

**Nogle målinger af Lydmodstanden i Etageadskillelser**

**A.K Krog**

**Tidsskrifter**

**Arkitekten 1936, Ugehæfte**

**1936**

# Nogle Maalinger af Lydmodstanden

## i Etageadskillelser

Udførte af Birch & Krogboe

Af Ingeniør, cand. polyt. A. K. Krog

I de senere Aar har der indenfor den Kreds af Teknikere, der har med Husbygning at gøre, været en voksende Interesse for Spørgsmaal vedrørende Lydforplantning og Lydisolation i Bygninger. Medens der paa dette Omraade foreligger en betydelig udenlandsk Litteratur, er der mig bekendt ikke hidtil offentliggjort Undersøgelser vedrørende Lydisolationen eller Lydmodstanden i de her i Landet gængse Udførelser af Etageadskillelser.

Til Vejledning ved Projektering har jeg i de senere Aar udført en Del Lydmaalinger i Bygninger med forskellige Gulvkonstruktioner, og da disse Lydmaalinger muligvis kan have mere almindelig Interesse, skal jeg herved meddele en Del af de fundne Resultater.

Selve Emnet forudsætter et vist Kendskab til Lydproblemerne, som maaske endnu ikke tør forudsættes at være almindeligt, og jeg finder derfor Anledning til først at give en kortfattet Fremstilling af Lydproblemerne og Lydmaalingens Enheder og Principer.

### Problemopstilling

En af de Vanskeligheder, der straks opstaar, naar Lydproblemer drøftes, er den Begrebsforvirring, der hersker paa dette Omraade. Ikke alene for Menigmand, men ogsaa for mange Teknikere hviler der en dyb Mystik over disse Problemer, og lytter man til dem, der fabrikerer og sælger de talrige Fabrikater af Lydisoleringsmaterialer, bliver man tit ikke klogere. En kritikløs Brug af disse Materialer fører nemlig kun til Spild af Penge.

Lad mig for at søge at forklare, hvordan Begrebsforvirringen kan opstaa, tage et Eksempel. En Mand har set et Rum indrettet, hvor Loft og Vægge var beklædt med Fiberplade og Gulvet belagt med Filt, og han har konstateret, hvordan selv Lyden af en saa irriterende Ting som en Skrivemaskine dæmpes i dette Lokale, hvor ingen Støj virker irriterende. Til Gengæld har han i en Fabrik, der er opført af Jernbeton, erfaret, at mange forskellige Lyde fra Maskiner, knaldende Døre, Trin m. m. høres saa at sige over hele Huset. Disse Erfaringer drager han nu Fordeel af ved Indretningen af sit Hus. Han bandlyser Anvendelsen af Jernbeton og bruger udelukkende „gode“ Lydisoleringsmaterialer. Vægge, Gulv og Loft i hans Værelse er af Træ, han beklæder dem med Fiberplade, og han sætter Filtskydedør i Væggen ind til Værelset ved Siden af. Maa han nu ikke forbavses over, at naar han sidder i sin Stue, saa hører han Klaveret ved Siden af, som om der hverken var Væg eller Dør, og Højttaleren nedenunder og Vuggen ovenover plager ham mindst lige saa meget her, som hvor han før boede. Nu tror jeg ikke, at nogen Arkitekt eller Ingeniør, som har læst noget om Lydproblemer, vilde love denne Mand et godt Resultat af

de af ham truffne Foranstaltninger. Og dog bliver der paa disse Omraader gjort Fejltagelser, som skyldes, at man ikke een Gang for alle har skabt sig Kendskab til Problemerne.

