiecoëfficiënten tussen de variabelen van groep A zijn in de orde van grootte van 0,60; tussen de variabelen van groep B in de orde van grootte van 0,35; tussen beide groepen onderling lager dan 0,20. Hierin liggen aanwijzingen dat al naar de ondervraagde persoon men gehinderd kan worden door het lawaai overdag, maar niet door het lawaai 's nachts en omgekeerd.

Voor het opstellen van een hinderindex heeft men gekozen voor een index die de hinder in het algemeen aangeeft en die gebaseerd is op de variabelen voor groep A.

Men heeft hiervoor een schaal gebruikt die loopt van 0 tot 10, 0 wil zeggen geen enkele variabele gestoord; 10 wil zeggen alle variabelen maximaal gestoord.

Men heeft geen correlatie kunnen vinden tussen de lawaai-variabelen en de variabelen van groep B die betrekking hebben op de

slaap (corr. coëff. 0,05). Dat wil echter niet zeggen dat alle onder-
vraagden uitstekend slapen.

Ongeveer 60% van de ondervraagden zegt soms of vaak moeilijkheden te
ondervinden bij slapen; ongeveer 35% van de ondervraagden ondervindt
vaak moeilijkheden. Deze verhouding blijft hetzelfde ongeacht het
lawaainiveau waaraan men is blootgesteld.

In de gegeven lawaai-omstandigheden was het percentage mensen dat
moeilijkheden ondervindt bij slapen, ongeveer hetzelfde in straten
met weinig verkeer als met veel verkeer.

Men doet slechts vage uitspraken over een mogelijk verband tussen
het verkeerslawaai en de slaapstoring.

Wat het lawaai betreft hanteert men L_{50} overdag als maat. Wat de
slaapstoring betreft hanteert men het percentage ondervraagden dat vaak of
heel vaak slaapmoeilijkheden ondervindt en daar als voornaamste oorzaak het
verkeerslawaai voor opgeeft.

Men noemt 60 dB(A) een grenswaarde waarboven dit percentage snel
stijgt.

Tenslotte wordt gesproken over de verbanden tussen de hinderindex
en het lawaai. Men is voor het leggen van een verband met de hinder
uitgegaan van verschillende lawaaivariabelen: L_{10} , L_{50} , L_{90} ,

$L_{10}-L_{50}$, $L_{10}-L_{90}$ en L_{eq} .

Verschillende van deze lawaaivariabelen, L_{10} , L_{50} en L_{eq} bleken een
zelfde correlatie met de hinderindex te hebben, $r = 0,32$; ze hebben
dus dezelfde voorspellende waarde voor de hinder.

Bovendien zijn ook de lawaaimaatstaven NPL en TNI met de hinder ge-
correleerd: de correlatie coëfficiënten waren voor NPL $r = 0,32$ en
voor TNI $r = 0,24$ overdag en $r = 0,27$ etmaal.

Men heeft uiteindelijk gekozen voor de lawaaivariabele L_{50} - overdag,
omdat deze maat in Frankrijk gangbaar is bij dat soort onderzoekingen.

Men stelt uiteindelijk de volgende formule voor die het verband aan-
geeft tussen hinderindex en lawaai-belasting:

$$\text{hinderindex} = 0,15 L_{50} - 5,55$$

Deze formule geldt:

- als de expositie van het woongebouw aan straatlawaai betrekkelijk
zwak is

- als het individu tevreden is met zijn wijk
- als het individu niet overtuigd is van een nadelig effect van lawaai op zijn gezondheid.

Als de expositie van het woongebouw aan straatlawaai niet zwak is, als het individu ontevreden is met zijn wijk, en als het individu vindt dat het lawaai wel een nadelige invloed heeft op zijn gezondheid, dan geldt de formule:

$$\text{hinderindex} = 0,05(L_{50} + 3,5SQ + 3,63 \text{ EXPO} + 7,04S) - 5,55$$

(SQ = tevredenheid met de wijk; EXPO = expositie van de gevel aan lawaai; S = invloed op gezondheid).

Een individu waarvoor de drie condities ongunstig zijn heeft dus een hinderindex die gelijk is aan de hinderindex van een individu waarvoor de drie condities niet ongunstig zijn maar waarvoor L_{50} 15 dB(A) hoger ligt.

In figuur 38 (pag. 29) is de hinderindex als functie van het lawaai weergegeven (zie onze figuur A3).

In figuur 28 (pag. 24) is aangegeven hoe met toenemend lawaainiveau overdag, uitgedrukt in L_{50} , het aantal mensen dat ontevreden is toeneemt (zie fig. A2).

De tevredenheidsschaal loopt van 1 (zeer tevreden) tot 7 (zeer ontevreden).

Bij een L_{50} van 60 dB(A) is 11% van de ondervraagden zeer ontevreden; bij een L_{50} van 70 dB(A) is 22% van de mensen zeer ontevreden.

Bij een L_{50} van 60 dB(A) ziet 30% van de ondervraagden zich genoodzaakt de ramen te sluiten om geen gesprekstaking te ondervinden; bij een L_{50} van 70 dB(A) is dit percentage 75% (fig. 31, pag. 24).

In de conclusie wordt vermeld dat de enquête bevestigd heeft dat bij een gemiddeld niveau overdag in de orde van 55 à 60 dB(A) voor de gevel de mensen weinig hinder ondervinden. De gebruikelijke ramen geven een vermindering van het buitenlawaai van 25 dB(A). Met dichte ramen is het niveau binnen 30 à 35 dB(A). Ons inziens is deze lawaai-vermindering aan de hoge kant.

Hieruit leidt men af dat in een straat waar het lawaainiveau 75 dB(A) bedraagt, hetgeen in Parijs blijkbaar dikwijls het geval is, de

leefcondities verbeterd kunnen worden door de gevels zo te verbeteren dat ze een lawaaivermindering van 40 à 45 dB(A) geven, hetgeen te verwezenlijken zou zijn door het aanbrengen van dubbele ramen.

De resultaten van de sociaal-psychologische enquête hebben duidelijk de gecompliceerdheid van het besef van hinder aangetoond. De correlatie tussen de hinderindex en de variabele die het geluid karakteriseert is zwak ($r = 0,32$).

De correlatie is veel lager dan die welke gevonden werd bij de enquête van 1967 bij bewoners langs autosnelwegen (Bacelon, ref. 3) ($r = 0,61$). De correlatie ligt dicht bij die van Griffith en Langdon ($r = 0,29$) (ref. 1).

De hinder van verkeerslawaai in stedelijke situaties komt op veel onduidelijker wijze tot uiting dan langs autosnelwegen. De spreiding in antwoorden is groot.

