

### 10.3.2 Equalizer (EQ)

Ein Equalizer ist ein Filter, das schmalbandige Änderungen im Spektrum (bzw. in der Übertragungsfunktion) ermöglicht. Neben einer Grundverstärkung, die im Folgenden zu 1 ( $\hat{=} 0\text{dB}$ ) angenommen wird, definieren 3 Parameter das Übertragungsverhalten: Mittenfrequenz, Boost und Güte (Abb. 10.3.17). Mit der Mittenfrequenz  $f_x$  wird die **Frequenz** definiert, bei der das Verstärkungsmaß am größten (bzw. am kleinsten) ist), **Boost**  $\beta$  spezifiziert den Verstärkungsfaktor bei  $f_x$ , und  $Q$  bestimmt die Bandbreite, oder präziser, die **Güte**. Beim parametrischen Equalizer (EQ) sind alle drei Parameter einstellbar, beim grafischen EQ ist nur  $\beta$  verstellbar,  $f_x$  und  $Q$  sind fest vorgegeben.

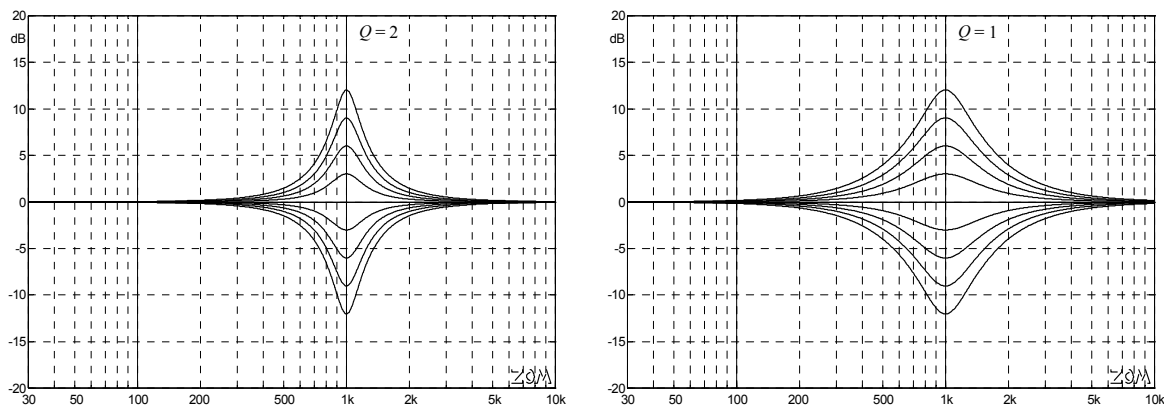


Abb. 10.3.17: Übertragungsmaße eines Equalizers.  $B = 20 \cdot \lg(\beta) = [-12 \ -9 \ -6 \ -3 \ 0 \ 3 \ 6 \ 9 \ 12]\text{dB}$ ,  $f_x = 1\text{ kHz}$ .

In Abb. 10.3.17 sind zwei verschiedene Kurvenscharen dargestellt. Während  $f_x$  und  $B$  selbst-erklärend sind, bedarf die Güte ergänzender Erläuterungen. Häufig wird die Güte aus der an den  $-3\text{dB}$ -Punkten gemessenen relativen Bandbreite definiert; diese Definition ist beim EQ aber unbrauchbar, weil bei z.B. nur  $2\text{ dB}$  Boost gar keine  $-3\text{-dB}$ -Punkte definierbar sind. Die richtige Definition ergibt sich aus der Übertragungsfunktion  $\underline{H}$ :

$$\underline{H} = \frac{\omega_x^2 + p \cdot \omega_x / Q_Z + p^2}{\omega_x^2 + p \cdot \omega_x / Q_N + p^2} \quad p = j \cdot 2\pi f \quad \omega_x = 2\pi f_x$$

