

Frequenzanalyse

Praktischer Leitfaden zur Anwendung der
Frequenzanalyse

Filter

Filter

- **Hochpassfilter**
- **Tiefpassfilter**
- **Bandpassfilter (Bandsperrfilter)**
- **FIR-Filter**
- **Oktav-/Terz- ...** → **ntel-Oktavfilter**

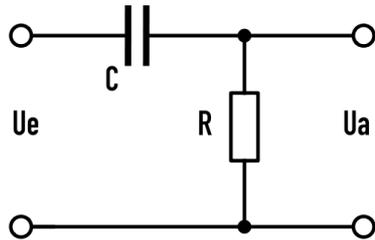


Hochpassfilter

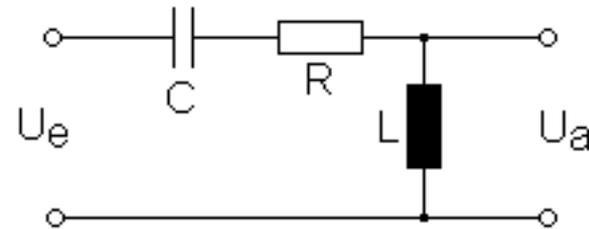
- **Low-Cut-Filter**
- **High-Pass-Filter**
- **Trittschallfilter**
- **Bass-Cut-Filter**
- **Als Hochpass werden Filter bezeichnet, die Frequenzen oberhalb einer definierten Grenzfrequenz annähernd ungeschwächt passieren lassen und tiefere Frequenzen dämpfen.**
- **Als Grenzfrequenz wird diejenige Frequenz verstanden, bei der die Ausgangsspannung um 3dB abgeschwächt ist.**
- **Frequenzabhängiges Übertragungsverhalten in Betrag und Phase**



