

Sound & Science: Digital Histories

Archives NAG: Publicatie No. 16 van de Geluidstichting, Zwikker, C. [1938]. Over het opnemen van acoustische voorschriften in bestekken, Delft: Geluidstichting, 1938.

<https://acoustics.mpiwg-berlin.mpg.de/text/publicatie-no-16-van-de-geluidstichting>



Scan licensed under: [CC BY-SA 3.0 DE](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/) | Max Planck Institute for the History of Science



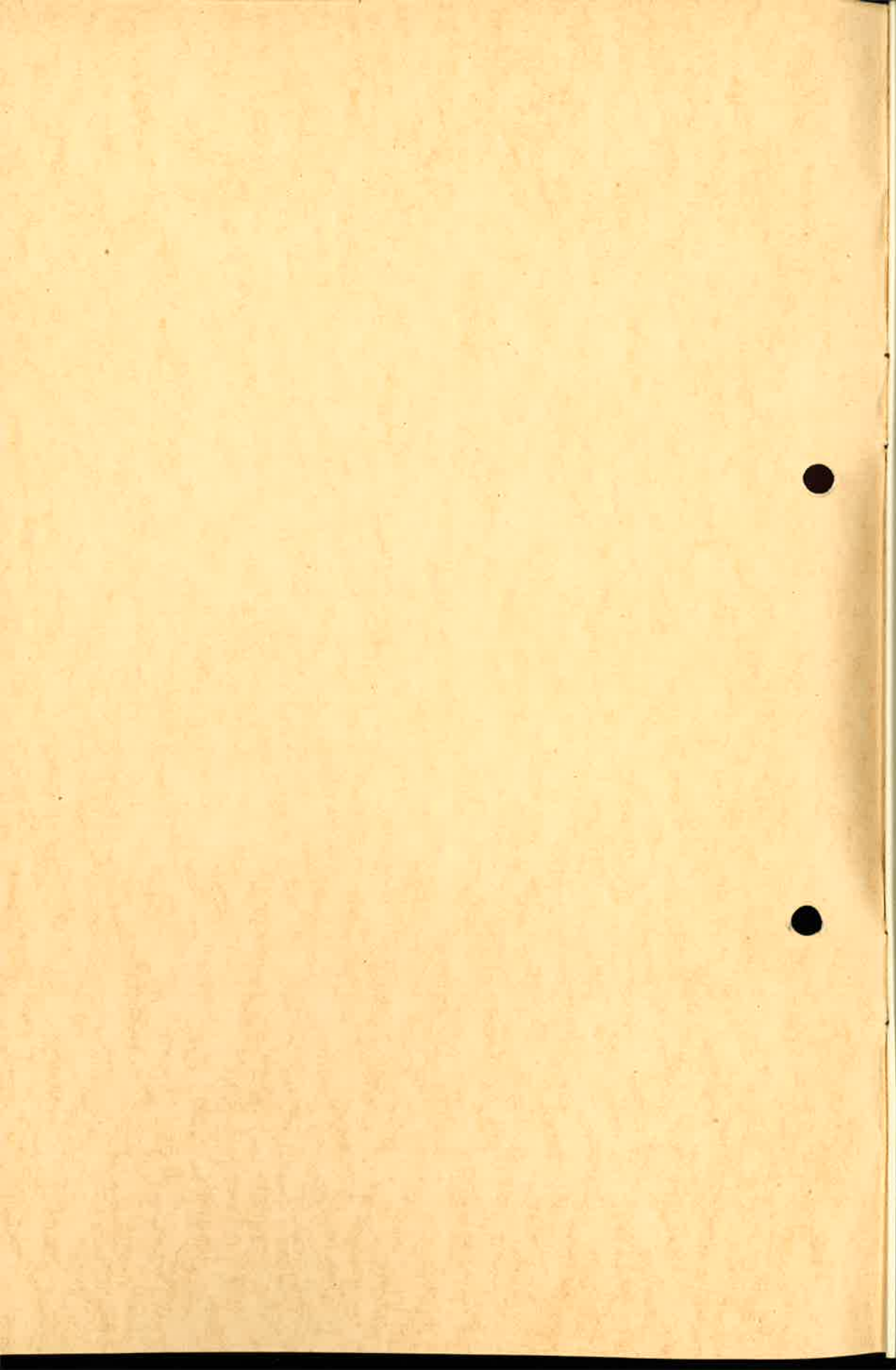
**OVER HET OPNEMEN VAN
ACOUSTISCHE VOORSCHRIFTEN
IN BESTEKKEN**

DOOR

Prof. Dr. C. ZWIKKER

PUBLICATIE No. 16
VAN DE
GELUIDSTICHTING
DELFT - HOLLAND

UITGEVERIJ WALTMAN, DELFT



OVER HET OPNEMEN VAN ACOUSTISCHE VOORSCHRIFTEN IN BESTEKKEN

DOOR

Prof. Dr. C. ZWIKKER

1. Inleiding.
2. Nagalmtijd.
3. Luchtgeluid en isolatie.
4. Contactgeluid en dreuningen.
5. Machinegeluid.

VOORWOORD.

Deze brochure is voortgesproken uit een verzoek, tot mij gekomen van de zijde van de handel, om eens in het licht te stellen, wat de aanbesteder en de bouwdirectie redelijkerwijze van den aannemer aan garanties mogen eischen in acoustisch opzicht.

Onvoldoende besef van de draagwijdte der verlangde verplichtingen zal bij aanbestedingen de onverantwoordelijk handelende firma een voorsprong geven ten opzichte van de gevestigde handelshuizen, die een goede reputatie kunnen verliezen. Bestrijding van dit euvel is de voornaamste doelstelling van deze verhandeling.

