

Særtrykk av TEKNISK UKEBLAD nr. 16, 1951

S.T.nr. 1101

AAS & WAHLS BOKTRYKKERI - OSLO

Frekvenskurver og kvalitet ved lydgjengivelse

DK 621.395.8

Referat av sivilingeniør V. Tandbergs foredrag og demonstrasjoner ved Studiemøtet i radioteknikk og elektroakustikk på Bolkesjø.

I den senere tid har det vært en del diskusjon i amerikanske tidsskrifter om hvilken frekvenskurve publikum foretrekker ved overføring av musikk i radio.

Problemet har imidlertid vært grundig belyst for årtier siden, og når man gjenoppfrisker det som tidligere er skrevet, slår det en hviket gammelt fag egentlig akustikken er. At det i øret kan dannes svevningsfrekvenser ble beskrevet allerede i 1740.

Foredragsholderen begynte med å gjenoppfriske litt om hva en lenge har visst om øret som lydnettaker. Det kan først nevnes at toner som varer mer enn 2 til 3 perioder oppfattes som toner. Kort innsvingningstid er derfor nødvendig.

Fig. 1 viser kurver for subjektive like lydstyrker i forhold til frekvensen. Det som spesielt fanger oppmerksomheten er at øret har sin største følsomhet for frekvenser fra ca. 500 til ca. 5000 p/s og at følsomheten for de lave frekvenser avtar meget sterkt når lyd-nivået synker. Ved en lydstyrke som svarer til vanlig samtale, er følsomheten for 100 p/s 20 db mindre enn for 1000 p/s. Det forklarer hvorfor tale lyder så mørk når den blir forsterket til et unormalt høyt nivå.

Man forbauses også over hvilket enormt område hørselen spenner i lydintensitet, ca. 120 db.

Fig. 2 viser hvilken minste styrkevariasjon man kan merke ved forskjellige frekvenser og varierende lydintensitet. Ved store og middels lydstyrker merkes lett variasjoner på 1 db, mens man ved lave lydstyrker og spesielt ved lave frekvenser må opp i 10 db for å merke variasjoner. Dette forhold virker ofte litt for-

virrende når man ikke er oppmerksom på ørets eien-dommelighet. Det er ikke alltid at en høyttalers bedre virkningsgrad virker særlig overbevisende.

Fig. 3 viser hvilke minste prosentuale forandringer man kan merke ved forskjellige toner. I det området hvor

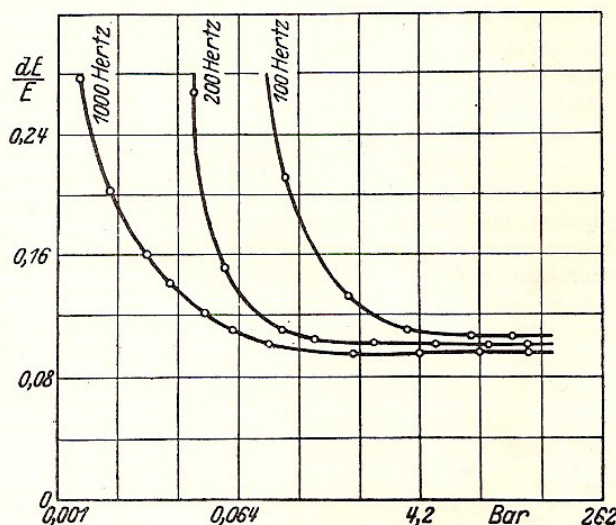


Fig. 2. Minste merkbare styrkevariasjon ved forskjellige frekvenser og varierende lydintensitet.

ørets følsomhet er størst, merker en også de minste frekvensforandringer, ca. 0,3 %, mens man for høye og lave toner merker forandringer på ca. 1 %.

En av hørselens mest forbausende egenskaper er den nøyaktige retningsfølelse man har ved normal hørsel

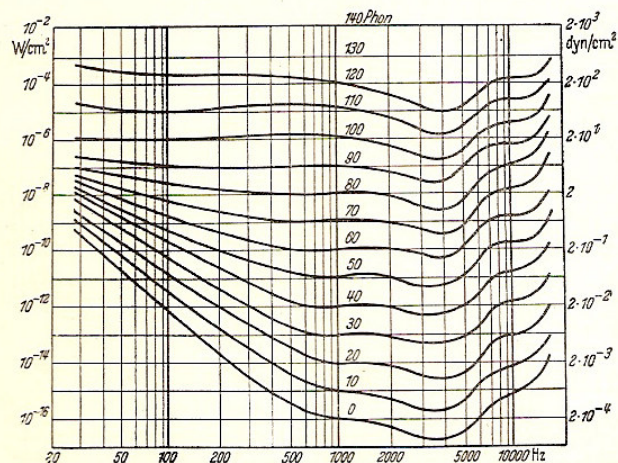


Fig. 1. Ørets følsomhetskurver.

