

Fontys Hogeschool Toegepaste Natuurwetenschappen
opleiding Technische Natuurkunde - Eindhoven



Harrie Linskens



HBO-Technische Natuurkunde

- Opleiding 4 jaar.
- ca. 320 studenten
- Technische Natuurkunde richt zich op het toepasbaar maken van de resultaten van natuurkundig en technisch onderzoek. Daarbij is sprake van een vertaling van natuurkundige kennis en principes naar innovatieve en duurzame technische producten en diensten.



Geluid in de opleiding, 2^e jaar

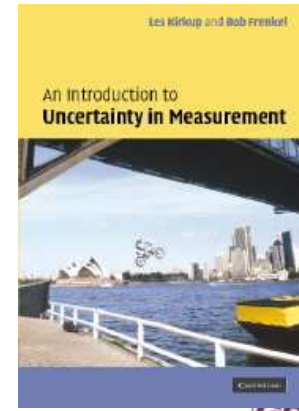
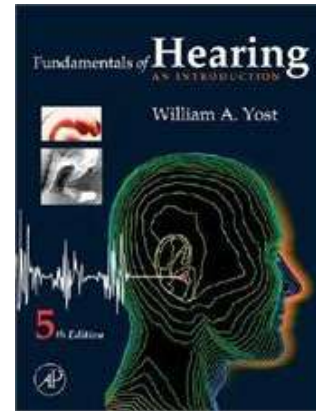
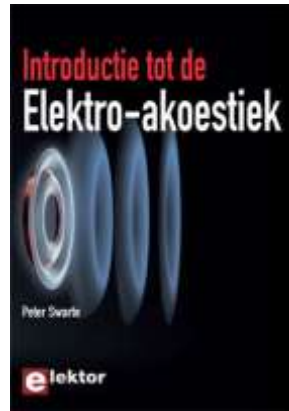
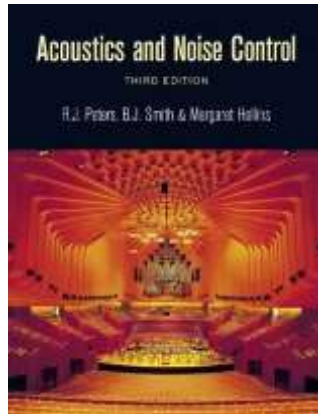
- Colleges Akoestiek, FFT, Wiskunde, Practicum en Project(en) zijn aan elkaar gerelateerd
- Practicum Fysisch Experimenteren → Verkeerslawaaai, Interferentie van golven, Doppler, Nagalmtijd, Geluidvermogen, Intensiteitsmeting, Absorptiecoëfficiënt SWT, Geluidsnelheid in metalen staaf, Isolatie van wand, FFT
- Project → Arbogeluid, Arbotrilling, remgeluid, wijkgebouw, sound quality, vleermuis, etc.

Geluid in de opleiding, 4^e jaar

- Colleges Elektro-Akoestiek
- Practicum: Psycho-akoestiek, B&K Kunstoor, luidsprekerrendement, Polair diagram luidsprekeropstellingen, Thiele & Small parameters, B&K Dirac/STI, specificaties hoofdtelefoons met B&K HATS, ..
- Project → Bobbejaanland Roller Coaster, luidsprekers Dom Utrecht, ANC-hoofdtelefoon, Trillingsonbalans, ...
- Verdiepend onderzoek → LP-geluidskwaliteit, Piezo-luidspreker, ...

Studiemateriaal

- Peters, Smith & Hollins, Acoustics and Noise Control
- Peter Swarte, Introductie tot de Elektro-akoestiek.
- Yost, Fundamentals of Hearing
- Kirkup, An introduction to Uncertainty in Measurement (GUM)



Stage- en afstudeerbedrijven

- Peutz
- Océ-Canon
- LBP/Sight
- Grimm Audio
- NLR
- Alara-Lukagro
- Bosch Electro Drives Bühl (D)
- Sonus
- Anteagroup
- Volantus
- Cauberg Huygen
- PTB Braunschweig (D)
- M+P
- Siemens, Leuven

Inhoud

- Historie
- Condensatormicrofoon
- Grootheden en samenhang
- Meten door studenten

Lawaai



1890 Straatbeeld Londen

Herrie in de stad

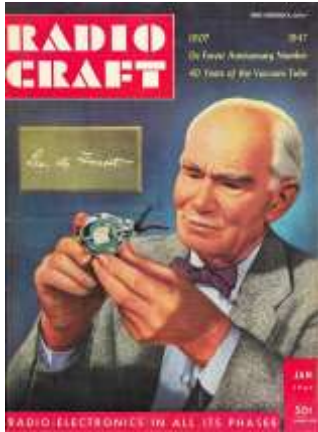


1941: poster in 200 USA-steden

1929: meting in NY
waarbij voor het
eerst de decibel
gebruikt wordt



Radiobuis

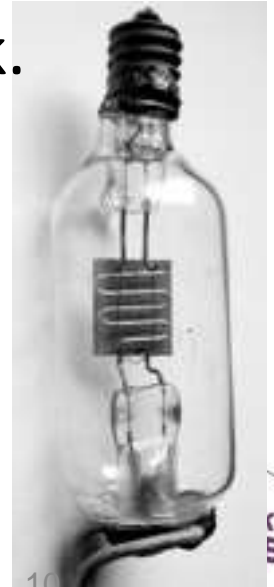
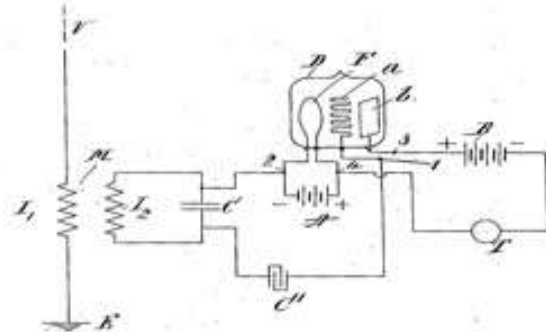


Lee de Forest, 1907:
1^e radiobuis, daarmee versterking van
kleine elektrische signalen mogelijk.

