

Stilte alstublieft

Citation for published version (APA):

Nieuwenhuizen, J. K. (1969). *Stilte alstublieft*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1969

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.



IR. J. K. NIEUWENHUIZEN

STILTE ALSTUBLIEFT

REDE UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING
VAN HET AMBT VAN GEWOON HOGLERAAR IN DE
WERKTUIGKUNDIGE INRICHTING VAN FYSISCHE
EN CHEMISCHE PROCESTECHNIEKEN
AAN DE AFDELING DER WERKTUIGBOUWKUNDE
VAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL TE EINDHOVEN

OP 17 OKTOBER 1969 DOOR

IR. J. K. NIEUWENHUIZEN

*Mijne Heren Curatoren,
Mijnbeer de secretaris van de Technische Hogeschool,
Mijne Heren Leden en Adviseurs van de Senaat,
Dames en Heren Leden van de Wetenschappelijke, de Technische en de
Administratieve Staf,
Dames en Heren Studenten,
en voorts
Gij allen, die door Uw aanwezigheid van Uw belangstelling blijkt geeft,*

Zeer geachte Dames en Heren,

Binnen het kader van mijn leeropdracht, dat is de werktuigkundige inrichting van chemische en fysische procestechnieken, zou het eigenlijk aardig zijn geweest te spreken over de snelle verhoging van de levensstandaard die in ons land heeft plaatsgevonden en het grote aandeel dat de procesindustrie daarin heeft gehad.

Een dergelijke vreugdevolle en optimistische rede zou echter nauwelijks als een positieve bijdrage kunnen worden gezien, want na Uw vertrek zou U zonder twijfel tevreden zijn gestemd, maar er zou noch voor U, noch voor mijzelf reden zijn om nog eens na te denken over de enorme problemen waartegenover deze industrie zich ziet gesteld. Problemen van zo'n omvang dat ze niet door werktuigbouwkundigen alléén, door fysici, chemici of medici alléén kunnen worden opgelost, maar waarvoor slechts een intensieve bundeling van veelzijdige interessen en ervaringen hoop op het vinden van een acceptabele oplossing kan geven.

Voor al om U aller belangstelling te wekken ga ik daarom Uw aandacht vragen voor de schaduwzijde van onze welvaartsstijging en U wijzen op vraagstukken welke met de allerhoogste urgentie dienen te worden opgelost, tenminste wanneer wij willen voorkomen dat we onszelf in de toekomst in meer of mindere mate zullen vernietigen. Daarbij zal ik nauwelijks spreken over de problemen van de chemische vervuiling van lucht en water; daaraan wordt al heel wat aandacht besteed. Ik zal mij beperken tot een fysische vorm van vervuiling die ons menswaardig voortbestaan steeds meer bedreigt,

de fysische vervuiling van de atmosfeer door ongewenst geluid, door lawaai voortgebracht door de bronnen van welvaart, industrie en verkeer.

Wanneer U denkt dat dit een jong probleem is, moet ik U tegenspreken, want reeds in de alleroudste geschreven teksten, gevonden op schrifttafels in Mesopotamië, wordt gewag gemaakt van geluidshinder.

In het elfde jaar van de regeringsperiode van Ammizaduga in Babylonië, dat moet dus omstreeks 1600 voor Christus zijn geweest, beitelde de schrijver Ellit-Aya de jonge het dan reeds eeuwenoude Atrahasis-epos in drie grote stenen tableaux ¹⁾. Hoewel slechts ongeveer één twintigste van de tekst bewaard is gebleven, kan men er toch nog uit vernemen, hoe de Sumerische oppergod Enlil vertoornd is over de enorme toename van de mensen op aarde en derzelve luidruchtigheid. Hun „geloei als van ossen” houdt Enlil uit zijn slaap en hij besluit tot een gedegen strafbepaling.

Hij roept daartoe zijn zonen bij elkaar en beveelt hen de vijgebomen van de Babyloniërs om te hakken en hen geen regen meer te verstrekken. Zijn dochter Nisaba, godin van het gewas, moet de aren terug de grond in drijven en zorgen dat voortaan op het land slechts zoutkristallen groeien. Dit alles is Enlil nog niet voldoende en hij verspreidt zelf pestilentie, aanhoudende pijnen van velerlei aard, koude rillingen en koorts. Deze middelen schijnen in die tijd effectieve geluidsbestrijdingsmiddelen te zijn geweest, want de herrie was snel beëindigd.

Ook het oude Rome kende reeds zeer veel geluidsklachten. Horatius ²⁾ beklagt zich over het lawaai van de wagens waarvan de trekdiereen onnodig worden opgehitst, waardoor ze vaak in volle vaart op de menigte instuiven. Het ergste vindt hij echter nog dat, wanneer wagens met bouwmaterialen een lijkstoet tegenkomen en geen van de partijen voor de ander ruimte wil maken, het voor hem onder het geruzie onmogelijk wordt op straat verder te mediteren.

Juvenalis ³⁾ meent dat alleen de rijken in Rome behoorlijk kunnen slapen, en hij vermeldt hoe zelfs Nero's generaal Drusus niet kon slapen onder het lawaai dat de wagens in de nauwe, bochtige straten van de oude stad maakten. In zijn brieven aan Sparsus beklagt Martianus ⁴⁾ zich over het lawaai dat de bakkers en de koperslagers al voor dag en dauw maken, terwijl hij zich uitermate opwindt over een Romeinse geldwisselaar die de hele dag door opschepperig met geld

op z'n vieze oude tafel zit te rinkelen. Het meest irritant van alles vindt hij echter nog het nachtelijk gerammel met potten en pannen waarmee de Romeinse bevolking tijdens een maansverduistering de kwade geesten tracht te verdrijven.

Dan schijnen een aantal rustige eeuwen te zijn gevolgd, want hoewel er reeds in de middeleeuwen processen over het lawaai op de arbeidsplaatsen zijn gevoerd ⁵⁾, vinden we eerst bij Ramazzini ⁶⁾ in het begin van de achttiende eeuw een omschrijving van beroepsmatige doofheid. Hij veronderstelt dat de gehoorvermindering of algehele doofheid die optreedt bij koperslagers op latere leeftijd, een gevolg is van het onophoudelijk gehamer waarbij ze hebben moeten werken en dat dit hun gehoororgaan heeft beschadigd.

