

MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

A „MAGYAR POSTA“ MELLÉKLETE

SZERKESZTI A M. KIR. POSTAVEZÉRIGAZGATÓSÁG ALTAL KIJELELT
SZERKESZTŐ ALBIZOTTSÁG.SZERKESZTŐSEG CIME: RAKOSI GYÖRGY M. KIR. POSTAFŐMÉRNÖK
IX., PÁVA UCCA 10. — TELEFON: 146—500.

TARTALOM:

Dr. Békésy György: Kis zenetermek optimális akusztikai viszonyairól. — Soós Zoltán:
Egy érdekes kábelbővítési terv szerelésének kivitele. — Külföldi szemle.Kis zenetermek optimális akusztikai
viszonyairól.*Dolgozat a m. kir. posta kísérleti állomás laboratoriumából.*

Irtá: BÉKÉSY GYÖRGY m. kir. postafőmérnök.

Les plus favorables conditions acoustiques de petites salles de musique.

Étude du laboratoire de la Station des expériences des Postes Royales Hongroises.

Par M. le Docteur Georges Békésy, ingénieur supérieur des Postes Royales Hongroises.

Résumé: L'auteur explique que pour mettre une salle de musique de faibles dimensions entre les conditions acoustiques les plus favorables, il faut d'abord grouper tous les phénomènes ne donnant la possibilité d'exercer une influence sur l'acoustique des locaux. Puis, tous ces phénomènes seront présentés en une forme autant pure qu'il est possible aux musiciens, pour qu'ils puissent décider des plus favorables et de ceux qui ont les meilleures valeurs.

Tout d'abord il sera examiné dans cette connexité comment se présente en général la sensation de temps dans l'acoustique des salles et par quels phénomènes sera-t-elle influencée? Par la réalisation des transitoires artificiels se fera l'examen des phénomènes fondamentaux temporels. L'influence de l'audition rectifiée aux sensations sonores fut aussi constatée et les changements des phénomènes d'écho, surgissant de cette influence, furent déterminés.

L'influence du temps d'écho à l'acoustique des salles fut aussi examinée au point de vue de sa dépendance des fréquences et pour ce but — hors des étoffes de sourdière usuelles, — une étoffe spéciale fut fabriquée qui peut absorber les fréquences basses dans une mesure extrême. Par la choix de diverses étoffes de sourdière, les temps d'écho les plus favorables furent produits aux diverses salles et outre cela, ce temps fut mesuré ultérieurement et le résultat fut employé aux salles réelles.

1. Bevezetés.

Általánosan tapasztalható tény, hogy a műszaki kérdések áttekintése, feladatainak megismerése mindinkább bonyolultabbá válik; berendezéseinek kidolgozása, tökéletesítése csakis nagy laboratóriumokban végezhető gazdaságosan. Ennek következménye, hogy

ilyen berendezések fejlődését és gazdaságos kihasználását manapság néhány nagy műszaki vállalat tartja kezében. Csak ezek tudják a szükséges laboratóriumokat berendezni és azokat hasznathatóan fenn tartani.

Ez az állapot különösen hazánkhoz hasonló kis államok helyzetét nehezíti meg, mert szinte kizárja őket a technika fejlesztésében való részvételből, meg kell elégedniök külföldi rendszerek kényszerű átvételével. Legtöbbször valamely műszaki alkotásnak mindössze 2–3 különböző rendszere közül választhatnak; de a szakszerű válogatás is gyakran igen nehéz számukra, mert ehhez a tapasztalat és a megfelelő vizsgáló laboratórium hiányzik.

Ez a helyzet feltűnő mértékben jelentkezett, amikor a magyar posta az új stúdió akusztikai kiképzésének feladata előtt állt. Nem volt módunk eldönteni, hogy a külföldi stúdió-berendezések (rendszerek) közül melyiket másoljuk le. Szakembereink mindegyike külföldi tanulmányútról más-más megoldási lehetőséggel tért vissza, de azok nem voltak közös nevezőre hozhatók és egyértelműen elbírálatok. Valamely külföldi, ott jól bevált, stúdió-rendszer egyszerű lemásolása már csak azért sem lett volna lehetséges, mert a szükséges költségek anyagi képességeinket messze túlhaladták. Jó példa erre az egyik új amerikai hírszóró rádió épülete, amelynek csak a szellőző berendezése közel egy millió dollárba került.¹⁾ Ha ezt a számot stúdióink méretviszonyainak megfelelő arányban csökkentjük is, még mindig mintegy 200.000 dollárt kapunk. Természetes, hogy ilyen berendezés nálunk nem volna előteremthető. Viszont nem szabad figyelmen kívül hagynunk, hogy kényelmi igényeink, valamint kritikára és bírálatra való hajlamunk semmivel sem állnak az amerikaiaké mögött.

Kész berendezés behozatala már csak a fizetési eszközök átutalásának nehézségei miatt sem lett volna lehetséges és ezért az egyetlen járható utat választottuk: új alapokon elindulva, legelőlről kellett kezdenünk és igényeink szerint kifejleszteniünk a végleges megoldást.

Időmegtakarítás és költségkímélés végett, mindazt, ami az idevágó irodalomból használható volt, összehordtuk és saját kísérleteinkkel kiegészítettük. Ilyen módon sikerült csak a zenei szakemberekkel szoros együttműködéssel végzett, egyébként költséges kísérleteket elviselhető összegekből megrendezni.

A jó teremakusztika érzékelése lényegében lélektani kérdés. Ezért természetes, hogy a lélektani szempontokat műszaki jelentőségük mértékében szintén be kellett vonnunk vizsgálataink körébe.

A feladat műszaki része azonban csak annyiban állhat, hogy az összes jellegzetes teremakusztikai viszonyokat előállítsuk, ezeket a zeneszakértőkkel érzékeltessük, úgy hogy módjukban legyen a különbségek könnyű megállapítása és így a legmegfelelőbb viszonyokat kiválaszthassák. Hogy ez a kiválasztás reprodukálható értékekre vezessen, természetes, hogy a zeneszakértőkkel először a bevezetőben előforduló különböző akusztikai jelenségeket külön-külön meg kellett ismertetni. Már előre is megállapíthatom, hogy ezen a téren nem várt jó eredmények voltak kimutathatók.

¹⁾ O. B. Hanson, Proc. Radio Eng. Vol. XX. (1932.) o. 1308.

A következőkben leírt mérések és megfigyelések kizárólag magában a stúdióban fellépő akusztikai jelenségekre szorítkoznak.

2. A prezencidőről.¹⁾

Az a megállapítás, hogy a terem akusztikai jósága utánhangzásának tartamával jellemezhető, lélektanilag nagyon érdekes, mert arra mutat, hogy az ember időérzéke a teremakusztikában szerepet játszik. Sajnos, az időérzék tulajdonságait és eredetét még igen kevésbé vizsgálták. Annyit mégis tudunk, hogy a jelenségek időbeli sorrendje nem folytonosan érzékelhető, hanem egyes időelemekre oszlik, ezeket *prezencidő*-nek²⁾ nevezzük, melyek egyenként érzékelhetők és feldolgozhatók. Ezt a jelenséget már a szavak felépítésében is felismerjük, mert a szótagok száma a beszéd szavaiban általában úgy csoportosul, hogy egy-egy szó kiejtése bizonyos időt ne lépjen túl, mert különben nem volna egységként felfogható. Az

1. táblázat feltünteti a főnév és ige szótagszámának százalékos gyakoriságát a folyamatos szövegben.

1. TÁBLÁZAT.

A szótagok száma	1	2	3	4	5	6	7
Százalékos gyakoriság főnévnél	17.5	45.2	22.0	11.4	3.4	0.3	0.1
Százalékos gyakoriság igeigénél	29.3	45.4	16.4	7.7	1.2	0.0	0.0

Mint látható, négy szótagnál hosszabb szavak csak ritkán fordulnak elő. Minthogy egy-egy szótag kimondása normális beszédben kb. 0.21 mp, a prezencidő átlagosan 0.84 mp.

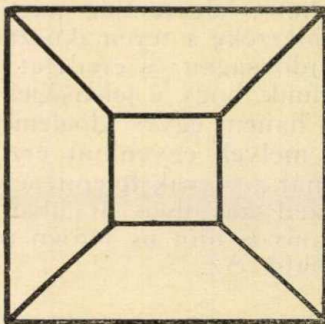
A prezencidő elmúltával mindannyiszor mintegy új benyomásra várunk; könnyen érthető tehát, hogy az optikai inverziók is többnyire ebben az ütemben szoktak váltakozni. Ezt a mellékelt 1. számú ábrán jól láthatjuk. A rajz a papíros síkjába sülyesztett vagy abból kiemelkedő csonkagulaként fogható fel. Az átmenet egyik szemléletből a másikba mindig bizonyos időt igényel és tetszésszerűen gyorsasággal nem változtatható. Többnyire mintegy 0.8 mp szükséges egy-egy változáshoz: a kísérlet közben a két képetet állandóan változtatjuk és meghatározzuk azt az időt, amely — mondjuk — tíz váltáshoz szükséges.

Ha az inverzió hosszabb sorozatban nem sikerül, jól megfigyelhetjük, hogy egy-egy zökkenő után következő inverzió nem tetszésszerűen időpontban áll be, hanem csak a prezencidő kétszeresénél, úgy, hogy a váltás ütemét nem zavarja.

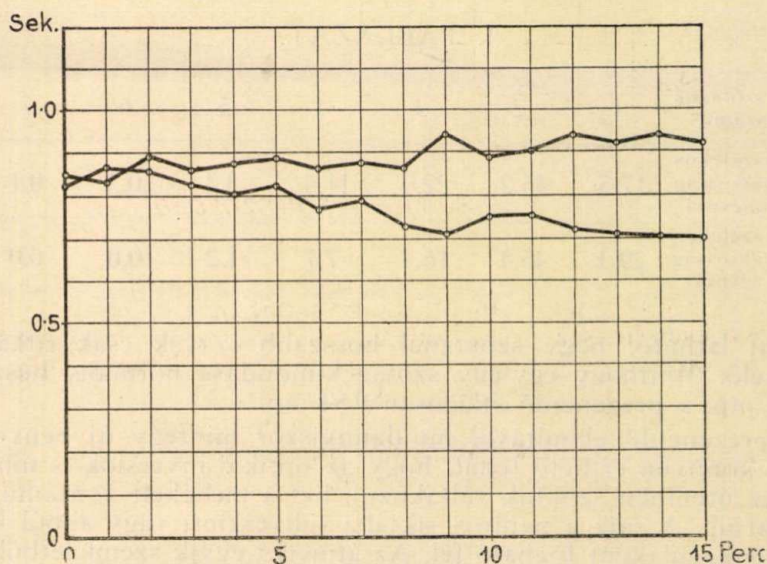
¹⁾ Annalen der Physik. 8. 851—873, 1931.

²⁾ L. William Stern, Ztschf. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane 13. 325. 1897.

Ha egyenletes sorozatban két egymást követő csattanás között, mintegy 0.8 mp telik el, akkor az az érzésünk, amint azt már K. Vierordt¹⁾ is közölte, hogy a csattanási sorozat *sem nem gyors, sem nem lassú*. Ebben az esetben ugyanis a csattanás mindig összeesik egy újabb prezencidő kezdetével, vagyis, mindig éppen a várt pillanatban hallunk új csattanást.



1. ábra. A gyorsaság, mellyel optikai inverziókat végezhetünk, korlátozott.



2. ábra. A prezencidő csak kevésbé változik az idővel.

Annak igazolására, mennyire világosan érzi az ember azt az ütemet, amelyik *sem lassú, sem gyors*: 15 percig, vagyis 1000 ütemen át az ütemező ujjmozgást kronograffal regisztráltuk. A 2. ábrán minden perc kezdetén az első 10 ütem középértékei vannak feljegyezve két megfigyelőnél. Az ingadozások aránylag kicsinyek.

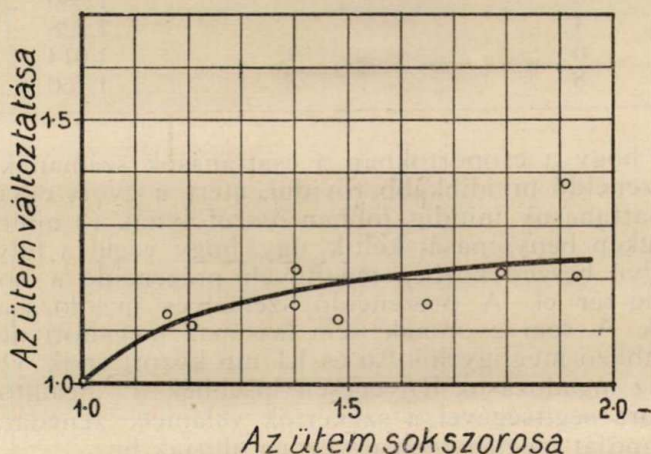
Olyan ütemezés, melyet éppen *sem lassúnak, sem gyorsnak* nem érzünk, alkalmas arra, hogy segítségével a prezencidő változásait meg-

¹⁾ K. Vierordt, Der Zeitsinn nach Versuchen. Tübingen, 1868.

vizsgáljuk. Így, ha az ütemezéshez még valami más jelenség is társul, a prezencidő növekszik. Például, valahányszor ütemezéskor olyan csattanást hallunk, mely a hallási ingerküszöbnél ezerszerre erősebb, akkor a prezencidő mintegy 10%-kal meghosszabbodik.

