

DRUM NOISE FROM FLOORS

WITH AN ENGLISH SUMMARY

F. LARRIS

TEKNOLOGISK INSTITUT
LYDTEKNISK KONSULTATION

Bibliotekseksemplar 3

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT RAPPORT NR. 10

SSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1952

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

(The Danish National Institute of Building Research)

Borgergade 20, København K. Telefon Palæ 9855

er en selvstændig institution, der ledes af en bestyrelse udpeget af boligministeren, er oprettet ved lov nr. 123 af 19. marts 1947, har til opgave »— at følge, fremme og samordne teknisk, økonomisk og anden undersøgelses- og forskningsvirksomhed, som kan bidrage til en forbedring og billiggørelse af byggeriet, samt at udøve oplysningsvirksomhed angående byggeforskningens resultater.«

PUBLIKATIONER

Fortegnelsen omfatter kun de ved denne publikations fremkomst endnu ikke udsolgte publikationer. En komplet fortegnelse kan fås ved henvendelse til instituttet.

Rapporter

er de originale, komplette beretninger om selvstændige forskningsarbejder, som udføres for eller af Instituttet

Nr. 1: *Økonomisk varmeisolering*, Poul Becher. 1949. 61 s. A₄. Kr. 7,—. 2. udgave 1950.

Nr. 2: *Gymnastiksales akustik*, Poul Becher. 1950. 2 s. A₄. Kr. 1,—.

Nr. 4: *Testing of 11 Danish Concrete Mixers*, Johs. Andersen, Per Brædsdorff, Niels H. Krarup, K. Malmstedt-Andersen, Poul Nerenst and Niels M. Plum. 1951. 236 s. A₄. Kr. 25,—.

Nr. 5: *Sammenlignende undersøgelse af træ- og stålstilladser til husbygning*, Niels H. Krarup. 1951. 44 s. A₄. Kr. 25,—.

Nr. 6: *Vinterbyggeri, forsøg afholdt af Statens Byggeforskningsinstitut i årene 1947-50*, Niels M. Plum. 1951. 108 s. A₄. Kr. 5,—.

Nr. 7: *Dæk og huse*, Niels M. Plum. 1. del: Tekst, 2. del: Figurer. 1952. A₄. Kr. 20,—.

Nr. 8: *Trinlyd i beboelsesejendomme*, Fritz Ingerslev og V. E. B. Ranfelt. 1952. 40 s. A₄. Kr. 6,50.

Nr. 9: *Tapet, rullelængde og rapportantal*, Philip Arctander og Henry F. Holm. 1952. 63 s. A₄. Kr. 6,—.

Nr. 10: *Trommelyd, undersøgelse over støj fra gulve*, F. Larris. 1952. 28 s. A₆. Kr. 2,50.

Studier

er en blandet publikationsrække, der spænder fra litteraturgengivelser og diskussioner til forskningsprogrammer, foreløbige beregninger o. lign.

Nr. 1: *Byggemodul, begrebets indhold og problemer i forbindelse med dets indførelse*, Mogens Voltelen. 1949. 30 s. A₄. Kr. 2,—.

(fortsættes på omslagets 3. side)

00847 P
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Denne publikation udkommer som:

a) Statens Byggeforskningsinstituts rapport nr. 10,

b) bidrag til Teknologisk Instituts forsøgsberetning 1953,

c) Teknologisk Institut, Lydteknisk Konsultations meddelelse nr. 6.



TROMMELYD

— undersøgelse over støj fra gulve —

af civilingeniør F. Larris

Teknologisk Institut, Lydteknisk Konsultation

1^o Forord.

I den foreliggende afhandling gengives resultaterne af en målerække over et støjfenomen, trommelyd, der, så vidt vides, hidtil kun i meget ringe grad har været genstand for nogen systematisk undersøgelse. Når der ikke er fremkommet en sådan undersøgelse på et tidligere tidspunkt, så skyldes dette formentlig blot en lille teknisk vanskelighed: fremskaffelsen af en bankemaskine med ringe egenstøj.

I byggeriet ønsker man at opnå det størst mulige mål af komfort — og med så lave omkostninger som muligt. Gode opvarmnings- og lysforhold har længe været en selvfølge. Renlighed og frisk luft anses ikke længere for luksus, og det samme gælder et vist minimum af gode lydforhold; imod tidligere at have været anset for luksus regnes de nu til de hygiejniske krav. Gulvenes trommelyd er ved siden af lydisolering og efterklangstid en af de størrelser, man må være opmærksom på, når der skal frembringes tilfredsstillende lydforhold.

Teknologisk Instituts Lydtekniske Konsultation vil gerne udtale sin bedste tak til Statens Byggeforskningsinstitut og til Ny Carlsberg-fondet, fordi de med deres økonomiske tilskud har muliggjort den foreliggende undersøgelse. Endvidere skal rettes en tak til flere virksomheder fra byggeindustrien, der frit har stillet forsøgsmateriel og erfaringer til rådighed. Forhåbentlig vil resultaterne af det foreliggende arbejde igen komme byggeriet til gode!

2° Indledning.

Ved bedømmelsen af de akustiske egenskaber for etageadskillelser og gulvbelægninger har man hidtil i hovedsagen interesseret sig for følgende to størrelser:

- 1) *Luftlydisolationen*, der er et mål for forholdet mellem den lyd-effekt, der i senderrummet rammer f. eks. etageadskillelsens gulv og den lydeffekt, der i modtagerrummet igen afstråler fra samme etageadskillelses loft (fig. 1).
- 2) *Trinlydstallet*, der er et mål for den fra loftet af en etageadskillelse afstrålede lydeffekt, når der bankes på gulvet af den samme etageadskillelse. For at kunne sammenligne resultater fra forskellige laboratorier, er man enedes om bankeslag af samme fysiske egenskaber, der udføres ved hjælp af en standardiseret bankemaskine (fig. 2).

Bygningsakustikerne har derimod hidtil kun meget overfladisk interesseret sig for den lyd, der fra gulvet afstråler opefter, medens man går over det. Der indføres derfor som nummer

- 3) *Trommelydstallet*, der er et mål for den fra et gulv afstrålede lydeffekt, når den standardiserede bankemaskine påvirker gulvet med slag (fig. 3).

Et gulvs trommelydstal er nu ikke nogen helt uvæsentlig størrelse. Byggefolk spørger jævnligt efter denne egenskab i forbindelse med gulvkonstruktioner, dog uden hverken at give den et bestemt navn eller at kende til de konstruktive principper, der maa anvendes for at holde trommelydstallet nede ved lave værdier. Det synes, som om interessen for denne egenskab er lidt større i Sverige end her i landet, og navnet trommelyd er da også en ordret oversættelse af det svenske »trumljud«.

Der er ikke nogen tvivl om, at selve trommelyden under almindelige dagligdags forhold opfattes som en gêne, og man bør derfor tilstræbe så lave trommelydstal som muligt. Dette gælder i særlig grad i rum med lang efterklangstid og endvidere i koncertsale, auditorier og lignende steder, hvor folk, der kommer for sent eller går for tidligt, med deres støj kan være meget generende for de øvrige tilhørere. På en hospitalsstue er kraftig trommelyd en plage for patienterne, der gennem sygdommen kan være blevet særlig modtagelige herfor. På

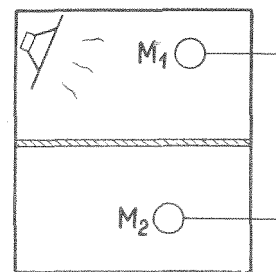


Fig. 1. Luftlydisolation.
Forholdet imellem spændingerne over mikrofonerne M_1 og M_2 måles.

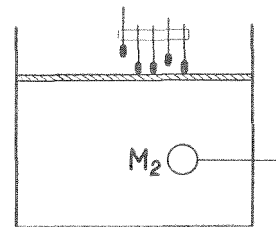


Fig. 2. Trinlydstallet.
Spændingen over mikrofon M_2 måles.

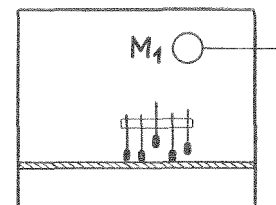


Fig. 3. Trommelydstallet.
Spændingen over mikrofon M_1 måles.

den anden side er der også tilfælde, som f. eks. soldaters parademarch eller nogle former for dans (step), hvor man ikke har noget imod trommelyden, men tværtimod prøver på at få den til at blive ret kraftig.

Llewellyn og Harper¹⁾ har undersøgt en række egenskaber ved gulvbelægninger, men de bruger kun en halv side til at omtale støjsvagheden (quietness) i forbindelse med den støj, der konstateres i rummet over gulvet ved almindelig gang over det. Gulvene klasseinddeles m. h. t. støjsvagheden som: Meget god, god, nogenlunde, dårlig og meget dårlig. Prædikatet »meget god« gives kun til kork og gummi. Trægulvene betegnes som »nogenlunde« og i mindre udstrækning som »dårlig«. Terrazzo-, cement- og lignende gulve får prædikatet »meget dårlig«. Alle de øvrige gulve, herunder linoleum, asfalt,

¹⁾ Llewellyn and Harper, Floor Finishes for Houses and Other Non-Industrial Buildings, National Building Studies, Bulletin nr. 11, London 1950, 25 sider.

magnesit, plasticgulve m. fl. klassificeres som »nogenlunde«. Som man ser, er inddelingen ret grov, og man savner desuden en beskrivelse af gulvenes konstruktion i lidt større dybde; ved siden af slidlagets materiale er denne nemlig af stor betydning for trommelyden. Forfatterne gør dog opmærksom på, at fastliggende trægulve er mindre støjende end gulve, der er udlagt på strøer.