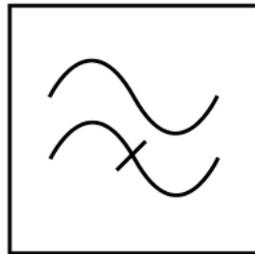
Hochpassfilter



Einfacher RC-Hochpassfilter



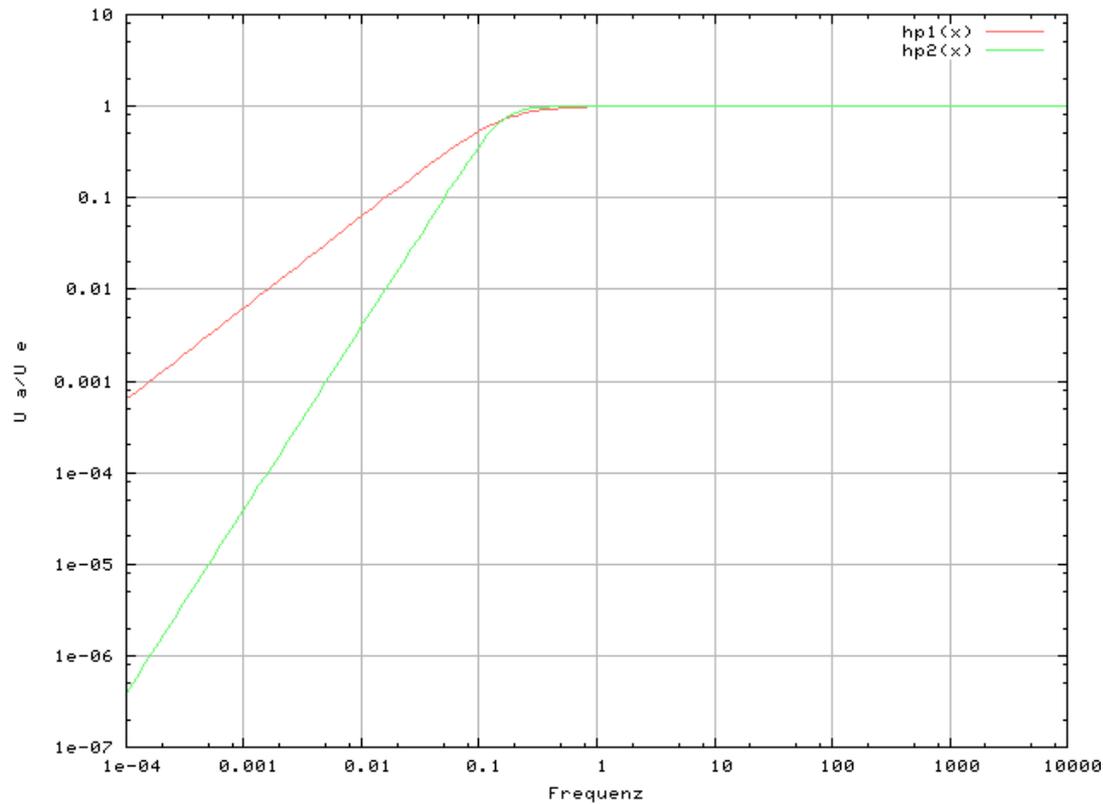
Passiver Hochpassfilter 2. Ordnung



Schaltzeichen



Hochpassfilter



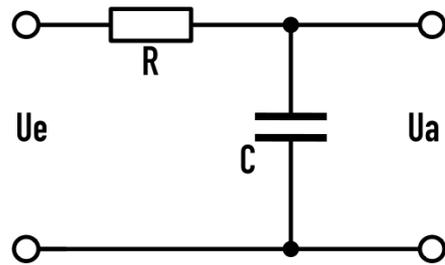
Qualitativer Frequenzgang Hochpassfilter 1. und 2. Ordnung

Tiefpassfilter

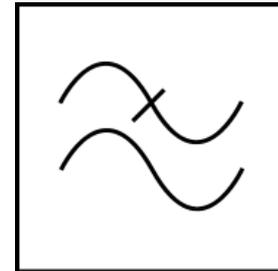
- **Als Tiefpass werden Filter bezeichnet, die Frequenzen unterhalb einer definierten Grenzfrequenz annähernd ungeschwächt passieren lassen und höhere Frequenzen dämpfen.**
- **Jede Art mechanischer Trägheit wirkt sich tiefpassbildend aus.**
- **Mit der Abschwächung verbunden ist eine Zeitverzögerung.**
- **Als Grenzfrequenz wird diejenige Frequenz verstanden, bei der die Ausgangsspannung um 3dB abgeschwächt ist.**
- **Frequenzabhängiges Übertragungsverhalten in Betrag und Phase**



