



Signaalanalyse

—
Wout Schwanen
M+P

Grondslagen van de akoestiek
28 november 2018



Inleiding

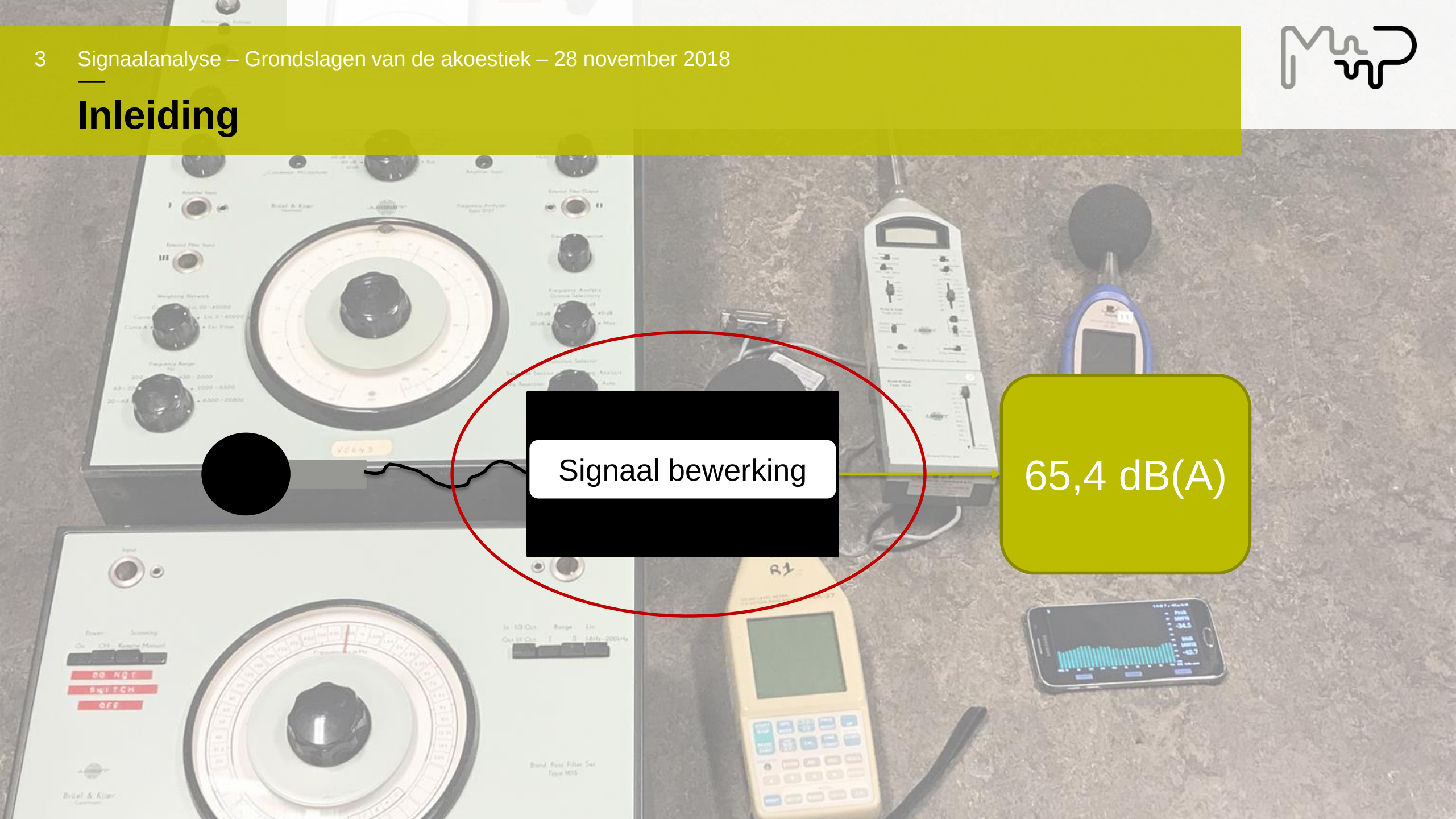




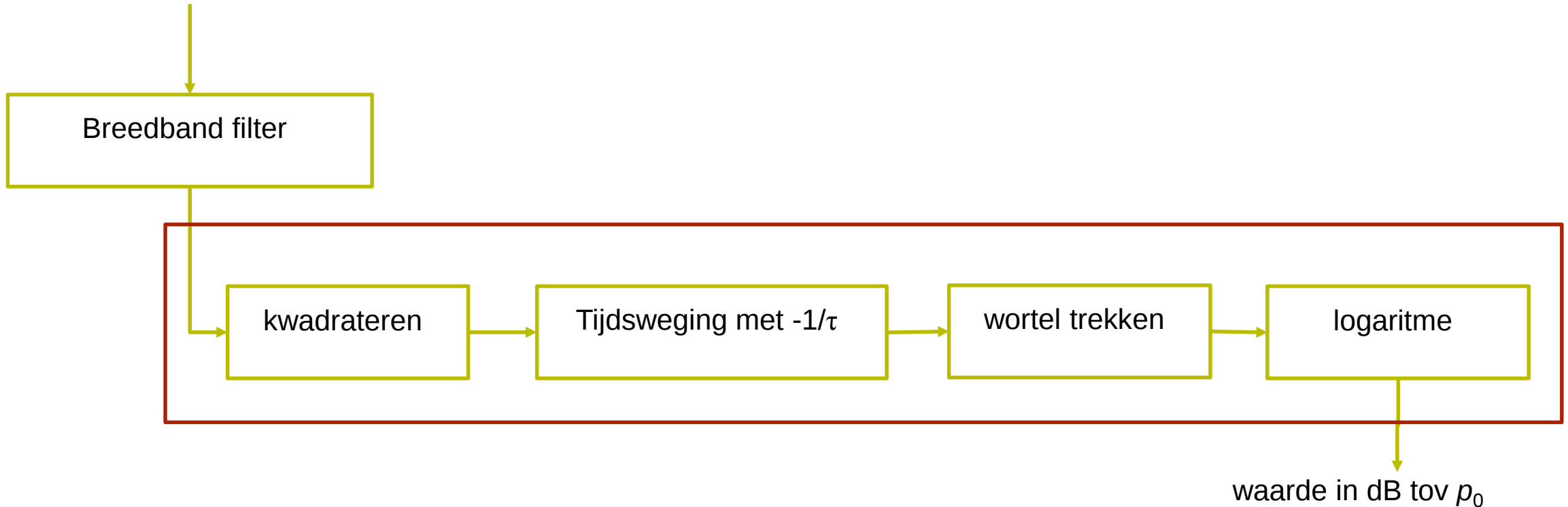
Inleiding

Signaal bewerking

65,4 dB(A)



Signaal verwerking



$$L_{A\tau}(t) = 20 \lg \left\{ \left[(1/\tau) \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) e^{-(t-\xi)/\tau} d\xi \right]^{1/2} / p_0 \right\}$$



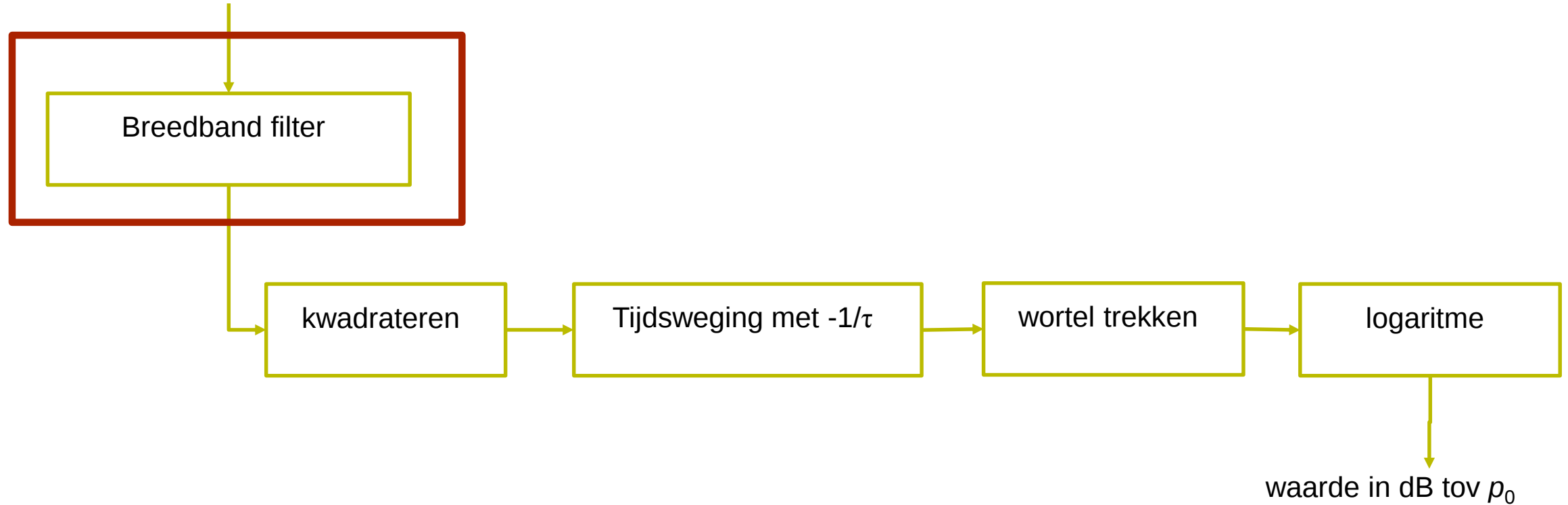
Inhoud

- Breedband filter
- RMS
- Tijdsweging
- Parameters
 - L_{Aeq} / SEL / L_{Amax}
- Frequentie analyse
 - Octaaf/tertsband filters
 - FFT