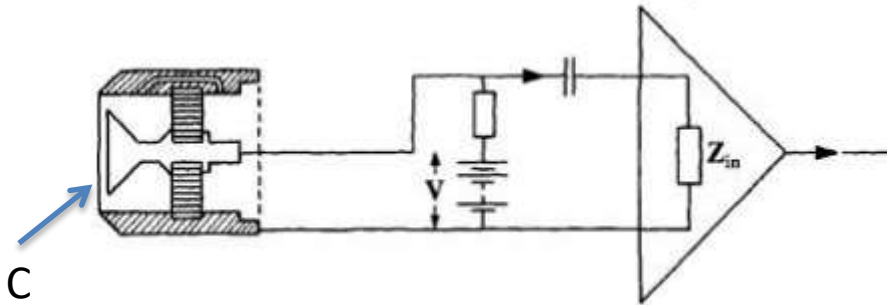
No. 879,532.

PATENTED FEB. 18, 1908.

L. DE FOREST.
SPACE TELEGRAPHY.
APPLICATION FILED JAN. 26, 1907.



Microfoon, gepolariseerde condensator



Capaciteit van de condensator:

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

A = Oppervlakte condensator

d = platafstand

ϵ = permittiviteit

Q = lading van de condensator

V = polarisatiespanning

$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow V = \frac{Q}{C} = \frac{Qd}{\epsilon A}$$

$$\rightarrow \Delta V = \frac{Q}{\epsilon A} \cdot \Delta d$$

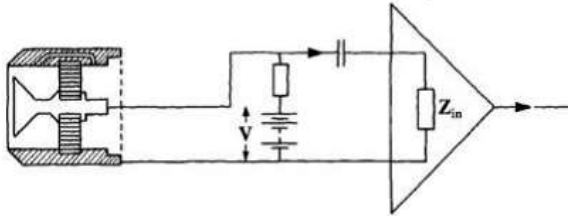
Hoge weerstand R \rightarrow lading Q op de condensator blijft constant.

\rightarrow De opgewekte wisselspanning is evenredig met de variatie in platafstand.

De tweede condensator ontkoppelt de gelijkspanning, alleen de wisselspanning gaat naar de versterker.



Condensatormicrofoon



$$\Delta V = \frac{Q}{\epsilon A} \cdot \Delta d \rightarrow \frac{\Delta V}{V} = \frac{\frac{Q}{\epsilon A} \cdot \Delta d}{\frac{Q}{\epsilon A} \cdot d} \rightarrow \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta d}{d}$$

Polarisatiespanning $V = 200 \text{ V}$.

Plaatafstand $d = 20 \text{ }\mu\text{m}$

Gevoeligheid $\frac{1}{2}$ " microfoon 50 mV/Pa .

Bij 94 dB ofwel 1 Pa geluidsdruk is $\Delta V = 50 \text{ mV}$.

$$\Delta d = \frac{\Delta V \cdot d}{V} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{200} = 5 \cdot 10^{-9} = 5 \text{ nm}$$

De microfoon is een bijzonder gevoelig instrument!

(dikte menselijke haar is 80.000 nm , diameter waterstofatoom is $0,1 \text{ nm}$)

Precision Sound Level meter B&K 2203

Studenten doen eerste meting : Verkeerslawaaai.

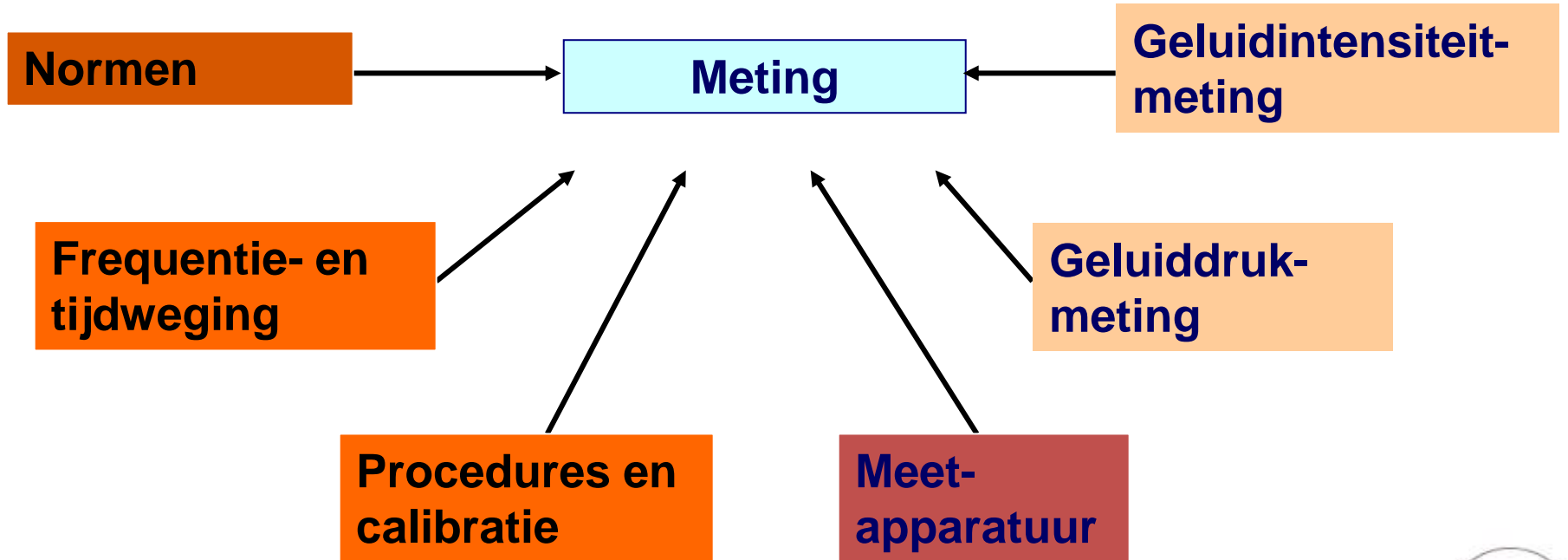
- Met B&K 2203
- Analoge wijzer
- Tijdweging instellen en je ziet het effect ervan: F, S
- Frequentieweging instellen: A, B, C, L
- Meetbereik kiezen: dynamiek is maar 10 + 10 dB
- Kalibratie uitvoeren
- Voorzichtig met de microfoon
- Geluidmeter in een warme omgeving niet inschakelen als deze koud is



