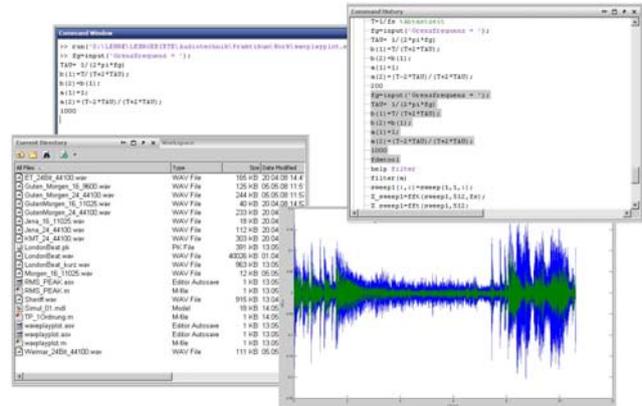


**Übung 4**  
**Audiosignalverarbeitung mit**  
**MATLAB**  
  
**Audiofilter**

Programme:  
MATLAB



**Arbeitsverzeichnis:** Laufwerk: E:\JahrMonat\_Name z.B. E:\0805\_Meier  
(Projekte grundsätzlich **nicht!** auf Laufwerk C speichern)

**Ziel des Versuches**

- Berechnung von Audiofiltern
- Anwendung von Filtern auf Audiodateien
- Darstellung des gleitenden Effektivwerts mittels Tiefpassfilter

**Aufgabe 1: Berechnung und Test von IIR - Audiofiltern 2. Ordnung**

Allgemeine Form für IIR-Filter 2. O.: 
$$h(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

Anwendung eines diskreten Filters auf eine Datei x:

`>>y=filter(num,den,x);` mit `den=[a0 a1 a2]` `num=[b0 b1 b2]`

Der Zusammenhang zwischen den Filterparametern (Verstärkung/Dämpfung, Peak- bzw. Grenzfrequenz und Güte) und den Filterkoeffizienten ( $a_i$  und  $b_i$ ) ist für Shelf- und Peakfilter im Anhang B gegeben.

1. Erstellen Sie m-files mit der Bezeichnung „peak.m“, „lowshelf.m“ und „highshelf.m“ zur Berechnung der Koeffizientenvektoren „num“ und „den“ für Peakfilter, Höhen- und Tiefenshelfing. Die Eingabe der Filterparameter (Grenz- oder Peakfrequenz  $F_c$ , Verstärkung  $G$  (in dB) und Güte  $Q$ ) sowie der Samplingfrequenz  $F_s$  soll dabei über das Command-Window erfolgen.

Berechnen Sie damit die Filterkoeffizienten für folgende Parameter:

	Peak	Lowshelf	Highshelf
$F_s/\text{Hz}$	44100	44100	44100
$F_c/\text{Hz}$	1000	100	5000
$G/\text{dB}$	3	-6	-3
$Q$	2		

