

Sound & Science: Digital Histories

Archives NAG: Publicatie No. 12 van de Geluidstichting, Zwikker, C. (1937), Grepen uit de acoustische verzorging van de A.V.R.O.-studio, Delft: Geluidstichting, 1937

<https://acoustics.mpiwg-berlin.mpg.de/text/publicatie-no-12-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

**GREPEN UIT DE
ACOUSTISCHE VERZORGING VAN DE A.V.R.O.-STUDIO**

DOOR

prof. dr. C. ZWIKKER.

PUBLICATIE No. *12*
VAN DE
GELUIDSTICHTING
DELFT - HOLLAND

Grepen uit de acoustische verzorging van de A.V.R.O.-studio

door

prof. dr. C. ZWIKKER.

Inleiding.

De nieuwe A.V.R.O.-studio¹⁾ is gebouwd ter wille van het geluid, reden, waarom meer dan bij andere bouwwerken aandacht is besteed aan de verzorging der acoustiek. De architecten, B. MERKELBACH en C. J. F. KARSTEN, riepen, speciaal voor acoustische voorlichting, de hulp in van prof. A. D. FOKKER en den schrijver. Ofschoon een volledige scheiding der werkzaamheden van beide laatste niet is opgetreden en voortdurend overleg werd gepleegd, heeft toch prof. FOKKER zich in hoofdzaak met de zaalacoustiek bemoeid en de schrijver met de isolatieproblemen. De architect J. W. JANZEN trad op als constructeur voor alle bijzondere, hieronder te noemen, constructies, die uit onze adviezen voortvloeiden.

Reeds in den aanvang stond vast, dat de eigenlijke studio-ruimten afzonderlijk zouden worden gefundeerd en binnen in het uitwendige gebouw zouden komen te staan, zonder, althans voor zoover mogelijk, eenig contact tusschen het gevoelige en het ongevoelige gedeelte. De voordeelen hiervan zijn evident. In de eerste plaats is door de volledige scheiding de overdracht van contactgeluid vermeden. In de tweede plaats verkrijgt elke studio automatisch twee muren, twee vloeren en twee plafonds, waarvan de binnenste „gevoelig” en de buitenste „ongevoelig”. Een dergelijke dubbele muur geeft ons tegelijkertijd een voldoende isolatie tegen van buiten komend luchtgeluid.

Afgezien van de technische moeilijkheden, die optreden bij de uitvoering van deze idee, waarover verderop gesproken zal worden, moge hier nog gewezen worden op eenige consequenties van de acoustische bouwwijze. Ramen zijn verboden, omdat zij altijd een geluidlek vormen. Hierin is te voorzien door elektrische verlichting. Deuren zijn echter niet te vermijden. Deze hebben daarom onze bijzondere belangstelling gehad. Centrale verwarming met radiatoren is ongewenscht wegens het bekende verschijnsel der geluidsoverdracht langs het pijpsysteem. Men koos dan ook verwarming door middel van ingeblazen warme lucht. Hiervoor is het noodzakelijk luchtkanalen aan te leggen, die in de eerste plaats bruggen vormen tusschen het gevoelige en het ongevoelige gedeelte, in de tweede plaats kanalen zijn voor de overbrenging van het geraas van de machines. Ook deze luchtverschingsinstallatie heeft onze bijzondere aandacht gehad. Luchtversching is in een acoustisch geïsoleerde ruimte bovendien nog daarom noodig, omdat alle natuurlijke ventilatie afwezig is, zoodat tot kunstmatige ventilatie moet worden overgegaan.

Studio's op de eerste verdieping.

De begane grond was gereserveerd voor administratieruimten; de studio's, met uitzondering van de groote studio, bevonden zich op de eerste étage. Zij stonden op eenige kolommen, die dwars door de begane grondverdieping liepen naar de afzonderlijke fundeering en overal door een luchtspleet van den ongevoeligen bouw gescheiden gehouden moesten worden (zie fig. 1). Men

bouwt zoo iets, dat te vergelijken is met een duiventil en dat misschien gemakkelijk mee kan trillen met mechanische storingen, die van het verkeer op de straat afkomstig zijn, misschien zelfs van verderaf. De kolommen en de er door gedragen massa's zijn daarom zoo berekend, dat de eigenfrequentie van deze „duiventillen” zeer laag was, nl. in de buurt van 1 trilling per seconde. Aannemende, dat alle storende frequenties aanzienlijk hooger zijn, kan men vertrouwen op een voldoende isolatie.

De spouw.