Ofschoon men in Londen al omstreeks 1800 klaagt over het straatlawaai ⁷⁾, dateert het eerste politie-ingrijpen in die stad toch pas van 11 september 1829 ⁸⁾, wanneer de agenten op last van de Lord-Mayor de paarden van een passerende diligence bij de teugels grijpen en daarmee voorkomen dat de kerkdienst nogmaals door verkeerslawaai wordt onderbroken.

In 1860 wordt in de „Lancet” officieel de vraag gesteld: „Can anyone of your readers suggest a remedy for preventing hearing loss by rifle-shooting?” Een antwoord van één van de lezers verschijnt enige nummers later: „Put cotton in your ears!”

Deze opsomming van klachten over geluid door de eeuwen heen, doet vermoeden dat geluidsbestrijding reeds lang de volle aandacht heeft gehad. Dat is echter bepaald niet het geval. Geluidsoverlast, mits binnen redelijke grenzen, veroorzaakt namelijk geen direkt aantoonbare schade zoals dat het geval is bij watervervuiling, waardoor massale vissterfte kan optreden of bij luchtvervuiling, waarbij vuil soms op auto's en wasgoed neerslaat of ernstige corrosie van metalen optreedt. Bovendien is de invloedssfeer van de enkele geluidsbron klein tengevolge van de snelle uitbreiding in de atmosfeer en de daarmee gepaard gaande „verdunning” van het geluid. Daarnaast treedt, door demping in de atmosfeer waarin zich op kleine schaal onomkeerbare compressie- en expansieverschijnselen voordoen, een omzetting van geluidsenergie in warmte op, welke bij niet te lage frequentie zeer aanzienlijk is.

Niettemin moeten wij geluidsoverlast steeds meer gaan zien als de derde vorm van vervuiling, die naast lucht- en watervervuiling ons leefmilieu steeds sterker dreigt aan te tasten.

In de thermodynamica bestaat een uit de tweede hoofdwet en de wet tot behoud van energie afgeleide regel, die stelt dat we alleen dán de hoogwaardige mechanische energie uit een bepaalde hoeveelheid thermische energie kunnen vormen, indien we daarbij accepteren dat er als bijproduct warmte van lage temperatuur ontstaat, die we zullen moeten afvoeren. De hoeveelheid thermische energie die we in mechanische energie kunnen omzetten, neemt toe indien we de kwaliteit van het afvalproduct, dat is de temperatuur waarbij de af te voeren warmte vrij komt, verlagen. Het bestaan van een dergelijke regel bij de fysische en chemische processen begint steeds duidelijker te worden: het blijkt onmogelijk om een beschikbare hoeveelheid grondstoffen geheel in volwaardige produkten om te zetten; steeds zal men moeten accepteren dat er ook ongewenste bijprodukten worden gevormd die ten koste van offers naar de omgeving moeten worden afgevoerd. Steeds meer gaat ons succes afhangen van de mate waarin het ons lukt om de afvalprodukten die lucht en water vergiftigen op onschadelijke wijze af te voeren.

Hoe kunnen wij nu geluidsoverlast bestrijden, anders dan door het uittrekken van de vijgebomen van de schuldigen, de pest te verspreiden of andere soortgelijke drastische maatregelen?

Daartoe moet ik iets meer zeggen over het wezen van het geluid en van onze geluidsopnemer, het oor.

Het gehoororgaan diende de mens in het begin van zijn evolutie vooral om hem te waarschuwen tegen dreigend onraad. Wij worden daarom geboren met een ongelooflijk gevoelige trillingsopnemer in ons hoofd; maar we missen de mogelijkheid om hem af te sluiten, zoals het geval is met het oog. Het oor blijft dan ook zelfs tijdens onze slaap praktisch onverminderd in functie.

De meeste mensen tot ongeveer 25 jaar kunnen nog geluid waarnemen indien de energie daarvan slechts één miljoenste deel van een miljoenste Watt per vierkante meter bedraagt. Daarentegen zijn geluidsenergiestroomdichtheden van 100 W/m^2 ook nog zonder al te veel pijn te weerstaan.

Het gebruik van een lineaire meetschaal over zo'n wijd gebied zou in hoge mate onpraktisch zijn, en men heeft al snel de „Bel” gedefinieerd als de Briggse logaritme van de verhouding van het overgebrachte akoestische vermogen tot een referentiewaarde welke ligt in de buurt van de onderste gehoor grens van jonge mensen voor tonen van 1000 Hz, 10^{-12} Watt per vierkante meter.

In een vloeibaar of gasvormig medium, waaraan een verandering van een mechanische grootte met de tijd wordt opgedrongen, zal die verandering zich door middel van een longitudinale golfbeweging door het medium voortplanten. De deeltjes van het medium gedragen zich zoals omschreven is in de tweede wet van Newton, kracht = massa maal versnelling. De stelling dat er geen massa kan worden gecreëerd of in het niets kan verdwijnen, leidt tot een verband tussen de toename van de dichtheid met de tijd enerzijds en variaties van dichtheid en snelheid in de omgeving anderzijds, een regel die bekend is onder de naam continuïteitswet. Daarbij zullen de dichtheid, de druk en de temperatuur in een onderlinge relatie blijven staan, die kan worden weergegeven door de toestandsvergelijking van de beschouwde stof, voor ideale gassen bekend onder de naam „Wet van Boyle-Gay Lussac”.

Met een aantal niet al te onacceptabele vereenvoudigingen en benaderingen vinden we dan dat voor een vlakke of zich bolvormig uitbreidende golf de afwijking van de deeltjesnelheid van de gemiddelde waarde proportioneel is aan en in fase is met de overeenkomstige grootte van de plaatselijke druk. De evenredigheidsconstante is het produkt van de gemiddelde waarde van de dichtheid en de gemiddelde waarde van de geluidssnelheid, ρc . Wanneer we ons nu beperken tot een vlakke golf welke in één richting loopt, zien we dat het effectief per oppervlakte-eenheid en per tijdseenheid getransporteerde vermogen

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T p \cdot u \, \delta t = P_{\text{eff}} \cdot U_{\text{eff}} = \frac{P_{\text{eff}}^2}{\rho c} \text{ is.}$$

Drukvariaties zijn aanzienlijk eenvoudiger te meten dan energiestroomdichtheden en men heeft reeds bij het ontwerp van de eerste geluidsmeetapparatuur in 1933 ⁹⁾ gestandaardiseerd op een effectieve geluidsdruk. Voor de waarde van P_{eff} neemt men tegenwoordig $2 \cdot 10^{-5}$ Newton per vierkante meter, wat voor lucht bij normale atmosferische condities maar een paar procent afwijkt van de waarde die we, uitgaande van het bovengenoemde referentievermogen zouden hebben gevonden.