Signaal verwerking

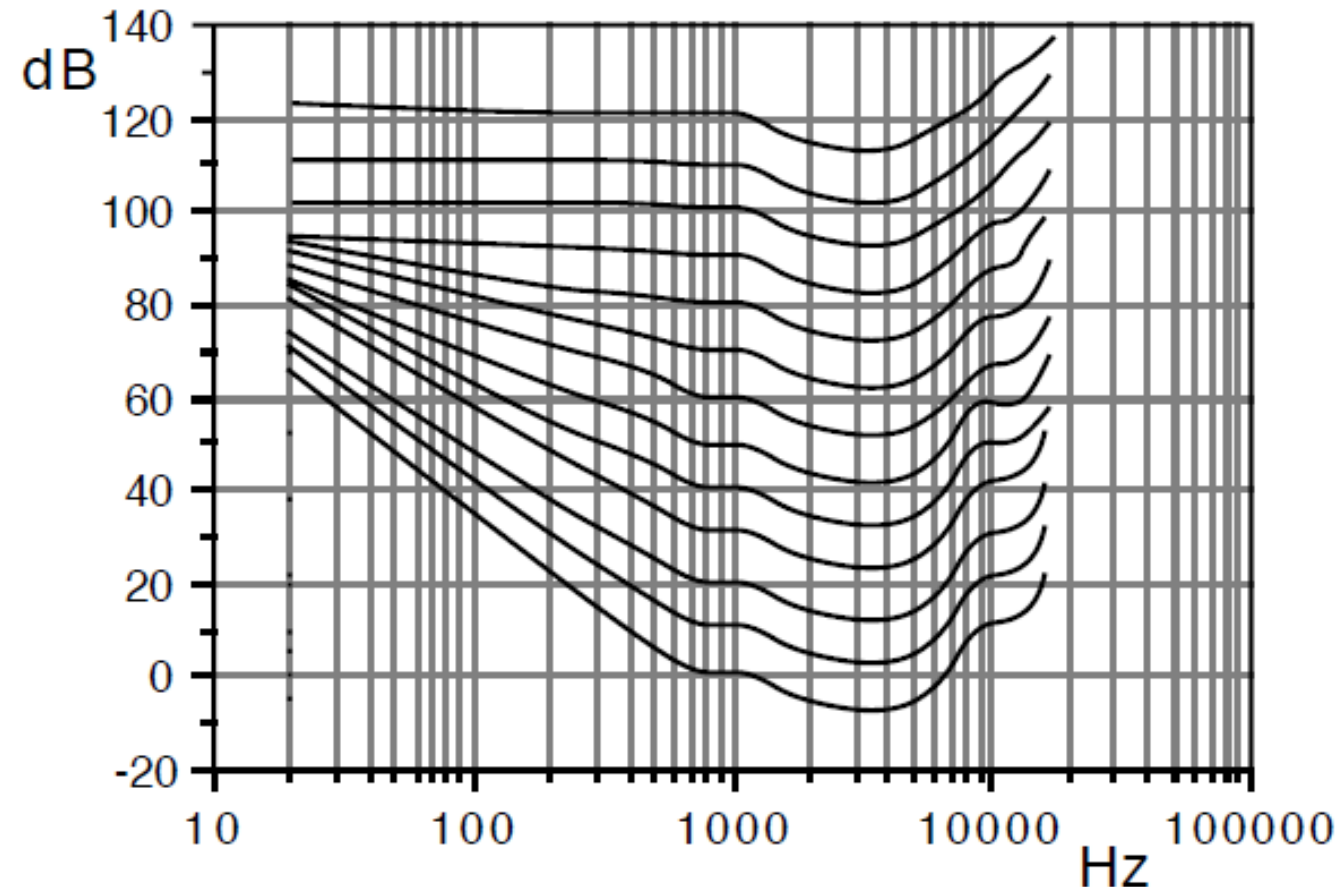




Breedband filter

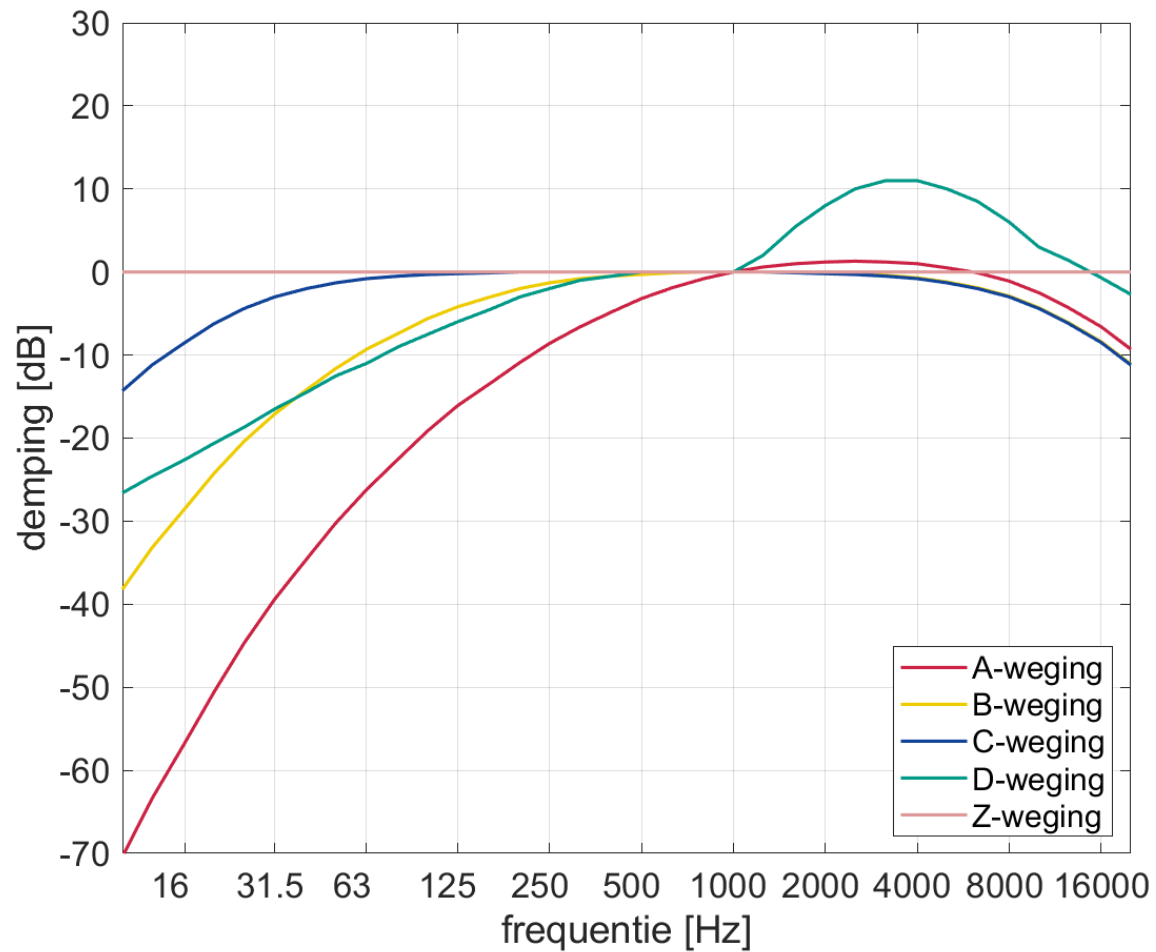
- Maximale geluidgevoeligheid tussen 1000 en 5000 Hz
- Lage en hoge frequenties verzwakken
- Frequentie afhankelijke gevoeligheid is afhankelijk van niveau

Standaardcorrectie filters voor verschillende niveaus





Breedband filter



- IEC 61672-1 beschrijft
- A-weging
- C-weging
- Z-weging



Breedband filter

5.4.8 For any frequency f in hertz, the C-weighting $C(f)$ shall be calculated, in decibels, from

$$C(f) = 20 \lg \left[\frac{f_4^2 f^2}{(f^2 + f_1^2)(f^2 + f_4^2)} \right] - C_{1000} \quad (6)$$

The A-weighting $A(f)$ shall be calculated from

$$A(f) = 20 \lg \left[\frac{f_4^2 f^4}{(f^2 + f_1^2)(f^2 + f_2^2)^{1/2}(f^2 + f_3^2)^{1/2}(f^2 + f_4^2)} \right] - A_{1000} \quad (7)$$

where C_{1000} and A_{1000} are normalization constants, in decibels, representing the electrical gain needed to provide frequency weightings of zero decibels at 1 kHz.

The Z-weighting $Z(f)$ shall be calculated from

$$Z(f) = 0. \quad (8)$$



Breedband filter

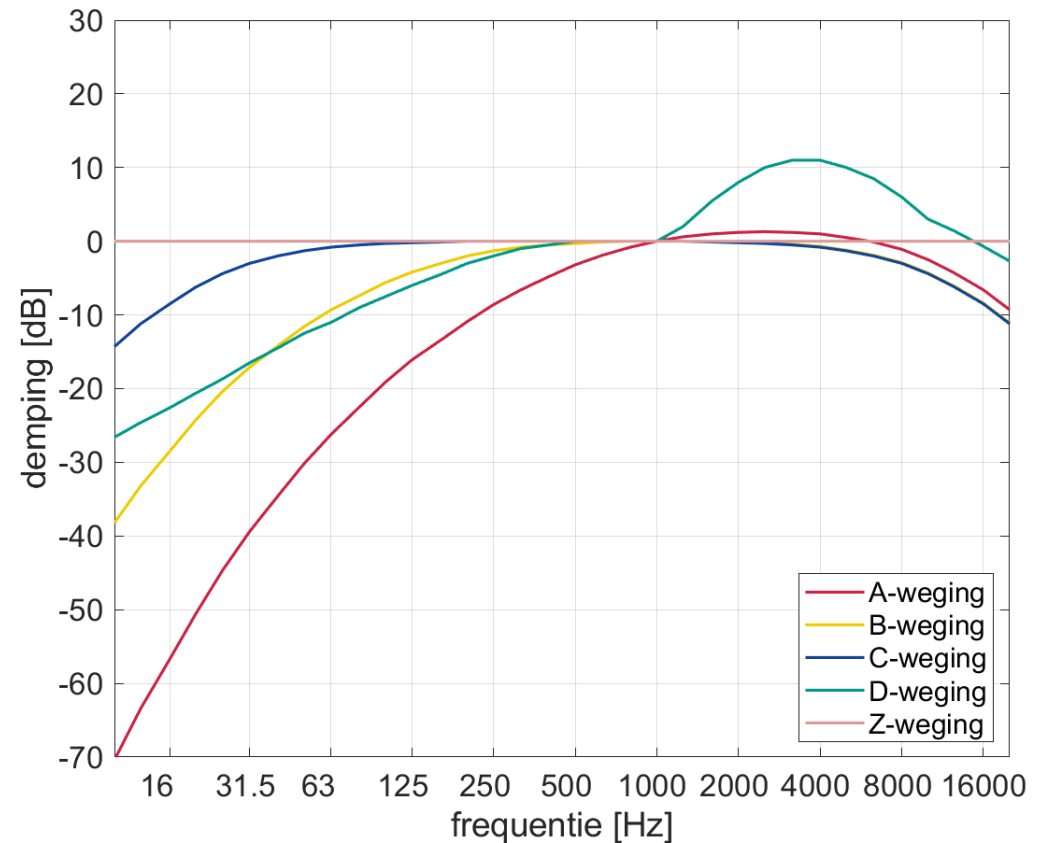
- Bij octaafband en tertsband analyse vaak als correctie op het spectrum toegepast

