

Fig. 25 A-gewogen geluidexpositieniveau van even hinderlijke roze ruis als functie van het aan de gevel optredende A-gewogen geluidexpositieniveau van diverse binnenshuis (met gesloten ramen) beoordeelde knallen. Gebaseerd op gegevens van Meloni en Rosenheck (1995).

#### 4.6.3 Nederlandse studies

In een door TNO-TM uitgevoerd laboratoriumexperiment werd de hinder van een groot aantal verschillende knaltypen, afkomstig van diverse vuurwapens variërend in kaliber van 7.62 mm tot 155 mm, onderzocht (Vos, 1996a, 1996b). In §2.2 is al aangegeven dat de resultaten lieten zien dat in de conditie met "geopende ramen" de hinder van de knallen vrijwel geheel door het buiten aan de gevel geldende ASEL werd bepaald. Ook in de conditie met "gesloten ramen" werd de binnen beoordeelde hinder veel beter door het buitenshuis bepaalde ASEL dan door het buitenshuis bepaalde CSEL verklaard.

In Figuur 26, waarin voor acht van de veertien onderzochte knaltypen de gemiddelde binnenshuis beoordeelde hinder als functie van het aan de gevel bepaalde ASEL [Fig. 26(a)] of CSEL [Fig. 26(b)] is uitgezet, is dit duidelijk te zien.

De belangrijkste conclusie van het experiment was echter dat in de conditie met "gesloten ramen" de hinder nog aanmerkelijk beter kon worden voorspeld indien beide prediktoren werden gebruikt. Door toevoeging van CSEL als tweede predictor steeg de verklaarde variantie in de gemiddelde hinderscores van 85% naar 97%.

In Hoofdstuk 1 werd gesteld dat de hinderrelevante geluidbelasting van schietgeluid bij voorkeur wordt uitgedrukt in de geluidbelasting van even hinderlijk wegverkeer. Voor het berekenen van deze geluidbelasting is het nodig te beschikken over de bijdrage,  $L_s$ , van de individuele knallen. Uit de in Vos (1996a, 1996b) gerapporteerde experimentele resultaten blijkt dat deze bijdrage wordt gegeven door  $L_s = L_{AE} + \beta(L_{CE} - L_{AE})(L_{AE} - \alpha) + 12$  dB. De tweede term  $\beta(L_{CE} - L_{AE})(L_{AE} - \alpha)$  houdt in dat 1) de hinder van het schietgeluid toeneemt met de "zwaarte" van de knal ( $L_{CE} - L_{AE}$  is klein voor geluiden met relatief weinig laagfrequente

energie, zoals de knallen van pistolen en geweren, en groot voor geluiden met relatief veel laagfrequente energie, zoals de knallen van mortieren en houwitsers), en 2) dat de extra hinder ten gevolge van de zwaarte van de knal toeneemt met ASEL voor  $L_{AE} > \alpha$  en afneemt met ASEL voor  $L_{AE} < \alpha$ .

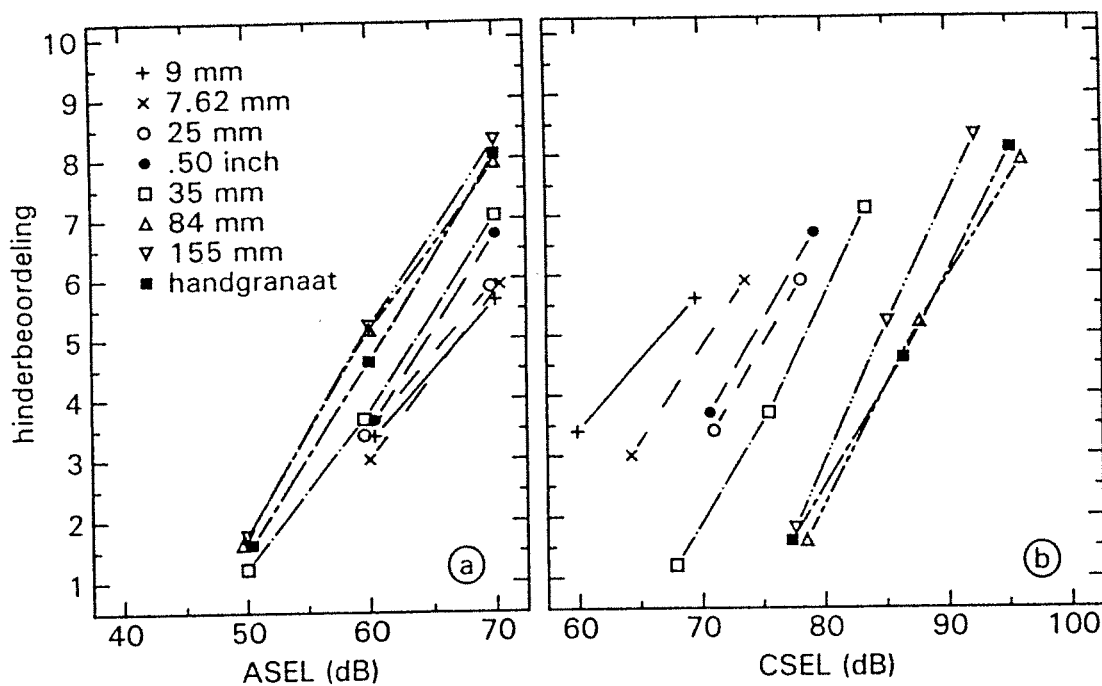


Fig. 26 Gemiddelde binnenshuis beoordeelde hinder met "gesloten ramen" voor acht knaltypen, als functie van (a) het aan de gevel bepaalde ASEL en (b) het aan de gevel bepaalde CSEL.

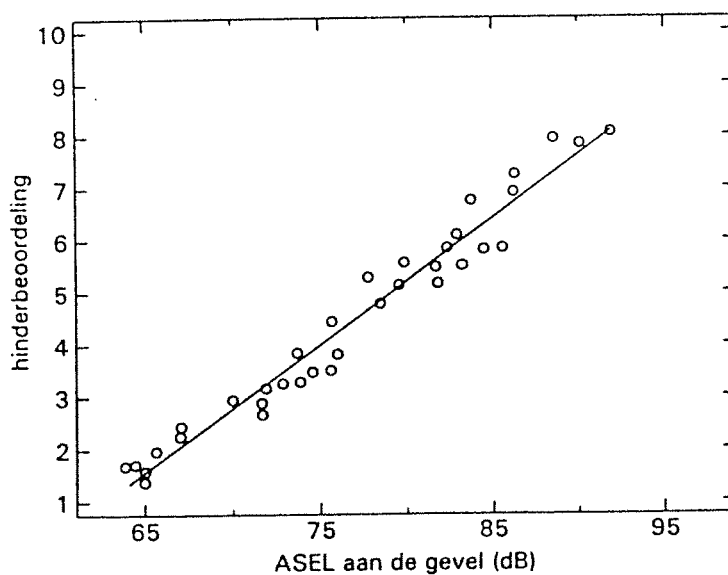


Fig. 27 Gemiddelde binnenshuis beoordeelde hinder voor 35 knallen die waren beoordeeld in de conditie met "gesloten ramen", als functie van het aan de gevel optredende ASEL van een even hinderlijke voertuigpassage. De doorgetrokken regressielijn verklaart 96% van de variantie in de gemiddelde hinderscores.

De relevantie van deze formule wordt geïllustreerd in Figuur 27. In deze figuur is voor alle 35 aangeboden knallen de binnenshuis beoordeelde hinder in de conditie met "gesloten ramen" uitgezet als functie van ASEL van even hinderlijk wegverkeersgeluid, zoals berekend met bovenstaande formule. Zoals verwacht is het verband tussen ASEL en de hinder zeer sterk ( $r^2 = 0.96$ ).

Op het belang van beide prediktoren was al eerder gewezen door collega's van het Institut für Lärmschutz (Krahé & Buchta, 1994; Buchta, 1996), terwijl met de eerder genoemde term  $\beta(L_{CE} - L_{AE})(L_{AE} - \alpha)$  ook de in bijvoorbeeld Figuren 24 en 25 getoonde interacties kunnen worden verklaard. In een vervolgonderzoek door TNO-TM werd bovendien zeer recentelijk aangetoond dat het voordeel van de tweede predictor optreedt voor een grote diversiteit aan gevelgeluidsisolatiekarakteristieken, variërend van heel laag tot zeer hoog (Vos, 1998).

#### 4.7 Conclusie

Ongeacht de verschillen tussen de in de diverse veldonderzoeken verkregen dosis-effectrelaties voor schietgeluid met relatief veel laagfrequente energie, werd in alle veldstudies gevonden dat de hinder hoger was dan de hinder die men bij een numeriek gelijke ADNL van wegverkeer zou verwachten. De onderlinge verschillen kunnen meer dan 10 dB bedragen en lijken gerelateerd te zijn aan de intensiteit van de schietoefeningen in de nachtperiode.

Uit de laboratoriumexperimenten blijkt dat bij gelijke aan de gevel gemeten ASEL-waarden de binnenshuis beoordeelde hinder van zware knallen groter is dan die van voertuigbewegingen of lichte knallen, en dat deze verschillen bovendien groter worden met een toenemend ASEL van de geluiden.

In absolute zin blijken de in de veldstudies gevonden verschillen in hinder tussen de zware knallen en het wegverkeersgeluid groter te zijn dan men op basis van de in de laboratoriumexperimenten gevonden dosis-effectrelaties zou verwachten.

## 5 DISCUSSIE

### 5.1 Correctie voor impulsgeluid met relatief weinig laagfrequente energie

In Hoofdstuk 3 hebben we gezien dat de resultaten van een vijftal veldstudies naar de geluidhinder van lichte vuurwapens wezen op een correctie van gemiddeld bijna 14 dB, met de hinder van wegverkeersgeluid als referentie. In de laboratoriumstudies werd voor een vergelijkbaar niveaubereik van het schiet- en wegverkeersgeluid een correctie van gemiddeld ca. 10 dB gevonden.

In de veldstudies werd de correctie zo goed mogelijk bepaald voor een criterium<sup>5</sup> van 33% "ernstig gehinderden". Indien voor een lager percentage "ernstig gehinderden" was gekozen was de correctie gemiddeld genomen iets groter geweest. Dit had de discrepantie tussen de veld- en laboratoriumresultaten overigens niet verder vergroot, omdat in ieder geval voor de in §3.2 besproken laboratoriumstudies de correctie eveneens toenam met een afnemend ALEQ van de geluiden.

De reden om uit te gaan van een relatief hoog percentage "ernstig gehinderden" was tweeledig. Ten eerste treedt bij dit criterium meestal al een duidelijk verband tussen de dosis en het effect op: de helling van de dosis-effectrelatie is bij dit criterium al vrij groot. Indien voor een criterium van 10% of 15% "ernstig gehinderden" was gekozen zou de betrouwbaarheid van de vergelijking kleiner, of zelfs vrijwel afwezig zijn geweest. Ten tweede is door het criterium bij een relatief hoog percentage "ernstig gehinderden" te leggen een gelijke beoordeling van de hinder van schiet- en wegverkeersgeluid in ieder geval in het belangrijkste deel van het immissiegebied gewaarborgd.