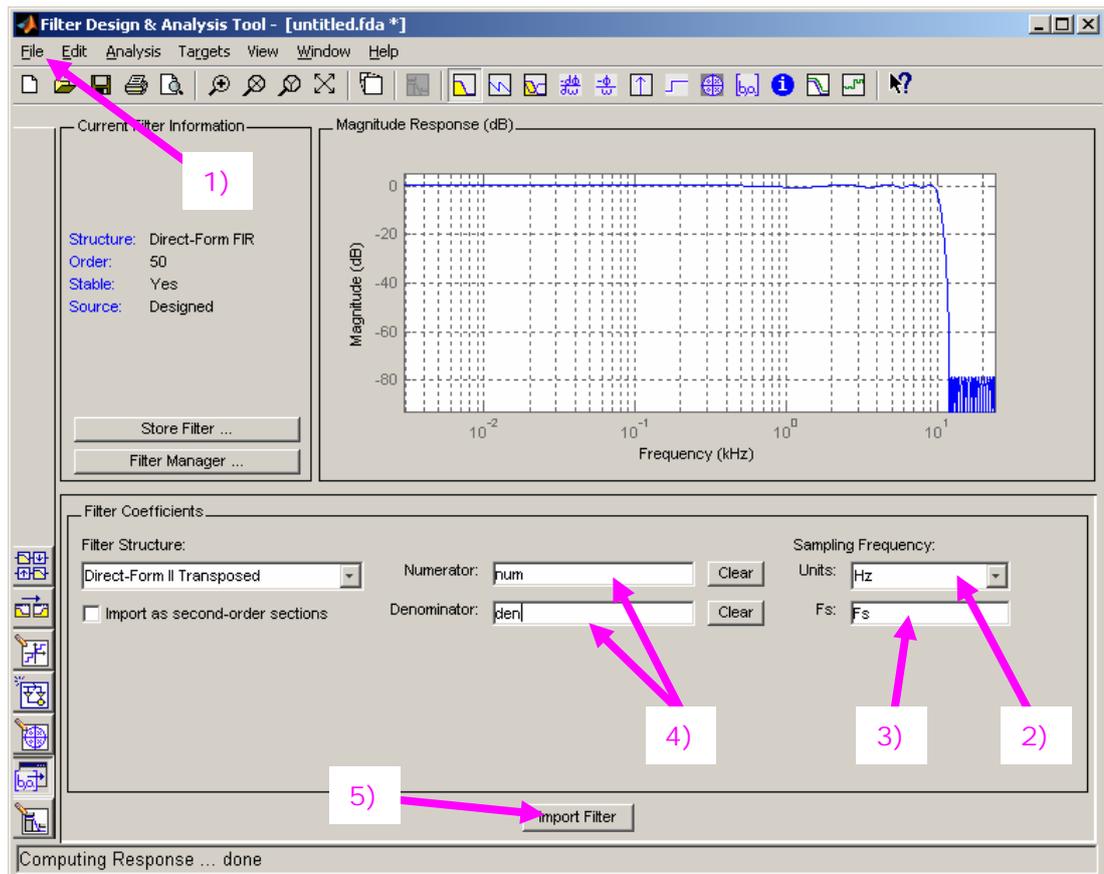
2. Testen sie das Filter mit Hilfe des Matlab-Werkzeugs fdatool (Filter Design and Analysis Tool)  
Öffnen sie dazu fdatool und Importieren Sie die berechneten Filterkoeffizienten aus dem Workspace

Command window

>>fdatool      Öffnet die Bedienoberfläche des fdatools

Einstellungen:

- 1) File>Import filter from Work Space
- 2) Einstellen der Frequenzeinheit auf „Hz“
- 3) Einstellen der Samplingfrequenz auf „44100Hz“
- 4) Ersetzen der vorhandenen Wert für Numerator und Denominator durch die Koeffizientenvektoren „num“ und „den“
- 5) Import Filter



3. Wenden Sie das Filter auf eine Audiodatei an.

Verwenden Sie dazu die Befehle und m-files aus dem vorangegangenen Versuch.

Geben Sie die Audiodatei vor und nach der Filterung über die Soundkarte aus.

## Aufgabe 2: Bestimmung des gleitenden Effektivwertes einer Audiodatei

Für die Berechnung des gleitenden Effektivwertes sind folgende Schritte erforderlich (Siehe Vorlesung):

- Quadrierung der Samplewerte
- Filterung mit Tiefpass
- Ziehen der Wurzel

Für die Koeffizienten des Filters 1. Ordnung gilt:

$$\begin{array}{ll} b_0 = TAV & b_1 = 0; \\ a_0 = 1 & a_1 = TAV - 1 \end{array}$$

Die Mittelungszeitkonstante TAV berechnet sich aus der Mittelungszeit  $t_m$  und der Samplingfrequenz  $F_s$  folgendermaßen:

$$TAV = 1 - \exp(-2.2 * (F_s * t_m))$$

1. Stellen sie eine Audiodatei zusammen mit ihrem gleitenden Effektivwert grafisch dar.

Benutzen Sie die im vorangegangenen Versuch verwendeten Funktionen zum Einlesen und Darstellen von Audiodateien