Tiefpassfilter



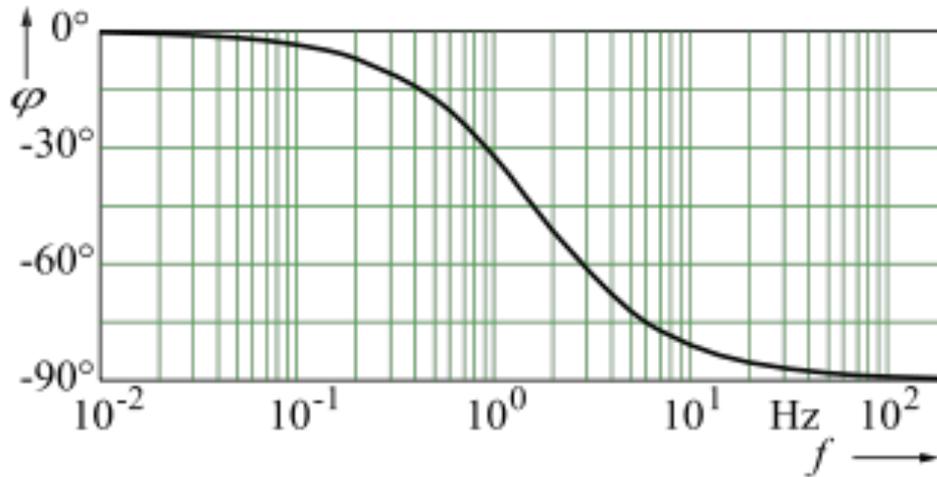
Einfacher Tiefpassfilter



Schaltzeichen

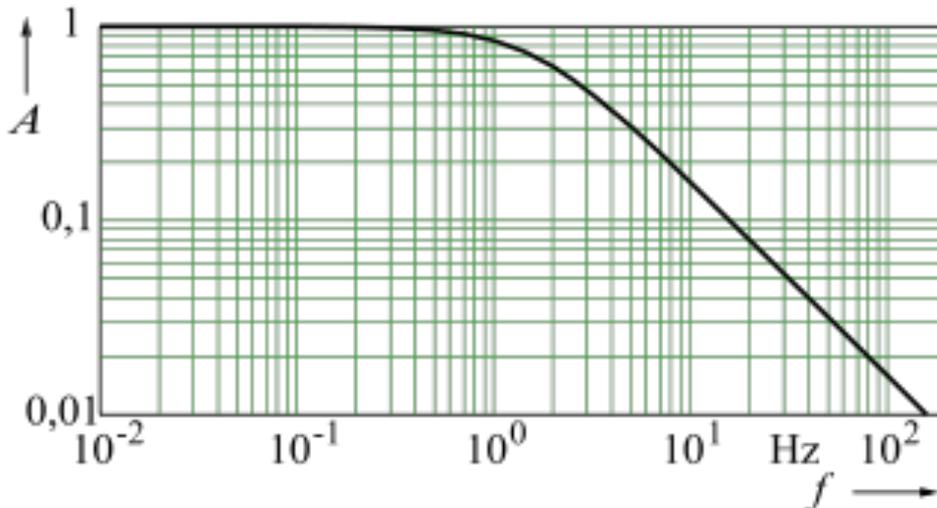


Tiefpassfilter



Tiefpassfilter 1. Ordnung

Phasenverschiebung
(Qualitativ)



Spannungsverhältniss
(Qualitativ)

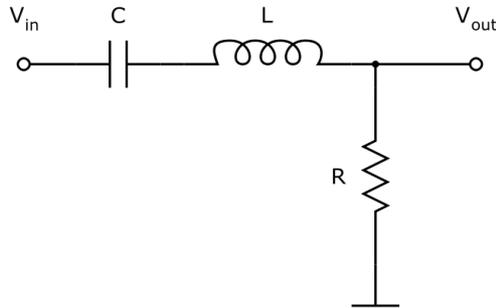


Bandpassfilter

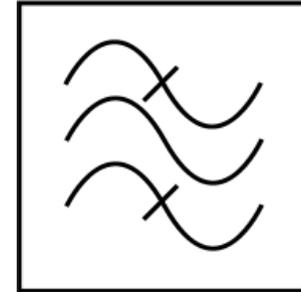
- Als **Bandpass (Bandbreitenfilter)** werden Filter bezeichnet, die Frequenzen unterhalb und oberhalb einer definierten Grenzfrequenz dämpfen und innerhalb des definierten Frequenzbandes nahezu ungeschwächt passieren lassen.
- Das Bandpassfilter ist das Gegenstück der Bandsperre.
- Die Mittenfrequenz wird als Resonanzfrequenz bezeichnet und ist definiert als das geometrische Mittel des Produkts von f_H und f_L .
- Frequenzabhängiges Übertragungsverhalten in Betrag und Phase