De resultaten van de veldstudies leidden dus tot een correctie die 4 dB groter was dan de correctie die geschat werd op basis van de resultaten van de laboratoriumexperimenten. Ofschoon het verklaren van dit verschil enigszins speculatief is, zullen we hier toch twee mogelijke oorzaken noemen. Beide oorzaken betreffen de bepaling van de relevante geluidsdosis.

In veldstudies is de kans dat het ALEQ van het schietgeluid wordt onderschat groter dan de kans dat het ALEQ wordt overschat. Een onderschatting van het jaargemiddelde ALEQ kan optreden indien tijdens de geluidsmetingen, die meestal overdag worden uitgevoerd, de (voor een maximale geluidsoverdracht) ongunstige gevolgen van een negatieve temperatuursgradiënt onvoldoende door de gunstige invloed van een positieve windgradiënt worden gecompenseerd. Deze onderschatting van het ALEQ van schietgeluid leidt tot een overschatting van de correctie.

In de laboratoriumstudies werden de geluiden gedurende een relatief korte periode aangeboden. In de instructies werd benadrukt dat men er bij de beoordeling van de geluiden vanuit moest gaan dat men de geluiden *regelmatig* thuis (in de huis- of werkkamer) hoorde. Tijdens de luistersessies werd een gedeelte van een bepaalde schietoefening gesimuleerd. In de praktijk komt schietgeluid vaak in clusters: af en toe wordt er flink geschoten, gevolgd door een periode van stilte. Het is onwaarschijnlijk dat de luisteraars hebben gedacht dat het schietgeluid, zoals in het laboratorium aangeboden, de gehele dag zo doorging. Indien dit zo is, is het niet correct het ALEQ alleen te baseren op het geluid tijdens de specifieke simulaties. Als het aangeboden geluid slechts in bijvoorbeeld de helft van de te beoordelen periode voorkomt, zou het feitelijke ALEQ 3 dB lager zijn. Een overschatting van ALEQ van schietgeluid leidt hier tot een onderschatting van de correctie.

Als beide genoemde effecten even groot zijn is de werkelijke correctie in zowel de veld- als de laboratoriumstudies gelijk aan 12 dB. Door te middelen over de correcties die uit het laboratorium- en veldonderzoek voortvloeiden werd in §3.4 reeds geconcludeerd dat voor de

---

<sup>5</sup> Overeenkomend met de door de Adviescommissie Geluidhinder voor Vliegtuigen (1967) aanbevolen grens van toelaatbare hinder.

geluidzoningering van schietgeluid afkomstig van lichte vuurwapens de toepassing van een correctie van 12 dB een goed uitgangspunt was.

## 5.2 Correctie voor impulsgeluid met relatief veel laagfrequente energie

In Hoofdstuk 4 hebben we gezien dat er sinds de vorige literatuurstudie zes nieuwe veldonderzoeken naar de hinder van artillerieschietgeluid zijn verschenen. Dit leidde tot vijf onafhankelijke dosis-effectrelaties, waarbij in alle gevallen de dosis in het C-gewogen dag-nachtniveau (CDNL), en het effect in het percentage "ernstig gehinderden" werd uitgedrukt. Door dit uitvoerige gegevensbestand is het niet langer noodzakelijk gebruik te maken van specifieke studies naar de hinder van supersone knallen (Borsky, 1965a, 1965b; Rylander e.a., 1972, 1974) of van andere kleinschalige veldstudies met een sterk experimenteel karakter (Webb & Warren, 1967).

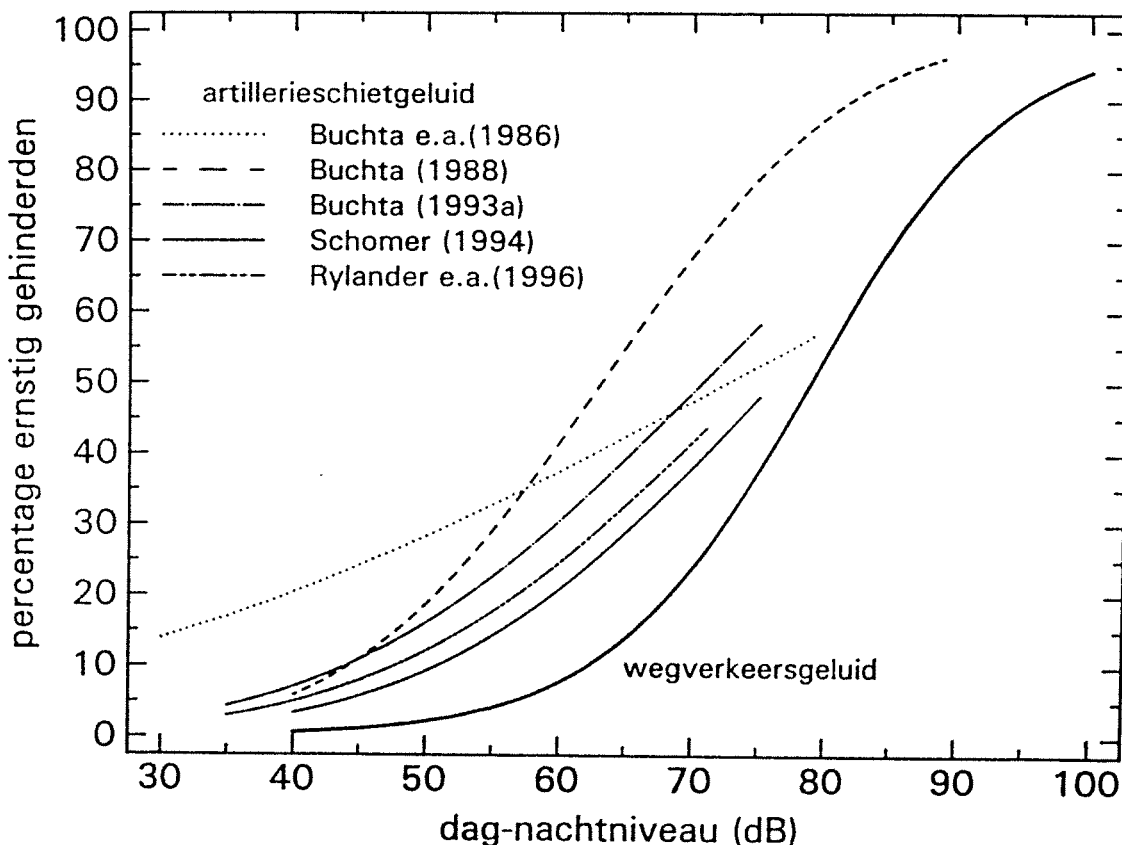


Fig. 28 Percentage "ernstig gehinderden" als functie van het C-gewogen dag-nachtniveau voor vijf veldstudies naar de hinder van artillerieschietgeluid. Als referentie is tevens de algemene dosis-effectrelatie voor wegverkeersgeluid opgenomen.

Figuur 28 laat deze dosis-effectrelaties nog eens zien. Als referentie is in deze figuur tevens de algemene dosis-effectrelatie voor wegverkeersgeluid opgenomen. Ofschoon we al op

diverse plaatsen in de huidige studie hebben benadrukt dat CLEQ en CDNL voor dit soort impulsgeluid geen bevredigende dosismaat is, is de in Figuur 28 gegeven informatie om diverse redenen interessant.

Allereerst blijken alle dosis-effectrelaties voor artillerieschietgeluid links van de dosis-effectrelatie voor wegverkeersgeluid te liggen. Ter verkrijging van ADNL van even hinderlijk wegverkeersgeluid (voor die landen die niet beschikken over ASEL van de individuele knallen in de immissiegebieden) moet dus zonder uitzondering een correctie op CDNL van het schietgeluid worden toegepast. Er is dus een grote discrepantie tussen de resultaten van het in §4.6.1 besproken veld-laboratoriumonderzoek en de in Figuur 28 getoonde resultaten. Gemiddeld over de vijf veldstudies zou deze correctie voor een criterium van 33% "ernstig gehinderden" 12 dB bedragen. Voor een schatting van de correctie in situaties waarin de nachtschietoefeningen een meer ondergeschikte rol spelen (CLEQ in de nachtperiode is tenminste 10 dB lager dan CLEQ in de dagperiode, of uit de enquêteresultaten is gebleken dat de hinder niet gedomineerd wordt door de nachtschietoefeningen) zouden we de resultaten van twee Duitse veldstudies (Buchta e.a., 1986; Buchta, 1988) buiten beschouwing kunnen laten. De gemiddelde correctie bedraagt dan ca. 9 dB.

Ten tweede blijkt de dosis-effectrelatie uit de Duitse veldstudie rondom o.a. de militaire oefenterreinen van Bergen en Munster (Buchta, 1993a) geen extreme positie in te nemen. Omdat in deze veldstudie voor dezelfde respondenten en met behulp van dezelfde soort vragen tevens een dosis-effectrelatie voor wegverkeersgeluid werd verkregen, kon de correctie voor het schietgeluid veel nauwkeuriger worden bepaald dan in de overige studies. Uit Figuur 15 is gebleken dat in die studie een correctie van ca. 4 dB voldoende lijkt. Deze correctie is 3 dB lager dan de gemiddelde correctie die voor de Amerikaanse (Schomer, 1994) en Zweedse (Rylander & Lundquist, 1996) veldstudies werd gevonden.

Bovenstaande observatie is belangrijk omdat voor de Duitse veldstudie rondom Bergen/Munster tot in detail de relevante emissiegegevens bekend zijn, waardoor het mogelijk is het door TNO-TM ontwikkelde hindermodel voor schietgeluid te valideren (zie o.a. §4.6.3).

## 6 CONCLUSIES

- 1 In verband met de voorspelbaarheid van de geluidhinder is de dosis van de individuele knal voldoende gekarakteriseerd door de SEL-maat die is gebaseerd op de in het signaal aanwezige energie.
- 2 Indien voor schietgeluiden met relatief weinig laagfrequente energie, zoals bijvoorbeeld de knallen van pistolen en geweren, alleen over ASEL wordt beschikt, kan de hinderrelevante geluidbelasting nog goed benaderd worden door het (buitenshuis bepaalde) A-gewogen jaargemiddelde geluidniveau waarbij een correctie van 12 dB is opgeteld.
- 3 Indien voor schietgeluiden met relatief veel laagfrequente energie, zoals bijvoorbeeld de zware knallen van houwitser 105, 155 en 203 mm, alleen over CSEL wordt beschikt zou de hinderrelevante geluidbelasting tot op zekere hoogte nog benaderd kunnen worden door het (buitenshuis bepaalde) C-gewogen jaargemiddelde dag-nachtniveau vermeerderd met

een correctie van ca. 5 dB. Indien veelvuldig in de nachtperiode wordt geoefend lijkt een grotere correctie noodzakelijk.