De spouwmuren zijn aan de binnenzijde van de spouw aan beide kanten vertind met dezelfde specie als waarmee de muren zijn gemetseld. Het heeft de grootste moeite gekost om de spouwen schoon te houden, zoodat geen contact zou worden gemaakt tusschen de gevoelige en de ongevoelige muren. De neervallende metselspecie heeft altijd de neiging, zich aan uitstekende plaatsen te verzamelen en een brug te vormen, die na versteening een vaste verbinding is. De spouw moest dan ook regelmatig worden schoongemaakt met behulp van lange latten en schietlooden. Behalve puin en versteende specie, kwamen hierbij ook pijpen, borstels en ander gereedschap te voorschijn. Voorzorgsmaatregelen zijn genomen, om alle spouwen blijvend met behulp van lichtstralen te kunnen controleren.

Nadat de metselaars klaar waren, heeft de architect voor bijzondere constructies, de heer JANZEN, een voortdurenden strijd moeten voeren met de installateurs, die in de installatieruimten, gelegen tusschen de gevoelige en de ongevoelige gedeelten van het gebouw, de elektrische, de luchtverschings- en de electro-acoustische installatie moesten aanleggen. Onophoudelijk werden onderdeelen

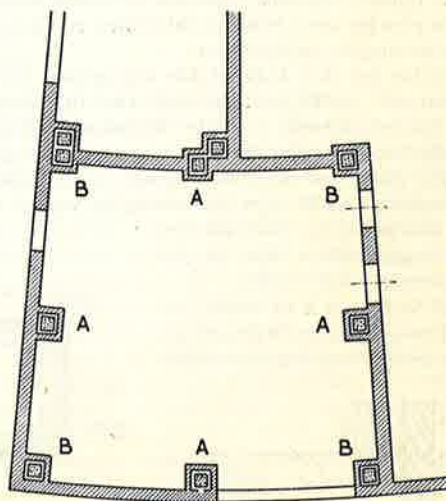


Fig. 1. Plattegrond van de bestuurskamer (begane grond) met, volkomen gescheiden, de kolommen voor de erboven gelegen studio.

¹⁾ Zie ook *De Ingenieur* 1936 no. 36 blz. B. 133.

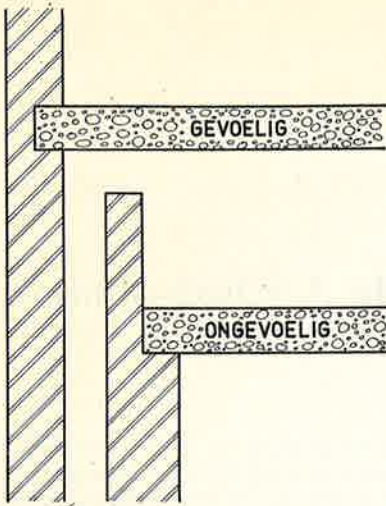


Fig. 2. Hulpmuurtje rondom de tusschenverdieping ter verdediging van de spouw.

de situatie, zoals die was in een kruipruimte boven een studio.

Een gevolg van de gekozen dubbele bouwwijze is, dat alle spouwruidten en tusschenverdiepingen met elkaar in verbinding staan. Dit gaf na beëindiging van den bouw een allerwonderlijkst en weinig vertrouwenwekkend effect. Immers kon men elkaar beroepen van het eene einde van het gebouw naar het andere en van het dak naar den kelder. Dit kan intusschen geen kwaad, als alle gevoelige ruimten maar door voldoende dikke muren van de tusschenruimte zijn gescheiden.

De luidheidsstand is in dit complex van spouw- en tusschenruimten tijdens het studiobedrijf meer dan men zou vermoeden. Dit komt, omdat de luchtkanalen over groote lengten in deze ruimte liggen. Waar deze luchtkanalen betrekkelijk dunne wanden hebben en de muziek onmiddellijk uit de studio's in de luchtkanalen kan komen, lekt nogal wat geluid naar buiten. Men kan er zich door een persoonlijk bezoek aan de studio van overtuigen, dat dit de onderlinge isolatie der studio's niet beïnvloedt.

Fundeering.

Het zwakke punt in de conceptie van den dubbelen bouw is dit, dat de gevoelige en de ongevoelige bouw beide op dezelfde aarde gefundeerd moesten worden, en de vraag deed zich voor, aan welke acoustische eischen een dergelijke fundeering moet voldoen, meer concreet gezegd: wat is de aan te houden afstand tusschen de beide fundeeringen en wat moet men voor isolatiematerialen rondom of onder deze fundeeringen aanbrengen.