Nagyobbak a változások, ha hosszabb időn keresztül más, a prezencidőtől eltérő ütemet ütünk.

Ezt megvizsgálva, előbb a normális ütemezést regisztráltuk, ezután pedig következett többféle lassúbb ütem, mindegyik lehetőleg egyformán, 2 percen át. Ezeknek közepes periódusa a normális ütem periódusának viszonyában, mint abszcissza, a 3. ábrán van feltüntetve.



3. ábra. A prezencidő változása változó frekvenciájú, 2 percen át tartó ütemezés után.

Az egy percnyi szünet után ütött normál-ütem ilyen lassúbb sorozat után lényegesen hosszabbnak tűnt fel, amint azt a 3. ábra ordinátái mutatják. A pontok egy bizonyos megfigyelőre vonatkoznak, míg a görbe a különböző megfigyelők adatainak középértékét ábrázolja.

Ha a normálisnál gyorsabb ütemet ütünk, egészen hasonló százalékos változások adódnak. A lassúbb ütem azonban nem lehet hosszabb, mint a prezencidő kétszerese, máskülönben önkéntelenül 2 részre osztjuk, éppenúgy, mint a kétszeres ütemet is önkéntelenül a normális ütemre vezetjük vissza. Ezért van az, hogy ha élénken játszott zenei előadást hallunk, a helyiség utánhangzási idejét hosszabbnak és gyakorta zavaróbbnak fogjuk találni, mint lassú ütemű darabnál. Ha a prezencidőn belül a hangmagasság vagy hangerősség pillanatnyilag erősen ingadozik, a prezencidő nagyon meg szokott hosszabbodni. Erről pl. Bolton¹⁾ méréseiből értesülünk. Bolton a ritmikus csoportalakulást vizsgálta egy állandó csattanássorozatokban. Ha olyan csattanássorozatot hallunk, amelyben két, egymásra következő csattanás között az időköz kisebb, mint a prezencidő, akkor önkéntelenül több csattanást egységes időbeli jelenséggé fogunk össze és ezzel a csattanási sorozat látszólag egyes azonos csoportokra oszlik.

¹⁾ E. Bolton. Rhythm. Amer. Journ. of Psychol. 6. 212.

A 2. táblázatban az egyes csoportoknak az az időtartama van megadva, amelyben két, három, négy, stb. csattanás legkellemesebben foglалható össze.

2. TÁBLAZAT.

A csattanások száma egy csoportban.	Egycsoport idő- tartama.
2	1.590 mp
3	1.380 „
4	1.228 „
6	1.014 „
8	1.160 „

Látjuk, hogy a csoportokban a csattanások számának növekedésével a prezencidő mindinkább rövidül, mert a gyors egymásutánban elhangzó csattanások mindig jobban összefolynak és mindinkább homogén hangkép benyomását keltik, úgy, hogy végül a folyamatos zörej vagy folyó beszéd közben megfigyelt prezencidő a normális ütemezéstől alig tér el. A prezencidő személyes ingadozásai általában igen nagyok. A sem gyorsnak, sem lassúnak megadott normális ütemet a különböző megfigyelők 0.6 és 1.1 mp között érzik. De zenei előadásoknál az ingadozások lényegesen kisebbek. Pl. beállítható mechanikus zongora segítségével a szakértők valamely zenedarab legkellemesebb tempóját meglehetően egyezően állítják be.

3. A prezenció és jelentősége az utánhangzási jelenségekben.

A tudat korlátozott volta nemcsak az események időbeliségére, hanem a hallástérre is kiterjed. Az ember egyszerre a hallástérnek aránylag csak kis részét képes felfogni. Ezt a teret — találoan — *prezenció*nak nevezhetjük. Ha pl. a hallástérben egyidejűleg két különböző hangforrás szól, az egyik jobbra, a másik balra, akkor nem hallgathatunk egyszerre mind a két irányban. Behunyva szemmel mind a két hangforrást a hallótér ugyanazon helyén halljuk, vagy pedig felváltva, egyszer csak az egyik, majd csak a másik hangforrást halljuk úgy, hogy a figyelem a prezenció váltakozásában az egyikről a másikra ugrik át. Ha a két hangforrásnak valami közös sajátossága van, pl. azonos a ritmusuk, ami úgy áll elő, hogy két különböző frekvenciájú tartós hang ugyanabban az ütemben szakad meg, vagy gyengül, akkor mindig az előbb említett jelenség következik be, azaz a két hangot egy helyről véljük hallani.

Ha a két hang megfigyelt erőssége kb. egyenlő és ha az ütem-ütések egyidőben érnek a megfigyelőhöz, akkor úgy tűnik fel, mintha mind a két hang a hangforrást összekötő egyenes közepéről származnék. Ha azonban az egyik hangforrás erősebb, vagy ha az egyik ütem-ütése előbb ér a megfigyelőhöz, akkor az összetett hangkép ehhez a hangforráshoz tolódik el.

Ha nagyobb, csupasz-falú teremben¹⁾ hangszóróval állandó erősségű folytonos hangot szólaltatunk meg, akkor a hang hirtelen kikapcsolásakor a figyelem hirtelen a hangforrásra irányul; mivel pedig a minden oldalról származó utánhangzást a hangforrás prezencterébe helyezzük, azt képzeljük, hogy a hangforrást nem hirtelen kapcsoltuk ki, hanem az a tércsillapításnak megfelelően fokozatosan halt el. A kísérlet közben a hangforrástól olyan távolságra kell lennünk, hogy az utánhangzás hangerőssége legalább nagyságrendileg a közvetlen hang erősségével legyen egyenlő.

Amint a hangforrás kikapcsolása után a prezencidő letelt, újabb jelenséget várunk, emiatt a prezenc-tér ki szokott bővülni és egyidejűleg a figyelem szétesőbb. Kényelmes megfigyeléskor a prezenc-tér változásával a prezencidőt mindig betartjuk. Váratlan hanghatásra a prezenc-térnek gyorsabb változása is bekövetkezik ugyan, ez azonban már megerősítéssel jár.

Ha az utánhangzás a prezencidő alatt nem halkul a hallásinger küszöbéig, akkor már nem a hangforrás helyén jelenik meg, hanem ettől elszakadva hangzik a megnagyobbodott prezenc-térben és a térben elválasztva jut tudatunkba.

Ha az utánhangzás ideje a prezencidő kétszeresénél nem hosszabb, úgy tűnik fel, mintha a hangforrás közvetlen környezetéből származnék. Ha azonban ennél hosszabb ideig tart, akkor az embernek legtöbbször az a benyomása, hogy onnan hallja, ahova a figyelmét irányítja.

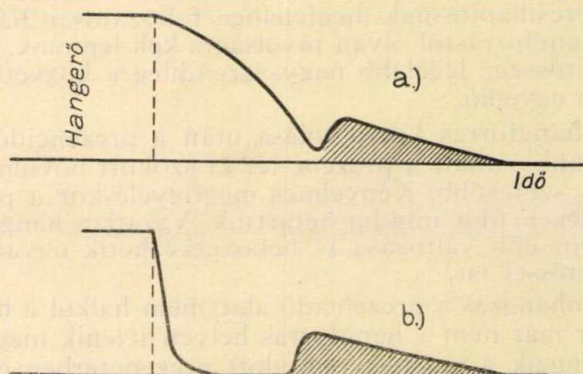
Ezeknek a kísérleteknek az elvégzésére nem kell a terem csillapítását megváltoztatnunk, elég, ha a kevéssé csillapított teremben a hangforrás erősségét úgy állítjuk be, hogy az utánhangzás a hallásküszöb eléréséig bizonyos megszabott időt vegyen igénybe.

Ha a terem különböző helyén lévő két hangforrásnak kevés közös sajátsága van, vagy ha a figyelmünket az egyik különösen leköti, akkor a prezencidő tartama alatt a másik a tudatban többé-kevésbbé háttérbe szorul. Ugyanez történik akkor is, ha egyetlen hangforrás esetén magát a hangforrást és annak utánhangzását figyeljük. Szinuszos hang elhallgatásakor az utánhangzás elnyomása többnyire nem következik be, mivel az utánhangzásnak szintén szinuszos a jellege. Ilyenkor a hangerő csökkenése a 4. ábrában bemutatott alakban folyik le. Zörej utánhangzásának ellenben egészen más hangszíne van, ezért ez elnyomódik és a zörej kikapcsolása alkalmával a hangerősség hirtelen lecsökken. Ily esetben az utánhangzást csak a prezencidő leteltével s egészen más irányból halljuk, ahogy a 4. ábrán az árnyékolt görbe vonalrész mutatja.

Sok megfigyelőnek sikerül zörejnél mindkét különböző hangerősség csökkenését észlelnie. Gyakorlással sikerül a figyelmet nagy mértékben térbelileg összpontosítani, ami által az utánhangzás mindig magától elnyomódik. Ezért a figyelem akaratlan összpontosítását úgy gyengítjük, hogy félfüllel figyelünk, vagy pedig a tartós-hangot, illetve a hosszabb ideig, 10–30 mp-ig szólaltatjuk, ami által a figyelem a rá-

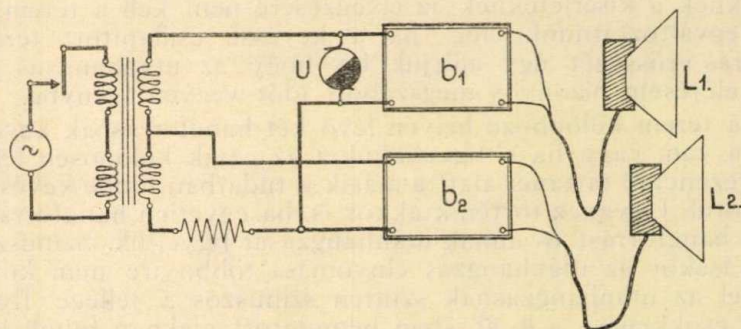
¹⁾ A próbaterem térfogata 250 m³ és a Sabin-féle utánhangzási időtartam 2,0 mp. volt.

következő hangerősség-változás iránt többnyire eléggé ellankad. Esetleg a megfigyelés alatt mozoghatunk, úgy, hogy a hangforrás folyton változó irányai és távolsági körülményei folytán a figyelem helyi rögzítése kevésbé kifejezett.



4. ábra. Hirtelen kikapcsolt zörej időleges hangerő-csökkenése utánhangzásos teremben, a hangforrásra irányított figyelem különböző erősségű összpontosításakor.

Hogy a közönséges halláskor a figyelem rögzítésével a hangforrás jelentékenyen elnyomható, mutatja a következő kísérlet:



5. ábra. Berendezés annak a bizonyítására, hogy a közönséges hallgatásnál valamely hangforrás utóhangzása a prezenctér kicsi volta miatt többnyire észrevehetően elnyomódik.

Az 5. ábrán az L_2 hangszóró művonalszekrényével hídban van oly módon, hogy az „U” kapcsoló kinyitásakor a híd ki van egyenlítve és L_2 egyáltalán nem szólal meg, hanem csak az egészen hasonló L_1 hangszóró. Ha az „U” kapcsoló zárva van, akkor csak L_2 szól. A művonalszekrény úgy van beállítva, hogy a megfigyelés helyén mind a két hangszóró egyforma erősen szól. Ha a két hangszóróra zörejáramot adunk és a forgó „U” kapcsoló fordulatszáma olyan, hogy a kapcsoló a prezencidő egyik felében nyitva, a másikban pedig zárva van, akkor a két egészen egymás mellé helyezett hangszórónál állandó hangerősségű zörejt figyelünk meg. Ha a hangszórókat egymástól 2

méterre távolítjuk és 5 méternyiről felületesen figyelünk, akkor még mindig folytonos zörejt hallunk. Ellenben, ha a figyelem erősebb megfeszítésekor csak a hangszóró egyike jut a prezenctérbe, a megfigyelt hangerősség a megszakítások ütemében ingadozik és a szünetekben csak egészen gyöngén hallatszik át a második hangszóró. Ha a két hangszóró egymásközi távolságát még inkább megnöveljük, akkor mindig a hangerősség-ingadozásokat halljuk.

