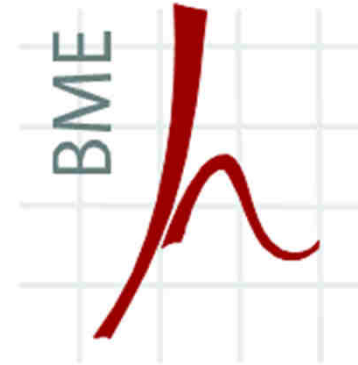
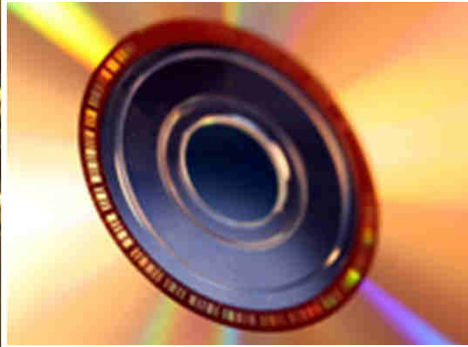




STÚDIÓTECHNIKAI LABORATÓRIUM VIHIMB03

Tárgyfelelős: Dr. Rucz Péter

L1: Bevezető előadás: Dr. Augusztinovicz Fülöp

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

rucz@hit.bme.hu

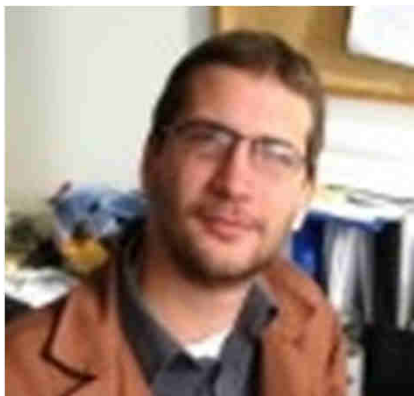
(463)1806

fulop@hit.bme.hu

(463)3246

2019. február 4.,
Budapest

- Ismerkedés
- A stúdiótechnika elsajátításának háttérismeretei
 - A stúdiótechnika története és fejlődése
 - Fontos stúdiótechnikai mennyiségek
 - Akusztikai társterületek a stúdiótechnika számára
 - Néhány aktuális projekt
- Általános tudnivalók az Akusztikai Laboratórium igénybevételeivel kapcsolatban
- A Laboratórium eszközei
- Mérések programja, szervezése



Fiala Péter



Firtha Gergely



Augusztinovicz
Fülöp



Nagy Attila
Balázs



Márki Ferenc

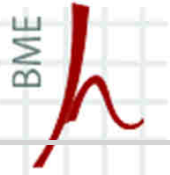


Rucz Péter



(Jenei-Kulcsár
Dóra)

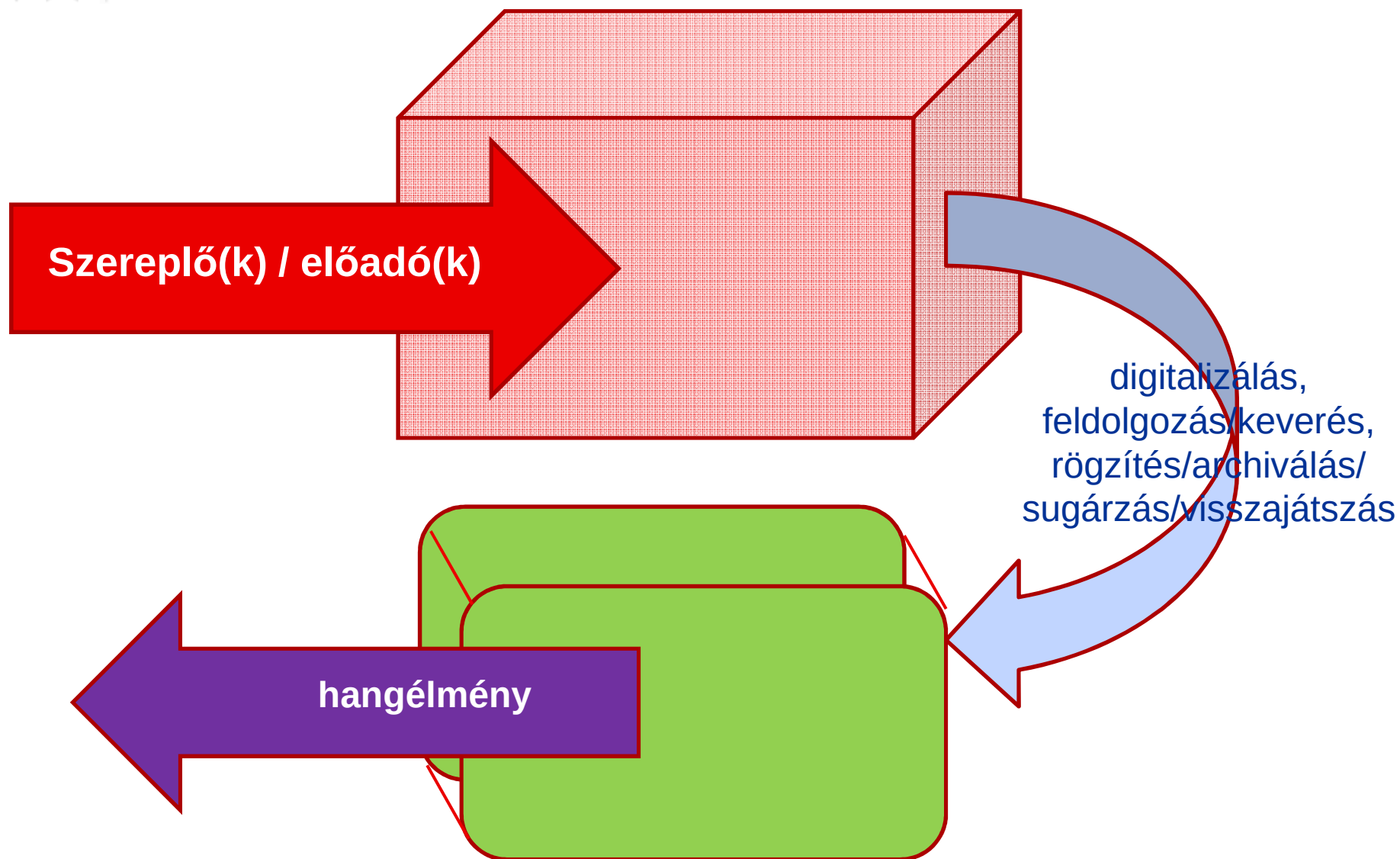
MUNKATÁRSAK



Munkatársak

- Márki Ferenc
 - IE 421 / 2806 / marki@hit.bme.hu
- Fiala Péter
 - IE 433 / 2543 / fiala@hit.bme.hu
- Firtha Gergely
 - IE 420 / 2543 / firtha@hit.bme.hu
- Nagy Attila Balázs
 - IE 421 / (1806) / nagyab@gmail.hu
- Rucz Péter
 - IE 433 / 2543 / rucz@hit.bme.hu
- Augusztinovicz Fülöp
 - IE 449 / 3246 / fulop@hit.bme.hu

Mi a stúdiótechnika?



A stúdiómunka elemei

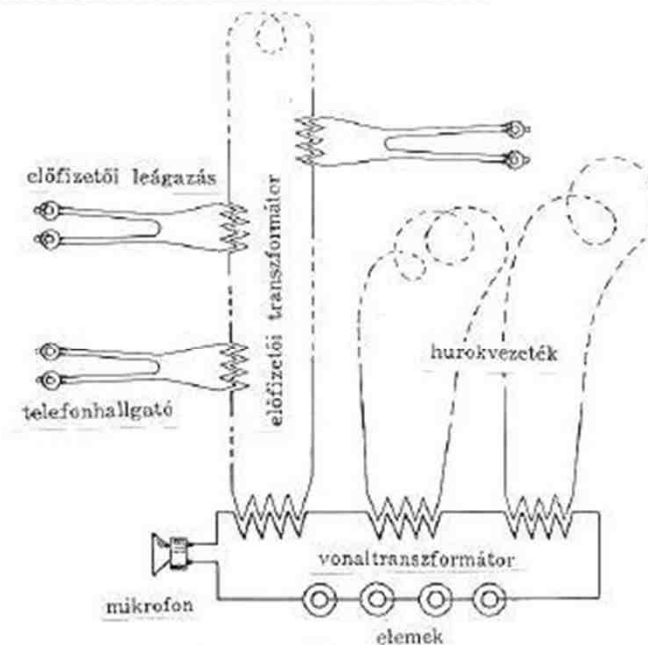
- Előadók
 - mesterséges térbe helyezve megváltozik az előadás
 - maga a produkció
 - a produkció által keltett hang
- Stúdiótér hatása
 - Teremakusztikai hatások
- Folytonos hangtér diszkretizálása
 - mikrofonok, mikrofonozási technikák
- Átalakítás rögzítésre alkalmas formába
 - Keverés, módosítás (effektezés)
 - Rögzítés, tárolás
 - Továbbítás
- Visszajátszás
 - a befogadó tér ismét módosít

Mi ültethető át mindebből a tárgyba?

- (Előadók)
- Tér- és teremakusztika
 - (választható tárgy)
 - teremakusztikai mérés technika
- Jelfeldolgozás (frekvenciaelemzés)
- Elektroakusztikai átalakítók
- Sajátrezgések (hangszín)
- Videotechnika
- Gyakorlati bemutatók

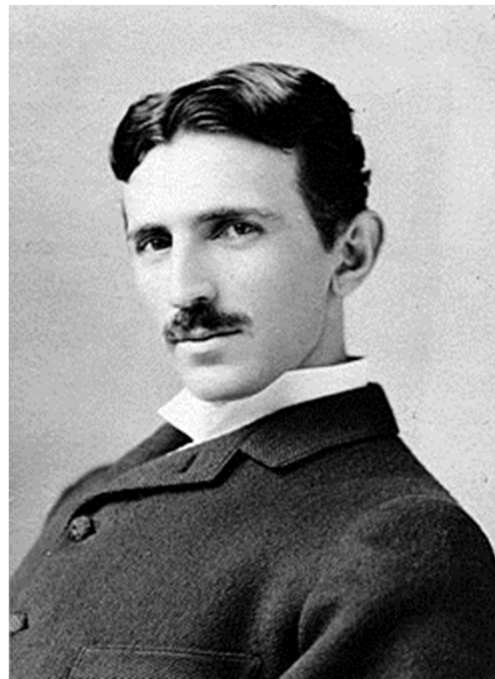
	Ősz	Tavaszi
2017/18		MA, HGy, HF
2018/19	HT, VT	Labor, HGy
2019/20	diplomaterv	

A telefonhírmondó (Bp., 1893)



