

Akustik i Laboratoriet og i Praxis

Rumakustik

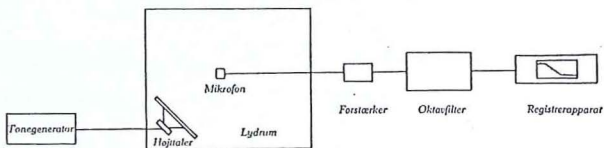
Af Civilingeniør Vilh. L. Jordan

I den første af to Artikler gennemgaaes Principperne for Rumakustik. Den følgende Artikel vil behandle Støjbekæmpelsen.

For mindre og middelstore Rum er *Efterklangstiden* den vigtigste Størrelse til Bestemmelse af Rummets akustiske Egenskaber d. v. s. dets Brugbarhed, hvad enten det drejer sig om Auditorier, Kirker, Biografer eller Kontorlokaler. Efterklangstiden er bestemt som det Tidsrum, der hengaar fra det Øjeblik, en i Rummet anbragt Lydkilde afbrydes, og til Lydintensiteten er faldet til en Milliontedel af Værdien i Afbrydelsesøjeblikket. Denne Definition har forskellige Forudsætninger, som ikke altid holder Stik, saaledes bl. a. ligelig Fordeling af Lydenergien i Rummet.

I Laboratoriet foretages Maalinger af Efterklangstid i et lydhaardt Rum, d. v. s. et Rum, hvis Vægge, Gulv og Loft har en haard, glat Overflade, hvorved det

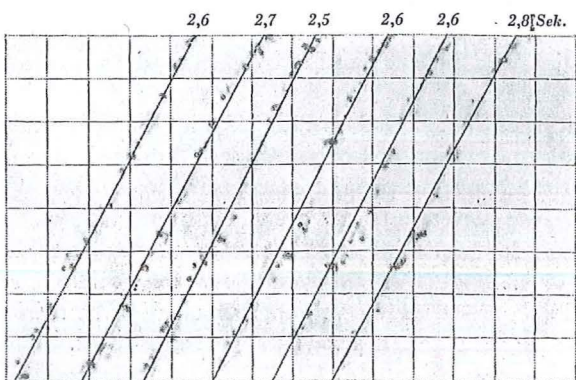
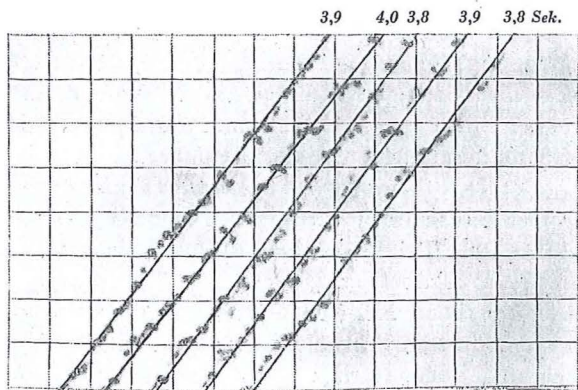
opnaas, at Rummet faar en meget lang Efterklangstid. Dette er af Betydning ved Bestemmelsen af forskellige lyd-dæmpende Materialers Lydabsorptionskoefficient, idet en saadan Bestemmelse foretages ved at anbringe en Prøveflade af Materialet i Rummet og paany maale Efterklangstiden. Heraf kan man da beregne Absorptionskoefficienten pr. m² af Stoffet. For at mindske Maaleusikkerheden er det derfor gunstigt, at Rummet i sig selv har en lang Efterklangstid.



Skematisk Fremstilling af Maaleopstilling for Efterklangstid

Selve Maalingen af Efterklangstiden foretages elektrisk, idet man benytter en i Rummet anbragt Mikrofon i Forbindelse med Mikrofonforstærker og Registrerapparat til direkte at registrere Efterklangsprocessen, d. v. s. optage en Kurve, der viser, hvorledes Lydintensiteten aftager med Tiden. Af denne Kurves Hældning kan Efterklangstiden bestemmes.

