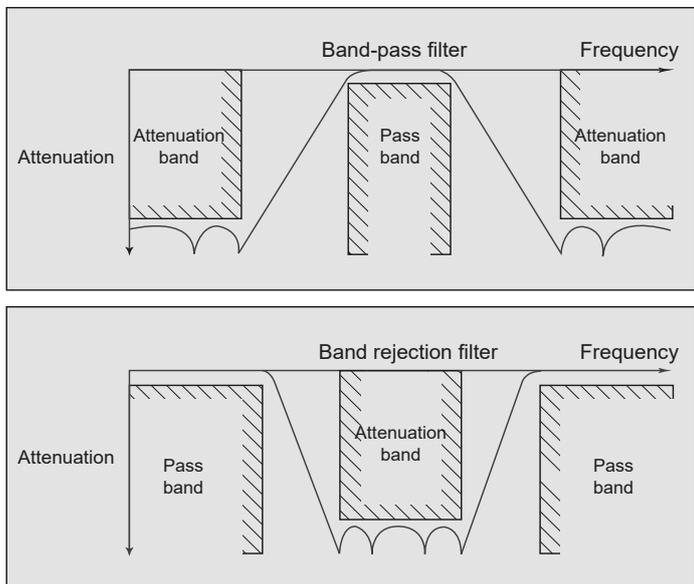


## Grundlagen der Quarzfilter

Quarzfilter sind die besten Filter, die man in der Analogtechnik finden kann. Der Beitrag vermittelt Basiswissen.



Nach einer Festlegung der Terminologie folgt das Fachwissen zu diesen vielseitigen Filtern.

### Begriffe

Die wichtigsten Begriffe für Quarzfilter werden wie folgt beschrieben:

#### • Nennfrequenz

Nennwert der Mittenfrequenz (Center Frequency), Nominal Frequency in Bild 1, wird normalerweise als Standardfrequenz der verwandten Normen genannt

#### • Durchlassdämpfung, Einfügedämpfung

Dämpfung eines Bandpasses bei der Nennfrequenz

#### • Sperrdämpfung

Dämpfung eines Sperrfilters bei der Nennfrequenz

#### • Durchlassband (Passband)

Frequenzintervall für 3 dB oder 6 dB Abfall von der Mittenfrequenz beim Bandpass

#### • Stopband

Frequenzintervall für 3 dB oder 6 dB Anstieg von der Mittenfrequenz bei der Bandsperre

#### • Welligkeit (Ripple)

Differenzen zwischen maximaler Dämpfung und minimaler Dämpfung im Stop- bzw. Passband

#### • Abschlussimpedanz

Lastimpedanz, im Allgemeinen ausgedrückt durch ohmschen Widerstand und Shunt-Kapazität, Parameter gelten im Allgemeinen für Quellimpedanz = Lastimpedanz

Quarzfilter sind im Allgemeinen unsymmetrisch, symmetrische Konstruktionen sind aber möglich.

### Bandpass-Grundtypen

Aufgrund der Eigenschaften als Resonator hat ein Quarzfilter den deutlichen Vorteil, sowohl ein Bandpassfilter als auch ein Bandsperfilter sein zu können. Im Folgenden werden die allgemeinen Merkmale des Bandfiltertyps beschrieben, denn Bandpassfilter werden am häufigsten

als Quarzfilter verwendet. Ein Bandpassfilter wird grob nach seiner Basisfunktion als Schmalbandfilter (narrow band filter) oder Filter für mittlere Bandbreiten (intermediate band filter) klassifiziert. Breitbandfilter sind technologisch nicht sinnvoll.

Schmalbandfilter erreichen Bandbreiten von 0,005 bis 0,6% der Mittenfrequenz. Der obere Bandbreitenbereich wird bestimmt durch das Kapazitätsverhältnis des Quarzresonators ( $C_0/C_1$ ) und die untere Grenze wird hauptsächlich durch die Güte des Quarzresonators und die Stabilität der Frequenz bestimmt. Wenn eine Spule bzw. ein Transformator und ein Kondensator an einen Quarzresonator im Elementabschnitt in seiner Konfiguration angeschlossen sind, entweder in Reihe oder parallel, so wird die untere Grenze der Bandbreite durch die Stabilität und Güte der Spule bestimmt. Die Obergrenze hängt jedoch von dem genannten