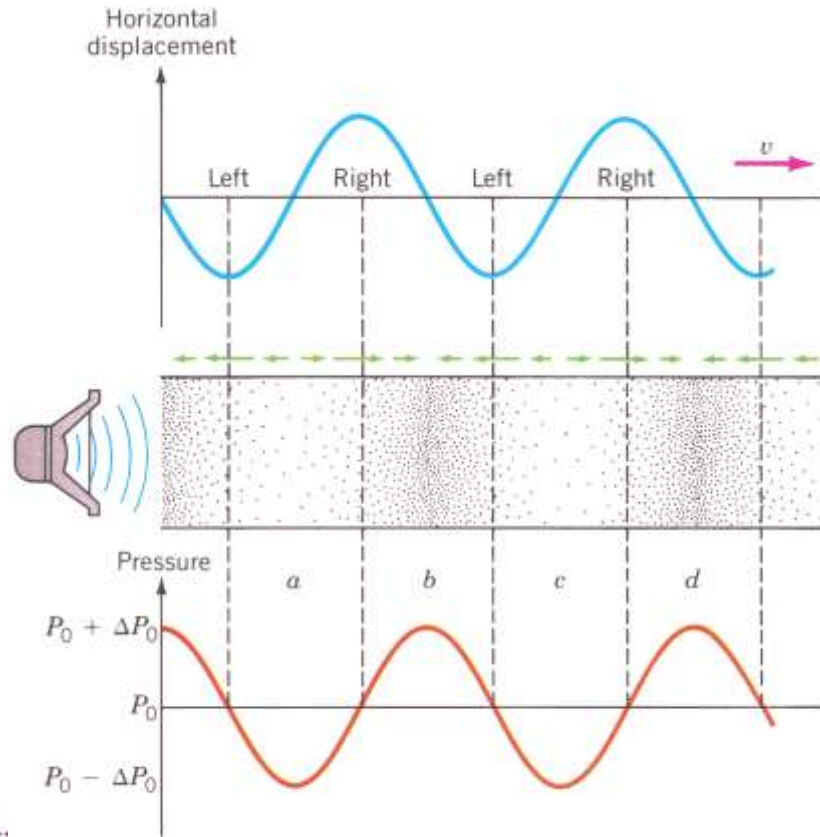
Fontys



Overzicht



Geluid: een longitudinale golf



Luchtmoleculen
bewegen
longitudinaal

Geluiddruk

Golfvergelijking

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2}$$

Oplossing:

$$y(x, t) = y_0 \cdot \cos(kx - \omega t)$$

Bij een geluidsgolf is y de deeltjesverplaatsing.

Uit de deeltjesverplaatsing $y(x, t)$ volgt:

de geluidsdruk p : $p(x, t) = -B \cdot \frac{\partial y(x, t)}{\partial x}$; meetbaar (microfoon)

en de deeltjessnelheid v : $v(x, t) = \frac{\partial y(x, t)}{\partial t}$; meetbaar (intensiteitsprobe)

Geluidssnelheid : $c = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$

$B = \text{Bulkmodulus (Kompressiemodulus)}$

$\rho = \text{dichtheid van lucht}$

Druk, intensiteit, vermogen

Energie (arbeid)= Kracht x Weg: $W = F \cdot s$

Differentieer naar tijd t: $\frac{dW}{dt} = F \cdot \frac{ds}{dt} \rightarrow$

Vermogen = Kracht x Snelheid : $P = F \cdot v$

Intensiteit = $\frac{\text{Vermogen}}{\text{Oppervlakte}} \rightarrow I = \frac{P}{S} = \frac{F \cdot v}{S}$

$\frac{F}{S}$ is de druk \rightarrow

$$\vec{I} = p \cdot \vec{v}$$

Relatie L_p en L_W , vrije veld

Voor het vrije veld geldt: $I = p \cdot v = p \cdot \frac{p}{\rho c} = \frac{p^2}{\rho c} \text{ [W/m}^2\text{]}$ $I = \frac{p^2}{\rho c} \text{ [W/m}^2\text{]}$

$$L_p = 10 \cdot \log\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right) \quad \text{en} \quad L_I = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

ρc is de akoestische impedantie Z van lucht.

$$Z_{ak} = p/v = \rho c = 415 \text{ [Ns/m}^2\text{]}$$

Er geldt $L_p = L_I$

omdat $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$, $(p_0)^2 = 400 \cdot 10^{-12} \text{ N}^2/\text{m}^4$, $\rho c \approx 400 \text{ Ns/m}^2$ en $I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \text{ [W/m}^2\text{]} \rightarrow$$

$$L_p = L_I = 10 \cdot \log\left(\frac{W}{4\pi r^2 I_0}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{W}{W_0}\right) + 10 \cdot \log\left(\frac{W_0}{4\pi r^2 I_0}\right) = L_W + 10 \cdot \log\left(\frac{1}{4\pi r^2}\right)$$

L_p meten en L_W berekenen of andersom

$$L_p = L_W + 10 \cdot \log\left(\frac{1}{4\pi r^2}\right)$$

Met richtfactor Q:

$$L_p = L_W + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4\pi r^2}\right)$$



EU-label Geluidemissie voor grasmaaier

Wat is het geluidvermogeniveau van de Kliko?