Vigtigt er det at skelne mellem Begreberne *Akustik* og *Lydforplantning*. Ved et Rums akustiske Forhold forstaar man alle Forhold vedrørende Lydstyrken og dennes Variationer samt Varigheden og Genklangen af Lyde hidrørende fra Lydgivere eller Støjkilder i Rummet. Akustik er i nyere Tid blevet en Videnskab i frodig Udvikling. Den er for Indretning af Bygninger til specielle Formaal af meget stor Betydning. Jeg skal ikke nærmere komme ind paa Spørgsmaalet Akustik\*, kun omtale dens Betydning for Lydforplantning og Lydisolation. Da Akustik, som nævnt, kun vedrører Lydforholdene i det Rum (lad os kalde det Lydrummet), hvor Lydgiveren findes, har den ikke anden Betydning for Lydforplantningen end den, der vedrører Lydstyrken i dette Rum. Ved akustiske Behandlinger af Væggene i Lydrummet kan man reducere Støjen i Rummet, for saavidt denne hidrører fra Væggens Tilbagekastning af Lyd. Men man maa, saa snart Spørgsmaalet drejer sig om Lydforplantning til andre Rum, gøre sig to Ting klart:

1) *Den Lyd, der kommer direkte fra Lydgiveren, rammer Væggene med samme Styrke, selv om disse er akustisk behandlede.*

2) *Det, man i Akustiken benævner Væggens Lydabsorption, er noget helt andet end Væggens Lydmodstand.*

En aaben Dør har saaledes 100 pCt. Absorption, men Lydmodstand 0. Det under Punkt 1 anførte er naturligvis ganske indlysende, men kan maaske alligevel i visse Tilfælde kræve Opmærksomhed for ikke at blive overset. Det kan godtgøres ved et Eksempel. I et langt smalt Lokale er der ved den ene Endevæg anbragt en Del Skrivemaskiner. I den anden Ende kræver Arbejdet, at der ikke maa være for megen Støj. Naar Væggene er almindelige glatte, haarde Vægge, vil der i hele Lokalet være generende Støj hidrørende fra mange omtrent usvækkede Tilbagekastninger af Lyd. Efter akustisk Behandling af Væggene med lydabsorberende Materialer vil tilbagekastet Lyd blive stærkt svækket, og Støjen i den fjerneste Ende af Lokalet ikke være generende, idet den direkte Lyd igennem Luften svækkes efter Kvadratet paa Afstanden. Men — og dette berører det andet Punkt — den Støj, der trænger igennem Endevæggen ved Skrivemaskinerne, vil kun i meget ringe Grad være reduceret efter den akustiske Behandling af Rummet. Lad os forudsætte at denne bestaar i, at man har limet en stærkt absorberende Plade paa Væggen. Lydabsorptionen vil da være stærkt forøget, og Væggen tilbagekaster kun en ringe Del af Lyden; men Lydgennemgangen vil praktisk talt være den samme som før. Luftlyds Gennemgang gennem tæt Væg hidrører nemlig hovedsagelig fra Væggens Medsvingninger.

\* En orienterende Artikel af Professor Chr. Nøkkentved om Akustik findes i *Ingeniøren* 1935, Nr. 19.

Efter disse Bemærkninger om Akustik vender vi os til vort Hovedemne: *Lydforplantningen*. Man skelner her imellem *Luftlyd* og *Ledningslyd*, eftersom Lydforplantningen sker gennem Luft eller fast Materiale. I almindelig Husbygning vil man komme ud for tre Slags Ledningslyd: *Trinstøj*, *Maskinstøj* og *Vandledningsstøj*.

Ved *Trinstøj* skal her ikke alene forstaa Lyden af Trin paa et Gulv, men alle uregelmæssige Banke- og Slaglyde. *Maskinstøj* adskiller sig herfra ved at være sammensat af regelmæssige (periodiske) Svingninger, der gennem Fundamentet føres over i Gulvet (eller Underlaget).

Lydforplantningen gennem Væg eller Etageadskillelse sker for Luftlyd fortrinvis gennem Utætheder og ved Væggens Medsvingninger.

Trinstøj og Maskinstøj gaar igennem en Etageadskillelse ved at bringe denne i Svingninger, som atter bringer Luften i Medsvingninger. Men denne Støj forplanter sig endvidere ved Ledning „paa langs ad“ Væg og Etageadskillelse.

Disse Teorier om Lydens Forplantning er aldeles ikke nye, og man har ogsaa før i Tiden med større eller mindre Held truffet Foranstaltninger imod Lydforplantning, „lydisoleret“. Men saalænge man savnede Maal for Lydstyrke og for Isoleringens Godhed, var al Planlægning vanskeliggjort og de trufne Foranstaltninger tit tilfældige og mangelfulde.