Nominal frequency ^{a)} Hz	Frequency weightings ^{b)} dB		
	A	C	Z
10	-70,4	-14,3	0,0
12,5	-63,4	-11,2	0,0
16	-56,7	-8,5	0,0
20	-50,5	-6,2	0,0
25	-44,7	-4,4	0,0
31,5	-39,4	-3,0	0,0
40	-34,6	-2,0	0,0
50	-30,2	-1,3	0,0
63	-26,2	-0,8	0,0
80	-22,5	-0,5	0,0
100	-19,1	-0,3	0,0
125	-16,1	-0,2	0,0
160	-13,4	-0,1	0,0
200	-10,9	0,0	0,0
250	-8,6	0,0	0,0
315	-6,6	0,0	0,0
400	-4,8	0,0	0,0
500	-3,2	0,0	0,0
630	-1,9	0,0	0,0
800	-0,8	0,0	0,0
1 000	0	0	0
1 250	+0,6	0,0	0,0
1 600	+1,0	-0,1	0,0



Breedband filter

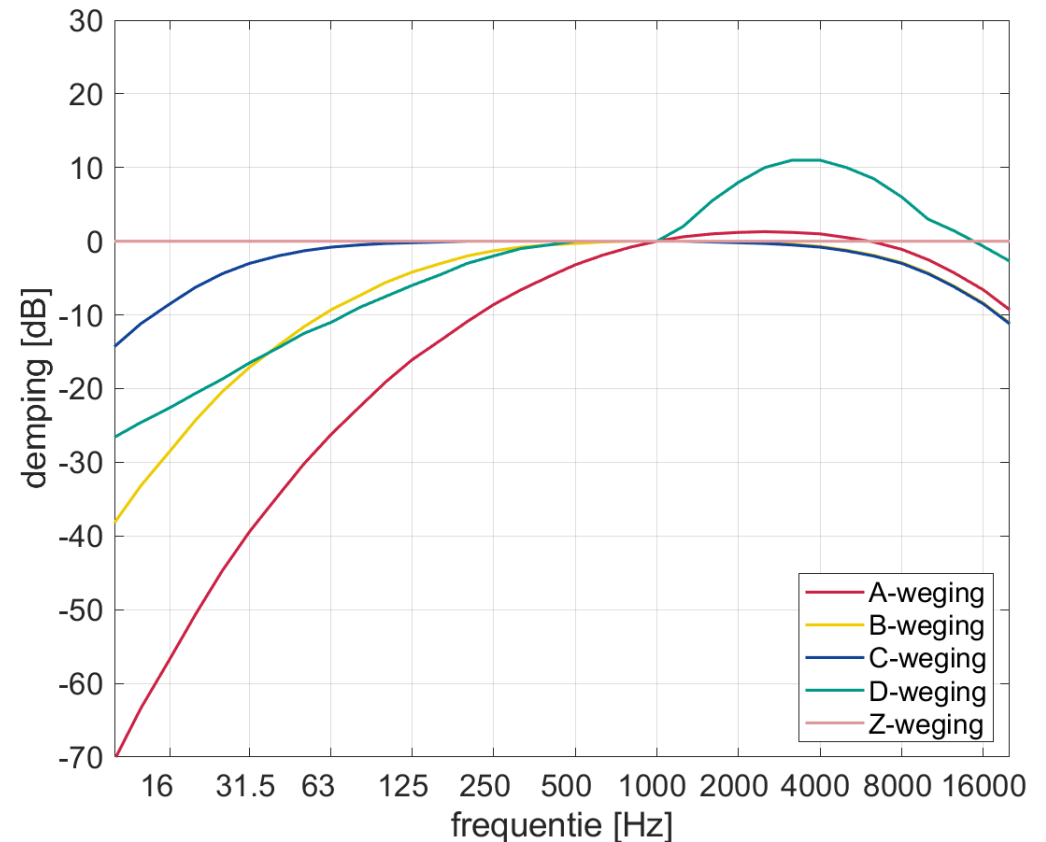
- A-weging :
 - Komt overeen met 40 foon
 - Meest gebruikt
- B-weging:
 - Komt overeen met 70 foon
 - Vrijwel nooit gebruikt



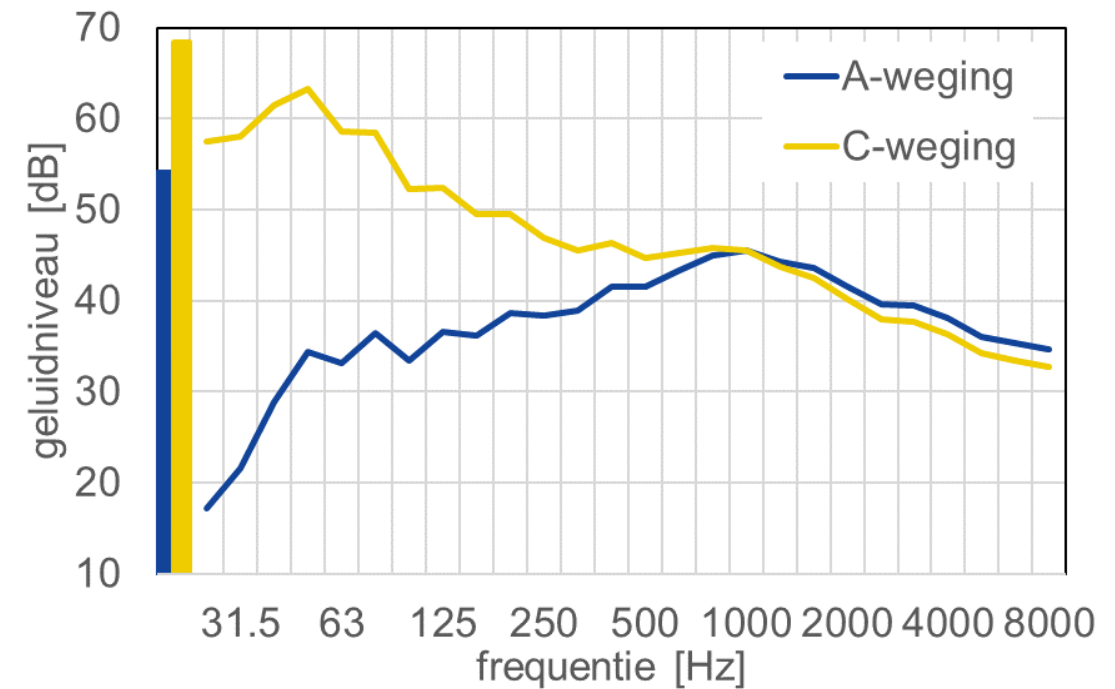


Breedband filter

- C-weging
 - Komt overeen met 100 foon
 - Hinder van bastonen
 - Hinder score van bruggen (Lc-La)
- D-weging:
 - speciaal voor vliegtuiglawaai in Verenigde Staten
 - Versterking rond 3000 Hz;
 - Niet gebruikt in Nederland
- Z-weging
 - Ongewogen signaal

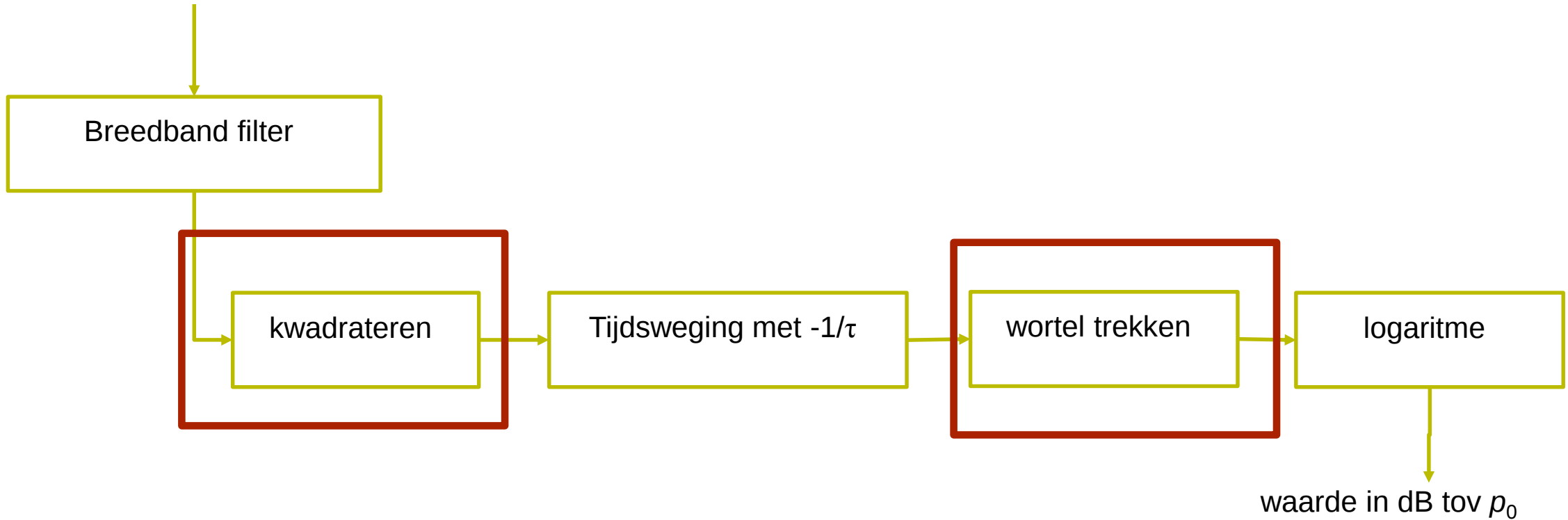


Praktijkvoorbeeld – geluid bij bruggen





Signaal verwerking



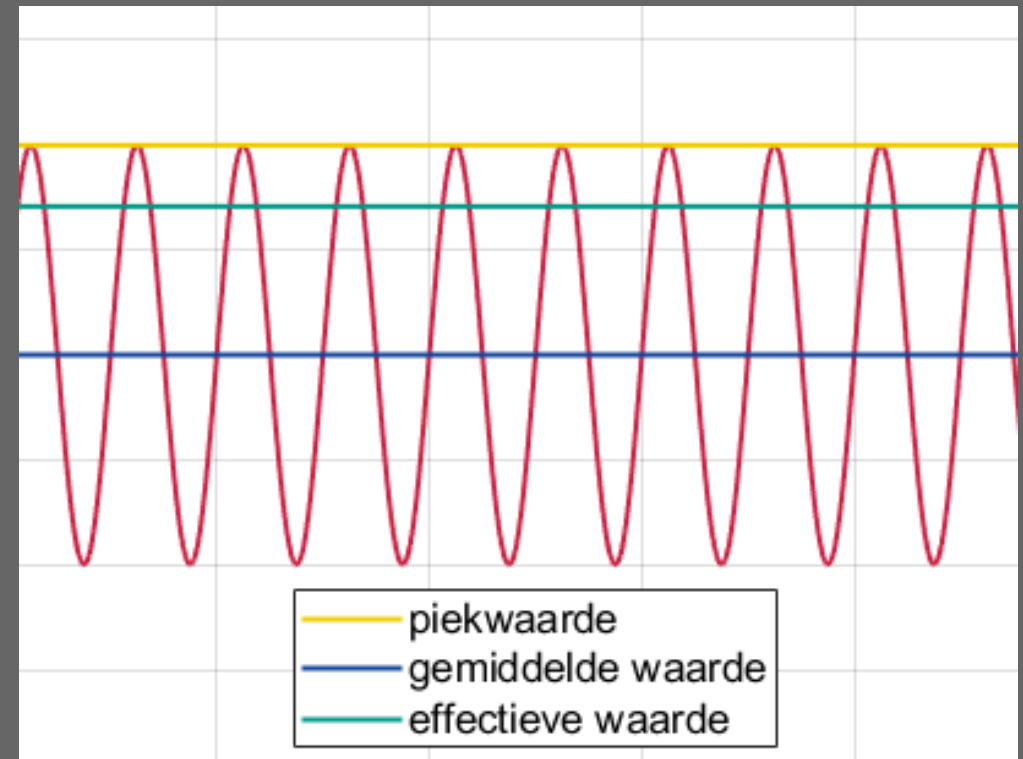


Effectieve waarde

- Geluidmeter kan signaal op twee manieren meten
 - piekwaarde
 - effectieve waarde

