

De Doelen

Toelichting op de constructies

door A. F. Versteeg

directeur van ir. A. Aronson c.i. Raadgevend Bureau n.v.

De vormgeving van 'De Doelen' en met name van de beide zalen is in hoge mate bepaald door de eisen van de akoestiek en op hun beurt volgden de constructies uit deze vormgeving. Voor een toelichting op deze constructies kan het gebouw in grote trekken in drie groepen worden verdeeld, te weten:

de beide zalen
de rond de zalen gelegen foyers, kantoren, dienstruimten enz.

de onderbouw.
Achtereenvolgens zullen deze onderdelen worden besproken.

De grote zaal

De grote zaal bestaat uit een doos van gewapend beton rustend op een aantal zware kolommen. Zowel binnen als buiten het gebouw zijn vorm en constructie van deze doos duidelijk waarneembaar.

De dikten van de wanden en vloeren werden behalve door berekening mede bepaald door de gegevens die de acustici verstrekten.

De circa 25,0 meter hoge wanden, die het gehele dak en voor een gedeelte de zaalvloer en de balkons dragen, zijn 0,25 meter dik. Zij dragen op de eerder genoemde kolommen die om architectonische redenen niet onder de wanden, doch enigszins naar binnen zijn geplaatst.

De wanden staan op consoles aan de grote kolommen en de hier optredende momenten worden door de constructies van de zaalvloer opgenomen. De wanden zijn, waar zij boven de daken van de foyers uitkomen, met koperen platen op houten regelwerk bekleed.

Teneinde deze zeer grote betonwanden (respectievelijk 32,0 meter en 64,0 meter lang) niet bloot te stellen aan grote temperatuurverschillen, werd onder de koperbekleding een isolerende laag schuimplastic aangebracht.

In het algemeen tracht men de constructie van een dak zo licht te maken als met het oog op waterdichtheid en warmte-isolatie mogelijk is; hier was het voorkomen van geluidhinder het eerste uitgangspunt.

De acustici eisten een constructie, die 2½ maal zo zwaar was als normaal voor dakconstructies wordt aangenomen.

Het totale gewicht werd door deze constructie samen met de belasting door sneeuw 580 kg/m². Bovendien moest aan het dak de gehele plafondconstructie worden opgehangen, samen met de 'kaatsers', luchtleidingen enz.

Dit plafond moest voor onderhoudswerkzaamheden toegankelijk zijn, zodat er ook voor gezorgd moest worden dat looppaden aan het dak konden worden opgehangen.

Verschillende overwegingen hebben ertoe geleid om voor de draagconstructie stalen liggers te kiezen.

In het werk vervaardigde liggers van gewapend beton zouden bijzonder hoge en daardoor kostbare steigers nodig gemaakt hebben, reden waarom besloten werd in elk geval liggers toe te passen die na het gereedkomen van de zaalwanden konden worden gemonteerd.

Liggers van gewapend beton, al dan niet voor-

gespannen, bleken grotere montageproblemen op te leveren dan stalen liggers, zodat werd besloten de laatste toe te passen.

Door de variërende breedte van de zaal hebben alle liggers verschillende afmetingen en met betrekking tot de detaillering bleek het economischer geen vakwerken te kiezen, doch volle wandliggers.

De grootste ligger heeft een lengte van 42,0 meter bij een hoogte van 3,20 meter.

De spanten liggen 7,0 meter h.o.h. en de eerder genoemde dakconstructie draagt op stalen gordingen die circa 3,0 meter h.o.h. liggen, terwijl voor het plafond afzonderlijke gordingen aan de onderzijde van de liggers zijn aangebracht.

De maximale oplegdrücken van de dakliggers bedragen circa 160 ton. Voor de opleggingen zijn gietstalen oplegstoelen gekozen, zoals deze ook bij bruggen worden toegepast.

Vermelding verdienen nog de trappen van de foyers naar het amfitheater.

Deze trappen zijn van geprefabriceerd beton; zij steunen enerzijds op een ter plaatse van de zaal- ingangen uitkragend bordes, anderzijds hangen zij aan het dak van de foyers.

Dit ophangen is geschied door middel van Dywidagstaven Ø 32, die beschermd zijn door een stalen buis, die tevens diende voor het opnemen van de druk bij het aanspannen.

De ruimte tussen Dywidagstaaf en buis is na het spannen geïnjecteerd.

De toegangen tot de zaal geven in de wanden grote spanningsverstoringen, die door middel van voorspanstaven naast de openingen vereffend worden.