F. Schütz²⁾ har undersøgt asfaltgulvenes egenskaber og sammenligner dem med andre gulvbelægnings. Han omtaler ligeledes støjfriheden og betegner den i den følgende oversigt over gulvbelægninger enten som »god« eller som »dårlig«:

1. vanligt trægolv	god
2. trækubb ³⁾ , imprægneret	god
3. betonggolv	dårlig
4. gjudasfalt	god
5. asfaltplattor	god
6. magnesitgolv	god
7. stensättning	dårlig
8. klinker	dårlig

Der findes flere andre steder i litteraturen, hvor trommelydfænomenet er omtalt, og der findes også nogle optagelser af trommelydens frekvensspektrogram.

3^o Egne målinger.

Under sit arbejde med bygningsakustiske problemer har Teknologisk Instituts Lydtekniske Konsultation bemærket, at der er et behov for mere konkrete oplysninger om trommelyd og om midlerne til at holde den nede. Man tog derfor initiativet til den foreliggende undersøgelse.

Ligesom ved målingen af luftlydisolationen og af trinlyden er man også ved trommelyden interesseret i at kende denne størrelsesvariation med lydens frekvens. Den fra forsøgsgulvet afstrålede trommelyd blev derfor frekvensanalyseret, og resultatet, frekvensspektrogrammet

²⁾ F. Schütz, Asfaltgolv, Byggmästaren 1950, nr. 11, side 229—233.

³⁾ i »trækubb« består slidlaget af endetræ, d. v. s. træfibrene står her lodret.

af lyden, giver den fysiske lydstyrke over hele den del af toneskalaen, der har praktisk betydning. I foreliggende undersøgelse er der målt i frekvensintervallet mellem 50 Hz og 5000 Hz og med afstande på 1 deci-dekade⁴⁾ imellem målepunkterne.

Ved flytning af målestedet på det samme gulv eller ved overgangen til et andet gulv af ellers den samme konstruktion kunne resultaterne variere temmelig meget. Af denne grund er de fleste af de følgende kurver vundet som gennemsnitsværdier af flere målinger.

I de nedenstående resultater er de i ordinatretning afsatte decibeltal for lydniveauerne relative, idet måleresultaterne i første række er afset til ved indbyrdes sammenligning at give oplysninger om et eller andet konstruktionselements indflydelse på trommelyden ved forskellige frekvenser. Decibeltallenes størrelse ligger dog i nærheden af støjens lydintensitet indenfor et frekvensinterval på 1 oktav.

Der er et forhold, som man ikke må glemme, når man ønsker at drage praktisk nytte af de vundne måleresultater: Trommelyden er under målingerne frembragt med den standardiserede bankemaskine, der kun giver en dårlig efterligning af lyden fra skohæle. Gummihæle giver således væsentlig svagere trommelyd ved de høje frekvenser. Bankemaskinens støj er derimod mere i familie med lyden fra højhælede, hårde damesko, særlig ved en trippende, stivbenet gang. Bankemaskinens støj bør derfor ikke opfattes som nogen efterligning af trinlyd alene, men også af lyden fra børns leg med klodser eller fra flytten med møbler.

Da trommelyden og dens frekvensfordeling således i praksis ikke bare er afhængig af gulvets opbygning, men desuden af den måde, hvorpå støjen frembringes, må et gennemsnitstal af trommelyden i et mere eller mindre tilfældigt valgt frekvensinterval vurderes med forsigtighed. Det er almindeligt at opgive en gennemsnitsværdi for luftlydisolationen i intervallet 100 Hz til 3200 Hz og for trinlydstallet i intervallet 100 Hz til 1600 Hz eller 125 Hz til 1600 Hz. Dette er nærmere omtalt i afsnit 18. I den foreliggende undersøgelse er gennemsnitsværdien af trommelyden i intervallet 100 til 1600 Hz tilføjet i kantet parentes.

⁴⁾ fremfor »trediedels-oktav« foretrækkes betegnelsen »deci-dekade«, der for det første dækker mere korrekt over de virkelige forhold; intervallet mellem 50 og 5000 Hz spænder således over 20,00 deci-dekader, men kun over 19,94 trediedels oktaver. For det andet falder ordet deci-dekade mere mundret.

Resultater med hårde gulobelægninger:

4° Magnesit-asbest-gulve

— i det følgende kun betegnet som magnesitgulve (fig. 4).

Hvor disse belægninger er udlagt ovenpå et fast afretningslag, kan man få et forløb efter kurve 4,1 [62 db] (gennemsnit af 3 forskellige gulve) eller eksempelvis kurve 4,2 [62 db] (1 gulv). Man får herefter en med stigende frekvens voksende lydstyrke, indtil et maksimum ved ca. 1500 Hz.

Nr. 4,3 [59 db] er trommelydmæssigt det bedste af de undersøgte magnesitgulve. Ved bearbejdning med kniv viser det sig også at være noget mindre hårdt end de foregående gulve. Det har dog ligget paa en korridor i mange år uden at tage synlig skade af den livlige persontrafik.

Væsentlig ugunstigere forhold giver en udlægning af magnesitgulve ovenpå et lag almindelige gulvbrætter på strøer. Som kurve 4,4 [79 db] (2 gulve) viser, får man herved stærkt forøget støj, særlig ved de lave og mellemhøje frekvenser.

Et lignende forløb som nr. 4,4 får man ved magnesitgulvet kurve 4,5 [78 db], der har løsnet sig fra sit faste underlag, som her bestod af en støbt etageadskillelse med afretningslag. Det fremgår heraf, hvor betydningsfuldt det er at have magnesitgulve udført på en sådan måde, at de ikke løsner sig fra underlaget. En væsentlig betingelse herfor er egnede udgangsmaterialer, der under og efter afbindingen arbejder mindst muligt, og som formår at binde til underlaget. Desuden er underlagets overfladebeskaffenhed af betydning; den skal være støvfri, ikke for glat og ikke for meget vandsugende.

5° Hård træfiber

(fig. 5) ovenpå et fast afretningslag giver kurve 5,1 [66 db], der viser et lignende forløb som »magnesit«. Man ville have ventet, at træfiber, særlig ved de højeste frekvenser, gav lidt mindre støj, da det er blødere end magnesit. Det viser sig dog tværtimod, at træfiber over praktisk taget hele den gennemmålte frekvensskala giver mere støj end magnesit, og forklaringen herpå er sikkert den, at træfiberpladerne enkelte steder har løsnet sig fra underlaget.

Hård træfiber ovenpå et trægulv giver et forløb efter kurve 5,2 [74 db]. Kurven er gennemsnittet af flere målinger, dels over et trægulv

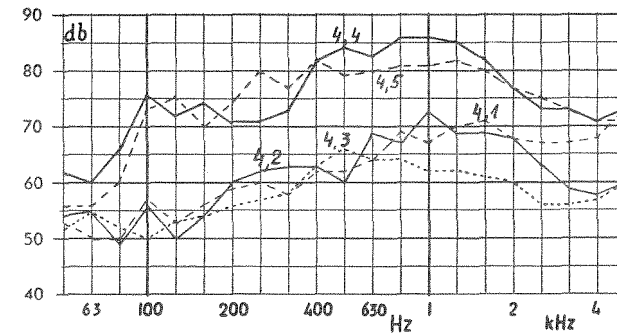


Fig. 4.
Magnesitgulve.

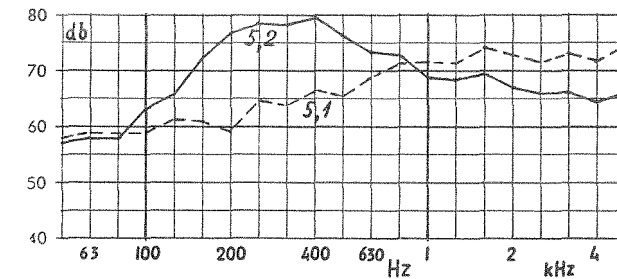


Fig. 5.
Hård træfiber.

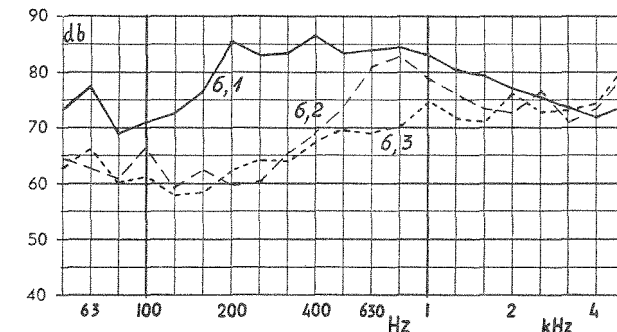


Fig. 6.
Trægulve.

på lave strøer, dels over et trægulv uden strøer. Påfaldende er her den kraftige støj ved de lave frekvenser, der er karakteristisk for trægulve på strøer og ikke undergår nogen væsentlig forandring gennem en belægning ovenpå trægulvet. Man bemærker desuden, at kurve 5,2 ved de høje frekvenser ligger ca. 5 db under kurve 5,1; dette kan sikkert tilskrives den for løse belægning ved nr. 5,1, der særlig ved de høje frekvenser giver forøget støj.

Meget nær den samme støjfordeling kan man vente over gulve, der er belagt med fliser af plastic eller asfalt, når disse fliser er i ufuldstændig forbindelse med underlaget.