Enkele technische gegevens zijn in de vorm van figuren toegevoegd; voor het begrijpen van de tekst is geen acoustische scholing noodig. Het probleem wordt uitsluitend van de administratieve kant bekeken.

Delft, 1938.

C. ZWIKKER.

1. INLEIDING.

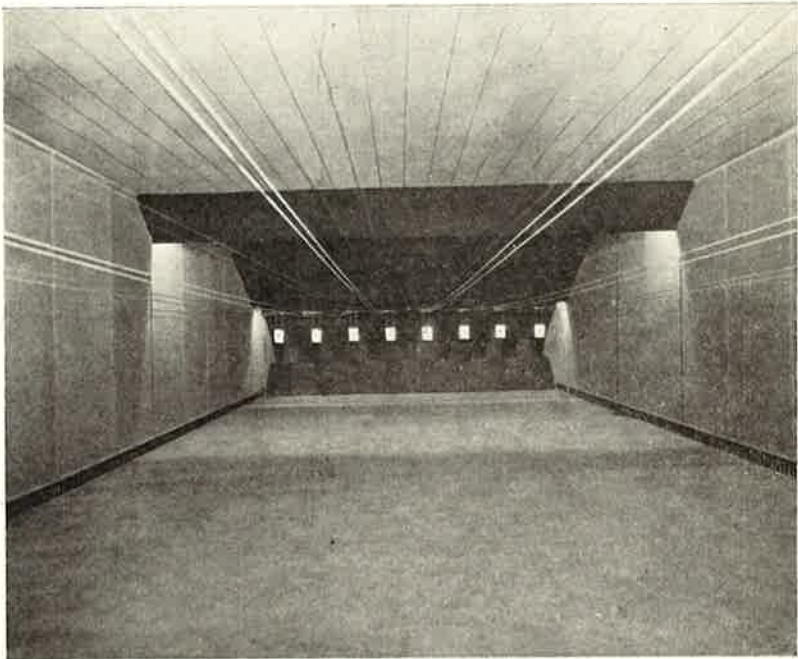
Het wordt thans algemeen erkend, dat bij het ontwerpen van gebouwen van de meest uiteenlopende aard rekening moet worden gehouden met acoustische eischen. Ongetwijfeld zijn er veel bouwwerken tot stand gekomen, waarbij noch de aanbesteder, noch de bouwdirectie zich ook maar in de verte bekommerd hebben om acoustische maatregelen en welke gebouwen toch geen aanleiding geven tot klagen. Wij kunnen de betrokkenen in zoo'n geval feliciteeren. De rubriek tegenvallers, waarbij geroutineerde bouwers plotseling voor een acoustisch fiasco worden geplaatst, wordt voortdurend met nieuwe gevallen aangevuld. Deze voorbeelden, hetzij zelf ondervonden, hetzij in hun omgeving waargenomen, brengen bouwheeren en architecten ertoe, tegenover de acoustische eischen niet langer onverschillig te staan. De vraag rijst voor beide groepen nu, hoe zij zich het beste vrijwaren tegen verrassingen van deze aard.

Voor den bouwheer is dit probleem wel iets sneller opgelost dan voor den architect. De eerste deelt den tweeden eenvoudig zijn wenschen mede en gaat over tot „de orde van de dag”. Deze mededeeling der wenschen zal in vage bewoordingen geschieden. Weinig bouwheeren zullen zoodanig op de hoogte zijn van de juiste beteekenis van de decibel of phoon, dat zij hun wenschen in een quantitatieve vorm zouden kunnen gieten. Aan den architect is het nu, deze zeer onscherpe eischen na te komen. Hij staat onmiddellijk voor een moeilijk dilemma. Is hij zeer conscientieus en neemt hij deugdelijke voorzorgsmaatregelen, dan loopt hij gevaar, zich de naam van een „duur” architect te verwerven. Gaat hij met de Fransche slag aan het werk, dan loopt hij gevaar niet te voldoen aan de door den principaal, nog wel „uitdrukkelijk” geuite wenschen.

Deze tocht tusschen Scylla en Charybdis wordt den architect bespaard, indien de bouwheer hem toestaat van het eerste begin de medewerking in te roepen van een acoustisch specialist; ofschoon dikwijls om prestige-redenen deze zaak niet ter sprake wordt gebracht, weten toch meerdere architecten, dat op deze wijze toe-

komstige onaangenaamheden tusschen bouwheer en architect worden vermeden. Ook met specialistenhulp zullen nog de financiën de grenzen aangeven voor de mogelijke constructies. De bouwheer mag er echter nu wel van overtuigd zijn, dat binnen het kader der gemaakte kosten het beste acoustische resultaat is bereikt, dat de huidige stand van wetenschap en bouwpractijk kunnen opleveren.

Bij mijn verder betoog wil ik nu aannemen, dat het bureau van de directie ter zake kundig is, hetzij door incidenteele hulp van buiten, hetzij door specialisatie van één der vaste medewerkers. Ik neem dus aan, dat men gewenschte luidheidsstanden in phoon kan opgeven, dat gewenschte isolaties in decibels worden uitgedrukt, dat men in staat is, de acoustische waarde van een gehoorzaal aan te geven door de nagalmtijd in seconden voor de verschillende toonhoogten vast te leggen. Ik neem ook aan, dat de directie in staat is, de gevolgen, vooral de financieele gevolgen, te



Geluiddemping in schietbanen met behulp van Acousti-Celotex.

overzien van een verzwaring van de acoustische eischen en dus met inachtneming van de duizend en één andere eischen, die bij een bouwwerk worden gesteld, in staat is, een programma van eischen op te stellen, dat het evenwicht houdt tusschen de kosten en de acoustische resultaten. En wel zullen wij aannemen, dat dit programma van eischen vastligt met behulp van numerieke waarden voor het aantal phoons, decibels en seconden nagalmtijd.