39. MOBIELE AFVALCONTAINERS
Basisnorm voor geluidsemisssie
En ISO 3744:1995.
Testoppervlak
— Reflecterend oppervlak van beton of niet-poreus
— Laboratoriumruimte met een vrije zone boven
Omgevingscorrectie K_{24}
Metingen in de buitenlucht

Relatie L_p en L_W , diffuse veld

A = absorberend
oppervlak in de ruimte

$$L_W = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0} = 10 \cdot \log \frac{I \cdot A}{W_0} = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \cdot \frac{I_0 \cdot A}{W_0} = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} + 10 \log A \rightarrow$$

(want $I_0 = W_0$)

$$L_W = L_I + 10 \cdot \log A$$

Diffuus veld: $I = \frac{p^2}{4\rho c} \rightarrow L_I = L_p - 6 \text{ dB} = L_p - 10 \cdot \log 4$

$$L_W = L_p - 10 \cdot \log 4 + 10 \cdot \log A \rightarrow \boxed{L_p = L_W + 10 \cdot \log \frac{4}{A}}$$

Met Sabine $T = \frac{V}{6A}$: $L_p = L_W + 10 \cdot \log \left(\frac{24T}{V} \right)$

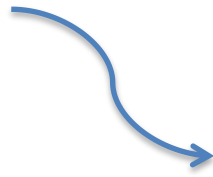
L_p en L_W , diffuse veld

$$L_p = L_W + 10 \cdot \log\left(\frac{24T}{V}\right)$$

$$\rightarrow L_p = L_W + 10 \cdot \log\left(\frac{T}{T_0}\right) - 10 \cdot \log\left(\frac{V}{V_0}\right) + 14 \text{ dB}$$

In de galmkamer/diffuse veld:

- T bekend, meet L_p en bereken L_W
- L_W bekend, meet L_p en bereken T

 *Reference Sound Source*



Bronvermogen L_W bepalen met substitiemethode

Geluidbron met onbekend geluidvermogen: $L_p = L_W + 10 \cdot \log\left(\frac{T}{T_0}\right) - 10 \cdot \log\left(\frac{V}{V_0}\right) + 14 \text{ dB}$

Referentiegeluidvermogenbron: $L_{p,r} = L_{W,r} + 10 \cdot \log\left(\frac{T}{T_0}\right) - 10 \cdot \log\left(\frac{V}{V_0}\right) + 14 \text{ dB}$

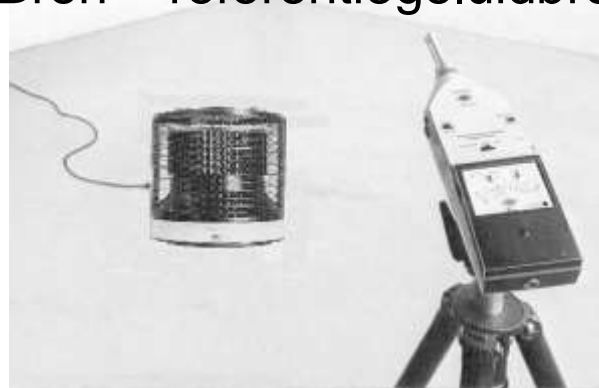
Neem het verschil bij gelijke meetomgeving:

$$L_p - L_{p,r} = L_W - L_{W,r} \rightarrow L_W \text{ is te berekenen}$$

Bron = machine



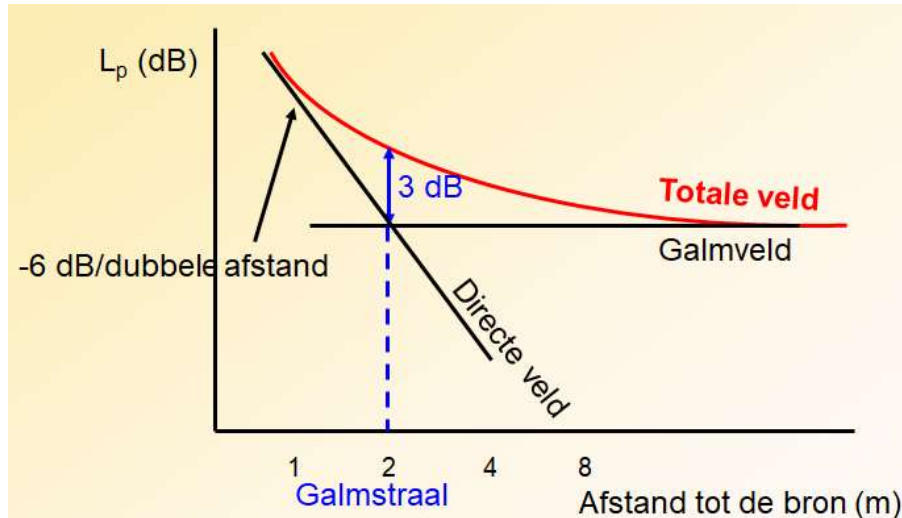
Bron = referentiegeluidbron



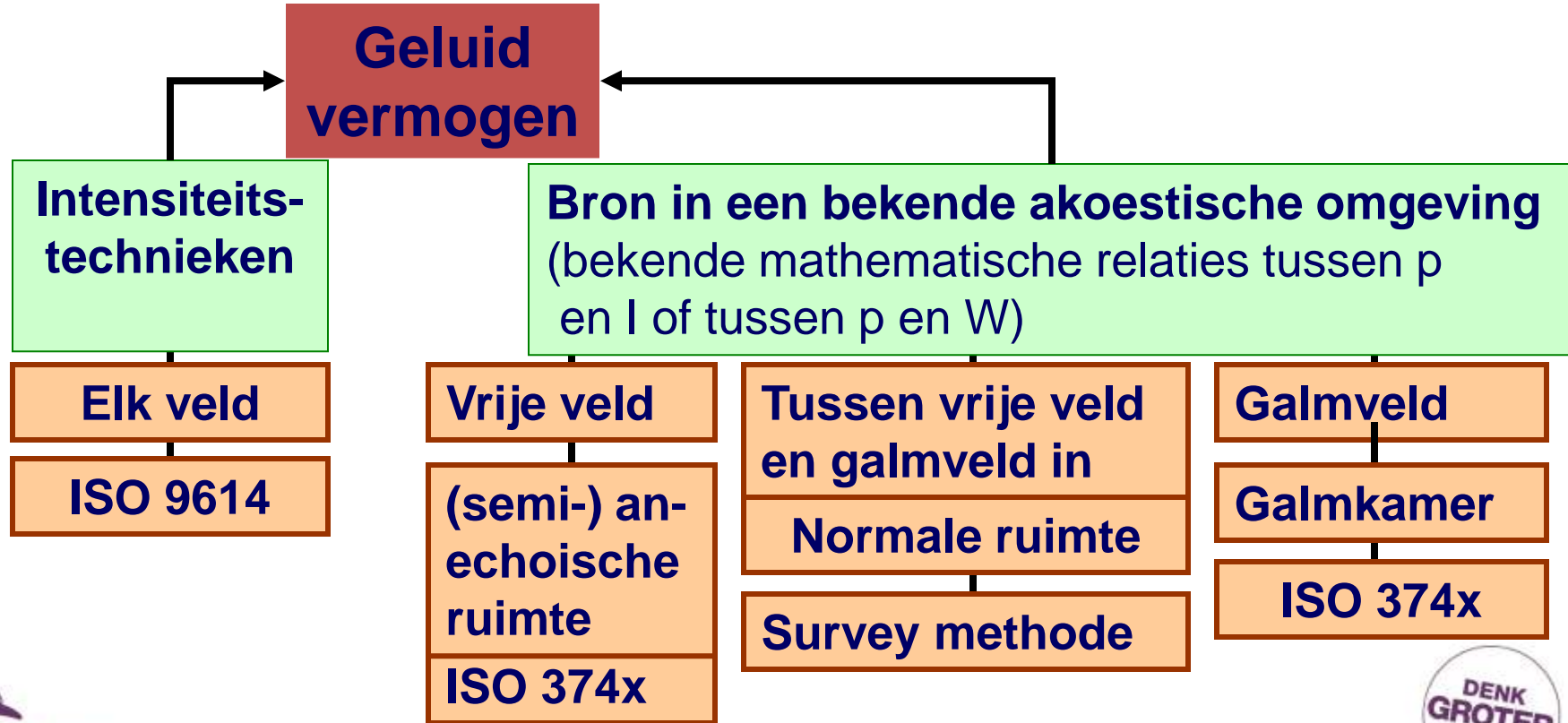
L_p en L_W , directe veld + diffuse veld

$$L_p = L_W + 10 \cdot \log\left(\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right)$$

Met Sabine $T = \frac{V}{6A}$: $L_p = L_W + 10 \cdot \log\left(\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{24T}{V}\right)$



Bepaling van geluidvermogens



ISO-normen voor geluidvermogen

| <i>Int. Standard</i> | <i>Classification Of method</i> | <i>Test environment</i> | <i>Character of noise</i> | <i>Sound power levels obtainable</i> |
|----------------------|---------------------------------|---|---|--|
| ISO 3741 | Precision | Reverberation room meeting specified requirements. | Steady, broadband | In one or third octave bands. Optional A-weighted |
| ISO 3742 | | | Steady discrete frequency or narrow-band | |
| ISO 3743 | Engineering | Special reverberation test room | Steady, broadband, narrowband discrete freq. | A-weighted and in octave bands |
| ISO 3744 | | Outdoors or in large room | Any | |
| ISO 3745 | | Precision | Anechoic or semi-anechoic | |
| ISO 3746 | Survey | No special test environment | | A-weighted |
| ISO 3747 | | No special test environment; source under test not moveable | Steady, broadband, narrowband or discrete freq. | |

Geluidmeters



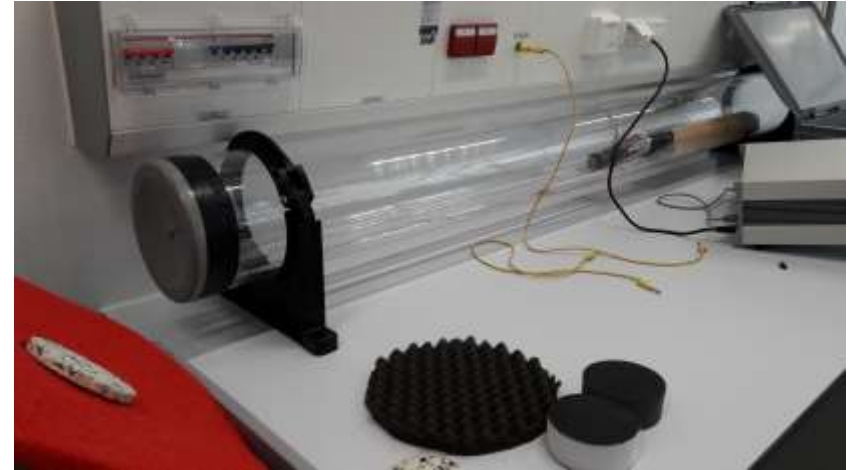
Praktikumlokaal



Meetkamer



Standing Wave Tube



Data Acquisitie Systeem en Software

- 6-kanaals LAN XI Front End en BK Connect
- Start voor studenten in September 2018
- Educational License, 25 gebruikers
- Ervaringen:
 - BK Connect geeft veel meetmogelijkheden bij projecten en practica.
 - BK Connect geeft snel inzicht in meetopzet, processing en analyse van de resultaten.
 - Je kunt snel veel meetdata overzichtelijk bewerken en grafisch weergeven.
 - Je kunt snel instellingen veranderen en zien wat het effect is.
 - Je kunt studenten snel inzicht geven (leren): ander inputsignaal, andere processing-instelling