Het bleek niet mogelijk een relatie vast te stellen tussen het geluid, gebonden aan de intensiteit van het verkeer en de nachtelijke hinder. Dat resultaat is te meer verrassend omdat de ondervraagden meedelen dat het de nachtrust is die de grootste stilte vereist.

Dit paradoxale resultaat probeert men te verklaren:

- is er aanpassing aan het lawaai: tenminste binnen de grenzen van de bestudeerde lawaainiveaus?
- is de nachtelijke hinder gerelateerd aan een geluidskarakteristiek die niet in dit onderzoek werd nagegaan?

2.2.3 Onderzoek in Oostenrijk verricht

F. Bruckmayer en J. Lang (ref. 6) hebben in 1964 in Wenen onderzoek verricht naar de mate van storing door verkeerslawaai.

Doel van hun onderzoek was, grondslagen te verkrijgen voor een beoordeling van de storing door verkeerslawaai door uitspraken over die storing te relateren aan adequate metingen van het verkeerslawaai. De moeilijkheid van een juiste beoordeling is volgens deze onderzoekers enerzijds het verschil in storing bij personen op grond van hun uiteenlopende lawaai-gevoeligheid, anderzijds de met de tijd sterk wisselende verkeerslawaai-belasting.

De onderzoekers betogen dat hun bevindingen in gelijke mate gelden voor woningen, voor kantoorgebouwen, voor ziekenhuizen en voor hotels. Het onderzoek werd uitgevoerd in woningen, in kantoorgebouwen en op scholen.

In totaal werden 400 personen ondervraagd waarvan 265 in woningen, 100 in kantoren en 35 onderwijskrachten. Bij alle interviews moest de mate van storing in de volgende vijf graden worden uitgedrukt:

- 0 = niet gestoord
- 1 = nauwelijks gestoord
- 2 = gestoord
- 3 = sterk gestoord
- 4 = ondraaglijk gestoord

In woningen werd gevraagd naar storing bij gesprek en radioluis-
teren, telefoneren, lezen, slapen.

In kantoren werd gevraagd naar storing bij gesprek, telefoneren,
normaal bureauwerk, werk dat bijzondere concentratie vereiste.

In leslokalen werd gevraagd naar storing bij eigen lesgeven, bij
antwoordgeven van leerlingen, bij schoolwerkzaamheden.

De onderzoekers maakten bij verkeerslawaai onderscheid in lawaai
van autoverkeer, lawaai van trams, lawaai van treinen en lawaai
van vliegtuigen.

De bevindingen van de enquête zijn door de onderzoekers op de
kaart van de stad Wenen ingetekend.

Op 40 plaatsen in het stadsgebied van Wenen werden lawaaimetingen
verricht. Het aantal per meetpunt ondervraagde personen lag tussen
de 2 en de 20. De lawaaimetingen werden verricht in de ruimten,
1,5 m achter een geopend raam en bij gesloten ramen.

Zowel over de ondervonden storing van de verschillende verkeers-
categorieën als over de lawaaimetingen wordt uitvoering gerap-
porteerd waarbij de gebruikelijke karakteristieken worden ge-
hanteerd (pag. 379).

Voor vergelijking met de ondervonden storing werd uiteindelijk de
äquivalenter Dauerlärmpegel \bar{Q} uitgekozen, die onderverdeeld werd in
trappen van 5 dB(A).

De oorspronkelijk gebruikte 5 stoorgraden werden door de onderzoekers als volgt samengevat

- I 0 = niet gestoord
- 1 = nauwelijks gestoord
- II 2 = gestoord
- III 3 = sterk gestoord
- 4 = ondraaglijk gestoord

Een samenstelling van de grafieken van figuur 15 wordt gegeven in tabel 10 waarin de storing bij hoofdarbeid overdag vermeld is en de slaapstoring 's nachts bij open en gesloten ramen, gerelateerd aan de äquivalenter Dauerlärmpiegel \bar{Q} .

De onderzoekers zijn van mening hiermede in staat te zijn aan de hand van uit dB(A) metingen berekende \bar{Q} de te verwachten storing te voorspellen.

Wij hebben getracht de gegevens uit tabel 10 en uit tabel 1 op pag. 187 in Noise 2000 zodanig in een grafiek weer te geven dat het resultaat nl. de storing als functie van het geluid vergeleken kan worden met de uitkomsten van andere onderzoekers (zie figuur A4).

Tenslotte hebben de Oostenrijkse onderzoekers getracht de straattypen in te delen met betrekking tot lawaai-belasting en storing. Dit mondt uit in een tabel waarin voor verschillende straatentypen is aangegeven \bar{Q} en de mate van storing. Tenslotte geven zij grenskurven voor de gebiedsindeling naar Grundgeräuschpegel.

Eén en ander is uitgewerkt in de bijdrage voor het congres Noise 2000 (Groningen 1970): Lärmschutz im Städtebau door F. Bruckmayer, pag. 185 t/m 194.

2.2.4 Onderzoek in Zweden verricht

In Zweden (ref. 5) is in 1966/1967 een onderzoek ingesteld naar de hinder die in woongebieden ondervonden wordt van lawaai van hoofd-(verkeers)wegen.

Het onderzoek werd uitgevoerd door het National Swedish Institute for Building Research en het National Swedish Institute of Public Health.

Hoofddoel van het onderzoek was een empirische basis te verkrijgen voor normen die de hoeveelheid expositie aan verkeerslawaai vaststellen die in woningen kan worden toegelaten.

Het streven daarbij was een algemeen verband vast te stellen tussen verkeerslawaai en de reactie van de mensen die er aan zijn blootgesteld.

Het bleek mogelijk een "dose and response curve" te construeren voor de expositie aan verkeerslawaai tussen 50 en 70 dB(A)"gemiddelde energie-waarde" per 24 uur (L_{eq}).

De onderzoekers merken op dat de verschillen in gevoeligheid voor lawaai blijkens hun studiemateriaal in geen enkel verband staan met de wegkarakteristieken en de onderzoekgebieden.

Zij concluderen daaruit dat de "dose and response curve" dus toegepast kan worden voor alle vormen van "housing development".