### Anhang A:

#### Hilfreiche MATLAB-Funktionen

`>>a=input('a=')` Eingabe eines Wertes für a im Command-Window

`x.^2` Quadriert Vektor x elementweise

`sqrt(x)` zieht elementweise die Wurzel aus Vektor x

`b=[0 0]` Erzeugt Zeilenvektor mit zwei Elementen mit dem Wert 0

`a=[1 0]` Erzeugt Zeilenvektor mit den Elementen  $a(1)=1$  und  $a(2)=0$

`a(2)=c` weist dem zweiten Element von Vektor a den Wert c zu

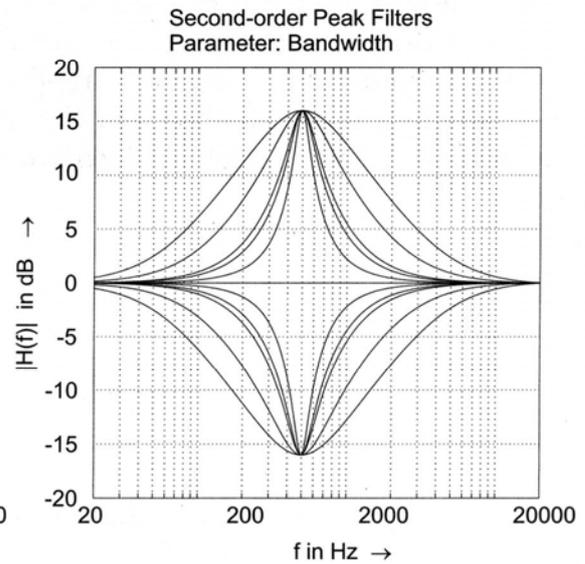
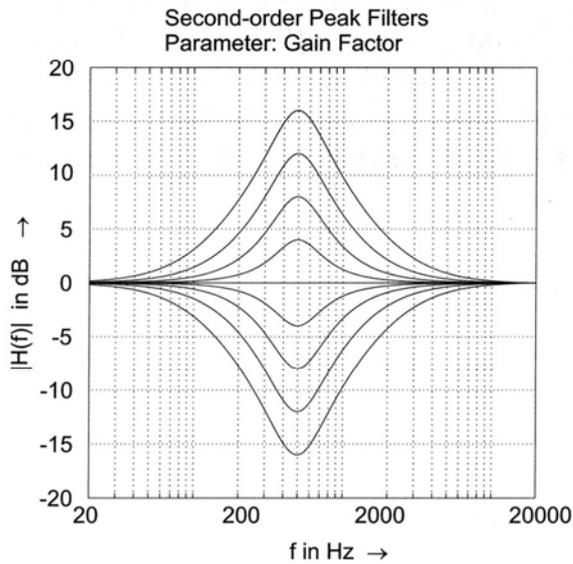
`y=filter(num,den,x)` Wendet die Filterkoeffizienten in den Vektoren „num“ und „den“ auf die Datei x an

## Anhang B: Filterberechnung

### Peakfilter

Peak filter design with  $K = \tan(\pi f_c / f_s)$

peak (boost $V_0 = 10^{G/20}$ )				
$b_0$	$b_1$	$b_2$	$a_1$	$a_2$
$\frac{1 + \frac{V_0}{Q_\infty} K + K^2}{1 + \frac{1}{Q_\infty} K + K^2}$	$\frac{2(K^2 - 1)}{1 + \frac{1}{Q_\infty} K + K^2}$	$\frac{1 - \frac{V_0}{Q_\infty} K + K^2}{1 + \frac{1}{Q_\infty} K + K^2}$	$\frac{2(K^2 - 1)}{1 + \frac{1}{Q_\infty} K + K^2}$	$\frac{1 - \frac{1}{Q_\infty} K + K^2}{1 + \frac{1}{Q_\infty} K + K^2}$
peak (cut $V_0 = 10^{-G/20}$ )				
$b_0$	$b_1$	$b_2$	$a_1$	$a_2$
$\frac{1 + \frac{1}{Q_\infty} K + K^2}{1 + \frac{V_0}{Q_\infty} K + K^2}$	$\frac{2(K^2 - 1)}{1 + \frac{V_0}{Q_\infty} K + K^2}$	$\frac{1 - \frac{1}{Q_\infty} K + K^2}{1 + \frac{V_0}{Q_\infty} K + K^2}$	$\frac{2(K^2 - 1)}{1 + \frac{V_0}{Q_\infty} K + K^2}$	$\frac{1 - \frac{V_0}{Q_\infty} K + K^2}{1 + \frac{V_0}{Q_\infty} K + K^2}$