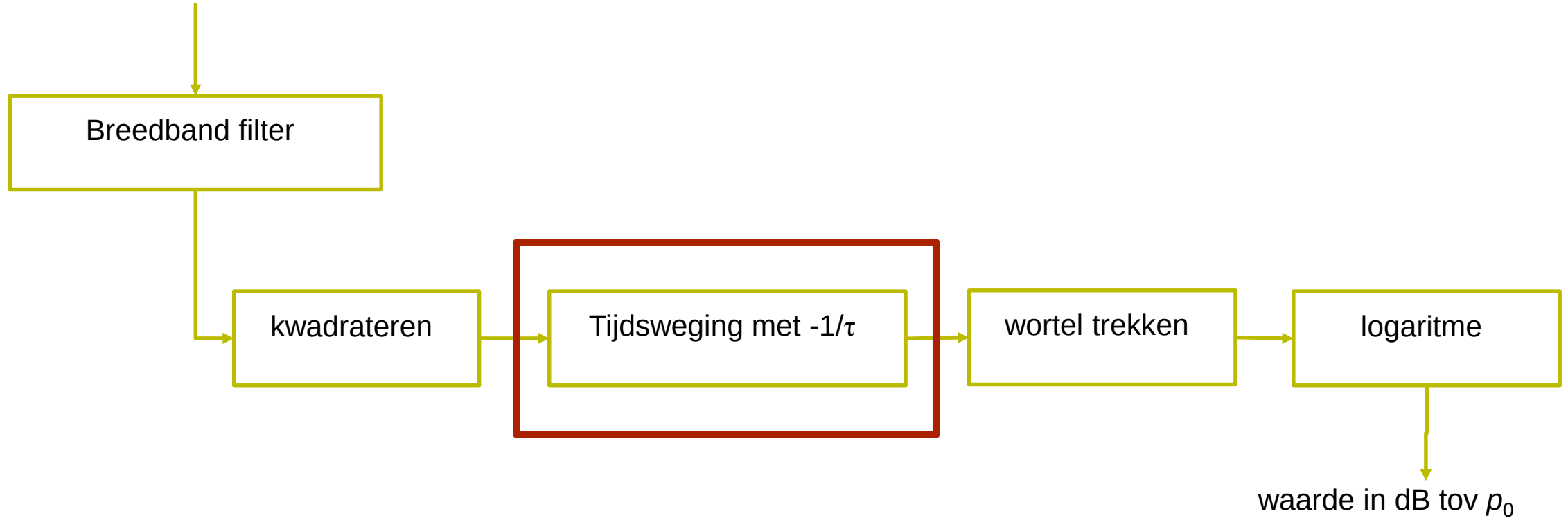
- Piekwaarde :
 - hoogste waarde
 - Geen informatie over energie inhoud

- Effectieve waarde
 - Root Mean Square
 - $RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$





Signaal verwerking





Tijdweging

- Wanneer geluidniveau verandert, heeft het oor tijd nodig om deze verandering waar te nemen
- Inschakeltijd is ongeveer 100 ms
- Gemeten waarden overeenkomen met menselijke perceptie
 - Niveauverandering ook vertragen



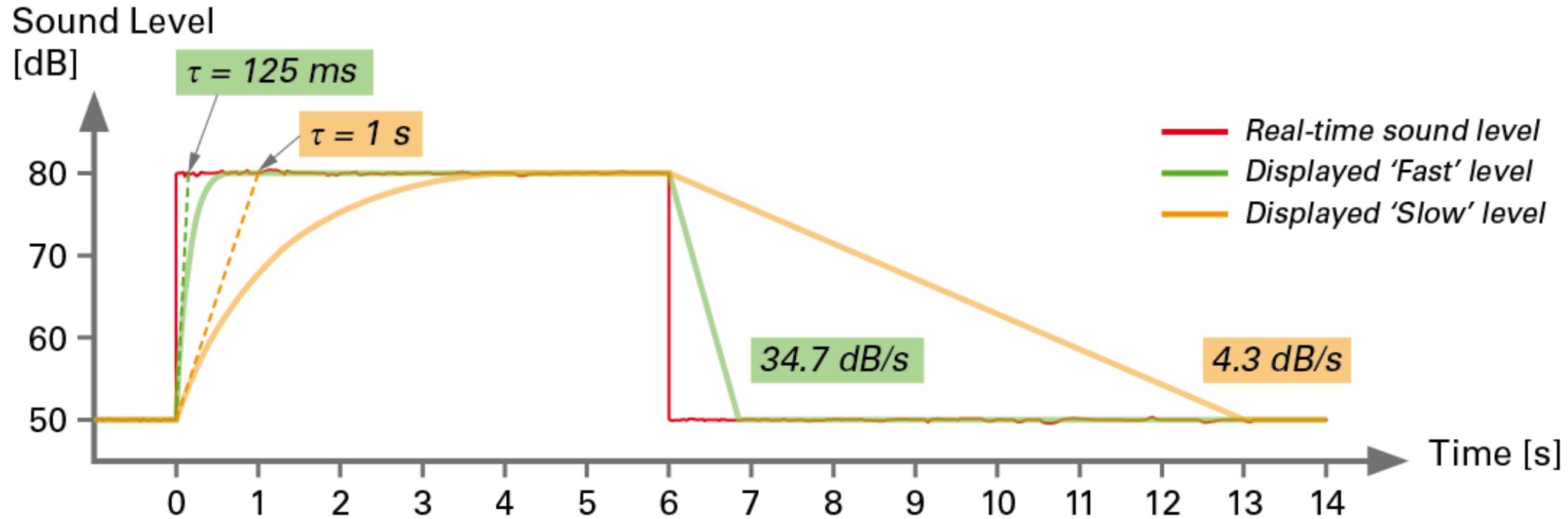
Tijdsweging

- IEC 61672-1 beschrijft twee tijdswegingen
 - Fast
 - Tijdsconstante $\tau = 0.125\text{s}$
 - Slow
 - Tijdsconstante = 1 sec

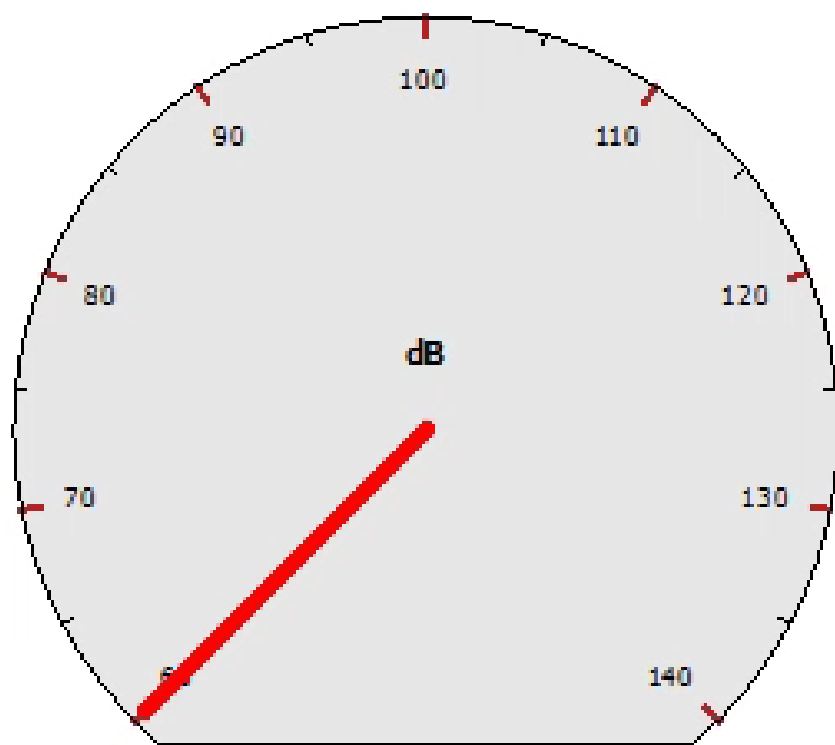
$$L_{A\tau}(t) = 20 \lg \left\{ \left[(1/\tau) \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) e^{-(t-\xi)/\tau} d\xi \right]^{1/2} / p_0 \right\}$$