De voornaamste onderdelen van het onderzoek betreffen:

- het construeren van een hinderschaal die gebruikt kan worden om de reacties op verkeerslawaai te meten;
- het construeren van een schaal die gebruikt kan worden om de mate van expositie aan lawaai te meten;

De gebieden waren zo gekozen, dat ze systematisch varieerden naar:

- voorkomen van zwaar vrachtverkeer
- snelheidsbeperking op de weg
- afstand tot de weg
- afscherming van de weg
- grootte van het gebied
- type van de bebouwing

In eerste instantie werden 59 stedelijke gebieden uitgekozen: per gebied werden 8 mensen ondervraagd, telkens 4 mannen en 4 vrouwen, waarvan er steeds twee in de leeftijdscategorie 21-45 jaar en in de categorie 46-75 jaar vielen. De ondervraagde personen moesten minstens 18 maanden in hun tegenwoordige woning wonen.

In tweede instantie werden 5 gebieden in de nabijheid van autosnelwegen bij Stockholm en Gothenburg uitgekozen; in elk gebied werden 50 personen ondervraagd.

In totaal bleken de antwoorden van 664 respondenten geschikt voor bewerking.

De enquête geschiedde onder de dekmantel van een onderzoek naar algemene woonomstandigheden.

Er bleek een verband te bestaan tussen de attitude t.a.v. verkeerslawaai en de mate van ondervonden hinder. Respondenten die meer gestoord werden hadden ook een meer negatieve houding t.a.v. verkeerslawaai dan zij die minder gestoord werden. Ze beschouwden zichzelf ook als gevoeliger voor lawaai in het algemeen.

De resultaten van deze enquête hebben duidelijk aangetoond dat "fysische factoren" alleen niet voldoende zijn om de mate van hinder door verkeerslawaai te voorspellen en men heeft kunnen vaststellen dat bij voorspelling van reacties, zowel fysische als psychologische factoren in beschouwing moeten worden genomen. Als voorbeeld worden twee gebieden gegeven met resp. een lawaaibelasting van 58 en 63 dB(A), terwijl in het gebied met de hoogste lawaaibelasting slechts half zo veel spontane klachten waren (34% tegen 68%). Als verklaring wordt gegeven dat het tweede gebied ondanks een hogere lawaaibelasting een zeer attractief woongebied is en dat de respondenten daarom geneigd zijn verkeerslawaai minder als een probleem te zien.

Als lawaaibelasting en hinderreacties in een onderling verband moeten worden uitgedrukt, moeten beiden in numerieke waarden kunnen worden aangegeven.

De hindermaat is opgebouwd uit 3 dimensies:

- het voorkomen van hinder
- de intensiteit van de hinder
- de frequentie van de hinder

Er bleek een duidelijke correlatie tussen de intensiteit van de hinder en de frequentie van de hinder. De mate van hinder wordt mede bepaald onder invloed van het subjectieve belang dat het individu hecht aan de specifieke lawaai-expositie in relatie tot andere hinder. Er bleek een sterke correlatie tussen de "binnenshuis" en de "buitenshuis" beleving van lawaai: iemand die zichzelf binnenshuis gestoord

voelt heeft buitenshuis dezelfde ervaring.

Om inzicht te krijgen in de relatie tussen ondervonden hinder en opvatting die de mensen hebben over mogelijke effecten van lawaai op de gezondheid werden twee soorten vragen gesteld:

- welke van de volgende symptomen kunnen naar uw mening een gevolg van lawaai zijn: vermoeidheid, hoofdpijn, duizeligheid, slapeloosheid, nervositeit, hartkloppingen, misselijkheid?
- zou u zeggen dat het lawaai uw gezondheid aangetast heeft?

Als mogelijke gevolgen van verkeerslawaai werden in de eerste plaats genoemd slapeloosheid en nervositeit, gevolgd door hoofdpijn.

Voor het gehele materiaal geldt dat mensen die geen enkel symptoom genoemd hebben, niet door verkeerslawaai worden gestoord.

Door 7,5% van de 664 respondenten werd opgemerkt dat het lawaai een nadelige invloed op hun gezondheid heeft; voor de groep sterk gestoorden (n = 136) was dit percentage 15%.

De correlatie tussen de hinderindex en het verkeerslawaai is hoog en loopt voor de verschillende expositie coëfficiënten van 0,81 tot 0,96. De Zweedse onderzoekers vinden een hoge correlatie tussen "dose" en "response" in het interval 50-70 dB(A) gemiddeld energieniveau per 24 uur. (L_{eq}) (zie figuur A 5)

De woongebieden waar het onderzoek werd uitgevoerd waren gelegen bij autowegen met zwaar, intensief verkeer.

De dose-response curve is weergegeven in fig. 12 (pag. 73). Aangegeven is de relatieve frekwentie van ondervraagde personen (dus in %) die werden gestoord (indexwaarde 6-11) en erg gestoord (indexwaarde 11) als functie van de graad van expositie, uitgedrukt in de gemiddelde energie waarde per 24 uur geregistreerd in dB(A) en gecorrigeerd voor afstand en afscherming (zie figuur B).

Vermeldenswaard is nog dat een vergelijkend onderzoek in Ferrera in Italië heeft plaatsgevonden. Het gemiddeld lawaainiveau was in Italië hoger dan in Zweden. Maar in Stockholm werd meer hinder ondervonden dan in Ferrera (61% resp. 49%).

Maar het verschil in percentage "erg gehinderd" was niet statistisch significant (23% resp. 21%).

Mogelijk zijn er nationale verschillen in tolerantie m.b.t. verkeerslawaai zegt Kryter.

(Karl D. Kryter: The Effect of Noise on Man, 1970, New York and London, Academic Press).

2.2.5 Onderzoek in Japan verricht

Tenslotte nog een enkele opmerking over een Japans onderzoek (ref. 7, ook vermeld in ref. 4, pag. 15).

Het betreft hier een onderzoek in een experimentele situatie.

10 Proefpersonen moesten gereproduceerd verkeerslawaai beoordelen op een hinderschaal van 0-5 (0 = geen hinder; 5 = ondraaglijke hinder).

De hinderscore liep op van 1-4 (nauwelijks hinder tot erge hinder (erg onprettig)) als het lawaai toenam van 48 tot 78 dB(A).

2.3 Samenvatting en conclusies

Met Kryter kan men zeggen dat er geen eenvoudige verklaring is voor de verschillen tussen onderzoeken hetzij in laboratoria, hetzij in feitelijke (natuurlijke) situaties, anders dan systematische verschillen in de interpretatie door proefpersonen of geïnterviewden van de betekenis van de woorden (begrippen) die gebruikt worden in de verschillende schalen en natuurlijk mogelijke verschillen in feitelijke gemiddelde tolerantie die de verschillende groepen personen t.o.v. lawaai hebben.

Wij hebben getracht de voornaamste bevindingen van de hierboven gereleveerde onderzoeken bijeen te brengen in een aantal figuren. Daarbij hebben we de volgende onderscheidingen aangebracht.