Bandpassfilter



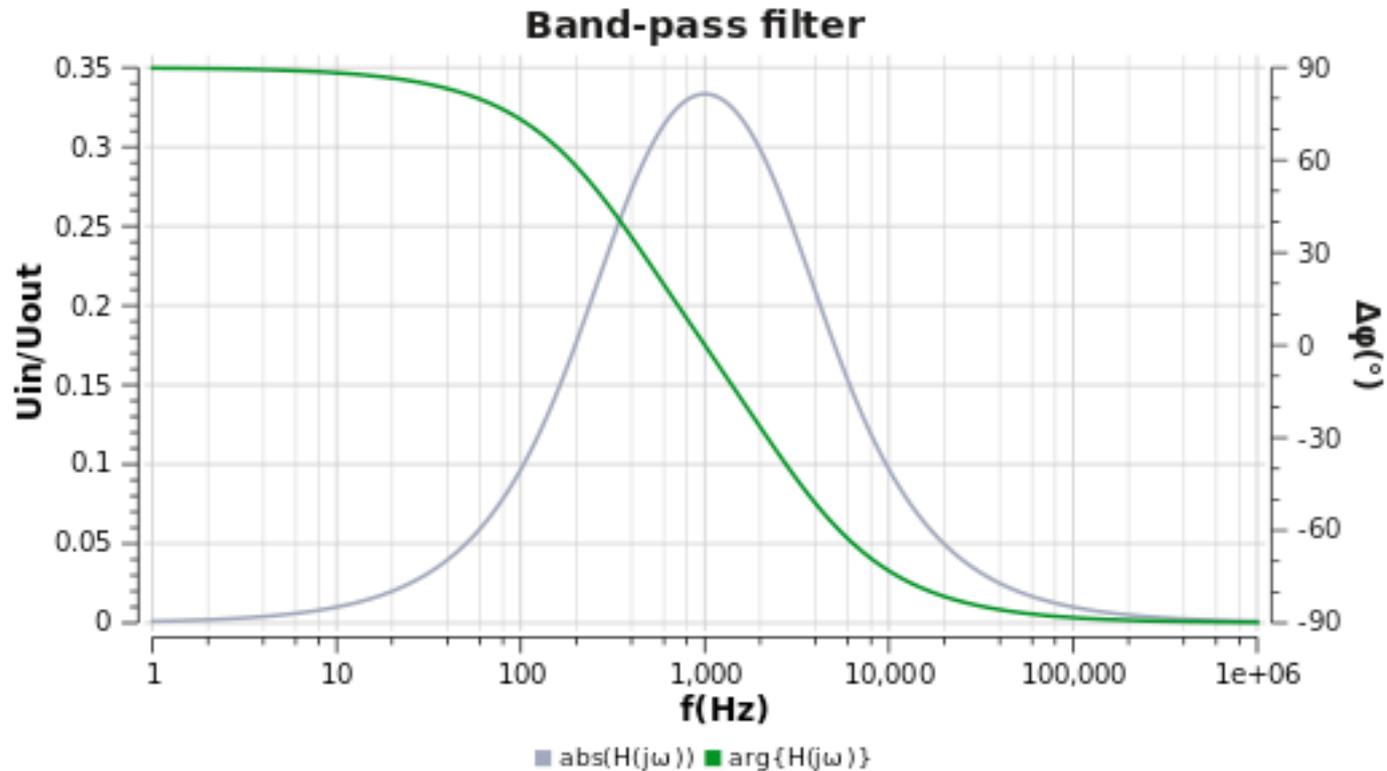
Elektrischer LRC-Bandpass 2. Ordnung



Schaltzeichen



Bandpassfilter



Frequenzgang in Betrag und Phase eines Bandpasses 2. Ordnung (Qualitativ)



FIR-Filter

- **Filter mit endlicher Impulsantwort (finite impulse response filter)**
- **Anwendung in der digitalen Signalverarbeitung**
- **FIR-Filter werden niemals instabil**
- **Quantisierungsfehler mit geringer Auswirkung**
- **Lineare Phasengänge realisierbar**
- **Zeitverzögerung / Gruppenlaufzeit relativ groß**