- 4 Uit diverse laboratoriumstudies is gebleken dat de hinderrelevante geluidbelasting bij voorkeur voor alle knaltypen, ongeacht de spectrale verdeling, bepaald dient te worden op basis van ASEL en CSEL, waarbij naast een constante van 12 dB de voorspelbaarheid op basis van ASEL nog aanzienlijk kan worden verbeterd door toevoeging van het gewogen produkt (CSEL-ASEL)ASEL. De formule ter bepaling van de bijdrage van één enkele knal,  $L_s$ , wordt gegeven door  $L_s = L_{AE} + \beta(L_{CE} - L_{AE})(L_{AE} - \alpha) + 12$  dB. Toepassing van deze procedure is niet alleen nauwkeurig maar ook zeer praktisch, omdat het schietgeluid niet meer in categorieën hoeft te worden ingedeeld.
- 5 Een belangrijk nevenresultaat van het onderhavige overzicht is dat een zeer geschikte veldstudie is gevonden waarvan de uitkomsten kunnen worden gebruikt voor de validatie van de onder punt 4 genoemde beoordelingsprocedure.

## REFERENTIES

- Adviescommissie Geluidhinder door Vliegtuigen, C.W. Kosten e.a. (1967). *Geluidhinder door vliegtuigen*. Rapport uitgebracht aan de Minister van Verkeer en Waterstaat.
- Arntzen, E. (1984). *Annoyance caused by shooting noise—Report based on investigations in the Nordic Countries* (Oslo).
- Arntzen, E. (1992). Persoonlijke mededeling.
- Berg, F.H.A. van den, Haasteren, L.H.J. van & Minnen, E.R. van (1992). *Geluidoverdracht van enkele lichte en middelzware vuurwapens en van explosies. Meetverslag fase I t/m 3 geluidmetingen ISK/ASK* (Rapport nr. TPD-HAG-RPT-92-0157). Delft: TNO-TPD-TUD.
- Berg, F.H.A. van den, Kinneging, N.A. & Salomons, E.M. (1996). An overview of a method to predict average propagation of shooting noise in order to create computer-generated noise contours around shooting ranges. *Proceedings Internoise '96*, Book 2, (pp.579-582). St. Albans, UK: Institute of Acoustics.
- Berglund, B., Berglund, U. & Lindvall, T. (1975). Scaling loudness, noisiness, and annoyance of aircraft noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 57, 930-934.
- Borsky, P.N. (1965a). *Community reactions to sonic boom in the Oklahoma City area* (AMRL-TR-65-37). Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: Aerospace Medical Research Laboratory.
- Borsky, P.N. (1965b). *Community reactions to sonic boom in the Oklahoma City area. Volume II: Data on community reactions and interpretations* (AMRL-TR-65-37). Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: Aerospace Medical Research Laboratory.
- Brackenhoff, H.E.A., Buis, P.M. & Meier, A. von (1981). *Handleiding meten en rekenen industrielawaai* (ICG-rapport IL-HR-13-01). Leidschendam: Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
- Brambilla, G. & Carretti, M.R. (1989). Assessment of annoyance and impulsivity of environmental noises. *Proceedings of the 13th International Congress on Acoustics*, Vol. 3: 139-142. Belgrade, Yugoslavia.
- Brennecke, W. & Remmers, H. (1983). Physikalische Parameter bei der Bewertung der Lästigkeit von Industrieräuschen. *Acustica*, 52, 279-289.
- Buchta, E. (1988). *Pilotprojekt für passive Schallschutzmassnahmen am Truppenübungsplatz Grafenwöhr*. Düsseldorf, BRD: Institut für Lärmschutz.
- Buchta, E. (1990). A field survey on annoyance caused by sounds from small firearms. *Journal of the Acoustical Society of America*, 88 (3), 1459-1467.
- Buchta, E. (1992). Persoonlijke mededeling.
- Buchta, E. (1993a). *Belästigung durch Kanonenlärm in dB(C) und Straßenverkehrslärm in dB(A)*. Düsseldorf, BRD: Institut für Lärmschutz.
- Buchta, E. (1993b). A review of the penalty for impulse noise. In M. Vallet (Ed.), *Proceedings of the 6th International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Vol. 3 (pp.410-426). Arcueil, F: INRETS.
- Buchta, E. (1995). Persoonlijke mededeling.
- Buchta, E. (1996). Annoyance caused by shooting noise—determination of the penalty for various weapon calibers. *Proceedings Internoise '96*, Book 5 (pp.2495-2500). St. Albans, UK: Institute of Acoustics.
- Buchta, E., Buchta, C., Koslowsky, L. & Rohland, P. (1983). *Lästigkeit von Schiesslärm*. Berlin, BRD: Umweltbundesamt.
- Buchta, E., Buchta, C. & Loosen, W. (1986). *Lärmbelästigung in der Umgebung von Truppenübungsplätzen*. Berlin, BRD: Umweltbundesamt.
- Bullen, R.B. (1993). Persoonlijke mededeling.
- Bullen, R.B. & Hede, A.J. (1982). Assessment of community noise exposure from rifle shooting. *Journal of Sound and Vibration*, 82, 29-37.



- Bullen, R.B. & Hede, A.J. (1984). *Community response to impulsive noise: A survey around Holsworthy army range*. Canberra, AUS: Australian Government Publishing Service.
- Bullen, R.B., Hede, A.J. & Job, R.F.S. (1991). Community reaction to noise from an artillery range. *Noise Control Engineering Journal*, 37 (3), 115-128.
- Falch, E. (1992). *Shoot—3.1. A shoot description* (Report R392E). Voss, N: Kilde Akustikk.
- Falch, E. (1997). Persoonlijke mededeling.
- Fastl, H. (1994). Psychoacoustics and noise evaluation. *Proceedings of Nordic Acoustical Meeting '94* (pp.1-12). Århus, DK: Danish Technological Institute.
- Fastl, H. & Hunecke, J. (1995). Psychoakustische Experimente zum Fluglärmalus. In *Fortschritte der Akustik—DAGA '95* (pp.407-410). Oldenburg, BRD: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Fastl, H. & Widmann, U. (1990). Technical Note: Subjective and physical evaluation of aircraft noise. *Noise Control Engineering Journal*, 25 (2), 61-63.
- Fastl, H., Kuwano, S. & Namba, S. (1994). Psychoacoustics and rail bonus. *Proceedings Internoise '94* (pp.821-826). Yokohama, Japan..
- Fidell, S., Barber, D.S. & Schultz, T.J. (1991). Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 89 (1), 221-233.
- Fidell, S., Pearsons, K.S., Grignetti, M. & Green, D.M. (1970). The noisiness of impulsive sounds. *Journal of the Acoustical Society of America*, 48 (6), 1304-1310.
- Fields, J.M. (1996). Progress toward the use of shared noise reaction questions. *Proceedings Internoise '96*, Book 5 (pp.2389-2394). St. Albans, UK: Institute of Acoustics.
- Flindell, I.H. & Rice, C.G. (1986). *1984-1985 Joint CEC project on annoyance due to impulse noises: laboratory studies* (ISVR-Rep. No. 86/22). Southampton, UK: Institute for Sound and Vibration Research.
- Galloway, W.J. (1981). *Assessment of community response to high-energy impulsive sounds. Report Working Group 84*, Committee on Hearing, Bioacoustics, and Biomechanics. Assembly of Behavioral and Social Sciences (National Research Council. Washington DC: National Academy Press).
- Groeneveld, Y. & Verboom, W.C. (1981). *Karakterisering en beoordeling van industrielawaai* (IMG-TNO rapport D54). Delft: Instituut voor Milieuhygiëne.
- Groeneveld, Y., Berg, R. van den & Jong, R.G. de (1985). *Effects of impulse noise on human beings: the field study in the Netherlands* (ICG-rapport GA-HR-04-01). Leidschendam: Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
- Hall, F.L., Birnie, S.E., Taylor, S.M. & Palmer, J.E. (1981). Direct comparison of community response to road traffic noise and to aircraft noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 70, 1690-1698.
- Hede, A.J. & Bullen, R.B. (1981). *Community reaction to noise from Hornsby Rifle Range* (N.A.L. report no. 84). Canberra, Australia.
- Hede, A.J. & Bullen, R.B. (1982). Community reaction to noise from a suburban rifle range. *Journal of Sound and Vibration*, 82, 39-49.
- Heintz, P. (1980). *Sozio-psychologische Schiesslärmuntersuchung*. Bern, CH: Bundesamt für Umweltschutz.
- Hirsch, K.W. & Buchta, E. (1993). Zum Standardverfahren für die Berechnung der Schallmissionen in der Umgebung von Truppenübungsplätzen. *Fortschritte der Akustik-DAGA '93* (pp.656-659). Bad Honnef, BRD: DPG-GmbH.
- Job, R.F.S. (1988). Community response to noise: a review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 83 (3), 991-1001.
- Johnson, D.R. & Robinson, D.W. (1967). The subjective evaluation of sonic bangs. *Acustica*, 18 (5), 241-258.