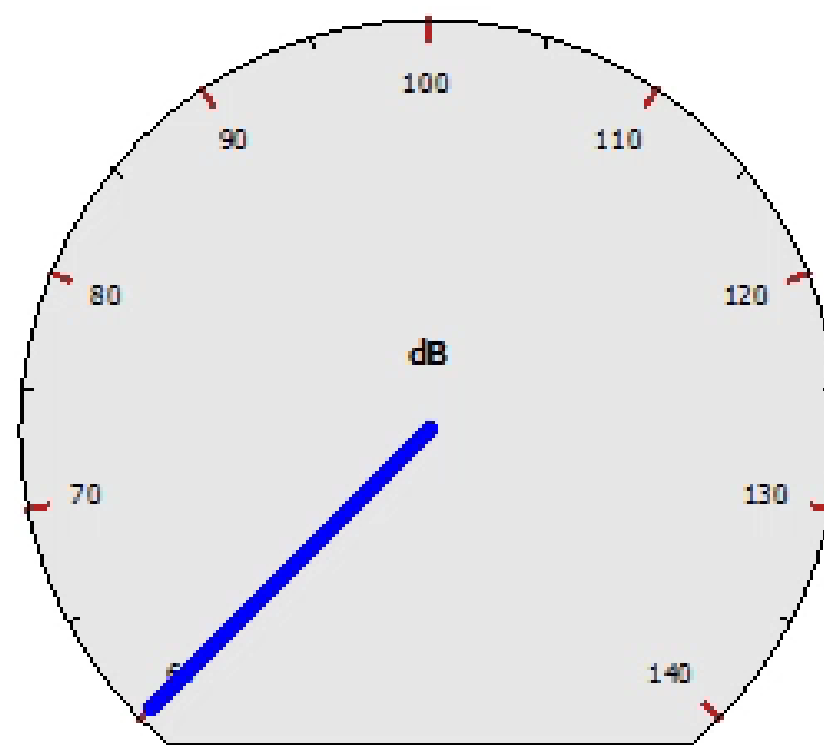
Tijdweging: fast en slow



Tijdweging: fast en slow



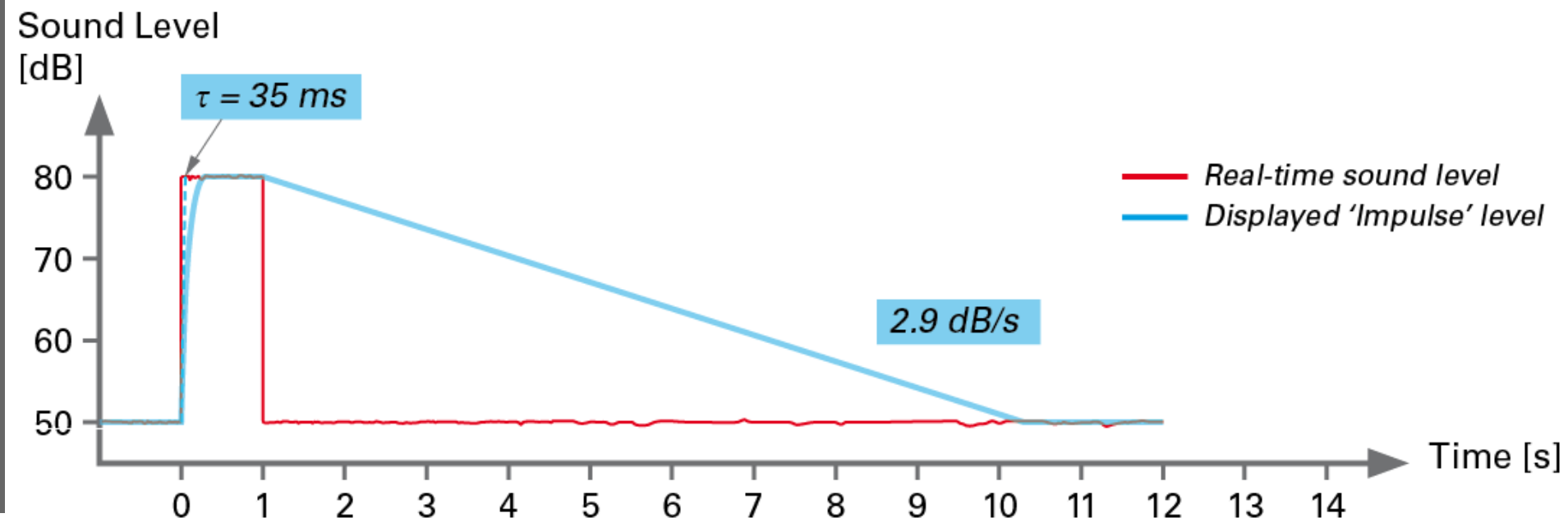
fast



slow

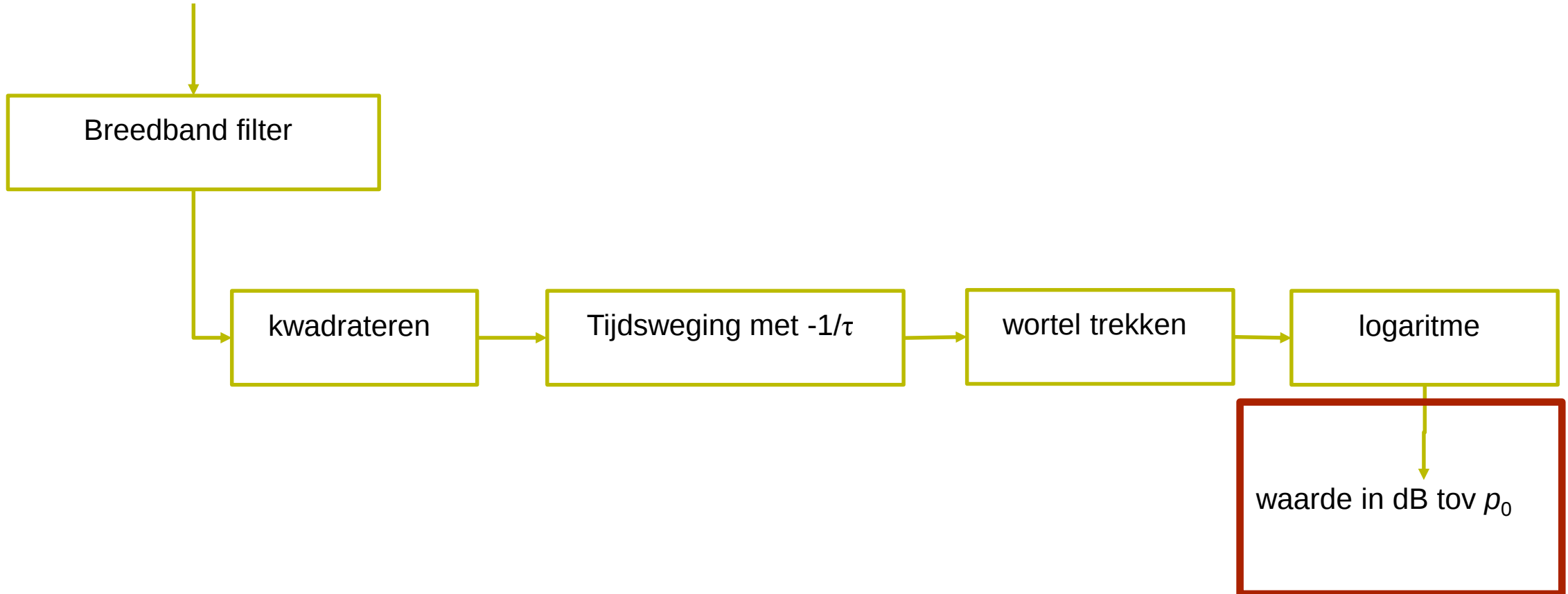
Tijdweging: impuls

- Beschreven in IEC 651
 - Norm is komen te vervallen
- Asymmetrische weging
 - $\tau = 35$ ms opgaand
 - $\tau = 1.5$ s neer gaand





Signaal verwerking





Parameters - L_{AFmax}

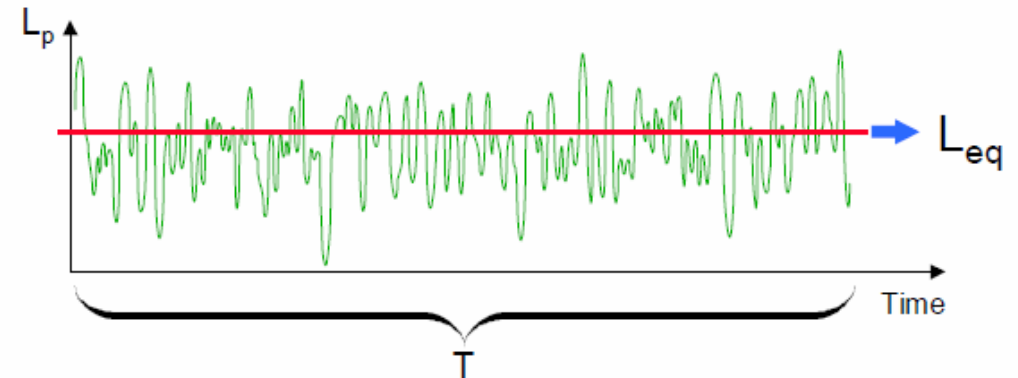
- L_{AFmax}
 - Maximale A-gewogen geluidniveau met tijdweging Fast



Parameters - L_{Aeq}

- A-gewogen equivalent geluidniveau
- Wanneer een bron met fluctuerend geluidsdrukniveau met constant niveau zou afstralen is dat constante geluidniveau het equivalente geluidniveau

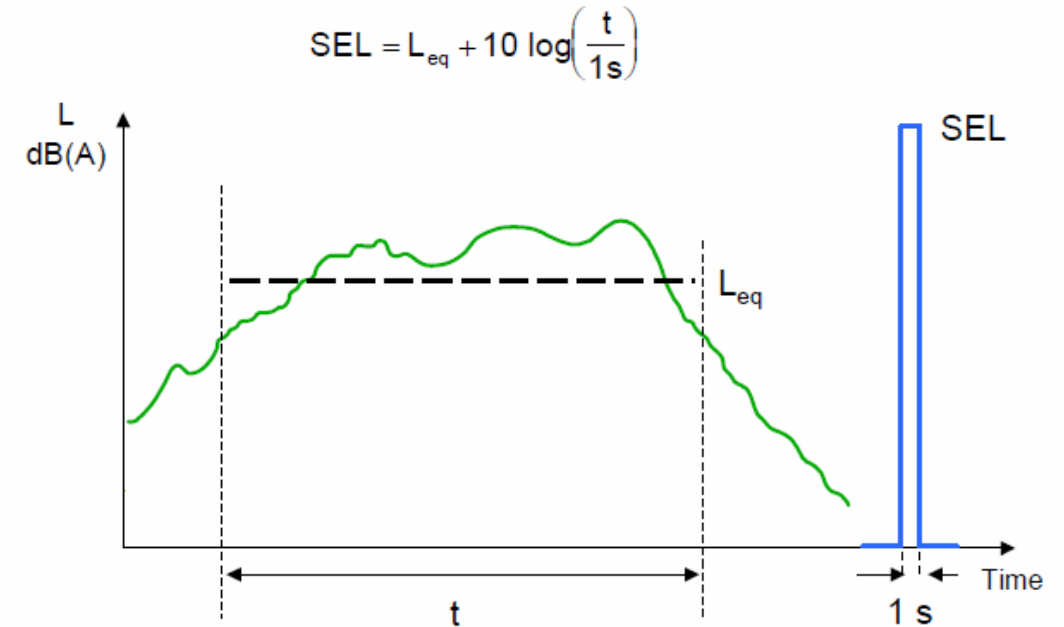
$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt$$