I Praksis drejer det sig med Hensyn til de rumakustiske Forhold om eet af to: nemlig *enten* at projektere et Rum saaledes, at det faar en for Formaålet passende Efterklangstid — *eller* at korrigere et færdigt Rum, hvor der ikke ved Projekteringen er taget det fornødne Hensyn til Rumakustikken. I første Tilfælde vil man som Regel kunne klare sig med en Beregning, forudsat naturligvis, at man kender Absorptions-



Kurver til Bestemmelse af Efterklangstiden

koefficienten af de forskellige i Rummet forekommende Materialer. Man maa her erindre, at de i ethvert Rum forekommende Genstande, saasom Stole, Mennesker, Træværk, Tæpper etc., virker lydabsorberende i større eller mindre Grad, og denne Lydabsorption maa tages med i Beregningen. Saafremt det viser sig, at Efterklangstiden ikke ved de forekommende Genstande er bragt ned paa en passende Værdi, maa man gribe til Anvendelsen af akustiske Dæmpningsmaterialer, af hvilke der findes forskellige Arter paa Markedet. Det er i første Række til Bestemmelse af Absorptionskoefficienter for saadanne Materialer, at Laboratoriemaalinger tjener.

I andet Tilfælde (Korrektion af Akustikken) vil man ogsaa foretage Maalinger i Rummet for at bestemme Efterklangstiden, hvorefter man ved en Beregning fastslaar, hvor store Mængder Dæmpningsmateriale, der skal anbringes i Rummet (paa Vægge og Loft f. Eks.), for at Efterklangstiden faar en passende Værdi.

I store Rum er Efterklangstiden utilstrækkelig som Kriterium for akustisk Godhed. Den fra Taleren, Orkestret eller hvad anden Lydkilde, der benyttes, udgaaende direkte Lyd, d. v. s. den Lyd, der naar Tilhørerens Øre uden først at være reflekteret fra Vægge eller Loft, spiller i saadanne Rum en betydelig Rolle i Forhold til Efterklangen. I meget store Rum er det derfor ofte en god *Lydfordeling*, der har Betydning for Hørbarheden. Der findes visse almindelige Regler til Opnaelse af en god Lydfordeling nemlig 1) Benyttelse af Reflektorer eller reflektorlignende Vægge bag Lydkilden, saaledes at den direkte Lyd derved forstærkes. 2) Undgaaelse af krumme Hvælvninger, der kan give Anledning til Lydfoci, d. v. s. Brændpunkter hvor Lyden koncentrerer. 3) Ved Hjælp af Modelforsøg af forskellig Art kan man foretage Forhaandsundersøgelse af forskellige Rumformers Indflydelse paa Lydfordelingen. Til Modelforsøgene kan benyttes enten Vandbølger, hvorved man kun kan behandle enkelte Tværsnit af Rummet, eller Lysbølger eller sædvanlige Luftbølger, for hvilke Bølgelængden er sat ned i samme Forhold som Modellen er sat ned i Størrelse.

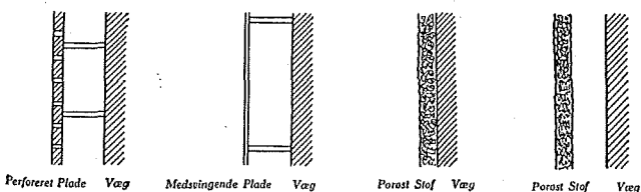
Akustiske Dæmpningsmaterialer

Disse kan efter den Maade, paa hvilken Lydabsorptionen finder Sted, inddeles i forskellige Grupper.

Porøse Stoffer

Herunder hører Filt, kunstige Fiberstoffer af forskellig Art, Mineraluld etc.

Det er karakteristisk for disse Stoffer, at Lydabsorptionen er lav ved de dybe Toner, men vokser stærkt



Snit i Vægge med lydabsorberende Beklædning

med Frekvensen (Tonhøjden). De er derfor relativt uegnede til akustisk Dæmpning, idet det som oftest er Efterklangen for de dybe Toner, der er for lang. Endvidere er de støvsamlende og følgelig uhygiejniske. Absorptionen ved dybe Toner kan dog øges ved at anbringe Stoffet et Stykke fra Væggen.

Medsvingende Stoffer

Herunder hører saakaldt Sprøjteasbest, Træpaneler, udspændt Voksdug o. l. Sprøjteasbest absorberer dog ogsaa paa Grund af Porøsiteten.

I Almindelighed gælder det for disse Stoffer, at Absorptionen har et Maximum, som er bestemt af Stoffets Arealvægt og Stivheden af Luften bagved Stoffet. Dette Maximum ligger som oftest ret lavt, og Lydabsorptionen vil da i det store og hele være størst for dybe Toner. De er derfor velegnede til at nedsætte Efterklangen for de dybe Toner, hvad der som nævnt ofte er mest paakrævet.