- Kastka, J. & Ritterstaedt, U. (1984). Joint research project on "Effects of impulse noise on human beings"—Germany Study. Düsseldorf, BRD: Universität von Düsseldorf.
- Krahé, D. & Buchta, E. (1994). Bestimmung der Lästigkeit von impulsartigen Geräuschen auf Basis der Lautheit. *Fortschritte der Akustik—DAGA '94* (pp.1117-1120). Bad Honnef, BRD: DPG-GmbH.
- Kryter, K.D. (1982). Community annoyance from aircraft and ground vehicle noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 72, 1222-1242.
- Kryter, K.D. (1985). *The effects of noise on man*. Orlando, FL: Academic Press.
- Kuwano, S., Namba, S., Miura, H. & Tachibana, H. (1987). Evaluation of the loudness of impulsive sounds using sound exposure level based on the results of a round robin test in Japan. *Journal of the Acoustical Society of Japan (E)*, 8 (6), 241-247.
- Large, J.B. & Ludlow, J.E. (1976). Community reaction to noise from a construction site. *Noise Control Engineering Journal*, 6 (2), 59-65.
- Leatherwood, J.D. & Sullivan, B.M. (1994). Laboratory study of effects of sonic boom shaping on judged loudness and acceptability. *Noise Control Engineering Journal*, 42 (2), 59-69.
- May, D.N. (1971). The loudness of sonic booms heard outdoors as simple function of overpressure and rise time. *Journal of Sound and Vibration*, 18 (1), 31-43.
- Meloni, T. & Krüger, H. (1993). Loudness perception and annoyance of impulsive noise measured in the laboratory. In M. Vallet (Ed.), *Proceedings of the 6th International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Vol. 2 (pp.601-604). Arcueil, F: INRETS.
- Meloni, T. & Rosenheck, A. (1995). Choice of frequency weighting for the evaluation of weapon noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97 (6), 3636-3641.
- Miedema, H.M.E. & Vos, H. (1996). *Exposure response relationships for transportation noise* (Rapport TNO-PG 96.070). Leiden, The Netherlands: TNO Prevention and Health.
- Namba, S., Hashimoto, T. & Rice, C.G. (1987). The loudness of decaying impulsive sounds. *Journal of Sound and Vibration*, 116 (3), 491-507.
- Rice, C.G. (1983). CEC joint research on annoyance due to impulse noise: laboratory studies. In G. Rossi (Ed.), *Proceedings of the 4th International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Vol. 2 (pp.1073-1084). Milan, I: Centro Recherche e Studi Amplifon.
- Rohrmann, B. (1983). Comparison of noisiness functions from different noise sources—methodological problems and substantive results. In G. Rossi (Ed.), *Proceedings of the 4th International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Vol. 2 (pp.1095-1104). Turin, I.
- Rosenheck, A., Baschnagel, K. & Bütikofer, R. (1993). A laboratory installation for the subjective evaluation of noise from heavy weapons. *Proceedings Internoise '93*, Vol. 2 (pp.1105-1108). Leuven, B.
- Rylander, R. & Lundquist, B. (1996). Annoyance caused by noise from heavy weapon shooting ranges. *Journal of Sound and Vibration*, 192 (1), 199-206.
- Rylander, R., Ahrlin, U. & Lundquist, B. (1993). Annoyance from artillery shooting range noise. In M. Vallet (Ed.), *Proceedings of the 6th International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Vol. 2 (pp.605-608). Arcueil, F: INRETS.
- Rylander, R., Ahrlin, U. & Lundquist, B. (1994). *Störningar av buller från skjutfält för tunga vapen—samband mellan exponering och störning* (Rapport 1/94). Gothenburg, S: Gothenburg University.
- Rylander, T., Sörensen, S., Berglund, K. & Brodin, C. (1972). Experiments on the effects of sonic-boom exposure on humans. *Journal of the Acoustical Society of America*, 51 (2/3), 790-798.

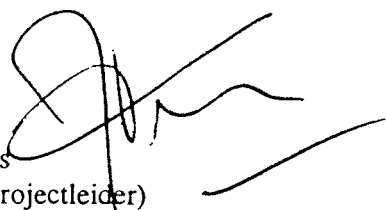
- Rylander, R., Sörensen, S., Andrae, B.O., Chatelier, G., Espmark, Y., Larsson, T. & Thackray, R.I. (1974). Sonic boom exposure effects—a field study on humans and animals. *Journal of Sound and Vibration*, 33 (4), 471-486.
- Salomons, E.M. (1997). Persoonlijke mededeling.
- Schomer, P.D. (1977). Evaluation of C-weighted Ldn for assessment of impulse noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 62 (2), 396-399.
- Schomer, P.D. (1978). Growth function for human response to large-amplitude impulse noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 64 (6), 1627-1632.
- Schomer, P.D. (1982). A model to describe community response to impulse noise. *Noise Control Engineering Journal*, 18, 5-15.
- Schomer, P.D. (1985). Assessment of community response to impulsive noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77 (2), 520-535.
- Schomer, P.D. (1993). Persoonlijke mededeling.
- Schomer, P.D. (1994). New descriptor for high-energy impulsive sounds. *Noise Control Engineering Journal*, 42 (5), 179-191.
- Schomer, P.D. & Averbuch, A. (1989). Indoor human response to blast sounds that generate rattles. *Journal of the Acoustical Society of America*, 86 (2), 665-673.
- Schomer, P.D. & Wagner, L. (1995). Human and community response to military sounds—Part 2: Results from field-laboratory tests of sounds of small-arms, 25-mm cannons, helicopters, and blasts. *Noise Control Engineering Journal*, 43 (1), 1-13.
- Schomer, P.D., Wagner, L.R., Benson, L.J., Buchta, E., Hirsch, K.W. & Krahé, D. (1992). *Human and community response to military noise* (USACERL Technical Report EAC-92/XX). Champaign, IL: US Army CERL.
- Schomer, P.D., Wagner, L.R., Benson, L.J., Buchta, E., Hirsch, K.W. & Krahé, D. (1994). Human and community response to military sounds: Results from field-laboratory tests of small-arms, tracked-vehicle, and blast sounds. *Noise Control Engineering Journal*, 42 (2), 71-84.
- Schultz, T.J. (1978). Synthesis of social surveys on noise annoyance. *Journal of the Acoustical Society of America*, 64, 377-405.
- SEDES (1983). *Resultats de l'étude "gene due aux bruits impulsifs"*. Paris, F: SEDES.
- Smooenburg, G.F. (1979). *Voorlopige evaluatie van de geluidhinder van schietinrichtingen* (ICG-rapport BG-HR-10-01). Leidschendam: Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
- Smooenburg, G.F. (1981). Evaluation of impulse noise, in particular shooting noise, with regard to annoyance. *Proceedings Internoise '81*, Vol. 2 (pp.779-782). Delft: Nederlands Akoestisch Genootschap.
- Solberg, S. (1995). Persoonlijke mededeling.
- Solberg, S. (1997). Persoonlijke mededeling.
- Sone, T., Izumi, K., Kono, S., Suzuki, Y., Ogura, Y., Kumagai, M., Miura, H., Kado, H., Tachibana, H., Hiramatsu, K., Namba, S., Kuwano, S., Kitamura, O., Sasaki, M., Ebata, M. & Yano, T. (1987). Loudness and noisiness of a repeated impact sound: Results of round robin tests in Japan (II). *Journal of the Acoustical Society of Japan (E)*, 8 (6), 249-261.
- Sörensen, S. & Magnusson, J. (1979). Annoyance caused by noise from shooting ranges. *Journal of Sound and Vibration*, 62, 437-442.
- Versfeld, N.J., Vos, J. & Geurtsen, F.W.M. (1994). *Geluidhinder van militaire voertuigen. Dosis-effectrelaties van individuele voertuigpassages en geluidhinder van civiel wegverkeersgeluid als functie van het percentage vrachtverkeer* (Rapport TNO-TM 1994 A-38). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Versfeld, N.J., Vos, J. & Geurtsen, F.W.M. (1995). *De invloed van stille perioden in het geluid op de hinder van oefenende militaire voertuigen. II: Het te verwachten effect bij*

- relatief langdurende stille perioden (Rapport TNO-TM 1995 A-3). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Vigran, E., Gjaevenes, K. & Arnesen, G. (1964). Two experiments concerning rise time and loudness. *Journal of the Acoustical Society of America*, 36 (8), 1468-1470.
- Vos, J. (1985a). *Geluidbelasting rond schietkampen en oefenterreinen. Deelrapport 1: Een overzicht van veldonderzoek naar de hinder van impuls- en wegverkeersgeluid* (Rapport IZF 1985-24). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- Vos, J. (1985b). A review of field studies on annoyance due to impulse and road-traffic sounds. *Proceedings Internoise '85*, Vol. 2 (pp.1029-1032). Dortmund, BRD: Bundesanstalt für Arbeitsschutz.
- Vos, J. (1990a). On the level-dependent penalty for impulse sound. *Journal of the Acoustical Society of America*, 88 (2), 883-893.
- Vos, J. (1990b). *Total annoyance caused by simultaneous impulse, road-traffic, and aircraft sounds* (Report IZF 1990 B-1). Soesterberg, The Netherlands: TNO Institute for Perception.
- Vos, J. (1990c). *Geluidbelasting ten gevolge van weg- en railverkeer in de omgeving van de Leusderheide* (Rapport IZF 1990 A-26). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- Vos, J. (1992a). Annoyance caused by simultaneous impulse, road-traffic, and aircraft sounds: a quantitative model. *Journal of the Acoustical Society of America*, 91 (6), 3330-3345.
- Vos, J. (1992b). Annoyance caused by low frequency sounds from artillery fire: the expected effect of various training schedules. *Journal of Low Frequency Noise & Vibration*, 11 (2), 47-51.
- Vos, J. (1992c). Noise annoyance around irregularly employed shooting ranges: the expected effect of various training schedules. *Proceedings of the 6th International FASE Congress '92* (pp.355-358). Zürich, CH: Swiss Acoustical Society.
- Vos, J. (1995a). A review of research on the annoyance caused by impulse sounds produced by small firearms. *Proceedings Internoise '95*, Vol. 2 (pp.875-878). Newport Beach, CA.
- Vos, J. (1995b). Technical Note: On the comparability of community responses to noise from artillery and rifle ranges, as determined in two Australian studies. *Noise Control Engineering Journal*, 43 (2), 39-41.
- Vos, J. (1996a). Annoyance caused by impulse sounds produced by small, medium-large, and large firearms. *Proceedings Internoise '96*, Book 5 (pp.2231-2236). Liverpool, UK.
- Vos, J. (1996b). *Geluidhinder ten gevolge van knallen van lichte, middelzware en zware vuurwapens* (Rapport TM-96-A056). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Vos, J. (1997a). A re-analysis of the relationship between the results obtained in laboratory and field studies on the annoyance caused by high-energy impulsive sounds. *Noise Control Engineering Journal*, 45 (3), 123-131.
- Vos, J. (1997b). Annoyance caused by sounds of military tracked vehicles, for indoor and outdoor conditions. *Proceedings Internoise '97*, Vol. II (pp.1003-1008). Budapest, H.
- Vos, J. (1998). A further test of the relevance of ASEL and CSEL in the determination of the rating sound level for shooting sounds. *Proceedings 16th ICA & 135th Meeting ASA*, Vol. I (pp.459-460). Seattle, WA.
- Vos, J. & Geurtsen, F.W.M. (1987).  $L_{eq}$  as a measure of annoyance caused by gunfire consisting of impulses with various proportions of higher and lower sound levels. *Journal of the Acoustical Society of America*, 82 (4), 1201-1206.
- Vos, J. & Geurtsen, F.W.M. (1989). *Geluidbelasting rond schietkampen en oefenterreinen. Deelrapport 3: Geluidbelasting ten gevolge van schietactiviteiten op het Artillerie Schietkamp en het schietterrein Wezep* (Rapport IZF 1989-18). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.