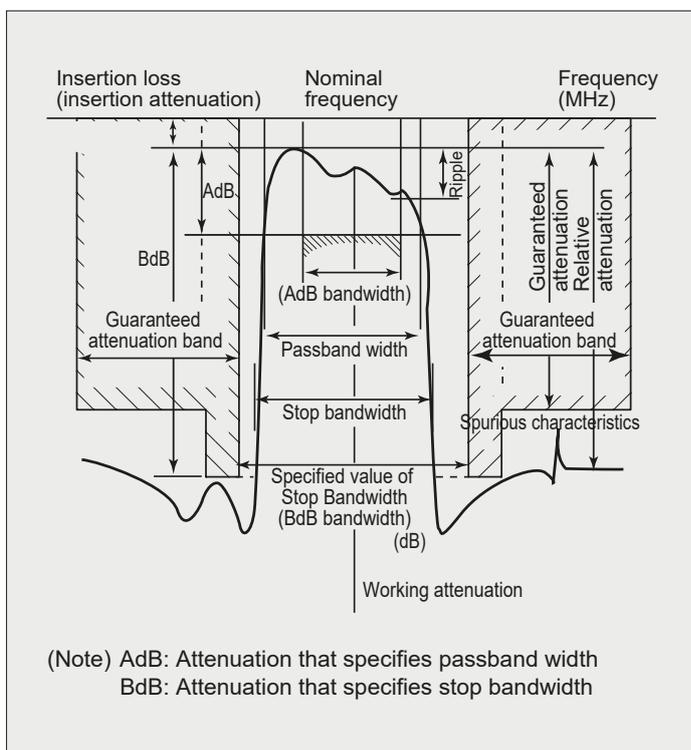
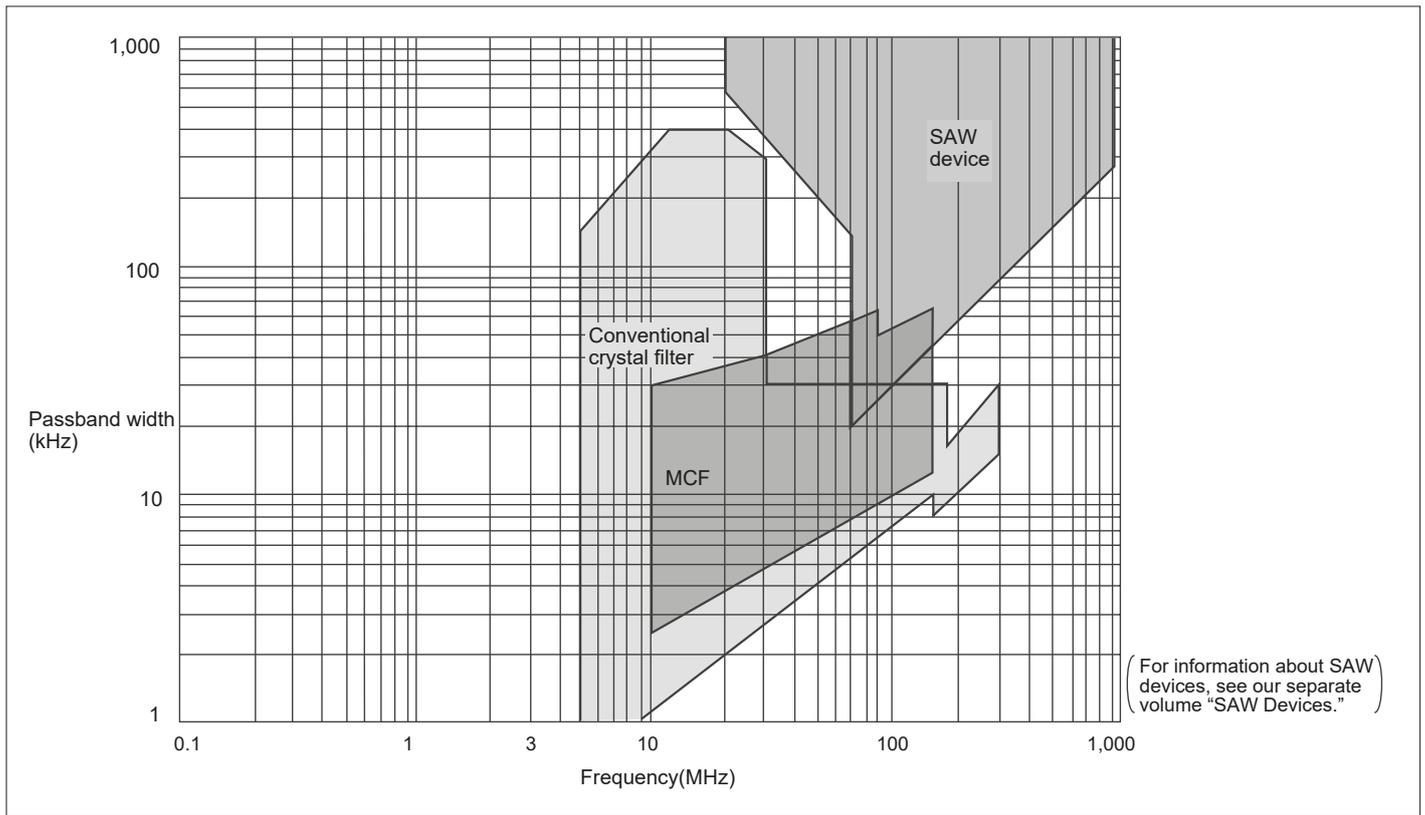