6° Trægulve.

Et trægulv, udlagt på så lave (forsænkede) strøer, at gulvbrædderne rørte ved afretningslaget, gav samme kurve som nr. 5,2 [74 db], der altså også gælder for sådanne trægulve uden ekstra belægning. For almindelige bræddegulve på strøer fås kurve 13,1 [84 db]. På fig. 6 giver kurve 6,1 [82 db] et andet eksempel, et bræddegulv, der er sat sammen af bøgestave og udlagt på strøer.

Kurve 6,2 [69 db] viser resultatet over et bøgeparketgulv, lagt ud i asfalt, og kurve 6,3 [67 db] over et egeparketgulv i asfalt. Det væsentlig gunstigere resultat ved disse gulve, sammenlignet med parket på strøer er bemærkelsesværdigt. Gulv 6,2 har stedvis løsnet sig fra underlaget, hvilket er årsagen til den kraftige støj omkring 800 Hz. I den ene ende af dette gulv, altså nærmere det defekte sted, var støjen her endda 6 db højere, i den anden ende 6 db lavere (kurven er gennemsnit for to målesteder).

Mange parketgulve, iberegnet bøgestavparket, udlægges selv ovenpå støbte etageadskillelser stadigvæk på strøer. Dette kan måske forsvares med den billigere pris (forskellen er ca. 2,50 kr. pr. m²) og, ved gulve over en kold kælder, med den højere varmeisolation. En væsentlig grund er dog desuden den, at et trægulv arbejder under skiftende fugt- og temperaturpåvirkninger, og det kan herunder, når det er lagt i asfalt, løsrive sig fra underlaget, oftest under stedvis opbulning af gulvet. Bøgetræ er ganske særlig følsomt i så henseende, og de fleste bøgetrægulve udlægges derfor på løse strøer, således at hele gulvet kan skubbe sig mere eller mindre langt ind under fodpanelerne.

Af trommelydmæssige hensyn burde man altså i væsentlig større udstrækning end det sker nu lægge trægulve i asfalt eller på anden måde binde dem til det faste underlag, og der er sikkert grund til at gøre en indsats for at få overvundet de ovennævnte vanskeligheder, der er forbundet hermed.

Parketgulve, udlagt på strøer, der uden et blødt mellemlag hviler direkte på etageadskillelsen, byder forøvrigt heller ikke på nogen fordel med hensyn til det i artiklens begyndelse omtalte trinlydstal. Luftmellemlaget under gulvet giver nemlig ikke nogen forbedret lydisolations, da afstanden mellem lydbroerne — det er strøerne — er for lille.

Hvad der sker, når der lægges et blødt mellemlag mellem strøerne

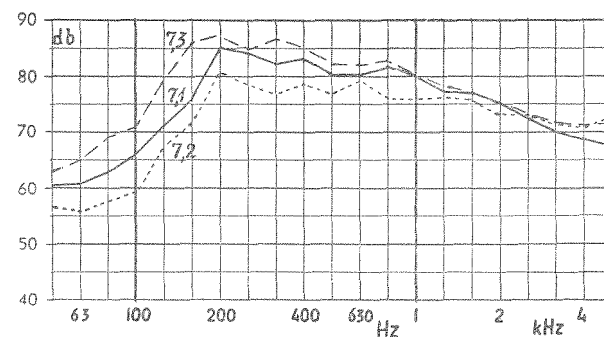


Fig. 7.
Trægulve
på underlag.

og underlaget — en kendt form for et svømmende gulv, der giver en forbedring af trinlydstallet — skal omtales i det følgende afsnit.

7° Indskud og underlag (fig. 7).

Kurve 7,1 [79 db] giver et andet eksempel på et trægulv — et bræddegulv af sammenlimede bøgestave, udlagt på strøer. Det samme gulv, lagt op på et 5 cm tykt lag sand, således at selve gulvbrædderne hvilede på sandet, gav kurve 7,2 [76 db]. Den i forhold til kurve 7,1 opnåede forbedring er særlig værdifuld derved, at den ligger i den lavfrekvente del af toneskalaen, hvor den dæmpende virkning af gummihæle eller af et gulvtæppe kun er ringe. Efter forsøget viste det sig, at trægulvet ikke overalt havde været i kontakt med sandet; det kan derfor antages, at forbedringen vil være endnu større under praktiske forhold, hvor kontakten forbedres efterhånden ved almindelig gangtrafik over gulvet.

Da direktøren for H.S.B. i Stockholm, arkitekt Sven Wallander, i 1948 holdt foredrag i Dansk Ingeniørforenings Husbygningstekniske Kursus, omtalte han de svenske gulvkonstruktioner med et 10 cm tykt lag sand under gulvbrædderne. Han nævnte de behagelige lyd-mæssige egenskaber af en sådan konstruktion, dog uden at hævde, at forbedringen består i en reduktion i trinlydstallet, altså en forbedring af isolationen imod trinljud. Det er meget sandsynligt, at den konstaterede forbedring tildels beror på en reduktion af trommelydstallet ved de lave frekvenser. Desuden lader det til at fremgå af forskellige forsøg, at man gennem anvendelsen af sand i bygningskonstruktioner også kan opnå en forøget lydisolations, såvel overfor luftlyd som bygningslyd. Forbedringen skyldes ikke bare vægtforøgelsen gennem sandlaget, da den opnåede forbedring er nogle db

større end den, der svarer til vægtforøgelsen. Denne effekt kan sikkert forklares ved sandkornenes friktion imod hinanden og ikke ved sandlagets elasticitet; sand er meget stift, og konstruktionen kan ikke betegnes som et svømmende gulv.

Hvordan et virkelig elastisk underlag under bræddegulvet forandrer trommelyden viser kurve 7,3 [83 db]. Bræddegulvet fra nr. 7,1 er her lagt op på en blød bygningsmåtte, en ret almindelig konstruktion for et svømmende gulv. Der fås en forøgelse af trommelyden, særlig mellem 50 og 200 Hz, hvor den er mest uønsket. Ved svømmende gulve af denne art må man altså være klar over, at forbedringen af trinlydisolationen samtidig er forbundet med en forværring af trommelyden, hvilket også fremgår af det efterfølgende afsnit.

Det foreslås hermed at forsøge følgende konstruktion af et trægulv, der endnu ikke er gennemprøvet, men som ventes at give både trinlyds- og trommelydsdæmpning og dog skulle være relativt billigt: Ovenpå den støbte etageadskillelse (eller, ved bjælkelag, på de højtliggende indskudsbrædder) lægges et elastisk materiale, f. eks. en bygningsmåtte eller et lag savsmuld, der tildækkes med papir. Herpå kommer et tykt lag sand, som trægulvet lægges på, dog således, at gulvbrædderne er i kontakt med sandet. Strøerne må altså først være lagt ned i sandet på en sådan måde, at overfladen af sandet og strøerne flugter.

8°-9° Asfaltgulve (fig. 8).

Kurve 8,3 [59 db] viser resultatet over et almindeligt asfaltgulv, der er udlagt ovenpå et hårdt og fast afretningslag. Asfaltgulvet består her af et 5 mm tykt lag pulverasfalt plus 15 mm støbeasfalt af en sammensætning, der normalt bruges til korridorer og trapper. Den asfalt, der bruges til stuegulve, er lidt hårdere end denne for at kunne modstå indtrykningen af tunge møbelben.

Ved kurve 8,1 [74 db] er der ovenpå det faste afretningslag først udlagt en 12 mm tyk blød træfiberplade og herpå 10 mm pulverasfalt og 15 mm støbeasfalt af samme blanding som nr. 8,3. Gulv nr. 8,1 er således en enkel form for et svømmende gulv, og konstruktionen har været kendt og er blevet almindeligt anvendt i en kortere årrække. Målingen af trommelyden over asfaltgulvene blev først foretaget 8 dage efter udlægningen, og i den tid var de udsat for kraftig trafik.

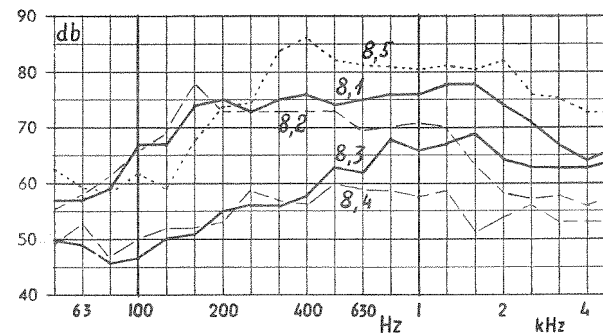


Fig. 8.
Asfaltgulve.

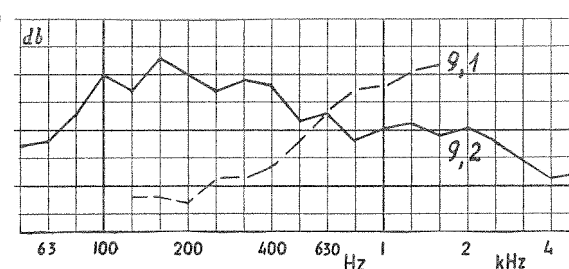


Fig. 9.
Virkning af
blød træfiber
under asfalt.