Hoewel ik daarmee dreig te ver af te wijken van de werktuigkundige aspecten van de fysische en chemische procesindustrie, ben ik voor een goed begrip van het volgende genoodzaakt eerst nog iets meer te zeggen over het menselijke gehoororgaan. Men onderscheidt het uitwendige, het inwendige, en het middenoor. Het uitwendig oor

bestaat uit de oorschelp, de gehoorgang en het trommelvlies. De gehoorgang heeft (gemiddeld over een groot aantal proefpersonen) een lengte van 27 millimeter. Wanneer we de gehoorgang opvatten als een „kwart-lambda buis” (een gesloten orgelpijp), dan kunnen we de eigen-frequentie berekenen op rondweg 3200 Hz. Daarmede wordt het verklaarbaar dat de gehoorgang als versterker werkt voor luchttrillingen met frequenties van 2000 tot 5000 Hz. De maximale versterking is ongeveer 10 decibel.

Het inwendig oor bestaat uit een zeer gecompliceerd orgaan ter grootte van de top van Uw pink, het slakkehuis. Het trilling-overdragend medium daarin is een vloeistof, waarvan de impedantie, dat is dichtheid maal de geluidssnelheid erin, aanzienlijk groter is dan die van lucht. Om te voorkomen dat de aan het trommelvlies medegedeelde informatie grotendeels wordt gereflecteerd, hebben we een „impedantie-aanpassing” in de vorm van de middenoorbeentjes, hamer, aambeeld, en stijgbeugel. Daar de verhouding van de impedantie van de lymfeachtige vloeistof in het slakkehuis en die van lucht ongeveer 3700 is, zou de effectieve overbrengverhouding, dat is de hefboomverhouding vermenigvuldigd met de verhouding der werkzame oppervlakten van trommelvlies en ovale venster, de wortel uit 3700, dus ongeveer 60 moeten zijn. Het hoogst opmerkelijke feit doet zich nu voor dat dit voor het oor van een kat heel aardig uitkomt, maar voor het oor van een mens niet.

De verhouding van de werkzame oppervlakten bedraagt bij de mens ongeveer 14, de hefboomverhouding 1,31 wat het geheel op 18 in plaats van de eerdergenoemde waarde van ca. 60 brengt.

Daarnaast blijkt er dan nog een sterke frequentie-afhankelijkheid te zijn; bij 100 Hz is het transmissieverlies 14,6 dB, bij 1600 Hz slechts 4,3¹⁰⁾.

Ten aanzien van het uitermate interessante inwendige oor moet ik helaas veel te kort zijn. Velen van U kennen de namen van de geniale fysioloog, later natuurkundige, Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz en van de tenminste evenzeer capabele natuurkundig ingenieur, later fysioloog George von Békésy. Von Békésy heeft aan de hand van jarenlang onderzoek aangetoond dat de oorspronkelijke resonantietheorie van Von Helmholtz niet klopt. Het bleek dat één van de vliezen die het slakkehuis in de lengterichting delen, het slechts 4/100ste tot een halve millimeter brede basilaire membraan, in trilling komt. De plaats waar de grootste amplitude van dit vlies optreedt, is bepalend voor de toon die we horen.

Het feit dat deze *fysicus* in 1961 de Nobelprijs voor de *Geneeskunde* kreeg onderstreept nog eens het belang van een nauwe samenwerking tussen de beoefenaren van een verklarende wetenschap zoals de techniek en de beoefenaren van een observerende wetenschap zoals de geneeskunst. Ook op het gebied van de lucht- en watervervuiling liggen er vele vraagstukken waarvan het technische aspect (welke stoffen moet ik lozen) en het medische aspect (hoe werken ze op mijn lichaam en hoe maak ik ze dus onschadelijk) dermate nauw met elkaar zijn verbonden, dat een volledige integratie van technici en medici hiervoor een absolute noodzaak is. De vraag of een eventuele achtste medische faculteit wel of niet met een technische hogeschool moet worden verbonden, lijkt voor een vooruitziend bestuursambtenaar dan ook geenszins moeilijk te beantwoorden.

Ik heb U iets over het oor moeten vertellen om U duidelijk te maken waarom sommige geluiden zoveel luider of onaangener klinken dan andere, die mogelijk een kleinere energiestroom veroorzaken. Ik heb U verteld dat lage frequenties in ons gehoororgaan worden gedempt en die van 2000 tot zo'n 5000 Hz in onze gehoorgang worden versterkt. Bijgevolg kunnen we, indien we geluiden op subjectieve wijze willen vergelijken, geen genoegen nemen met het meten van de geluidsdruk alléén, maar moeten we een correctie aanbrengen voor het frequentiepatroon. Reeds in 1933 is door de fysiologen Fletcher en Munson aan de hand van een groot aantal proefpersonen experimenteel vastgesteld op welke wijze wij tonen van gelijke sterkte maar verschillende frequentie moeten corrigeren, opdat ze op de mens de indruk maken even luid te zijn¹¹⁾. Willen we nu de subjectieve sterkten van verschillende geluiden meten, dan brengen we in onze meetapparatuur een elektrisch filter aan, waardoor we de versterking in ons instrument frequentie-afhankelijk maken op een wijze die overeenkomt met de door Fletcher verstrekte gegevens. In het vervolg zullen we de op deze wijze gecorrigeerde geluidsterkte aanduiden in dB(A). Dit is dan een maat voor de subjectieve *luidheid* van het geluid.

De hinderlijkheid van geluid blijkt behalve van de sterkte ook van de frequentie af te hangen, maar het verband, dat bepaald is door Kryter¹²⁾, is anders dan van subjectieve luidheid. Ook hiervoor kunnen we een geschikt filter in onze meetapparatuur brengen en de daarmee gemeten geluidsdrukken zullen we aanduiden in dB(D). Dit is dan een maat voor de *hinderlijkheid* van het geluid.