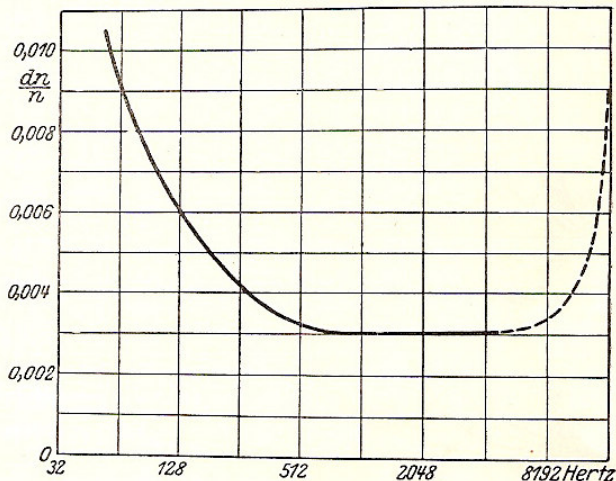


Fig. 3. Minste merkbare frekvensforandring ved forskjellige frekvenser.

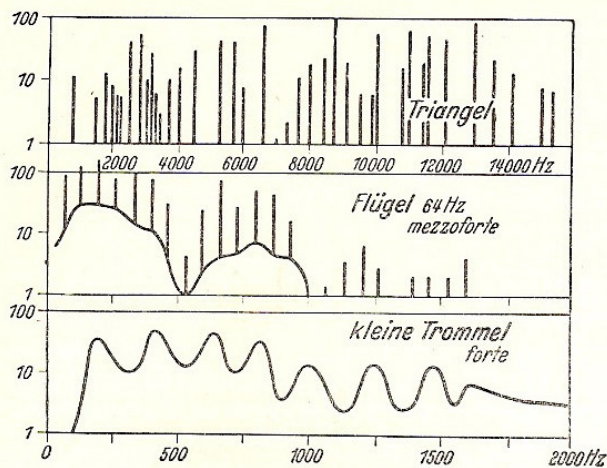


Fig. 4. Klangspektra for triangel, flygel og tromme.

med begge ører. Det har vært mange forsøk på forklaringer til dette fenomen, men man har blitt stående ved at det skyldes ørets evne til å oppfatte meget korte tidsintervaller for lydinntrykk til hvert øre. Tidsforskjeller fra 30 mikrosekunder til 630 mikrosekunder kan oppfattes. Ved lydbølger i luft svarer dette til forskjell i lydvei på fra 1 cm til 21 cm.

I øret opptrer en likeretting som ved store lydstyrker kan frambringe oversvingninger og kombinasjonstoner. Subjektivt kan man derfor ofte høre grunntoner som mangler. Også av denne grunn vil lydinntrykket være avhengig av lydstyrken.

Man har også den eiendommelighet ved hørselen at om fasen for enkelte partialtoner forandres, merkes ingen forskjell på klangen. Klangbilder som på et oscilloskop viser forskjellig utseende kan derfor lyde like.

Etter denne korte oversikt over øret som lydnettaker, ga foredragsholderen en like kort oversikt over det man lenge har visst om de akustiske forhold ved tale og musikk.

Rene toner slik man kan få høre dem fra en tonegenerator, brukes nesten ikke ved musikk. Denne slags toner virker karakterløse og kjedelige. Grunnen til at man har laget hundrevis av forskjellige musikkinstrumenter er

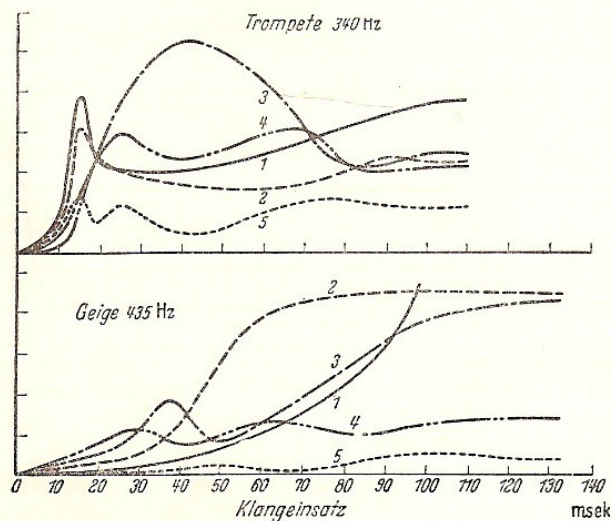


Fig. 5. Klanginnsats for en trompet og en fiolin.

ønsket om å få særegne og vakre klangbilder eller i vanlig tale toner. Man har for lenge side analysert tonene fra forskjellige instrumenter. Det viser seg da at fordelingen og antallet av overtone og andre toner er særegne for de forskjellige instrumenter. Styrken på de forskjellige overtone er også høyst forskjellig. Mange instrumenter med små dimensjoner på klangbunnen gjen-gir de dype grunntoner meget svakere enn overtone.