1. In de eerste plaats hebben we de hinder als functies van de lawaaibelasting, zoals die in de verschillende hinderschalen tot uiting komt met elkaar vergeleken (zie figuur A).
2. In de tweede plaats hebben wij het percentage gestoorden en het percentage erg gestoorden (gehinderden) voor de verschillende onderzoeken vergeleken als functie van de lawaaibelasting (zie figuur B).

3. In de derde plaats hebben wij de slaapstoring en de gesprekstoring als functie van lawaaibelasting (ev. hinderscore) voor zover die bij de verschillende onderzoeken zijn aangegeven, vergeleken.
4. In de vierde plaats hebben wij nagegaan welke kritische lawaaibelasting door de verschillende onderzoekers werden vermeld.

ad 1.

In figuur A hebben wij voor de door ons bestudeerde onderzoeken aangegeven de hinder als functie van de lawaaibelasting.

De aangegeven regressielijnen zijn hetzij uit de betreffende publicatie overgenomen, hetzij uit door vermelde gegevens afgeleid.

De lawaaibelasting is aangegeven in L_{eq} dB(A).

In een aantal gevallen was het noodzakelijk de door de onderzoekers gebruikte maat L_{50} om te rekenen in L_{eq} volgens een benaderingsformule

$$L_{50} = 1,252 L_{eq} - 20,95$$

De hinderschalen zijn zodanig op de y-as aangegeven, dat de schaaluiteinden samenvallen en de verschillende schaalwaarden voor alle onderzoeken in gelijke intervallen zijn aangegeven.

In werkelijkheid zullen de intervallen niet gelijk zijn, maar we hebben aan deze presentatie de voorkeur gegeven boven een relatieve procentuele hinderscore omdat daarin de gebruikte schaal niet is af te lezen.

Bij beschouwing van deze figuur krijgt men toch de indruk dat er enige overeenstemming is tussen de in de verschillende onderzoeken

verkregen resultaten, met name als men bedenkt dat sommige betrekking hebben op stedelijk verkeerslawaaai, andere op lawaaai van autosnelwegen.

Zo is er ons inziens grote overeenstemming in de ontevredenheid als functie van de lawaaibelasting tussen het onderzoek van Griffiths en Langdon en dat van Aubrée, Auzou en Rapin

(Fig. A: 1 en 2).

De storing uitgedrukt als functie van het geluid zoals in het Oostenrijkse onderzoek is aangegeven (Fig. A: 4) past ons inziens heel goed in het beeld dat

in het engelse en het franse onderzoek verkregen is.

Stoorgraad 1 ligt bij 47 dB(A) (nauwelijks gestoord) (open ramen?), stoorgraad 3 (sterk gestoord) ligt bij ca. 75 dB(A). De engelse ontevredenheidsscore ligt dan bij ruim 5,5, de franse ontevredenheidsscore ligt dan bij 5.

Het schaal midden 4 van de ontevredenheidsschaal in het engelse onderzoek ligt bij een L_{eq} van 61 dB(A), in het franse onderzoek bij een L_{eq} van 68 dB(A) en in het Oostenrijkse onderzoek (schaal midden 2) bij een L_{eq} van 60 dB(A).

Het schaal midden 5 (autoweglawaai) in het Zweedse onderzoek ligt bij een L_{eq} van 63 dB(A) terwijl schaal midden 5 van de hinderindex-schaal in het franse onderzoek ligt bij een L_{eq} van 71 dB(A). (fig. A: 5 resp. fig. A: 3).

Het schaal midden 5 in de hinderindex-schaal van het in 1964 door Bacelon van het CSTB uitgevoerde onderzoek langs autowegen bij Parijs ligt bij 71 dB(A). (fig. A: 6).

Het kritische gebied tussen nauwelijks gestoord en gestoord ligt globaal tussen de 50 en 65 dB(A). Hierover meer onder ad 4.

ad 2.

Wij hebben getracht te vergelijken het percentage gestoorde en het percentage sterk gestoorde voor de verschillende onderzoeken bij verschillende lawaai-belasting. Alleen in het Zweedse onderzoek van situaties bij autosnelwegen vindt men daarover directe informatie nl. in de in figuur 12 op pag. 73 van het Zweedse rapport vermelde dose-response curve. Deze figuur is hier weergegeven in fig. B. Wij hebben in de figuur ingetekend een door ons uit ref. 4 pag. 24 figuur 28 afgeleid gegeven; wij hebben berekend het percentage gestoorde (diegenen die op de ontevredenheidsschaal 4 en hoger scoorden) en het percentage sterk gestoorde (diegenen die op de ontevredenheidsschaal 6 en 7 scoorden). In het franse onderzoek (ref. 4) in stedelijke situaties zou (als men onze berekening zou accepteren) bij 60 dB(A) L_{eq} 39% gestoord zijn en 7% erg gestoord; bij 75 dB(A) L_{eq} zijn deze percentages 78% resp. 41%.

Ook uit het Oostenrijkse onderzoek hebben we gegevens hiervan kunnen afleiden, met name uit tabel 10 (pag. 380) ref. 5. Het percentage gestoorden is hier bij 60 dB(A) L_{eq} (open ramen overdag) ca. 90 % het percentage sterk gestoorden ca. 65% het betreft hier stedelijke situaties.

Conclusies zijn hieruit niet te trekken.

ad 3.

Vervolgens hebben wij getracht slaapstoring en gesprekstoring als functie van de lawaaielasting bij de verschillende onderzoeken te vergelijken.

Wij vonden hierover de volgende gegevens.

Wat betreft slaapstoring:

In het engelse onderzoek (ref. 1) is in fig. 6 (pag. 13) vermeld het percentage ondervraagden dat wakker wordt van straatlawaai als functies van de ontevredenheidsscore (stedelijke situaties).

ontevredenheidsscore	1	2	3	4	5	6
% slaapstoring (geschat uit figuur)	20%	25%	35%	65%	75%	75%
L_{50} dB(A)			44dB(A)	56dB(A)	68dB(A)	80dB(A)

Het franse onderzoek (ref. 4) vermeldt in figuur 37 (pag. 27) van die ondervraagden die vaak + heel vaak in hun slaap worden gestoord het percentage dat die storing wijt aan verkeerslawaai.

L_{50} dB(A)	57dB(A)	60dB(A)	70dB(A)	75dB(A)
% vaak + heel vaak gestoord	10%	35%	42%	73%

Ook in het oostenrijkse onderzoek (ref. 5) zijn gegevens omtrent slaapstoring te vinden. Ze zijn gesplitst in gestoord (g) en sterk gestoord (s.g.) en worden gegeven bij open ramen en bij gesloten ramen. (tabel 10, pag. 380 en afb. 15, pag. 379).