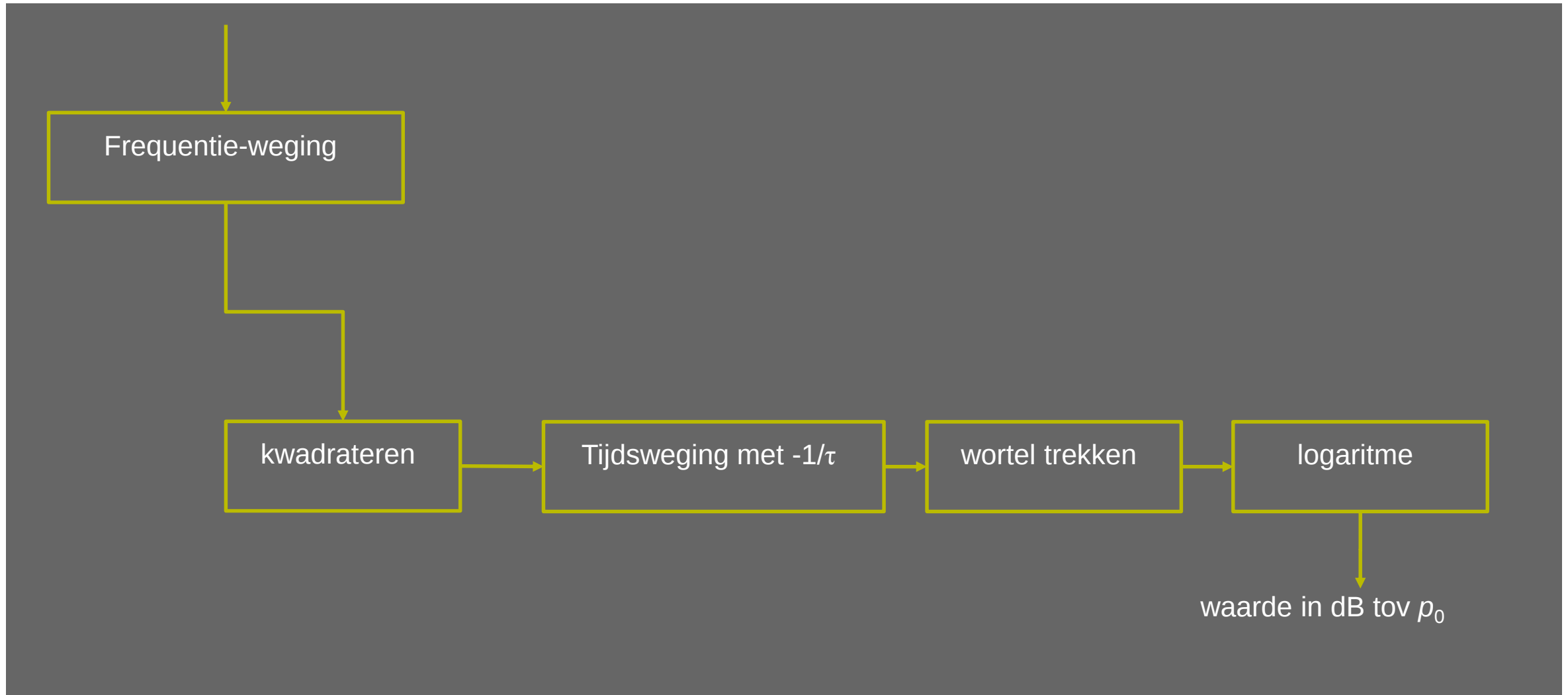
Sound Exposure Level

- SEL wordt vaak gebruikt om geluidgebeurtenissen met sterk verschillende tijdsduur met elkaar te vergelijken



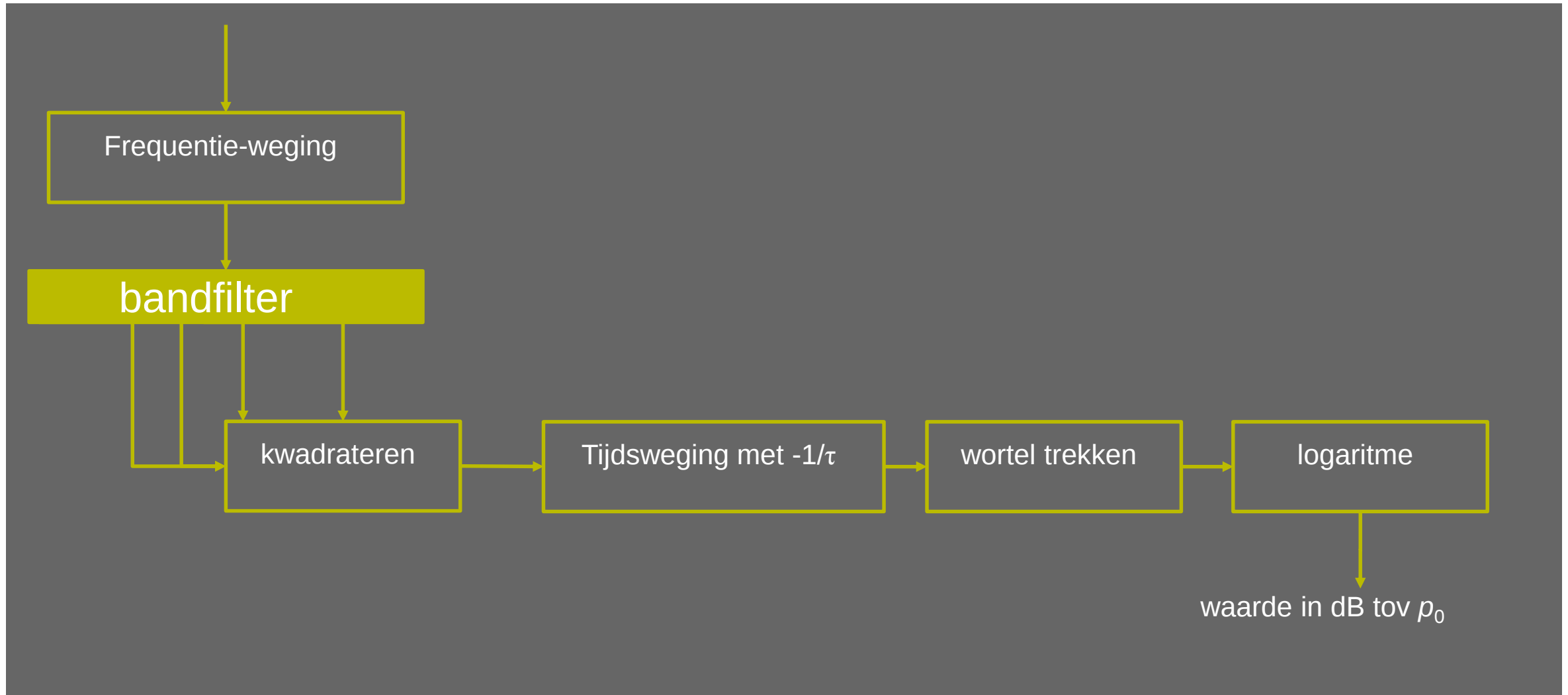


Signaalanalyse





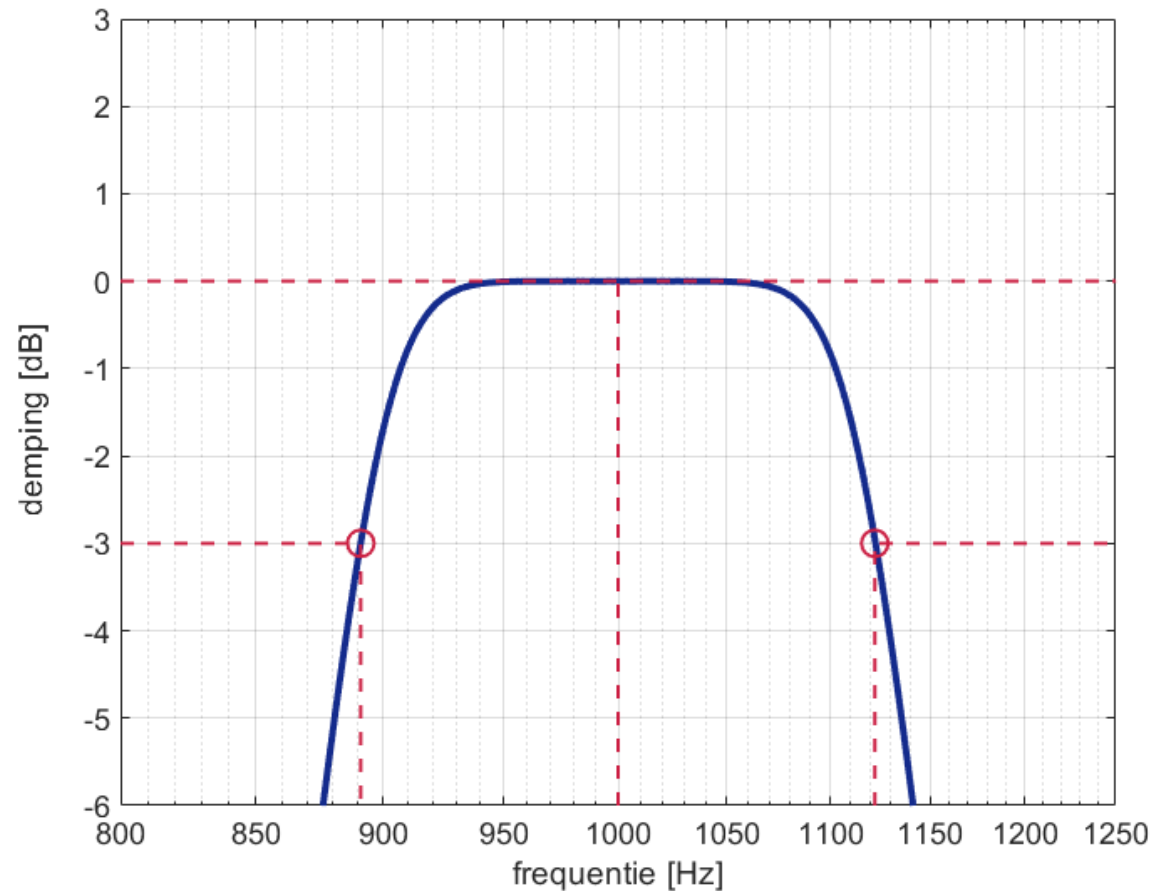
Signaalanalyse





Tertsbandfilter

- Bandpass filter
 - Centerfrequentie f_o
 - Twee grensfrequenties f_1 en f_2
- Constant relatieve bandbreedte
- $F_2 = \sqrt[3]{2}F_1$
- $\Delta F \approx 0,26 F_1 \approx 0,22 F_2$





Tertsbandfilter

- Middenfrequentie
- $f_m = (G^{x/b})(f_r)$
- Basisgetal 10
- Basisgetal 2
- EN 61260