De directie der A.V.R.O. stelde mij gelden ter beschikking, waarmee onder architectuur van den heer J. W. JANZEN op het terrein van de Technische Hoogeschool een proefgebouwtje kon worden opgericht. In dit proefgebouwtje, waarvoor de eerste spade in den grond ging op 25 Augustus 1933, zijn verschillende wijzen van fundeering doorgemeten. Ook allerlei andere vraagstukken zijn in dit proefgebouwtje onderzocht.

De klei werd tot 1 m onder het maaiveld weggegraven en de put gevuld met scherp rivierzand en daar-

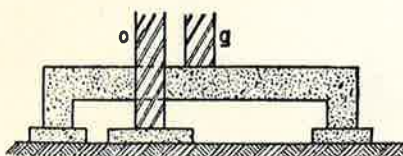


Fig. 3. Gescheiden fundeering.

vastgezet of geschoord op den gevoelige bouw, stukken van ijzeren pijpen, hamers, spijkers, enz. verdwenen in de spouw en bleven ergens hangen. Ten slotte zijn in alle kruipruimten hulpmuurtjes gebouwd, die bijna tot aan den bovenkant van de kruipruimte reikten en die de naar beneden gaande spouw onzichtbaar maakten (zie fig. 2, die voorstelt een kruipruimte onder een studio). Verwisselt men de woorden gevoelig en ongevoelig, dan verkrijgt men

na ingewaterd. Hiermee was de Hilversumsche bodem nagebootst. Hierop werd een rondgaande betonfundeering van 1 m breed gelegd, die echter uit eenige van elkaar gescheiden stukken bestond, zoodat diverse isolatie-methoden tegelijk konden worden vervaardigd ter onderlinge vergelijking. De isolatie werd bepaald met klopproeven. Een hamer viel regelmatig van een bepaalde hoogte op een basaltinetegel of op beton. De hierdoor veroorzaakte contacttrillingen werden elders opgenomen met een elektrische pick-up.

De rondlopende fundeering zal later den ongevoeligen muur dragen; in het midden komt een betonplaat, die de gevoelige constructie zal dragen. Zoolang deze plaat er nog niet was, werd de pick-up op een basaltinetegel geplaatst, eventueel er tegen aan. Zoowel de verticale als de horizontale trillingen werden geregistreerd. De metingen zijn later herhaald met den volledigen betonvloer.

Als isolatie-materialen werden uitvoerig met elkaar vergeleken:

15 mm asfalt-korsil, destijds f 10,— per m^2 (ZORN).
 2 × 10 mm cocosviltplaat, destijds f 5,— per m^2 (ZORN).
 2,5 cm ruberoid kurkasfaltplaat, f 5,— per m^2 (KRAMER) terwijl van eenige andere materialen steekproeven zijn genomen (mastiek, speciaal korsil, celotex).

Een effect van betekenis gaven deze isolaties alleen, als zij één der beide constructies, de gevoelige of de ongevoelige, geheel omgaven en wel:

asfaltkorsil	7 decibel.
cocosvilt	8 „
kurkasfalt	6 „

De architecten waren echter van meening, dat het te gevaarlijk was zachte isolatiematerialen, die in het algemeen bestaan uit geasfalteerde of gecreotoseerde kurk-, vilt-, leer- enz. preparaten, te leggen onder de fundeering. Zij vreesden verzakkingen tengevolge van eenigszins ongelijke belasting of ongelijkheden in het isolatiemateriaal.

Aanbrengen van de materialen, alleen tegen de zijkanalen van één der beide onderdeelen der fundatie, had echter maar weinig resultaat en wel:

asfaltkorsil	2 decibel.
cocosvilt	3 „
kurkasfalt	1 „

Om deze reden werd geheel afgezien van gebruik van deze materialen, maar werd de isolatie van het zand zelf als functie van den afstand tusschen beide fundeeringen bepaald. De resultaten waren gemiddeld:

afstand:	10	25	50	75	100 cm.
isolatie:	10	11	13	20	20 decibel.

Op grond van deze resultaten werd een tusschenruimte tusschen de fundeeringen van 75 cm geadviseerd. Het brengt eenige moeilijkheden van constructieven aard met zich om twee muren, die op een afstand van 10 à 15 cm (de spouwbreedte) worden gehouden, toch te fundeeren met 75 cm tusschenruimte. In fig. 3 is een mogelijkheid aangegeven, waarbij de belastingen symmetrisch blijven. De fundeeringbalken van de eene fundeering gaan door uitsparingen in de andere.