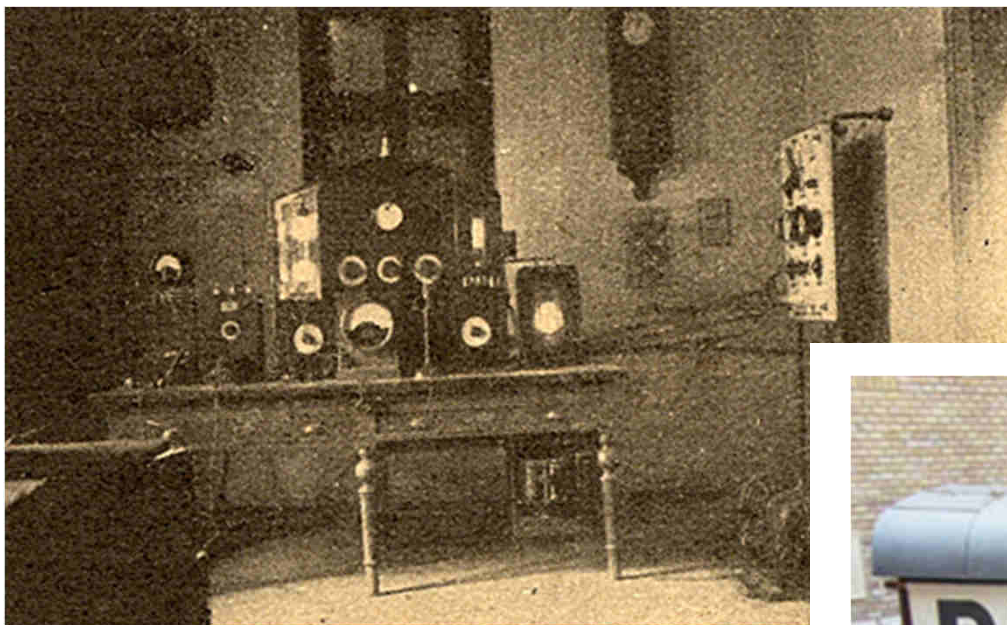
A stúdiótechnika szülőanyja: a rádió

- G. Marconi, 1894 N. Tesla, ? A. Sz. Popov, 1896



A stúdiótechnika rövid története

Az első magyar rádióadó (250 Watt, Csepel, 1924.3.15.)



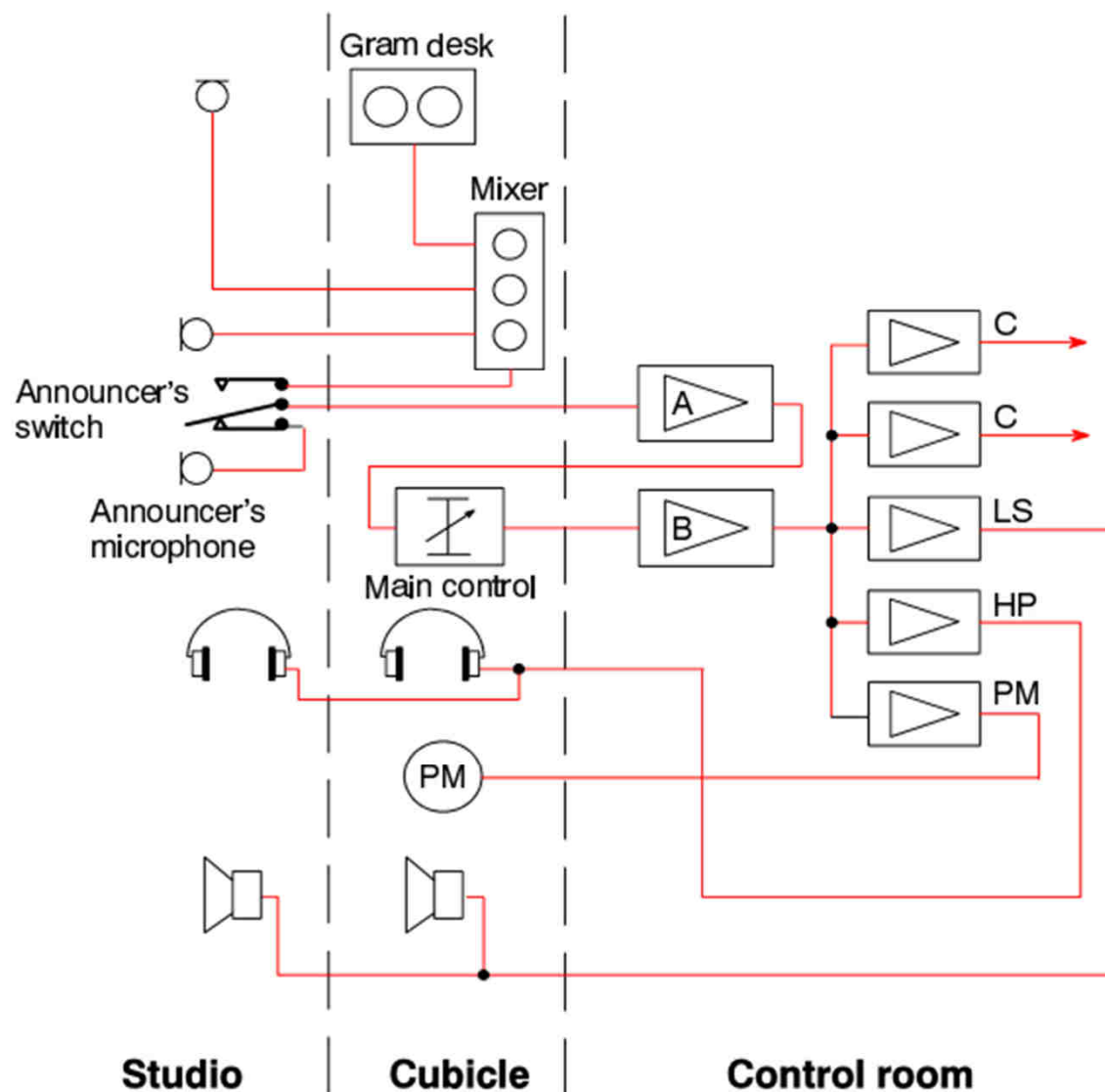
Az első magyar rádióstúdió

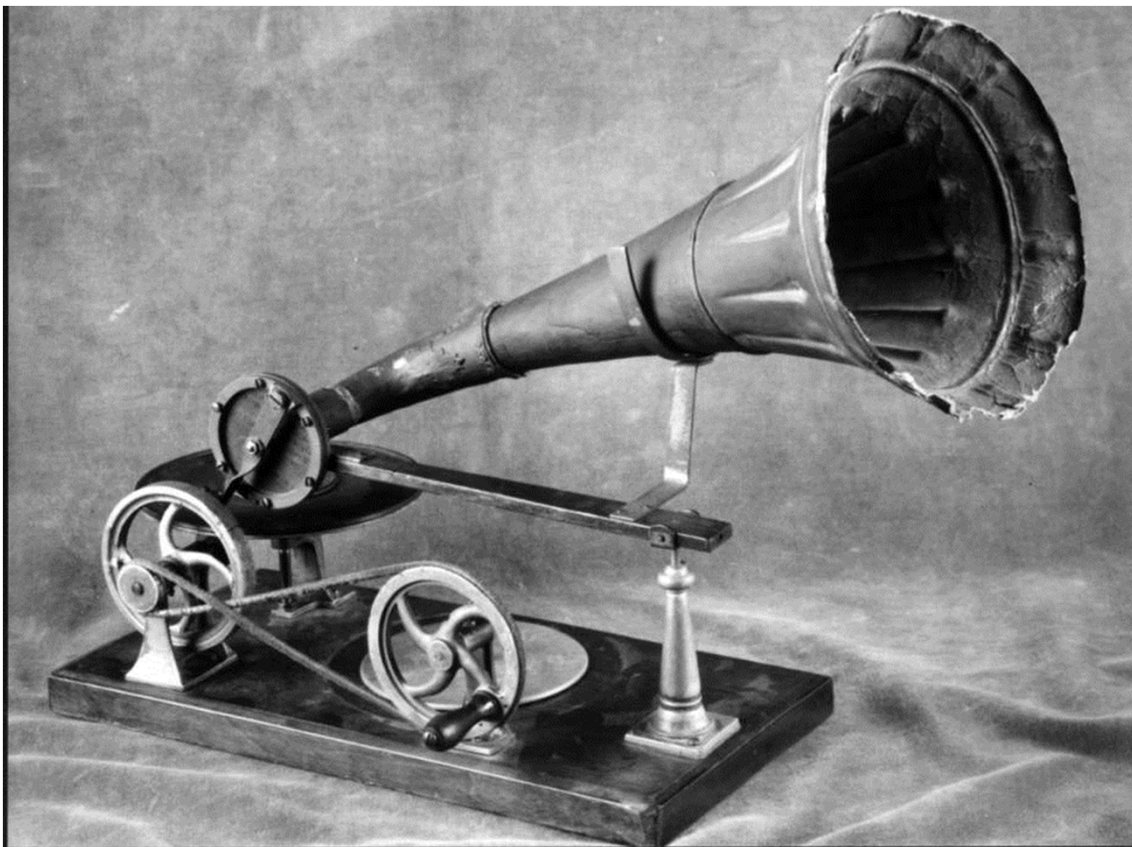


A stúdiótechnika rövid története

- A telefontechnika szolgáltatotta a (szén)mikrofont,
- A drótnélküli távíró szolgáltatotta az átviteli technikát
 - 1914-ben végezték az első AM rádióadást
- Kezdetben egy szobában minden
- Több előadó $\Rightarrow$ irányérzékeny mikrofon
- Alapzaj: külön felvevő terem és technikai helyiség
 - Stúdió: agyoncsillapított, hogy az alapzajt csökkentsék
 - > eltűntek a magas hangok
- Mikrofontechnika
 - Sokféle elvvel kísérleteznek: javított szén, szalag, kondenzátor, fotofon...
- A hangrögzítés igénye elég hamar jelentkezik