Az a tény, hogy visszaverő falakkal bíró teremben nem a hangforrás valamennyi reflex-képét halljuk külön-külön, hanem magát a hangforrást, csak azzal magyarázható, hogy egy, a prezenctéren kívül levő hangforrás a prezencidő alatt vagy elnyomatik vagy a prezenc-térbe helyeződik át. Arra mindig ügyelni kell, hogy a reflex-hangkép hangerősségét nagyobb csillapítatlan kupola vagy síkfelület esetleg ne növelje nagyobbra, mint amekkora a hangforrásból közvetlenül jövő hang erőssége, különben a hangforrás érzékelt helyét a reflexhangkép helyére tesszük át. A visszaverő síkoknak egyes kisebb síkokra való felosztásával mindig elérjük azt, hogy az egyes reflex-hangképek elég gyengék és egymástól helyileg lehetőleg szétszórtak legyenek.

Egészen másokká válnak a körülmények, ha két mikrofont egymástól fül-távolságra helyezünk el és valamely torzítástól mentes közvetítő rendszeren át egyiket az egyik, másikat a másik fülünkkel hallgatjuk. Ebben az esetben a figyelem meghatározott irányra még beállítható, de a hangforrás távolságának a meghatározása már nem lehetséges, mert ez a hangerősség által már adva van, amint azt az irányhallás vizsgálatakor sikerült megállapítanunk.¹⁾

Ha egyetlen mikrofont használunk, akkor az iránymeghatározás nem lehetséges, mert valamennyi, a mikrofont érő hanghullámot mindig a prezenctér foglalja magában. Ezért tehát az egész hallásteret állandóan egyszerre fogjuk fel, az utánhangzás elnyomása nem következik be és hangforrás hirtelen kikapcsolásakor a hang mindig a tércsillapítás szerint fokozatosan hal el. Ezáltal az utánhangzás sokkal jobban érvényesül, mint a közönséges hallásnál.²⁾

4. A becsengő és elhaló hangok hallhatóságáról.³⁾

Exponenciálisan emelkedő és csökkenő hangnyomás előállítására szolgált a 6. ábrán vázolt elrendezés. Egy, az R ellenálláson keresztül töltődő és kisülő, C kondenzátoron fellépő feszültséget periodikus szaggató közbeiktatásával az R ellenállásról levesszük.

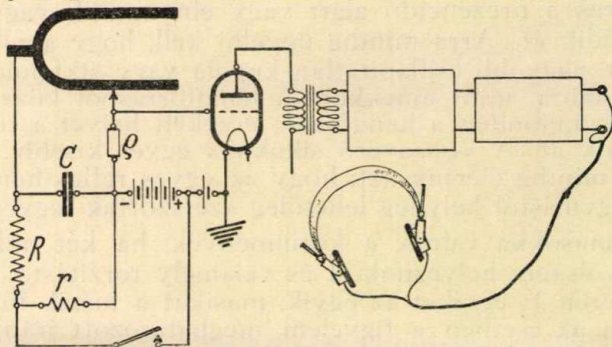
A felhangok megfelelő erősítése és szűrése után olyan tiszta hang keletkezik, amely a kondenzátor töltő feszültségének $T = 6.9 C \cdot R$ $\left(1 - \frac{R}{2\rho}\right)$ idő alatt történő kikapcsolása után eredeti amplitudójának ezredrészére süllyed, feltéve, hogy $r \ll R \gg \rho$, és hogy a megszakítónak nyitó- és záróideje egymással egyenlő. Ezt a „ T ” időt *utánhangzási időnek* nevezzük. Megszakítóul egy hangvillalámpagenerátor, vagy egy

¹⁾ Physik. Ztschr. 31. 829. 1930.

²⁾ E. Meyer. H. Geigers Handb. d. Physik. Bd. VIII. 543. 1927.

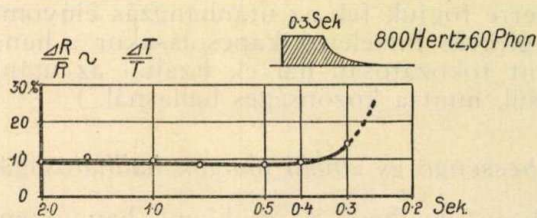
³⁾ Ann. d. Phys. 16. 844—860. 1933.

erősen felgerjesztett telefonmembrán szolgált. Ez utóbbinak rezonáló helyei a kontaktrúgó megfelelő kiválasztásával elérhető csillapításnövekedés által nagymértékben ellaposíthatók, úgy, hogy a szaggató periódus elég nagy frekvenciasávban változtatható. Az egész elrendezést egy automatikus utánhangzó-mérővel kapcsoltuk össze. Kitűnt, hogy rövid kiegyenlítési folyamatoknál mindig csillám-kondenzátort kell alkalmazni, mert különben a dielektrikus utóhatás következtében exponenciális hangnyomás-csökkenés nem lép fel. Fejhallgató gyanánt egy kondenzátor-telefonhallgatót és egy Siemens és Halske-féle elektrodinamikus fejhallgatót használtunk.



6. ábra. Lassan becsengő és elhaló hangok előállítására szolgáló kapcsolás.

Az elhalkulási idő differencia-küszöbének meghatározására automatikus kapcsoló-berendezés segítségével 0.3 mp-nyi hangimpulzusok olyan sorozatát állítottuk elő, melynek mindegyikét azonos elhalkulási

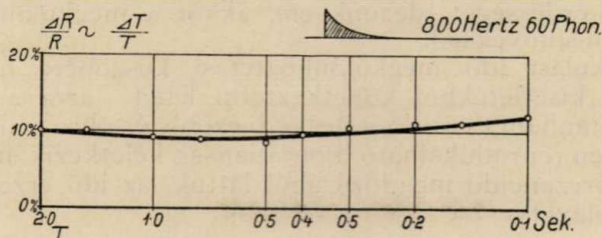


7. ábra. Az elhalkulási idő megkülönböztetési (differencia) küszöbe.

folyamat követte. Ezt a hangsorozatot egy másik, hasonló erősségű hangsorozattal hasonlítottuk össze, de ennek az elhalkulási idejét változtattuk, míg határozott különbséget állapíthattunk meg. A 6. ábrán vázolt elrendezés R ellenállásának megváltozásbeli százalékait, amelyek észrevehető különbséget adtak, 60 Phon erősségű és 800 Hz magasságú hangra nézve a 7. ábra tünteti fel. Ez a százalékos ellenállás-változás az 1. egyenlet szerint megközelítően egyenlő az elhalkulási idő változásával.

Az elhalkulási időnek legfontosabb tartományában, a 2.0—0.5 mp között, a megkülönböztetési differencia-küszöb kb. 10%, akár meghosszabbítjuk az elhalkulási időt, akár megrövidítjük.

Ha az utána következő elhalkulással együtt 0.3 mp-ig tartó hangimpulzusok helyett csak egy pillanatig tartó lökészerű elhalkulási folyamat játszódik le, akkor a megkülönböztetési differencia-küszöb



8. ábra. Pillanatnyilag fellépő elhangzási folyamatok elhangzási idejének különbségi küszöbe.

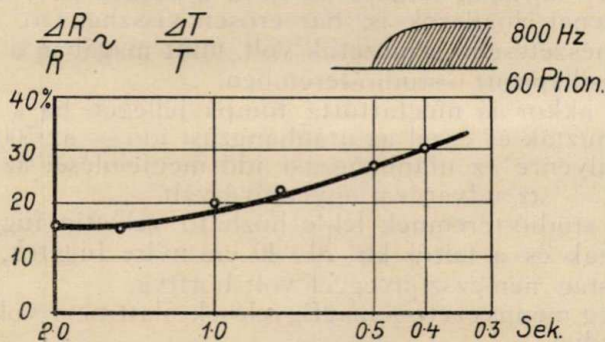
vonatkozó értékeket a 8. ábrában kapjuk meg. Látjuk, hogy a megkülönböztetési küszöb a rövid időknél nem növekszik, mert az elhalkulási idő változtatásával a hanglökés hangszínének változása is együtt jár.

A kapott értékek nem változnak, ha a hangimpulzusok között levő szünetet változtatjuk.

Ha két különböző erejű hangimpulzus becsengési idejét addig változtatjuk, míg becsengésük erősségét hasonlóknak érezzük, akkor kiderül, hogy a legtöbb megfigyelő ugyanazt a becsengési időt állítja be.

A becsengési erősségnek a hangerősségtől való függetlenségét 100–40 Phon terjedelemben valamennyi becsengési időre, egészen a fiziológiai becsengési időig, meg lehet állapítani.

A becsengési idő változásának megkülönböztetési küszöbe is független a hangerősségtől ugyanabban a hangterjedelemben. A becsengési időtől való függőségét mutatja a 9. ábra.

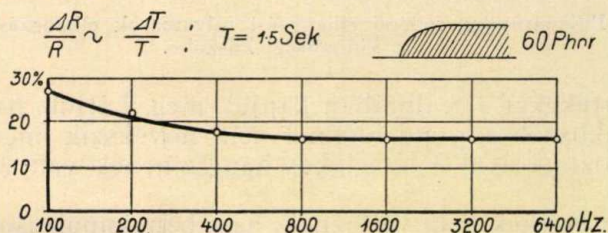


9. ábra. A becsengési folyamat megkülönböztetési küszöbének függősége a becsengési időtől.

A 10. ábra a megkülönböztetési küszöb frekvencia-függőséget mutatja $T = 1.5$ mp becsengési időre és 60 Phonra. Ha valamely hang frekvenciáját egészen alacsony frekvenciáktól kezdve növeljük, akkor a kezdeti rezgés és érdesség érzete végül is tökéletesen sima hang-

érzetbe megy át. Minthogy ennél a síma hangérintetnél a becsengési és elhalkulási folyamatok jobban követhetők, mint egy bizonyos fokú érdességnél, érthető, hogy a magas hangok megkülönböztetési küszöbe valamivel kisebb, mint a mélyeké. Ha mesterségesen, pl. lebegtetésekkel, nagyobb érdességet idézünk elő, akkor a megkülönböztetési küszöb erősen megnövekszik.

Az elhalkulási idő megkülönböztetési küszöbére nézve végzett eme előzetes kísérletekből következtetni lehet arra a pontosságra, amellyel az utánhangzási idő a legkedvezőbb értékre való beállítással legjobb esetben reprodukálható. Pontatlanság keletkezik amiatt is, hogy amint azt a prezenidő ingadozásából láttuk, az idő érzete is változósnak van alávetve.



10. ábra. A becsengési megkülönböztetési küszöb függ a hangfrekvenciától.

5. Az utánhangzási idő frekvencia függőségéről.¹⁾

További kérdés az, hogy az utánhangzási időket milyen frekvenciára állítsuk be és mérjük. Célszerűnek látszott, hogy az utánhangzási időt az egész hallható frekvenciasávra nézve megvizsgáljuk és megkeressük a hallás egész területére vonatkozó legkedvezőbb értékét. A csillapítás frekvencia-függőségének befolyása valamely terem hallhatóságára a budapesti stúdió épületében önként mutatkozott, mert az épületnek a 11. ábrában látható udvarán a beszéd is, a kivételesen itt bemutatott zenei előadások is, bár erősen visszhangzó, de jelentősen szebb és természetesebb színezetű volt, mint magában a régi függönyrendszerrel csillapított stúdió-teremben.

A terem akkor is megtartotta tompa jellegét, ha a meglévő függönyöket felhúzták és ezzel az utánhangzási idő — az 500 Hz-nyi frekvenciára, amilyenre az utánhangzási idő megjelölései az irodalomban vonatkoznak, — az udvarával egyenlővé vált.

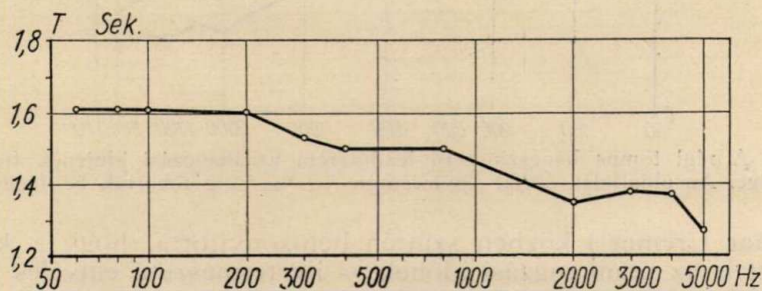
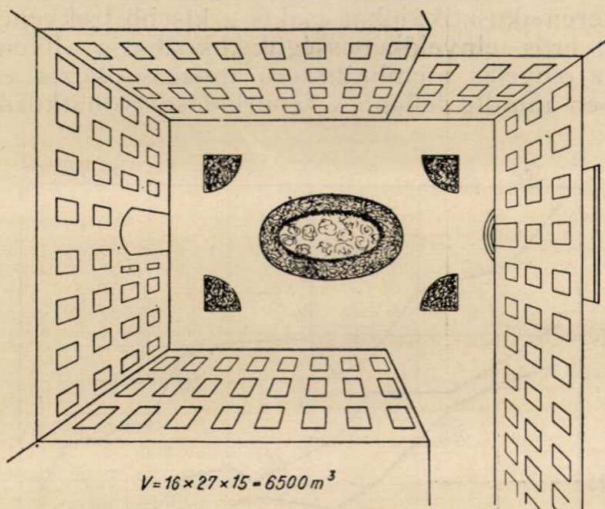
Ennek a stúdió-teremnek fel-le húzható velvetin függönyei 5 mm vastagok voltak és a faltól kb. 20–40 cm-nyire függtek, míg a padló kb. 1 cm vastag nemezzszőnyeggel volt borítva.