ntel-Oktavfilter

- **Bandpassfilter**
- **Filterbank parallelgeschalteter Filter**

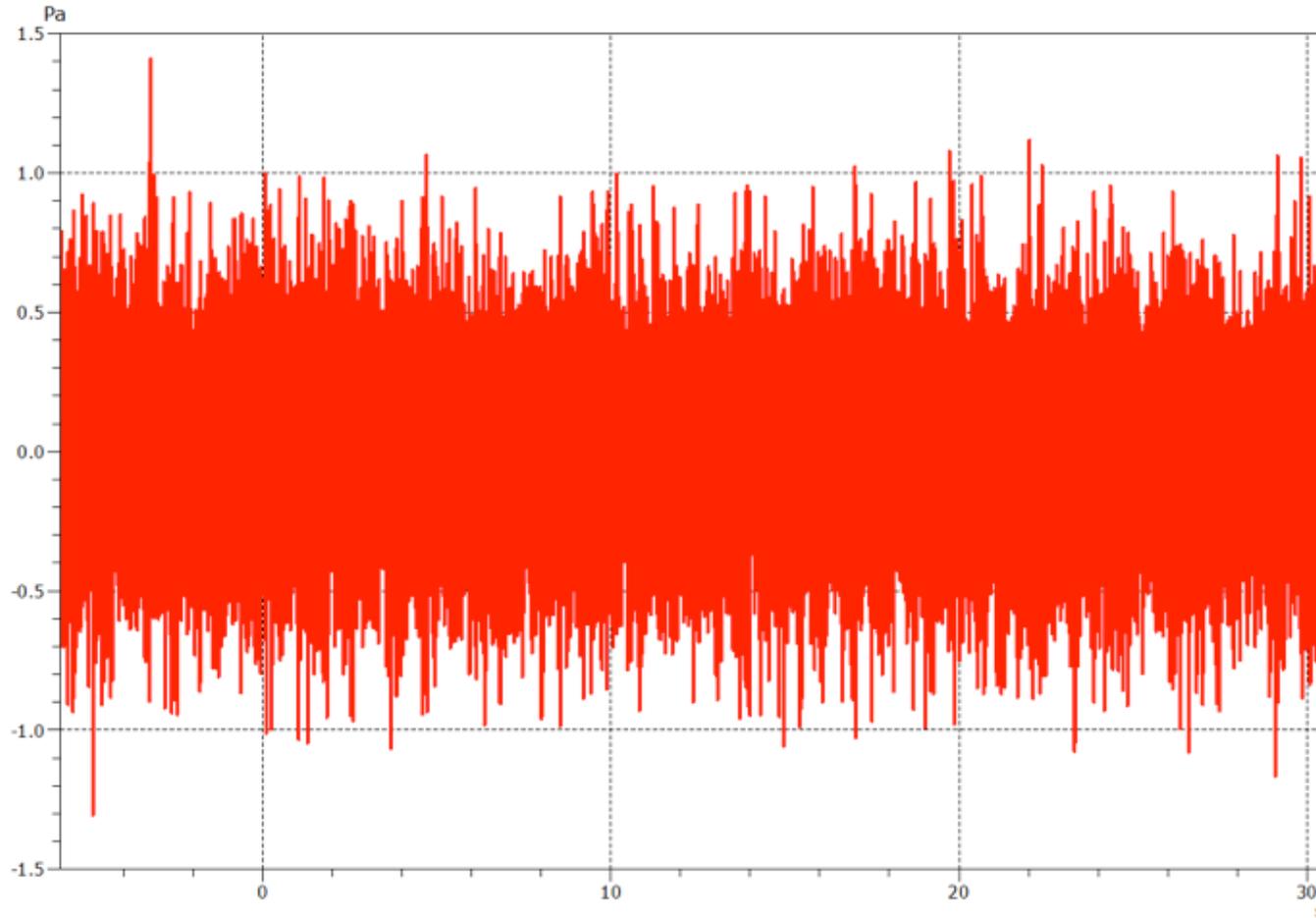
- **DIN EN 61260**
 - **festgelegte Grenzfrequenzen f_1 und f_2 , Mittenfrequenz f_0 sowie die Bandbreite B**
 - **Flankensteilheit nicht festgelegt**
- **DIN EN ISO 266**
 - **Normfrequenzen der Reihe b**
 - **$f = 1000$ Hz als Mittenfrequenz**

Nachfolgende Signalverarbeitung i.d.R. Pegelmessung des (ntel-Oktav) gefilterten Zeitsignals.