De senere Aars Udvikling af Lydmaaling har væsentligt ændret disse Forhold.

### Lydmaaling

Lyd er en Energiform og kan som saadan maales i almindelige fysiske Enheder for Lydtryk. En mere praktisk Maaleenhed har man i den internationale „Phon“ (i engelsktalende Lande benævnt „decibel“). Den er fastlagt i Forhold til de fysiske Maaleenheder for Lydtryk ved en Tonehøjde paa 1000 Hertz\*. Enheden „Phon“ er valgt saaledes, at 0 Phon er en Lyd af saa ringe Styrke, at den næppe er hørbar, medens 100 Phon er noget nær den stærkeste Lydstyrke, som forekommer. I Fig. 1 er tilhøjre for Phonskalaen vist, indenfor hvilke Omraader almindelig Støj befinder sig.

Til Maaling af Lydstyrke har man to Typer af Instrumenter. Den ene Type tillader en fuldstændig objektiv Maaling, idet man aflæser selve Lydtrykket. Dette Instrument er meget kostbart, og ved Maaling af Styrken af Lyd sammensat af Lyde med forskellig Tonehøjde maa man endda operere med et Lydfilter, idet Øret er ulige følsomt overfor Lyd af forskellige Tonehøjder\*\*. Den anden Type er indrettet til i en Telefon at give en Lyd, hvis Styrke kan aflæses paa en Skala, der sidder paa et Potentiometer. Ved at

\* Et Lydtryk paa  $1 \text{ dyn/cm}^2 = 70 \text{ Phon}$  ved 1000 Hertz.

\*\* Dette er illustreret ved Kurverne paa Fig. øverst tilvenstre Side 99. Det ses heraf, at en Lyd af Styrke  $1 \text{ dyn/cm}^2$  ved Tonehøjde 250 Hertz opfattes af Øret med en Intensitet paa 65 Phon, medens den ved Tonehøjde 1000 Hertz opfattes som 70 Phon.

dreje Potentiometeret varierer man Lydene i Telefonen trinvis med 5 Phon fra 0 til 100 Phon. Idet man nu holder Telefonen imod det ene Øre og med det andet lytter til en bestemt Lyd, kan man ved at variere Telefonlyden opnaa, at den lyder med netop samme Styrke, som den Lyd man lytter til med det frie Øre. Ved Aflæsning paa Skalaen finder man Styrken i Phon af den paagældende Lyd. Et saadant Apparat er „Geräuschmesser nach Barkhausen“. Dette Apparat er anvendt til Maaling af de Lydmodstande for Luftlyd, som er anført i det følgende Afsnit. Ved *Lydmodstanden* for en Væg (eller anden Konstruktionsdel) forstaaes den Svækkelse i Lydstyrke, som en Lyd faar ved at passere Væggen.

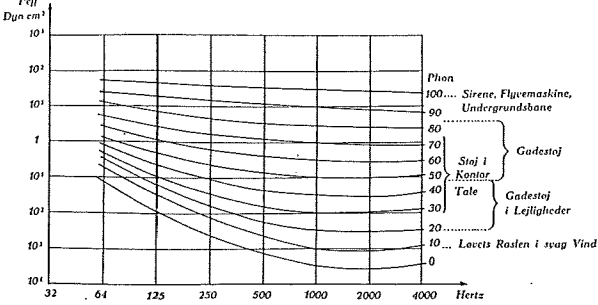
*Ved de nedenfor refererede Maalinger er der fulgt følgende Fremgangsmaade.*

Paa Etageadskillelsen er anbragt en lydisoleret Tragte, i hvilken et elektrisk Horn er isoleret op-hængt. Naar Tragten, hvis Rand er forsynet med Gummipakninger, presses tæt imod Etageadskillelsen, opnaar man, at kun en ringe Del af Lyden trænger ind i det paagældende Lokale. Derved blev det muligt, at udføre Prøverne selv i Sygestuer med Patienter. Lyden rammer gennem Tragstens Aabning Etageadskillelsen, og ved nu at lytte med Apparatet nedenunder, kan man bestemme den Lyd, der passerer Etageadskillelsen. Efter en Bestemmelse af Lydstyrken, naar Tragten holdes udfor Øret i samme Afstand, giver Differencen Lydmodstanden for Etageadskillelsen.