- Vos, J. & Geurtsen, F.W.M. (1992). *Geluidhinder rond onregelmatig gebruikte schietbanen: een studie naar het verwachte effect van verschillende tijdschema's* (Rapport IZF 1992 A-13). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- Vos, J. & Geurtsen, F.W.M. (1995). *Geluidhinder rond onregelmatig gebruikte schietbanen: een vervolgstudie naar het verwachte effect van concentratie van activiteiten op de hinder* (Rapport TNO-TM 1995 A-44). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Vos, J. & Smoorenburg, G.F. (1983). *Annoyance ratings for impulse and traffic sounds presented in quiet* (Report IZF 1983-23). Soesterberg, The Netherlands: TNO Institute for Perception.
- Vos, J. & Smoorenburg, G.F. (1985). Penalty for impulse noise, derived from annoyance ratings for impulse and road-traffic sounds. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77 (1), 193-201.
- Vos, J. & Veltman, J.A. (1993). Startle response to impulse sounds produced by small and large firearms. In M. Vallet (Ed.), *Proceedings of the 6th International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Vol. 2 (pp.429-432). Arcueil, F: INRETS.
- Vos, J., Veltman, J.A. & Geurtsen, F.W.M (1994). *Schrikreacties ten gevolge van schietgeluid* (Rapport TNO-TM 1994 A-29). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Vos, J. & Versfeld, N.J. (1997). *Binnen en buiten beoordeelde geluidhinder van militaire voertuigen* (Rapport TM-97-A023). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Webb, D.R.B. & Warren, C.H.E. (1967). An investigation of the effects of bangs on the subjective reaction of a community. *Journal of Sound and Vibration*, 6 (3), 375-385.
- Widmann, U. (1995). Subjektive Beurteilung der Lautheit und der psychoakustischen Lästigkeit von PKW-Geräuschen. *Fortschritte der Akustik—DAGA '95* (pp.875-878). Oldenburg, BRD: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Zepler, E.E. & Harel, J.R.P. (1965). The loudness of sonic booms and other impulsive sounds. *Journal of Sound and Vibration*, 2 (3), 249-256.

Soesterberg, 16 september 1998

Dr. J. Vos  
(auteur, projectleider)



## BIJLAGE A      Factoren die de bruikbaarheid van veldstudies beperken

Om een aantal redenen is de bruikbaarheid van de gegevens uit veldstudies minder groot dan men zou wensen.

- 1 Eén van de beperkingen betreft de dosismaat. Voor lichte knallen, zoals van pistolen en geweren, wordt de dosis meestal alleen uitgedrukt in het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau (Vos & Geurtsen, 1987). Voor zware knallen afkomstig van vuurwapens van bijvoorbeeld het 105, 155 en 203 mm kaliber, wordt de dosis in feite alleen in het C-gewogen geluidsniveau uitgedrukt (zie b.v. Buchta, 1988, 1993a, 1993b; Buchta e.a., 1988; Rylander & Lundquist, 1996; Schomer, 1982, 1985; Schomer & Averbuch, 1989; Schomer e.a., 1992). Hierboven is al kort aangegeven dat bij voorkeur voor alle knaltypen zowel het A- als het C-gewogen geluidsniveau beschikbaar zou moeten zijn (Buchta, 1996; Krahe & Buchta, 1994; Vos, 1996a, 1996b, Vos, 1998).
- 2 Een extra complicerende factor is dat men de laatste jaren tot het inzicht is gekomen dat in ieder geval voor de laagfrequente knallen de geluidbelasting niet zomaar in het equivalente geluidsniveau kan worden uitgedrukt: honderd zware knallen met elk een SEL van 80 dB zijn niet even hinderlijk als één zware knal met een SEL van 100 dB (Schomer, 1994; Schomer & Wagner, 1995; Schomer e.a., 1994).
- 3 Een ander tot nu toe onderbelicht aspect betreft de bepaling van de jaargemiddelde geluidbelasting. In een aantal gevallen is deze geluidbelasting bepaald op basis van geluidsmetingen zonder dat de meteorologische omstandigheden waaronder deze metingen zijn verricht goed zijn vastgelegd. In andere gevallen wordt deze geluidbelasting berekend met behulp van een propagatiemodel. Omdat ieder land, of iedere onderzoeksinstelling, zijn eigen propagatiemodel heeft, is door het voor schietgeluid geldende grote relevante afstandsbereik de onderlinge vergelijkbaarheid van de jaargemiddelde geluidsdosis beperkt. Indien in een veldstudie een bepaalde correctie voor schietgeluid wordt gevonden, kan deze correctie niet zomaar worden toegepast in een zoneringsprocedure waarbij een afwijkend propagatiemodel wordt gebruikt. De praktische bruikbaarheid van veldstudies zou worden verhoogd indien de geluidbelasting kon worden herberekend met behulp van het propagatiemodel van de instantie die de betreffende hinderresultaten wil toepassen. Dit kan alleen worden gerealiseerd indien alle emissiegegevens goed in kaart zijn gebracht. In ons land wordt een dergelijke analyse momenteel toegepast. Het ligt buiten de doelstelling van de huidige studie hier dieper op in te gaan.
- 4 Een andere beperking betreft de effectmaat. De vragen in de diverse enquêtes vertonen verschillen ten aanzien van zowel de formulering van de vragen als ten aanzien van de geboden antwoordalternatieven. Onder andere hierdoor zijn verkregen percentages "ernstig gehinderden" niet altijd goed te vergelijken. Naast een betere onderlinge afstemming van de vragen (Fields, 1996), zouden de enquêtes bovendien kunnen worden verbeterd door explicieter aan te geven op welke beoordelingsperiode de respondent wordt geacht zijn of haar reactie te baseren. Onzekerheden over de te beoordelen periode van de dag (dag-, avond- of nachtperiode) of de week (alleen werkdagen, alleen het weekeinde, gehele week), alsmede onzekerheden over de in totaal te beschouwen periode (hinder zoals ervaren in die speciale week waarin zoveel werd geoefend, of hinder zoals al met al is ervaren in de laatste 12 maanden) zijn er ongetwijfeld mede de oorzaak van dat de spreiding in de hinder van schietgeluid groter is dan die van het meer continue wegverkeersgeluid (zie ook Job, 1988).

Door de laatste twee genoemde beperkingen zullen de resultaten van laboratoriumstudies in het huidige overzicht meer aandacht krijgen dan in de eerdere studie het geval was.

## BIJLAGE B Veldexperiment naar geluidhinder ten gevolge van zware knallen en wielvoertuigen

In een woning op het militair oefenterrein Munster in Duitsland werden in totaal 340 proefpersonen blootgesteld aan tal van geluiden die tijdens militaire oefeningen kunnen worden gemaakt. Het doel van het onderzoek was (1) het verder ontwikkelen van de correctie ten behoeve van de beoordeling van het geluid van militaire oefenterreinen ten opzichte van het geluid van meer civiele bronnen en (2) het verkrijgen van beter inzicht in de hinder van harde knallen.

Het onderzoek is opgezet als een paarsgewijze vergelijkingstest waarin de proefpersonen na ieder paar aangeboden geluiden werd gevraagd aan te geven welk geluid zij hinderlijker vonden. Het testgeluid was afkomstig uit een van de drie categorieën van militaire bronnen (1) rupsvoertuigen, (2) kleine vuurwapens of (3) zware knallen. Het controlegeluid in elk paar bestond uit (1) het geluid van een voorbijrijdend wielvoertuig of (2) een artificieel ruissignaal. Dit onderzoek werd uitgevoerd door medewerkers van het US Army Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, Illinois (projectleider P.D. Schomer) en door medewerkers van het Institut für Lärmschutz, Düsseldorf, Duitsland (projectleider E. Buchta). Een Engelstalig en een Duitstalig onderzoeksverslag kan men vinden in respectievelijk Schomer e.a. (1992, 1994) en Buchta (1993a).

Op basis van de antwoorden van de proefpersonen werd het niveau van het controlegeluid bepaald waarbij evenveel hinder werd ervaren als het testgeluid. Schomer gebruikte voor de schatting van het punt van gelijke hinder (dus waarbij 50% van de proefpersonen het ene geluid en 50% van de proefpersonen het andere geluid in het paar hinderlijker vond) een drietal functies (een cumulatieve normaalverdeling, een sigmoïde functie en een logistische dosis-effectrelatie) waarbij de uiteinden (scores van 100% voor lage niveaus en scores van 0% voor hoge niveaus van het controlegeluid) op een kunstmatige manier werden gefixeerd. Het resultaat van de bestpassende functie in een bepaalde conditie werd uiteindelijk voor verdere analyse gebruikt. De Duitse onderzoekers gingen bij het bepalen van het punt van gelijke hinder alleen uit van de cumulatieve normaalverdeling maar voerden de berekeningen uit voor kleinere subgroepen. Gemiddeld genomen komen de resultaten van de verschillende analysemethoden echter goed overeen.

Met behulp van springladingen (0.2-4 kg TNT) werden knallen van grote vuurwapens gesimuleerd. De knallen werden vergeleken met het geluid van de passerende wielvoertuigen. Het niveau van het voertuiggeluid werd niet gevarieerd door het veranderen van de afstand tussen de weg waarover het voertuig reed en het huis waarin de proefpersonen zich bevonden, maar door het gebruik van verschillende voertuigen. Van klein naar groot waren dit een bestelbusje, een jeep, een truck, een bus, een bergingsauto en een trekker met oplegger voor tanktransport. Het niveau is op deze manier zeer sterk gekoppeld aan onder andere het spectrum. De afstand tussen de weg en de gevel van het huis bedroeg slechts 20 m. Er waren ook condities waarin de knallen met witte ruis werden vergeleken. De resultaten met dit controlegeluid weken af van die met het wielvoertuiggeluid en zullen we hier verder buiten beschouwing laten.

De springladingen konden op een afstand van 1 en 1.8 km van het huis tot ontploffing worden gebracht. Bovendien zorgden meteorologische variaties tijdens het onderzoek nog voor een verdere spreiding in het geluidsniveau van de knallen. Er waren drie luistercondities: met gesloten of iets geopende ramen en buiten. Omdat in sommige gevallen de knallen op een afstand van 1.8 km bij het huis hogere geluidsniveaus te zien gaven dan de knallen op een afstand van 1 km, geven we in Tabel B-I een opsomming voor de relevante subsets, ongeacht de afstand waarop de knallen werden geproduceerd.