Perforerede Plader o. l. (Træ, Fiberstof eller Metal)

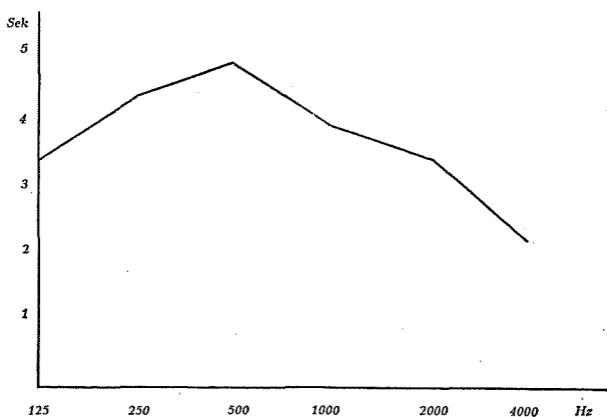
I mange Tilfælde anvendes til Lydabsorption perforerede Plader anbragt i nogle cm's Afstand fra Væggen. Hulrummet bag Pladerne udfyldes undertiden med porøst Stof, men den absorberende Virkning af Pladerne afhænger hovedsagelig af Dæmpningen i Pladehullerne og ikke af Fyldmaterialet bagved, hvis Funktion snarere er at forhindre, at der opstaar Tværsvingninger i Hulrummet, hvilket imidlertid ogsaa kan forhindres ved en passende Underinddeling af dette Rum ved Hjælp af de Lister, hvorpaa de perforerede Plader er anbragt. De perforerede Pladers Virkning beror ligesom de medsvingende Stoffers paa en Resonansvirkning, d. v. s. der vil for en bestemt Frekvens forekomme et Maximum af Lydabsorption bestemt af Hulstørrelse, Hulafstand og Pladens Vægafstand.

Man har derfor Mulighed for ved Dimensionering af Pladens Perforering og Vægafstand at lægge Absorptionsmaximet der, hvor det er mest paakrævet i det forekommende Tilfælde, d. v. s. i det paagældende Rum. Saafremt der ikke ønskes nogen selektiv Lydabsorption, er man imidlertid ogsaa i Stand til at udglatte Absorptionen ved enten at variere Pladens Vægafstand eller eventuelt ved at anvende dobbelte Plader.

Til Maalinger i Laboratoriet benyttes til Bestemmelse af akustiske Absorptionskoefficienter foruden Lydrumsmetoden ofte ogsaa den saakaldte Rørmetode, ved hvilken Absorptionen bestemmes ud fra en Undersøgelse af Lydfeltet i et Rør, hvor den ene Ende er lukket med Prøvematerialet (monteret paa et tungt og stift Dæksel), medens den anden Ende er aaben, saaledes at Lyden fra en Højttaler kan sendes ind i Røret. Denne Metode har den Fordel, at den derved bestemte Koefficient virkelig er en Materialkonstant, medens den i Lydrummet bestemte Størrelse er noget afhængig af det paagældende Rums Størrelse, Prøvens Placering og lignende sekundære Faktorer. Endvidere lader de forskellige Maader, paa hvilke Lyden absorberes, sig lettere adskille efter Rørmetoden.

Akustisk Indretning af forskellige Lokaler

Kirker



Kurve over Efterklangstid i en mindre Kirke

Kirker vil i Almindelighed have meget udpræget Efterklang (lang Efterklangstid). For Orgelmusikken er dette i og for sig gunstigt, da dennes Velklang og Fylde derved øges. For Forstaaelighed af Tale (Prædiken) er det derimod ugunstigt, da Forstaaeligheden er størst, naar Efterklangstiden er kort. Man maa derfor træffe et passende Kompromis imellem disse to Hensyn. Det kan roligt siges, at i mange eksisterende Kirker er Efterklangstiden for lang og Prædiken paa mange Steder uforstaaelig. Man støder af og til paa den Opfattelse, at et Højtaleranlæg i et saadant Tilfælde vil kunne bøde paa den manglende Forstaaelighed. Intet er imidlertid mere fejlagtigt end denne Opfattelse. Et Højtaleranlæg er paa sin Plads, hvor det gælder om at forøge Lydstyrken af Talen i et stærkt lyddæmpet Lokale, men vil kun virke forringende paa Forstaaeligheden i et Lokale med for lang Efterklang. Den rigtige Fremgangsmaade ved en Forbedring af Akustikken i en Kirke er at foretage en Maaling af Efterklangstiden i Kirken og dernæst en Beregning af den nødvendige Mængde Dæmpningsmateriale til Nedbringelse af Efterklangstiden til en passende Værdi, alt efter Kirkens Rumfang fra ca. 1,5 til 3 Sek.