A helyiség mennyezete a megfigyelések alatt nem volt elnyelő szövetekkel befedve.

A helyiség utánhangzási idejét, vagyis azt az időt, ami alatt a

¹⁾ E. N. T. Bd. 11. 369—375. 1934; E. C. Wente, Amer. Arch. 1928; W. A. Mac Nair. Journ. Acous. Soc. 1, S. 242. 1930; Vern. O. Knudsen, Architectural Acoustics, New-York, 406, 1932; Rev. of modern Physik 6. Januar 1934; M. Rettinger, Journ. Acous. Soc. 6. S. 51. 1934; M. J. O. Strutt, Wien-Harms, Handb. d. Exp.-Physik, Bd. 17. 2. Teil, S. 476. 1934; E. Meyer u. L. Cremer, Ztschr. f. techn. Physik, 14. S. 500, 1933.

hangnyomás a helyiségben a hangforrás kikapcsolása után egy ezred részére csökken, automatikus¹⁾ berendezéssel mértük meg. A berendezés a hangforrás kikapcsolásával egyidejűleg órát indított meg és azt addig járatta, míg a helyiségben egy bizonyos előre megszabott hangnyomás-csökkenés állt be. Különböző hangnyomás-csökkenési értékekre a méréseket elvégezve, a helyiségben az egész hangnyomás-csökkenés pontoszerűen felvehető és abból az utánhangzási idő megállapítható volt.



11. ábra. A rádió-studió épület udvara és ennek utánhangzási ideje.

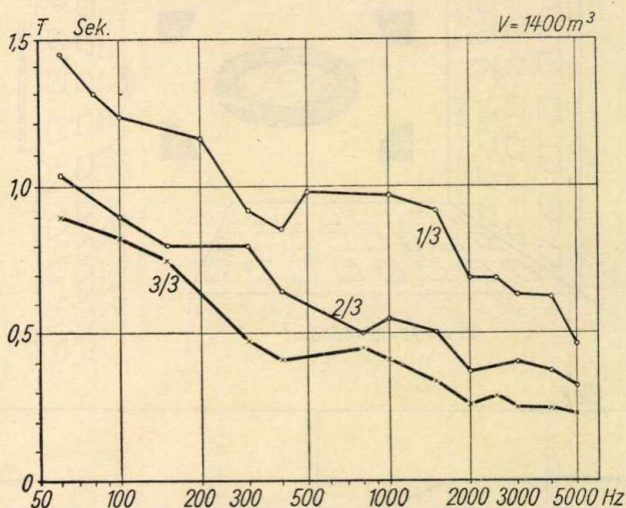
Az említett stúdió-terem utánhangzási idejének így nyert frekvencia-függőségét a 12. ábrán mutatjuk be. A durván vakolt oldalfalak $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{3}$ -a függönyökkel volt eltakarva. Látható, hogy az utánhangzási idő a frekvenciával állandóan csökken és 5000 Hz-nél kb. háromszor kisebb, mint 60 Hz-nél.

Viszont az udvar utánhangzási ideje kora reggel, teljes csendben mérve, a frekvenciának alig 25%-os változását mutatja (11. ábra). Ez várható is volt, mert hisz a falak elnyelő képességének a frekvencia

¹⁾ E. Meyer, Ztschr. f. techn. Physik 11. 252. 1930. További irodalom: M. J. O. Strutt, Wien-Harms, Handb. d. Exp.-Physik, Bd. 17. 2. Teil. 443. 1934.

növekedésével való csekély emelkedését az ablakok ellentétes frekvencia-függése kiegyenlítette, míg a szabad égboltnak semmiféle frekvencia-függése nincs.

Ismételten megfigyelték, hogy olyan sátraknak, amelyeket kiállításokon és vándorcirkuszkok használnak, gyakran feltűnően jó akusztikájuk van. Még jobb, mint amilyent faburkolatú helyiségekben alkalmilag megfigyelték. Eleinte feltételezték, hogy a fával burkolt helyiségek jó akusztikáját a fában elért nagyobb hangsebességnek valamilyen kedvező hatása okozza; a sátoranyagokról viszont köztudomású, hogy kitűnő teremakusztikájukat csakis a kisebb frekvenciákkal szemben tanúsított erős elnyelőképességük okozhatja. Ilyen természetű anyagoknál az elnyelés membránszerű mozgás okozta energiavesztés hatásaképpen mindig fellép. A faburkolásra vonatkozóan E. Meyer



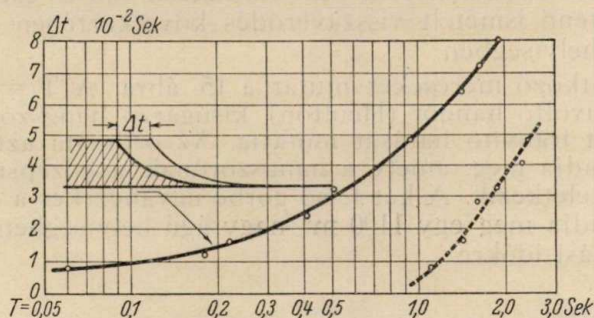
12. ábra. A régi tompa hangszínezetű leadóterem utánhangzási idejének frekvencia-függősége. Az oldalfalak síkját egymásután $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{3}$ -ig takarták be függönnyel.

és Lothar Cremer¹⁾ közben szintén bebizonyította, hogy a kedvező hatás itt is az utánhangzási időnek — ily természetű elnyelés okozta, megfelelő frekvencia-függőségével magyarázható.

Az utánhangzási idő frekvencia-függőségének jelentőségét igazolja az is, hogy pl. két, egyidejűleg szóló, 1000, illetve 400 Hz frekvenciájú és egyenként 60 Phon erősségű hang kikapcsolása már észrevehető hangszínváltozást ad, mielőtt két hangot nem egyszerre, hanem $2 \cdot 10^{-3}$ mp-nyi időkülönbséggel kapcsoljuk ki vagy be; a két hang kikapcsolásának egymásutánja közömbös. Ha mind a két hang ugyanazon T ideig hangzik, ahogy ezt a 13. ábra abszcisszája ábrázolja, az ordinátában megadott időkülönbség szükséges ahhoz, hogy az egyidejű elhangzáshoz képest hangszín elváltozást kapjunk. A pontozott görbe a becsengési folyamatra érvényes.

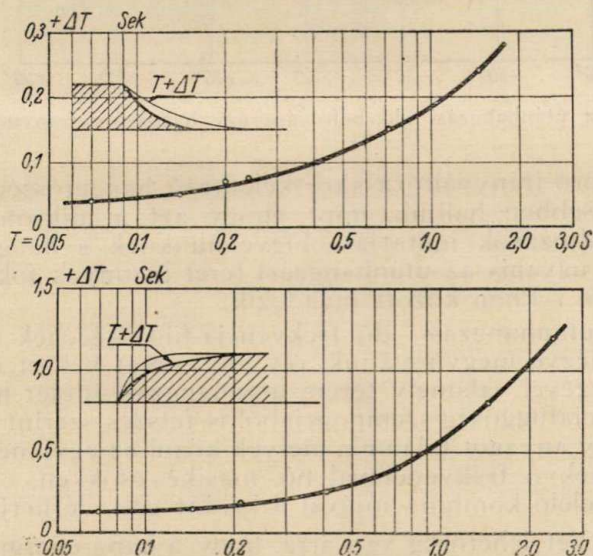
¹⁾ Erwin Meyer u. Lothar Cremer, Ztschr. f. techn. Physik 14. S. 500, 1933. E. C. Wente, Amer. Arch. (August, 20, 1928.)

A 14. ábra ordinátája mutatja, hogy a két hang egyikének T idejét mennyivel kell megváltoztatnunk ahhoz, hogy a két elhalkulási és be-



13. ábra. Ha két hang ugyanazzal a T idővel hangzik, akkor az elhangzási folyamatot Δt idővel eltolhatjuk a másikkal szemben anélkül, hogy az egyidejű elhangzáshoz képest hangszínváltozás következne be.

csengési folyamat egyidejű megkezdése mellett hangszín-különbség támadjon, ellentétben azzal az esettel, amikor mind a két hangnak azonos becsengési és elhalkulási ideje volt. A nyert kiegyenlítési időválto-



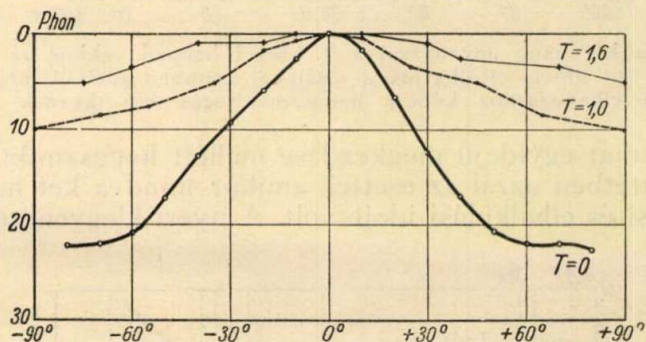
14. ábra. Két egyenlő fajú becsengési és elhalkulási hangnál hangszín különbség keletkezik, ha az egyik hang becsengési vagy elhalkulási idejét T -vel növeljük.

zások nagyobbak, mint azok, amelyek szükségesek ahhoz, hogy a kiegyenlítési folyamat változását egyetlen hangnál érzékeljük.¹⁾ Az előbbi megkülönböztetési küszöb ugyanis hangszínváltozásra érvényes, míg az utóbbi inkább időérzékelésnek felel meg.

¹⁾ Ann. d. Phys. (5) 16. 851. és 853. 1933.

A nagyobb frekvenciákra vonatkozóan gyakran alkalmazott túlzottan erős tércsillapítás azért sem kedvező, mert sok hangszernek, különösen a magas hangokra erős irányító hatása van és ezért az energia a falakon történő ismételt visszaverődés következtében egyenlőtlenül oszlik meg a helyiségben.

Erre vonatkozó méréseket mutat a 15. ábra. A $T = 0$ görbe egy 2000 Hz-nyi üvöltő hangot (Heulton) kisugárzó hangszórónak a szabadban felvett irányító hatását mutatja. Az ordináta azt a hangnyomás-változást adja meg, amely a hangszórónak a közepsíkből való elfordításakor keletkezik. A két felső görbe ugyanezeket a hangnyomás-változásokat adja meg egy 1100 m^3 nagyságú helyiségben és a megjelölt utánhangzási időkre.



15. ábra. Az utánhangzási idő befolyása egy hangszóró irányító hatására.

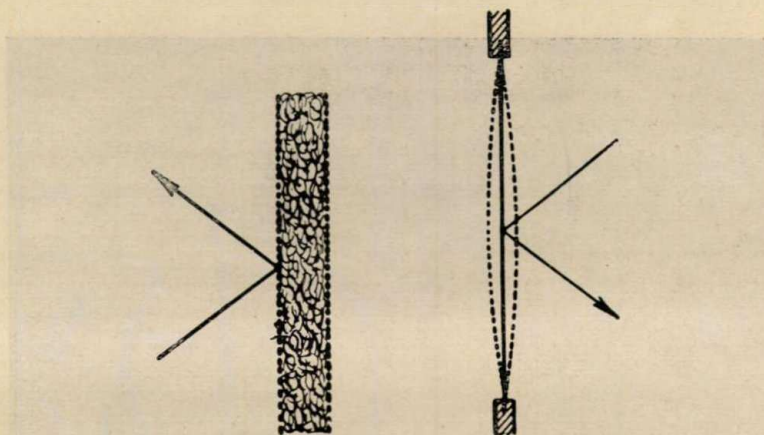
A hangszóró irányváltásakor keletkező hangerősségváltozásokat többnyire erősebben halljuk, mint ahogy azt a mikrofonnal felvett hangnyomás-változások mutatják. Figyelmünknek a hangszóróra való koncentrálása ugyanis az utánhangzási teret bizonyos fokig elnyomja. Az eltérés 2 és 7 Phon között ingadozik.