Nabij het laatste spant van de zaal aan de zijde van de Kruiskade bevinden zich een filmcabine en een belichtingskamer. Deze moesten aan dit spant worden opgehangen, wat met behulp van staven van hoogwaardig staal is geschied (Dywidagstaven).

De belastingen op dit spant zijn zo groot, dat naar ons inzicht de vormveranderingen bij een stalen spant te groot zouden worden. Daarom werd hier in het werk een betonligger gemaakt, die met 32 Freyssinetkabels van 40 ton werd voorgespannen.

Uitvoering

Bij een analyse van het werkprogramma bleek al spoedig dat de werkzaamheden aan en rond de grote zaal bepalend waren voor het op tijd realiseren hiervan.

De ligging hiervan is namelijk zo, dat hij voor toevoer van bouwmaterialen en -materieel moeilijk toegankelijk zou zijn geworden, indien reeds gedeelten van de foyers gereed waren.

Besloten werd daarom aan de wanden en de dakconstructie van de grote zaal 'voorrang' te geven en voorlopig de zaalvloer die zich boven de garderobes bevindt, weg te laten.

Bij deze wijze van uitvoering konden de stalen dakliggers in de zaalruimte worden gebracht en daarna omhoog worden gehesen.

Aan de zijde van de Kruiskade werd in de hulpconstructies, die de zaalwand ter plaatse droegen, een grote opening gespaard, waardoor

de stalen liggers konden worden aangevoerd. De zaalwanden werden in stroken ter hoogte van circa 5,0 meter gestort.

Door het nog ontbreken van de zaalvloer waren voor de 25,0 meter hoge wanden belangrijke hulpconstructies nodig en opzichters en uitvoerders verdienen een compliment voor de wijze waarop zij dit unieke uitvoeringsprobleem hebben opgelost.

Montage van de dakliggers over de zaalwanden heen was niet goed mogelijk met betrekking tot de in de bouwwereld beschikbare hijsapparatuur. Zoals reeds vermeld, draagt de zaal op een aantal zware kolommen (waartussen zich de garderobes bevinden), die in afmeting variëren van 70 × 130 tot 70 × 770 cm.

Door het ontbreken van de zaalvloer gedurende de uitvoering van wanden en dak moesten speciale voorzieningen worden getroffen om de eerder genoemde buigende momenten en andere krachten tijdelijk op andere wijze op te nemen. Het was hierdoor noodzakelijk niet alleen de berekeningen te maken voor de definitieve toestand, doch ook voor deze tijdelijke. Hierbij bleek dat op sommige plaatsen de tijdelijke toestand de grootste problemen opleverde, vooral waar het trek- en schuifkrachten betrof.

Nadat de wanden waren verhard (en men inmiddels rondom was begonnen met het maken van kolommen en vloeren van de foyers en kantoren), werden door de eerder genoemde opening de stalen hoofdliggers elk in 2 stukken aangevoerd.

In de grote ruimte die binnen de zaalwanden was ontstaan werden de stukken elektrisch aan elkaar gelast, waarna zij met een bijzonder zware hijsinstallatie op hun plaats werden gebracht. Vóór het hijsen werden alle elektrische lussen door de Röntgen Technische Dienst gecontroleerd.

De eerder genoemde oplegstoelen waren aan de liggers bevestigd.

De liggers werden op tijdelijke ondersteuning van stalen balken geplaatst en op de juiste hoogte afgesteld.

Hierna werden de definitieve opleggingen gemaakt en na verharding daarvan konden de tijdelijke ondersteuning worden verwijderd. Op deze wijze werd veel gecompliceerd stelwerk van ankers e.d. voorkomen en kon een tempo van 2 spanten per week worden bereikt.

Na montage der gordingen kon de dakplaat worden gestort, die in vakken van circa 7,0 × 7,10 meter is verdeeld; de volgorde van storten van deze vakken werd zodanig gekozen dat de belasting geleidelijk op de hoofdliggers werd aangebracht.

Het eerder genoemde plafond, dat zo'n grote rol speelt voor de akoestiek, is geheel aan de staalconstructies opgehangen.

Nadat het dak en de wanden van de zaal gereed waren en de werkzaamheden eromheen aan de foyers, kantoren enz. inmiddels vergevorderd waren, kon de eigenlijke zaalvloer worden gemaakt.