BK Connect: LF-karakteristiek Hoofdtelefoons

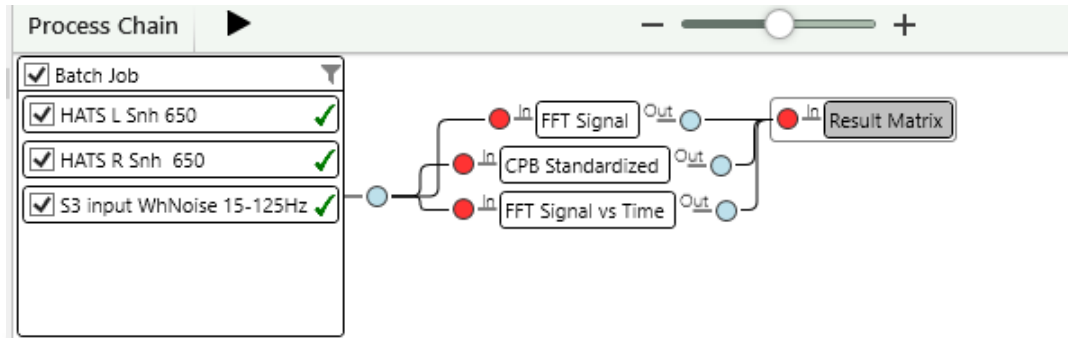
Doel: Laagfrequent frequentiegebied karakteriseren van 5 hoofdtelefoons

Signal 3 = Input witte ruis 15 – 125 Hz als .wav-file

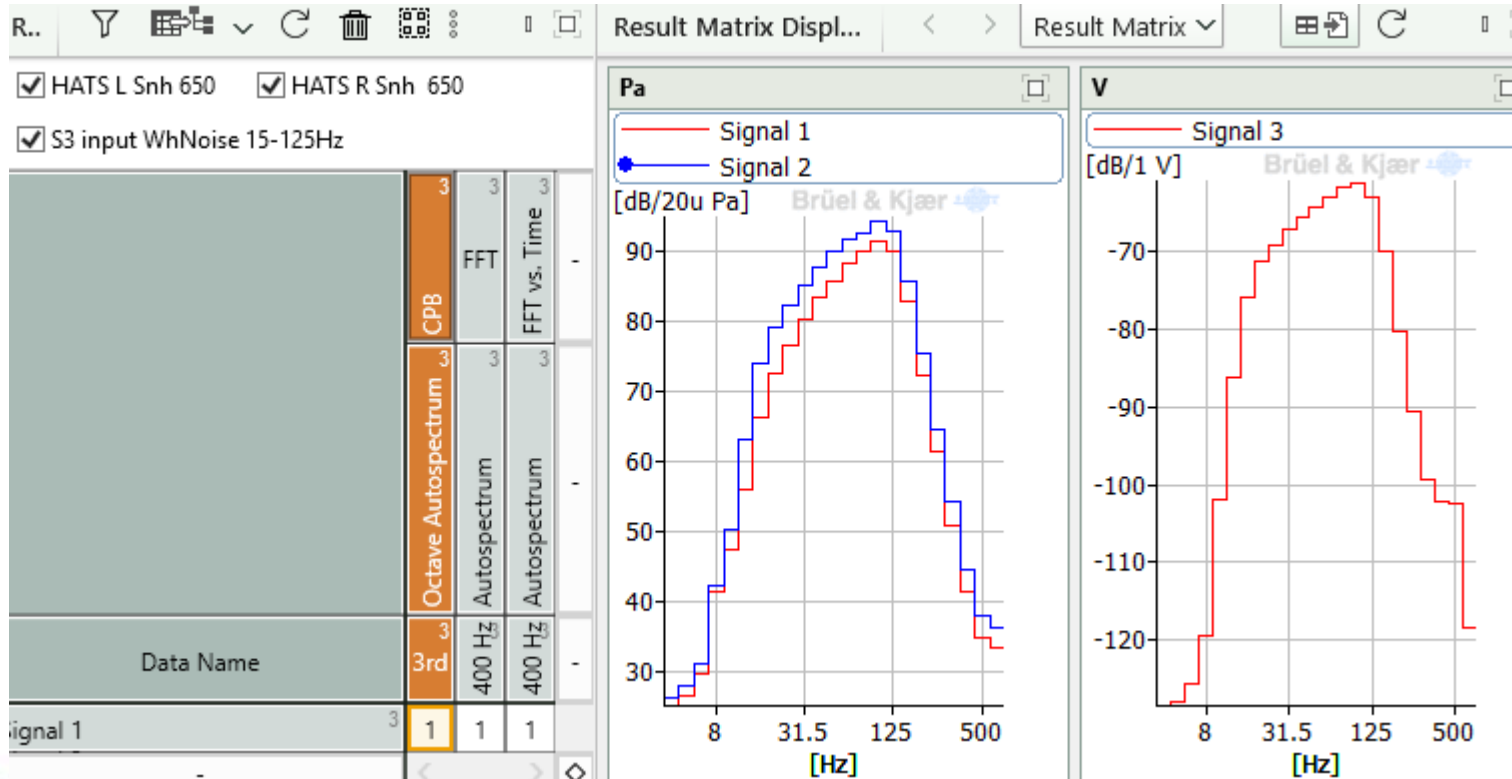
Signal 1 = Hoofdtelefoon Linker kanaal gemeten met HATS 4100D