Bild 1: Zur Terminologie

Quelle:  
Crystal Filter, NDK Crystal,  
Japan  
übersetzt von FS



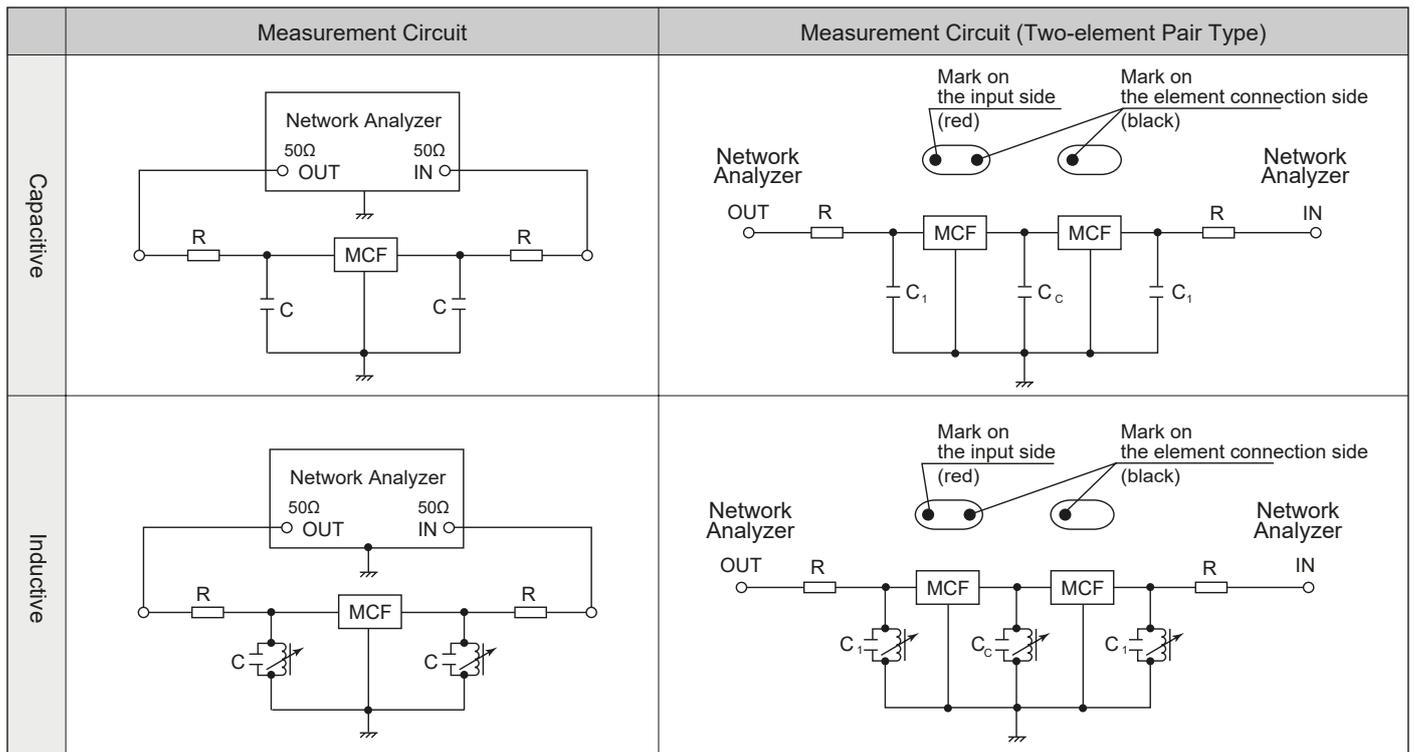
**Bild 2: Schematischer Fertigungsumfang von Bandpass-Quarzfiltern**

Kapazitätsverhältnis, aber auch von Störeigenschaften usw. des Quarzes ab.