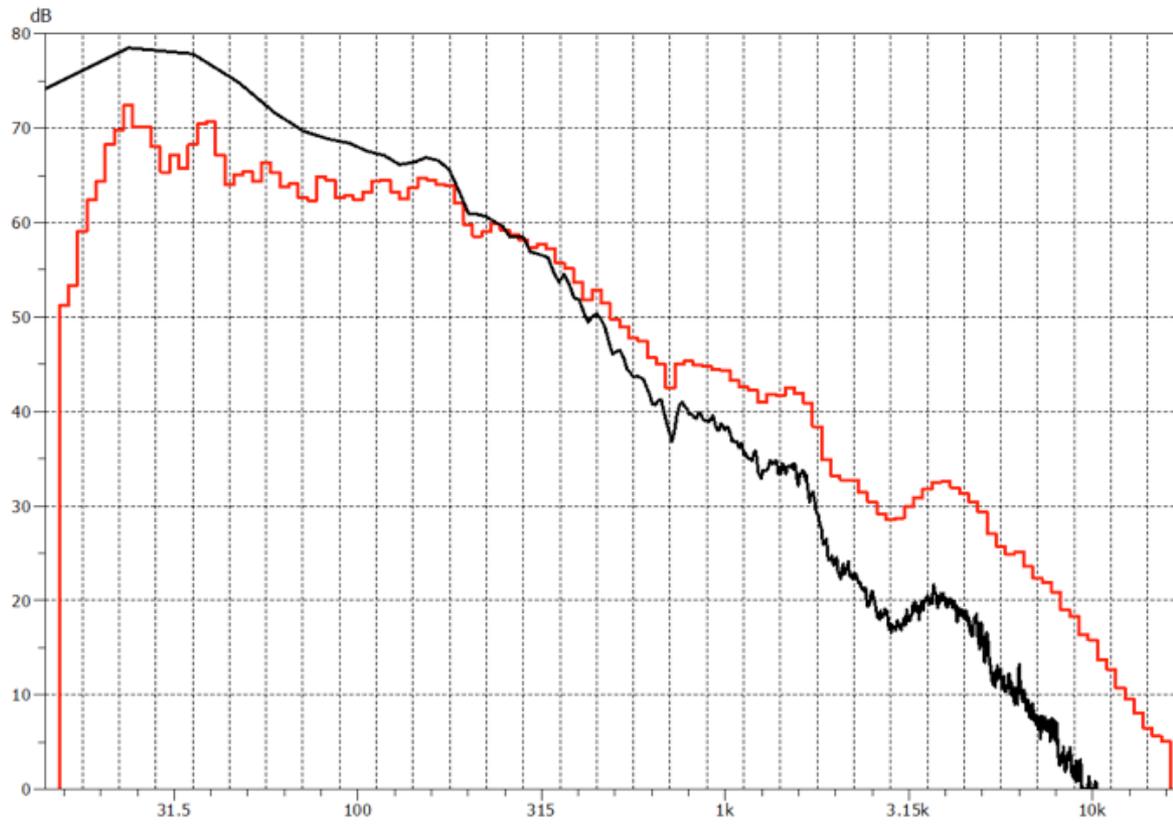
Transformation vom Zeit- in den Frequenzbereich durch parallele Darstellung der Pegelwerte.



ntel-Oktavfilter



ntel-Oktavfilter



30 s lineare Mittelung

rot:

1/12tel Oktavfilter

schwarz:

APS, Frequenzauflösung 11,7
Hz, Blockdauer 0,085 s



ntel-Oktavfilter

f_m	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz
f_u	22,5	45	90	180	355	710	1400	2800	5600	Hz
f_o	45	90	180	355	710	1400	2800	5600	11200	Hz

$$f_o = 2 f_u$$

$$f_m = \sqrt{f_u \cdot f_o}$$

Otavfilter



ntel-Oktavfilter

f_m	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Hz
f_u	28	35,5	45	56	71	89	112	141	178	223	280	Hz
f_o	35,5	45	56	71	89	112	141	178	223	280	355	Hz

$$f_o = \sqrt[3]{2} \cdot f_u \quad f_m = \sqrt{f_u \cdot f_o}$$

Terzfilter = 1/3 Oktavfilter



ntel-Oktavfilter

- **1/6 Oktavfilter**
- **1/12 Oktavfilter**
- **1/24 Oktavfilter**
- **gebräuchlich, die Darstellung eines Frequenzspektrums (FFT) als „Terzen“ oder „Oktaven“**
- **„schlampiger“ Sprachgebrauch !**
- **Terz-/Oktav-Darstellung eines Frequenzspektrums auf Basis einer FFT ist die Summierung der Frequenzlinien und weist eine höhere Flankensteilheit sowie ein anderes zeitliches Verhalten auf**



Zeitliches Verhalten von Filter

- **Einschwingzeit bzw. Einschwingvorgang**
- **Der Einschwingvorgang erfolgt asymptotisch**
- **Richtwert $T = 1/f$; mit f als Filterfrequenz bzw. Filterbandbreite**
- **Bei geringen Signalveränderungen sehr gute zeitliche Auflösung möglich**
- **Bei großen Signalveränderungen (Impulsen) geringe zeitliche Auflösung**



Einsatzbereich von Filter

- **Hochpassfilter in der Signalkonditionierung**
 - **Tiefpassfilter (Antialiasing) in der digitalen Signalverarbeitung**
 - **Entfernen / Aussperren unerwünschter Signalanteile**
 - **Anpassung von Sensoren (FIR-Filter)**
- **oft der Signalanalyse vorgeschaltet**