Resultaterne viser, at det svømmende gulv giver betydelig kraftigere støj end det faste gulv over hele den gennemmålte frekvensskala, dog ganske særlig ved de lave frekvenser. Den bløde træfiberplades virkning er yderligere kvantitativt belyst ved fig. 9, hvor kurve 9,1, efter en måling på Akademiets Lydlaboratorium, viser forbedringen (for mindskelsen) af trinlydstallet for et asfaltgulv gennem indførelsen af den bløde træfiberplade. Den begynder praktisk taget først at blive effektiv ved frekvenser over 320 Hz. Til sammenligning viser kurve 9,2 den forøgelse af trommelyden, der finder sted ved indførelsen af en blød træfiberplade. Kurven er differencen mellem kurverne 8,1 og 8,3. Middeltallene i frekvensintervallet 125 Hz til 1600 Hz giver for kurve 9,1 en forbedring af trinlydstallet på ca 8 db og for kurve 9,2 en forværring af trommelydstallet på ca. 15 db. Som man ser af fig. 9, kan forholdene dog ikke forenkles eller generaliseres ved »Hvad der vindes med hensyn til trinlyd, det tabes med hensyn til trommelyd«. For det første afviger gennemsnitsværdierne ret meget fra hinanden, og for det andet er frekvensgangene helt forskellige. I praksis vil forholdet imellem forbedringen og forværringen af de to respektive støjfænomener være endnu større end udtrykt ved de to db-differencer, da fodtøj normalt frembringer forholdsvis mere lav-

frekvent støj end bankemaskinens hårde hamre. Dette er nærmere belyst i afsnit 18.

Ligesom ved andre gulve er det også ved et almindeligt asfaltgulv af stor betydning, at det er i fast forbindelse med underlaget, således som det har været tilfældet med nr. 8,3. Kurve 8,5 [77 db] viser til sammenligning en måling over et asfaltgulv af samme opbygning som nr. 8,3, men udlagt som en 60 cm × 60 cm stor plade over et stykke papir. Sammen med papirunderlaget var det derefter blevet udlagt på et fast magnesitgulv, der her tjente som afretningslag. Under målingen var pladen blevet belastet langs hele randen. På lignende måde som ved løstsiddende gulvbelægnings af magnesit eller hård træfiber frembringes her kraftig trommelyd, særlig ved de mellemhøje og høje frekvenser, hvor lyden kan antages at opstå ved pladens klappen mod det hårde underlag.

Når den samme asfaltplade blev lagt op på et underlag af blød træfiber (blødere end det i nr. 8,1 brugte), viste trommelyden en frekvensfordeling (den er ikke indtegnet) med kraftigere støj ved frekvenser under 250 Hz og en spids ved 160 Hz. Ved at anslå gulvpladen ganske let med fingerspidsen og aftage vibrationerne med en krystal-pick-up kunne egenfrekvensen af gulvpladen på træfiberpladen da også bestemmes til 145 Hz, altså nær de 160 Hz. Ved frekvenser over 250 Hz var støjen lidt svagere end i måling 8,5, da de hårde slag mellem asfaltpladen og afretningslaget var forhindret gennem den bløde plade. Alt i alt var frekvensfordelingen meget nær den samme som under måling 8,1, hvilket viser, at man ikke indfører nogen væsentlig målefejl ved at gå ned til så små prøvearealer ved gulve af denne art.

En måling blev også udført over et godt fastliggende asfaltgulv, der havde været udsat for olie, og hvis øverste lag i ca. 6 mm tykkelse var blevet helt plastisk deraf. Naturligvis havde man ventet at få svagere trommelyd ved dette gulv end ved et asfaltgulv med hård overflade. Målingen over det bløde gulv gav dog meget nær det samme resultat som målingen over det hårde gulv nr. 8,3. Forklaringen herpå hænger sikkert sammen med, at den bløde asfalt nok er plastisk, men ikke elastisk eftergivende, og forholdene kan anskueliggøres med henholdsvis plasket ved et spring i vandet og det næsten lydløse spring i en bunke hø. På den anden side må det dog ikke overses, at resultatet er opnået ved slag med bankemaskinens hamre. Ved slag af andre kontaktforhold gav det bløde asfaltgulv (subjektivt bedømt) svagere trommelyd end det hårde asfaltgulv.

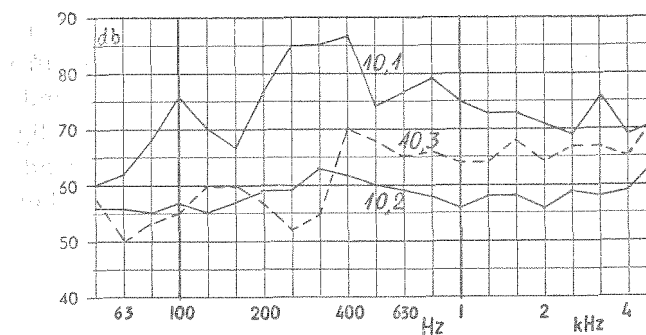


Fig. 10.
Linoleum.

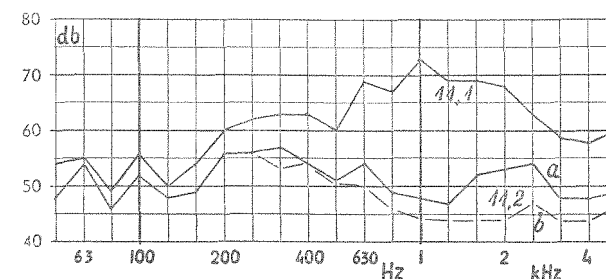


Fig. 11.
Gummigulv.

Bløde gulvbelægnings:

10° Linoleum (fig. 10).

Bræddegulve, belagt med linoleum, gav kurve 10,1 [77 db] (gennemsnit for to gulve). Trommelyden har her omtrent samme fordeling som den kan have ved et bræddegulv uden linoleum.

Kurve 10,2 [59 db] (to gulve) er målt over linoleumsbelægnings, der er klistret ovenpå et afretningslag. For at vurdere linoleums indflydelse, kan kurven sammenlignes med nr. 4,1 og 4,2, der er faste magnesitgulve og giver en lignende trommelyd som et afretningslag. En forbedring gennem linoleum får man herefter først ved frekvenser over 500 Hz.

Kurve 10,3 [62 db] giver forholdene for linoleum, der delvis har løsnet sig fra afretningslaget. Dette medfører forøget støj ved frekvenser over 400 Hz. Forløbet ligner kurve 5,1, hvor beklædningen af hård træfiber ligeledes havde løsnet sig fra afretningslaget.

11° Gummi (fig. 11).

Kurve 11,1 [63 db] giver trommelyden for et fast magnesitgulv, der i den følgende måling bruges som afretningslag under en gummi-

gulvbelægning. Kurve 11,2 a [51 db] og b [50 db] giver støjen fra gummigulvet, når det er klistret ovenpå afretningslaget nr. 11,1. Fra 100 Hz og opefter får man gennem gummibelægningen en stigende dæmpning af støjen, og omkring 1000 Hz er dæmpningen ret betydelig. At dæmpningen ved frekvenser over ca. 1500 Hz igen er aftagende kan bero på målefejl, idet bankemaskinens egenstøj ved de lave trommelydstyrker ikke er helt uden betydning.

12^o-14^o Gulvtæppe.

Til forsøgene brugtes et gammelt, forholdsvis tæt vævet gulvtæppe, der i let sammentrykket tilstand var 2,5 mm tykt. Det vejede 1,05 kg/m².

På fig. 12 viser kurverne 12,1 [63 db] og 12,2 [54 db] resultaterne over et fast magnesitgulv, henholdsvis uden og med gulvtæppe. Tilsvarende viser på fig. 13 kurverne 13,1 [84 db] og 13,2 [80 db] resultaterne over et almindeligt bræddegulv, ligeledes henholdsvis uden og med gulvtæppe.

Det er bemærkelsesværdigt, at gulvtæppet over magnesitgulvet giver en så stor forbedring, endda nogen forbedring ved de lave frekvenser. Over trægulvet giver tæppet derimod kun en beskedne forbedring, ovenikøbet nærmest ved de høje frekvenser. Den fysiske forklaring herpå er sikkert følgende: Gulvtæppet (ligesom andre bløde gulvbelægninger) forandrer slagets karakter på en sådan måde, at særlig indholdet af høje frekvenser bliver stærkt reduceret. Derimod kan gulvtæppet ikke forhindre, at det membranlignende trægulv kommer i svingninger, fortrinsvis i det lave og mellemhøje frekvensområde.

Det skal bemærkes, at dette ikke bare gælder med hensyn til trommelyden. Også trinlydens dæmpning gennem en blød gulvbelægning er mere effektiv, når gulvbelægningen befinder sig ovenpå et fast underlag, medens den er mindre effektiv ovenpå et trægulv på strøer.

Forholdene er yderligere belyst ved fig. 14, hvor den dæmpning af trommelyden er afsat, der skyldes gulvtæppet. Kurve 14,1 er således differencen mellem kurverne 12,1 og 12,2, gældende et hårdt magnesitgulv. Kurve 14,2 viser tilsvarende virkningen af et gulvtæppe ovenpå et andet magnesitgulv, der på fig 4 er afsat som nr. 4,3. Dette gulv var lidt blødere end de øvrige magnesitgulve, og som følge heraf er forbedringen gennem et gulvtæppe herpå lidt mindre. Det er ganske

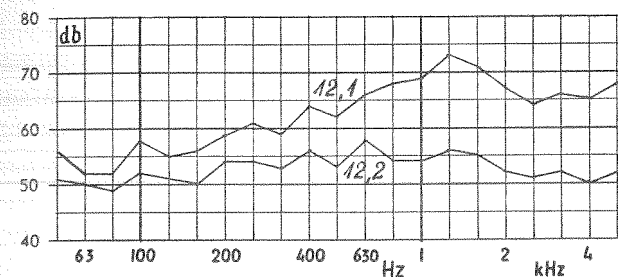


Fig. 12.
Magnesit og
gulvtæppe.