Een andere oplossing, aangegeven door den betondekundige P. A. v. d. WEIDEN, ziet men in fig. 4. De ongevoelige muur is vrij normaal gefundeerd. De gevoelige rust op consoles A, op onderlingen afstand van 4 m ge-

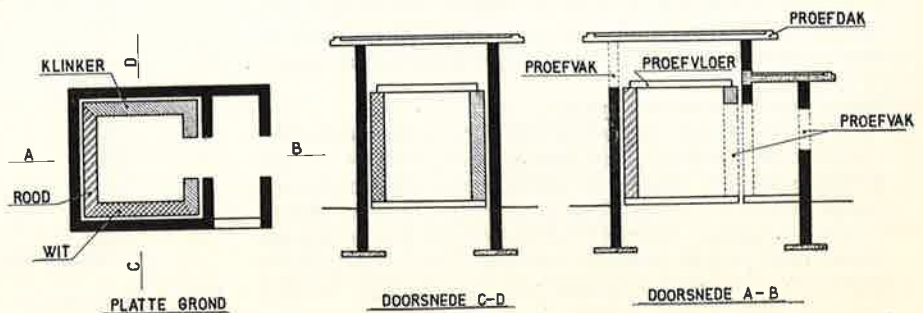


Fig. 5. Het acoustische proefgebouw.

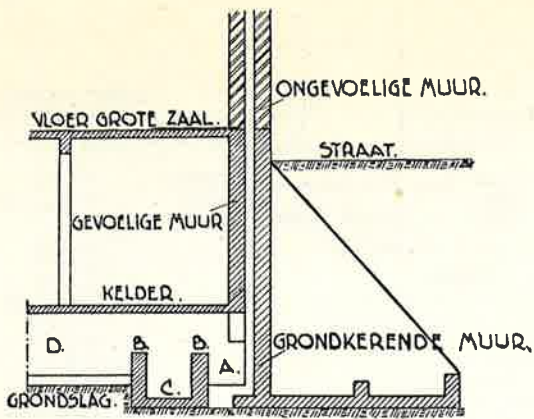


Fig. 4. Gescheiden fundeering, fundeeringsafstand grooter dan de spouwbreedte.

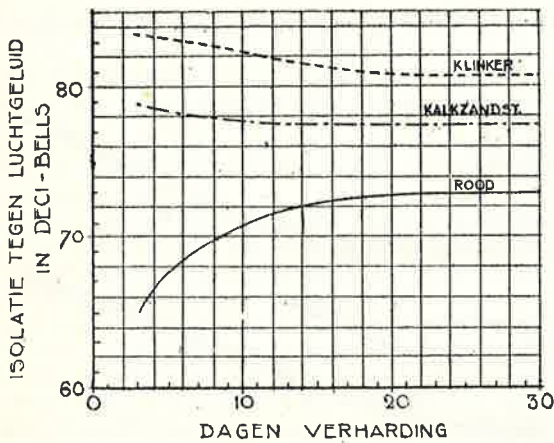


Fig. 6. Isolatie van gemetselde muren, $1\frac{1}{2}$ steen dik.

plaatst, die den druk overbrengen op de balken B, welke weer rusten op de plaat C. De consoles A zijn de verlengden der balken D. Op enkele consoles bedraagt de druk 100 t. De bijbehorende balken D hebben afmetingen: 22 m lang, 75 cm breed, 200 cm hoog.

Luchtgeluidisolatie der muren.

Het proefgebouw werd opgetrokken volgens fig. 5. Er is gemetseld een binnenvertrek op de gevoelige betonplaat. Dit vertrek meet inwendig $2 \times 2\frac{1}{2} \times 2$ m³. Vóór dit binnenvertrek is een portaal. In den dubbelen scheidingsmuur is een proefvak voor het keuren van acoustische deuren of ramen. Boven het gevoelige vertrek is een ondiepe zolderruimte, waarin meetinstrumenten kunnen worden opgesteld ter keuring van proefplafonds. Toen de binnenkamer eenmaal gereed was, geschieden de isolatiemetingen zóó, dat in deze kamer een luidspreker werd geplaatst en in voorportaal of op zolder een microfoon. Er zijn echter ook reeds metingen verricht tijdens den bouw. Bij deze metingen waren luidspreker en microfoon in kisten geplaatst, die tegen den muur werden aangedrukt. Van de drie binnenmuren ($1\frac{1}{2}$ steen) werd er één opgebouwd van klinker, één van rood en één van kalkzandsteen. Klinker en kalkzandsteen waren gemetseld met sterke basterd mortel (1 cement, $\frac{1}{2}$ kalk, 4 zand), de muur van rood was gemetseld met slappe basterd mortel ($\frac{1}{4}$ cement, 1 kalk, 3 zand). Fig. 6 geeft de luchtgeluidisolatie in afhankelijkheid van den tijd van verharding. Op grond van deze metingen lieten wij voor binnenmuren de keuze op kalkzandsteen vallen. Weergegeven is de isolatie van één muur. De studio's waren in werkelijkheid geïsoleerd door een $1\frac{1}{2}$ steens kalkzandsteen muur en een heele steens klinker-muur, de isolatie bedraagt in totaal 110 decibel.