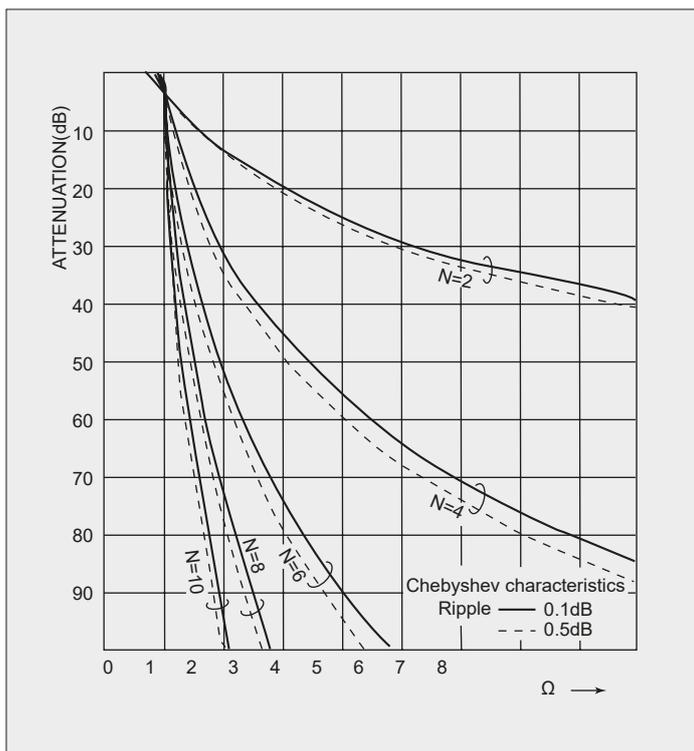
Viele Quarzfilter für mittlere Bandbreiten benötigen ebenfalls eine Spule, um die para-

sitäre Kapazität eines Quarzresonators in einer Schaltung zu kompensieren. Die obere Grenze

der Durchlassbandbreite bezieht sich auf das genannte Kapazitätsverhältnis des Quarzresonators



**Bild 3: Die möglichen Messschaltungen**



**Bild 4: Dämpfungskarakteristik bei Tschebyschew-Eigenschaften**

und der Güte der Spule und die untere Grenze wird durch die gleichen Faktoren bestimmt wie beim Schmalbandfilter.

In Bild 2 ist der schematische Herstellungsumfang von Bandpass-Quarzfiltern anhand der Beziehung zwischen den Frequenzen und der Durchlassbandbreite skizziert. Streng genommen ist jedoch der Umfang der Möglichkeiten noch höher oder verringert sich je nach Anforderungen wie Dämpfungskurve, Dämpfung, Welligkeit, Maße und Preis.

## Messschaltungen

Die in Bild 3 gezeigten Schaltungen dienen zur Messung von Filtereigenschaften. Es gibt zwei Arten von Messschaltungen: kapazitive und induktive. In der kapazitiven Schaltung können die Filtereigenschaften überprüft werden, indem eine bestimmte Kapazität an die Schaltung gebracht wird. In der induktiven Schaltung wird ein LC-Schwingkreis benötigt, um verteilte Kapazitäten zu kompensieren. Um das Filter in seiner Charakteristik zu überprüfen, ist es erforderlich, dass der LC-

Schwingkreis angepasst wird, etwa indem L oder die Resonanzfrequenz einem vorgegebenen Wert entspricht.