De uitvoering van het werk wordt opgedragen aan diverse aannemers en onder-aannemers. Het onderwerp van het onderstaande is nu beantwoording van de vraag, in hoeverre het architectenbureau in staat is, de verantwoordelijkheid over te dragen, in hoeverre dit billijk is en in hoeverre te controleeren is, of door den aannemer aan de gestelde overeenkomst is voldaan.

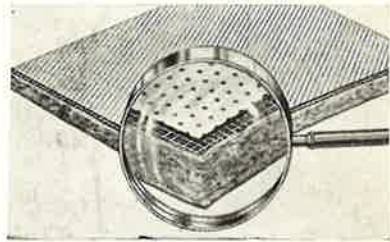
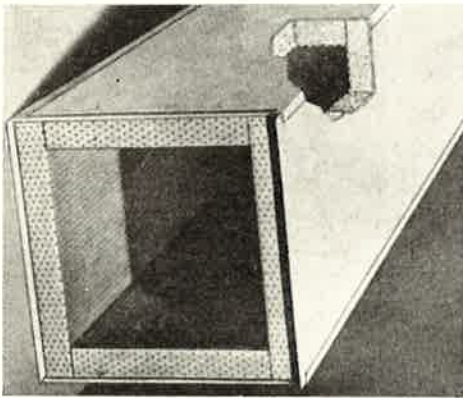
2. NAGALMTIJD.

De nagalmtijd wordt bepaald door het geluidabsorbeerend vermogen van alle in de zaal aanwezige oppervlakken, zoowel van de zaalbegrenzungen als van het meubilair. Waar bij de grootere zalen de bekleding met de gebruikelijke harde materialen (hout, pleister, tegels) te groote nagalmtijd veroorzaakt, zal men een bepaalde hoeveelheid geluiddempende materialen moeten toepassen (houtvezelplaten, poreuze pleister, asbestpreparaten e.a.).

Er zijn firma's, die op zich nemen aan te geven, hoeveel van hun materiaal noodig is om met behoud van de architectuur een „goede” acoustiek te bereiken. Ongetwijfeld rekenen zij daarbij op een gemoedelijke beoordeeling. Mocht na het gereed komen van de zaal de directie de acoustiek als minder goed beschouwen, dan zal slechts in uitzonderingsgevallen worden overgegaan tot nieuwe bekleding in verband met het daaraan verbonden breekwerk en het gevolg is, dat men voor goed een minder gewenscht product heeft zonder formeel verhaal op den leverancier. Beter ware het, als de leverancier een bepaalde nagalmtijd met zekere toleranties zou kunnen garandeeren. Dit is voor hem echter een riskant werk. Hij moet in de eerste plaats volkomen op de hoogte gesteld worden van wat door den architect nog verder aan meubilair en wandbekleding zal worden aangebracht. Maar al weet hij dit, dan nóg

zal hij bemerken, dat het gebruik van artikelen als gordijnen, waarvan de keus dikwijls wordt uitgesteld totdat de bouw al flink gevorderd is, een buitengewoon onzeker element in zijn berekeningen brengt en hem, tenzij hij een zeer groote tolerantie stelt, een onbehaaglijk gevoel moet geven.

Ik meen, dat in dit geval de architect de verantwoordelijkheid van zichzelf zou kunnen afschuiven op een firma, die het interieur, maar dan ook in zijn geheel, verzorgt, dat hij echter niet een leverancier van een bepaald materiaal aansprakelijk mag stellen voor de nagalmtijd, die bepaald wordt door veel meer factoren dan alleen door de deugdelijkheid van het acoustisch materiaal.



Geluiddemping in luchtkanalen met
Burgess Acousti-Pad.

Veel beter is, dat bij den leverancier der acoustische materialen een bepaald aantal m^2 materiaal wordt besteld, eventueel met de opdracht, het materiaal op een voorgeschreven wijze aan te brengen. Natuurlijk is van hem te eischen, dat dit materiaal overeenkomt met datgene, waarvan hij bij de aanbieding een meetattest van de Geluidstichting of een buitenlandsch keuringsinstituut heeft overgelegd. Zekerheid daaromtrent is te krijgen door een monster van het gebruikte of te gebruiken materiaal ter onderzoek aan de Geluidstichting op te zenden. Het monster trekken is vooral van belang bij materialen zooals acoustische pleister of gespoten asbest, die