Plafonds.

Het eerste in het proefgebouw onderzochte plafond bestond uit 2 stuks NP 14 op 1 m hart op hart, verbonden met bewapeningsijzer ϕ 8 mm, waaraan steungaas. Dit uitgeraapt en bedekt met 2 cm kalkmortel (1 schelpkalk op $2\frac{1}{2}$ zand), afgepleisterd met gips en kalk. De luchtgeluidisolatie hiervan bedroeg 50 db. Verzwaring met 5 cm zand bracht tegen de verwachting in de isolatie terug tot 47 db. Daarna werden op de N-profielen spijkerribben gelegd, 8×6^6 cm, waarop een houten vloer van 2 cm hout. De isolatie was nu gekomen op 63 db, zonder zandvulling en op 70 db met 5 cm zandvulling. In dit geval was de zandvulling wel gunstig. Men ziet hieruit overigens, hoe grillig de isolatie van een plafond verandert met de samenstelling (fig. 7).

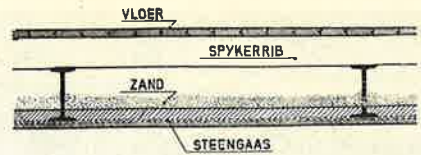


Fig. 7. Steengaasplafond van 70 db isolatie.

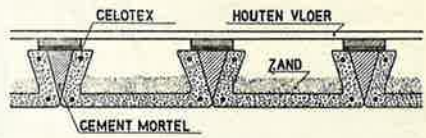


Fig. 8. Waco-plafond van 76 db isolatie.

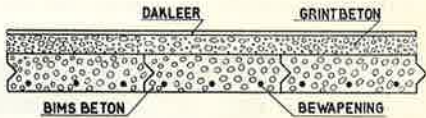


Fig. 9. Arkelplafond van 62 db isolatie.

Daarna werden op de N-profielen spijkerribben gelegd, 8×6^6 cm, waarop een houten vloer van 2 cm hout. De isolatie was nu gekomen op 63 db, zonder zandvulling en op 70 db met 5 cm zandvulling. In dit geval was de zandvulling wel gunstig. Men ziet hieruit overigens, hoe grillig de isolatie van een plafond verandert met de samenstelling (fig. 7).

Een ander plafond bestond uit U-vormige Waco-betonbalken, waarvan de voegen volgezet waren met cementmortel (fig. 8). De isolatie hiervan bedroeg 56 db. Na aanbrenging van een houten vloer op 3 cm dikke ribben steeg deze isolatie tot 69 db. Werd de vloer nog geïsoleerd van de betonbalken door 12 mm celotex of door korsil, dan was de isolatie zelfs 76 db.

Een derde reeks proeven is genomen met plafonds van het type „Arkelbalken”, zijnde bewapend bimsbeton van de fa. „Betondak” te Arkel (fig. 9). Dikte der balken 10 cm. De isolatie was 55 db; nadat hierop 5 cm grintbeton was gestort 61 db en toen hierop nog eens een afdekking van dakleer in mastiek was gelegd 62 db.

Op grond van alle metingen aan plafonds werd besloten tot een steengaasplafond van 70 db voor het plafond van de groote studio (overspanning 16 à 20 m) en gewapend betonplafonds, dik 20 cm, voor de kleinere studio's. Als „ongevoelig” dak is een Arkeldak, zooals hierboven omschreven, gekozen, mede wegens de warmte-isoleerende eigenschappen van het bimsbeton.

Overgangen.