Fig. 4 viser klangspektra for triangel, flygel og tromme. En annen ting som er like viktig for å gi den særegne

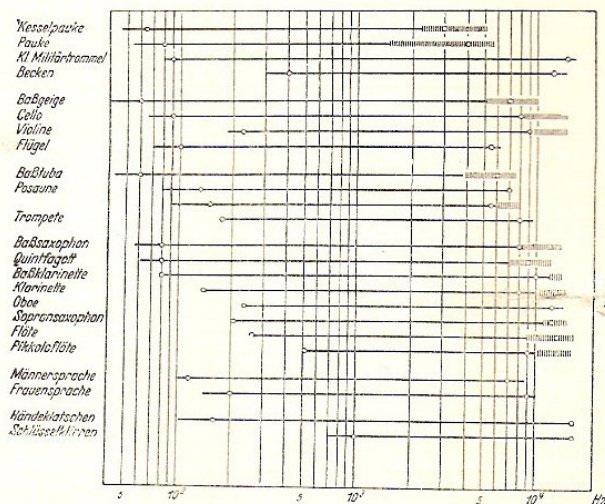


Fig. 6. Frekvensområde for forskjellige instrumenter.

klang er innsvingning og hendøen. Disse forhold er høyst forskjellige for de enkelte instrumenter.

Fig. 5 viser klanginnsatsen for trompet og fiolin. Lydstyrken ved trompeten vokser meget raskere enn for fiolin, og de forskjellige overtone har forskjellig innsvingningstid.

Konsertlokalet og instrumentene virker sammen særlig når det gjelder innsvingning og hendøen av tonene og kan derfor ikke betraktes hver for seg. Ved overføring med høyttaler til andre rom kommer derfor nye problemer til.

Fig. 6. viser det frekvensområde forskjellige instrumenter dekker. Sirkelne markerer de frekvenser ved hvilke 80 % av et større antall tilhørere merker en begrensning av området.

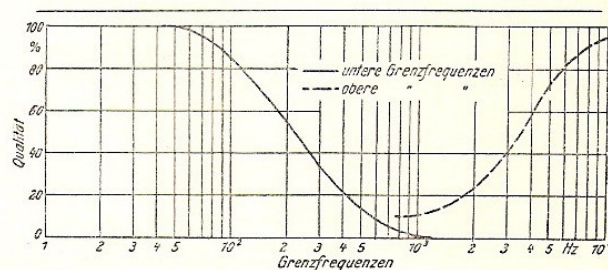


Fig. 7. Gjengivelseskvaliteten av musikk ved forskjellige grensefrekvenser.

Fig. 7 viser gjengivelseskvaliteten av musikk i avhengighet av øvre og nedre grensefrekvens bedømt på samme måte som ovenfor.

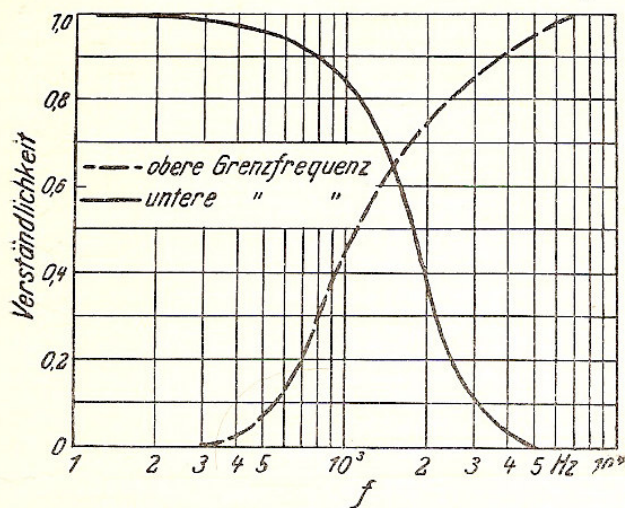


Fig. 8. Forståelsen av tale ved forskjellige grensefrekvenser.

Fig. 8 viser forståeligheten av tale ved forskjellige grensefrekvenser.

Fig. 9 viser frekvenskurven for en reisegrammofon målt 50 cm fra traktåpningen. Det er mange radio-mottakere i dag som ikke er bedre.

Men ser vi på kurven i fig. 7, finner vi at ca. 30—40 % av oss ikke kan merke om frekvenskurven blir utvidet.

Når vi vet at et radioapparat blir dyrere jo større frekvensområde som skal gjengis, skulle man her finne forsvar for å lage slike billige apparater. Men forutsetningen er at de blir kjøpt bare av dem som hører til denne gruppe mennesker.

Men kurvene på fig. 6 kan også gi oss forsvar for å lage billige apparater. Det er nemlig enkelte instrumenter som ikke setter store krav til gjengivelse av dype toner. Og ser en på kurvene i fig. 8, kan vi — i de tilfelle hvor det bare gjelder å oppfatte hva som blir sagt — klare oss med en mottaker som gjengir bare en oktav.

Foredragsholderen sluttet med å belyse musikkens psykologiske virkemidler.

Den mest primitive form for musikk består bare i tre eller takt. Så har en den enkle melodi gjerne av rene toner og til sist det en kan kalle skjønnheten av selve klangen, eller kort klangen. Hver for seg vil disse tre former for musikk gi enkelte mennesker det de har behov for.