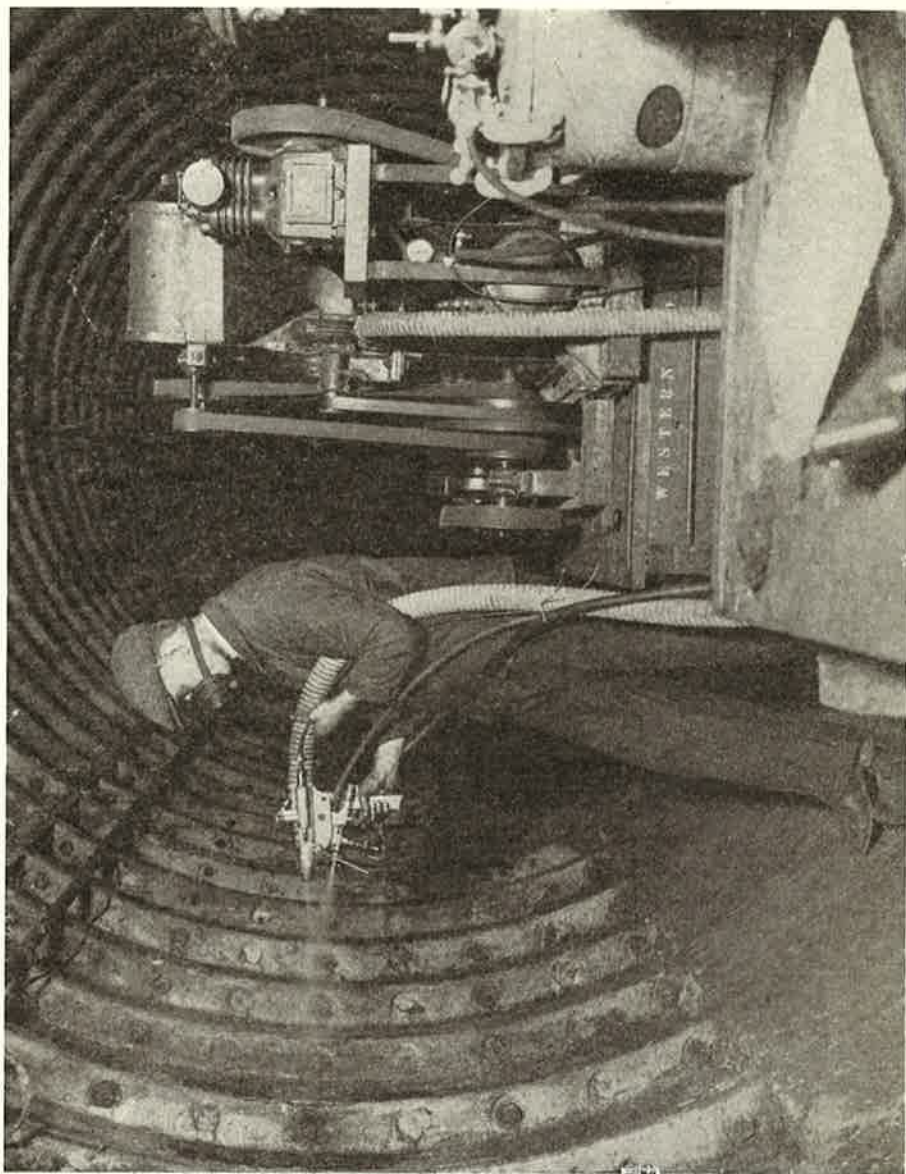
ter plaatse worden gemaakt en dus in hun eigenschappen afhangen van de individueele vakkennis der werklieden. Voor deze controle is een monster van $\frac{1}{2}$ à 1 m² voldoende. De betaling der hieruit voortvloeiende kosten is geregeld in par. 24 van de Algemeene Voorschriften Technische Installaties 1935¹⁾. Volgens pagina 40 van dezelfde voorschriften moet in elk bestek worden aangegeven of keuring en zoo ja, hoè deze keuring tijdens het werk zal plaats vinden.

3. LUCHTGELUID-ISOLATIE.

De isolatie van wandconstructies en vloeren tegen luchtgeluid wordt uitgedrukt in decibels. Attesten van in den handel verkrijgbare constructies en materialen zijn in een groot aantal afgegeven door de Geluidstichting en door buitenlandsche laboratoria. Het blijkt echter dikwijls, dat in de practijk een muur van het voorgeschreven materiaal slechter isoleert dan men verwacht had op grond van de attesten. Het gaat echter niet aan, de leverancier van het acoustisch materiaal direct aansprakelijk te stellen ook al heeft hij — en dat is lang niet altijd het geval — de muur zelf gemaakt.

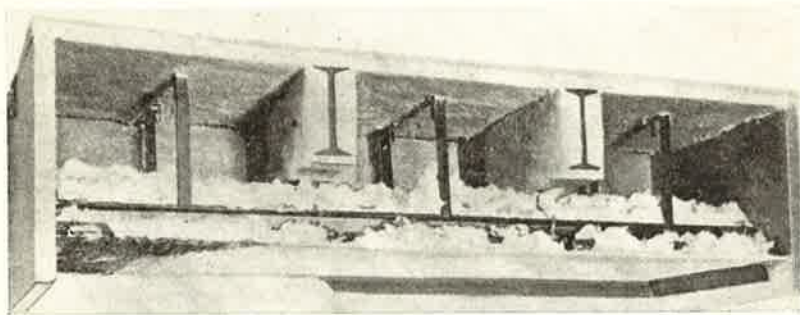
Evenals bij het bovenbeschreven geval van de zaalacoustiek de leverancier der materialen niet garant kan zijn voor de verkrijging van de goede nagalmtijd, zoo zal de leverancier van het muurmateriaal, eventueel de aannemer, die de muren bouwde, niet garant kunnen zijn voor de goede geluidsisolatie tusschen twee vertrekken. Zulks in de eerste plaats, omdat er geluidlekken kunnen optreden, die niets met de muurconstructie uit te staan hebben. Het geluid kan komen door een schoorsteen of een ventilatie-opening, kan onder de vloer doorkomen, kan buiten om door de ramen van het eene vertrek in het andere komen. Dit zijn fouten, die op den architect of zijn acoustische raadsman terugslaan. Maar ook al zit het lek in de muur zelf, dan nog is na te gaan, of dit niet het gevolg is van buiten de muur liggende oorzaken, bijv. van scheuren, optredende ten gevolge van overbelasting van draagbalken, van zettingen, van zwellen door vochtopname of van krimpen door indrogen. Wanneer een aannemer deze waschlijst van mogelijke

¹⁾ A. V. T. I. 1935. uitgave Sijthoff, Leiden.