Jeg har nu beskrevet Fremgangsmaaden ved Bestemmelsen af Lydmodstanden overfor Luftlyd. Jeg skal hertil endnu knytte et Par Bemærkninger. Det anvendte Horn havde en Grundtone paa 310 Hertz med mange kraftige Overtoner, men altsaa en temmelig dyb Tone. Ved en Sammenligning med andre Forsøg, hvor en højere Tone er anvendt, maa man erindre, at de dybe Toner trænger stærkere igennem Konstruktionerne end høje Toner. De anførte Lydmodstande er altsaa lidt for smaa for høje Toner. Hornets fulde Styrke er ca. 100 Phon. De anførte Resultater er alle Gennemsnit af forskellige Personers uafhængige Aflytning, hvorved subjektive Paavirkninger af Resultatet ihvert Fald delvis elimineres.

For Etageadskillelsernes Vedkommende er en anden Serie af Lydmaalinger af mindst lige saa stor Interesse, nemlig „Lydmodstand“ for Trinstøj. Her savner man en international Maalestok og Maalemetode\*. Ved den Sammenligningsmetode, der er anvendt i følgende Forsøgsrække, er Fremgangsmaaden denne: Man lader en Staalkugle ( $\frac{1}{4}$ " eng. i Diameter) falde paa Etageadskillelsen fra forskellige Højder og lytter nedenunder. Den laveste Højde, fra hvilken Kuglefaldet endnu er hørligt, kan bruges som Maal for Etageadskillelsens Godhed eller „Lydmodstand“ overfor Trinlyd. Selvfølgelig kan denne Grænse ikke fast-

\* I *Byggekunst*, Juli 1934 er offentliggjort Meddelelse fra Lydkomiteen ved Norges tekniske Højskole: Lydisolasjonen mot bankelyd i gulvkonstruksjoner. Der er anvendt Bankeapparat og Lydtryksmaaling.



Lydstyrkeskala, sammenholdt med nogle kendte Lyde

sættes med nogen særlig Skarphed; ved mine Forsøg er den bestemt paa følgende Maade. Kuglen bragtes til Fald med regelmæssige Mellemrum 5 Gange fra hver Faldhøjde, begyndende med en saadan Højde, at Kuglefaldet hørtes meget tydeligt. Idet Faldhøjderne aftager gradvis, naar man tilsidst en Faldhøjde, hvor kun nogle Kuglefald høres. Denne er fastsat som Høregrænsen. Forsøgene maa selvfølgelig gennemføres ved samme „Støj“ under de forskellige Forsøg i Lytterummet, og det vil i Praksis sige, at man ved Sammenligning fra et Sted til et andet maa sørge for, at der er absolut Stilhed. Der er her en lille Svaghed ved denne Forsøgsserie, idet man vanskeligt kan afgøre, om Stilheden er lige absolut alle Steder.

**Forsøgsresultater for Etageadskillelser**

**Kritik af Resultater**

Først maa det selvfølgelig erindres, at Maalemetoden er subjektiv. De fundne Resultater er derfor ikke fuldstændigt nøjagtige Værdier af Lydmodstandene. Maalingerne er foretaget i Rum af meget forskellige akustiske Forhold. Dette spiller for Lydrummets Vedkommende ingen Rolle, da Tragten med Hornet bliver det virkelige Lydrum. Derimod vil Resultaterne i nogen Grad være paavirket af de akustiske Forhold i Lytterrummet. I denne Henseende vil Laboratoriemalinger selvfølgelig være mere nøjagtige.

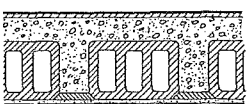
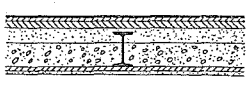

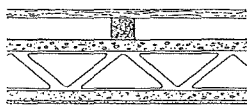
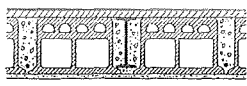
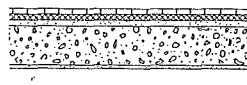

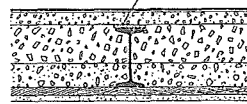





Endelig kan Resultatet ogsaa i nogen Grad være paavirket af andre Forhold, som ikke fremgaar af de anførte Data, saasom Spændvidder, Indspændinger, lokale Svækkelser af visse Elementer m. m. Alligevel mener jeg, at Resultaterne kan have Værdi til Sammenligning af Godheden af de prøvede Konstruktioner.