De in de garderobes zichtbare ondervloer werd in het werk gestort op een triplex-bekisting; de bovenvloer is met behulp van geprefabriceerde elementen gemaakt, waarop de stoelen zijn bevestigd.

De kleine zaal

De doos van de kleine zaal heeft wanden van 28 cm dikte; hij rust op 4 zware kolommen en een betonwand.

Aan het dak en de wanden werden uiteraard dezelfde eisen gesteld als bij de grote zaal en zij zijn op overeenkomstige wijze gemaakt. In plaats van stalen liggers werden echter 'Pre-flexliggers' toegepast, daar deze zeer geschikt bleken bij de aanwezige overspanningen (maxi-

Toelichting

door A. F. Versteeg
directeur van ir. A. Arons

De vormgeving van 'De D van de beide zalen is in hog de eisen van de akoestiek volgden de constructies uit Voor een toelichting op d het gebouw in grote trekl worden verdeeld, te weten: de beide zalen de rond de zalen gelege dienstruimten enz. de onderbouw. Achtereenvolgens zullen dez besproken.

De grote zaal
De grote zaal bestaat uit een beton rustend op een aantal Zowel binnen als buiten h en constructie van deze c neembaar.

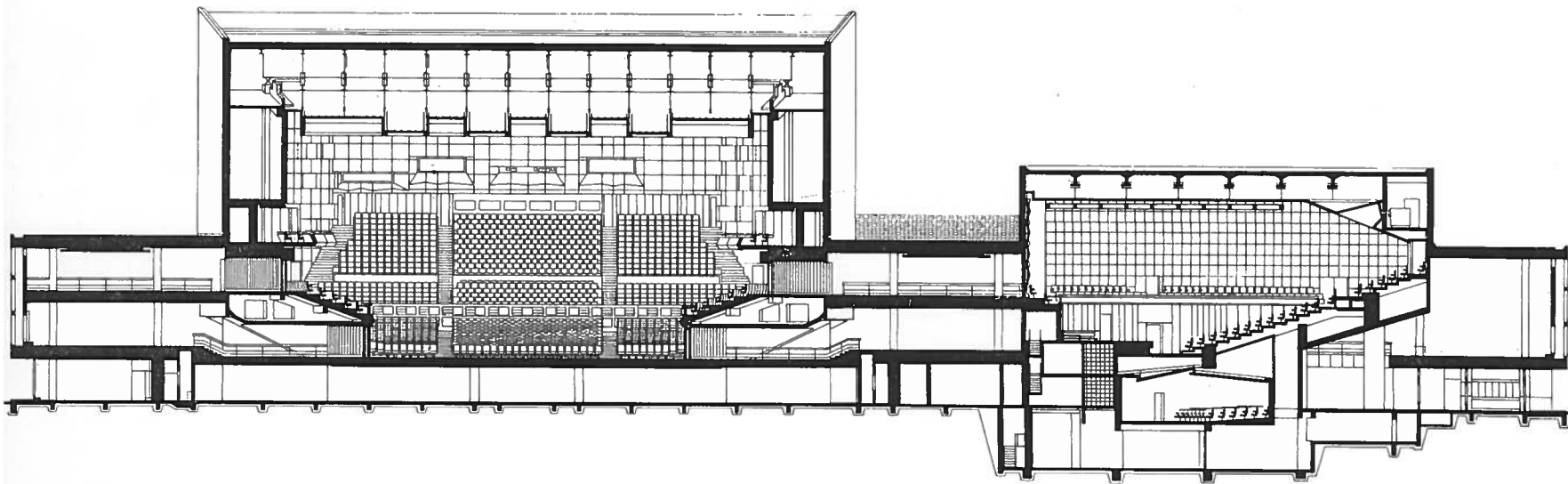
De dikten van de wanden behalve door berekening m gegevens die de acustici ver De circa 25,0 meter hoge w dak en voor een gedeelte balkons dragen, zijn 0,25 m op de eerder genoemde kol tectonische redenen niet on enigszins naar binnen zijn

De wanden staan op cor kolommen en de hier o worden door de constructi opgenomen. De wanden zij daken van de foyers uitk platen op houten regelwerl Teneinde deze zeer grote l tievelijk 32,0 meter en 6- bloot te stellen aan grote len, werd onder de koperbek laag schuimplastic aangebra In het algemeen tracht me een dak zo licht te maken waterdichtheid en warmte- hier was het voorkomen v eerste uitgangspunt.