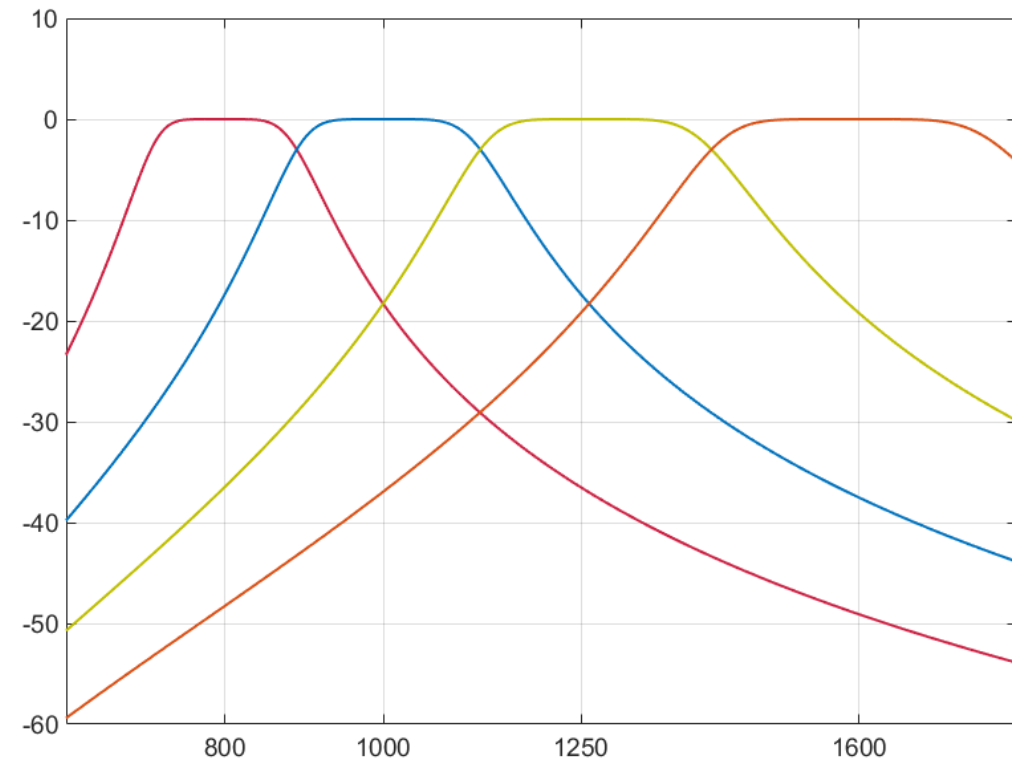
Tabelle A.1: Bandmittenfrequenzen für Oktav- und Terzfilter im Hörbereich

Index x	Basis zehn exakte f_m ($10^{x/10}$) (1 000) Hz	Basis zwei exakte f_m ($2^{x/3}$) (1 000) Hz	Nenn-Band- mittenfrequenz Hz	Terz	Oktave
- 16	25,119	24,803	25	•	
- 15	31,623	31,250 +	31,5	•	•
- 14	39,811	39,373	40	•	
- 13	50,119	49,606	50	•	
- 12	63,096	62,500 +	63	•	•
- 11	79,433	78,745	80	•	
- 10	100,00 +	99,213	100	•	
- 9	125,89	125,00 +	125	•	•
- 8	158,49	157,49	160	•	
- 7	199,53	198,43	200	•	
- 6	251,19	250,00 +	250	•	•
- 5	316,23	314,98	315	•	
- 4	398,11	396,85	400	•	
- 3	501,19	500,00 +	500	•	•
- 2	630,96	629,96	630	•	
- 1	794,33	793,70	800	•	
0	1 000,0 +	1 000,0 +	1 000	•	•
1	1 258,9	1 259,9	1 250	•	



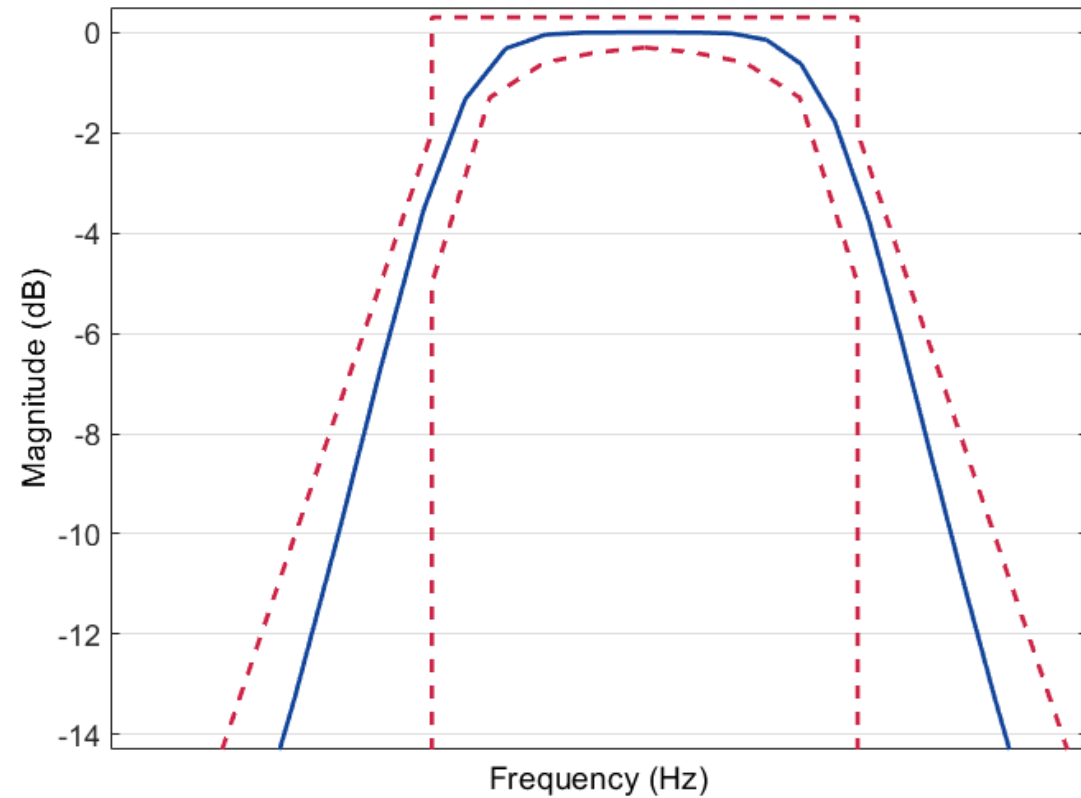
Tertsbandfilters

- f_2 van een filter is de f_1 van het volgende tertsbandfilter
- Filters overlappen elkaar



Tertsbandfilter

- Class 0, 1 en 2
- Voorbeeld: Class 1





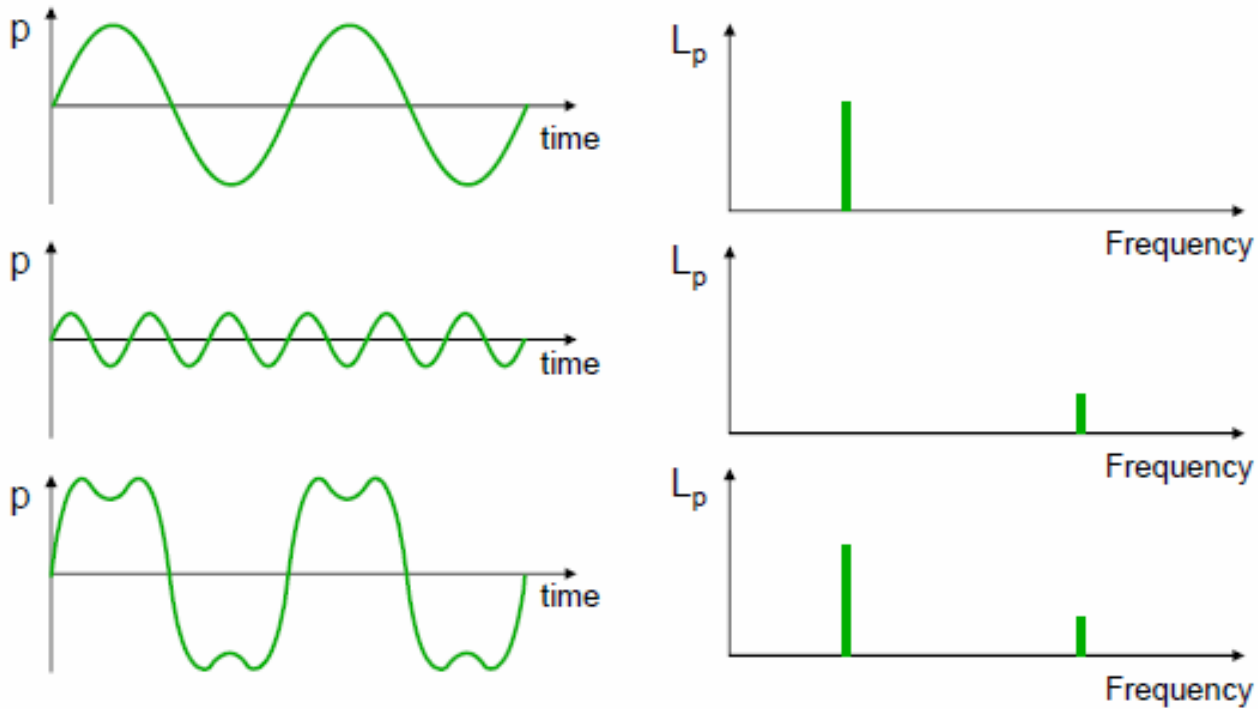
Frequentie analyse

- Tertsband analyse kan niet voldoende informatie geven
- Exacte frequentiecomponenten
- Smalbandige analyse



Smalbandige analyse

Waveforms and Frequencies





Fourier Transformatie

- Transformatie van tijdsdomein naar frequentiedomein
 - Uitgangspunt: tijdsignaal is oneindig lang
- Praktijk niet mogelijk
 - Signaal opslaan in tijdrecord
 - Signaal in tijdrecord is periodiek
 - Discrete Fourier transformatie (FFT)
- Twee problemen bij discretisering
 - Aliasing
 - Leakage



Fourier transformatie

- Theory

- Fourier transform

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} X(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$



- Practice (DSP)

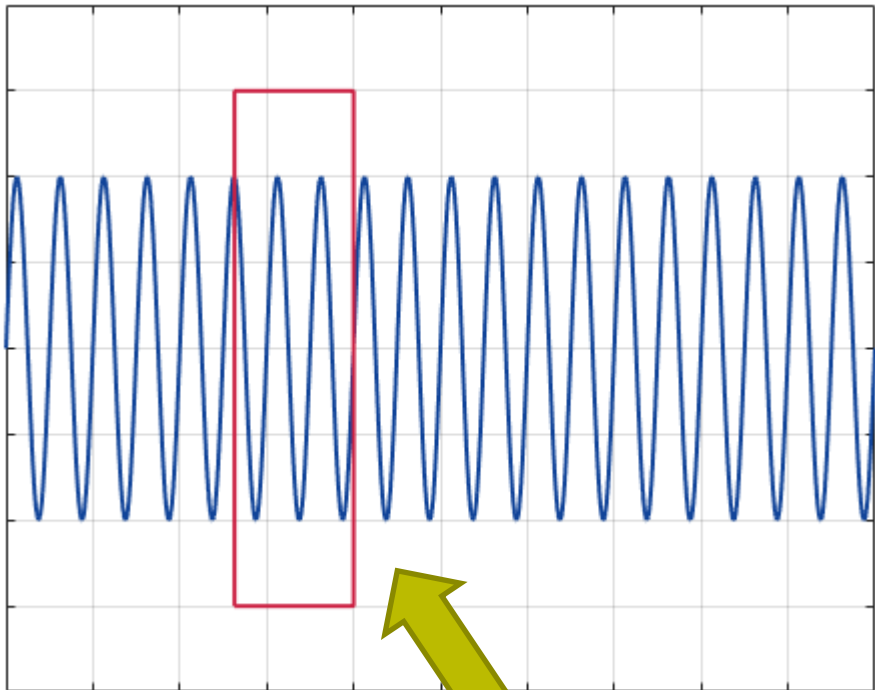
- Discrete Fourier transform (DFT)

$$X_D(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x(k) e^{-j\frac{2\pi}{N}nk}$$