**Konklusioner**

De fundne Resultater bekræfter først og fremmest Reglen om, at Vægt, Stivhed og Tæthed er det væsentligste for at opnaa stor Lydmodstand. I denne Henseende stiller derfor de fleste Etageadskillelser af Jernbeton og indstøbte Jernbjælker sig nogenlunde ens og ganske tilfredsstillende. De almindelige Træetageadskillelser viser temmelig varierende Resultater, hvilket næppe kan virke overraskende, eftersom Mulighederne for daarlig Udførelse er saa store. Ydermere indgaar de særlige Svagheder ved Gavlmure og Skillerum slet ikke i disse Resultater. Nogle Specialkonstruktioner (Maalested Nr. 7 og 9) viser ogsaa

Lydmaalinger Maalested Nr.	Etageadskillelse	Lydmodstand Phon	Kuglefald mm
6	<p>Parket i Asfalt 4 cm armeret Beton 22 mm Impr. Ikasmaatte 12 cm Jernbeton</p> <p>Dip. 38, Afstand 3,3 m Spv. ca. 10 m</p> <p>Ophængt 3/4" Forskalling 22 mm Ikasmaatte Forgyldt 1/2" Celotex paa Spanter</p>	73	over 2000
2 a	<p>Linoleum paa Magnesit 7 cm Jernbeton 9 cm Ler 1" Indskud 3/4" Forskalling Rør og Puds</p>	59	140
3 c	<p>Kork-Parket (Ekspanko) Beton mellem Jernbjælker</p>	53	—
19 2 b 12 a	<p>1 1/4" hv. pl. Brædder Indskudler 1" Indskud Træbjælke, 8" x 8" 3/4" Forskalling Rør og Puds</p>	40-50	4
8	<p>Parket Blindgulv, Strøer paa Filt Bestal-Uld 12 cm Jernbeton Puds</p>	52	120
4	<p>Linoleum 5 cm armeret Beton 27 cm Fyld af 1/3 Sand, 2/3 Kokesslagger 10 cm Beton Puds</p>	51	70
12 b	<p>1 1/4" hv. pl. Brædder 2" Løgte 6 cm Ler 8 cm Beton</p>	53	7
3 a	<p>Som ovenfor men med tykt Tøppe</p> <p>Terrazzo Beton Puds</p>	50	7
3 b	<p>Sprosser 2 Lag Asfaltpap</p> <p>1 1/4" hv. pl. Brædder 8 cm Ler 1" Indskud Bølget Asfaltpap 3/4" Forskalling Rør og Puds</p>	48	—



Lydmaalinger Maalested Nr.	Etageadskillelse	Lyd- mod- stand Phon	Kugle- fald mm
10	 <p>Linoleum Jernbeton med Molerblokke Puds</p>	48	7
11	 <p>Gummi Halvhaard Masonite 2 1/2 cm Afretning 5 cm Cellebeton 8 cm Beton Blød Masonite Puds</p>	47	7
5	 <p>Parket 2 cm Magnesit 10 cm Jernbeton Puds</p>	47	7
7	 <p>1 1/4" hv. pl. Brædder 1 Lag Gulvopap K-H Betonbjælker Puds</p>	46	4
9	 <p>Linoleum 2 cm Magnesit Sperlesten med armeret Beton imellem Puds</p>	36	4
14 a	 <p>Bøgetræsparket 2 cm Asfalt 2 cm Sand 13 cm Jernbeton Puds</p>	51	15
14 b	 <p>2 cm Terrazzo Afretning Jute med Dursit 10 cm Jernbeton Puds</p>	52	12
15 mm Arkimaatte			
15	 <p>Linoleum med Underlag af Icopal 4 cm Beton med 5 ø 5 pr. m ca. 13 cm Murstenskærver 8 cm Beton 1:3:5 2,5 cm Forskallingsbrædder 2 cm Røring og Puds</p>	54	40
17 a	 <p>Expanko Korkparket 3 cm Sausmuldbeton 11 cm Jernbeton Puds</p>	50	7
18 a	 <p>Linoleum paa Pap 5 cm arm. Beton 13 mm Tangmaatte 16 cm Jernbeton Puds</p>	50	40
18 b	 <p>Som ovenfor men 30 mm Halmfald i Stedet for Tangmaatte</p>	52	30
18 c	 <p>Som ovenfor men 25 mm Korkmuld og Tagpap i Stedet for Tangmaatte</p>	—	250
20 b	 <p>Korkparket 3 cm Afretningsbeton 10 cm Murstenskærver 10 cm Jernbeton 3 cm Exp. Kork Puds</p>	48	7