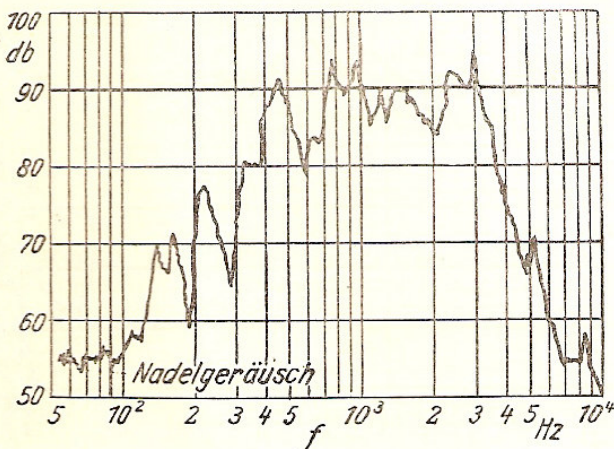


Fig. 9. Frekvenskurve for en reisegrammofon.

Oftest forekommer alle disse former for musikk samtidig, og i kunstmusikken er klangen av meget stor betydning.

En legger merke til at store symfoniorkestre har instrumenter med toneområde helt til yttergrensene av hva øret kan oppfatte. Da kunstmusikken er skapt av noen ganske få mennesker og bare nytes av relativt få, vil det ikke være rettferdig at den store masses oppfatning av hvilket frekvensområde som er ønskelig, legges til grunn for konstruksjonen av radioapparater.

Dessuten kan man hevde at når mange kritiserer symfonimusikk som uforståelig, kan dette nettopp komme av at det radioapparatet de benytter, ikke kan gjengi slik musikk.

Høyere musikk kan også fordre et visst hjernearbeid, mens lettere musikk virker avspennende og beroligende.

Konklusjonen må derfor bli at det er behov for radioapparater i flere klasser. Det gjelder bare å fortelle lytterne hva apparatet kan gi og så overlate valget til kjøperen.

I praksis er det ennå et problem å kjempe med. Underveis til mottakeren kommer det til uvedkommende lyder. Helst bør disse være så svake som mulig, og vi snakker oftest om bakgrunnsus. Jevn sus har ofte et frekvensspektrum hvor alle frekvenser forekommer med samme intensitet.

Er susen så sterk at den begynner å bli sjenerende, kan det derfor være ønskelig å begrense frekvenskurven særlig når mottakeren har et større frekvensområde enn det som er nødvendig for å gjengi det man i øyeblikket hører på. Er susen svært sterk, blir det nødvendig å begrense frekvensområdet mer enn ønskelig ut fra det som skal gjengis, idet man må velge det gunstigste kompromiss.

K. B. & T. J.

Eksperimenter.

Apparatoppstillingen fremgår av fig. 10. I forsterkerkjeden er satt inn forskjellige filtre. Frekvensgangen for Siemens oktavfiltre er tegnet med heltrukne linjer i fig. 11, og RC filtrene er vist stiplede.

Som susgenerator er brukt termostøyen i en 2 Mohm motstand og susen er derfor jevnt fordelt over hele spektret (bortsett fra noe brum).

Mikrofon og forsterkere er av høy kvalitet, typer som NRK bruker. Data for høyttalere (kassevolum og nedre grensefrekvens er satt i tabell i fig. 10. Frekvenskurver for de forskjellige høyttalermonteringer er vist i fig. 12.

Kort resymert kan vi si at de omfattende eksperimentene demonstrerte:

1. Karakteren til sus av god styrke med forskjellige frekvensspektra. Kutt nedenfra forandret susens karakter, men hadde liten innflytelse på styrken. Kutt ovenfra forandret både susens karakter og styrke. Ved smaleste båndbredde med Siemensfiltrene ca. 300—800 p/s begynte susen å ligne en tone.

2. Forskjellen i subjektivt bedømt styrkevariasjon ved samme db-variasjon på høyt og lavt nivå.

Forsøket viste at det subjektive inntrykk av 4 db variasjon i lydnivået virket størst ved det sterkeste påtrykk, som det også fremgår av kurvene på fig. 2.

3. Gjengivelsen av tale ved variasjon av frekvensgang og susnivå til over grensen for forståelighet.

Forståeligheten minsket ved redusering av båndbredden for overføringssystemet. De lavere frekvensene, inntil