Slaapstoring

L _{eq}	20-25dB(A)	25-30dB(A)	30-35dB(A)	35-40dB(A)	40-45dB(A)	45-50dB(A)	50-55dB(A)	55-60dB(A)
	g. s.g.	g. s.g.	g. s.g.	g. s.g.	g. s.g.	g. s.g.	g. s.g.	g. s.g.
open ramen	26% 0%	50% 24%	69% 42%	83% 52%	96% 53%	- -	- -	- -
gesloten ramen	0% 0%	0% 0%	26% 0%	46% 36%	65% 56%	82% 70%	94% 76%	100% 76%

De drie bovengenoemde onderzoeken hebben betrekking op stedelijke situaties.

Het franse onderzoek naar hinder van verkeerslawaai van autosnelwegen (ref. 3) vermeldt de volgende percentages slaapstoring (afgeleid uit fig. 2, pag. 5).

lawaainiveau	55dB(A)	60dB(A)	65dB(A)	70dB(A)
L ₅₀				
% slaapstoring	25%	35%	40%	60%

Voor een verdere beschouwing zij verwezen naar het stuk:
de invloed van verkeerslawaai op de slaap.

Over gesprekstoring werden gegevens gevonden in beide franse onderzoeken en wel in de vorm van het percentage ondervraagde personen dat bij een bepaald lawaainiveau de ramen dicht doet.

Uit het onderzoek in stedelijke situaties (ref. 4) is af te leiden dat:

bij 60 dB(A)L₅₀ 30% de ramen dicht doet

bij 70 dB(A)L₅₀ 75% de ramen dicht doet

Uit het onderzoek langs autosnelwegen (ref. 3) is af te leiden dat:

bij 55 dB(A)L₅₀ 20% de ramen dicht doet

bij 60 dB(A)L₅₀ 30% de ramen dicht doet

bij 70 dB(A)L₅₀ 90% de ramen dicht doet

In de experimentele situaties van het japanse onderzoek werd de storing van de articulatie nagegaan bij verschillende lawaainiveaus.

Deze was als volgt:

lawaainiveau	48,5 dB(A)	58,5 dB(A)	68,5 dB(A)	78,5 dB(A)
% articulatiestoring	40%	63%	82%	98%

ad 4.

Tenslotte hebben wij nagegaan welke kritische lawaabelastingen door de verschillende onderzoekers werden vermeld, welke normwaarden werden opgegeven en hoe één en ander gemotiveerd wordt.

Zweeds onderzoek:

De zweedse onderzoekers (ref. 6) vermelden op pag. 72/73 naar aanleiding van hun in fig. 12 op pag. 73 weergegeven dose-response curve, dat op het niveau van 59 dB(A), hetgeen de normwaarde is die wordt aanbevolen in "Noise and Town Planning", 39% zegt gestoord te zijn en 28% zegt erg gestoord (gehinderd) te zijn.

De in 1956 in Zweden uitgevoerde studie over vliegtuiglawaai stelde voor dat de norm zou worden vastgesteld op het niveau waarbij 20% erg gehinderd zou worden. In het zweedse onderzoek over verkeerslawaai is dat zo bij een niveau van 54 à 55 dB(A) buiten de ramen, hetgeen correspondeert met een binnenniveau van 31 dB(A).

Engels onderzoek:

De engelse onderzoekers Langdon en Scholes (ref. 2) vinden $74 \text{ TNI} \approx 65 \text{ dB(A)}_{L_{eq}}$, een redelijke norm van aanvaardbaarheid in huidige stedelijke situaties.

Zij vonden een hoge correlatie tussen de algemene ontevredenheidsschaal en specifieke klachten, maar de specifieke klachten correleren niet allemaal even goed met de lawaabelasting.

Daarom stellen de engelse onderzoekers de ontevredenheidsschaal voor als grondslag voor een controle criterium voor verkeerslawaai.

Frans onderzoek:

Het onderzoek langs autosnelwegen (ref. 3) legt de kritische waarde

voor de hinder tussen 60 en 65 dB(A) L_{50} .

Zoals reeds bij de bespreking van dit onderzoek werd vermeld, vertoont de dose-response curve een duidelijke hindertoename vanaf 62 à 64 dB(A) L_{50} .

Het onderzoek in stedelijke verkeerssituaties (ref. 4) vermeldt dat in het gebied L_{50} 55 à 60 dB(A) vóór de gevel de hinder zwak is. Men vermeldt 60 dB(A) als grenswaarde waarboven het aantal mensen, dat zegt in hun slaap door verkeerslawaai gestoord te worden, snel stijgt.

Oostenrijks onderzoek:

In dit onderzoek in stedelijke situaties wordt de kritische lawaai-belasting gelegd bij 57 dB(A).

Als kritisch gebied wordt beschouwd 52 dB(A) à 57 dB(A) (L_{eq}); in dit gebied vindt scherpe overgang plaats van meer dan de helft van de ondervraagden ongestoord, naar meer dan de helft van de ondervraagden gestoord.

2.4 Slotopmerkingen

G. Blachère (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) is van mening dat men in het algemeen kan stellen dat het geluidniveau niet mag uitkomen boven:

25 à 30 dB(A) voor de slaap

30 à 35 dB(A) voor rusten overdag

35 à 40 dB(A) voor hoofdarbeid

40 à 45 dB(A) voor huishoudelijk werk

F.J. Langdon (Building Research Station) vindt deze eisen wat te streng.

Bij het opstellen van normen of aanbevelingen mogen geen compromissen gesloten worden.

De grenswaarden moeten geformuleerd worden op grond van gezondheids-eisen.

Het is aan de beleidsorganen om eventueel - gemotiveerd - af te wijken van de normen.

Daartoe moet het beleid zo goed mogelijk voorzien worden van gegevens op grond waarvan zij de consequenties van die afwijkingen kunnen overzien.

Hierbij dient men rekening te houden met lawaaigevoelige personen die reeds een tamelijk hoog hinderniveau hebben bij een heel gematigd lawaainiveau (zie referentie 11). Lawaai ongevoelige personen gaan het lawaai pas hinderlijk vinden als het al een tamelijk hoog niveau bereikt heeft. Bijgaande figuur moge één en ander verduidelijken. (Zie figuur C).

Het is de categorie lawaaigevoelige mensen die in de eerste plaats beschermd moeten worden tegen lawaai-overlast.