ringere Resultater end Massivkonstruktionerne. De bedste Resultater er fundet ved Jernkonstruktioner med ophængt forskallet Loft.

For Trinlyds Vedkommende er der aabenbart tre Ting, der medvirker til Opnaelse af gode Resultater: Konstruktionernes Massivitet, Indskydelse af Lag af Blødhed som Filt saa nær under Slidlaget som muligt, og endelig ophængt forskallet Loft.

## Arkitektens Dagbog

### Øresundskystens Frilæggelse

Frisinget Arkitektgruppens Diskussionsaften d. 22/4 om Øresundskystens Fremtid har givet Anledning til en lang Række Indlæg i Dagspressen. I *Politikens* Kronik d. 27/4 gaar Arkitekt Poul Henningsen i Princippet ind for Professor Ivar Bentsens Plan for Bebyggelse af Cottage-Parken, men kritiserer stærkt den nu vedtagne nye Strandvej, som han karakteriserer som en Penge-transaktion, den billigste Løsning af et Trafikproblem, uden virkelig Betydning for Byens brede Befolkning. I *Berl. Tid.* d. 27/4 har Direktør F. C. Boldsen gentaget sit meget stærke Angreb paa det opstillede økonomiske Grundlag for Ivar Bentsens Plan. Kommunaldirektør Bjerregaard har i *Politiken* d. 30/4 ligeledes kritiseret Planen som Helhed, men i et paafølgende Svar hævder Ivar Bentsen det rigtige i, at bebygge Skovresterne til Fordel for en Frilæggelse af Kysten. Hrsf. Ejvind Møller og Kunstmaler Erick Struckmann har paa Naturfredningsforeningens Vegne takket frisinget Arkitektgruppe, fordi den har taget Øresundsspørgsmaalet op, men gaar imod Ivar Bentsens Plan og udtaler stærk Tvivl om, at Vestkystloven kan fortolkes derhen, at Øresundskysten uden Erstatning kan gøres offentlig tilgængelig, som hævdet af Kreditforeringsdirektør Buhl.

Endelig har Skovridder Martensen-Larsen i et 5-spaltet Interview i *Berl. Tid.* d. 8/5 gjort hele Dyrehavens fremtidige Stilling op. Skovridderen gaar imod enhver Plan om høj Bebyggelse mellem Skoven og Sundet. „Jeg mener ikke, at Dyrehaven skal omdannes til en Park for Beboerne af en kommende høj Bebyggelse. Den skal vedblive at være det, den er, hele Hovedstadens Befolknings“.

I et Svar hertil d. 27/4 kritiserer Arkitekt Kay Fisker paa Gruppens Vegne den nye Strandvej, som Naturfredningsforeningen er gaet ind for, men til Ivar Bentsens Plan har man ingen Stilling villet tage.

### Frilæggelse af St. Petri Kirkeplads

Københavns Kommune agter ved Mageskifte at søge Ejendommene paa Hjørnet af Lars Lejstræde og St. Pederstræde erhvervet, saaledes at Kirkepladsen engang kan frilægges ved Nedrivning af disse Ejendomme.

### Ingen Station i Taarbæk

Statsbanernes Generaldirektorat har meddelt, at det af trafikale tekniske Aarsager ikke lader sig gøre at oprette en Station eller et Trinbrædt i Taarbæk. Af Hensyn til de store Boligbyggerier havde der været udtalt stærke Ønsker herom.