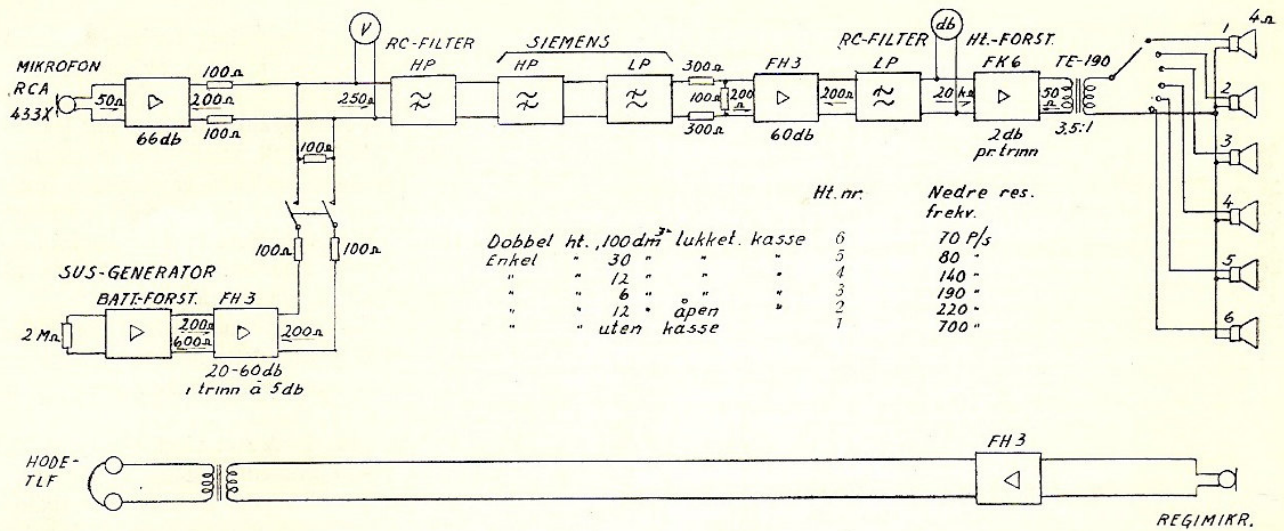


Fig. 10. Apparatoppstilling.

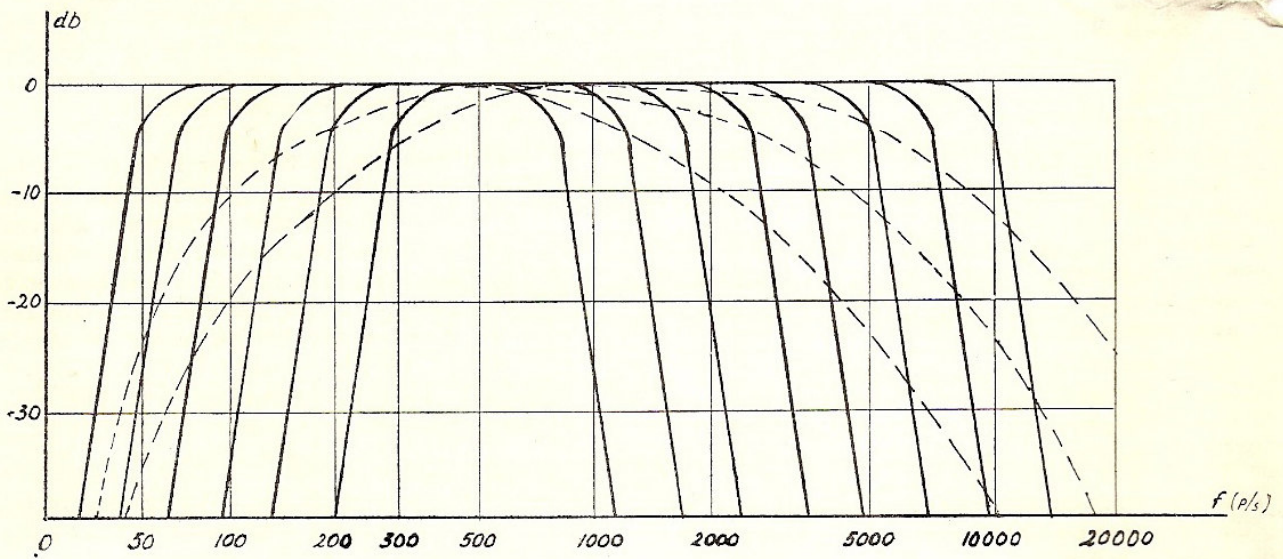


Fig. 11. Frekvenskurver for filtrene.