Bij de allereerste geluidsmetingen, die in New York reeds omstreeks 1925 zijn uitgevoerd¹³⁾, heeft men deze moeilijkheden onbewust vermeden, omdat men de meting uitvoerde met een zeer speciale opnamer, een proefpersoon. Die moest met één oor luisteren naar het te meten geluid en met het andere naar een standaardgeluid waarvan hij de sterkte kon regelen. Het was zijn taak om op het gehoor beide geluiden even sterk te maken. Deze methode was te gecompliceerd en in 1935 komen standaardfilters in gebruik¹⁴⁾.

Het geluid komt dan zeer in de belangstelling en men gaat op de meest uiteenlopende plaatsen geluidsterkten meten. Dit trekt weer de belangstelling van de theoretici en op grond van theoretische beschouwingen komt MacLean tot de conclusie dat er op cocktailparties een kritisch aantal gasten moet zijn. Bij overschrijding van dit aantal zouden dergelijke feestjes ineens rumoerig worden. Hij suggereert dat de gastheer door het kiezen van het aantal gasten precies in de hand heeft hoe luidruchtig zijn feestje zal zijn. Dit vraagt natuurlijk om experimentele bevestiging, welke door Legget en Northwood wordt uitgevoerd¹⁵⁾.

Het resultaat is echter negatief. Volgens de metingen is de invloed van het aantal gasten, van de eigenschappen van de kamer en van het aantal en de soort der drankjes aanzienlijk kleiner dan van wat men omschrijft als de „sex of the participants”.

Deze inleiding is nodig geweest als toelichting op het probleem van lawaaihinder door fabrieken, waarover ik het vanmiddag speciaal met U wil hebben.

Dit probleem is tweeledig:

1. Lawaai binnen de fabriek, met name dus ten aanzien van het personeel.
2. Lawaai buiten de fabriek, ten aanzien van de omwonenden.

Hoewel beide aspecten zeer sterk samenhangen, is de bestrijding geheel verschillend. Binnen de fabriek zijn de geluidsniveaus (80 dB(A) of meer) vele malen hoger dan buiten (50 dB(A)) en we moeten ons niet afvragen óf, maar hoe sterk onze mensen gestoord worden door het lawaai. Of het lawaai hen doof maakt en of het hun plezier in het werk beïnvloedt. Uiteraard spreekt hier het medisch aspect heel sterk in mee.

Veel grote bedrijven zijn op het ogenblik gelukkig al zover dat men voor ieder stuk apparatuur dat men koopt niet alleen specificceert wat het ding allemaal moet kunnen doen, maar ook hoeveel lawaai het

daarbij maximaal mag maken. En hoewel het geluidsonderzoek aan apparatuur zich tot nog toe veelal heeft beperkt tot het opsporen van de bron en het inpakken of isoleren daarvan, zijn voornamelijk onder de druk van de eisen van de klant toch wel een aantal successen geboekt.

Zo heeft men bijvoorbeeld ontdekt, dat het doordringende gesnerp van cirkelzagen maar liefst 20 dB(A) kan worden vermindert door de zaag nabij de rand voldoende te verstijven en energie-absorberend materiaal op de rand aan te brengen ¹⁶⁾. Een Amerikaan die zich mogelijk eerder aan het lawaai van de grasmaaimachine van de buurman, ontdekte een duidelijk verband tussen het geproduceerde lawaai enerzijds en de snijhoek en de afmetingen van het mes anderszijds ¹⁷⁾. Inmiddels is men ook zover dat men intensief de geluid-dempende eigenschappen van konstruktie-materialen bestudeert. Gietijzer bijvoorbeeld blijkt een tien keer zo grote demping als staal te hebben, mangaan-koperlegeringen zelfs veertig maal ¹⁸⁾. Hoewel zulke legeringen zeker niet voor alle onderdelen van een machine kunnen worden gebruikt, moet voor het maken van opslagvaten, lagedrukpipen, koelhuizen van machines en dergelijke de toepassing van dit soort materialen beslist worden overwogen. Een Duitse firma heeft staalplaten ontwikkeld, die bedekt zijn met een laagje teflon. De dempende eigenschappen komen overeen met die van dik hout, en dit materiaal leent zich dan ook uitstekend voor vloerplaten rond machines, die tot op heden meestal van gewoon plaatstaal worden gemaakt maar dan wel vaak door meetrillen een enorme geluidsoverlast voor het bedienend personeel veroorzaken.

Buitenstaanders onderschatten nog te vaak de ernst van dit soort geluidsproblemen.

Toch blijkt uit een Engelse enquête in 1960 wel, dat 70% van 700 willekeurig gekozen bedrijven de geluidsoverlast in hun gebouwen als een ernstig probleem beschouwt. Behalve bij een verkoopkantoor en bij de banken had men in alle bedrijven lawaaihinder, het sterkst natuurlijk bij fabrieken van kunstzijde en van zware machines, waar *niemand* zich zonder schreeuwen verstaanbaar kan maken. Gelukkig is de situatie bij de fysische en chemische procesindustrie iets minder somber, hoewel ook hier nog ongeveer 15% van het personeel zijn longen flink moet uitzetten als men iets wil zeggen ¹⁹⁾. Hier zijn het vooral de schroefcompressoren, de pompen en ook nog wel de regelkleppen die de grootste geluids-

problemen opleveren. Nu de fabrikanten van dit soort apparatuur door hun afnemers onder druk worden gezet om rustiger apparatuur te bouwen, wordt het geluidsprobleem metterdaad aangepakt. Helaas is die aanpak in de regel nog vaak te defensief. Men probeert nog te vaak het geluidsniveau van te luidruchtige machines te verlagen door ze flink in te pakken, in plaats van het ontwerp dan wel de gebruikte materialen principieel te wijzigen. Ook realiseert men zich niet altijd voldoende dat de eigenlijke geluidsbron niet zozeer de *machine* is, als wel de daaraan verbonden pijpen. Tengevolge namelijk van de in deze pijpen optredende drukfluctuaties en de door de machine opgewekte trillingen kunnen deze pijpen een irritant geluid gaan veroorzaken. Een juist ontwerp van de verbinding tussen pijp en machine en een goede keuze van het pijpmateriaal kan ook hier op goedkope wijze een aanzienlijke verbetering geven. We moeten ons echter wel realiseren dat de geluidsproductie van twee ogenschijnlijk identieke machines door minieme verschillen in afwerking enorm in aard en sterkte kan verschillen. Als de ene machine rustig is en een geluidsniveau van bijvoorbeeld 70 dB op één meter afstand veroorzaakt, zal de andere, indien hij slechts 1/6000ste PK méér in geluid omzet dan de eerste, op de overeenkomstige plaats een niveau van 100 dB veroorzaken.