Signal 2 = Hoofdtelefoon Rechter kanaal gemeten met HATS 4100D

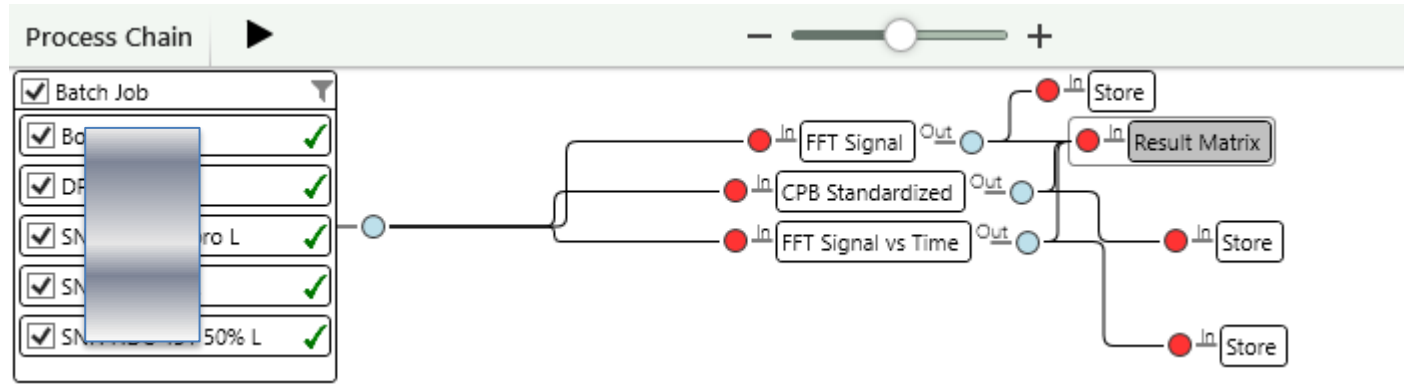
Processing: FFT, FFT(t) (spectrogram), CPB (tertsen)