Het zou aanbeveling verdienen, evenals dat reeds rond Schiphol gebeurt m.b.t. vliegtuiglawaai, te trachten meer inzicht te krijgen in de effecten op lange termijn die door te veel verkeerslawaai worden veroorzaakt (slaapstoring, angst, gebruik van slaapmiddelen). Deze effecten kunnen andere oorzaken hebben, gelegen in de persoonlijke sfeer of in de sfeer van het dagelijkse werk, maar men mag een verband met de lawaaisituatie niet bij voorbaat uitsluiten. Dat slaapstoring optreedt als gevolg van verkeerslawaai is trouwens overduidelijk aangetoond.

In Applied Acoustics, Vol. 6, no. 3. July 1973, (pag. 219-232) staat een lezenswaardig artikel "Are our noise laws adequate?" van de auteurs M.E. Bryan en W. Tempest.

De auteurs hechten weinig betekenis aan het begrip gemiddelde persoon. Dat betekent dat criteria voor lawaai controle ontoereikend zijn omdat ze voor een groot aantal mensen niet de gewenste bescherming bieden.

Niet alleen is er een grote spreiding in de mate van hinder veroorzaakt door lawaai, maar ook toont de bevolking heterogeniteit in de aard van haar reacties.

Er schijnen in dit opzicht tenminste twee typen mensen te zijn: het ene type leert te leven met lawaai en past zich er in zijn gedrag patroon in zekere mate bij aan; het andere type wordt er meer en meer door gestoord, is gevoelig voor lawaai.

Individuele eigenschappen en omstandigheden kunnen van meer invloed zijn bij de voorspelling van de reactie op lawaai dan de aard van het lawaai zelf.

Het feit dat mensen zozeer verschillen in hun reacties op lawaai en in hun gevoeligheid voor lawaaihinder duidt al aan dat verschillende gedragspatronen zullen optreden.

Het is noodzakelijk vast te stellen welke factoren het gedrag beïnvloeden en de gevoeligheid voor lawaai bepalen.

Griffiths en Langdon zijn de mening toegedaan dat bij het vaststellen van normen zowel met lawaaigevoelige mensen als met "gemiddelde" mensen rekening moet worden gehouden. In feite houdt de TNI evenals andere lawaaicriteria niet veel rekening met zeer lawaaigevoelige mensen.

Volgens Robinson (vermeld in het artikel van Bryan en Tempest) moeten de volgende algemene punten met betrekking tot aanvaardbaarheids-criteria steeds in gedachten worden gehouden:

1. de criteria voor aanvaardbare reacties uit de bevolking berusten uiteindelijk op arbitraire beslissingen van sociaal-politieke aard en kunnen daarom niet verkregen worden door loutere berekening.
2. een schijnbaar redelijke beslissing (1) is geen noodzakelijke garantie dat bepaalde mensen niet in ontoelaatbare mate gehinderd worden (of deze invloed nu van directe of van indirecte aard is), i.v.m. de grote variatie in individuele tolerantie.

Met betrekking tot de homogeniteit van de bevolking kan het volgende worden opgemerkt:

1. er is een grote variatie in gevoeligheid voor geluidhinder
2. de individuele hinder correleert slecht met het lawaainiveau
3. de huidige hindercriteria die gebaseerd zijn op gemiddelde gegevens zijn slechte voorspellers van individuele hinder en geven slechts een indicatie van het percentage van de bevolking dat vermoedelijk gestoord wordt bij een bepaald niveau.

4. onderscheiden gedragspatronen kunnen zich ontwikkelen als resultaat van de lawaai-expositie en dit wijst erop dat de bevolking niet als een homogene groep kan worden behandeld.
5. er is geen informatie beschikbaar over de variatie in individuele gevoeligheid voor lawaai. Individuele lawaaihinder functies vergelijkbaar met individuele luidheidsfuncties zijn tot nog toe niet tot stand gebracht.

Wat dit laatste punt betreft, geven Naomi M. Moreira en M.E. Bryan in hun artikel Noise Annoyance Susceptibility (Journal of Sound and Vibration (1972) 21(4)(449-462) aan dat het type mens dat gevoelig is voor lawaai vermoedelijk een hoog niveau van empathy (medegevoel met andere mensen) vertoont, creatief is, en een hoog intellectueel niveau heeft.

Met Broadbent verwerpen deze onderzoekers de mening dat neuroticisme op enigerlei wijze de gevoeligheid voor hinder van lawaai zou bepalen.

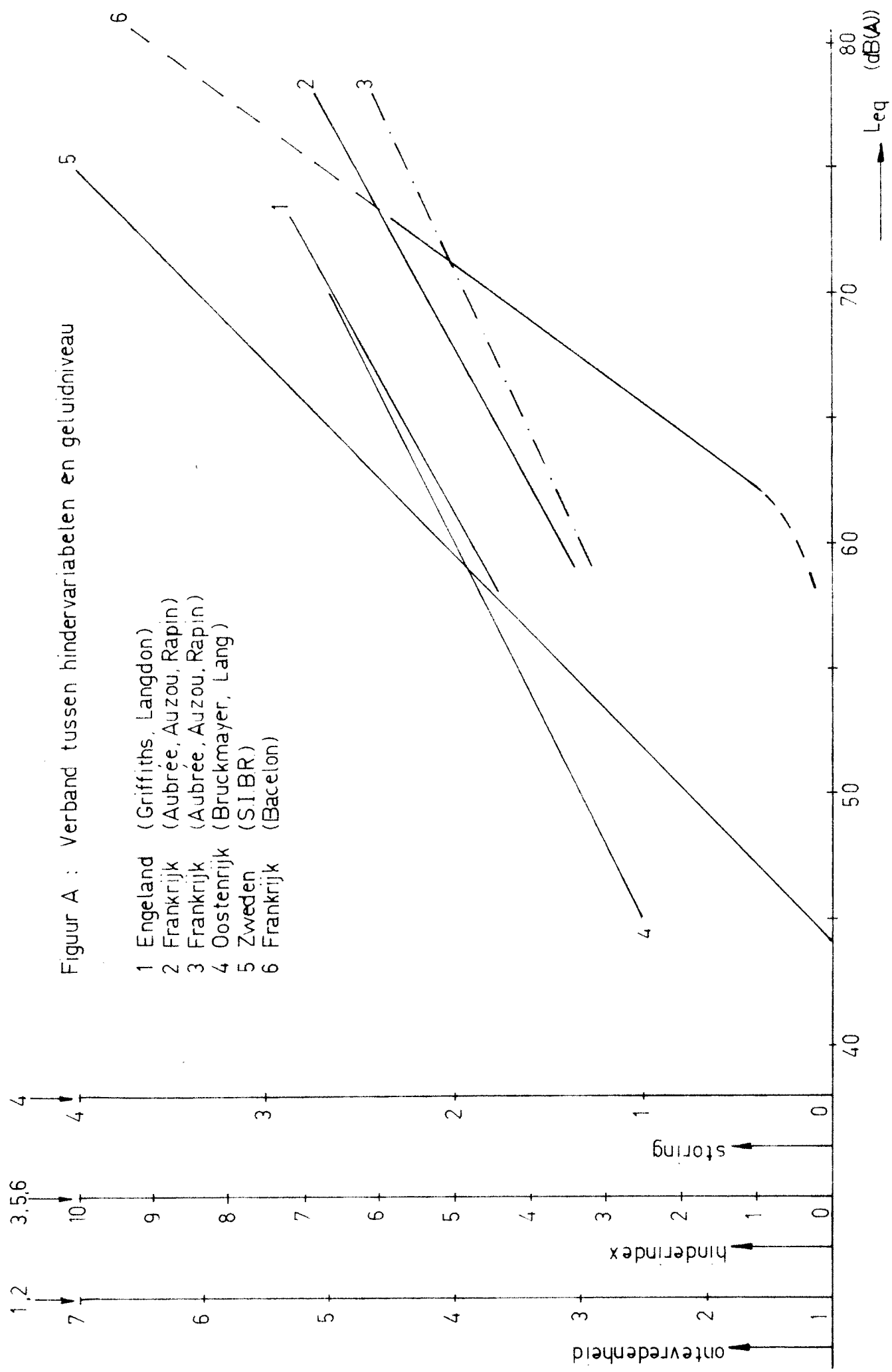
Er is een duidelijke behoefte aan een meer gedetailleerde studie over de invloeden van de lawaaihinder, met name over de invloed op de gezondheid van de lawaai-gevoelige mens, die misschien voor lange periodes onder grote stress leeft.