Een licht bromfietsmotortje van slechts 1 PK kan alle geluidsnormen voor bromfietsen overschrijden, indien nog minder dan 1/100ste procent van zijn vermogen volledig in geluid wordt omgezet.

De vermindering van geluidsniveaus in fabrieken vereist dus een zeer precieze benadering en degelijke voorbereiding. De Franse Nationale Elektriciteits Maatschappij E.D.F. bijvoorbeeld, doet voor iedere nieuwe centrale een volledig onderzoek naar de te verwachten geluidsterkten²⁰). Dit onderzoek moet zijn voltooid uiterlijk drie jaar voordat de centrale in bedrijf moet komen. Zo blijft er dan nog voldoende tijd over om zonodig extra geluidsrestricties op de aan te schaffen apparatuur te leggen. Aangezien de beschikbare tijd voor het ontwerpen en bouwen van een fabriek voor een fysisch of chemisch proces in de regel korter is dan drie jaar kan men deze procedure voor dit soort fabrieken uiteraard niet volgen. Anderzijds scheidt de gehele of gedeeltelijke duplicatie van dit soort fabrieken de mogelijkheid om de te verwachten geluidsniveaus te meten in plaats van door berekening te voorspellen en voorgestelde correcties zelfs vooraf te testen.

Wij komen nu aan de tweede zijde van ons geluidsprobleem en wel de overlast voor de omwonenden van de fabriek.

Wat dit betreft worden de fysische en chemische procesindustrieën soms als *de* grote lawaaimakers beschouwd. Op zichzelf is dit niet zo onbegrijpelijk, want voor deze kapitaalintensieve bedrijven is kostprijsverlaging het doeltreffendst te verkrijgen door vergroting van de eenheden. De uitbreiding van de industrie tezamen met de uitbreiding van de woongebieden heeft tot gevolg dat de onderlinge afstand steeds vermindert en het ontstaan van een konflikt ligt dan voor de hand.

Een berucht onderdeel van een petrochemische fabriek is de flare, die in populair Nederlands vaak de „eeuwige vlam” wordt genoemd. Dit is een onderdeel van de fabriek dat absoluut noodzakelijk is als men de veiligheid van de fabriek voor personeel en omgeving wil kunnen garanderen. Normaal brandt hierop slechts een waakvlam, maar indien in de fabriek een noodsituatie ontstaat en brand of explosiegevaar dreigt, moet men het ter plaatse aanwezige brandbare materiaal onmiddellijk kunnen afvoeren naar een veiliger locatie. En wat is veiliger dan het op enige afstand van de fabriek, 80 meter hoog in de lucht te verbranden?

U begrijpt dat zo'n flare een enorme „turn-down” moet hebben, wat wil zeggen, dat zijn maximale en minimale capaciteit zich moet kunnen verhouden als wel 30 : 1. Om te voorkomen dat bij grote belastingvariaties door gebrek aan zuurstof roet wordt gevormd, dat neerslaat op wasgoed en auto's in de omgeving, wordt stoom ingeblazen. Dit inblazen van stoom gaat echter gepaard met lawaai, en men moet nu nog kiezen tussen twee kwaden: een continue geluidsbelasting van 65 dB(A) op 100 m of het risico accepteren dat men van tijd tot tijd een zeer lumineuze roetende vlam op de flare-stack heeft staan.

Een ander voorbeeld van een situatie waarin een compromis moet worden gezocht tussen lucht- en watervervuiling en geluidshinder is het kiezen van de koeling van een raffinaderij. Aan de aanvang van mijn rede is de noodzaak van het afvoeren van warmte van lage temperatuur aan de orde geweest. Wij hebben de keuze tussen warmteafvoer door middel van water of door middel van lucht. Het afvoeren van koelwater naar een rivier heeft als groot nadeel dat, bij lekkage van apparatuur, vervuiling en mogelijk zelfs vergiftiging van de rivier kan optreden. Bovendien kan door temperatuurverhoging van het water het thermisch-biologisch evenwicht van de

rivier flink worden verstoord. Als alternatief heeft men dan lucht-coeling. De hiervoor benodigde apparatuur vertoont veel gelijkenis met een autoradiateur. De te koelen vloeistof stroomt door een bundel van pijpen waarvan het uitwendig oppervlak door ribben is vergroot. Langs deze pijpen wordt lucht geblazen. Er is nu geen kans op watervervuiling maar het laagfrequente stromingsgeruis kan men op enige afstand waarnemen, zeker indien men zich hoger dan de fabriek en in een zeer rustige omgeving bevindt, zoals dat het geval kan zijn in een bergachtige omgeving.

Bij de bouw van nieuwe installaties tracht men van het begin af de apparatuur zodanig op te stellen dat een minimum aan geluid naar buiten kan treden. Apparatuur wordt besteld mede op grond van het door de fabrikanten gegarandeerde maximale geluidsniveau en voor zover mogelijk zal men de apparatuur zó opstellen dat lawaaimakers worden afgeschermd door betrekkelijk grote, geluidsarme onderdelen zoals opslagtanks of met geforceerde trek gestookte buisovens, of men zal om de fabriek een 30 meter brede gordel van bomen planten. Voor die gevallen waarin zowel de geluidsbron als de waarnemer zich op de grond bevinden, kan men dan wel van succes spreken. We hebben dan alleen nog wel het probleem van de flare die om veiligheidsredenen ver naast en boven de andere apparaten moet worden gebouwd en waarvan bovendien de afscherming te enen male onverantwoord is.

Ik verwacht dat uit mijn betoog wel is gebleken dat de industrie deze geluidsproblemen over het algemeen wel erkent en tot oplossing tracht te brengen. Uiteraard is dat mede in haar eigen belang in verband met vestigingsvergunningen en dergelijke zaken.

Het is dan ook te betreuren dat bijvoorbeeld de luchtvaart deze houding nog niet tot de hare heeft gemaakt, want weliswaar tracht de industrie in het algemeen te voldoen aan geluidsnormen van minder dan 65 dB(A), doch ongestoord door een efficiënte wetgeving daveren dagelijks straalverkeersvliegtuigen met een geluidsniveau van omstreeks 100 dB(D) of meer over hun „rustige” fabrieken. Ook dit zijn lawaaimakers van de eerste orde, die echter door een merkwaardige ontwikkeling van de Nederlandse wetgeving althans juridisch onbeperkt hun gang kunnen gaan ²¹⁾. Door een iets andere startprocedure, die op vele buitenlandse luchthavens door de autoriteiten is vereist, zou men in de sterkst gehinderde gebieden in Nederland het geluidsniveau aanzienlijk kunnen verlagen. Helaas zijn

dezelfde luchtvaartmaatschappijen, die zich in het buitenland aan die voorschriften houden, niet bereid om vrijwillig ook boven ons land zulke starts uit te voeren.