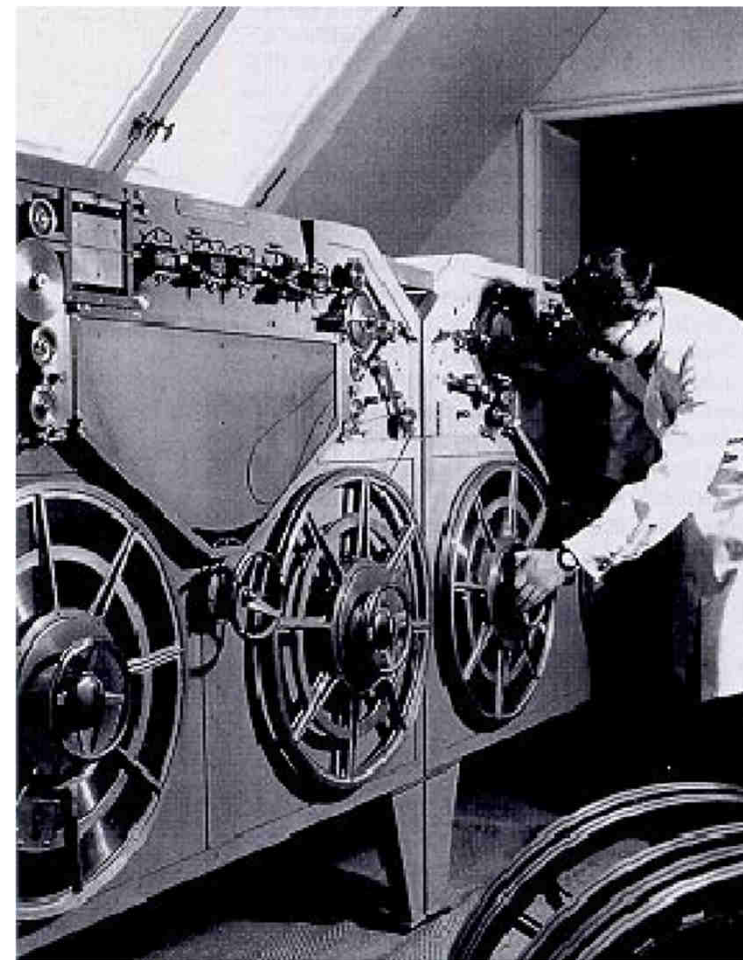
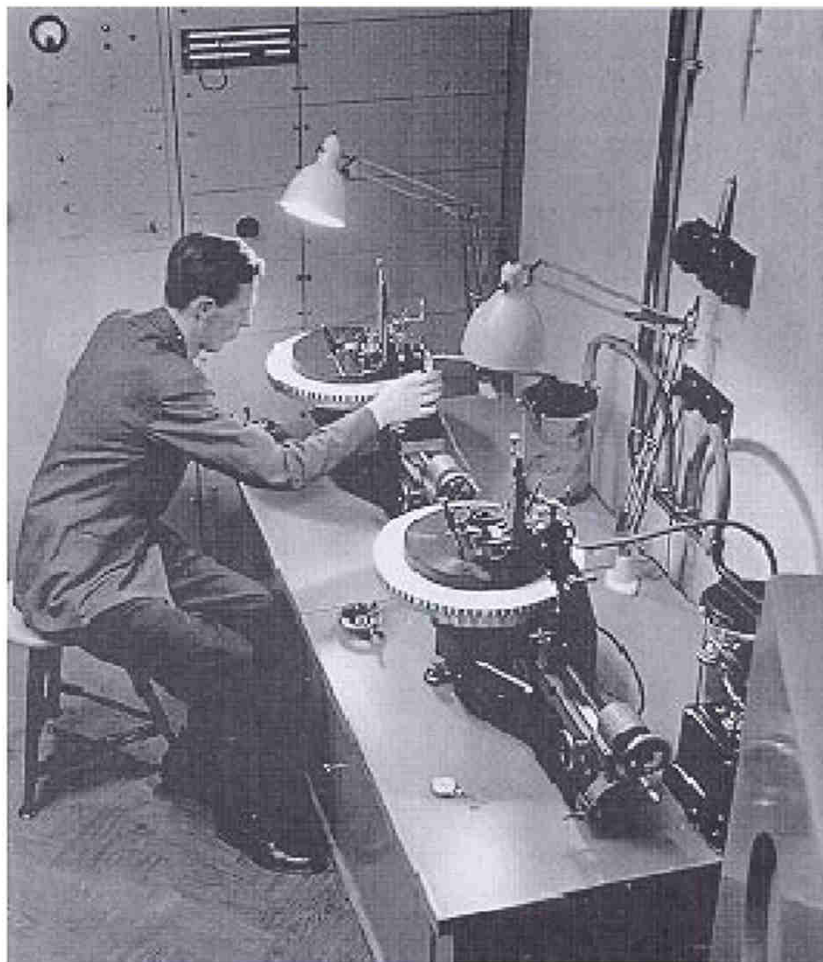
Egy kezdeti stúdió rendszerterve





<https://www.youtube.com/watch?v=sAAL5n0if0g>

- Lemezvágógép és acélszalagos mágneses hangrögzítő



Huzalos mágneses hangrögzítők



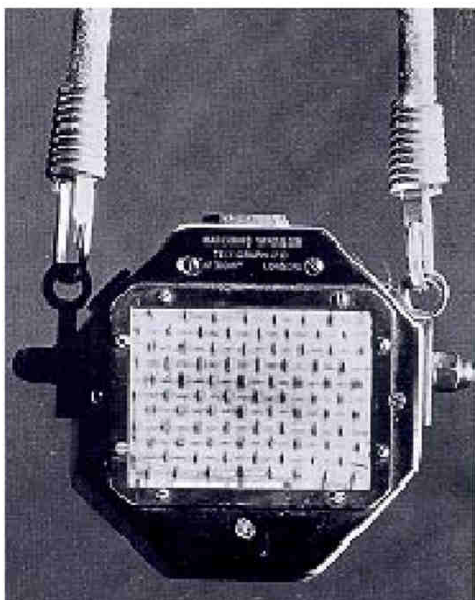
Sokcsatornás stúdiómagnetofon



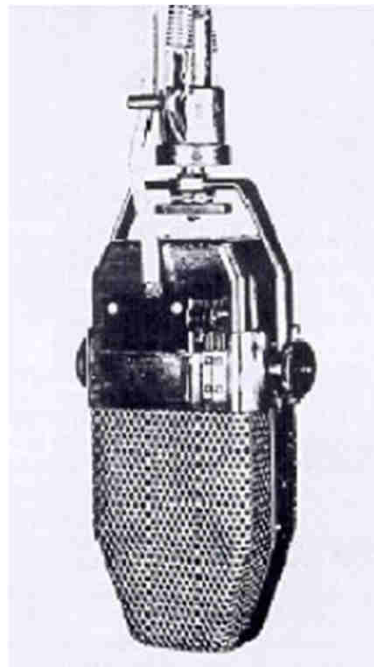
- Egy korai „sztereo mikrofon”



Javított szén



szalag



SH55 dinamikus



SM58 dinamikus

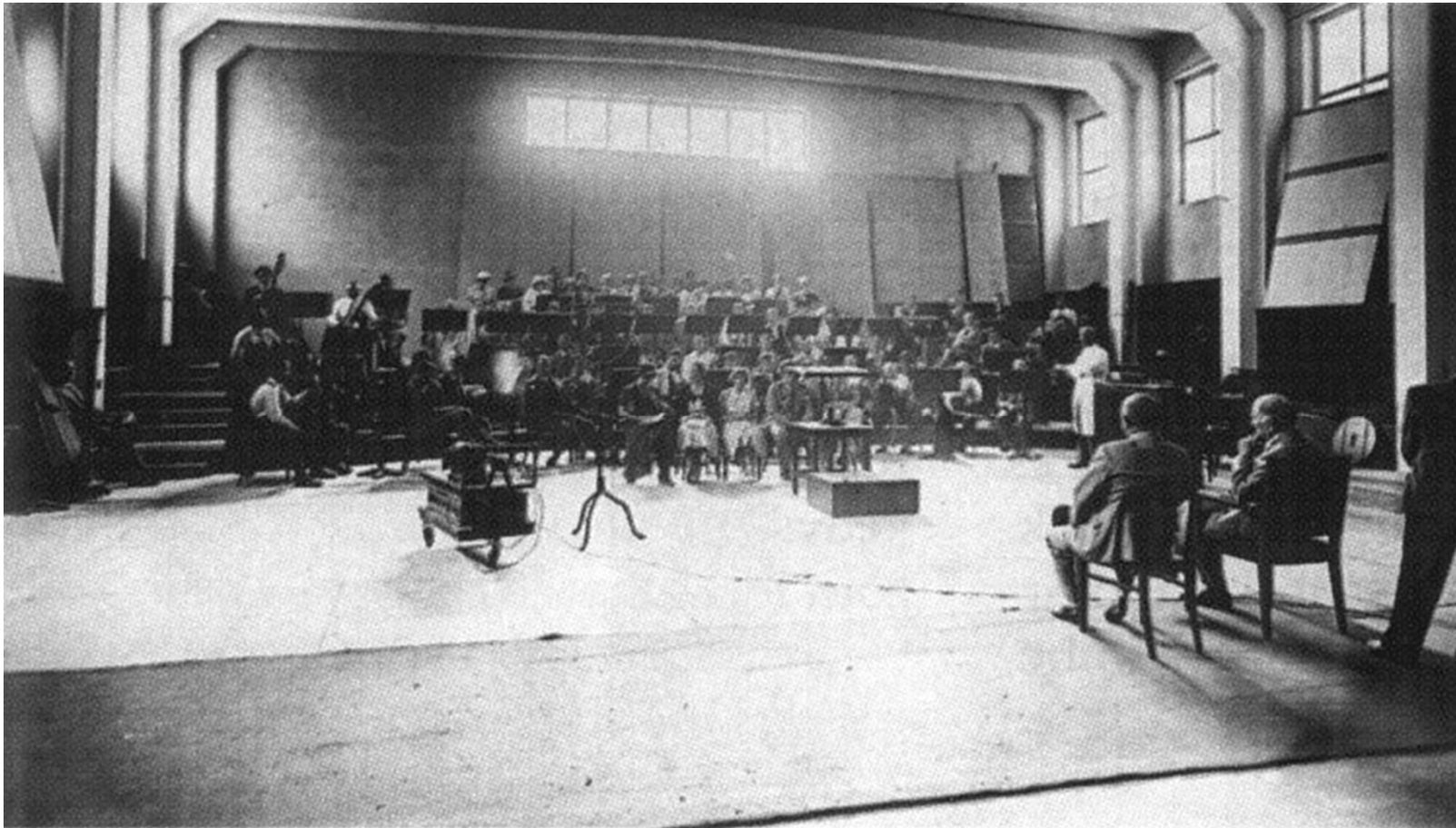


AKG C12
változtatható
iránykar.