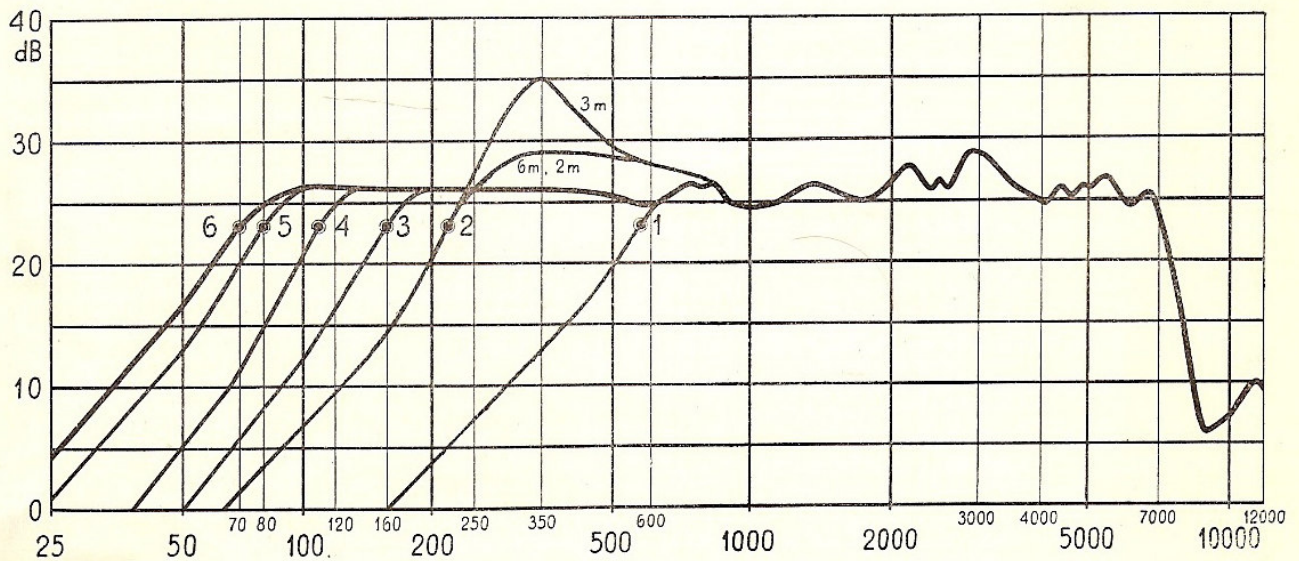


Fig. 12. Frekvenskurver for høytalerne.

ca. 300 p/s hadde liten innflytelse på forståeligheten. De høye frekvensene kunne også kuttes bort fra ca. 3500 p/s uten noen vesentlig reduksjon av forståeligheten. Selv ved et frekvensområde som bare gikk fra ca. 300—1600 p/s var tale forståelig, selv om det var med en del vanskelighet. Ved smaleste båndbredde, ca. 300—800 p/s, var talen derimot helt uforståelig. Forsøket viste også at man med høyt susnivå kunne øke forståeligheten ved å kutte ut de høye frekvenser over ca. 3500 p/s, men det var tydelig at det som kunne oppnås ad denne vei var sterkt begrenset.

4. Gjengivelse av musikk fra instrumenter i høyt, middels, lavt og vidt leie ved variasjon av frekvensgang og susnivå. Det viste seg tydelig at klangen av forskjellige instrumenter forandret seg ved forandring av overføringens frekvenskurve. Fiolin og trekkspill var tydeligvis lite krevende og klangen forandret seg ikke vesentlig selv ved kutting av alle frekvenser under 150 p/s og over 5000 p/s. Kontrabassen var imidlertid meget følsom for kutt av lave frekvenser, og allerede ved kutting av frekvenser under 100 p/s var det en tydelig forandring i klangens karakter. Triangelet var derimot meget følsomt for kutt av de høye frekvensene. Allerede ved kutt ved 6400 p/s kunne en tydelig forandring merkes. Ved videre reduksjon av frekvensbredden ovenfra fikk triangelet en viss likhet med en kirkeklokke, for så ved kutt av alle frekvenser over 800 p/s, å forsvinne helt.

5. Innflytelse av musikkens karakter på den umiddelbare bedømmelse av gjengivelsens kvalitet.

Musikk med lite dynamikk var mindre kritisk overfor støynivå, enn musikk med stor dynamikk. Samtidig ga forsøkene et inntrykk av hvilken kvalitet som svarte til forskjellige støynivå uttrykt i db.

Støy ÷ 20 til ÷ 25 db dårlig industriplate
» ÷ 25 » ÷ 30 db god
» ÷ 30 » ÷ 40 db førsteklasses lakkinnspillinger
» ÷ 40 » ÷ 50 db god mottaking fra sterk lokalstasjon

Samtidig med støynivået ble også frekvenskurven for overføringen variert, og kvaliteten av en reisegrammofon ble kopiert; frekvenskurve som vist i fig. 9 og støyen ca. 20 db under maksimalt signalnivå. Det lød ikke pent sammenlignelsen mellom denne kvalitet og den kvaliteten en fikk ved fullt frekvensområde og ingen sus ble meget virkningsfullt demonstrert.

6. Forskjell i gjengivelse for ulike høyttaler-monteringer ved forskjellige «programtyper».

Diskusjon.

Gaudernack: Klanginntrykket er i høy grad bestemt av innsvingningsforløpet — Tandberg viste kurver for trompet og fiolin. Raske innsvingningsforløp i musikken krever stor båndbredde i transmisjonssystemet. Er den vanlige båndbredde på 5000 p/s tilstrekkelig? Vi savner en vurdering av hva en forbedring vil kreve økonomisk.

Kongshaug: Innsvingning kan demonstreres ved å spille en grammofon gale veien. Orgel høres da ut som piano og omvendt. Det kommer av at pianotonen svinger hurtig inn og dør langsomt ut, mens det er motsatt for et orgel.

Weedon: Jo høyere induksjonen er i luftgapet på en høyttaler, desto bedre blir reproduksjonen av transienter, fordi dempningen er større.

Tandberg: Høyttalere med en induksjon på over 7000 gauss vil være overdempede. Selv med $B = 5000$ gauss vil vi ha $Q = 0,8$, men for høy B vil gi kutting av de lave toner, så det er liten vits i å gå høyt.

Nodtvedt: Er det innlysende at stor dempning er en garanti for at innsvingningene blir riktig gjengitt? Foreligger det målinger her?