De gezamenlijke elektrische kabels, die overgangen vormen tusschen het gevoelige en het ongevoelige gedeelte van het gebouw, werden verzameld en opgehangen als in fig. 10. Zij werden bevestigd op een houten plankje met vilt pakking. Dit plankje hing aan Terry-veeren, hetzij aan het gevoelige, hetzij aan het ongevoelige gedeelte. Naar links en naar rechts gingen de kabels met lange lussen naar resp. het gevoelige en het ongevoelige gebouw.

Meer moeite kostten de overgangen in de kanalen van de luchtverschingsinstallatie (zie fig. 11 en 12). In de kanalen, die vervaardigd werden uit martinet (asbestcement) werden drie overgangstukken geplaatst, verbonden door rubber manchetten. Omdat deze het gewicht der overgangstukken niet kunnen dragen, moesten althans de beide buitenste gedragen worden. Dit mocht natuurlijk niet direct op de gevoelige of ongevoelige constructie zijn, het geschiedt via stalen spiraalveeren. Alleen het middelste tusschenstuk hangt aan de rubber.

De rubbermanchetten laten gemakkelijk het geluid door, waardoor te veel geluid uit de studio in de kruipruimte kan

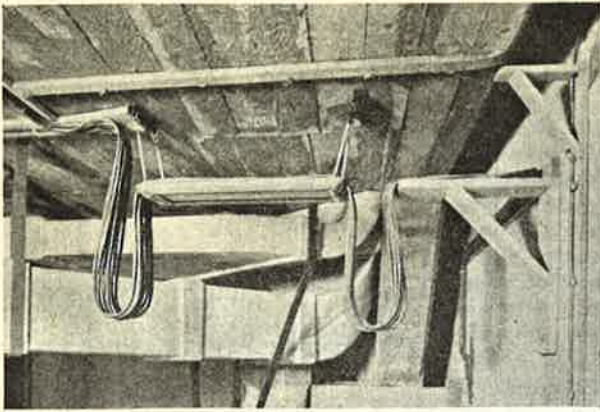


Fig. 10. Elastische ophanging der elektrische kabels.

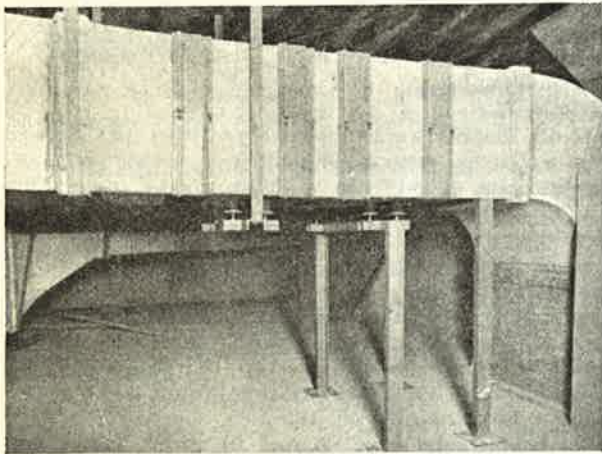


Fig. 11. Overgangsstukken in de luchtkanalen.

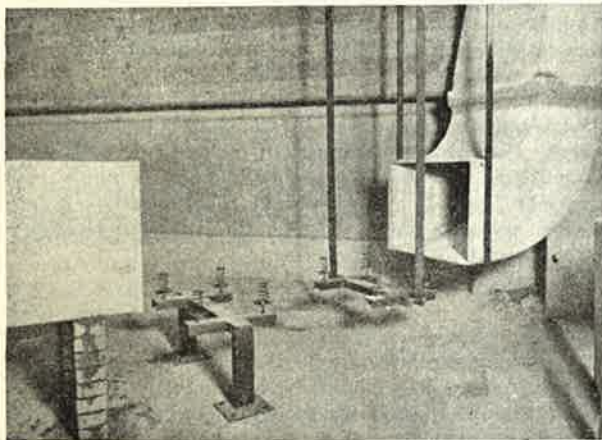


Fig. 12. Oplegging der overgangsstukken op spiraalveeren.

komen. Dit is tegengegaan door om de rubbermanchet een stalen band te leggen, die natuurlijk slechts aan één der martinetstukken bevestigd is (zie details in fig. 13).

Fig. 14 vertoont een moeilijken overgang. De kolom a, die gevoelig is, komt midden in een luchtkanaal te staan en is daarom uitgebouwd tot een stroomlijnprofiel b, dat aan a hangt, en vanaf de plaats, waar de letter b staat, niet mag rusten. Bij c en d ziet men onderbrekingen van het luchtkanaal. Tot aan de letter c zweeft het eerste stuk van het luchtkanaal, e, in een opening van het ongevoelige gedeelte.