A stúdiótér fejlődése

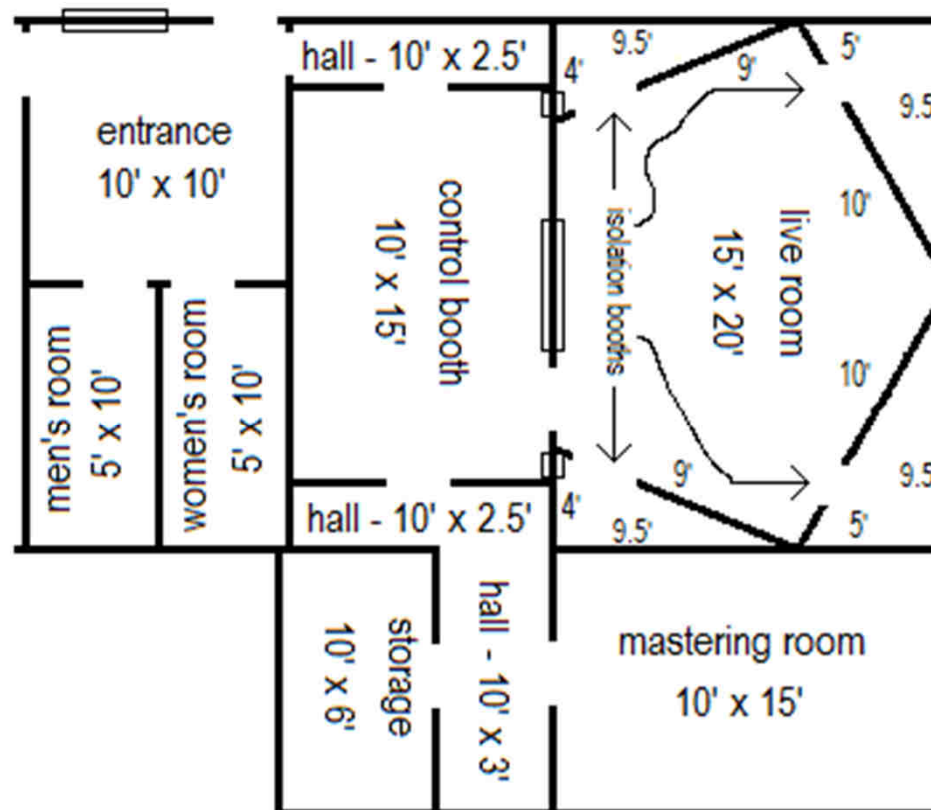
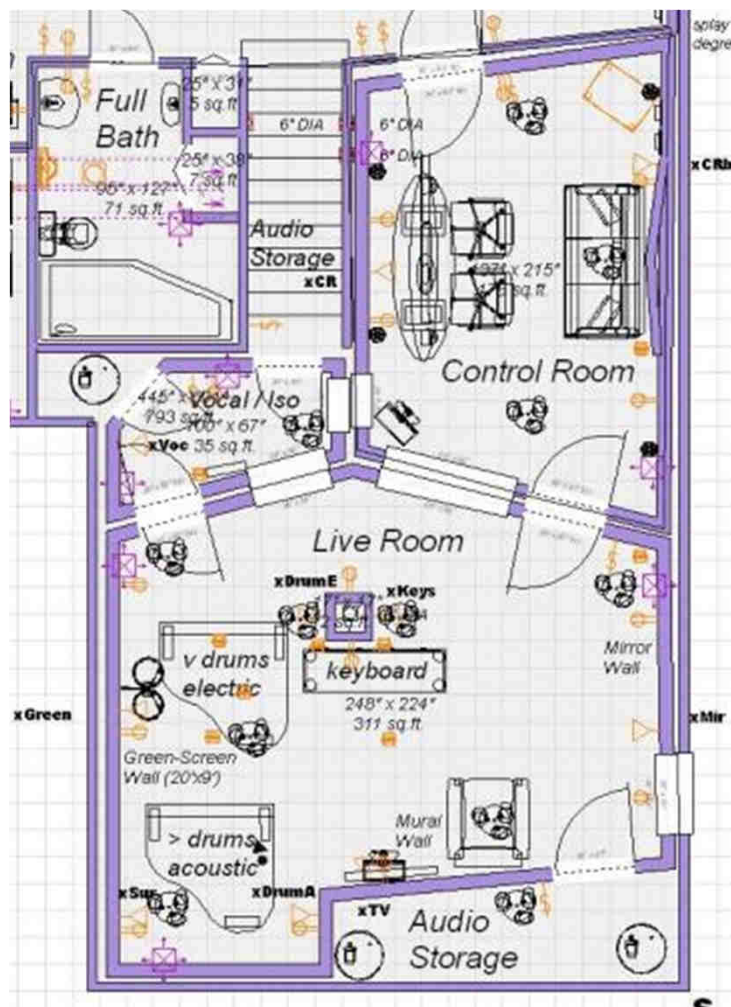
- Különböző feladatokra más és más akusztika
 - Változtatható burkolatok
 - Külön stúdiók
- Fontos a külső zajok elszigetelése
 - Ház-a-házban
 - A csendes szellőzést meg kell oldani
 - Kapcsolat a technikai helyiséggel
- Semleges akusztika, de nem teljesen „süket”
- Ma fontos a videotechnikával való integrálás is

A stúdiótér akusztikai beállítása

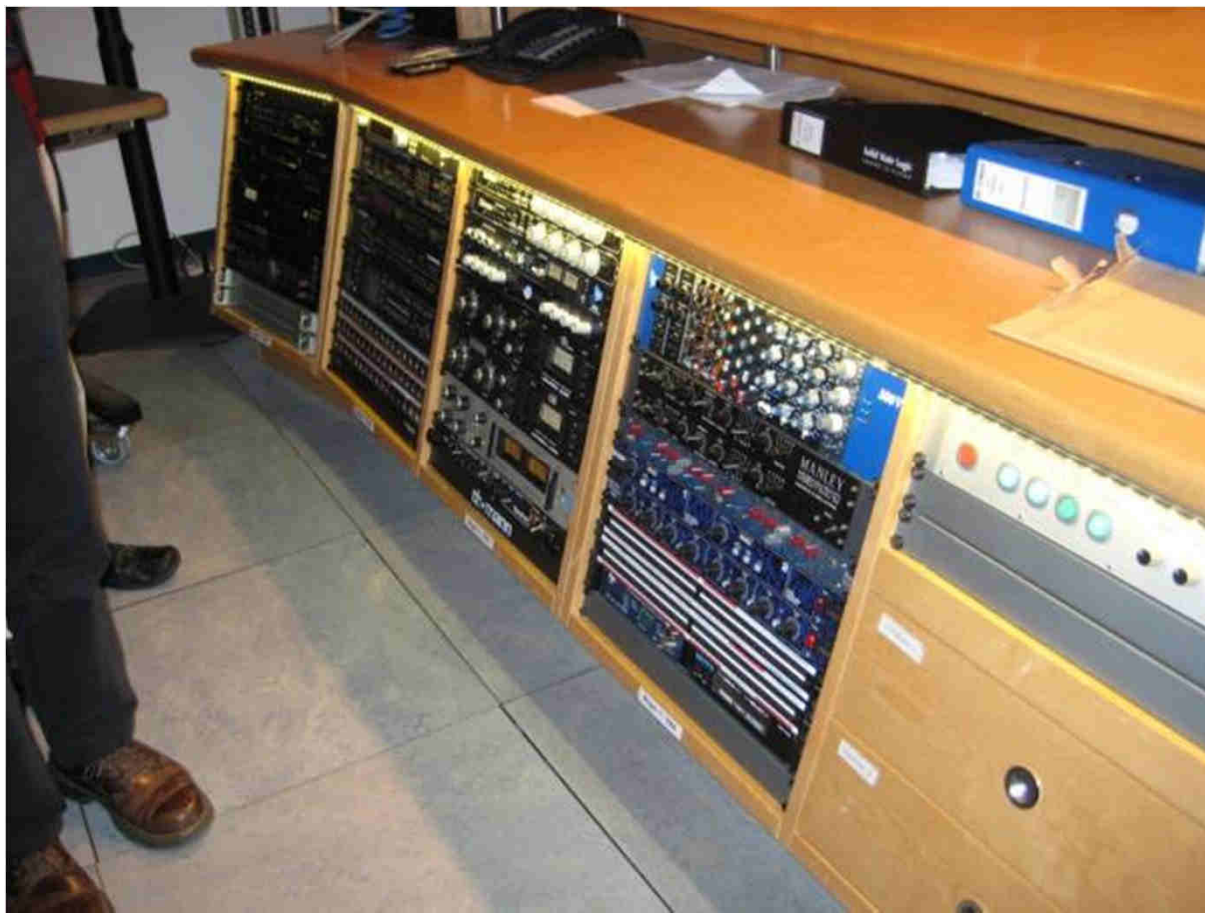
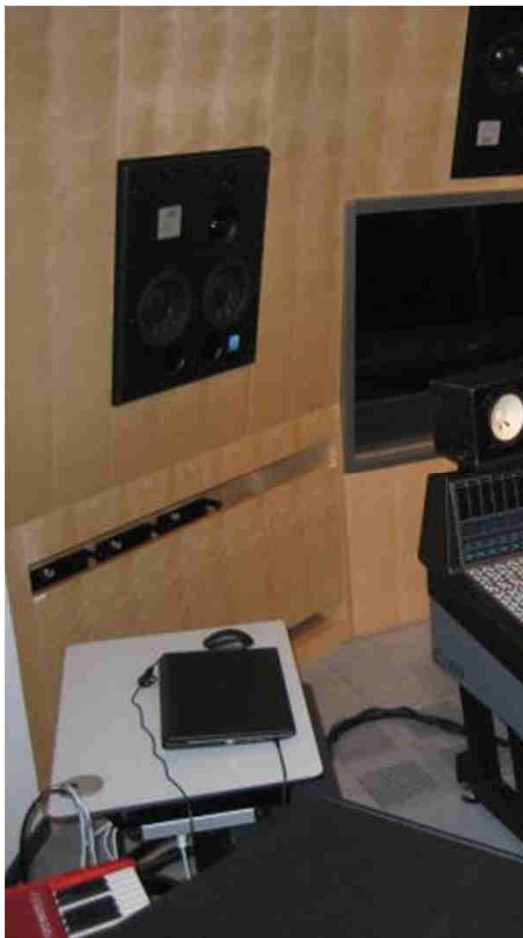