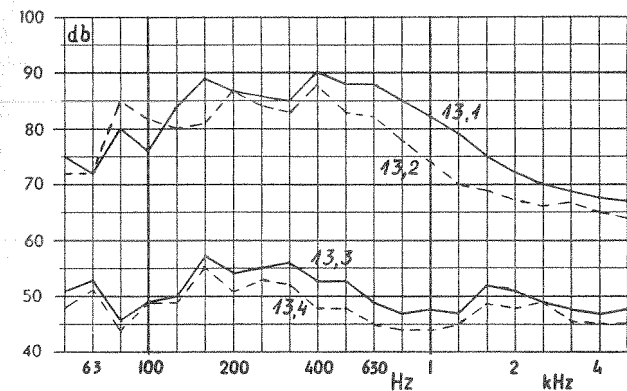


Fig. 13.
Trægulv og
gulvtæppe.

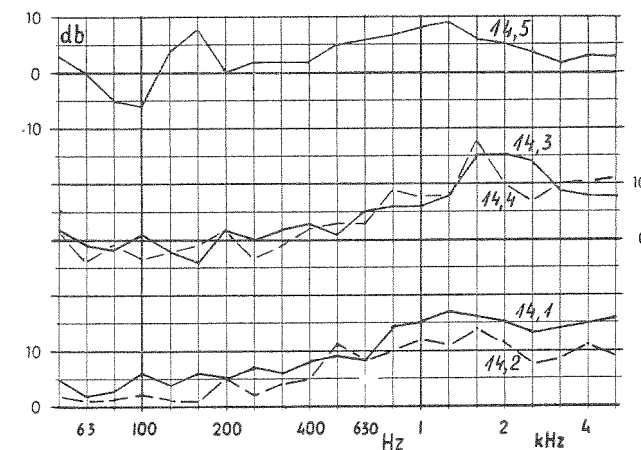


Fig. 14.
Gulvtæppets
virkning.

indlysende, at de dæmpende virkninger af flere bløde lag ikke er additive.

Kurve 8,2 [71 db] og 8,4 [56 db] på fig. 8 er optaget ovenpå asfaltgulvene, henholdsvis den svømmende opbygning fra nr. 8,1 og gulvet på det faste underlag fra 8,3, når disse var belagt med gulvtæpper.

På fig. 14 er kurve 14,3 differencen mellem 8,1 og 8,2, medens kurve 14,4 er differencen mellem nr. 8,3 og 8,4 (forskudt ordinatskala). Man bemærker, at kurverne 14,3 og 14,4 kun afviger lidt fra hinanden, og afvigelserne er af mere tilfældig art. Endvidere er det påfaldende, at gulvtæppet ved de lave frekvenser ikke giver nogen forbedring, tværtimod en meget let forværring.

Kurve 14,5 er differencen mellem kurverne 13,1 og 13,2, og den giver gulvtæppets virkning over et bræddegulv. Også her får man negative værdier i et mindre frekvensinterval omkring 90 Hz, hvor også trægulvets egenfrekvens ligger. Det må formodes, at denne effekt er reel, og den kan kvalitativt forklares således: En hård gulvoverflade rammes af hamrene med stor kraft i et relativt kort tidsrum, hvorved der fortrinsvis frembringes høje frekvenser. Et gulvtæppe afbremses hamrenes bevægelse således, at impulstiden er forlænget, medens kraften er formindsket; dette giver et større indhold af lave frekvenser på bekostning af de høje.

Kork.

Kurve 13,3 [52 db] gengiver resultatet over et korkgulv, der på almindelig måde er limet fast til et hårdt afretningslag. Det er lidt gunstigere end resultatet med det beskrevne tynde gulvtæppe over et fast magnesitgulv (måling 12,2).

Kurve 13,4 [49 db] er optaget over det samme korkgulv, dog med gulvtæppe. Formindskelsen af trommelyden er tydelig, dens sande værdi er dog sikkert endnu lavere ved enkelte frekvenser, da målingen ved det lave lydniveau er forfalsket af bankemaskinens egenstøj.

15° Bemærkninger til forsøgene.

De fleste af de beskrevne målinger er udført over en række prøvegulve af ca. 1,2 m × 2 m størrelse hver, der findes på en af Teknologisk Instituts korridorer. Prøverne danner nærmest en slags gulvbelægningssamling, og det var indbydende at anvende dem til den beskrevne forsøgsrække over trommelyd. Etageadskillelsen under gulvbelægningerne er 17 cm jernbeton.

Den benyttede bankemaskine afgiver i forvejen kun forholdsvis lidt egenstøj. Ved de bløde gulvbelægninger har det dog vist sig nødvendigt at reducere egenstøjen yderligere. Det gjordes ved en reduktion af hamrenes slagfrekvens fra 10 ned til 5 slag pr. sekund. Herved

går den nyttige af maskinen afgivne effekt ned med 3 db, som der korrigeredes for ved en tilsvarende forøgelse af måleinstrumentets følsomhed. Maskinens egenstøj var dog ved den halve slagfrekvens reduceret med 10 à 15 db, således at den effektive sænkning af støjniveauet fra maskinens egenstøj androg ca. 10 db. Under visse forhold, ved meget bløde gulvbelægninger, reduceredes slagfrekvensen til 2,5 slag pr. sekund, og korrektionen var da 6 db.

Ved målingen af trinlydstallet efter fig. 2 er det nødvendigt at reducere resultatet til en bestemt absorption A_0 i modtagerrummet, og det anbefales at vælge $A_0 = 10 \text{ m}^2 \text{ Sab}$. Betegnes den virkelige absorption i modtagerrummet med A_2 og det direkte målte trinlydniveau med T , så bliver det reducerede trinlydniveau

$$T_r = T + 10 \log A_2/A_0.$$

Betegnes det efter fig. 3 direkte målte trommelydniveau med T' , så bliver ganske tilsvarende det reducerede trommelydniveau

$$T'_r = T' + 10 \log A_1/A_0, \text{ hvor } A_1 \text{ er absorptionen i rummet}$$

over gulvet.

Disse reduktioner af lyd niveauerne kan dog kun foretages i rum af nogenlunde enkel form, men derimod ikke i meget aflange rum eller sådanne med åben forbindelse til andre rum. Korridoren med prøvegulvene var af en sådan uheldig form. Vanskeligheden blev omgået derved, at man ikke målte lydstyrken i det diffuse lydfelt i større afstand fra lydkilden, men derimod i nærheden af lydkilden, hvor den direkte lyd dominerer over den fra væggene reflekterede.

Under forudsætning af, at den væsentlige andel i lydeffekten skyldes den vertikale svingningsbevægelse af gulvoverfladen i et begrænset areal omkring bankemaskinen, kan det beregnes, at der ved den ret lave absorption i rummet på 7 Sabine vil være lighed mellem direkte og diffus lyd i en lodret afstand fra gulvet under bankemaskinen på ca. 100 cm. For at være sikret imod diffus lyd vil man derfor måske være tilbøjelig til at vælge en afstand af mikrofonen over gulvet, der er noget mindre, måske 60 cm.

Der er dog andre forhold, der gør, at man vælger denne afstand noget større. For det første vil man gerne måle støjen i en højde, der lidt mere nærmer sig ørets højde over gulvet. Den anden og mere væsentlige grund herfor er på bankemaskinens egenstøj, der frembringes

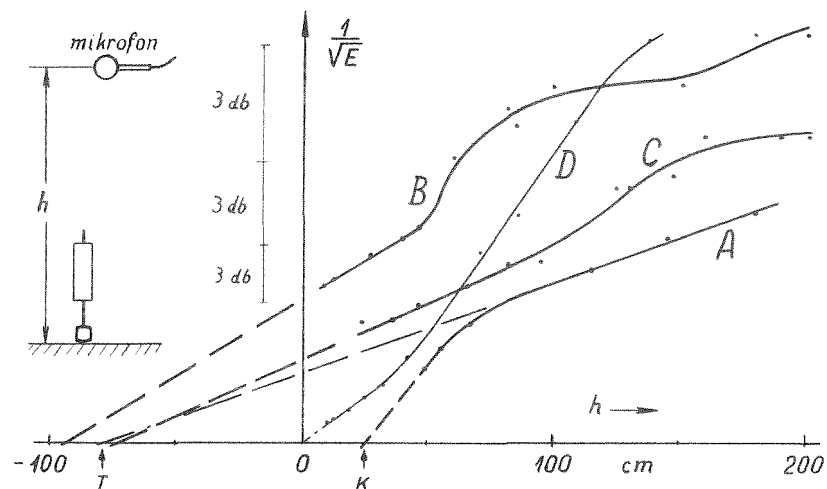


Fig. 15. Lydfelter over gulve.

hovedsagelig ved maskinens kamskiver i en højde på 26 cm over gulvet. Med voksende højde af mikrofonen over gulvet vil denne støj derfor aftage hurtigere end den egentlige trommelyd.

Som det skal vises i følgende lille sidespring, er den beskrevne effekt endnu mere udpræget derved, at trommelyden lader til at komme fra et lydcentrum (virtuel lydkilde), der ligger i nogen afstand under gulvoverfladen. Denne afstand varierer forøvrigt med frekvensen og er afhængig af gulvets konstruktion. Den kan aflæses meget enkelt af en grafisk fremstilling med afstanden h mellem gulv og mikrofon som absicse og $1/\sqrt{E}$ som ordinat, hvori E er den energitæthed, der måles ved hjælp af mikrofonen.