Dit brengt mij nu nog even op de rechtskundige aspecten van geluidshinder.

In ons land is er op echt nationale wijze wel veel over lawaai gepraat, doch op een enigszins georganiseerde wijze is er toch nog weinig tegen ondernomen. In New York bijvoorbeeld kende men reeds in 1929 de „New York City's Noise Abatement Commission”, welke sinds haar oprichting op gezette tijden een geluidsoverzicht van de gehele stad maakt ²²⁾. Op grond daarvan doet men verwoede pogingen om de stad rustiger te maken. Na 1952 kan men inderdaad perioden aantonen waarin een vermindering van het geluidsniveau is bereikt, ondanks de toename van het verkeer in die jaren. Soortgelijke uitvoerige geluidsmetingen zijn uitgevoerd in Chicago, Charlottenburg, Düsseldorf, Dortmund en vele andere grote industriesteden. In 1960 is een zeer uitgebreid onderzoek over geheel Central London uitgevoerd. Bij 84% van de 540 meetpunten bleek het verkeerslawaai de overheersende factor te zijn, in slechts 7% van de gevallen was industrielawaai overheersend. Men dient hierbij wel te bedenken dat Central London geen industriegebied is. Een geluidsenquête die men in 1961 in de omgeving van London Airport uitvoerde onder 1400 mensen, komt echter voor wat de subjectieve waarneming van lawaai betreft, ten aanzien van de industrie op hetzelfde neer. 7% van de mensen voelen zich als ze thuis zitten, gestoord door industrielawaai, 9% door lawaai van vliegtuigen en 36% door verkeerslawaai ²³⁾.

Dergelijke enquêtes zijn meer dan alleen maar een administratieve aangelegenheid. Door grote groepen mensen te vragen hoe lawaaiërig ze hun omgeving vinden, kan men geluidsniveaus aangeven die voor bijvoorbeeld 60% van de mensen acceptabel zijn. Op grond daarvan is men in een aantal landen van Europa gekomen tot het vaststellen van toelaatbare geluidsterkten in industrie-, woon- of recreatiegebieden, ofwel tot het indienen van wetsontwerpen, waarvan we kunnen verwachten dat ze binnen afzienbare tijd zullen worden aangenomen ²⁴⁾. Hier en daar dreigt men dan wel de fout te maken alleszins acceptabele geluidsniveaus voor te schrijven, echter zonder de praktische toepasbaarheid ervan te verifiëren, waardoor de eisen onhaalbaar zwaar zijn uitgevallen (35 dB(A)). Hun toepassing is dan niet te verenigen

met de vaak ook gewenste verdere industrialisatie, waardoor ontheffing moet worden verleend en de gedachte die achter het voorschrift zat, verder niet ten uitvoer kan worden gelegd. Daar de Raad van Europa zich nu ook op dit terrein gaat begeven en men wel tot algemeen acceptabele normen zal komen, lijkt dit probleem in de naaste toekomst echter ook te worden opgelost ²⁵).

In Nederland is ondertussen van een ontwikkeling naar wettelijke geluidsnormen maar beperkt sprake geweest. Aanvankelijk heeft ons land bepaald de toon aangegeven, waar het 't vaststellen van acceptabele criteria betreft. Reeds in 1959 werden door Kosten en Van Os ²⁶) aan de Internationale Organisatie voor Standaardisatie (ISO) criteria voorgesteld voor „Community Noise” . Ook de bekende Noise Rating Curves van de ISO, een van de belangrijkste pijlers waarop een vergelijkend geluidsonderzoek moet staan, zijn door Kosten en Van Os opgezet en door de ISO tezamen met de „Community Noise Criteria” voor internationaal gebruik aanbevolen ²⁷).

Reeds in 1958 deed Van Os geluidsmetingen aan een groot aantal bromfietsen, waarbij hij vaststelde dat 75 dB(A) op 7 meter afstand een geluidssterkte is, waarbij een bromfiets door de waarnemer nog niet als extreem lawaaiërig werd beschouwd, terwijl toentertijd 50% van de in het verkeer opgenomen bromfietsen aan deze norm voldeed. Sedert enige jaren kent de Wegenverkeerswet geluidsnormen voor bromfietsen en voertuigen. Niettemin verkrijgt men de indruk dat, mogelijk omdat regeringen van omliggende landen geluidsbewuster zijn geweest, Nederland zijn oorspronkelijke voorsprong heeft verloren.

Wellicht is dit ook een gevolg van de juridisch unieke situatie waarin wij ons bevinden doordat wij hier een Hinderwet hebben. In de huidige versie verbiedt deze wet het op zijn perceel hebben van bepaalde inrichtingen, welke buiten de plaats waar zij zijn gevestigd, gevaar, schade of hinder kunnen voortbrengen, tenzij hiervoor een vergunning is afgegeven door het gemeentebestuur. Wanneer iemand hinder ondervindt van een inrichting die een vaste plaats inneemt, kan hij het College van Burgemeester en Wethouders van zijn woonplaats verzoeken om op grond van art. 26 van de Hinderwet voorwaarden aan de desbetreffende inrichting te stellen. Daarnaast kan een actie tot schadevergoeding worden ingesteld, maar daarvoor is het nodig dat óf het lawaai tot een zekere vermogensschade heeft geleid (bv. tot beschadiging van de aan de eiser behorende goederen dan wel

heeft geleid tot een min of meer voortdurende vermindering van het genot van die goederen) óf het lawaai moet hebben geleid tot aantoonbaar lichamelijk of geestelijk letsel. Zolang in Nederland geen geluidsnormen zijn vastgesteld, zullen andere gerechtelijke acties weinig succesvol blijken ²⁸⁾.