Modern stúdióhelyiségek kialakítása

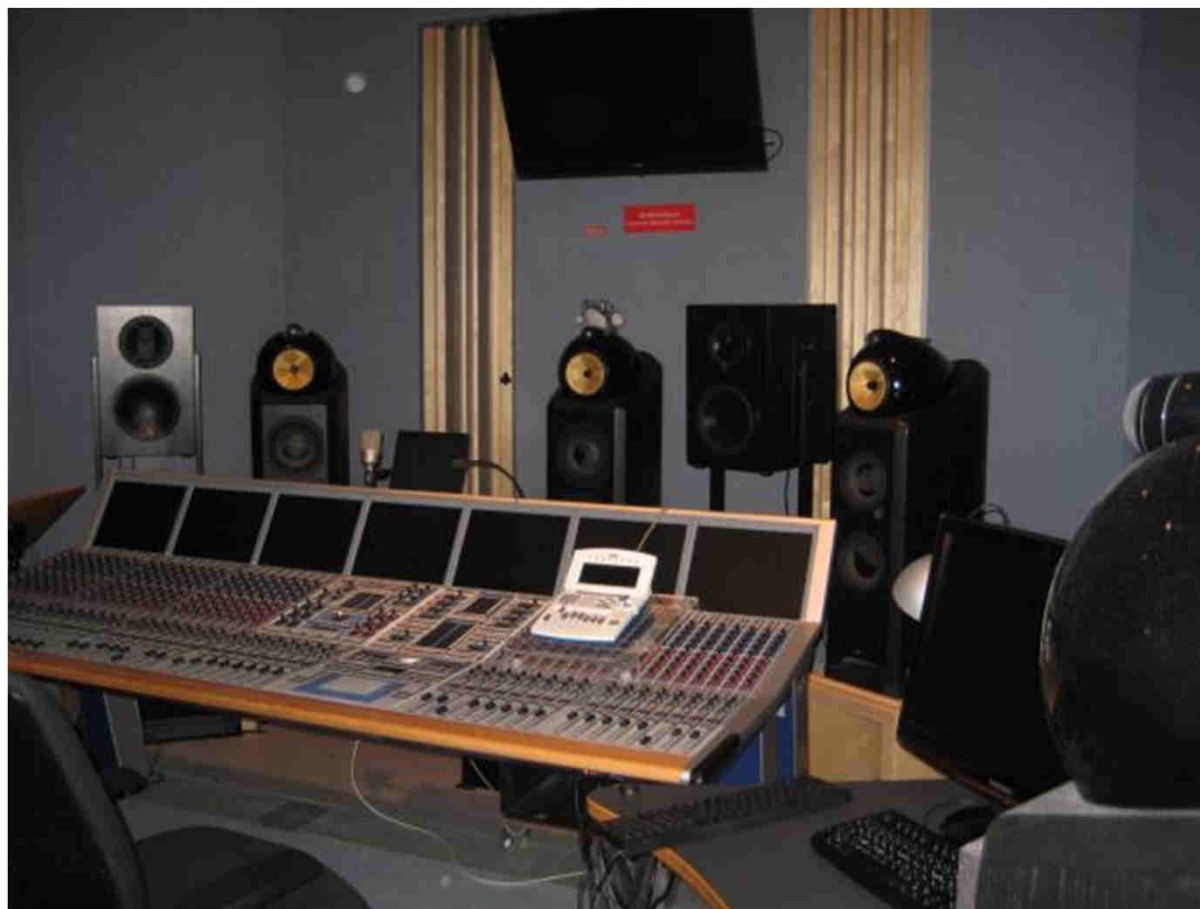
- Két tipikus rockzenei stúdió



Tech. helyiség pop-rock felvételekhez



Tech. helyiség klasszikus felvételekhez



- A világban többféle megközelítés szokásos
 - Zenei intézmény ad műszaki képzést is
 - Hochschule für Musik in Detmold, Erich-Thienhaus-Institut (D)
 - Universität für Musik und Darstellende Kunst (Wien, A)
 - Universität der Künste Berlin, Das Tonmeisterinstitut (D)
 - Műszaki egyetem ad zenei és multimédiás képzést is
 - Ilmenai Műszaki Egyetem, Médiatechnológia BSc / MSc
 - Hochschule RheinMain, Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Bachelor-Studiengang Medientechnik
 - Közel egyenlő arányban zenei és műszaki
 - Elektrotechnik-Toningenieur, Grazi Műszaki Egyetem (TUG) és Grazi Zene- és Képzőművészeti Egyetem (KUG)
 - Vállalkozások akkreditált, nem egyetemi szintű képzései
 - School of Audio Engineering (SAE) Institute
 - School of Sound Recording
 - ...
- Magyarországon valójában csak hangtechnikus-képzés létezik!
 - Kb. 7 intézmény, 1-2 éves képzések érettségi után

- **EBU Technical Recommendations 3276**
- Korai reflexiók: max -10 dB a direkt hanghoz képest (<15 ms)
- Utózengés (15 ms után)
 - Közepes érték, T_m 0,2 és 0,4 s között (térfogattól függően)

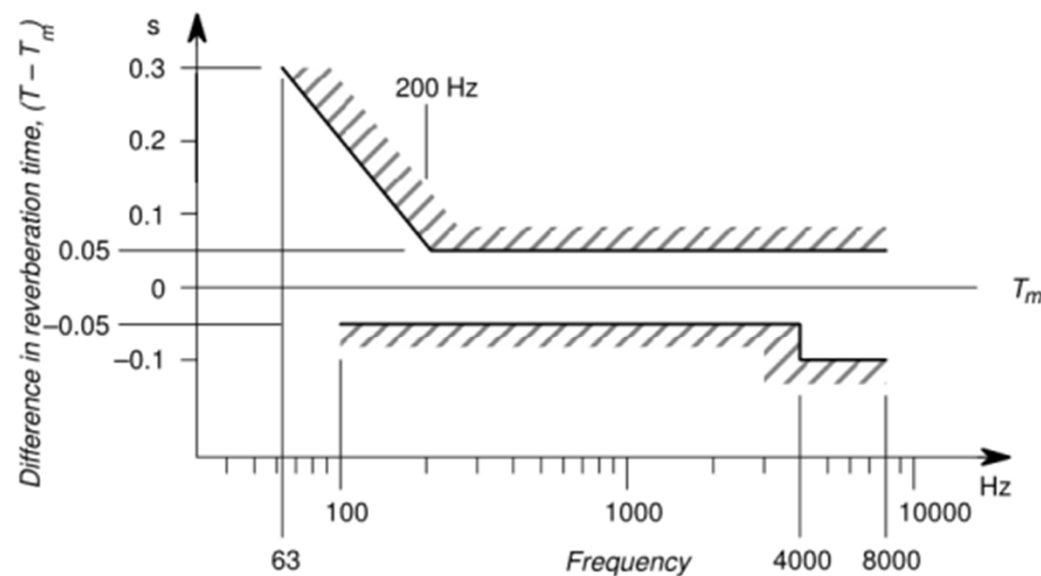


Fig. 1 – Tolerance limits for reverberation time.

- Teremválasz hangszóróval együtt:

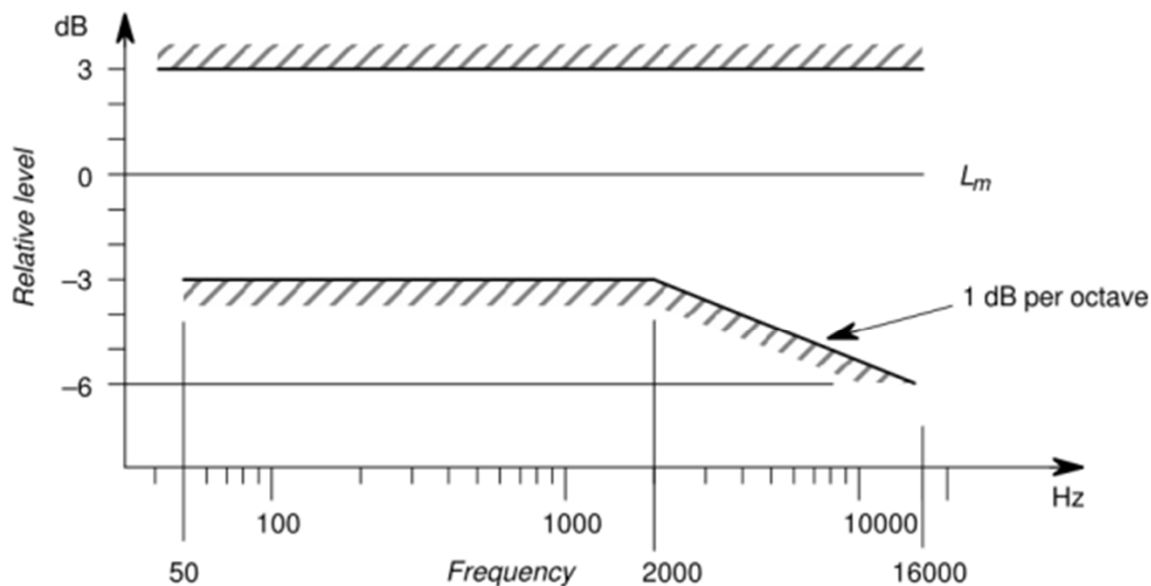


Fig. 2 – Tolerance limits of the operational room response curve.

- Lehallgatási szint: $85 \text{ dBA} - 10 \cdot \log(n)$ csatornánként

Követelmények modern hangstúdiókhoz

- Alapzaj / háttérzaj

Octave band sound pressure level values in dB re. 20mPa.

NR curve	Frequency (Hz)								
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
10	62.2	43.4	30.7	21.3	14.5	10.0	6.6	4.2	2.3
15	65.6	47.3	35.0	25.9	19.4	15.0	11.7	9.3	7.4

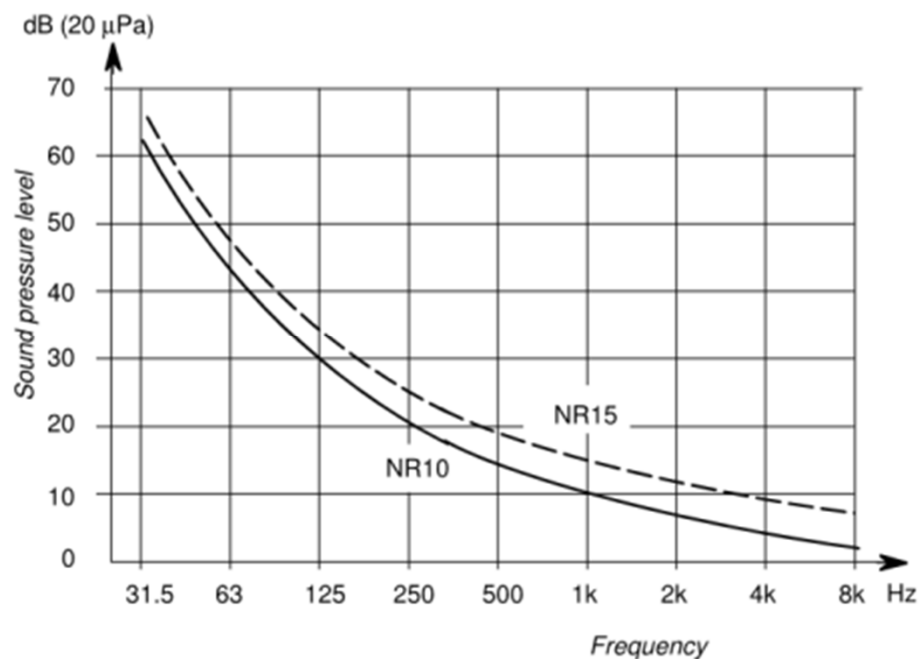


Fig. 3 – Noise Rating curves

Az akusztika fejlődése

- Mérés, számítás, kísérlet-gyakorlat
- A kezdetek: kísérletek húrok, lemezek sajátrezgéseivel
 - E.F. Chladni: die Akustik (1802)
- Elméleti alapok
 - Lord Rayleigh (J.W. Strutt): The theory of sound (1877)
- Építészeti akusztika: W.C. Sabine (1922)
- Megjelenik az elektroncső ⇒ Elektroakusztika
 - már lehet kvantitatív méréseket végezni!
- Rádió ⇒ stúdiótechnika
- II. vh. utáni német újraépítés: épületakusztika
- Gép- és járműgyártás, klímatechnika: gépészeti akusztika
- Numerikus akusztika és rezgésakusztika

- Hangnyomás(szint) mérése
 - hallástulajdonságok figyelembe vétele (hangosság)
 - térfüggés meghatározása
 - időbeli változás meghatározása
- Frekvenciaelemzés
- Részecskesebesség mérése
- Akusztikai impedancia mérése
- Akusztikai anyagok és szerkezetek vizsgálata
 - hangelnyelés
 - hanggátlás
 - laboratóriumi és
 - helyszíni vizsgálatok