Het boren van een tunnel van een ondergrondse spoorweg • Limpet Asbest.

oorzaken voor acoustische gebreken aanschouwt, moet hij wel zeer vrijmoedig zijn, om nog een bepaalde geluid-isolatie te durven garanderen. Het hangt alles te nauw samen met de bouw in zijn geheel.



Acoustische plafondbehandeling met „Silent-Ceal”.

Dit neemt niet weg, dat de isolatie van een onbeschadigd deel van de muur dient te voldoen aan de overgelegde attesten. Bij gebruik van de beste materialen kan een slordige werkwijze aanleiding geven tot te groote geluid-doorlating (voorbeeld: onvoldoende specie in de voegen van een gemetselde muur). En wanneer de leverancier van plaatvormige materialen het attest, dat geldt voor een enkele plaat, doet voorkomen als te gelden voor de wand in zijn geheel, terwijl hij geen afdoende methode kan aangeven voor het afdichten der aansluitingen, dan maakt hij zich op zijn minst aan misleiding schuldig.

Talrijk zijn de gevallen, waarin leveranciers bepaalde garanties geven, niet zoozeer in de gedaante van een aantal decibels als wel in de vorm van de belofte, dat de isolatie goed zal zijn. Zij zijn waarschijnlijk volkomen ter goede trouw, maar zij hebben niet in hun macht te voorkomen, dat de bewoners het huis zoo heet stoken, dat de boel kapot springt. Ondanks een dergelijke garantie blijft de architect de verantwoordelijkheid dragen, resp. zijn acoustischen adviseur. Zonder bijzondere contractsbepalingen is de leverancier niet lange tijd gebonden aan zijn belofte. Immers, volgens paragraaf 42 der Algemeene Voorschriften Technische Installaties 1935 is de normale garantietermijn 6 maanden. In een bestek van den leveran-

cier te eischen, dat de isolatie tusschen twee vertrekken aan een bepaald aantal decibels moet voldoen, lijkt mij onbillijk en alleen daartoe dienende de bona-fide leveranciers af te stooten.

4. CONTACTGELUID EN DREUNINGEN.

Het contactgeluid verspreidt zich, evenals de dreuningen door de vaste materie van het bouwwerk en kan dus langs een groot aantal wegen van de plaats der opwekking komen naar het vertrek, waarin het als storend wordt ondervonden. Uit de groote keuze van te volgen wegen mag wel reeds als zonder meer duidelijk zijn, dat het zeer moeilijk zal zijn, aan te geven, waar het isolatielek in hoofdzaak is te zoeken. De verspreiding is in hoofdzaak bepaald door de keuze der bouwwijze. Zoo bedraagt de isolatie per verdieping:

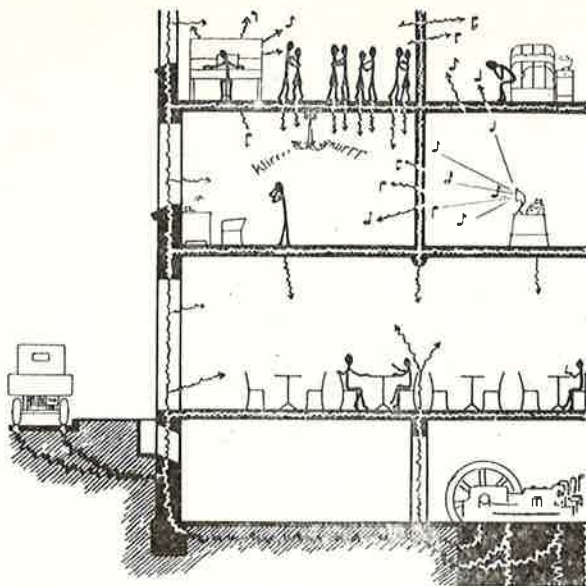
betonbouw:	10 decibel.
staalskelet:	10 decibel.
metselwerk:	18 decibel.
staalskelet + 5 mm kurk:	18 decibel.

Men kan de verspreiding van contactgeluid door een staalskeletgebouw verminderen door het staal overal in een isoleerende laag van rubber of kurk te hullen. Natuurlijk brengt dit mee de mogelijkheid van het vragen van een garantie aan de uitvoerende firma. Het beteekent voor deze firma dan ook een zeer streng toezicht bij het aanbrengen van de isolatie-lagen.

Reparaties tengevolge van te voorziene beschadiging, ontstaan bij het werken van andere onder-aannemers, moeten volgens usance kosteloos worden uitgevoerd. In verband hiermee stelle de leverancier zich op de hoogte van de wijze waarop de directie het ineengrijpen van de werkzaamheden heeft geregeld.

Wanneer er contactgeluid verwacht kan worden van aan te wijzen storingsbronnen, b.v. van machines, dan kan de leverancier er voor aansprakelijk gesteld worden, dat deze machines op een isoleerende laag zullen worden geplaatst van een bepaald aantal decibels. De isolatie van zoo'n laag kan zonder overblijvende onduidelijkheden in decibels worden uitgedrukt en gecontroleerd.