Tabel B-I C-gewogen geluidexpositieniveau van knallen (CSEL) en het even hinderlijke A-gewogen geluidexpositieniveau van wielvoertuigen (ASEL), voor een drietal verschillende luistercondities. Per conditie worden de resultaten gegeven voor twee iets verschillende analyses. De gegevens voor analyse A en B zijn gebaseerd op respectievelijk Tabel 10a en Tabel 10b uit Schomer e.a. (1992). De niveaus werden steeds dichtbij de proefpersonen bepaald.

luisterconditie	analyse	explosies (CSEL)	wielvoertuigen (ASEL)	correctie (dB)
gesloten ramen	A	77	52.2	-24.8
		78	50.5	-27.5
		83	57.7	-25.3
		83	53.2	-29.8
		84	65.6	-18.4
		87.5	65.6	-21.9
	B	76	48	-28
		81	53.1	-27.9
		83	53.7	-29.3
		83	52.6	-30.4
		83	62.8	-20.2
		83	55.1	-27.9
		87	62.5	-24.5
		88	69.4	-18.6
geopende ramen	A	79.5	48.7	-30.8
		83.5	49.7	-33.8
		88.5	51.5	-37.0
		90	63.5	-26.5
		91	57	-34
		96	68.4	-27.6
	B	78	48.1	-29.9
		81	50.4	-30.6
		82	45.1	-36.9
		85	54.9	-30.1
		90	57.1	-32.9
		90	48.1	-41.4
		92	63.7	-28.3
		buiten	A	84.5
89	61.4			-27.6
91	76.7			-14.3
95	63.7			-31.3
96.5	85.6			-10.9
103	90.8			-12.2
B	88		78.7	-9.3
	89.5		75.7	-13.8
	94.5		78.3	-16.2
	96		85.1	-10.9

Per conditie geven we de resultaten steeds afzonderlijk voor twee iets verschillende analyse-technieken. In analyse A werden de gegevens uit sessies die qua knalniveaus binnen 3 dB een zelfde verloop hadden samengevoegd. In analyse B werden de gegevens uitsluitend per set verwerkt. In de tweede kolom van Tabel B-I geven we CSEL van het impulsgeluid en in de derde kolom ASEL van het even hinderlijke voertuiggeluid. Het betreft hier steeds niveaus die dichtbij de proefpersonen waren bepaald. De correctie (vierde kolom) is in alle gevallen negatief; CSEL van de knallen moet dus altijd verlaagd worden om ASEL van even hinderlijke voertuigpassages te vinden.



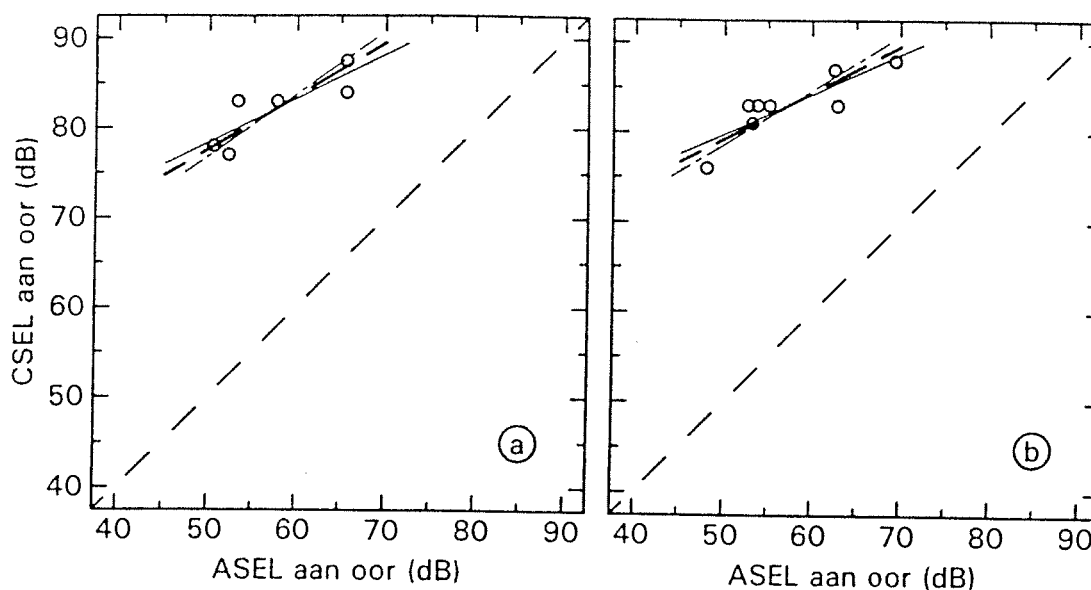


Fig. B-1 CSEL van zware knallen als functie van ASEL waarbij voertuiggeluid even hinderlijk werd gevonden. De hinder werd binnenshuis met gesloten ramen beoordeeld en de niveaus zijn binnen bepaald. In Fig. B-1a zijn de ruwe data op een iets andere wijze geanalyseerd als die in Fig. B-1b. De rechte lijnen zijn regressiefuncties. Gebaseerd op gegevens van Schomer e.a. (1992).

In Fig. B-1 geven we voor de situaties waarin binnenshuis met gesloten ramen werd geluisterd de relatie tussen CSEL van de knallen en ASEL van even hinderlijk voertuiggeluid. De gegevens in Fig. B-1a hebben betrekking op de resultaten met analyse A, die in Figuur B-1b zijn verkregen met behulp van analyse B.

De regressievergelijking voor analyse A wordt gegeven door  $CSEL' = 53.9 + 0.49ASEL$ ,  $r = 0.84$ , die voor analyse B door  $CSEL' = 57.5 + 0.45ASEL$ ,  $r = 0.86$  (zie ook Tabel B-II). In de Figuren B-1a en B-1b zijn deze functies weergegeven door middel van een dunne doorgetrokken lijn. In plaats van CSEL te voorspellen uit ASEL kunnen we even goed ASEL voorspellen uit CSEL. Voor de correlatiecoëfficiënt maakt dit niets uit, maar de helling van de functie wordt groter. Voor analyse A krijgen we  $ASEL' = -60.7 + 1.44CSEL$ , voor analyse B  $ASEL' = -79.5 + 1.65CSEL$ . In de Figuren B-1a en B-1b zijn deze functies weergegeven door middel van een dunne gebroken lijn met afwisselend grote en kleinere lijnstukken.

Aangezien in het verdere betoog van Schomer e.a. (1992) de helling van de functies belangrijk is, is het beter om een neutrale helling te bepalen. Een door Rohrmann (1983) voorgestelde regressievergelijking met een neutrale helling wordt gegeven door  $CSEL' = (s_{CSEL}/s_{ASEL})ASEL + M_{CSEL} - (s_{CSEL}/s_{ASEL})M_{ASEL}$ , waar  $s_{CSEL}$  en  $s_{ASEL}$  de standaardafwijking van respectievelijk CSEL en ASEL is, en  $M_{CSEL}$  en  $M_{ASEL}$  het gemiddelde van respectievelijk de CSEL- en ASEL-waarden is die aan de regressie-analyse zijn onderworpen. De neutrale regressievergelijking voor de resultaten van analyse A wordt dan  $CSEL' = 48.2 + 0.59ASEL$ , die voor de resultaten van analyse B  $CSEL' = 53.5 + 0.52ASEL$  (zie ook Tabel B-II). In de Figuren B-1a en B-1b zijn deze functies weergegeven door middel van een dikke getrokken lijn. Een verhoging van CSEL met 1 dB correspondeert bij gelijke hinder van de knallen en de voertuigpassages met een verhoging van ASEL met 1.7 dB (analyse A) of 1.9 dB (analyse B), gemiddeld dus 1.8 dB. Voor de bij analyse A behorende gegevens bedraagt de standaardafwijking van CSEL ten opzichte van de voorspellingen met de neutrale vergelijking 2.1 dB; voor de bij analyse B behorende gegevens bedraagt deze 1.8 dB.

Tabel B-II Regressievergelijkingen ter voorspelling van de in Tabel B-I gegeven CSEL-waarden van knallen, waarbij deze even hinderlijk werden gevonden als het in ASEL gemeten geluid van voertuigpassages, of ter voorspelling van ASEL uit CSEL. De neutrale regressievergelijking geeft waarden die tussen die van de twee eerdere vergelijkingen in liggen;  $r$  is de correlatiecoëfficiënt en  $sd$  de standaardafwijking van de observaties ten opzichte van de voorspellingen.

luisterconditie	analyse	regressievergelijking	sterkte van 't verband
gesloten ramen	A	$CSEL' = 53.9 + 0.49ASEL$	$r = 0.84$
		$ASEL' = -60.7 + 1.44CSEL$	
	neutraal:	$CSEL' = 48.2 + 0.59ASEL$	$sd = 2.1 \text{ dB}$
	B	$CSEL' = 57.5 + 0.45ASEL$	$r = 0.86$
$ASEL' = -79.5 + 1.65CSEL$			
neutraal:	$CSEL' = 53.5 + 0.52ASEL$	$sd = 1.8 \text{ dB}$	
geopende ramen	A	$CSEL' = 52.2 + 0.64ASEL$	$r = 0.88$
		$ASEL' = -50.0 + 1.21CSEL$	
	neutraal:	$CSEL' = 47.1 + 0.73ASEL$	$sd = 2.5 \text{ dB}$
	B	$CSEL' = 55.9 + 0.56ASEL$	$r = 0.68$
$ASEL' = -17.6 + 0.82CSEL$			
neutraal:	$CSEL' = 41.7 + 0.83ASEL$	$sd = 3.9 \text{ dB}$	
buiten	A	$CSEL' = 72.9 + 0.27ASEL$	$r = 0.48$
		$ASEL' = -5.6 + 0.88CSEL$	
	neutraal:	$CSEL' = 51.1 + 0.55ASEL$	$sd = 6.0 \text{ dB}$
	B	$CSEL' = 38.7 + 0.67ASEL$	$r = 0.70$
$ASEL' = 13.1 + 0.72CSEL$			
neutraal:	$CSEL' = 17.1 + 0.94ASEL$	$sd = 2.6 \text{ dB}$	

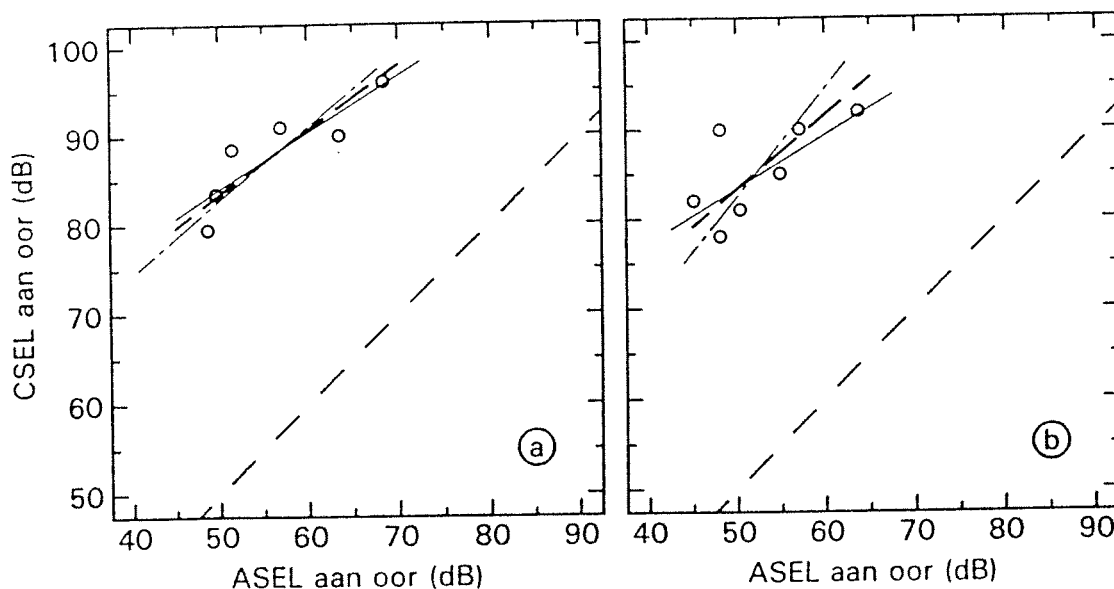


Fig. B-2 CSEL van zware knallen als functie van ASEL waarbij voertuiggeluid even hinderlijk werd gevonden. De hinder werd binnenshuis met iets geopende ramen beoordeeld en de niveaus zijn binnen bepaald. In Fig. B-2a zijn de ruwe data op een iets andere wijze geanalyseerd als die in Fig. B-2b. De rechte lijnen zijn regressiefuncties. Gebaseerd op gegevens van Schomer e.a. (1992).