Tandberg: Hovedresonansen må i hvert fall dempes. Etterat vi var blitt oppmerksom på fenomenet, har det ikke vært noen vanskelighet å gjøre Q så liten som vi ønsker den. De andre egensvingningene er atskillig vanskeligere, og jeg skal ikke kunne uttale meg om dem.

Tvedt: Dersom vi kunne få demonstrert hvordan enkelt-toner fra piano (rask innsv.) og fiolin (langsom innsv.) tok seg ut ved ulike båndbredder, ville vi få et begrep om innsvingsforløpene.

Otterbech: Det er mange ledd mellom mikrofon og høyttaler, og vi som steller med disse, kommer også ut for problemet med frekvensgangen. Demonstrasjonen i dag virket beroligende for oss i N. R. K. Kringkastingskanalen kutter frekvenser over 8000 p/s, over 10000 p/s bør en neppe gå i det hele tatt av hensyn til sendere som er naboer i båndet. I det lave register er det i Amerika vanlig å kutte ved 50 p/s, og det er derfor det laveste vi har på våre måleinstrumenter. Det viser seg også at det er vanskelig å oppnå noen garantier for 30 p/s. Men etter demonstrasjonene må det være liten vits i å gå til bredere frekvensbånd enn det vi har nå.

Aasgaard: Jeg vil peke på at en demonstrasjon under så spesielle forsøksbetingelser gir et bilde som ikke alltid holder stikk i praksis. — Selv om Otterbechs 50—8000 p/s kan være nok for musikk og tale, blir forholdet et helt annet ved de mer kompliserte lydeffekter som forekommer i hørespill. — Akustikken i det studio som ble brukt i dag i forbindelse med båndmikrofon, krever kapping av de lave frekvenser for å få et gunstig resultat, men av dette skal vi ikke slutte at det alltid har liten betydning å få med de laveste frekvenser. — Den åpne høyttalerkassen var plasert 10 cm fra veggen. Det er en temmelig vilkårlig valgt middelvei og kan ikke uten videre sammenlignes med en lukket kasse. — Høyttalerne med de små kassene fikk samme påtrykk på høye og lave frekvenser, mens de i praksis blir utstyrt med basskompensasjon. — Det vesentlige poenget med stor høyttalerkasse er nok at publikum faktisk ser på literprisen når de kjøper radio. — Men med en smule varsomhet med hensyn til de spesielle forsøksbetingelser, var demonstrasjonene meget illustrerende. Konklusjonen må være at det skal forbløffende lite til for å «høre».

Weedon: Jeg foretok engang en analyse av sammenhengen mellom kassevolum og salg. Det stemmer som Aasgaard sier, folk vil ha flest mulig liter pr. krone. Vi kan ikke forlange mer enn det som Tandberg vartet opp med i dag. Men til neste år må vi få litt om «ekko-foner» og andre rare ting som Kringkastingen driver med.

Brodtkorb: For å komme tilbake til frekvensgangen, så bør vi merke oss at det er først når signal-støyforholdet blir høyt at vi blir kritiske på kvaliteten. Som Aasgaard sier kan en kompensere elektrisk for fallet på lave frekvenser, men det gjelder ikke for åpne kasser i samme grad som for lukkede. De som selger apparater med åpne kasser, bør gjøre publikum oppmerksom på at gjengivelsen er avhengig av plasseringen

av apparatet. Apparater med åpen kasse bør settes midt på spisebordet. Da vil fallet i bassen bli 6 db/oktav istedenfor 12 når de står mot en vegg.

Gaudernack: Under demonstrasjonen fikk vi et godt inntrykk av støynivåets betydning. Istedenfor de vanlige målinger av feltstyrke burde vi måle signal-støyforholdet. En slik kartlegning av landet ville gi et riktigere bilde av lytterforholdene.

Nickelsen: Otterbechs krav til senderne er ikke avskrekkende. Det blir ofte framsatt «teoretiske» ønskekrav, men jeg er enig med Otterbech i at vi godt kan innskrenke båndbredden. Støy på $\div 40$ db hørtes i dag meget brukbart ut, og det har liten hensikt å krangle om vi bør ha $\div 55$ eller $\div 60$ db i støynivå. For ut over landet ligger støyen mange steder på $\div 20$ til $\div 10$ db. Det må være mer om å gjøre å skaffe $\div 30$ db på disse steder enn å forbedre støynivået til $\div 60$ db, der hvor det allerede ligger på $\div 50$ db. Jeg tar opp Gaudernacks forslag om å kartlegge signal-støyforholdet. Det ville vekke myndighetenes samvittighet, slik at noe kanskje kunne bli gjort.

Helmer Dahl: Som medlem av kringkastingsrådet kan jeg føle meg truffet av siste innlegg. Det vil selvsagt være prektig å få en fullstendig kartlegning av signal-støyforholdet. Det vil kreve et enormt arbeid, for det vil ikke være nok med enkelte stikkprøver. På grunn av vårt varierende terreng lar feltfordelingen seg ikke bestemme rent beregningsmessig. Et grovt bilde har vi likevel ut fra de målinger som er foretatt. De viser blant annet at kringkasterne har større rekkevidde langs kysten enn innover land, og det er jo ikke så galt fordi de fleste mennesker er bosatt ved kysten. Men de som bor inne i landet og er dårlig stilt fra før, vil for øvrig få det verre når senderne går over til de høyere frekvenser som er forutsatt etter København-planen.