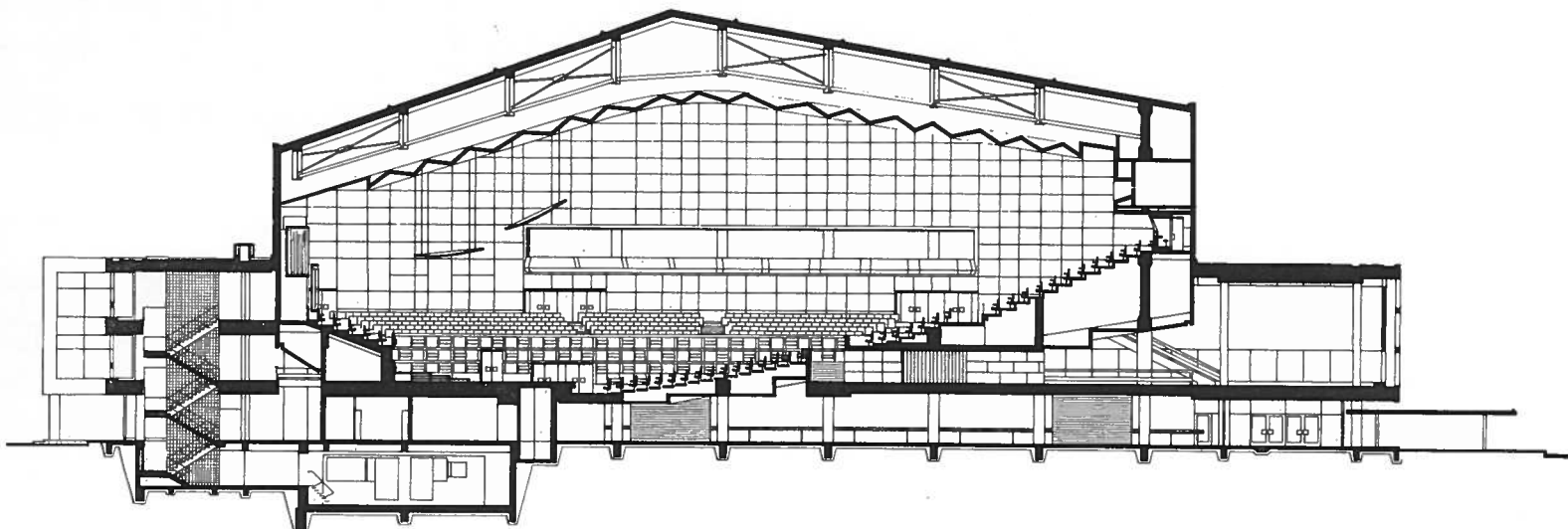
De acustici eisten een cons zo zwaar was als normaal wordt aangenomen.

Het totale gewicht werd d samen met de belasting doo Bovendien moest aan het d constructie worden opgehar 'kaatsers', luchtleidingen en Dit plafond moest voor c heden toegankelijk zijn, zo zorgd moest worden dat loc konden worden opgehangen Verschillende overwegingen om voor de draagconstruc kiezen.

In het werk vervaardigde l beton zouden bijzonder hog bare steigers nodig gem waarom besloten werd in te passen die na het gerec wanden konden worden ge Liggers van gewapend beto



14 Doorsneden



De akoestiek van de concertzalen

door prof. dr. ir. C. W. Kosten en ir. P. A. de Lange

Technisch-Physische Dienst T.N.O.-T.H., Delft

maal 21,0 meter) en beschikbare constructiehoogte.

Foyers, kantoren, dienstruimten enz.

Door de architecten werd voor deze ruimten een kolomafstand gekozen van $7,0 \times 7,80$ meter en na bestudering van een aantal mogelijkheden werd besloten tot toepassing van balkloze vloeren (paddestoelvloeren), daar deze constructie geen belemmeringen vormde voor het grote aantal luchtkanalen, leidingen enz.

Daar het relatief hoge eigen gewicht van deze vloerconstructie, die 32 cm dik is, een vrij belangrijke invloed heeft op onderliggende constructies en fundering, werden ter gewichtsbeparing kartonnen kokers in de vloeren toegepast.

Dat het hier om grote oppervlakken gaat moge blijken uit het feit dat circa 33.000 meter van deze kokers werden verwerkt, waardoor circa 600 m³ beton werd bespaard.

Boven de beganegrond zijn in de kolommen en vloeren van de foyers en kantoren dilatatievoegen aangebracht op afstanden van circa 30,0 meter.