På fig. 15 viser kurve A et eksempel, optaget over et bræddegulv med en meget tyk, blød tæppebelægning. Skæringspunkterne mellem absicseaksen og de ved lige linier ekstrapolerede kurvestykker giver heri lydkielernes beliggenhed. Ved afstande mindre end 60 cm over gulvet dominerer lydstyrken fra en lydkilde K, ca. 25 cm over gulvet — det er kamskiverne; ved større afstande dominerer lydstyrken fra den virtuelle kilde T, der frembringer trommelyden og ligger ca. 80 cm under gulvet.

Kurve B på samme figur viser forholdene direkte over et hårdt bræddegulv uden gulvtæppe og målt ved 2000 Hz. Kamskivernes støj er her ganske uden betydning, og trommelyden synes at komme fra et sted 95 cm under gulvet.

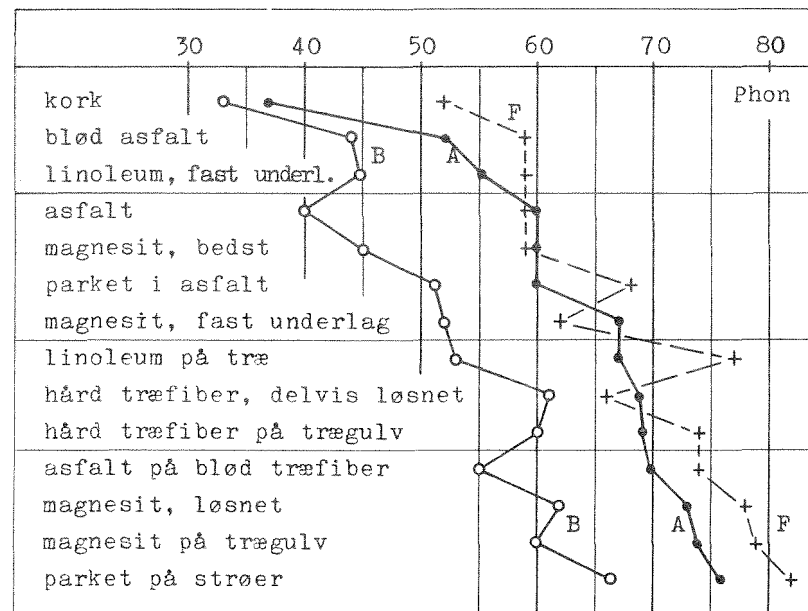


Fig. 16. Subjektive målinger.

Kurve C, der ved 250 Hz er optaget over et magnesitgulv, viser et lignende resultat. Den virtuelle lydkilde, som trommelyden synes at komme fra, ligger her 75 cm under gulvet.

Endelig er kurve D en kontrolmåling med en luftlydkilde, der befinder sig meget nær ved gulvoverfladen, og som skæringspunktet med absicseaksen viser, registreres dens beliggenhed også på det sande sted.

Det bemærkes, at ordinatmålestokkene for de fire kurver A, B, C og D er forskellige; den indtegnede decibelmålestok gælder dog for dem alle.

16° Subjektive målinger.

Førend de beskrevne objektive trommelydmålinger med mikrofon, selektiv forstærker og viserinstrument blev der også udført nogle subjektive målinger med en Barkhausen-Hørestyrkemåler. Princippet ved dette instrument er følgende: En 800 Hz-tone fra en hovedtelefon tilføres det ene øre, medens det andet øre udsættes for den støj, der skal måles. Hørestyrken af 800 Hz-tonen kan indstilles på

forskellige Phontal ved hjælp af en justeret dæmpningsanordning, og den indstilles nu således, at støjen gennem begge ørene opfattes lige kraftig. Phontallet aflæses derefter direkte ved dæmpningsindstillingen. En forskel i ørenes følsomhed elimineres ved, at man gentager indstillingen når der er »byttet om på ørene«.

De subjektive målinger udførtes kun over Teknologisk Instituts prøvegulve, da de her kunne foretages under meget ensartede forhold og uden at man distraheredes af nye subjektive faktorer, der ville nedsætte sikkerheden af resultaternes indbyrdes placering.

På fig. 16 er resultaterne afsat, ordnet efter Phontallet for målepunkterne A. De tre måleserier har følgende betydning:

- A — hårde hæle — uden gulvtæppe — Phontal
- (B₁) — hårde hæle — med gulvtæppe — Phontal
- (B₂) — bløde hæle — uden gulvtæppe — Phontal
- F — middeltal (100—1600 Hz) af objektive db, uden tæppe.

Da værdierne B₁ og B₂ ikke afveg ret meget fra hinanden, blev de forenet til en middelværdi B.

Alle tallene er gennemsnitsværdier af flere forsøgsrækker, optaget først under en og senere under en anden forsøgspersons gang over gulvene. Afstanden mellem støjstedet og aflytningsstedet var ca. 2 m under alle forsøgene.

Korkgulvet giver blandt de her undersøgte gulve langt de gunstigste subjektive resultater. Derefter kommer andre gulve af blød overfladebeskaffenhed, nemlig »meget blød asfalt« og »linoleum på fast underlag«. De dårligste resultater får man over trægulve på strøer samt over gulvbelægninger, der har løsnet sig fra underlaget. Det er bemærkelsesværdigt, at man får ganske hæderlige resultater over så hårde gulvbelægninger som parket, når det er lagt i asfalt, og over et veludført asfaltgulv og magnesitgulv.

Overensstemmelsen i gulvenes placering mellem de subjektive målinger A og de objektive målinger F må anses for tilfredsstillende.

Det blev også forsøgt at beregne middelværdien af den kraftigste oktav i de objektive målinger og at reducere denne db-værdi til Phontal. Bortset fra, at der herved opnåedes lidt bedre overensstemmelse med værdierne A ved kork og linoleum, førte denne beregningsmåde, sammenlignet med værdierne F, stort set ikke til nogen bedre overensstemmelse med de direkte subjektive målinger A.

17° Gulvenes elasticitet.

Trægulve på strøer, kork- og gummigulve samt de lettere svømmende gulve har den egenskab, at de giver efter, når man går over dem. I modsætning hertil hører magnesit-, asfalt- og forskellige former for cement- og stengulve til de hårde gulve. Det påstås, at man får trætte fødder, trætte ben eller bliver træt i hele kroppen, når man går over gulve, der hører til den hårde type. Dette gælder i særlig grad husmødrene i deres køkken.

Det er dog ikke givet, at det er elasticiteten, der især forhindrer trætheden. Gulvenes elasticitet er nemlig kun ringe i sammenligning med fodtøjets og svangens elasticitet. Det er forfatterens indtryk, at gulvenes glathed er en mere betydelig årsag til træthed, idet glatheden vanskeliggør kroppens accelerationer, bremsninger og vendinger, der forekommer ret hyppigt netop under arbejdet i køkkenet. Ved glatte gulve bliver bevægelserne usikre og anstrengte.

I den på side 2 omtalte undersøgelse af Schütz omtaler forfatteren også »blødheden for fødderne« og deler gulvene i så henseende i gode og dårlige gulve. Det viser sig, at prædikatet for »blødheden for fødderne« og for »støjfrihed« er det samme for hvert gulv — uden undtagelse. Et gulv, der er godt i den ene, er også godt i den anden henseende, hvilket jo er ganske indlysende, da et gulv med blød overflade vil give mindre trommelyd. I den forbindelse er det tænkeligt, at trommelyden yderligere er en blandt flere faktorer, der giver den konstaterede træthed.

I den citerede undersøgelse får ligeledes gulvenes »varmeisolering« samme prædikat som »blødheden for fødderne«, bortset fra den lille afvigelse, at varmeisoleringen af gulvene 4, 5 og 6 betegnes som »relativt god« i stedet for som »god«. At kolde stengulve kan give ømme fødder er da også en kendt sag; årsagen må dog næppe søges i gulvenes ringe elasticitet, men, foruden de allerede nævnte egenskaber, i deres store varmeledning samt andre termiske forhold.

Elasticiteten er forøvrigt en nyttig egenskab ved gulvene med hensyn til børns leg i stuerne. Når børnene falder ovenpå hårde gulve, kan de slå sig ret slemt.

I samme forbindelse skal nævnes »Elastogulvene«, der bruges i sportshaller og gymnastiksale, og som gymnasterne er glade for. Det er trægulve, hvis strøer hviler på træfjedre, og gulvene virker derfor fjedrende over hele overfladen og ikke blot på arealet imellem strøerne.

En subjektiv måling af Elastogulves trommelyd ved gang med fodtøj med gummihæle gav ca. 57 Phon.

18° Spektrogram eller enkelt tal.

Trinlyds-egenskaberne af en konstruktion fremstilles på tilfredsstillende måde ved frekvensspektrogrammet i intervallet 50 Hz til ca. 3200 Hz. Ved en hurtig sammenligning af forskellige konstruktioners værdi kan det dog være en fordel at erstatte spektrogrammet med et enkelt tal, ikke mindst fordi interpretationen af et spektrogram kræver visse forudsætninger. Det er almindeligt, at man opgiver som det enkle tal middelværdien af trinlydniveauet i frekvensintervallet fra 100 (eller 125) Hz til 1600 Hz. Denne fremgangsmåde skal kritiseres i det følgende.