## Dämpfungskurve

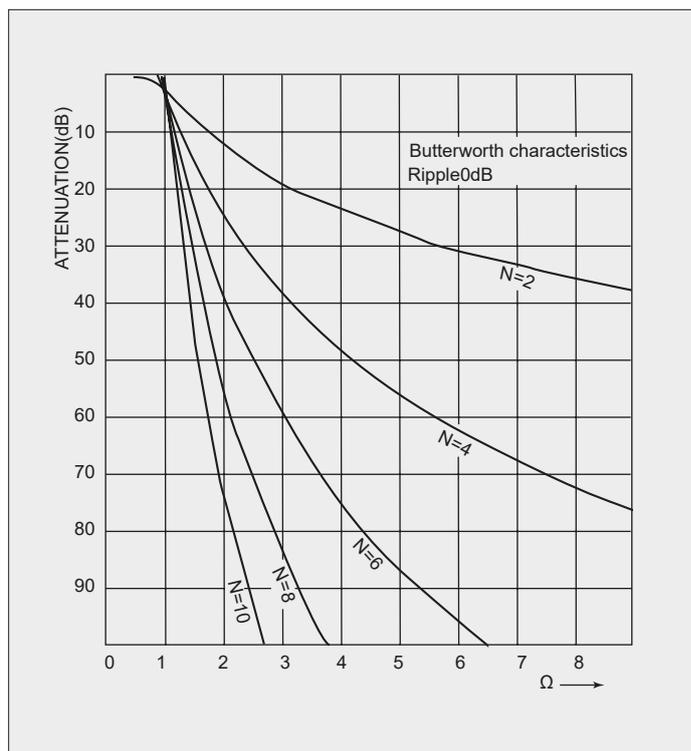
Es gibt verschiedene Typen von Dämpfungskurven, je nach Lage und Dämpfungsgrad der Pole, benannt nach Designern wie Chebyshev und Butterworth. Als repräsentative Beispiele zeigen die Bilder 4 und 5 grundlegende Dämpfungseigenschaften. In beiden Fällen wird angenommen, dass der Durchlassbereich flach verläuft (kaum Welligkeit) und dass die Dämpfungspole als unendlich wirksam angesehen werden können. Hier ist  $\Omega$  die auf die Mittenfrequenz ( $f_0$ ) normierte 3-dB-Passbandbreite (BW) gemäß der Gleichung:

$$\Omega = (f - f_0)/(BW/2)$$

Hier ist  $f$  die Dämpfungskennlinien-Frequenz.

## Phaseneigenschaften

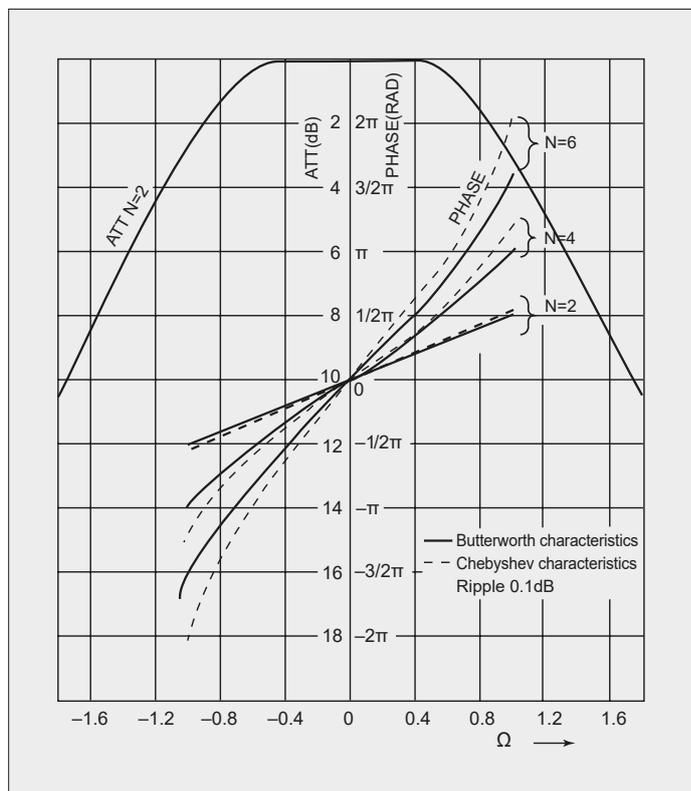
Phasenkennlinien, ähnlich den Dämpfungskennlinien, unterscheiden sich, abhängig von der charakteristischen Funktion, vom Grad (Polanzahl) usw.



**Bild 5: Dämpfungskarakteristik bei Butterworth-Eigenschaften**

Bild 6 zeigt die Phasenverläufe passend zu den oben genannten Chebyshev- und Butterworth-Eigenschaften. Lineare Pha-

senfilter können auf Wunsch gestaltet werden. Der Herstellungsumfang unterliegt jedoch mehreren Einschränkungen. ◀



**Bild 6: Phasencharakteristiken**