In Figuur B-2 geven we de resultaten voor de condities waarin de hinder binnenshuis met iets geopende ramen werd beoordeeld. De diverse regressievergelijkingen geven we weer in Tabel B-II. Voor de bij analyse A behorende gegevens is het verband tussen CSEL en ASEL sterker dan voor de bij analyse B behorende gegevens. Een verhoging van CSEL met 1 dB correspondeert bij gelijke hinder van de knallen en de voertuigpassages met een verhoging van ASEL met 1.4 dB (analyse A) of 1.2 dB (analyse B), gemiddeld dus 1.3 dB.

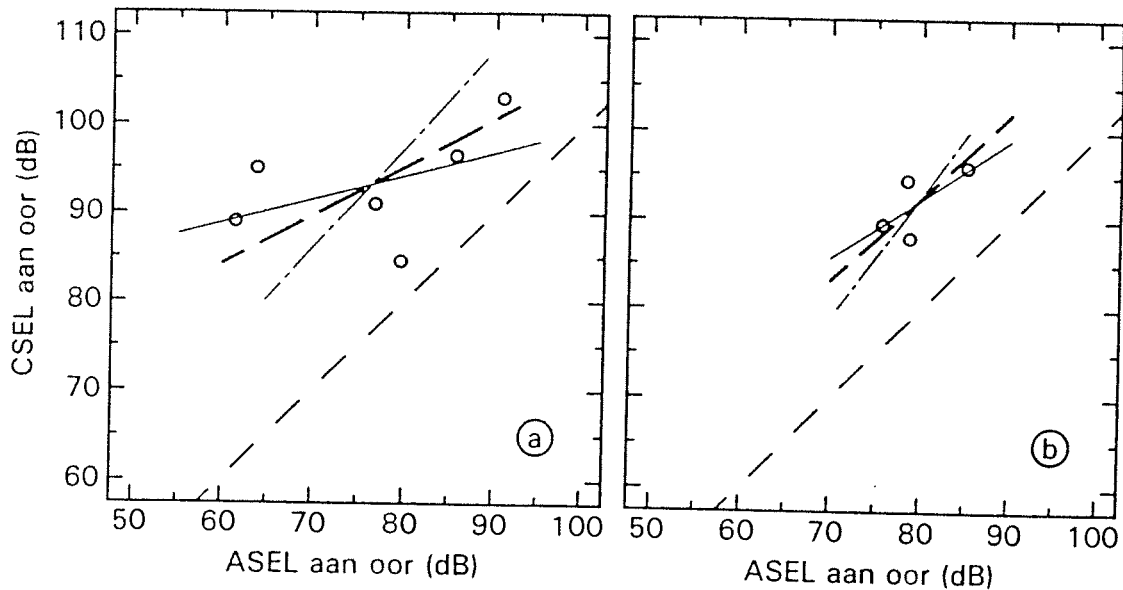


Fig. B-3 CSEL van zware knallen als functie van ASEL waarbij voertuiggeluid even hinderlijk werd gevonden. De hinder werd buiten beoordeeld en de niveaus zijn eveneens buiten bepaald. In Fig. B-3a zijn de ruwe data op een iets andere wijze geanalyseerd als die in Fig. B-3b. De rechte lijnen zijn regressiefuncties. Gebaseerd op gegevens van Schomer e.a. (1992).

In Figuur B-3 zijn de resultaten weergegeven voor de condities waarin de geluiden buiten werden beoordeeld. De diverse regressievergelijkingen geven we weer in Tabel B-II. Voor de bij analyse B behorende gegevens is het verband tussen CSEL en ASEL nu sterker dan voor de bij analyse A behorende gegevens. In Figuur B-3a is de standaardafwijking van CSEL ten opzichte van de voorspellingen met de neutrale vergelijking ruim twee maal zo groot als die in Figuur B-3b. Een verhoging van CSEL met 1 dB correspondeert bij gelijke hinder van de knallen en de voertuigpassages met een verhoging van ASEL met 1.8 dB (analyse A) of 1.1 dB (analyse B), gemiddeld dus 1.5 dB.

Schomer e.a. (1992) drukten de correctie ook uit ten opzichte van de onder alle omstandigheden buiten aan de gevel gemeten niveaus, omdat dit in de praktijk nu eenmaal ook gebeurt. Helemaal netjes werd deze berekening niet uitgevoerd: in plaats van de punten van gelijke hinder opnieuw te berekenen op basis van de buiten gemeten niveaus veronderstelden Schomer e.a. (1992) voor het voertuiggeluid een 25 dB reductie bij gesloten ramen en een 20 dB reductie bij enigszins geopende ramen. Op deze wijze negeerden zij dat de gevelverzwakking afhankelijk was van het soort voertuig. Deze afhankelijkheid was niet eens klein omdat bij de drie grootste wielvoertuigen opzettelijk in een lage versnelling werd gereden om het toerental, en daardoor het geluidsniveau, zo hoog mogelijk te laten zijn. Het gaat hier dus om ruwe interpretaties van resultaten en niet om onafhankelijke onderzoeksgegevens.

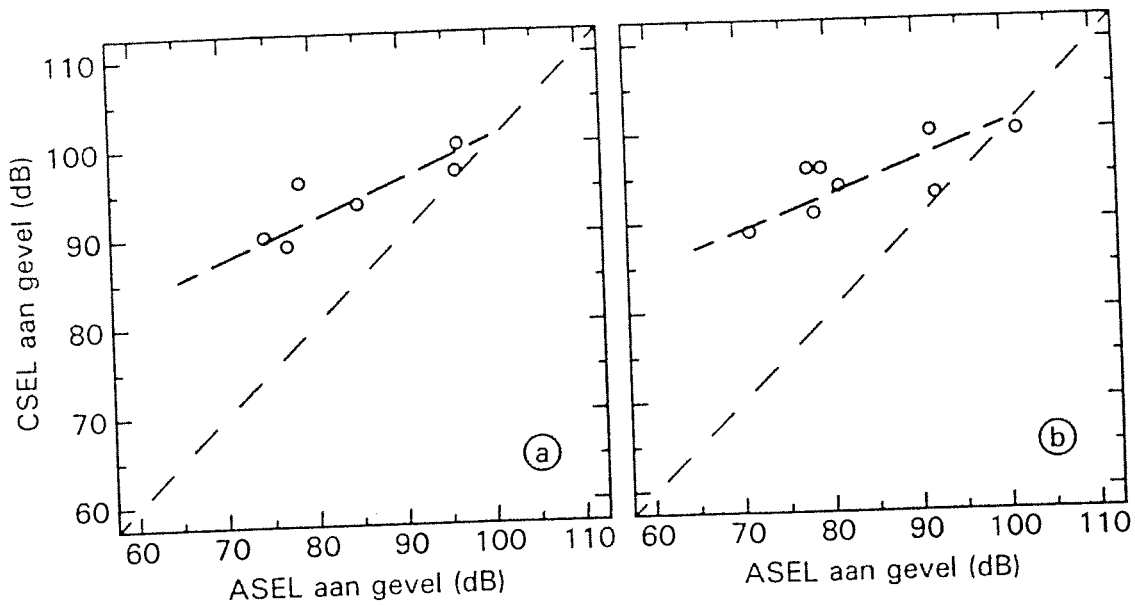


Fig. B-4 CSEL van zware knallen als functie van ASEL waarbij voertuiggeluid even hinderlijk werd gevonden. De hinder werd binnenshuis met gesloten ramen beoordeeld. De CSEL-niveaus zijn buiten bepaald, de ASEL-niveaus zijn schattingen. In Fig. B-4a zijn de ruwe data op een iets andere wijze geanalyseerd als die in Fig. B-4b. De rechte lijnen zijn regressiefuncties. Gebaseerd op gegevens van Schomer e.a. (1992).

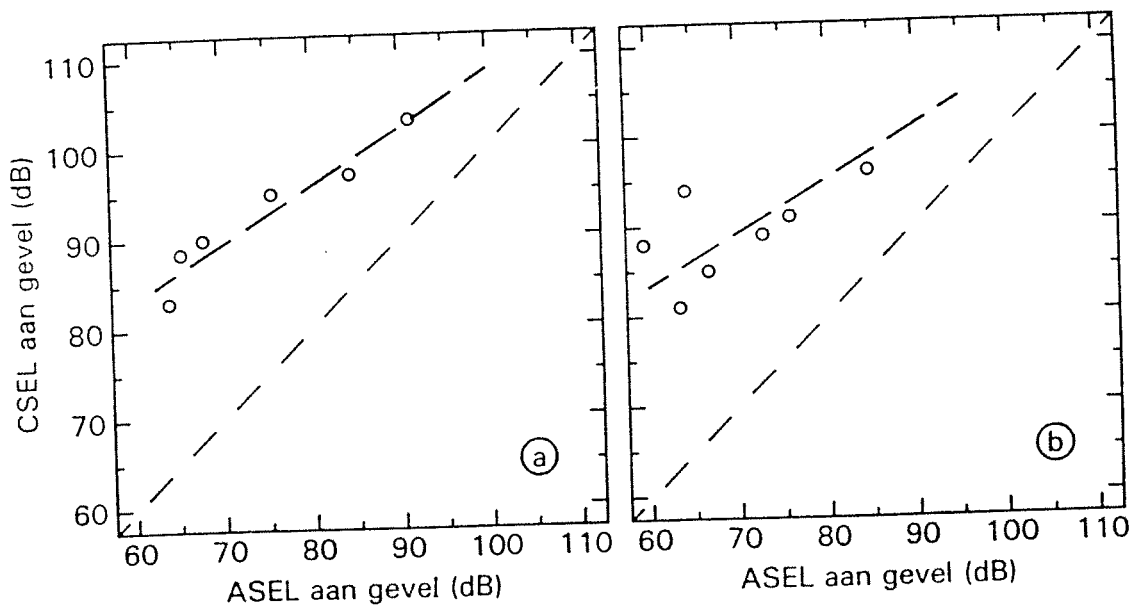


Fig. B-5 CSEL van zware knallen als functie van ASEL waarbij voertuiggeluid even hinderlijk werd gevonden. De hinder werd binnenshuis met iets geopende ramen beoordeeld. De CSEL-niveaus zijn buiten bepaald, de ASEL-niveaus zijn schattingen. In Fig. B-5a zijn de ruwe data op een iets andere wijze geanalyseerd als die in Fig. B-5b. De rechte lijnen zijn regressiefuncties. Gebaseerd op gegevens van Schomer e.a. (1992).