Hogy az utánhangzási idő frekvencia-függőségének befolyását a tér jóságára nézve megvizsgáljuk, oly anyagokat kellett előállítanunk, melyek segítségével valamely terem utánhangzási idejét nagyságrendileg és frekvenciafüggőség szempontjából is tetszés szerint változtathatjuk. Ha két oly anyagot találunk, melyek közül az egyiknek az elnyelő-képessége növekvő frekvenciával nő, másiké csökken, úgy ezek az anyagok megfelelő kombinációjával a kívánt célt elérhetjük.

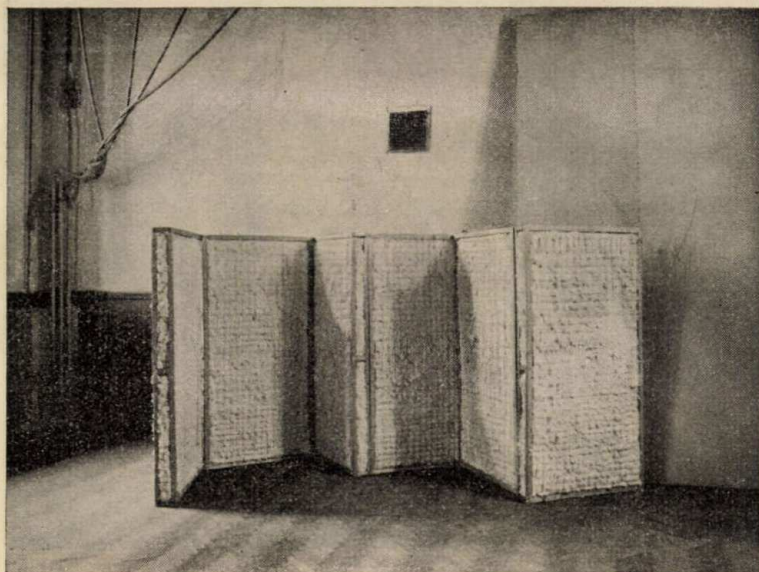
Általában két lehetőség van arra, hogy a hang energiája elenyésztesse. Az egyik az, hogy a levegőrezgések likacsos testhez érkeznek és ennek hajszálcsovein surlódva, az energia átváltozik hővé; a másik pedig az, hogy a légrezgések rugalmas lemeznek adódnak át és ennek rezgései emésztik el az energiát. A 16. ábra mindkét esetet szemlélteti.

Az első esetben az energia-szükséglet a légrezgések frekvenciájával általában növekszik és így az elnyelőképesség is emelkedik. A második esetben nagyobb frekvenciánál a rugalmas lemeznek membrántehetetlensége miatt rezgései kisebbek és így növekvő frekvenciával az elnyelőképesség csökken.

Az első mód szerint elnyelő és ily kísérletekhez alkalmas anyagok: vatta, nemez, velvetin, stb. Kísérleteinkhez 15 cm vastag, keretbe erősített és drótháló közé fogott vattaréteget használtunk.



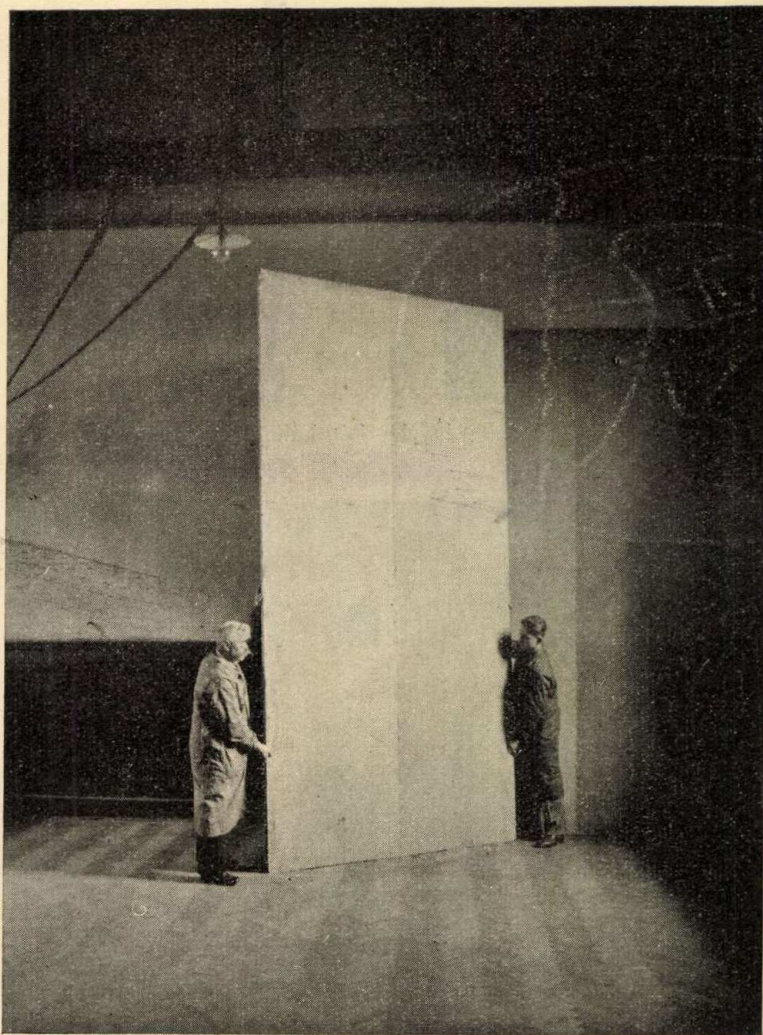
16. ábra. A hangelnyelés két különböző módja.



17. ábra. A magas hangok csillapítására használt vattakeretek.

A gyakorlati kivitel a 17. ábra mutatja. A kereteket cikk-cakk-vonalban a fal mellé állítottuk, hogy így az egészen mély hangokra is kis csillapítást kapjunk. A vattakeretek és maga a vatta is tűz ellen megfelelően impregnálva voltak és nagy mennyiségben álltak rendelkezésre; könnyűek, könnyen szállíthatók.

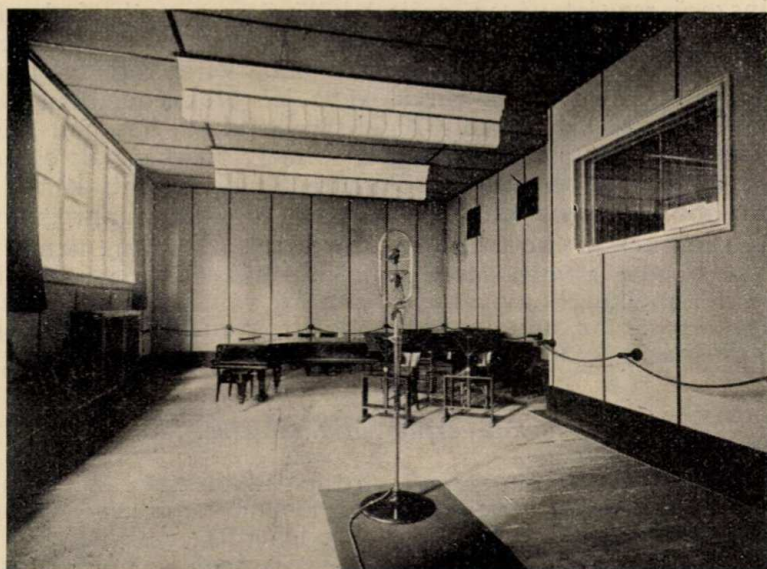
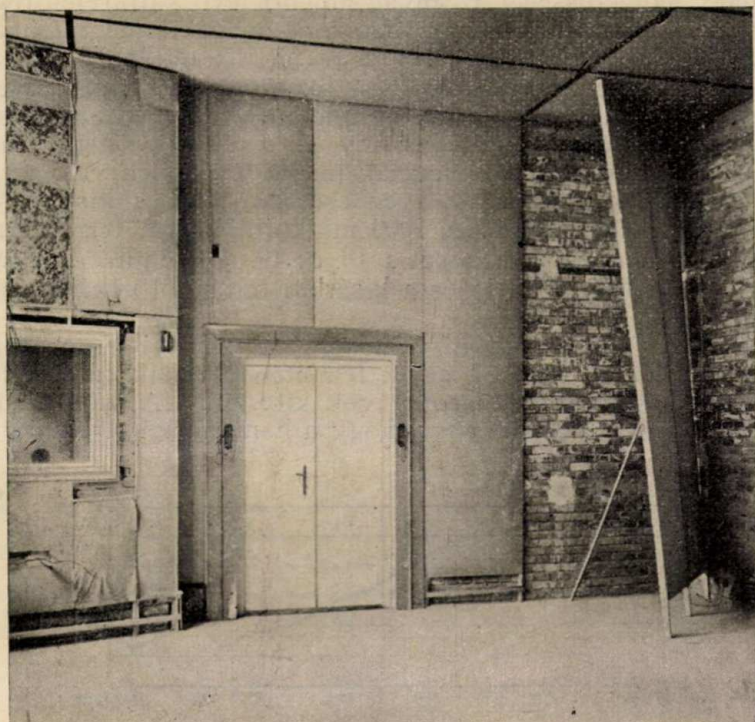
A hangelnyelő anyagok másik csoportjához tartozik az ablaküveg és a falemezes falburkolat. Az előzetes kísérletek azt mutatták, hogy a helyiségek felfelületei nem elegendők olyan csillapítás létesítésére, amit sok megfigyelőnek egyhangú véleménye *nagymértékűnek* jelölt volna



18. ábra. Elrendezés mély hangok csillapítására.

meg. Olyan elnyelő anyagot kellett tehát előállítani, amely az elnyelő felületek mindkét fajtáját egyetlen területre egyesíti, vagyis, hogy két típusú elnyelést lehetőleg kis felületen egyesítsünk.

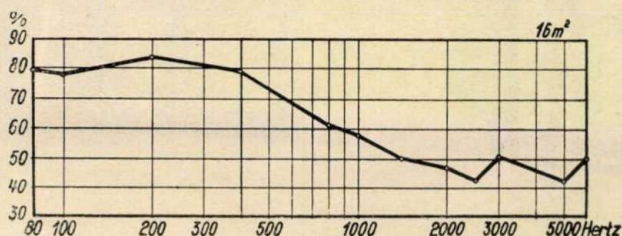
E célra 4 cm vastag vattaréteget használtunk és erre szövetet feszítettünk. Ha a szövet tökéletesen tömött, megfelelően keményített és símára van vasalva, akkor rezgési membrán rezgéseinek felelnek



19. ábra a) és b) Az alkalmazott szövetlemezek a végleges szerelés közben és a kész tér.

meg, a nagy hangerősséget az anyag mögött lévő vattaréteg fékezi. Ha azonban az anyag likacsosságát bizonyos mértékig megtartjuk, akkor a sűrűlódás a hajszálcsövekben érvényre jut. Ily módon a fent említett kétféle elv szerint történő elnyelés bizonyos mértékig egyesíthető. Hogy erről a kísérleti anyagnál a kétféle elnyelési mód érvényesítésére nézve melyik a legkedvezőbb viszony, az a tér nagyságától függ. Nagyobb teremben a nagy frekvenciák már a levegőben való terjedésük közben erősen csillapodnak. Ilyen esetben tehát a kis frekvenciák hangelnyelését kell fokozni. A 2000 m^3 körüli terem térfogatra készített kombinált elnyelő lemezeket a 18. és 19. ábra mutatja. Ezeket két ember könnyen hordozhatja és a kísérleti teremből néhány perc alatt eltávolíthatja.

A lemezek $2 \times 4\text{ m}$ méretű, középen, hosszirányban merevített fa-keretből állottak. A keretek egyik felületén drótháló, másik felületén megfelelően keményített lenszövet volt kifeszítve. A szövet súlya m^2 -ként 350 g s úgy van kikészítve, hogy a hanghullámok odaütődésekor



20. ábra. Az elnyelőképesség frekvenciafüggősége szövet-vatta kombinációra.

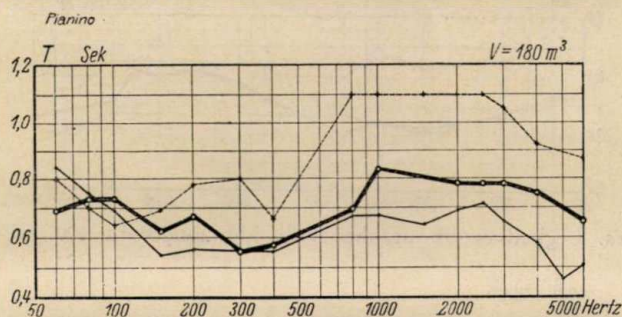
membránszerű rezgést végez, ezáltal különösen a mély frekvenciákat elnyeli. Hogy rezonancia-helyek ne keletkezzenek, a drótháló és a sátoranyag közötti teret 4 cm vastag laza pamutvatta réteggel tömték ki (ennek súlya 1.3 kg/m^2). Az elnyelőképesség frekvenciafüggőségét, az utánhangzási eljárással mérve a 20. ábrán látjuk. A használt szövet kikészítésének megfelelő módosításával a nagy frekvenciák elnyelése a mély hangokéhoz képest még csökkenthető, de a fenti kivitel a leg-gazdaságosabbnak bizonyult. Az anyagok tűz ellen impregnálva voltak. Ha az így készült kereteket megfordítjuk és a hang nem a szövet felületéhez, hanem a vattaréteghez ütődik, akkor a magasabb hangok elnyelése nő, anélkül, hogy a mély hangoké változnék. A lemezek fordítgatásával tehát az utánhangzási idő frekvenciafüggőségének megfelelő módosítását kezünkben tarthatjuk.