Suskamers.

De suskamers (fig. 15) zijn verwijdingen in de lucht-

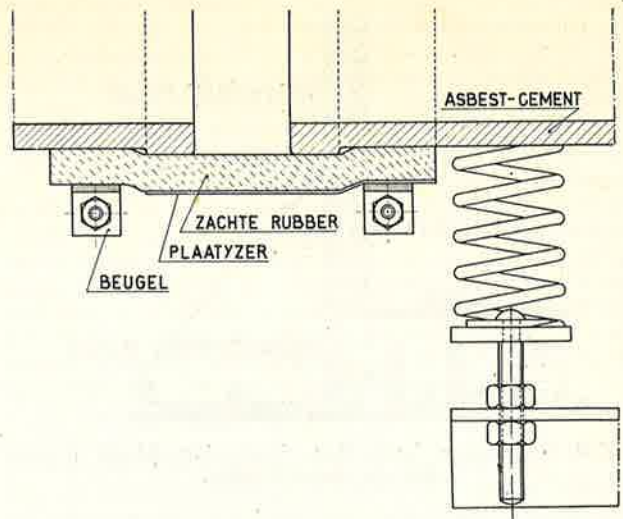


Fig. 13. Details bevestiging overgangsstukken in luchtkanalen.

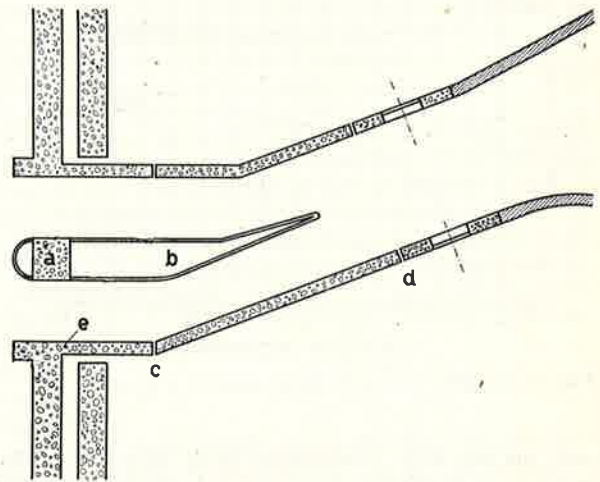


Fig. 14. Gecompliceerd geval in de luchtkanalen.

kanalen, waarin bovendien aan den doorgang van het geluid hindernissen in den weg werden gelegd. Waar de kanalen reeds zoo wijd waren, daar kregen de suskamers afmetingen van normale woonkamers. In totaal zijn in de studio ongeveer 40 van deze suskamers gebouwd. Zij nemen

tezamen een groot volume in beslag en in de kelder- en verdiepingen domineeren ze dan ook in den plattegrond.

De suskamers bevatten een kruis van tusschenschotten en bovendien nog eenige schotten, die van de zijwanden uitgaan, waartegen het geluid herhaaldelijk kaatst. Alle partieele ruimten, die zoo ontstaan, zijn trechtervormig, waardoor het geluid altijd de neiging heeft, weer terug te keeren naar het punt, waar het vandaan komt. Bovendien zijn alle wanden van de suskamers geluidabsorbeerend. De tusschenschotten zijn gemetseld van „cellenbeton” (Christiani en Nielsen), dat 15% absorbeert, de wanden en het plafond zijn bespoten met „Limpet” spray-asbest (Hertel, Amsterdam) tot een dikte, die volgens vooraf-

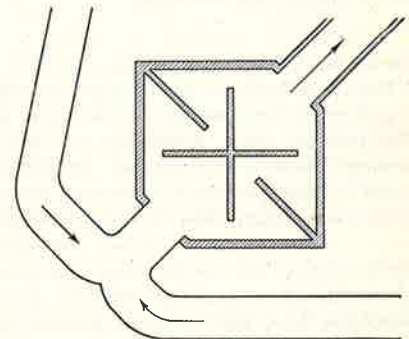


Fig. 15. Een suskamer.