Een waarde van 20 decibels voor de isolatie van de hoofdfrequentie is als goed te beschouwen, in veel gevallen zal men zich

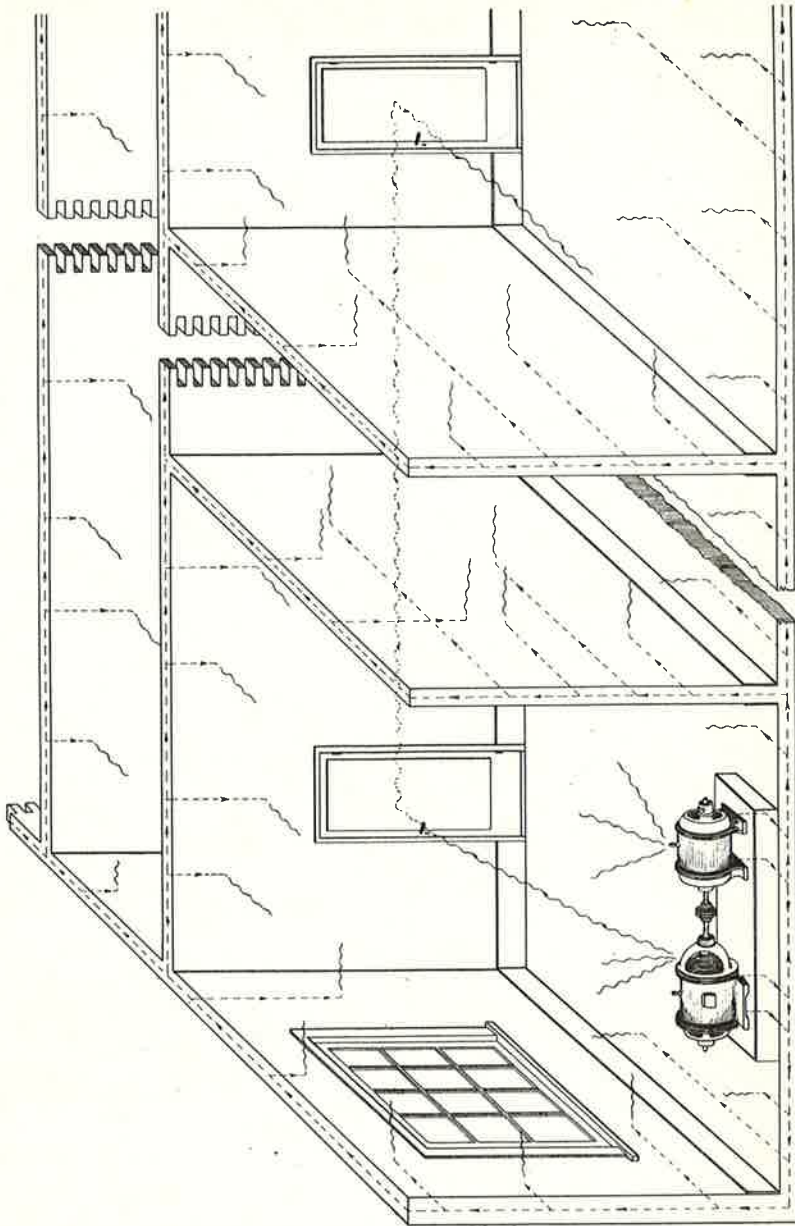


Met toestemming van de N.V. Nederlandsche Zorn Maatschappij.

zelfs met een waarde van 10 decibel tevreden kunnen stellen. Volgens de A.V.T.I. 1935 dient de fabrikant van de machine de juiste isolatie-methode aan te geven.

Ook het omgekeerde, maar minder vaak voorkomende geval, namelijk, dat een bepaald vertrek speciaal geïsoleerd moet worden tegen van buiten komend contactgeluid, is door garantie-bepalingen te dekken.

Van belang bij deze levering is wel, te wijzen op de in de A.V.T.I. 1935 als normaal aangenomen garantie-termijn van 6 maanden. Door verkeerde behandeling kunnen vele der aangeboden isolatiematerialen onderhevig zijn aan te snelle verharding, waardoor zij hun specifieke werking verliezen. In gevallen, zooals te zachte kurk of te plastische rubber zal de tekortkoming wel binnen de termijn van 6 maanden zijn gebleken. Voor andere, minder vlug opvallende gebreken is het echter aan te raden de garantie termijn tot twee jaar te verlengen. Ik vestig tevens de aandacht op het in grotere bouwwerken voorkomende geval, dat de garantie-termijn van 6 maanden verloopt, voordat men de gelegenheid heeft gehad de machines volbelast te doen proefdraaien.



Verspreiding van machinegeluid door een gebouw, gedeeltelijk als luchtgeluid (~~~~~), gedeeltelijk als contactgeluid (- - -).

5. MACHINEGELUID.

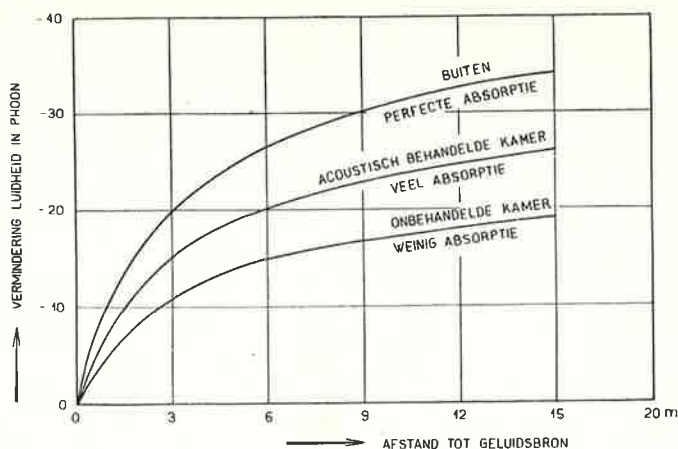
In den regel interesseert het ons niet zoo erg, of er kabaal is in het vertrek, waar de machines zijn opgesteld, mits wij in de nuttige ruimten van het gebouw er maar niets van bemerken. De eisch, die de bouwheer aan den architect stelt, zal dan ook deze zijn, dat de machines niet in woon- of werkvertrekken te hooren zijn. De architect mag deze eisch echter niet in dezelfde vorm doorgeven aan den leverancier van de machine.