Bankemaskinen kan, selv ved frekvenser over 1600 Hz, frembringe kraftig støj under en betonetageadskillelse. De mest almindelige frekvenser af den i praksis forekommende trinlyd strækker sig derimod omtrent fra 50 Hz til 500 Hz, altså over væsentlig lavere frekvenser. At den første oktav, frekvenserne under 100 Hz, springes over, undskyldes ved de tekniske vanskeligheder, der er forbundet med målingen af lavfrekvente lydniveauer i små rum. At man derimod indbefatter frekvenser over 800 Hz i gennemsnitsværdien fører til misvisende resultater, idet et gulv, der er støjsvagt ved frekvenser, der alligevel kun forekommer yderst sjældent, ikke byder på nogen praktisk fordel.

1. alternativ. Det ville derfor være mere rimeligt at beregne middelværdien i intervallet 50 Hz til 800 Hz. Den store måleusikkerhed i den laveste oktav skulle herunder ikke være nogen hindring, da usikkerheden af hele intervallets middelværdi kun påvirkes i mindre grad deraf. Desuden tager man gerne en lidt større måleusikkerhed med i købet, når resultatet derved får en større praktisk anvendelighed.

2. alternativ. En anden måde til udvinding af et repræsentativt enkelt tal er den, at man vælger middelværdien af lydniveauet i den oktav (evt. to oktaver) indenfor intervallet mellem 50 Hz og 800 Hz, hvor støjen er kraftigst (ligesom en kædes styrke er bestemt ved dets svageste led). Om så ønskes kan da evt. tilføjes en oplysning om midterfrekvensen i den oktav, hvis midterniveau

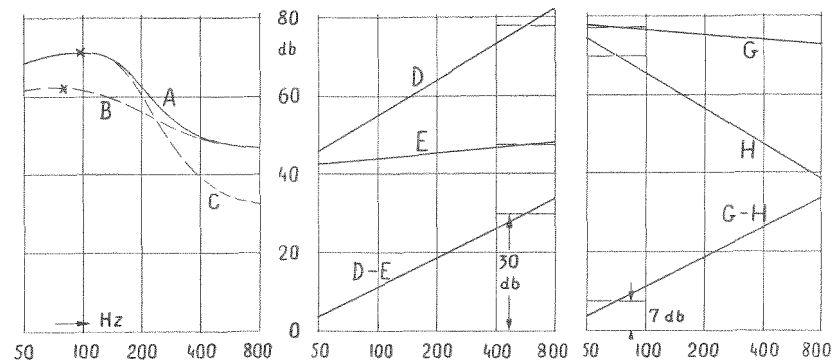


Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

er opgivet. På fig. 17, der er et eksempel på et spektrogram, får man således for kurve A et trinlydstal på 71 db ved 100 Hz.

En konstruktiv forandring ved samme etageadskillelse, der fører til kurve C, vil være uden større praktisk værdi, da støjen kun dæmpes ved de frekvenser, der i forvejen er svage. Trinlydstallet, beregnet efter 2. alternativ, er da også det samme som ved kurve A, hvilket er i overensstemmelse med de praktiske forhold. Beregnes det enkle tal derimod efter det 1. alternativ, saa vil der være en forskel mellem A og C.

En anden konstruktiv ændring, der forandrer kurven A til B, reducerer trinlydstallet, beregnet efter 2. alternativ, fra de oprindelige 71 db ved 100 Hz til 62 db ved 80 Hz. Forbedringen har en reel værdi, hvilket kommer til udtryk deri, at trinlydstallet er reduceret. Beregnet efter 1. alternativ får B derimod samme trinlydstal som C, selvom B er langt gunstigere.

Ved anvendelsen af 2. alternativ er resultatet i høj grad afhængig af bankemaskinens egenskaber; men dette vil ikke føre til vanskeligheder, når den standardiserede maskine bruges. Der skal dog gøres opmærksom på et forhold, der måske synes lidt paradoksalt ved første øjekast (fig. 18 og 19): Kurve D forbedres ved en konstruktiv ændring til kurve E, og forbedringen D - E beregnes efter 2. alternativ til 30 db. Tilsvarende forbedres kurve G til kurve H, og forbedringen G - H beregnes til 7 db, altså væsentlig mindre end ved kurve D - E, selvom begge kurverne er helt ens og efter 1. alternativ også ville repræsentere samme forbedring.

Eksemplerne fra fig. 18 og 19 er hentet fra praksis — og gengivet i noget stiliseret form. Kurve D er således trinlyden under et hulstensdæk eller anden støbt etageadskillelse, og E er målt under den samme konstruktion, når der var lagt et gulvtæppe ovenpå. Det er kendt, at et gulvtæppe dæmper støjen under en støbt etageadskillelse meget effektivt, hvilket da også finder udtryk i den store, efter alternativ 2 beregnede forbedring.

Kurve G er trinlyden under et træbjælkelag, og kurve H er det samme, når der ligger et gulvtæppe (et andet end det ved E brugte) ovenpå. Det er kendt, at et gulvtæppe ikke er nogen effektiv dæmper for trinlyden under et træbjælkelag, hvilket også kommer til udtryk i den ret lille forbedring, der beregnes efter alternativ 2.

Disse betragtninger gælder trinlyden. Ved opstillingen af et enkelt tal for trommelyden kan man gå frem på tilsvarende måde. Kritikken af det gængse trinlydstal er fremført på dette sted for at finde frem til et rimeligt udgangspunkt, når dæmpningen af henholdsvis trinlyd og trommelyd skal sammenlignes.

19° Konklusion.

For at begrænse trommelydens styrke til de lavest mulige værdier må man undgå membranlignende gulvkonstruktioner og løstliggende gulvbelægninger. Faste gulvkonstruktioner bør foretrækkes. For på den anden side at begrænse styrken af trinlyden i rummet under gulvet har man dog netop udviklet en række konstruktioner for svømmende gulve, der for de billige og tilsyneladende effektive konstruktioners vedkommende består af f. eks. et trægulv eller et asfaltgulv, der hviler på et blødt underlag. Reduktionen af trinlyden gennem disse konstruktioner er altså samtidig forbundet med en forværring af trommelyden. Ovenpå støbte etageadskillelser bør trægulve bindes til underlaget med f. eks. asfalt, eller de bør lægges i sand. Af hensyn til trinlyden i rummet nedenunder må etageadskillelsen i så fald være ret tung.

Ved træbjælkelag kunne man tænke på at bruge højtliggende indskudsbrædder og derpå et lag sand, som trægulvet hviler på. Konstruktionshøjden kan begrænses ved, at strøerne lægges i indskudsrummet lige ved siden af bjælkerne.

For på økonomisk måde at opnå en forbedring af både trinlyds-

og trommelydstallet må man holde sig til de bløde gulvbelægninger, i første række kork og gummi og dernæst, med mindre effektivitet, til linoleum og evt. særlig bløde plasticbelægninger. Af hensyn til trommelyden er det af betydning, at disse belægninger binder godt til et fast underlag, og af hensyn til en dæmpning af trinlyden er bløde gulvbelægninger ligeledes mest effektive ovenpå et fast underlag af stor massemodstand; bløde gulvbelægninger er derimod kun af ringe virkning, når de er udlagt ovenpå trægulve, der hviler på strøer eller på en blød måtte. På grund af deres ringe varmeledning, samt i mange tilfælde fordi de ikke er glatte, har de omtalte bløde gulvbelægninger forøvrigt den fordel, at de er behagelige at gå på og modvirker træthed og ømme fødder. De fysiologiske effekter, der står i forbindelse hermed, kan dog langtfra betragtes som afklarede.

Under nogle forhold er trinlydsdæmpningen gennem bløde gulvbelægninger ikke tilstrækkelig effektiv, og man må da alligevel benytte sig af svømmende gulve, dog ikke af de lette konstruktioner, men f. eks. af sværere betonplader eller, særlig i forbindelse med trægulve, af nogle cm sand, der hviler ovenpå et elastisk underlag. Trommelyden over sådanne gulve er ikke blevet målt i den foreliggende forsøgsrække, men det må formodes, at den aftager med voksende vægt pr. m² af det svømmende gulv. Naturligvis bliver sådanne konstruktioner noget dyre, ikke mindst fordi også den bærende etageadskillelse under det svømmende gulv og andre bærende bygningslementer samtidig må være kraftigere dimensioneret.

I beboelseslejligheder er det berettiget, at man lægger mest vægt på en god trinlydsisolation. Dæmpningen af trommelyden må her komme i anden række, dels fordi trommelyden kun er generende for den husstand, der selv frembringer den, dels fordi trommelyden i stuerne holdes nede derved, at man ved de korte afstande i almindelighed kun går langsomt over gulvene — og yderligere fordi møbleringen bevirker en passende reduktion af efterklangstiden, hvorigennem også støjen bliver mindre generende. Trommelyddæmpningen vil her dog være en behagelighed, og hvor den kan forbedres med rimelige midler bør man gøre det.

I lange korridorer og i trappeopgange er et lavt trommelydstal af værdi, dels fordi støjen her er særlig generende på grund af den i almindelighed lange efterklangstid, dels fordi man her oftest bevæger sig med hurtige skridt. På hospitaler samt i foredragssale og lig-

nende rum er et lille trommelydstal ligeledes af stor betydning, som allerede bemærket i indledningen. I nogen grad gælder dette også laboratorier, tegnestuer og en del værksteder og kontorer, hvor gode lydforhold er en af forudsætningerne for gode arbejdsforhold.

20° Summary.