Tegningen viser Kurve over Efterklangstiden som Funktion af Tonhøjden i en mindre Kirke (Volumen 4000 m³). Efterklangstiden er udpræget for stor for alle Tonhøjder.

Ved Nyprojektering af Kirker bør der ved Placering af Prædikestolen lægges Vægt paa, at den anbringes saa vidt muligt synlig fra alle Pladser i Kirken, idet dette ogsaa i nogen Grad virker til, at Forstaaeligheden bliver større. Den i Kirkearkitektur gængse Anvendelse af murede eller støbte Hvælvinger er som oftest ugunstig for Forstaaeligheden, og man bør derfor ved nye Kirker overalt anvende lyddæmpende Materiale paa Hvælvingerne.

Auditorier og Forsamlings-Lokaler

Da det her i Almindelighed drejer sig om mindre Lokaler (fra 100 til 1000 m³), vil man kun behøve større Mængder af lyddæmpende Stoffer, saafremt

Stolene er upolstrede, og Auditoriet ogsaa skal kunne benyttes i næsten tom Tilstand. Det lyddæmpende Materiale anbringes hensigtsmæssigt paa Bagvæggen og eventuelt i Loftet. Efterklangstidens gunstigste Værdi ligger omkring 1 Sek.

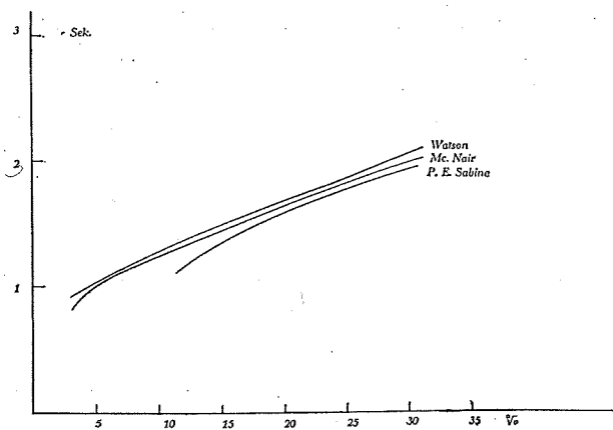
Biografer

Biografer frembyder et særligt Problem, idet man kan regne med, at Biografrummet i sig selv ikke behøver at have udpræget Efterklang, da Tonefilmen er optaget med den til hver Scene passende Efterklangsvirkning. Biografer vil derfor kunne lyddæmpes meget stærkt, saaledes at Efterklangstiden ligger paa omkring 0,5—1,2 Sek. Dette opnaas dels ved Anvendelsen af polstrede Stole, dels ved Anvendelse af stærkt lyd-dæmpende Materiale paa Bagvæggen, eventuelt ogsaa paa Loft og Sidevægge. Der maa tages Hensyn til Lydanlæggets afgivne Effekt; i Almindelighed vil man dimensionere Anlægget saa rigeligt, at man kan til-lade sig at lyddæmpe Biografrummet meget stærkt.

Kontorlokaler, Hospitalsgange, Fabrikslokaler etc.

Det drejer sig de nævnte Steder først og fremmest om Nedbringelse af det herskende Støjniveau, d. v. s. ethvert Spor af Efterklang er uønsket, og man kan derfor dæmpe saa stærkt som overhovedet muligt. I saa Tilfælde vil man imidlertid ogsaa rette sin Opmærksomhed mod den særlige Støj, der generer det paagældende Sted. I den følgende Artikel om Støjbe-kæmpelse vil der blive Lejlighed til at komme ind herpaa.

Koncertsale



Optimal Efterklangstid som Funktion af Volumnen

Af afgørende Betydning er Efterklangen navnlig i Koncertsale. Her bør der ved Projekteringen derfor tages Hensyn til, at man virkelig opnaar en passende Værdi for Efterklangstiden samt en passende Frekvensgang (d. v. s. Variation med Tonehøjde). Om Efterklangstidens optimale Værdi er der blandt de forskellige Forfattere nogenlunde Enighed, nemlig at den skal ligge paa ca. 1 Sek. for Rum paa 100 m³ og derunder og vokse til ca. 2 Sek. for Rum paa 30000 m³. Om dens Frekvensgang er der nogen Strid, det kan anses for sandsynligt, at nogen Forøgelse for dybe Frekvenser er gunstig.