Tenslotte is er een behoefte aan voorlichting om in wijdere kring bekend te maken, zowel aan het grote publiek als aan de planologen en wetenschapsmensen die zich met lawaai controle bezighouden, dat gevoeligheid voor lawaai een heel normale menselijke eigenschap is.

LITERATUUR

- [1] Griffiths, J.D. and Langdon, F.J., Subjective response to road traffic noise, Building Research Station, april 1968.
- [2] Langdon, F.J. and Scholes, W.E., The traffic noise index: a method of controlling noise nuisance, Building Research Station, april 1968.
- [3] Bacelon, M., La gêne due au bruit de la circulation automobile; une enquête auprès de riverains d'autoroutes, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, cahier 762, octobre 1967.
- [4] Aubrée, D., Auzou, S. et Rapin, J.M., Le bruit des rues et la gêne exprimée par les riverains, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, cahier 1174, avril 1973.
- [5] Bruckmayer, F. und Lang, J., Störung der Bevölkerung durch Verkehrs-lärm, Wien 1967.
- [6] Traffic noise in residential areas; study by the National Swedish Institute for Building Research and the National Swedish Institute of Public Health, Stockholm 1968.
- [7] Kitamura, O., Sasaki, M. and Saito, M., On judging the noise from high speed roads, Reports of the 6th International Congress on Acoustics, Tokyo, 1968.
- [8] Botsford, J.H., Using sound levels to gauge human response to noise, Sound and Vibration, 3(10), 1969, pp. 16-28.
- [9] Reinhold, G., Grösse zur Kennzeichnung der Lärmsituation an Strassen, Fortschr.-Ber. VDI-Z, Reihe 11, Nr. 8, Aug 1970.
- [10] Bryan, M.E. and Tempest, W., Are our noise laws adequate?, Applied Acoustics, Vol. 6, no. 3, july 1973, pp. 219-232.
- [11] Moreira, N.M. and Bryan, M.E., Noise annoyance susceptibility, Journal of Sound and Vibration, 21(4), 1972, pp. 449-462.
- [12] Parkin, P.H., On the accuracy of simple weighting networks for loudness estimates of some urban noises, Journal of Sound and Vibration, 2(1), 1964, pp. 86-88.

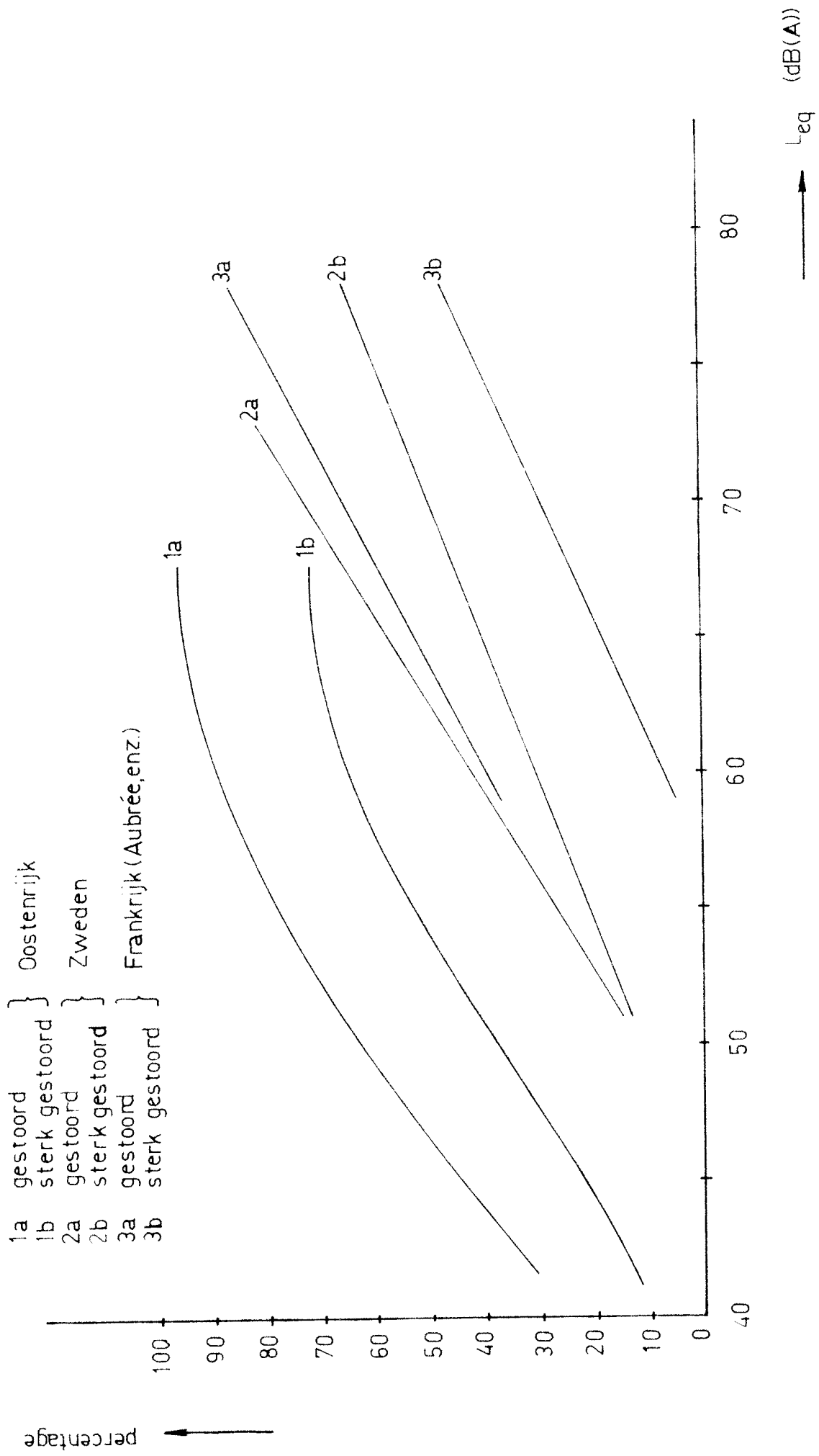
- [13] Hillquist, R.K., Objective and subjective measurement of truck noise, *Sound and Vibration*, 1(4), 1967, pp. 8-13.
- [14] Schultz, T.J., *Community Noise Ratings*, Applied Acoustics, Supplement No. 1, Applied Science Publishers Ltd., London, 1972.