Drum Noise from Floors. The present paper deals with the kind of sound, generated by foot steps on a floor and perceived in the room above the floor. This sound has been termed drum noise, in order not to be confused with the well known foot step noise, also more generally called impact noise, which is measured in the room below or in adjacent rooms (fig. 2). Drum noise normally is an inconvenience.

Objective measurements of frequency spectra were carried out over a number of floors, when excited by a standardized tapping machine, according to fig. 3. It is essential, that the noise level from the hammers on the floor materially exceeds the undesired ambient noise level, coming mainly from other parts of the tapping machine. The last mentioned noise had been reduced by careful design of the machine and by a reduction of the impact frequency to at least half the standardized.

In figs. 4–8 and 10–13 the level in db, reduced to a band width approximately 1 octave wide, is plotted against the frequency. Some of the results are as follows: Floors laid on a concrete structural floor are less noisy, when they adhere perfectly to the concrete. With e. g. magnesium oxychloride floors perfect adhesion may be achieved by suitable materials and an adequate technique of floor laying. Floors of magnesium oxychloride, laid on wood raft floors on battens, are very noisy.

Parquet floors, laid in asphalt or similar materials, are much quieter than those, laid on battens. On the other side, the adhesion of asphalt is not always sufficiently strong, since the parquetry wood is expanding and contracting under varying conditions of temperature and humidity. This is particularly true of floors of beech wood, as used to a relatively great extent in Denmark. Wood raft and parquet floors on joists may be made less noisy, when laid on a

layer of sand in such a way, that the floor is in intimate contact with the sand.

In order to get an acceptable insulation against impact sound (fig. 2) in the room beneath the floor, floating floors have been put to use. Now, with the relatively inexpensive types of floating floors, consisting of a light and sufficiently stiff slab on an elastic quilt or on cork bricks, the drum noise is aggravated considerably. In this respect, fig. 9 demonstrates the influence of a soft wood fiber slab, $\frac{1}{2}$ in. thick, inserted between a concrete structural floor and an asphalt floor covering, 1 in. thick. Plot 9,1 shows the change in impact sound insulation by the insertion of the fiber slab, the improvement amounting to 8 db as an average in the interval 125 to 1600 c. p. s. Plot 9,2 shows the corresponding worsening of the drum noise, amounting to 15 db in the same frequency interval. Furthermore, compared with the improvement of impact sound insulation, the worsening of drum noise is more objectionable than is expressed by the two db-differences. This is because the dominating noise from foot steps normally is much lower in pitch than that from the tapping machine with hard hammers.

The strong drum noise of low frequency from wood floors on battens or from loose floor layers of magnesium oxychloride is not reduced by a covering with cork, rubber, or a carpet. On the other hand, since these soft coverings are very effective, especially at higher frequencies, both against drum noise and impact noise, they may be recommended over cement, hard tiles, magnesium oxychloride, asphalt, and similar, provided that these floors are in good contact with the structural floor.

The objective measurements are supplemented by a series of subjective measurements, fig. 16, carried out with a Barkhausen phonometer. Values A were obtained with hard heels, whilst B are mean values from measurements, partly with rubber heels and partly with hard heels on a thin carpet. F are mean values in db from the objective measurements in the interval 100 to 1600 c. p. s.

It is common practice to replace the frequency spectrogram of impact sound by a single figure, which is the mean value of level in the logarithmic range between 100 and 1600 c. p. s. Now, several floating floor constructions yield a noise reduction only at relatively high frequencies, beginning at e. g. 200 or 400 c. p. s. Since foot steps

belong to the most frequent sources of impact sound on floors, and since foot step noise mainly ranges from 100 to 500 c. p. s., the single impact sound figure in the frequency interval between 100 and 1600 c. p. s. results in a too favourable evaluation of the noise reduction in many cases. Thus, several constructions with an apparently acceptable figure are of little practical value.

For this reason it is proposed to relate the single figure to the mean value in the interval 50 to 800 c. p. s. or, alternatively, to the mean value in the frequency interval (e. g. 1 octave wide) of maximum level of impact noise.

(fortsat fra omslagets 2. side)

(Studier)

Nr. 3: *The Predetermination of Water Requirement and Optimum Grading of Concrete under Various Conditions*, Niels M. Plum. 1950. 96 s. A₄. Kr. 15,—.

Nr. 6: *Skorstene for småhuse*, Poul Becher. 1951. 45 s. A₄. Kr. 15,—.

Nr. 7: *Betonteknologiske studier i U. S. A.*, Poul Nerenst. 1952. 88 s. A₅. Udenrigsministeriets serie: Teknisk bistand under Marshallplanen. Høst & Son. Kr. 7,—.

Anvisninger

er praktiske vejledninger, beregnet på direkte brug i det daglige arbejde ved projektering, fabrikation eller byggeri. De kan være udfærdiget dels på grundlag af Institutets egne arbejder, dels ud fra andres undersøgelser fra ind- eller udland. De søges tilpasset efter de stedlige og aktuelle forhold og holdt i en ikke-videnskabelig udtryksform, tilgængelig for de pågældende faglige kredse.

Nr. 2: *Foreløbig vejledning i betonstøbning om vinteren*, udarbejdet af Dansk Ingeniørforenings arbejdsgruppe for beton og jernbeton. 1948. 83 s. A₅. Kr. 4,—.

Nr. 3: *Akustisk regulering af gymnastiksale*, Poul Becher. 1950. 4 s. A₄. Kr. 1,—.

Nr. 5: *Bedre varmeisolering er billigere*. 1950. 47 s. A₄. Kr. 3,—.

Nr. 6: *Fugt i nye huse* (plakat til ophængning). 1949. A₄. Kr. 5,— pr. 100 expl.

Nr. 7: *Fugt og isolering*, Poul Becher og Vagn Korsgaard. 1951. 107 s. A₅. Kr. 4,—.

Nr. 8: *Brug og valg af betonblandere*, Niels H. Krarup og K. Malmstedt-Andersen. 1951. 66 s. A₅. Kr. 3,00.

Nr. 9: *Vinterbyggeriets ABC*. 2. udg. 1950. 24 s. A₅. 1 stk.: 50 øre, 15 stk.: kr. 5,—, 100 stk.: kr. 25,—.

Nr. 10: *Kunstig belysning på byggepladser*. 1951. 14 s. A₄. Kr. 2,—.

Nr. 11: *Omsætningsmål for trædimensioner* (under forberedelse).

Nr. 12: *Valg af dæk*, Fleming Nielsen. 1952. 48 s. A₅. Kr. 2,—.

Særtryk

af artikler i tidsskrifter o. lign., omhandlende Institutets arbejde eller forfattet af Institutet eller dets medarbejdere. Enhedspris for alle særtryk: kr. 1,—.

Nr. 1: *Økonomisk varmeisolering, en kortfattet oversigt*, Poul Becher. 1949. 9 s. A₄.

Nr. 2: *Byggestandardisering*, Mogens Voltelen. 1949. 6 s. A₄.

Nr. 7: *Vinterbyggeri i en provinsby og vinterbyggeri på landet*, Asger Schnellling. *Vinterbyggeri i Stockholm*, O. Gerner Hansen. 1950. 12 s. A₄.

Nr. 8: *Er vore bygninger rationelt dimensionerede, når hensyn tages til såvel anlægs- som driftsomkostninger?*, Niels M. Plum. 1950. 9 s. A₄.

Nr. 9: *Betonegenskabernes afhængighed af materialernes sammensætning*, Niels M. Plum. 1950. 45 s. A₅.

Nr. 10: *Varmetabet gennem plane tværdelte vægge*, Poul Becher. 1950. 8 s. A₄.

(fortsættes på bagsiden)

- Nr. 17: *Prøvning af 11 danske betonblandere, Per Bredsdorff, Poul Nerenst og Niels M. Plum.* 1951. 56 s. A₅.
- Nr. 18: *Beregning af staldes varmeisolering og ventilering, Vagn Korsgaard.* 1951. 12 s. A₄.
- Nr. 21: *Stålstilladser til husbygning, Niels M. Plum.* 1951. 13 s. A₅.
- Nr. 22: *Some Two-Dimensional Heat-Flow Problems, Neville S. Billington and Poul Becher.* 1951. 16 s. A₅.
- Nr. 23: *Ekspansions- og sikkerhedssystemer ved centralvarmeanlæg med pumpecirkulation, Poul Becher.* 1951. 12 s. A₅.
- Nr. 24: *Varmeisolering og ventilering af svinestalde, Vagn Korsgaard.* 1951. 4 s. A₄.
- Nr. 25: *Nye ensilagesiloers beskyttelse mod syreangreb, Lars Andersen.* 1951. 3 s. A₅.
- Nr. 26: *Vinterbyggeri, beretning om et uheld, O. Gerner Hansen.* 1951. 12 s. A₅.
- Nr. 27: *Har vinterbyggeriet formindsket byggefagenes sæsonledighed?, Lars Andersen.* 1951. 6 s. A₄.

Årsberetninger 1947—51.

om Institutets virksomhed og administration nr. 1, 2, 3 og 4. Enhedspris for alle årsberetninger: kr. 2,—.

Alle publikationerne kan købes gennem boghandlerne eller hos Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 31, København V.

Abonnement på en eller flere serier kan tegnes hos Teknisk Forlag. Herved opnås 25 % rabat, som fradrages, når betalingen opkræves ved hvert års udløb. For kr. 2,— om året kan man endvidere samme sted abonnere på de »Forhåndsmeddelelser«, som udsendes ca. 3 uger før hver publikations fremkomst.

PRIS KR. 2,50