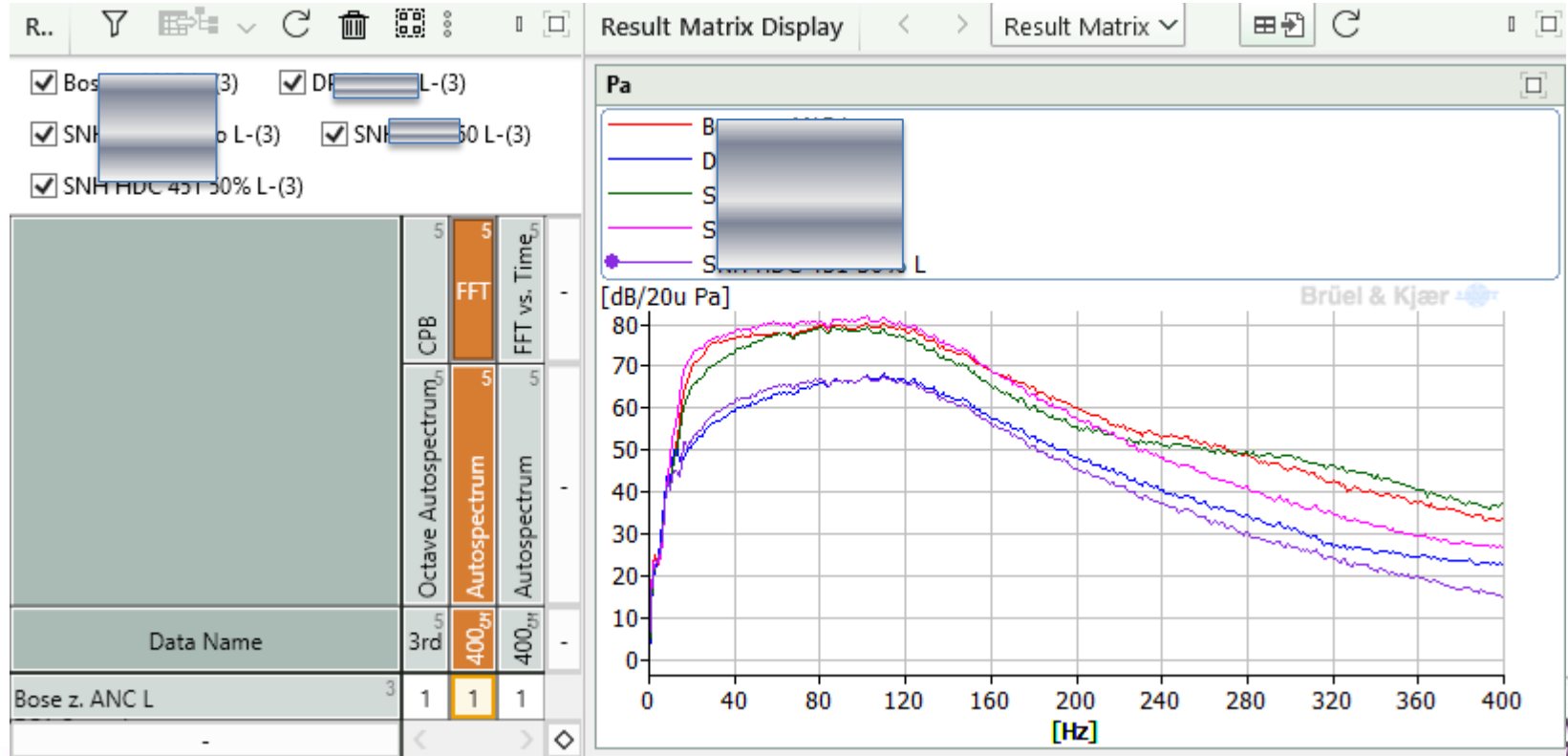
LF-karakteristiek Meetresultaat CPB



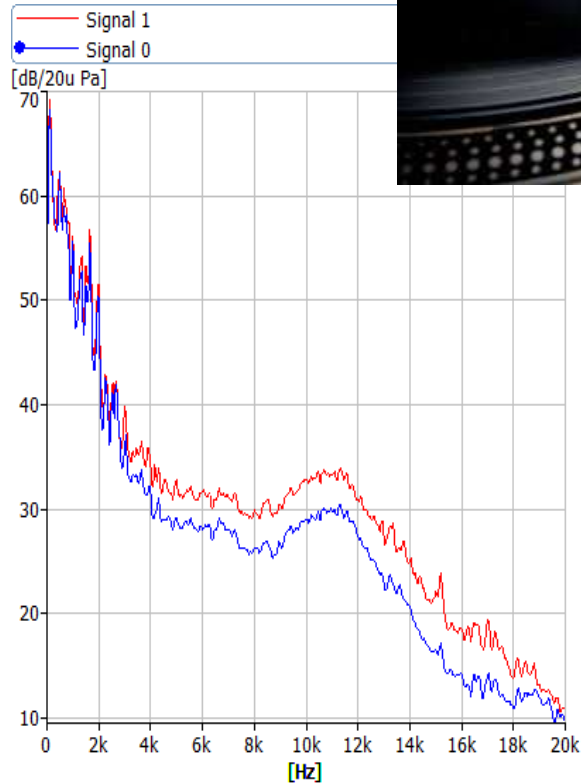
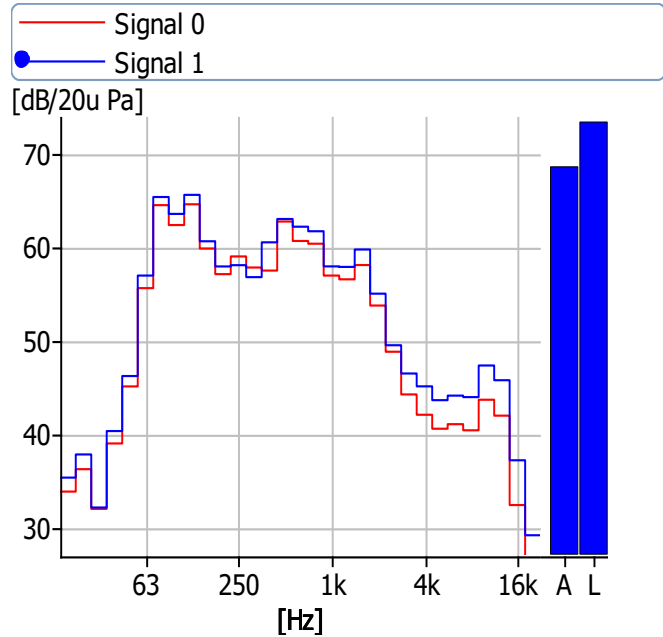
LF-karakteristieken Process Chain



LF-karakteristieken van 5 Hoofdtelefoons



Geluidskwaliteit van LP's

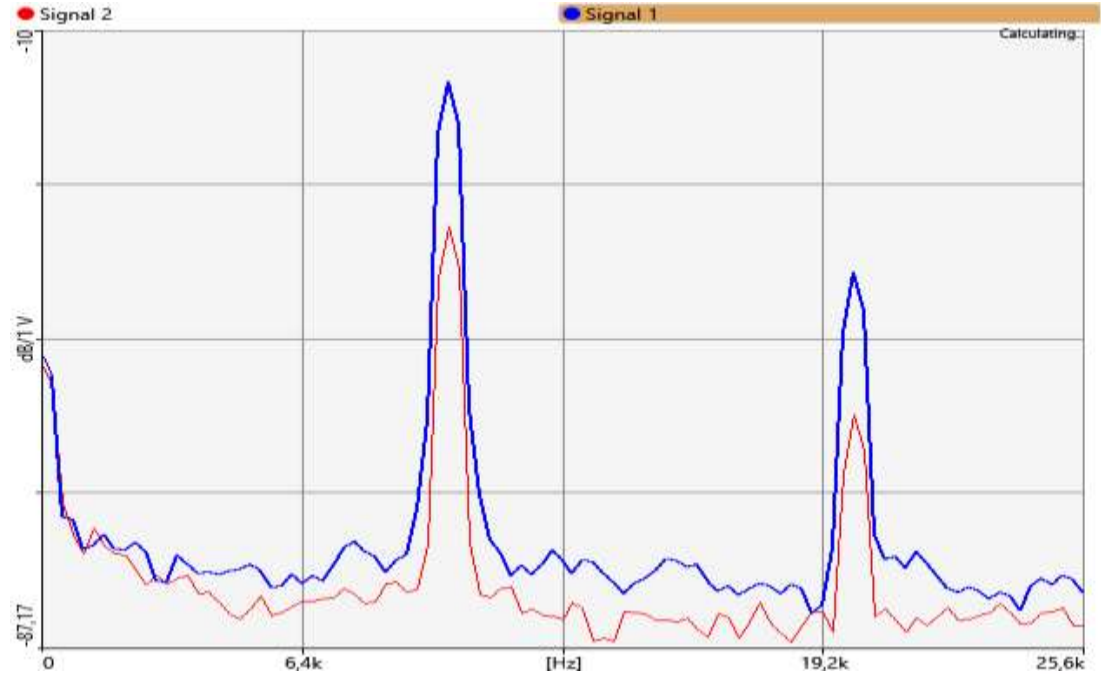


Geluidskwaliteit van LP's, Green Vinyl

Meting kanaalscheiding TestLP-Vinyl.

Meting ch.1 en 2 tegelijk op LANXI.
Signal 1 = L (blauw), Signal 2 = R (rood).

Meting track 2, sinus **10 kHz** op L.
L blauw = - 16,4 dB
R rood = - 34,2 dB
Kanaalscheiding L→R = 17,8 dB



Fontys opleiding Technische Natuurkunde

Dank voor uw aandacht