6. A legkedvezőbb utánhangzási idő.

A legkedvezőbb utánhangzási idő megállapítására W. Sabin és S. Lifschitz¹⁾ kísérleteihez hasonlóan, egymásután több-kevesebb elnyelő anyagot hoztunk a helyiségbe és ezeket lehetőleg egyenletesen osztottuk el a mennyezeten és a falakon. A szövetlemezekből több száz m^2

¹⁾ S. Lifschitz, Phys. Rev. 25. 391. 1926; 27. 618. 1926; Journ. acoust. Soc of America, 4. 112. 1932.

állott rendelkezésünkre, azonkívül voltak olyan fakeretek is, amelyek a két drótháló között csak yattával megtöltve, a faltól bizonyos távolságra voltak felállítva; ezeknek a frekvenciával emelkedő elnyelőképességük volt. Vékony bársony anyagunk is volt, amely majdnem kizárólag csak az 1000 Hz-en felüli frekvenciákat csillapította, ha közvetlenül a falra vagy a padlózatra borítottuk. E segédeszközökkel utánhangzás szempontjából gyors egymásutánban a legszélsőségesebb viszonyokat állíthattuk be és azokat frekvenciafüggőség szempontjából is tetszés szerint változtathattuk. Megfigyelőként a zenepedagógusok, hangversenylátogatók, néhány jeles művész és a zeneakadémia tanárai, továbbá a rádió szakemberei vettek részt a kísérleteken. Az egyéni befolyásolás elkerülésére minden egyes megfigyelő külön-külön állította be a legjobb utánhangzási időt. Először egy nem teljesen csillapított teret mutattunk be, utána egy túlságosan csillapítottat, hogy a kísérletezők a megfigyelendő jelenségeket megismerjék és azok érzékelését megszokják. Azután lépésről-lépésre, felváltva, egy-egy túlságosan



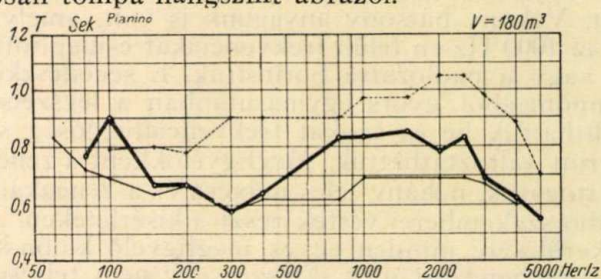
21. ábra. A legkedvezőbb utánhangzási idő pianinóra 180 m³ térben. Zenekedvelő megállapítása.

hangzó térből túlságosan csillapított térbe átmenve, igyekeztünk azt az utánhangzási időt beállítani, amely sem nem nagyon hangzó, sem pedig nagyon tompa, vagyis, amit a megfigyelők a legkedvezőbbnek minősítettek. Feltétlenül szükségesnek látszott a legjobb értéket ug-rásszerűen mindkét oldalról megközelíteni, mert csak így kaphattunk rögzíthető értékeket. A legkedvezőbb frekvenciafüggőséget is ugyanily eljárással állítottuk be: a túlságosan éles hangszínt túlságosan tompa hangszínnel váltakoztatva, mindaddig, míg a legkedvezőbb frekvenciafüggőséget kellő közelítéssel be nem határolták. A különböző megfigyelők beállításai között nagyobb eltérések nem voltak. Az elismert zeneszakértők csak abban különböztek a nem szakértőktől, hogy az előbbieik adatai sokkal határozottabbak voltak.

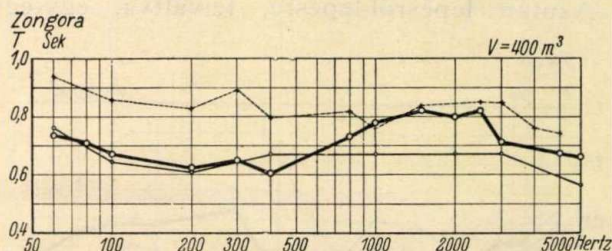
A 21. és 22. ábra vastagon kihúzott görbéje egy zeneszakértő és egy zenekedvelő által pianinóra meghatározott legkedvezőbb utánhangzási időket mutatja 180 m³ nagyságú teremben.

A pontozott görbe olyan beállítást ábrázol, melyet túlságosan utánhangzónak és egyúttal túlságosan élesnek jelöltek meg, a vékonyan kihúzott görbe pedig túlságosan tompa és egyúttal túlságosan rövid beállításnak felel meg.

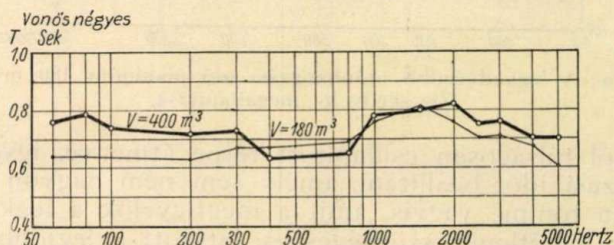
A 23. ábra mutatja az értékeket zongorára 400 m^3 nagyságú teremben, a beállításokat egy neves karmesterünk végezte; a két vékony görbe túlságosan tompa hangszínt ábrázol.



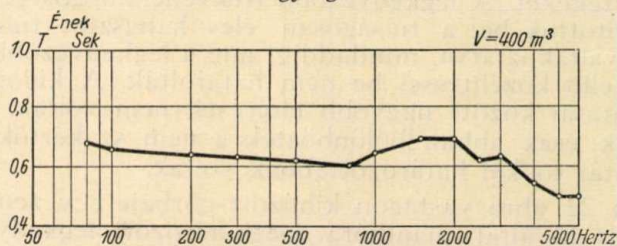
22. ábra. Legkedvezőbb utánhangzási idő pianinóra 180 m^3 térben. Zeneszakértő megállapítása.



23. ábra. Legkedvezőbb utánhangzási idő zongorára 400 m^3 térben.



24. ábra. Legkedvezőbb utánhangzási idő egy vonós négyesre két különböző nagyságú térben.



25. ábra. Legkedvezőbb utánhangzási idő énekre.

A 24. és 25. ábra a legkedvezőbb utánhangzási időt és a frekvenciafüggőséget mutatja vonós négyesre és énekre. A felvételtkor ú. n. nehéz zenét adtak elő.

Kisebb termekben, amelyekben a hangforrás és a hallgató közötti távolság nem nagy, a játékos és a távolabbi hallgató egymástól ilyig eltérő legkedvezőbb utánhangzási időt állít be, de nagyobb termekben, ahol a hangerősség a távoli megfigyelőnél többnyire kisebb, mint a játékosnál, az előbbi nagyobb utánhangzási időt kíván.

Lélektanilag teljesen helyes megfigyelések nyérése céljából okvetlenül szükséges, hogy a megfigyelő a megfigyelendő jelenséget jól ismerje és minden mellékes jelenségtől függetlenítse magát. A legkedvezőbb utánhangzási idő lehető pontos meghatározásához legcélszerűbb, ha a termet túlzottan erős csillapításról igen nagy utánhangzásra és megfordítva, többször egymásután ugrásszerűen állítjuk be.

2000 m³ térnél ez már sok segéderőt és időt igényel. Különösen a túlzottan erős csillapítás pontos beállítása a nagy csillapító anyagszükséglet miatt nehézséget okoz. Ez mérsékelhető azáltal, hogy a többi elkülönített helyiségekben lévő elnyelő anyagokat összehordjuk e célra a nagy kísérleti helyiségbe. Ha a szélső eseteket nem eléggé határozottan mutatjuk be a megfigyelőnek és nem a két szélsőséges jelenség felől behatárolólag közeledünk a keresett optimumhoz, hanem a két utánhangzási időt az egyik szélsőségtől kiindulva fokozatosan változtatjuk, akkor legtöbbször nehezen elfogadható eredményeket kapunk és a legkedvezőbb értéket a megfigyelő igen gyakran átugorja.

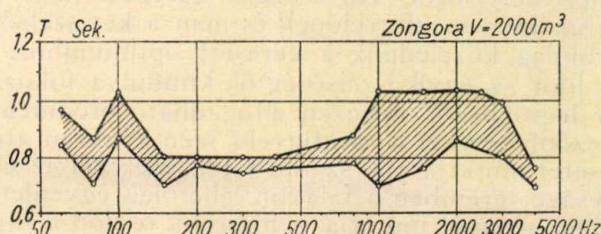
Ezt az esetet mutatja a 3. számú tábla, melynél az első oszlop egy 2000 m³ nagyságú teremben a falakon lehetőleg egyenletesen elosztott elnyelő egységek számát mutatja, a második oszlop a rájuk vonatkozó véleményeket tartalmazza *szó szerint*.

3. TÁBLÁZAT.

Az elnyelő egységek száma	Vonatkozó vélemények
1.	nem használható, igen erősen utánhangzik.
9.	valamivel jobb.
12.	még mindig túlerősen hangzó.
14.	jónak kezd mutatkozni, csak tovább kell csillapítani.
21.	most már majdnem jó, talán egy keveset még csillapítani.
24.	jó.
28.	igen erősen van csillapítva, nem használható.
24.	jobb, mint előbb.
20.	még jobb, mint előbb.
16.	még mindig egy kissé erősen van csillapítva.
14.	igen gyors futamoknál elkezd összefolyni.
10.	nagyon utánhangzó.
13.	még mindig utánhangzó.
16.	ez pedig már túlerősen van csillapítva.
14.	jó.
11.	ez is jó, de mégis kissé túlhangzó.
13.	még egy keveset kell csillapítani.
15.	jó.
14.	ez kb. a legjobb beállítás, mert a legkülönbözőbb játéksébségnél is kellemes.

A csillapító egységek mindig úgy voltak beállítva, hogy változtatásukkal csak az utánhangzási idő változott anélkül, hogy annak — megfelelő beállítással már biztosított — frekvenciafüggetlensége veszendőbe ment volna. Előzően végzett rendszeres kísérletsorozatok ugyanis azt mutatták, hogy a legkedvezőbb hangszínezetet úgy kaphatjuk, ha az elnyelő anyagok megfelelő kombinációjával az utánhangzási időt a frekvenciától függetlenítjük. A kísérleti tér 2000 m^3 volt és a mennyezet bizonyos fokig már csillapított volt. A zongorán Dohnányi játszott, ki mint megfigyelő és előadó, a kísérleteken több ízben is részt vett és az észlelendő jelenségeket jól ismerte.

A harmadik táblázatban feltüntetett hasonló kísérletsorozatok azt mutatták, hogy 10 csillapító egységgel a tér igen erősen utánhangzó volt, 28 egységnél pedig már nem volt egyáltalán utánzöngés, úgy, hogy a játék megerősített volt. Ennek a két szélső értéknek megfelelő utánhangzási időket a 26. ábrán láthatjuk; ezeknek középértéke adja



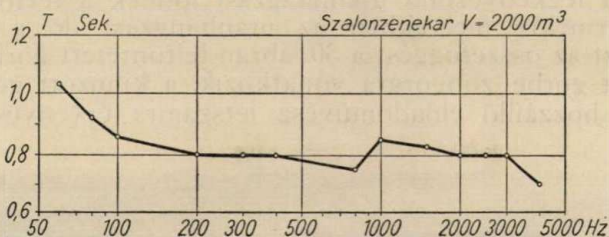
26. ábra. Utánhangzási idő görbéje a legkedvezőbb frekvenciafüggőségnél, mindkét beállításban.

a legkedvezőbb utánhangzási időt. Az utánhangzási idő beállításának pontossága 0.2 mp. A legtöbb gyakorlott megfigyelő ennél még jóval kisebb utánhangzási időváltozást is elég biztonsággal meg tud állapítani, még akkor is, ha fekete szemüveget vesz fel. Ennek az a magyarázata, hogy nagyobb helyiségben a hangvisszaverődés változásait igen jól észlelhetjük, ha a változások helyét ismerjük. Ha azonban gondoskodunk arról, hogy a megfigyelő ne tudja, hogy a változás a tér melyik részén történik, vagyis a változtatást több helyen egyidejűleg idézzük elő, akkor ezek a finomságok nem észlelhetők. Ez azt mutatja, hogy nagyobb térben az utánhangzási idő mellett a közvetlen hangvisszaverődés is szerepet játszik. Ezért elméleti kísérleteknél célszerű, ha az elnyelő anyagokat a rendelkezésre álló térben lehetőleg egyenletesen osztjuk el és nem kísérletezünk olyan teremben, melynek hosszúsága több, mint kétszerese a szélességének. Ilyen térben ugyanis, ha nagyobb a csillapítás, a hanghullámok nem eléggé keverednek.