Figuur A : Verband tussen hindervariabelen en geluidniveau

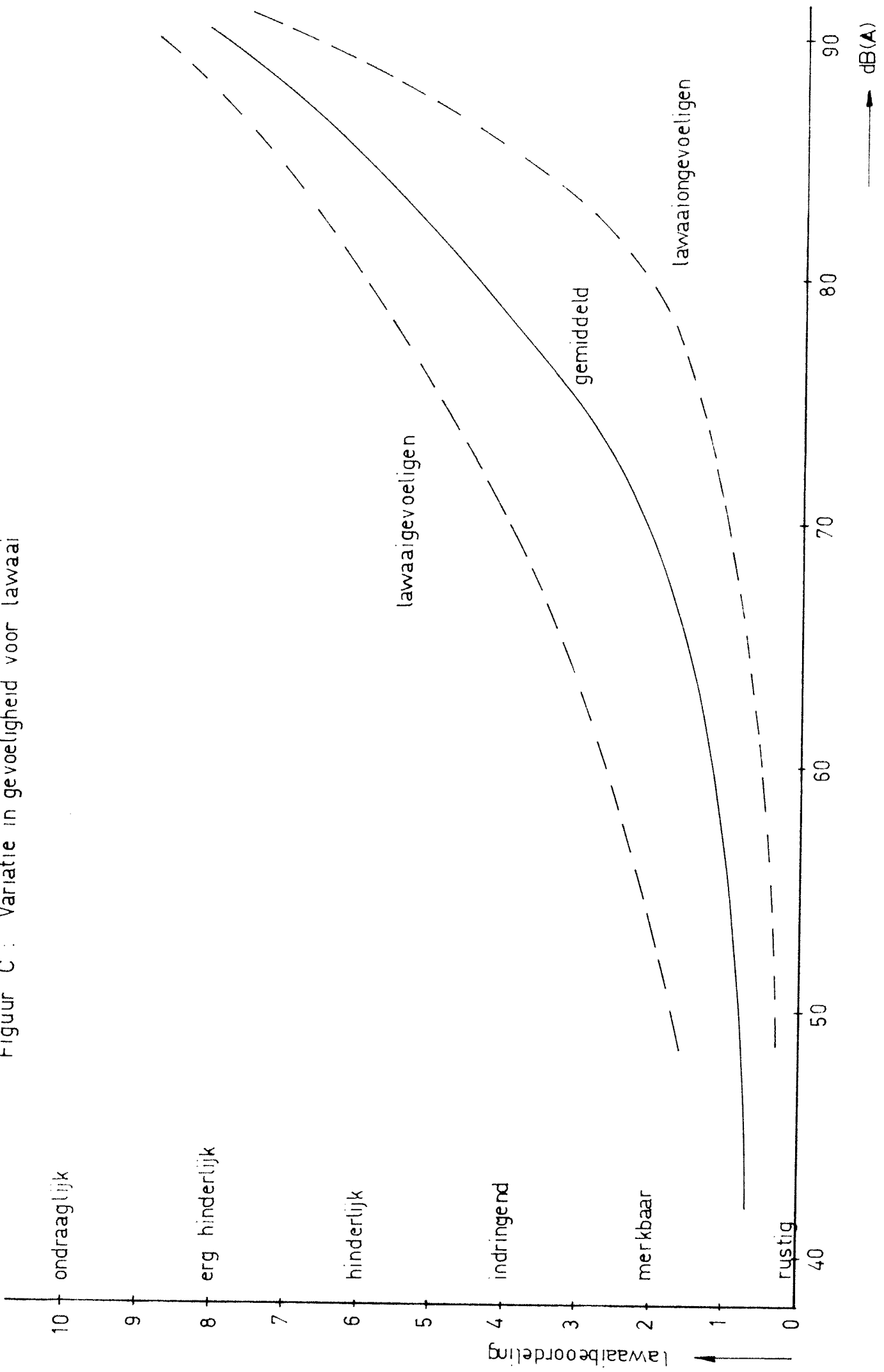
- 1 Engeland (Griffiths, Langdon)
- 2 Frankrijk (Aubree, Auzou, Rapin)
- 3 Frankrijk (Aubree, Auzou, Rapin)
- 4 Oostenrijk (Bruckmayer, Lang)
- 5 Zweden (S.I.B.R)
- 6 Frankrijk (Bacelon)

Figuur B : Percentage gestoorden en sterk gestoorden als functie van het geluidniveau





Figuur C : Variatie in gevoeligheid voor lawaai



10 + ondraaglijk

9

8 + erg hinderlijk

8

6 + hinderlijk

6

4 + indringend

4

2 + merkbaar

2

0 + rustig

0

lawaai beoordeeling

40

50

60

70

80

90

dB(A)