- Hangnyomásszint $L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}$, $p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$

- Hangteljesítményszint és hangintenzitás szint

$$L_W = 10 \lg \frac{P}{P_0}, \quad P_0 = 10^{-12} \text{ W} \quad \text{és} \quad L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad I_0 = 10^{-12} \text{ W / m}^2$$

- Sebességszint $L_v = 20 \lg \frac{v}{v_0}$, $v_0 = 5 \times 10^{-8} \text{ m / s}$

- Egyéb **stúdiótechnikai** decibel-fogalmak

$$dB_m = 20 \times \lg \frac{P}{1 \text{ mW}}; \quad dB_u = 20 \times \lg \frac{U_{eff}}{0,775 \text{ V}}; \quad dBV = 20 \times \lg \frac{U_{eff}}{1 \text{ V}}$$

dB FSD (digitális rendszer kivezérlési határához viszonyítva)

Csatlakozók és kábelek

- XLR3 (4,5,7)



- TRS (Jack, 1/4")



- BNC/TNC

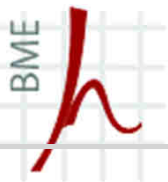


- Lemo



- banándugó

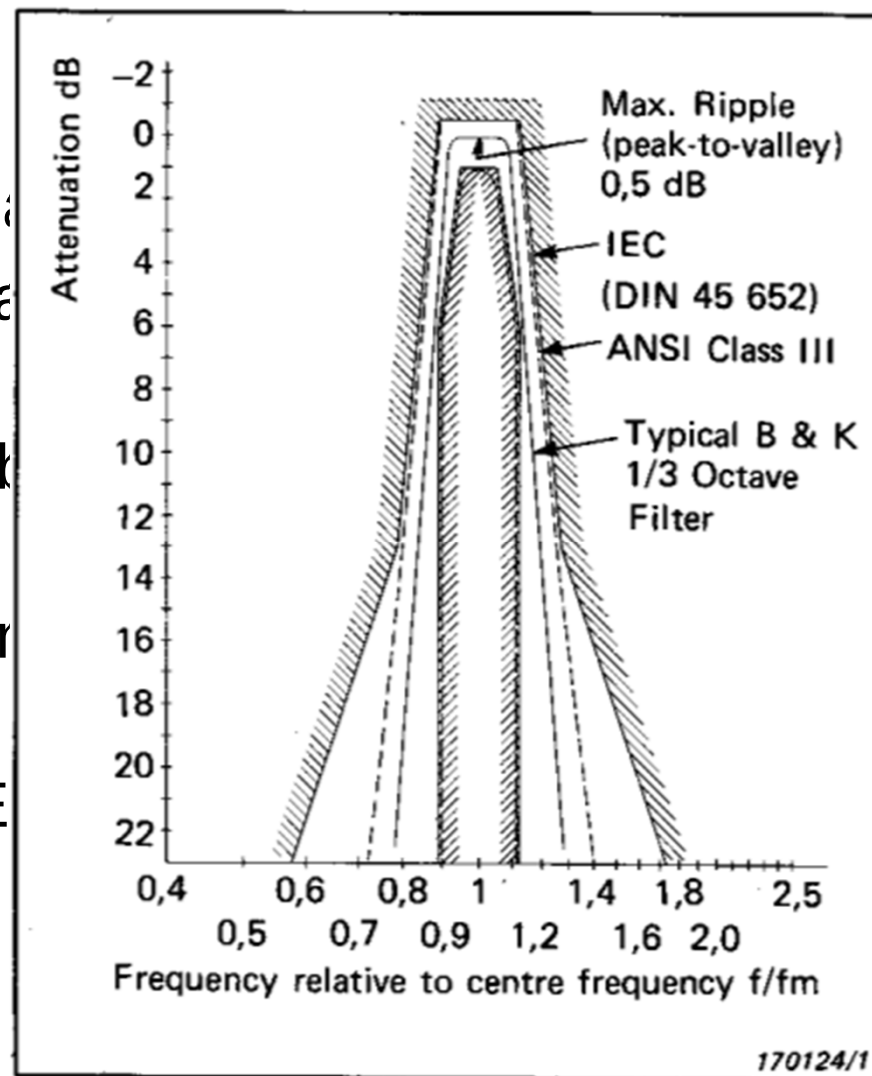




Példa: Fourier-elemzés és digitális jelfeldolgozás az akusztikában

- Miért is kell frekvenciaelemzés?
 - Az emberi hallás erősen frekvenciafüggő
 - A fizikai folyamatok is frekvenciafüggők
 - A hallható hangtartomány 3 dekádnyi: 20 – 20000 Hz
 - λ : 17 m – 17 mm között, középérték (630 Hz): 0,54 m
 - Elektromágneses hullámok esetén:
 - pl. 540 kHz – 500 MHz
 - λ : 555 m – 0,555 m között, közép(17 MHz): 17,5 m)
 - vagy VHF sávtól felfelé, 30 MHz – 30 GHz
 - λ : 10 m – 10 mm között, közép (316 MHz): 0,316 m
- Leggyakrabban alkalmazott frekvenciaelemzési módszerek
 - Tercsávós (néha oktávsávós)
 - Keskenysávú (FFT $\approx$ DFT)

- Indoka: jól közelíti a hallás
- Vállalható mértékű és ha („ápol és eltakar”)
- Jól összevethető a korábbi eredményeivel
- Nincs megfontolandó tér értelmezésénél (mint pl.
- Vonatkozó szabvány: IEC



ések

ben)



Elektroakusztikai mérések

- Mikrofonjellemzők
 - érzékenység
 - frekvenciamenet
 - iránykarakterisztika
- Hangsugárzók jellemzői
 - frekvenciamenet
 - érzékenység
 - impedanciagörbe
 - iránykarakterisztika
- Digitális jelfeldolgozó rendszerek mérései

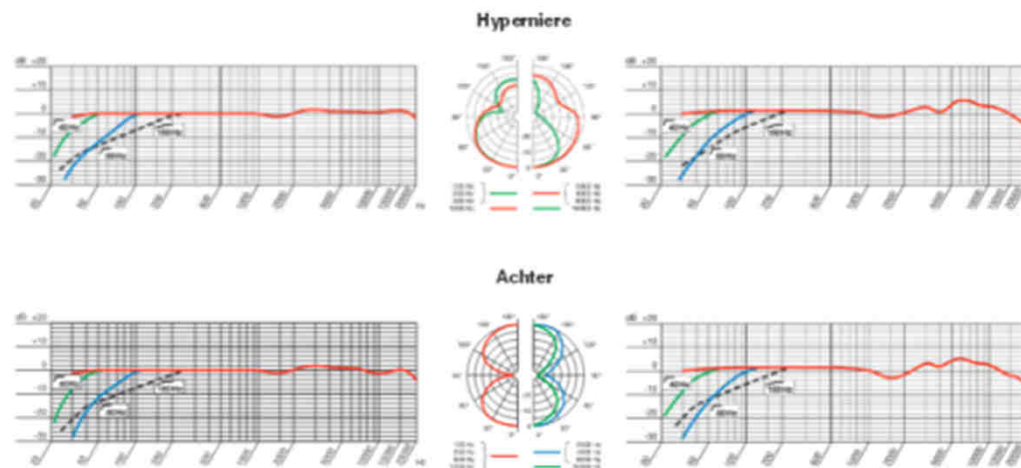
- Rezgésjellemzők mérése
 - gyorsulásérzékelők
 - jelkondicionálók

- Rezgésjellemzők felhasználása
 - rezgésterjedési vizsgálatok
 - hanglesugárzás becslése
 - emberre gyakorolt hatások
 - Kézre, karra
 - Egész testre ható
 - ülő, álló emberre
 - fekvő emberre

Mérések/felvételek befolyásoló hatásai

- Tárgyaink mérete összemérhető a hullámhosszal
 - a mérés különösen erősen befolyásolja a mérendőt
 - torzul a hangtér
 - szabályozott hangtér kell (EBU előírás)
 - szabad vagy diffúz hangtér
- Nagyon kis mennyiségeket mérünk
 - érzékeny, ezért az érzékelők nem túl robusztusak
 - nem mindig stabil érzékelőket tudunk csak használni
- Mérési körülmények hatása fontos
 - háttérzaj/rezgés
 - erős követelményeket kell érvényesíteni, hogy csak azt mérjük, amit vizsgálni akarunk/szükséges
 - pontosan tudni kell, mit vizsgálunk
 - minden helyszínt célszerű előzőleg megtekinteni/ellenőrizni

- Abszolút mennyiségek helyett legtöbbször szinteket használunk
 - 1 dB-t még nem hallunk
 - fader: valójában diszkrét szabályzó
 - Mikrofonok érzékenysége erősen frekvencia- és irányfüggő



- Nincs értelme három értékes tizedesjegyet megadni
- Százalékot az akusztikában alig használunk!

- Szabványosítási testületek
 - **ISO** International Organisation for Standardisation
 - **EN** European Committee for Standardisation
 - **CENELEC**
European Committee for Electrotechnical Standardization
 - **IEC** International Electrotechnical Commission
 - **ETSI** European Telecommunications Standards Institute
 - **ITU** International Telecommunication Union
 - **EBU** European Broadcasting Union
 - **MSZ**, BS, DIN, ANSI, ...
 - MSZ EN ISO

Szakmai szervezetek

- AES - Audio Engineering Society
(magyar tagozata is van, HAES)

- OPAKFI – Optikai, Akusztikai, Film- és Színháztechnikai Tudományos Egyesület
 - Akusztikai szakosztály
 - Zajcsökkentési szakosztály