De onderbouw

De eerder genoemde dilatatievoegen, die zich in de foyer- en kantoorvloeren bevinden, zijn niet in de begane-grondvloer doorgevoerd.

De kelder- en leidingtunnels voor de installaties maakten het aanbrengen van dergelijke voegen uiterst moeilijk.

Het optreden van grote krimpspanningen in de begane-grondvloer werd echter voorkomen door deze in gedeelten te maken; dit laatste was mede een gevolg van de gekozen volgorde in de bouw.

De bouw van de grote zaal was reeds ver gevorderd toen op andere plaatsen nog aan de constructies van de begane-grondvloer werd gewerkt.

Het gebouw is slechts voor een gedeelte van kelders voorzien.

Aan de zijde van het Weena bevinden zich de kelders voor de technische installaties en ten behoeve van de distributieleidingen werd een aantal smalle kelders (leidingkanalen) gemaakt. Onder de Kruiskade bevindt zich een voetgangerstunnel, die een rechtstreekse verbinding vormt tussen de vestiaire van De Doelen en de parkeergarage onder het Schouwburgplein.

De vloer van de binnenhof, die aan de wisselende buitentemperaturen is blootgesteld, is geheel los gehouden van de overige begane-grondvloeren.

Het gebouw is gefundeerd op 819 gewapend-betonpalen, elk met een draagvermogen van 85 ton.

Geen na-oorlogs gebouw in Nederland trekt zoveel belangstelling als De Doelen. Sinds 1888, toen het Amsterdamse Concertgebouw werd geopend, is in ons land geen concertzaal van dit formaat gebouwd.

De opdracht, aan de schrijvers verleend, om als akoestisch adviseur voor De Doelen op te treden mag daarom wel uniek worden genoemd en ook zeer vererend. Nu, enkele maanden na de opening op 18 mei 1966, kan uit vele reacties — binnen- en buitenlandse — de conclusie worden getrokken, dat de akoestiek van de zalen aan hoge eisen voldoet.

Wij komen op die reacties terug aan het einde van dit artikel.

Onze adviseurstaak begon in 1956, toen de architecten ons hun schetsontwerp voorlegden en de opdracht formuleerden: vertel ons, architecten, of naar dit ontwerp een concertzaal voor ca. 2.400 personen kan worden gebouwd die aan de allerhoogste akoestische eisen voldoet. Wij architecten zijn bereid ter wille van de akoestiek alles te doen wat nodig en mogelijk is, met inbegrip van het — node — loslaten van onze eigen ideeën. De zaal zal wellicht ook voor congressen e.d. worden gebruikt, maar dit mag niet leiden tot enige concessie ten aanzien van de akoestiek voor muziek.

Wij aanvaardden de opdracht met vreugde, maar ontveinsden ons niet dat zij zwaar was. Er bestonden op dat moment slechts enkele moderne concertzalen van dit formaat in de wereld, en de algemene opinie was dat deze akoestisch de mindere waren van de beroemde oude zalen. Voor ons Nederlanders was, haast vanzelf, het Amsterdamse Concertgebouw de maatstaf en in de discussies drong zich de vergelijking met ons akoestisch mekka dan ook herhaaldelijk op. Bekend in de jaren vijftig was verder de Royal Festival Hall in Londen (1951), die in tal van opzichten akoestisch te prijzen is doch mank gaat aan een te korte zg. nagalmtijd (nauwelijks 1,5 sec). Dit zou in Rotterdam stellig vermeden moeten worden.

De problematiek rond de akoestiek van zalen heeft, door de jaren heen, vele tongen en pennen in beweging gebracht.

Indien men tracht te doorgronden wat onder een goede, of beter, een optimale akoestiek moet worden verstaan, dan vindt men niet gemakkelijk een duidelijke, laat staan een eenvoudige uitspraak. De criticus hult zich bij zijn beoordeling van een gewaardeerde of een verguisde zaal in een waas van voor de ingenieur vage en soms onbegrijpelijke termen. Eigenlijk is dit geen wonder, want het is moeilijk in woorden uit te drukken hoe men een 'klankbeeld' ervaart. Toch blijkt er onder tot oordelen bevoegden (critici, musici, muziekkenners) wel een communis opinio over bepaalde zalen te bestaan, waaruit de akoesticus wat kan destilleren. Het is dan zijn taak verband te leggen tussen de algemene, subjectieve beoordelingen en de verschillende objectief vaststelbare eigenschappen van die zalen. Van deze zaak is veel studie gemaakt.