Het geluid uit de machinekamer kan zich door het gebouw verspreiden, als luchtgeluid of als contactgeluid. Het storende *luchtgeluid* is dat gedeelte van het in de machinekamer aanwezige lawaai, dat naar buiten weet te lekken. Het storende *contactgeluid* is in de machinekamer zelf desnoods onhoorbaar, maar *wordt door de machine overgedragen op zijn fundeeringen en plant zich voort door de massa van het gebouw.*

Het luchtgeluid wordt bestreden door geruischlooze machines te nemen, althans machines, die zoo stil mogelijk loopen. Het contactgeluid wordt bestreden door de machines zoo veel mogelijk uit te balanceeren en door ze op een veerende onderlaag te plaatsens.

Wanneer wij ons nu eerst bepalen tot een beschouwing van de luchtgeluid-storing, dan is het duidelijk, dat de machinefabriek alleen maar invloed kan hebben op het geluidniveau *in* de machinekamer. Het geluidniveau in de overige vertrekken wordt, behalve door de machine nog bepaald door de min of meer perfecte geluidisolatie. Slecht sluitende deuren, lange, rechte gangen, ventilatiekanalen en dergelijke bevorderen in hooge mate de verspreiding van het luchtgeluid. De verantwoordelijkheid van den machinebouwer beperkt zich tot hoogstens de machinekamer en hierbij voeg ik nog zeer bewust het woord *hoogstens* in. Immers het geluidniveau in deze machinekamer is ook weer niet geheel bepaald door de geluidproductie van de machine, maar tevens door de meerdere of mindere hardheid van de kamerwanden en van de afmetingen van de machinekamer.

Het geluidniveau in een kamer, die rondom met geglazuurde tegels is bedekt, wordt zeer sterk verkleind door inbrenging van betrekkelijk kleine hoeveelheden van acoustisch dempend materiaal.



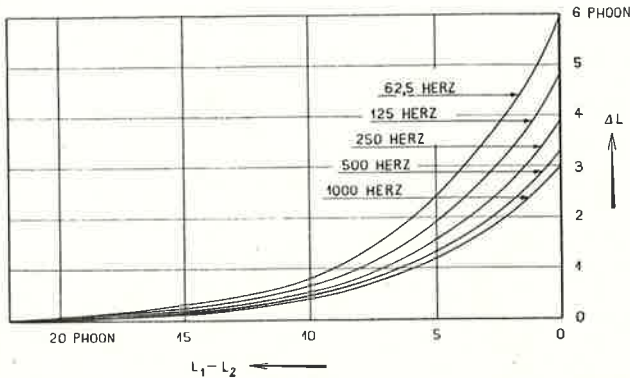
Lawaai-vermindering door acoustische wandbekleding.

De nagalmtijd kan met weinig materiaal van 12 sec. op 3 sec. worden teruggebracht, waarmede het geluidniveau automatisch met 6 phoon of meer zakt. Het is daarom voor een machinefabrikant, die bij een vorige gelegenheid een machine heeft geplaatst, die in de machinekamer 38 phoon produceerde, wel heel moeilijk om in een volgend geval te garandeeren, dat hij onder de 40 phoon zal blijven. Een betrekkelijk geringe afwijking in de wandbekleding of meubeleering zou hem noodlottig kunnen zijn. Wil hij met zekerheid te werk gaan, dan moet de eisch inhouden, dat het niveau van b.v. 40 phoon niet mag worden overschreden in een machinekamer van die-en-die grootte en van die-en-die aankleding.

Ik meen, dat er op moet worden aangedrongen, ter wille van de bona-fide leveranciers, geluidsbepalingen in het bestek duidelijk en controleerbaar te maken. Wanneer men naast het aantal phoons, ook het volume en de gedachte nagalmtijd van de machinekamer opgeeft, dan is de machinefabrikant in staat, ervaringen met dezelfde machine opgedaan in een machinekamer van ander volume en andere nagalmtijd op de nieuwe omstandigheden om te rekenen. Eerst dan weet de machinebouwer of hij kan inschrijven op de voorgeschreven geluidseischen. Het mededeelen van de nagalmtijd is niet volkomen noodzakelijk. Opgeven van de afwerking der wanden is m.i. reeds voldoende.

Zeer bedriegelijk is het vooraf op gehoor keuren van een machine in een lawaaijerige machinefabriek, of in een machinekamer, waar hij met talrijke andere machines tezamen is geplaatst. Men zal daarbij de indruk krijgen, dat de machine volkomen geruischloos is, soms zoo, dat men op het oor niet kan uitmaken, of de machine al dan niet loopt. De adspirant koper is natuurlijk hierdoor zeer getroffen en is zeer verwonderd, wanneer hij later ervaart, dat de machine, apart in een machinekamer geplaatst, allesbehalve stil is.

Eén en ander hangt samen met het feit, dat het oor logarithmisch werkt. Wanneer men naast een machine van 40 phoon een tweede plaatst, die op zichzelf ook 40 phoon produceert, dan is het totale geluidniveau niet 80 phoon, maar slechts 43 phoon. Dat wil zeggen, dat het bijschakelen van de tweede machine wel merkbaar is, maar



Toename van de luidheidsstand (ΔL), indien een stillere machine (L_2) wordt gevoegd bij een luidere (L_1).