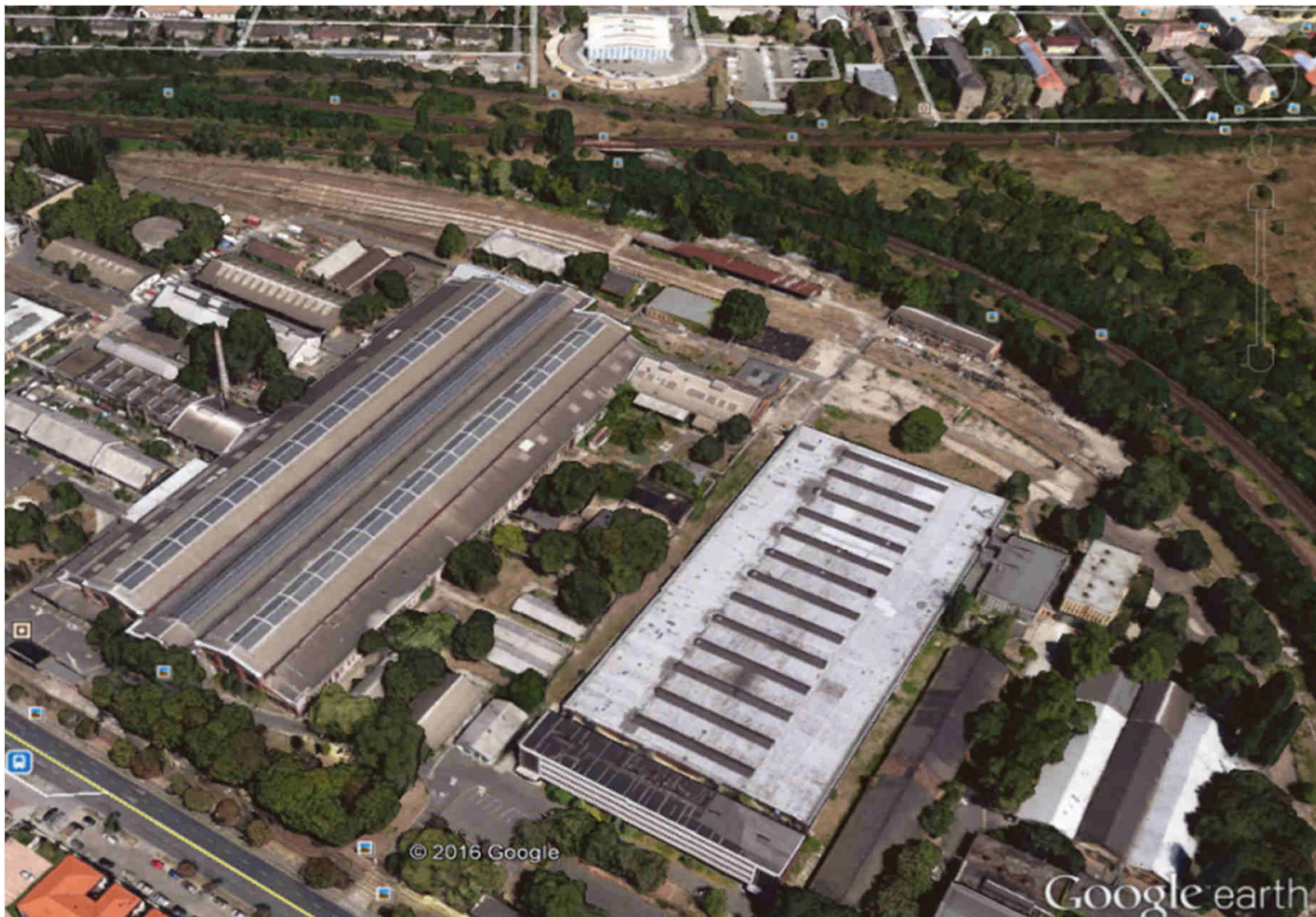
- HTE - Híradástechnikai és Informatikai Tudományos Egyesület, Stúdiótechnikai szakosztály

-

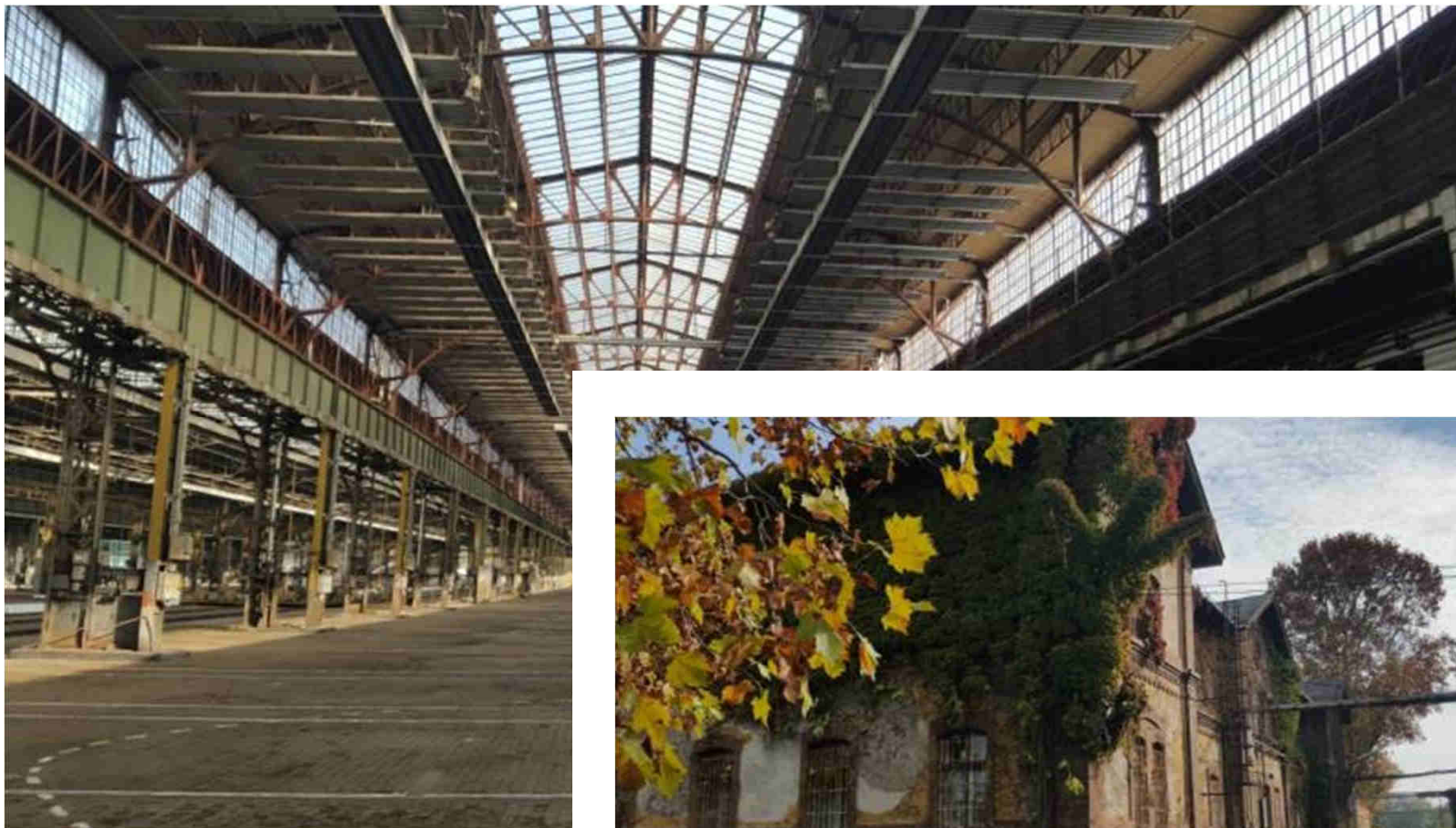
Néhány aktuális projekt

- Liszt Ferenc Zeneakadémia új stúdiói
 - Hangstúdiók a történelmi és az új épületben is
- Eiffel-műhelybázis kialakítása
 - Operastúdió építése zajos környezetben
- Magyar Zene Háza
 - Virtuális akusztikai bemutatók
- Operaház felújítása
 - Zenekari árok optimalizálása
 - Van külső zavaró hatás a millenniumi földalattitól?

Eiffel-műhelybázis: egy újabb alkalmatlan helyszín?