Beregninger og målinger kan være vel og bra, men de vil ikke gi oss noen annen løsning enn den vi kjenner fra før: flere sendere, større effekt på de sendere vi har, bedre støykontroll.

Lillevedt: Det gjelder ikke bare å få flere sendere. Programtilførselen til senderne er like så viktig. En del stasjoner får i dag programmer over radio, og kvaliteten er tildels elendig. Jeg refererer til Lista. Radiooverføringen må erstattes av linjer.

Otterbech: De store senderne får programmet over linjer, og selv om disse stort sett er gode, har vi til sine tider vanskeligheter. Jeg mener også at radiooverføringen til Lista og Geilo er avskrekkende. Men til Rjukan som har en 2,5 km lang motakerantenne går det bra på radio, bedre enn over linjen fra Notodden over Seljord.

Weedon: Det må være fortvilet å drive kringkasting her i landet. Jeg var engang på Lifjell, og der var det på grunn av skyggeeffekten vanskelig å høre værmelding og nyheter på Oslo om kvelden. Kalundborg, som ligger lengre unna, var derimot god.

Otterbech: Årsaken antar jeg må ha vært synkroniseringen av Oslo og Bergen.

Brodtkorb: Som kjent disponerer vi bare et begrenset antall fellesbølger. Har Otterbech noen erfaring for hvor nær småsenderne kan ligge uten å sjenere hverandre.

Otterbech: Dersom Notodden og Namsos skulle brukt samme frekvens, ville de sjenere hverandre. Men likevel er vi nødt til å kjøre stasjoner som har mindre avstand på samme frekvens. Det gir vanskeligheter, og det er ingen god løsning, men skinnfellen er ikke lengre.

Nickelsen: Målinger av signal-støyforholdet kan gjøres ganske enkelt hvis vi holder oss til en grov gradering f. eks. 50 — 10 — 1 db. Små variasjoner har ingen interesse. Vi må søke etter andre utveier enn de som har vært prøvd i de siste 10—15 år, om vi vil skaffe oss nye skinnfeller. Synkroniserte sendere i avstand mindre enn 1 km fra hverandre vil kanskje forstyrre hverandre mindre enn sendere i stor avstand, da faseforskjellen bli mindre.

Weedon: Har det vært foretatt målinger på LF-forsterkere påtrykt flere toner samtidig med hensyn på intermodulasjon?

Tandberg: Jeg har undersøkt høyttalere. Hvis spolen kan komme ut av feltgapet, vil vi få en rekke overtoner når vi påtrykker 50 p/s. Sammen med en 1000 p/s vil 50 p/s gi en stygg vibrerende låt, mens 1000 perioder alene vil være ren.

Tolleshaug: På en 10 watts sender modulerte jeg med 2100 og 2200 p/s og i mottakeren var differens-tonene meget kraftige allerede ved 50 % modulasjon. Differens-tonen hadde sin opprinnelse i detektoren. Det foreligger imidlertid ingen standard for slike målinger, men det er ingen unnskyldning for å ignorere intermodulasjonen.

Weedon: Når vi påtrykker en enkel tone, resulterer forvrengningen i harmoniske, mens vi ved intermodulasjon får uharmoniske komponenter. Derfor er kryssmodulasjon så farlig.

David-Andersen: Man skal være forsiktig med at tonegeneratorene ikke modulerer hverandre ved intermodulasjonsmålinger, slik at det er tonegeneratorenes kombinasjoner som dominerer.

Bakken: I motsetning til kravene ved kringkasting vil det ved kommersiell radio ikke være kvalitet men forståelighet det kommer an på. Tandberg viste kurver over stavellesforståeligheten. Fins det en optimal båndbredde for forståelighet av tale ved nærvær av støy?

Garwick: Riktignok får vi mindre støy ved smalt bånd, men det går samtidig ut over forståeligheten. Energien i talen ligger vesentlig i vokalene. Ved å bruke limiter med etterfølgende LP-filter på sendersiden vil en få en jevnere energifordeling mellom vokaler og konsonanter. Stemmen mister sin karakter men forståeligheten opprettholdes.

Weedon: Det skulle ikke alltid være nødvendig med 60 db dynamikk. Kringkastingen burde bruke komprimering i hvert fall for nyheter og værmelding.

Krogstad: Det gjøres, for så vidt som det brukes begrensere, og utstyringen økes for disse poster.

Garwick: Det beste ville være å heve konsonantene, men det vil kreve så liten tidskonstant at det ikke er enkelt å få til.

Bakken: Vanlig amerikansk tale har snille konsonanter, men ifølge Julsruds artikkel i Tekniske Medd. fra Telegrafstyret har våre s'er 3 til 4 ganger så mye energi som vokalene.

K. B.

**FREKVENSKURVER OG
KVALITET VED LYD-
GJENGIVELSE**

AV
V. TANDBERG