Egy zongorával és harmóniummal felszerelt 11 tagból álló zenekarra, a tervszerű határolással nyert legkedvezőbb frekvenciafüggőséget és utánhangzási időt a 27. ábrán láthatjuk.

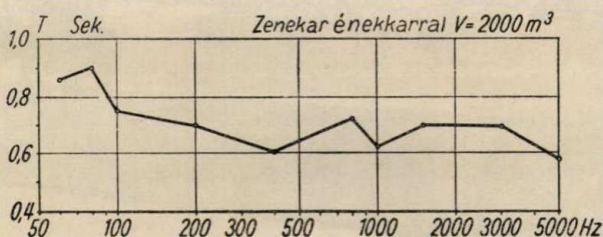
A 26. ábra ugyanezen értékeket egy összesen 40 tagból álló karra (zenekar és énekar együtt) tünteti fel. A nyert beállítások teljesen egyeznek egy fél évvel előbb más zenekarral és más megfigyelőkkel végzett beállításokkal.

A 29. ábrán látható a 2000 m³-es kísérleti terem, a falakon elhelyezett szövetlemezekkel, szünet közben. A szünetben az utánhangzási időt mértük meg, mely mérés közben az egész zene- és énekkar teljes csendben, mozdulatlanul maradt.



27. ábra. A legkedvezőbb utánhangzási idő nagysága és frekvenciafüggősége kis zenekarra vonatkozólag

Azok a kísérletek, melyeket abból a célból végeztünk, hogy a legkedvezőbb utánhangzási időnek az előadott zeneművek fajától való függőségét kimutassuk, azt eredményezték, hogy a zeneirodalom két szélsősége, a Wagner- és Mozart-zene között sem volt különbség kimutatható, amennyiben a Tannhäuser-induló és a Figaró házassága nyitánya megfelelő határolás után ugyanazt az utánhangzási időt kívánta, ha a zenekar nagysága ugyanaz maradt.

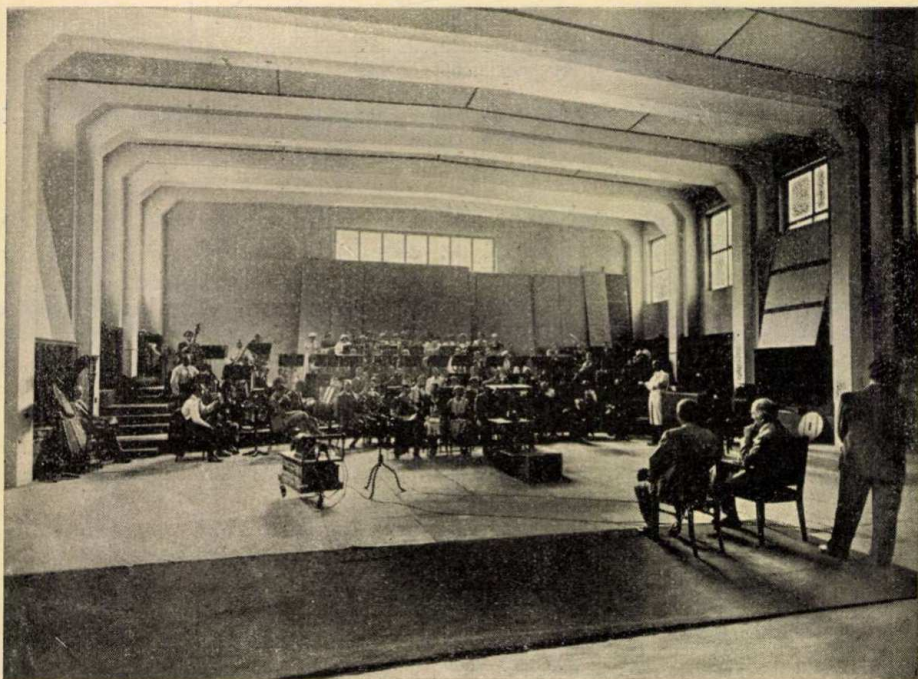


28. ábra. Ugyanaz, mint a 27. sz. ábra, de normális zenekarra.

A kísérletek eredménye szerint egy élénk Mozart-darab legkedvezőbb utánhangzási idejének megállapítása közben úgy érezzük, hogy frekvenciától független térben a hangkép a hangforrástól mintegy különválik, különösen a magas hangok a levegőben szinte röpködnek. Ez a jelenség, mely a templomi zenében is ismeretes, különösen gyors ütemű daraboknál szépnek mondható, mivel a „forte” és „piano” közötti ellentétet kidomborítja. Ugy látszik, mintha az utánhangzási idő meghosszabbítása ezt az ellentétet csak igen kevésbé növelné, úgy, hogy a „forte” helyeken az előadás hatásossága alig nyer valamit, ellenben elvész a zene finomsága. Ugy látszik, Wagner is, darabjaiban emiatt az erő fölébe helyezte a finomságot.

7. Térfogat és legkedvezőbb utánhangzási idő.

Ha a 100, 200, 500, 1000 és 2000 Hz-nél mért utánhangzási idők középértékét képezzük és a 180, 400 és 2000 m³ nagyságú teremre legkedvezőbb beállítással kapott értékek függvényében tüntetjük fel, akkor megkapjuk a legkedvezőbb utánhangzási időnek a tértől való függőségét oly termekre, melyekben az utánhangzási idő a frekvenciától független. Ezt az összefüggést a 30. ábrán feltüntetett görbék mutatják. A szaggatott görbe zongorára vonatkozik, a kihúzott görbe a terem nagyságához hozzáálló előadóművész létszáma érvényes, azaz piano

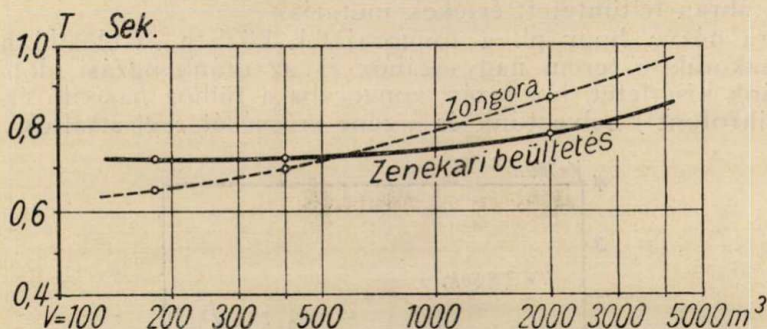


29. ábra. 2000^s kísérleti terem a szünet alatt, mely utóbbi a beállított utánhangzási idő mérésére szolgált.

és egy énekes 180 m³-re, zongora, vonósnégyes és énekes 400 m³-re, szalonzenekar vagy 25 tagnál kisebb zenekar 2000 m³-re.

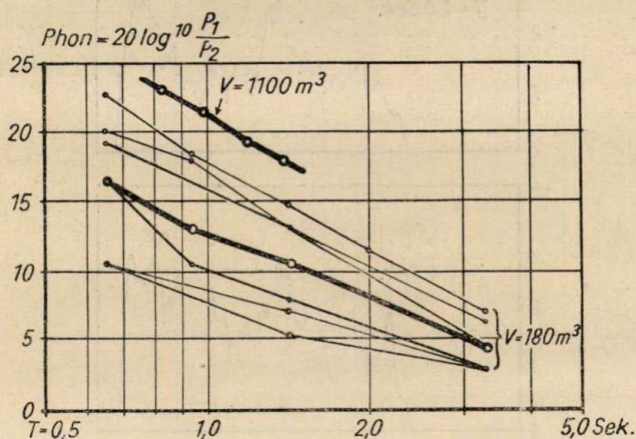
Mivel zongoránál a tér növekedésével a legkedvezőbb utánhangzási idő is nő, kísérletet végeztünk arra nézve is, hogy a térnövekedéssel beálló hangenergiacsökkenést miképpen lehetne az utánhangzási idő meghosszabbításával pótolni. E célból 180 m³-es terem részére négy különböző és könnyen kicserélhető falburkolatot készítettünk, ezek 60—4000 Hz frekvencia körzetben a térnek majdnem frekvenciától független utánhangzási időt biztosítottak 3.3 : 1, 4 : 0.95 és 0.65 mp középértékkel. Egy — utánhangzástól mentes — hanglemez mindig ugyanazt a zongoraszólót játszotta (Liszt: Gnómkok tánca). Az áramerőséget a hangszóró rezgő tekercsében úgy állítottuk be, hogy a tér meg-

adott utánhangzási idejéhez képest a zene a legszebben hangozzék. Az áramerősség változásait hanglemezről játszott szinuszos hanggal mértük.



30. ábra. Az optimális frekvenciafüggetlen utánhangzási időnek függése a terem nagyságától.

A 31. ábra szerint hat különböző megfigyelőre vonatkozó középérték 12 Phon hangerősség-csökkenést tesz célszerűvé, ha a terem utánhangzási ideje 0.65-ről 3.3 mp-re növekszik.

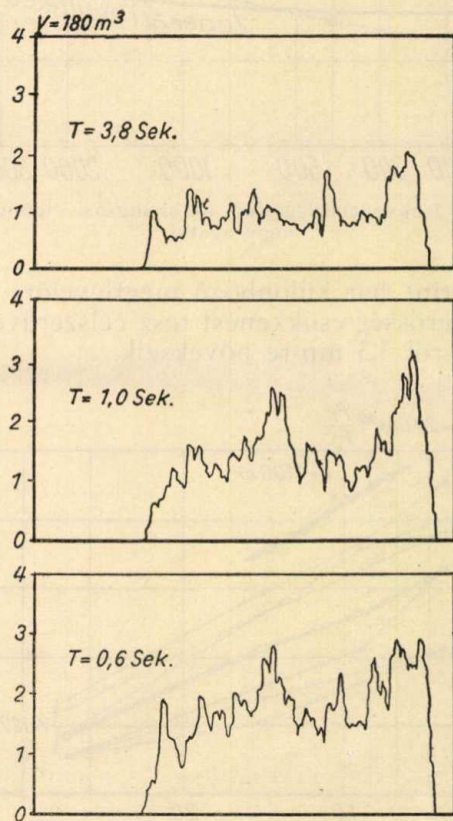


31. ábra. Adott hangerősség csökkenésnek megfelelő legkedvezőbb utánhangzási idő-növekedés, mellyel nagyobb térben a gyenge hangerősséget bizonyos fokig pótolni lehet.

Ezek a kísérletek, melyeket ellenőrzésképpen úgy is elvégeztünk, hogy adott hangerősséghez a legkedvezőbb utánhangzási időt állítottuk be, világosan mutatják, hogy a legkedvezőbb hallás 0.7 mp utánhangzási időnél volt, továbbá azt is, hogy a hiányzó hangerősségnek az utánhangzási idő meghosszabbításával való pótlása nem egyenlő értékű azzal a hatással, ami a legkedvezőbb utánhangzási idő beállítása esetén elérhető. Ebből következik, hogy valamely teremre nézve tulajdonképpen a legkedvezőbb utánhangzási idő és a legkedvezőbb

hangerősség egyidejűleg adva van.¹⁾ 1100 m³ nagyságú teremben ismételtek kísérletek szerint adott %-os hangerősség-csökkenésnek ugyanilyen %-os utánhangzási időhosszabbítás felel meg, amint azt az említett 31. ábrán feltüntetett értékek mutatják.

Arra nézve, hogy pl. a zongorajáték közben az előadó miképpen alkalmazkodik a terem nagyságához és az utánhangzási időhöz, úgy végeztünk kísérletet, hogy zárt zongorába a fülhöz hasonló érzékenyséű mikrofont²⁾ helyeztünk és a zene erősségét regisztráltuk. Miután



32. ábra. A zeneerősség változása a tér utánhangzási idejével zongorára és könnyű valzer motívumra.

előzetes kísérletek alapján megállapítottuk, hogy a zongorán kívüli hangmező az író műszerre nem hat zavarólag, 180 m³-es térben a frekvenciafüggetlen utánhangzási időt 3.8 : 1.0 és 0.6 mp-re állítottuk be.

Igen finom hallású zenésznek egy egészen könnyű és jól begyakorlott keringő-motívumra vonatkozó regisztráló szalagját a 32. ábrán látjuk. A görbék világosan mutatják, hogy a tér növekvő csillapításá-

¹⁾ K. Schuster und E. Waetzmann, Ann. d. Physik, 5. Folge 1, 671, 1929.