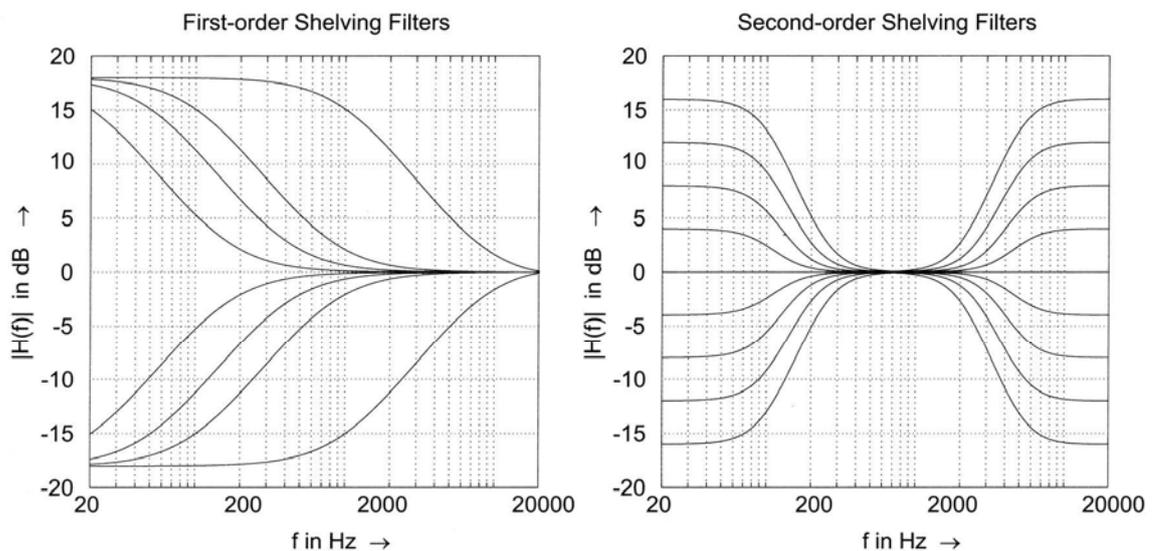
Frequency responses second-order peak filters.

Quelle: Zölzer, DAFX - Digital Audio Effekts, John Wiley & Sons LTD, 2006

## Shelvingfilter

Second-order shelving filter design with  $K = \tan(\pi f_c/f_s)$

low-frequency shelving (boost $V_0 = 10^{G/20}$ )				
$b_0$	$b_1$	$b_2$	$a_1$	$a_2$
$\frac{1+\sqrt{2V_0}K+V_0K^2}{1+\sqrt{2}K+K^2}$	$\frac{2(V_0K^2-1)}{1+\sqrt{2}K+K^2}$	$\frac{1-\sqrt{2V_0}K+V_0K^2}{1+\sqrt{2}K+K^2}$	$\frac{2(K^2-1)}{1+\sqrt{2}K+K^2}$	$\frac{1-\sqrt{2}K+K^2}{1+\sqrt{2}K+K^2}$
low-frequency shelving (cut $V_0 = 10^{-G/20}$ )				
$b_0$	$b_1$	$b_2$	$a_1$	$a_2$
$\frac{1+\sqrt{2}K+K^2}{1+\sqrt{2V_0}K+V_0K^2}$	$\frac{2(K^2-1)}{1+\sqrt{2V_0}K+V_0K^2}$	$\frac{1-\sqrt{2}K+K^2}{1+\sqrt{2V_0}K+V_0K^2}$	$\frac{2(V_0K^2-1)}{1+\sqrt{2V_0}K+V_0K^2}$	$\frac{1-\sqrt{2V_0}K+V_0K^2}{1+\sqrt{2V_0}K+V_0K^2}$
high-frequency shelving (boost $V_0 = 10^{G/20}$ )				
$b_0$	$b_1$	$b_2$	$a_1$	$a_2$
$\frac{V_0+\sqrt{2V_0}K+K^2}{1+\sqrt{2}K+K^2}$	$\frac{2(K^2-V_0)}{1+\sqrt{2}K+K^2}$	$\frac{V_0-\sqrt{2V_0}K+K^2}{1+\sqrt{2}K+K^2}$	$\frac{2(K^2-1)}{1+\sqrt{2}K+K^2}$	$\frac{1-\sqrt{2}K+K^2}{1+\sqrt{2}K+K^2}$
high-frequency shelving (cut $V_0 = 10^{-G/20}$ )				
$b_0$	$b_1$	$b_2$	$a_1$	$a_2$
$\frac{1+\sqrt{2}K+K^2}{V_0+\sqrt{2V_0}K+K^2}$	$\frac{2(K^2-1)}{V_0+\sqrt{2V_0}K+K^2}$	$\frac{1-\sqrt{2}K+K^2}{V_0+\sqrt{2V_0}K+K^2}$	$\frac{2(K^2/V_0-1)}{1+\sqrt{2/V_0}K+K^2/V_0}$	$\frac{1-\sqrt{2/V_0}K+K^2/V_0}{1+\sqrt{2/V_0}K+K^2/V_0}$



Frequency responses for first-order and second-order shelving filters

Quelle: Zölzer, DAFX - Digital Audio Effekts, John Wiley & Sons LTD, 2006