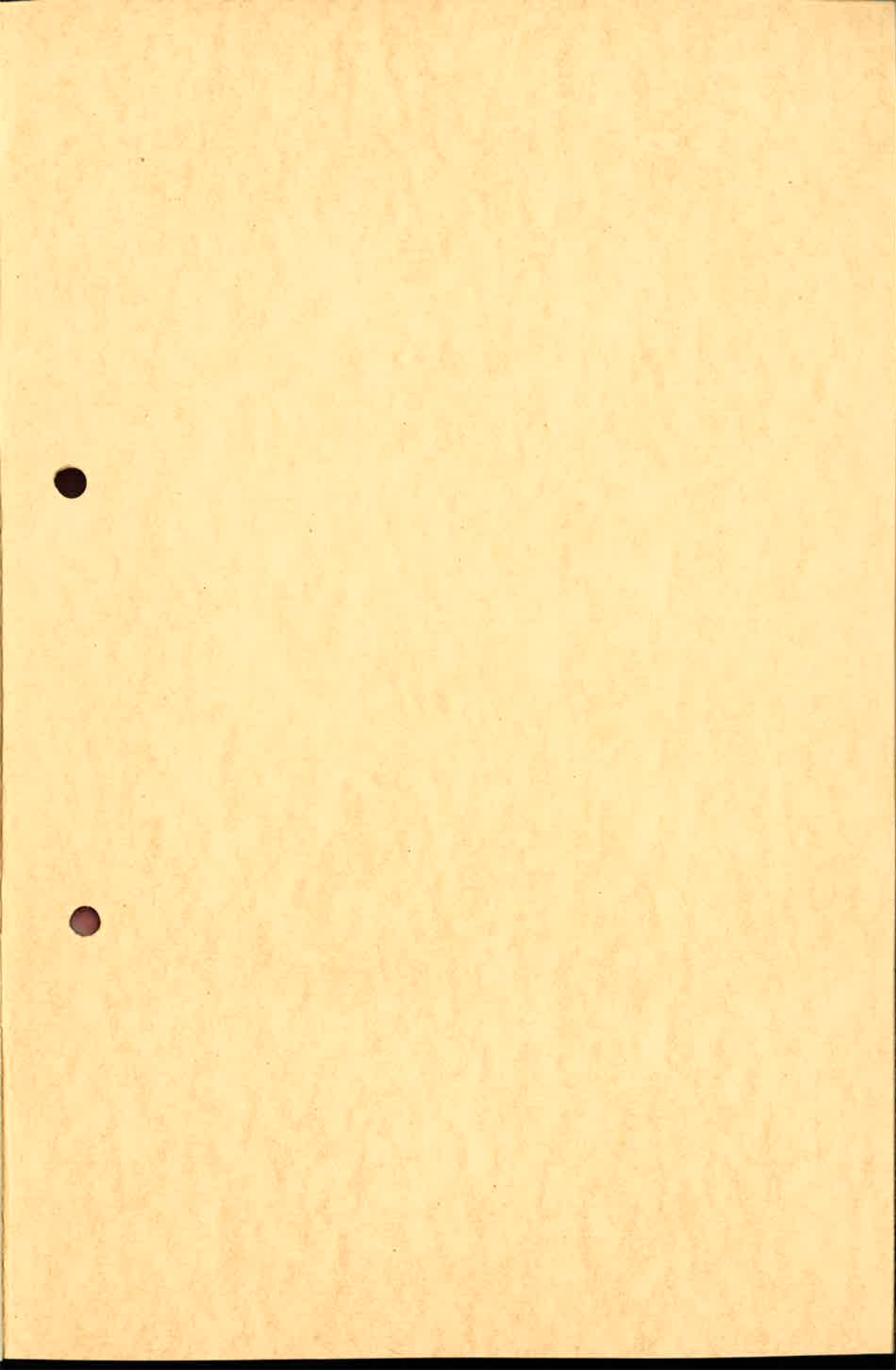
niet veel indruk op ons maakt. En schakelt men naast negen loopende machines nog een tiende soortgelijke in, dan moet men zijn uiterste best doen om dit op het oor gewaar te worden.

De luidheidsstand in een machinekamer en dus ook in de rest van het gebouw, wordt verregaand bepaald door de luidste der aanwezige machines. De overige machines dragen slechts weinig bij. Het heeft daarom weinig zin om van de hulpwerktuigen te eischen, dat zij onder 20 phoon blijven, als de hoofdmachine 40 phoon produceert. Laat men toe, dat de hoofdmachine 40 phoon geeft, dan kunnen nog drie hulpmachines ieder 35 phoon produceeren, voordat

de totale geluidssterkte op 43 phoon is gekomen. De aan diverse machines te stellen eischen zullen afhangen van wat voor de luidste machine is te bereiken. Is de techniek niet in staat deze minder dan 40 phoon te doen produceeren, dan heeft het weinig zin, de grenzen voor de andere machines onder 35 phoon te stellen. Misschien kunnen we de grens veiligheidshalve bij 30 phoon leggen, verdere reductie van dit getal zou echter onnoodig de prijs verhoogen.

SLOTWOORD:

Resumeerend mogen wij wel zeggen, dat de mogelijkheid van overdracht van het acoustische risico aan de leveranciers tamelijk beperkt is en dat de architect vrijwel in alle gevallen aansprakelijk dient te blijven. Een leverancier, die behalve de aansprakelijkheid voor de qualiteit van zijn goederen ook die voor het te bereiken acoustische effect op zich neemt, kan buiten zijn schuld in moeilijkheden komen.



OVER HET OPNEMEN VAN
ACOUSTISCHE VOORSCHRIFTEN
IN BESTEKKEN

DOOR

Prof. Dr. C. ZWIKKER

PUBLICATIE No. 16
VAN DE
GELUIDSTICHTING
DELFT - HOLLAND

UITGEVERIJ WALTMAN, DELFT