Het voorstel van de nieuwe Veiligheidswet bevat ten aanzien van het maximaal toelaatbare geluidsniveau in fabrieken gelukkig acceptabele normen, wat als een grote stap in de goede richting mag worden gezien. Aangezien vliegtuigen zich niet op een vaste plaats bevinden, vallen zij niet onder de Hinderwet. Geluidsnormen voor vliegtuigen zouden door een wijziging in de Luchtvaartwet moeten worden doorgevoerd. In zijn rede voor de Koninklijke Academie voor Wetenschappen noemt Beekhuis ²⁸⁾ de mogelijkheid om geluidsnormen voor vliegtuigen bij Algemene Maatregel van Bestuur in te voeren. Op 12 februari 1968 is de Commissie ter Voorbereiding van Wetsvoorstellen ter Bestrijding van Geluidhinder door Vliegtuigen in het leven geroepen. Laten wij hopen dat deze Commissie binnen afzienbare tijd een acceptabel advies aan de Minister zal geven.

Ten aanzien van het verkeerslawaai is de toestand ook nog onbevredigend. TNO adviseerde reeds omstreeks 1960 om de norm voor bromfietslawaai op 70 dB(A) te stellen met een overgangperiode van vijf jaar. Onder druk van de RAI is de voorgeschreven waarde nu 77 dB(A), in geluidsenergie gemeten dus vijfmaal zo hoog.

Daarbij komt dat de voorgeschreven meetprocedure voor een niet-technisch politieagent ingewikkeld is, de beschikbare apparatuur is bovendien beperkt. In Amsterdam is bijvoorbeeld slechts één geluidsmeter beschikbaar. Alleen de meest knetterende bromfietsen overschrijden de norm met een paar dB(A). Daar men echter pas wil bekeuren, indien de toelaatbare waarde met meer dan enkele dB(A)'s wordt overschreden, zullen bromfietzers maar uiterst zelden op grond van een te hoge geluidssterkte van hun voertuig worden geverbaliiseerd. De politie moet zich meestal beroepen op artikel 13 van het Wegenverkeersreglement, dat eist dat men zich uitsluitend op de weg begeeft men een voertuig dat deugdelijk is. Het zou daarom ten zeerste gewenst zijn, indien de duidelijk te hoog gestelde norm van 77 dB(A) zou worden teruggebracht op de 70 dB(A), welke door TNO werd geadviseerd. Daar de meeste bromfietsen die zich nu op de weg bevinden, aan deze norm voldoen, schept dat dan de mogelijkheid de allerluidste bromfietsen uit het verkeer te weren.

Ten aanzien van motorvoertuigen is de norm gesteld op 83 dB(A) op

7,50 m afstand. Ook hier is de voorgeschreven meetmethode en de beschikbare apparatuur er de oorzaak van dat de politie slechts op grond van art. 13 W.V.R. verbaliseert.

Zowel de industrie als de particulieren zouden erbij gebaat zijn wanneer er een wettelijke regeling zou worden opgesteld die voor iedereen acceptabele geluidsnormen voorschrijft. Nu er geen duidelijke criteria zijn vastgelegd, zal de welwillende fabrikant dure, geluidsbeperkende maatregelen nemen zonder een goed oordeel te hebben tot hoever hij redelijkerwijs gaan moet. Zijn concurrentiepositie wordt door zijn extra kosten ten opzichte van zijn minder geluidsbewuste concurrent zwakker. Daarbij blijft hij nog steeds het risico lopen dat, indien een erg precieze buurman zich ernstig gehinderd blijft voelen, zijn vergunning ingevolge de Hinderwet toch wordt ingetrokken. De particulier is gebaat bij geluidsnormen, omdat hij eenvoudig zal kunnen vaststellen of zijn klachten wel of niet gegrond zijn. Daarnaast vrijwaren zij hem voor een onvoorziene waardevermindering van zijn onroerend goed, indien nieuwe industrie zich in zijn omgeving vestigt. Wij moeten ons echter wel realiseren dat alle kosten van geluiddempende maatregelen tenslotte door ons, als consumenten, zullen worden gedragen. Het invoeren van al te strenge normen leidt naast een garantie voor rust op den duur toch vaak voor ons zelf tot een te hoge financiële belasting.

Uit alles wat ik nu vanmiddag gezegd heb, is hoop ik wel gebleken dat geluidshinder door zijn grote sociale consequenties een zaak is die ons allen aangaat. De geluidsbestrijding moet daarom snel en met kracht worden aangepakt. De uitvoering zal blijven liggen bij industrie en verkeer, maar de wetenschap zal hen met diepgaande studies moeten steunen. Het is één van de plichten van het technisch en het medisch hoger onderwijs om hierin actief deel te nemen.

Geachte toehoorders,

Bij de aanvaarding van mijn ambt betuig ik thans allereerst aan Hare Majesteit de Koningin mijn dank voor haar besluit mij tot gewoon hoogleraar aan deze Technische Hogeschool te benoemen.

Mijne Heren Curatoren,

Voor het vertrouwen waarvan Uw voordracht voor deze benoeming blijk heeft gegeven, ben ik U zeer erkentelijk. Ik zal er naar streven dit vertrouwen waardig te zijn.

Mijnheer de Rector Magnificus, Mijne Heren leden van de Senaat,

Ik ben getroffen door de gastvrijheid waarmede U mij in Uw midden hebt ontvangen. Ik beschouw het als een groot voorrecht in Uw kring te zijn opgenomen en ik stel mij van een goede samenwerking veel voor.

Mijne Heren Medewerkers van de Afdeling der Werktuigbouwkunde,

Ik vertrouw ten volle op Uw steun en hulp die het mij mogelijk zullen maken te werken in het belang van Wetenschap en Onderwijs.

Hooggeleerde Blok,

Hoewel wij elkaar sedert het tijdstip waarop ik van U mijn ingenieursbul ontving, slechts nog sporadisch hebben ontmoet, heeft Uw rustige en diepzinnige wijze van werken, Uw enorme werklust, onfeilbaar geheugen, en veelzijdige interesse een diepe indruk bij mij achtergelaten. Ik dank U zeer voor hetgeen ik van U heb mogen leren en ik hoop in de toekomst aanzienlijk vaker met U van gedachten te kunnen wisselen dan in het verleden het geval was.

Hooggeleerde Schmid,

Ik stel er prijs op U van deze plaats af te danken voor de opmerkelijk prettige wijze waarop U het totstandkomen van mijn verbintenis met deze Technische Hogeschool hebt begeleid. Het spijt mij dat U hebt besloten Uw functie binnenkort neer te leggen, want Uw innemende persoonlijkheid heeft gemaakt, dat ik mij veel heb voorgesteld van een langdurige samenwerking.