²⁾ H. Gerdien, H. Paul und F. Trendelenburg, Ztschr. f. techn. Physik 10, 374, 1929.

val ugyanazon motívum zeneerőssége növekedett és pedig igen jól szemléltető módon.

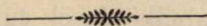
Ellenben bebizonyult az is, hogy a tér nagyságával általában, legalább 180 m^3 — 2000 m^3 közt nem változott a játék erőssége, feltéve, hogy közben a tér a legkedvezőbb utánhangzási időre van beállítva. Zeneerősségváltozás legtöbbször már csak azért sem következik be, mert az ember az ujjain is érzi, ha nem a szokott erővel játszik, eltekintve attól, hogy több zeneeszköznél a hangerősség változásával hangszinváltozás is együtt jár.

Egyben megemlítjük, hogy 180 m^3 -nél kisebb térben a játékerősség és az utánhangzási idő közötti összefüggés regisztrálása igen értékes eszközt ad a valódi művésznak az átlagos hivatásos zenésztől való megkülönböztetésére. Igazi művésznél mégannyi ismétlés esetén is, az utánhangzási idő minden változását megfelelő zeneerősségváltozás kíséri, tekintet nélkül arra, hogy könnyű vagy nehéz darabot játszik. A kevésbé tehetséges zenész ellenben, akit a nehéz darab játéktechnikája annyira igénybe vesz, hogy az utánhangzási idő által kiadódó finomságokra nem ügyelhet, tehát mindig állandó erősséggel játszik. Olyan előadók, kik az utánhangzási időváltozásokra még a könnyű motívumoknál sem reagálnak, alkalmatlanok a legkedvezőbb utánhangzási idő beállítására, mert a szükséges megfigyelőképességük hiányzik.

Ha a legkedvezőbb utánhangzási időre beállított három: 180, 400 és 2000 m^3 -es teremben a hallás változását a tér növekedésének függvényében megfigyeljük, megállapíthatjuk, hogy a 30. számú ábrán levő görbék legfeljebb 5000 m^3 -ig érvényesek, mert már 2000 m^3 -nél is a legjobb utánhangzási idő a hangforrás közvetlen közelében más, mint attól nagyobb távolságra. Azonkívül növekszik az elnyelő anyagok elosztási módjának befolyása a térben való hallásra. Ilyen nagyobb teremben erősebb csillapítás esetén az utánhangzási idő már nem egyedül döntő a tér megfelelő voltának megállapítására és az jelentőségében is sokat veszít.

Azonkívül az is lehetséges, hogy nagy teremben, ahol az énekesek és hangszerek energiája már nem elegendő, az utánhangzási idő frekvencia-függetlensége sem a legkedvezőbb. Tudvalevőleg ugyanis a hangerősség gyöngítésénél a hangszin jobb marad, hogyha a mély frekvenciák kevésbé gyöngítettnek, mint a magasak. Itt valószínűleg a közvetlen hangsugár nyer jelentőségében.

Végül kedves kötelességemnek tartom megemlékezni a m. kir. posta kísérleti állomás személyzetéről, melynek úgyszólván minden tagja— ennek az évekig tartó, számos apró részletre kiterjedő kísérleteknek eredményes keresztülviteléhez — hozzájárult. Különös köszönettel tartozom Dohnányi Ernő, dr. Marschalkó Béla műszaki igazgató, Tomcsányi István műszaki tanácsos, Kováts Zoltán főmérnök és Tomcsányi Béla uraknak, akik a sokszor igen hosszadalmas kísérletsorozatokban értékes közreműködéseikkel, észleleteikkel és tanácsaikkal mindig készségesen támogattak.



Egy érdekes kábelbővítési terv szerelésének kivitele.

Irta: SOÓS ZOLTÁN m. kir. posta s. mérnök.

Réalisation d'un projet intéressant relatif au développement d'un réseau de câble souterrain.

Par M. Zoltán Soós, aide-ingénieur des Postes Royales de Hongrie.

Résumé: L'auteur décrit l'exécution du montage d'un projet entier d'un réseau de câble souterrain. Il traite surtout la principes qui doivent être pris en considération par l'ingénieur conduisant les travaux. Le projet est choisi d'une manière qu'il nous montre toutes les façons de montage qui puissent se présenter aux câbles en service ainsi qu'aux câbles non exploités.

(Befejező közlemény.)

A terv szerint az új B 208×2 kábel a „j”, „i” és „h” végelzárákon csak 156 érpárat ad le, mégis a 208×2 kábelt 9.-ig elhoztuk a későbbi bővítésekre való tekintettel. Azonban addig is, amíg ez az 52 érpárat (B 157—208) a B körzetében elhasználjuk, kiadtuk a C 208×2 kábel tehermentesítésére. Ezt azáltal értük el, hogy a „k” végelzáróra párhuzamosan kiadott C 79—130 érpárat ezen a végelzáron felszabadítottuk s helyébe bekötöttük B 157—208 érpárat. Az átkötést úgy végeztük, hogy 21.-nél a 22. felől jövő 52 érpárat leválasztottuk, áthajtottuk 20.-hoz s itt összekötöttük a B 157—208 érpárral (számozott élő átkötés). A már 21.-nél leválasztott 52 érpárat 22.-nél is leválasztottuk, úgy, hogy azért egyenesen továbbadtuk. A 20.-nál „k” felé beadott B 157—208 érpárat 18. felé tovább nemadtuk, hanem 18. felől ezt az 52 érpárat 20.-nál csomóban hagytuk. Természetesen 9.-nél ugyancsak csomóban maradt, mert ott nem használtuk fel. A B 157—208 érpárak továbbadása a 20. kötésben 18. és 9. felé s 9.-ben szigetelt csomó készítése hibás szerelés lett volna. Ugyanis ha történetesen a B 208×2 kábel 20. és 9. kötés között valahol beázik, akkor 20.-nál való továbbadás esetén a „k” végelzáróról élő előfizetők vonalai is — dacára annak, hogy a beázási hely előtt vannak — rosszak lesznek, míg ellenkező esetben a helyes szerelésnél, bár az egész 208×2 kábel beázik, a „k” végelzáróról élő előfizetők vonalai jók maradnak.

Egy dolgot nem említettem még az elmondott szereléseknél, amit csaknem minden átkötésnél el kellett volna mondanom. Azt ugyanis, hogy azoknál az átkötéseknél, ahol a végelzárókra más tápérpárat adtunk ki, az átkötéssel egyidőben — nehogy az átkötés következtében az előfizető kapcsolási száma megváltozzék — a kábelrendező bordákon is megfelelő átkötést kell végezni (kettőzés és impregnált vezeték átrakás). A kettőzést rendszerint az átkötés előtti napon a központ műszerésze szokta elkészíteni az építési osztálytól kapott kettőzési lista szerint. — Az impregnált átrakás a kettőzéssel előkészített impregnált vezetékekkel a kábelkötéssel egyidőben történik érpárról érpárra haladva.

Munka-hely	Új kötés neme	Be- és kivonulással együtt teljesített szerelőórák									
		1. nap	2. nap	3. nap	4. nap	5. nap	6. nap	7. nap	8. nap	9. nap	
Központ	—	4	3	2 $\frac{1}{2}$	4	5	5	5	3 $\frac{1}{2}$	4	
9.	208 < $\frac{52}{104}$	8		6	6	7		2			
12.	208 $\leq \frac{104}{26}$ 104	4		6		4					
5.	104 $\leq \frac{26}{52}$ 26		10				4 $\frac{1}{2}$				
16.	52—52				3 $\frac{1}{2}$						
15.	104—104				1 $\frac{1}{2}$						
4.	52—52						11				
3.	104—104						3 $\frac{1}{2}$	6			
7.	52—52							2 $\frac{1}{2}$			
1.	104 < $\frac{52}{26}$								9		
2.	104 < $\frac{104}{26}$								7		
20.	208 < $\frac{208}{52}$									7	
22.	208—208									4	
„e“	—		1 $\frac{1}{2}$								
„f“	—		1 $\frac{1}{2}$								
„g“	—			1 $\frac{1}{2}$							
„h“	—				1			1 $\frac{1}{2}$			
„b“	—								4 $\frac{1}{2}$		
Szerelők száma		2	2	2	2	2	3	2	3	2	

Szerelési terv,

A szerelési munkákhoz készített szerelési tervet alább mutatom be. Ebből megállapíthatjuk, hogy az elején említett vak kötések nem számítva, az összes többi szerelési munkákat 9 nap alatt tudtuk elvégezni. Naponként két, illetve két munkanapon három szerelőt alkalmaztunk 8 órai munkaidővel. A vak kötések sürgős munka esetén egy nap alatt, kevésbé sürgős munka esetén két-három nap alatt szerelhetők meg aszerint, hogy milyen szerelő létszámot alkalmazok s így az egész bővítés szerelési kivitele 10—12 napot vesz igénybe.

KÜLFÖLDI SZEMLE.

Revue étrangère.

Shunt-gerjesztésű antenna (J. F. Morrison és P. H. Smith. — Proc. I. R. E. 25. évf. 6. szám 1937.). A közlemény egy olyan elrendezést ismert, amely földelt toronyantenna gerjesztését teszi lehetővé. Ezzel a módszerrel az ilyen antennák építése gazdaságosabbá válik, mert elmaradnak a költséges talpszigetelők, a torony kivilágításának fojtó és szűrőberendezései. A tápvonalhoz való csatlakozás annyira egyszerű, hogy külön csatolóház építése felesleges. Az antenna működése és kihasználása gyakorlatilag ugyanaz, mint a jelenleg általában használt földtől szigetelt rendszereknél. Szerzők a kísérletek végrehajtását és azok eredményeit ismertetik és a matematikai elgondolásokat is közlik.

Távolbalítás Angolországban (A. Ashbridge. — Proc. I. R. E. 25. évf. 6. szám, 1937.). Az angol televízió fejlődését és jelenlegi helyzetét tárgyalja. Az angol rádióhírszóró társaság, BBC, 1929. évben adta meg a lehetőséget először a Baird Television Company-nak a kísérleti adásokra. 1934-ben a postavezérigazgatóság egy bizottságot küldött ki a távolbalítás kérdésének részletes tanulmányozására, amelynek jelentése alapján 1935-ben elhatározták, hogy egyszerűbb és így rosszabb minőségű távolbalító adással nem kísérleteznek, viszont a biztonság véleménye az volt, hogy a bonyolultabb és ezért jóminőségű távolbalítás elérte azt a fokot, hogy a rendszeres nyilvános adáskísérletek megkezdhetők. Ezután ismerteti a londoni televíziós adó és stúdióberendezést, amit a BBC ennek a bizottságnak az ajánlása alapján létesített. Eleinte úgy a Baird, mint a Marconi társaság adásrendszerének gyakorlati kipróbálására két adó és

mindkettő részére egy közös harmadik hangadó volt üzemben, később azonban rátértek a Marconi rendszerre, ami sokkal jobb minőségű volt és aminek az alapján a postaigazgatóság kiadta a távolbalítás képszámára és képsorszáma vonatkozó egységesítő szabványelőírásait. Jellemző, hogy ezek az előírások azzal a hozzáadással vannak megalkotva, hogy azokon 1938. év vége előtt nem lesz változtatás. 1936. november 2-á óta a BBC vasárnap kivételével naponként rendszeresen kétszer egy-egy órás távolbalító műsort sugároz.

A ionoszféra jellemzői és azok kihasználása a rádió összeköttetések létesítésénél (T. R. Gilliland, S. S. Kirby, N. Smith és S. E. Reymer. — Proc. I. R. E. 25. évf. 7. sz. 1937.). Tudjuk, hogy a rövid hullámú nagytávolságú rádióösszeköttetések létesítésére a ionoszféra viszonyai, — amelyben ezeknek a hullámoknak az elhajlítása és visszaverődése történik — igen nagy fontossággal bírnak. Szerzők több mint másfél évi rendszeres megfigyelések eredményeit dolgozták fel. A megadott diagrammokból a napi, havi változások láthatók igen szemléltetően és látni lehet egy lassú évi változást is, amit a napfoltok változásának 11 éves ciklikus visszatérése okoz. A legközelebbi napfoltmaximum 1939. évben lesz, amikor is az ú. n. határfrekvencia a legnagyobb. Ezt pl. igen jól észleljük a gyakorlatban a Budapest—New York rádiótávíróviszonylatban, ahol most inkább a rövidebb hullámok alkalmasak a távolság áthidalására, mint pl. 4 évvel ezelőtt. A közlemény adatai és a közölt diagrammok nagyon jó segítséget nyújtanak az üzemtechnikusoknak és az összeköttetési lehetőségek elbírálásánál.

A bel- és külföldi műszaki folyóiratok az egyesület VI. ker. Benczúr-utca 27. sz. alatti helyiségében a tagok rendelkezésére állanak.

Fővárosi Nyomda Részvénytársaság (Felelős v.: Duchon J.) Budapest, VI. kerület, Lovag ucca 18.