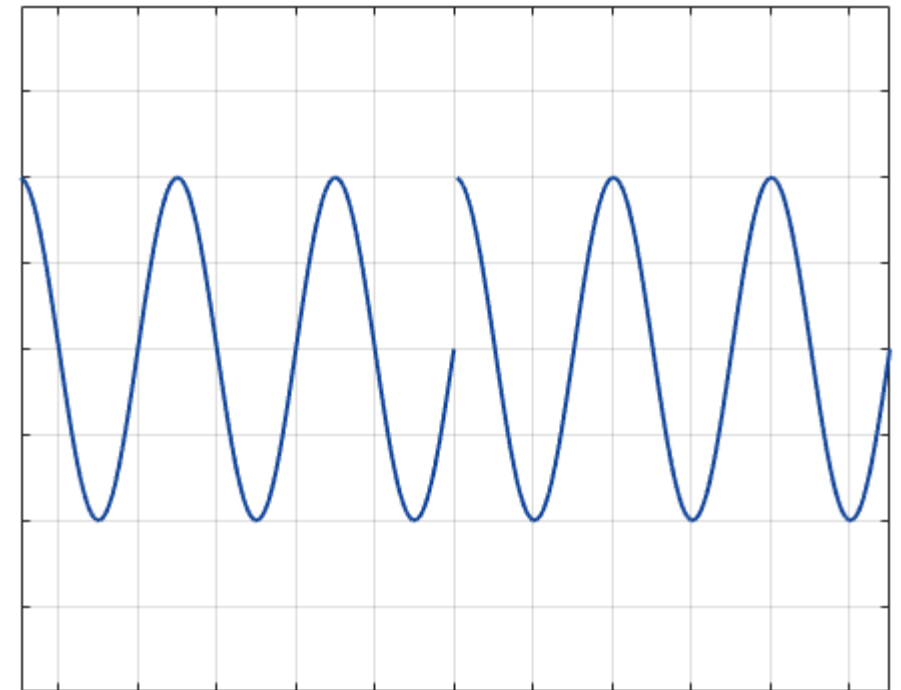
$$x(k) = \sum_{n=0}^{N-1} X_D(n) e^{j\frac{2\pi}{N}nk}$$



Leakage



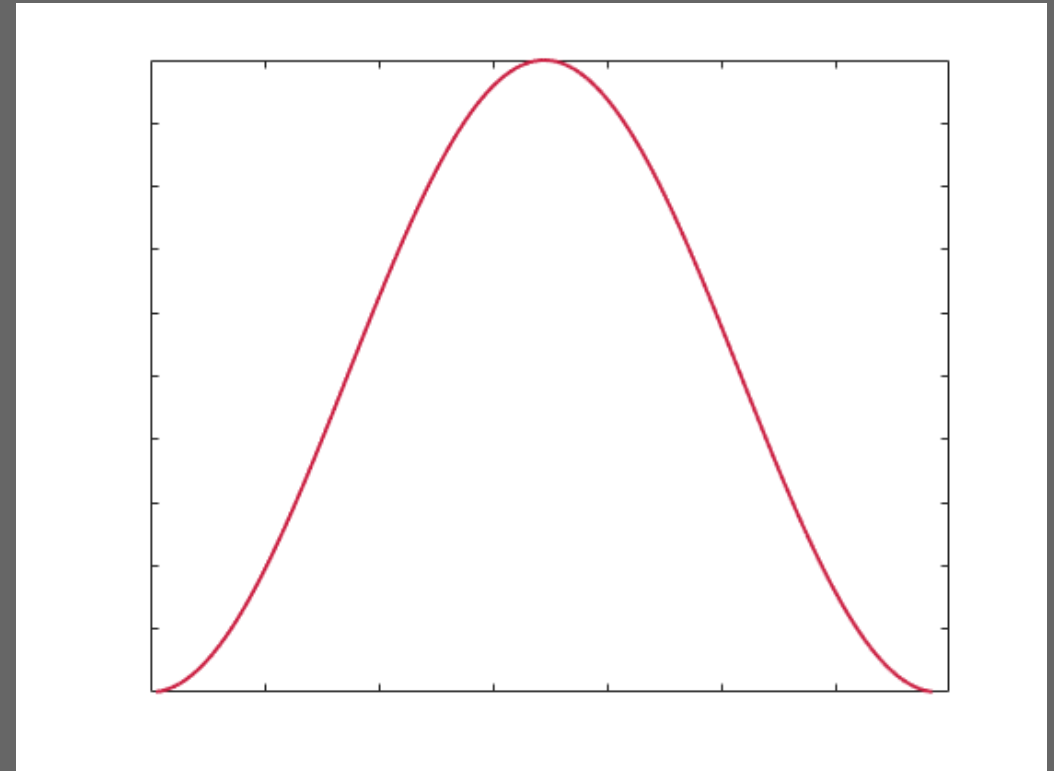
periodieke uitbreiding



tijdrecord

Leakage

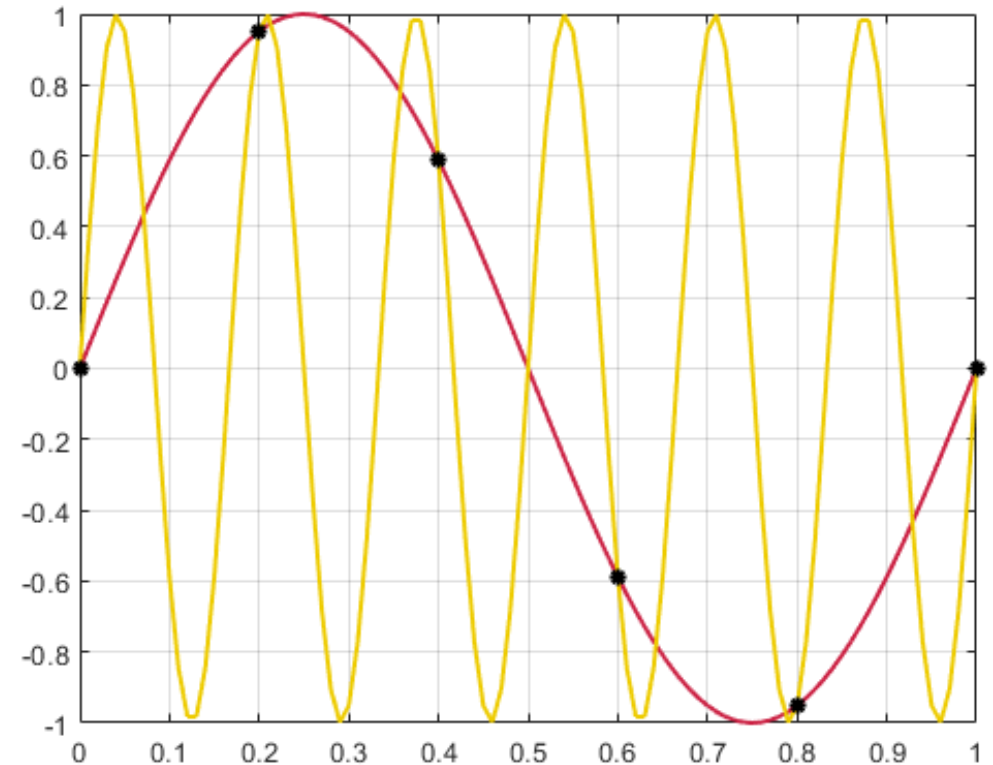
- Oplossing is toepassen van window
 - Tijdsignaal krijgt waarde 0 op begin en einde van signal
- Correctie:
 - Amplitude correctie:
 - behoudt maximale amplitude
 - Bij harmonische signalen
 - Energie correctie
 - Behoudt energie in tijdrecord
 - Breedbandige signalen





Aliasing

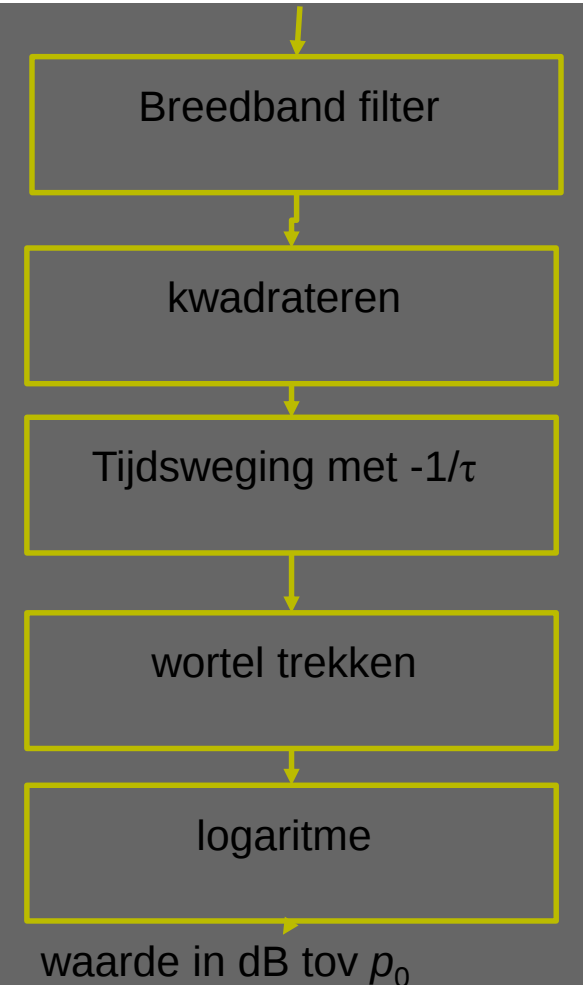
- Shannon/Nyquist theorema $f_{max} \leq \frac{f_s}{2}$
- Indien hier niet aan wordt voldaan zullen signalen met een frequentie boven $f_s/2$ beschouwd worden als signalen met een frequentie lager dan $f_s/2$
- Laagdoorlaatfilter om alle hogere frequentie componenten te verwijderen





Samenvatting

- Breedband filter
 - **A-weging** meest vaak gebruikt
 - C-weging in sommige gevallen
- Tijdweging
 - **Fast** en slow
- Frequentie analyse:
 - Octaafbanden
 - **Tertsbanden**
 - Smalband analyse (FFT)



Dank voor de aandacht

■ Vragen?

■ Wout Schwanen

■ WoutSchwanen@mp.nl