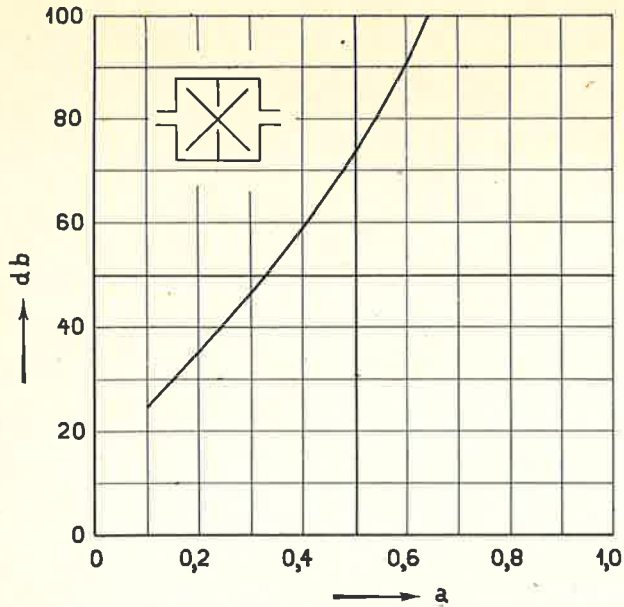


Fig. 16. Geluidreductie van suskamers als functie van den absorptie-coëfficiënt der wanden.

gaande metingen 40% van het geluid absorbeert. De gemiddelde absorptie-coëfficiënt van de wanden der suskamers bedroeg 20%.

De keuze van de bekleding der suskamers is niet gemakkelijk geweest. Men verlangt een bekleding, die niet stof afgeeft, als er lucht langs strijkt, goed bindt aan beton en metselwerk, niet hygroscopisch is en ook in vochtige warme lucht duurzaam is.

Van deze suskamers is een proefmodel gebouwd in Delft, de geluidsreductie en de luchtweerstand werden gemeten. De proef-suskamer was bekleed met „insulwood”, waarvan de absorptiecoëfficiënt is aangenomen op 20%. De geluidsreductie bedroeg 30 db, het drukverlies bij dezelfde luchtstroomsterkte, als later in de praktijk te gebruiken, bedroeg iets minder dan 0,8 mm waterhoogte. Waar de ventilatoren een totaal druk van 20 mm waterhoogte produceeren en zoowel in de heen- als in de terugleiding een suskamer komt, is dus het drukverlies te stellen op 8%.

De heer C. W. KOSTEN en ondergeteekende maakten

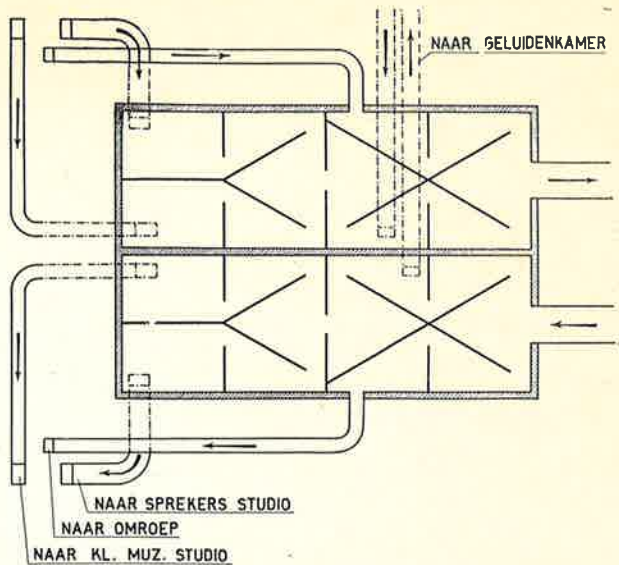


Fig. 17. Suskamer, die vier ruimten bedient.

een theorie van de suskamer, die is gepubliceerd in de Revue d'Acoustique.

Berekend is de te verwachten geluidsreductie als functie van den gemiddelden absorptiecoëfficiënt van de wanden van de suskamer. Het resultaat van onze berekeningen ziet men in fig. 16.

Waar 1° de ventilatoren niet boven 50 db mochten komen, 2° wij toelieten, dat in het studio-einde der kanalen een luidheidsstand van 10 db mocht heerschen en men mocht aannemen een geluidsreductie van 10 db in de rest van de kanalen, daar moest de suskamer 30 db tegenhouden d.w.z. de gemiddelde absorptiecoëfficiënt moest gekozen worden op de waarde 0,20.

In fig. 17 ziet men een gecompliceerde suskamer met één luchtintrede-opening en vier lucht-afname-Openingen, alles verdubbeld voor heen- en terugweg van de lucht. De plaats der vijf openingen moet zoo gekozen worden, dat niet alleen voldoende geluidweerstand aanwezig is tusschen de machine en één der studio's, maar ook tusschen de studio's onderling.