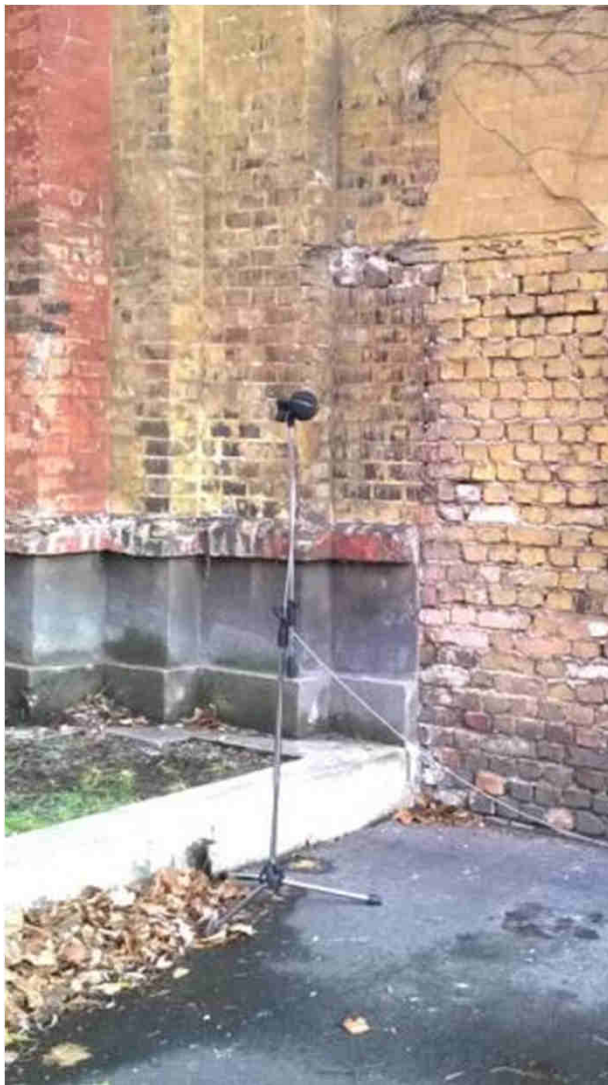


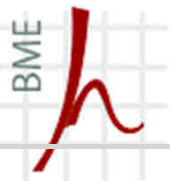
Eredetileg mozdonyjavító csarnok





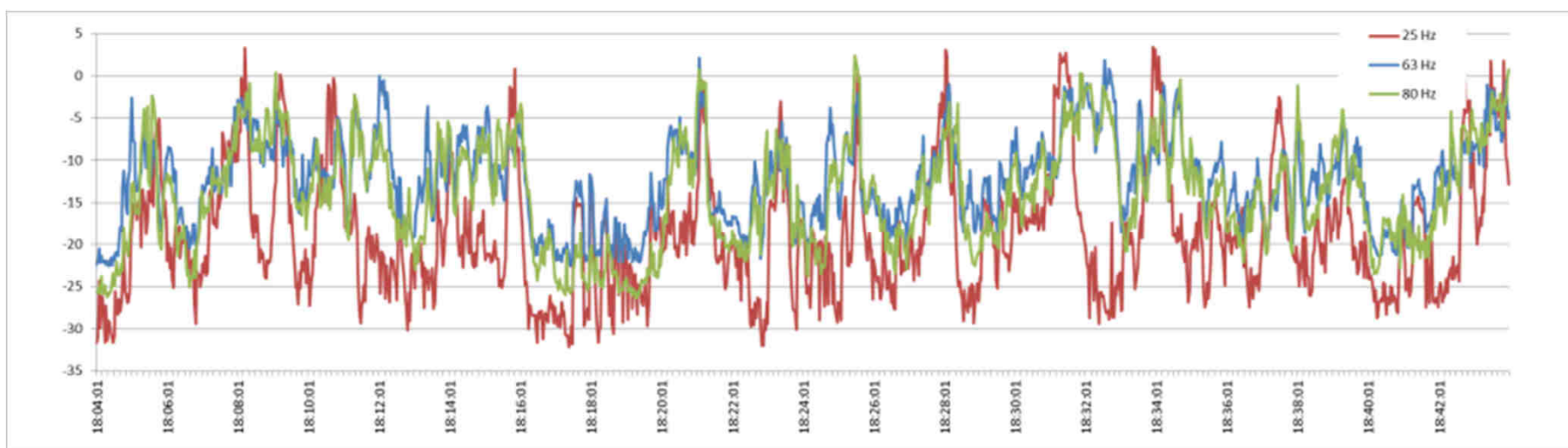
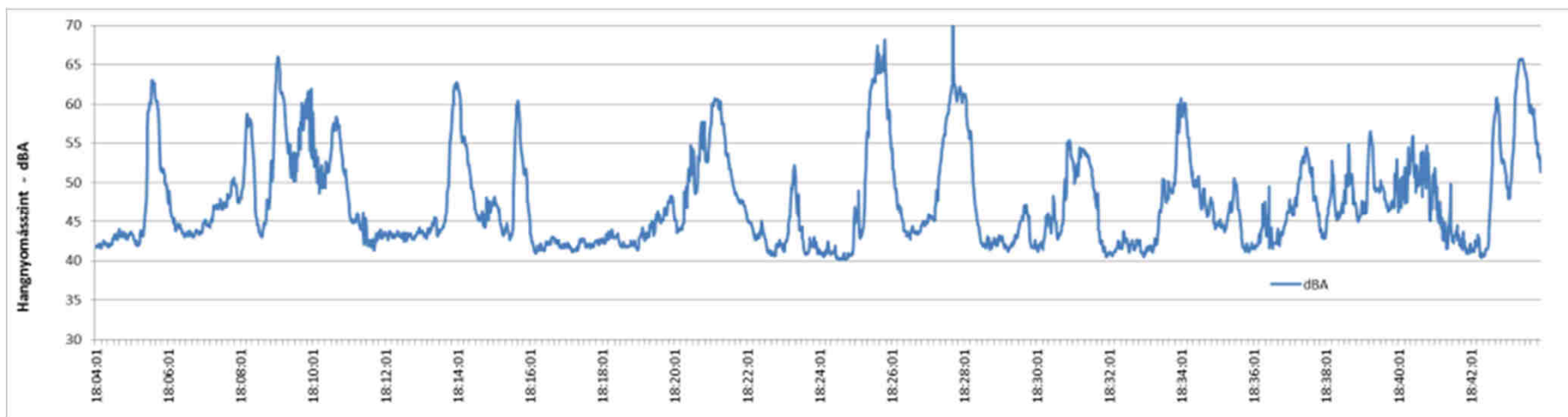
Szimultán zaj- és rezgésmérés





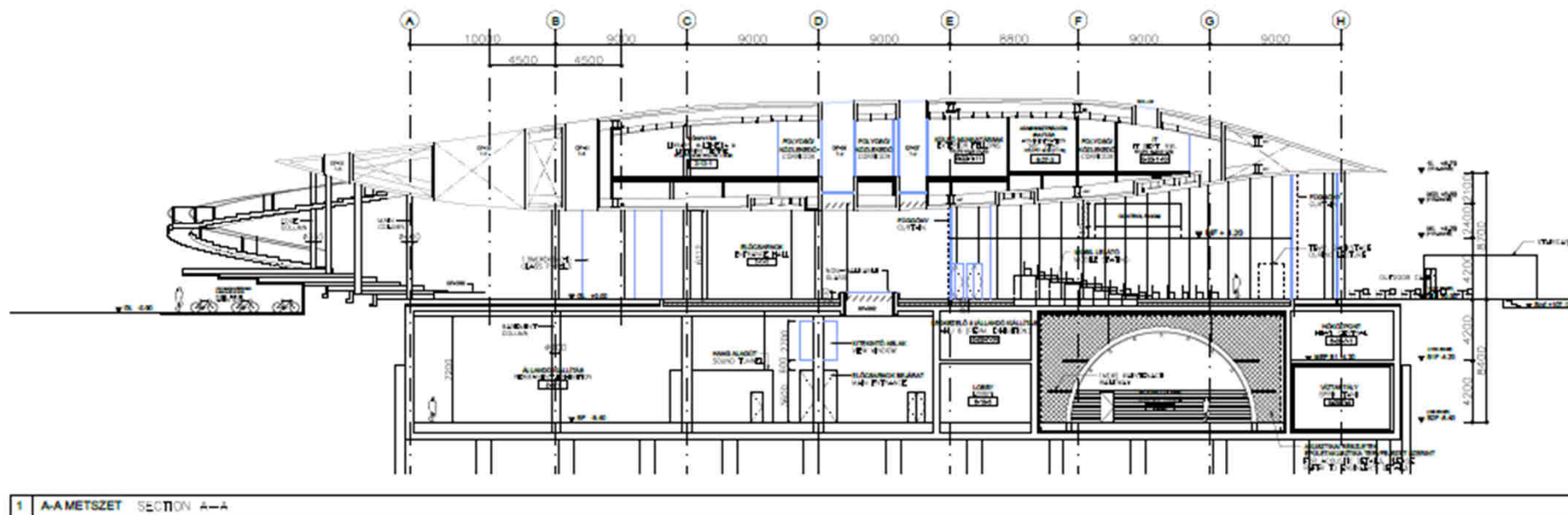
Zajszint és rezgés idősorok összehasonlítása

- Volt állomásépület előtt mért zaj, és rezgés az épületben

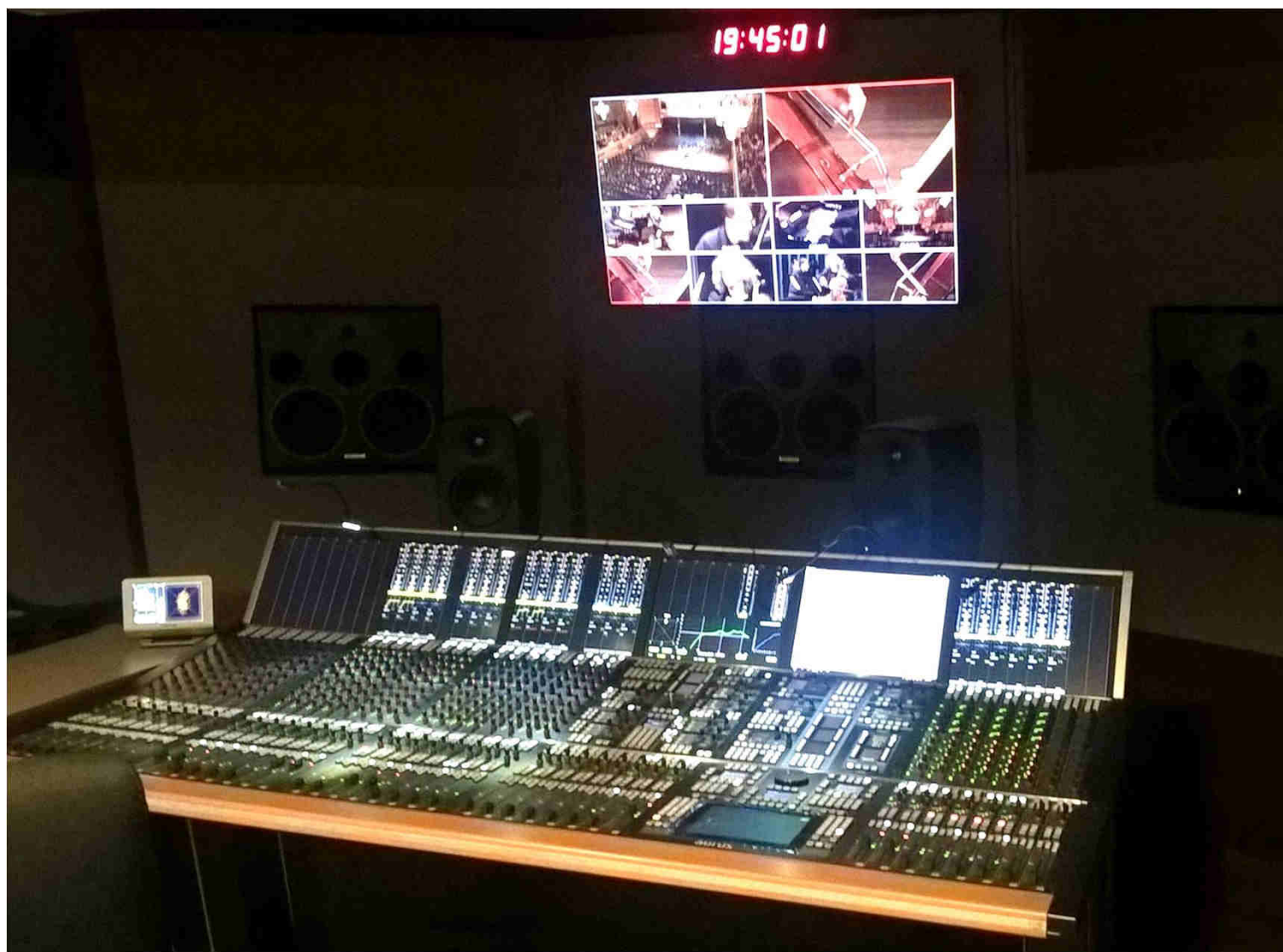


A LIGET BUDAPEST múzeumi projekt





A Zeneakadémia új stúdiója



A labor/mérések programja

Mérés	Leírás	Megjegyzés
L1	Közös tájékoztató	Mindenkinek közösen
L2	Zaj- és hangelemzés	Mindenkinek közösen, saját gép matlabbal jöhet
L3	Hangszórómérés	Süketszobában, cRIOval
L4	Móduselemzés	Labortérben, USB-s NI-vel
L5	Teremakusztika	Labortérben
L6	Gyárlátogatás	Mindenkinek közösen
L7	Térhangzás, 5.1	Stúdióban

1	február 5.	L1 A, B, C
2	február 12.	L2 A, B, C
3	február 19.	
4	február 26.	L3 A, L4 B
5	március 5.	L3 B, L4 C
6	március 12.	L3 C, L4 A
	március 19.	Szünet
7	március 26.	L5 A, L7 B
8	április 2.	L5 B, L7 C
9	április 9.	L5 C, L7 A
10	április 16.	L6 A, B, C
11	április 23.	
12	április 30.	
13	május 7.	Pótlás
14	május 14.	

<http://last.hit.bme.hu/hu/documents/lecture-notes>

Labor rend, rendszabályok

- Intelligens ember a laborban önmagától rendet tart, a többieknek kötelező!
- A laboratórium nem gyorsétterem, sem nem kocsmá vagy kávézó!
- A laborból semmilyen eszközt nem szabad kivinni az illetékes oktatók előzetes és írásos engedélye nélkül!
- Amit elővesz, kérem, tegye vissza!
- A laborban igen nagy értékek vannak. Legyenek nagyon körültekintők és óvatosak!