Mijne Heren Directeuren en Medewerkers van de B.I.P.M. N.V. en van het Koninklijke|Shell Laboratorium Amsterdam,

Na de afwisselende en voorbij gevlogen jaren waarin ik eerst op het laboratorium Amsterdam en later op het Centraal Kantoor mijn werk heb mogen uitvoeren, wil ik bij het aanvaarden van deze nieuwe werkkring allereerst mijn dank uitspreken voor het vertrouwen dat U steeds in mijn werk hebt betoond en de hoge mate van zelfstandigheid die U mij hebt vergund.

Mijn collega's en medewerkers ben ik ten zeerste dankbaar voor de prettige samenwerking en voor het vele dat ik in de loop van tien jaren van hen heb mogen leren.

Dames en Heren Studenten,

Een zeer veelzijdige opleiding is vereist voor de werktuigkundige inrichting van fysische en chemische procestechnieken. Veelal zijn de chemische en vooral de fysische grondslagen van de te ontwerpen apparatuur dermate belangrijk dat het werktuigkundig aspect, het zuivere bouten- en moerenwerk, vaak op de achtergrond lijkt te raken. Soms ook zal men zijn werktuigbouwkundig vakmanschap ten volle moeten bewijzen bij het konstrueren van apparatuur voor processen die zich onder een zeer hoge druk afspelen of die uiterst corrosieve materialen betreffen. Bovendien wordt een steeds groter sociaal bewustzijn vereist van degenen die dit vak als beroep hebben gekozen, want het kan niet worden ontkend dat de fysische en chemische procesfabrieken potentieel milieubedervers van formaat zijn.

Slechts door zeer veel inventiviteit en gedegen vakkennis kunnen we de lucht- en waterverontreiniging en de geluidsoverlast binnen aanvaardbare grenzen houden. Ik hoop dat ik leiding mag geven aan U die het verkrijgen van een uitgebreide, diepgaande kennis en de vorming tot een goed ingenieur als hoofddoel van de studie beschouwt. Ik verheug mij er op te mogen bijdragen aan Uw opleiding.

Ik dank U voor Uw aandacht.

Literatuuropgave:

- 1) Pritchard, J. B. (editor) „Ancient Near Eastern texts relating to the Old Testament”, Princeton University Press, 1950 pag. 104 t/m 106.
- 2) Horatius, Boek II, brief II, vers 65 e.v.
- 3) Juvenalis, 3e satire vers 231 t/m 240.
- 4) Martianus, 12e satire, vers 57.
- 5) Sader, M. „Lautheit und Lärm, gehörpsychologische Fragen der Schallintensität”. Verlag für Psychologie, Hogrefe, Göttingen 1966.
- 6) Ramazzini, Bern. „De Morbis Artificum Diatriba”. Van de Water, Academiae Typographum, Ultrajecti (Utrecht) 1703.
- 7) Anonymous, The Lancet 217, 21 sept. 1929, pag. 619, 620.
- 8) London Times, 11 september 1829.
- 9) Anonymous, „Proposed standards for noise measurement”. j.a.s.a. 5 (Okt. 1933) pag. 109 t/m 111.
- 10) Wever, E. G. en; Lawrence M. „Physical Acoustics”. Princeton University Press 1954.
- 11) Fletcher, H; Munson, W. A. „Loudness, its definition, measurement and calculation”. j.a.s.a. 5. (Okt. 1933) pag. 82 t/m 108.
- 12) Kryter, K. D. „Scaling human reactions to the sound from aircraft”. j.a.s.a. 31 (1959) pag. 1415 t/m 1429.
- 13) Free, E. E. „How noisy is New York?” Forum 75/2 (febr. '26) pag. 21 t/m 24.
- 14) Abbott, E. J. „Scales for sound measurements used in machinery noise reduction”. j.a.s.a. 6 (jan. '35) pag. 137 t/m 149.
- 15) Legget, R. F.; Northwood, T. D. „Noise surveys of cocktail parties”. j.a.s.a. 31 (1959), pag. 850.
- 16) Cudworth, A. L. „Quieting Circular saws”. Noise Control 6 (jan. '60) pag. 26 t/m 30.
- 17) Sperry, W. C.; Sanders G. J. „Quiet blades for 18-inch rotary type lawnmowers”. Noise Control 5 (May '59), pag. 162 t/m 165.
- 18) Richards E. J. „Noise Considerations in the design of machines and factories”. 52nd Thomas Hawksley lecture. Proc. Inst. of Mech. Engrs, 1965-1966, vol. 180 part I, pag. 1090 t/m 1128.
- 19) Davis, D.L. „Noise problems, industry's attitude” paper E-5 of „The Control of Noise”. Proceedings of a conference held at the NPL on 26-28 June 1961. London, Her Majesty's stationery office.
- 20) Mattei, J. „Planning for noise control of new industrial plant”. j. sound and vib. 4, no. 2 pag. 249 t/m 255.
- 21) Zonderland, P. „Geluidshinder als uitdaging van het recht”. Nederlands juristenblad 1966, no. 20 pag. 433 t/m 443 en 1966 no. 21, pag. 473 t/m 482.
- 22) Wijne, Sherley W. „New York City's noise abatement commission”. j.a.s.a. 2 (july 1930), pag. 12 t/m 17.
- 23) „Noise”, Final Report of the Committee on the problem of noise. London, Her Majesty's Stationery office, 1963 reprinted 1966.
- 24) Bormans, M. J. „The Legal aspects of Community Noise Control from oil Industry Plant”. Stichting Concauwe, The Hague. Document 3600, April 1969.

- 25) Molitor, L. „Report on noise abatement”. European Public Health Committee, third session, Strasbourg, 21 t/m 24 Nov. '67.
- 26) Kosten, C. W; and Van Os, G. J. „Community reaction criteria for external noises”. Paper F-5 van symposium genoemd onder 19.
- 27) International Organisation for Standardisation. ISO/TC 43 (secretariat 139) „Draft secretariat proposal for noise rating numbers with respect to conservation of hearing, speech communication and annoyance”. August 1961.
- 28) Beekhuis, J. H. „Geluidshinder door het luchtverkeer”. Mededelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen afd. Letterkunde. Nieuwe reeks, deel 29 no. 1. Noordhollandsche Uitgeversmaatschappij, Amsterdam 1966.