We zullen de vergelijking van de buiten aan de gevel heersende niveaus systematischer uitvoeren dan in Figuur 14 van Schomer e.a. (1992) werd gedaan. In Figuur B-4 geven we allereerst voor de situaties waarin de hinder binnenshuis met gesloten ramen werd beoordeeld de buiten geldende CSEL als functie van het geschatte buiten heersende en voor wegverkeer in het algemeen representatieve ASEL van het even hinderlijke voertuiggeluid, afzonderlijk voor analyse A en analyse B. De CSEL- en ASEL-waarden kan men ook vinden in Tabel B-III. De dikke gebroken lijn in Figuur B-4a is de neutrale regressiefunctie met de vergelijking  $CSEL' = 56.7 + 0.44ASEL$  ( $r = 0.73$ ), die in Figuur B-4b heeft de vergelijking  $CSEL' = 61.8 + 0.39ASEL$ . Een verhoging van CSEL met 1 dB correspondeert bij gelijke hinder van de knallen en de voertuigpassages met een verhoging van ASEL met 2.3 dB (analyse A) of 2.6 dB (analyse B), gemiddeld dus 2.5 dB.

Tabel B-III C-gewogen geluidexpositieniveau van knallen (CSEL) en het even hinderlijke A-gewogen geluidexpositieniveau van passerende wielvoertuigen (ASEL), voor een tweetal verschillende luistercondities. Per conditie worden de resultaten gegeven voor twee iets verschillende analyses. De gegevens voor analyse A en B zijn gebaseerd op respectievelijk Tabel 11a en Tabel 11b uit Schomer e.a. (1992). De niveaus werden steeds buiten aan de gevel van het testhuis bepaald.

luisterconditie	analyse	explosies (CSEL)	wielvoertuigen (ASEL)	correctie (dB)
gesloten ramen	A	89	77	-12
		90	74.5	-15.5
		93.5	85	-8.5
		96	78.5	-17.5
		97	96.1	-0.9
		100	96.4	-3.6
	B	89	71.1	-17.9
		91	78.3	-12.7
		93	92.1	-0.9
		94	81.2	-12.8
		96	79.2	-16.8
		96	77.6	-18.4
		100	101.5	+1.5
		100	91.7	-8.3
geopende ramen	A	83	64	-19
		88.5	65.4	-23
		90	67.9	-22.1
		95	75.6	-19.4
		97	84.4	-12.6
		103	91.1	-11.9
	B	81	63.4	-17.6
		85	66.7	-18.3
		88	59.5	-28.5
		89	72.8	-16.2
		91	75.8	-15.2
		94	64.2	-29.8
		96	84.7	-11.3

In Figuur B-5 geven we de eveneens in Tabel B-III vermelde waarden voor de situaties waarin de hinder binnenshuis met iets geopende ramen werd beoordeeld. De vergelijking van de in Figuur B-5a gegeven functie is  $CSEL' = 45.4 + 0.63ASEL$ , die van de in Figuur B-5b gegeven functie is  $CSEL' = 47.9 + 0.59ASEL$ . Een verhoging van CSEL met 1 dB correspondeert bij gelijke hinder van de knallen en de voertuigpassages met een verhoging van ASEL met 1.6 dB (analyse A) of 1.7 dB (analyse B), gemiddeld dus 1.7 dB.

Voor de buiten beoordeelde hinder (Figuur B-3) hadden we hierboven al geconstateerd dat een verhoging van CSEL met 1 dB correspondeerde met een verhoging van ASEL met gemiddeld 1.5 dB. De verschillen tussen deze hellingen van respectievelijk 2.5, 1.7 en 1.5 dB, en per analyse schommelend tussen 1.1 en 2.6 dB, zijn relatief groot en rechtvaardigen de conclusie van Schomer e.a., dat alle drie de condities zouden wijzen op een helling van 2.4 dB, niet overtuigend.

Referenties zie hoofdrapport.

## BIJLAGE C Verhoogde hinder in het weekend

In een aantal studies naar de hinder van schietgeluid wordt op een globale manier onderscheid gemaakt tussen de hinder die op normale werkdagen en de hinder die in het weekend wordt ervaren. De gevonden verschillen, die hier kort worden besproken, wijzen er op dat de hinder in het weekend hoger is dan op de normale werkdagen.

In een studie naar de hinder van artillerieschietgeluid (Bullen & Hede, 1984) werd aan de respondenten gevraagd of ze vonden dat de schiettijden beperkt zouden moeten worden. "Helemaal niet schieten" was ook een antwoordmogelijkheid. Achttien procent van alle respondenten wilde dat er in het weekend helemaal niet werd geschoten, tegen slechts 3% die tegen schieten op normale werkdagen was. Van de ernstig gehinderde respondenten wilde 45% dat er in het weekend niet werd geschoten, tegen 15% die hier op werkdagen tegen was.

In het onderzoek van Heintz (1980) werd de respondenten gevraagd op welke dagen zij het schieten het onprettigst vonden. We beperken ons hierbij tot de respondenten van Ostermundigen (zie Vos, 1995b). Ongeveer de helft (53%) van de respondenten vond het schieten altijd onprettig of kon daar geen uitspraak over doen. In totaal 36% van de respondenten vond echter het schieten het onprettigst op zaterdag en zondag, tegen 6% die dit op de werkdagen vond (de antwoorden van de resterende 5% waren onbruikbaar).

In het onderzoek van Buchta e.a. (1983) werd de respondenten dezelfde vraag gesteld. Zij bleken gevoelig voor deze vraag: de antwoordpatronen in de verschillende onderzoeksgebieden correleerden in het algemeen goed met de oefenschema's. De resultaten toonden overtuigend aan dat indien er in het weekend schietoefeningen werden gehouden deze ook hinderlijker werden gevonden dan die op de normale werkdagen. Uit de reacties kan ook voorzichtig worden opgemaakt dat het schieten op zondag nog hinderlijker is dan op zaterdag. Dit blijkt ook uit de onderzoeksresultaten in de Australische studie naar de geluidhinder van lichte vuurwapens (Hede & Bullen, 1981). Hier werd de respondenten gevraagd welke periode (de ochtend of de middag van de zaterdag of de zondag) zij het liefst geen schietlawaai zouden willen hebben. Ongeveer de helft van de respondenten (49%) koos voor een stille periode op de zondag, tegen 12% van hen die de zaterdag, en dan met name de zaterdagmiddag, prefereerden.

Uit de onderzoeken waarvan de gegevens ons in staat stelden de hypothese met betrekking tot een verhoogde hinder in het weekend te toetsen, bleek dat de resultaten deze veronderstelling inderdaad bevestigen. Ofschoon geen van de onderzoeksverslagen specifieke opgaven van het munitieverbruik op de verschillende dagen verstrekken, achten we het niet waarschijnlijk dat de verhoogde hinder in het weekend verklaard kan worden uit een verhoogde geluidbelasting op die dagen.

## REPORT DOCUMENTATION PAGE

1. DEFENSE REPORT NO. TD 98-0260	2. RECIPIENT ACCESSION NO.	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO. TM-98-A050
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 786.3	5. CONTRACT NO. A97/RIM/303	6. REPORT DATE 16 September 1998
7. NUMBER OF PAGES 82	8. NUMBER OF REFERENCES 113	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE  Een overzicht van onderzoek naar de hinder van schietgeluid (A review of research on the annoyance caused by shooting sounds)		
11. AUTHOR(S)  J. Vos		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)  TNO Human Factors Research Institute Kampweg 5 3769 DE SOESTERBERG		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)  Director of Defence Research and Development Plein 4 2511 CR DEN HAAG		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTES))  Under contract with the Ministry of Defence, the present study reviews the existing knowledge about the annoyance caused by shooting sounds. Results from many new field and laboratory studies published in the last decade, and, especially for the sounds produced by medium-large and large firearms, new insights into the annoyance caused by single events, necessitated an update of a previous review [Vos, IZF-report 1985-24; see also Proceedings Internoise '85, Vol. 2, pp. 1029-1032]. For the community response to artillery sounds, six new field surveys were studied. The availability of the raw data from three of these surveys enabled the performance of necessary re-analyses. The previously reviewed information about the noise annoyance caused by small firearms was supplemented with the data from new field and laboratory studies as well. The new insights into the subjective effects of shooting sounds were based on new laboratory study results, including those obtained in extensive studies designed at our own institute. From the present review the following conclusions could be drawn: (1) For the prediction of the annoyance, the dose of single impulses is sufficiently characterized by its sound exposure level (SEL). (2) If, for shooting sounds with relatively little energy in the low frequency bands (produced mainly by pistols and rifles), only the A-weighted sound exposure level (ASEL) is available, the rating sound level L, might be approximated rather well by the A-weighted yearly average sound level to which a correction of 12 dB is added. (3) If, for shooting sounds with relatively much energy in the low frequency bands, such as those produced by medium-large (e.g., 25 mm cannons) and large firearms (e.g., mortars and howitzers), only C-weighted sound exposure level (CSEL) is available, L, might only to a limited extent be approximated by the C-weighted yearly average sound level; moreover, a correction of 5 dB should be added to this level. If a considerable portion of shooting takes place in the night-time, a correction greater than 5 dB might be needed. (4) For all shooting sounds, L should preferably be based on ASEL and CSEL, where the predictability of the expected annoyance on the basis of ASEL can be considerably increased by adding not only a constant of about 12 dB, but also adding the weighted product (CSEL-ASEL)ASEL. For a single impulsive event $L = L_{AE} + \beta(L_{CE} - L_{AE})(L_{AE} - \alpha) + 12$ dB. (5) Especially one of the new field surveys on the community response to artillery shooting sounds was considered being appropriate for the validation of the latter procedure.		
16. DESCRIPTORS  Environmental Health Firing Ranges Impulse Noise Noise Annoyance Noise Rating		IDENTIFIERS  Community Effects Noise Exposure Noise Zoning
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT  Mailing list only		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)



VERZENDLIJST

1. Directeur M&P DO
2. Directie Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling Defensie
3. {  
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL  
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
4. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KLu
5. {  
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM  
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
6. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek CO
- 7, 8 en 9. Bibliotheek KMA, Breda
- 10 t/m 19. Ing. P.I.J. van der Weele, Beleidsmedewerker, Ministerie van Defensie, Dienst  
Gebouwen, Werken en Terreinen/BROM/WO (DGWT), Den Haag