Aldus is men gekomen tot zekere criteria of streefwaarden voor de meetbare of berekenbare grootheden van een zaal. Met behulp van zijn theoretische kennis omtrent het gedrag van geluid in een omsloten ruimte kan de acusticus dan aangeven hoe de architect de zaal moet vormen en afwerken opdat aan die criteria wordt voldaan (op zichzelf al een moeilijke opgave!). Men kan dan hopen, dat de zaal die zo ontstaat akoestisch in elk opzicht voldoet.

Helaas (of gelukkig?) is de zaak niet zo simpel; er blijven nog aspecten over die zich onttrekken aan berekening of exacte voorspelling. Hier moeten ervaring en intuïtie van de adviseur te hulp komen. Of tenslotte zijn werk gunstig wordt beoordeeld zal hij moeten afwachten. Zonder twijfel zullen er meningsverschillen blijven bestaan; de zaal zal zijn eigen karakter bezitten en zich beter lenen voor het ene dan voor het andere type muziek.

Wij zagen, dat het moeilijk is, aan te geven aan welke eigenschappen een zaal moet voldoen om uitstekend te worden genoemd. Gemakkelijker is het, een aantal eigenschappen te noemen, die een zaal beslist niet mag hebben. Zo mogen in een zaal geen duidelijk hoorbare echo's voorkomen; voorts mag in de zaal geen storend lawaai, bijv. van verkeer, foyer, garderobe, sanitaire installaties, liften of ventilatie-inrichting hoorbaar zijn. Een te korte nagalmtijd wordt evenmin geaccepteerd als een te lange. De adviseur heeft uiteraard de taak ervoor te zorgen, dat dit soort aperte fouten zich niet voordoet. Het zou te ver voeren hier uitvoerig in te gaan op de fasen die het ontwerp, akoestisch bezien, heeft doorlopen. Wij zullen dus volstaan met een beschrijving van de zalen zoals zij zijn geworden, met een uiteenzetting van de beweegredenen die ons hebben gevoerd tot de gekozen oplossingen. Beginnen wij met de grote zaal.

GROTE ZAAL

Zaalkvorm

Kenmerkend voor de zaalkvorm en plattegrond zijn de grote breedte, het rondlopen, om het podium heen, van het zg. ringamfitheater en het ontbreken van balkons. Deze vorm had voor de architecten een grote charme; zij wensten daarin de gemeenschapsgedachte uit te drukken, hetgeen wil zeggen dat alle toehoorders te zamen zijn om de muziek te beleven, het orkest in hun midden. Geen scheiding daarom in groepen die zich elkaars aanwezigheid niet bewust zijn. Gegeven het gewenste grote aantal zitplaatsen, moest dit leiden tot een brede en ook lange zaal. Bedenkt men nu dat zalen als de Boston Symphony Hall, het Concertgebouw te Amsterdam, de Wiener Musikvereinsaal — alle geroemd om hun uitstekende akoestiek — eerder smal en hoog dan breed en laag zijn, dan zou men kunnen vrezen dat de Rotterdamse grote zaal alleen door de verhoudingen van lengte tot breedte tot hoogte reeds gedoemd zou zijn te mislukken. Bij nader inzien is deze vrees niet gerechtvaardigd. In de zalen van het lange, smalle type vertoont het patroon van de geluidreflecties die



1 Interieur van het schaalmodel schuimplastic. De behandelingspodium konden later worden

achter elkaar arriveren in het midden van de zaal een beetje name zorgen de wanden van dat wil zeggen een zeer snelle luid aankomende reflectie; dat verder weg is, volgt dan nog talloos vele reflecties verschijnsel. De luisteraar ervaart, zeer dat hem geluid reflecties bereiken. De beslotenheid, een akoestisch Wanneer men nu een zaal kiezen, die afwijkt van de hoek, dan dient men ervoor de ongunstigst gezeten luid geveer midden in de zaal wanden — toch tijdig 'f' ontvangen. Daartoe zijn voldoende laag plafond (f) luidverstrooiend) en het a toren nabij het orkest. Het reflectie leveren voor een c de rest — het midden van de reflectoren in staat vro ontstaan. Aldus kan toch structuur van reflecties w voldoende intimiteit geeft. Men kan het probleem ook kant benaderen. Had men coûte que coûte smaller en dan had een flink percentage plaats moeten vinden o balkons.

Een zaal met grote, dus d akoestisch ongunstiger dan oplossing die nu is gekoze