Wie man sieht, gibt es in diesem Filter eine Polgüte  $Q_N$ , und eine Nullstellengüte  $Q_Z$ . Setzt man  $f = f_x$ , erhält man  $b = Q_N / Q_Z$ . Zur Definition *einer* EQ-Güte bieten sich unendlich viele Wege an, üblich sind zwei (verschiedene!) Definitionen: Entweder lässt man die Nennergüte konstant, und verändert mit der Zählergüte den Boostfaktor; dieser Filtertyp wird **Constant-Q-Equalizer** genannt, als EQ-Güte wird hierbei die Nennergüte spezifiziert. Oder man verknüpft Zähler- und Nennergüte über  $Q_Z = Q / \sqrt{\beta}$  und  $Q_N = Q \cdot \sqrt{\beta}$ ; in diesem Fall wird als EQ-Güte spezifiziert:  $Q = \sqrt{Q_N \cdot Q_Z}$ . Schaltet man zwei Equalizer des zweiten Typs in Kette, wobei  $f_x$  und  $Q$  jeweils identisch sein sollen, und die Boostfaktoren zueinander reziprok ( $\beta_1 = 1/\beta_2$ ), kompensieren sich diese beiden Filter vollständig; sie sind zueinander invers, weshalb dieser EQ-Typ gelegentlich auch als **inverser EQ** bezeichnet wird (das in Abb. 10.3.17 dargestellte Filter gehört zu diesem Typ). Beim Constant-Q-Equalizer ergibt sich hingegen bei einer entsprechenden Kettenschaltung keine vollständige Kompensation: Die Absenkungen erfolgen schmalbandiger als die Anhebungen (Abb. 10.3.18). Wenn überhaupt, spielen diese Unterschiede aber nur beim grafischen EQ eine Rolle, denn beim parametrischen EQ können alle Parameter wahlfrei eingestellt werden.

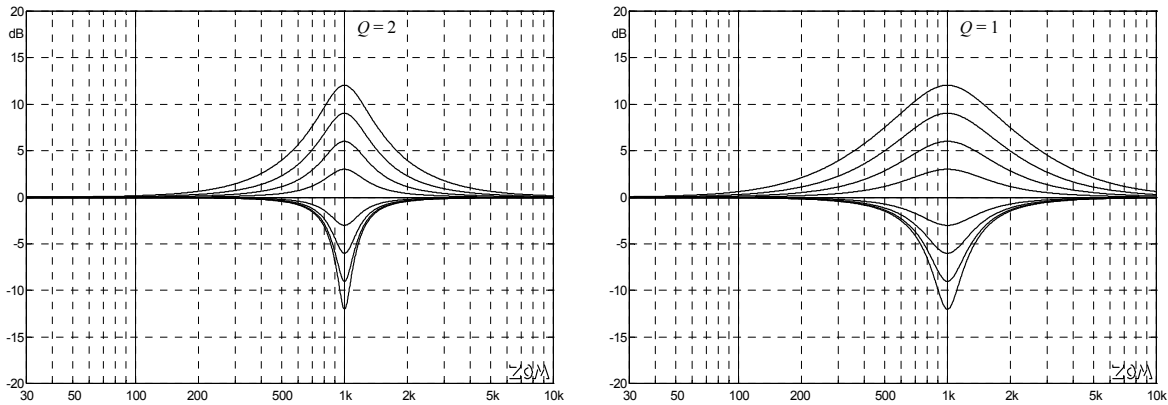


Abb. 10.3.18: Übertragungsmaße eines Constant- $Q$ -Equalizers. Die spezifizierte Güte ist die Nenner-Güte.

Dem Constant- $Q$ -Equalizer wird zugute gehalten, dass die Güte beim Vergrößern des Boost-Faktors nicht zunimmt, sondern Boost-unabhängig konstant bleibt. Die Nennergüte, muss man hinzufügen, denn die Zählergüte ändert sich natürlich schon. Es ist nicht ganz abwegig, der Nennergüte Priorität über die Zählergüte einzuräumen, denn der **Abklingkoeffizient**, der die zeitliche Hüllkurve einer Sprung- oder Impulsantwort bestimmt, hängt tatsächlich nur von der Nennergüte ab. Ob es allerdings wünschenswert ist, dass sich benachbarte EQ-Bänder in der in Abb. 10.3.18 gezeigten Weise Boost-abhängig mehr oder weniger stark überlappen, kann nur im Einzelfall nach individuellen Präferenzen entschieden werden.

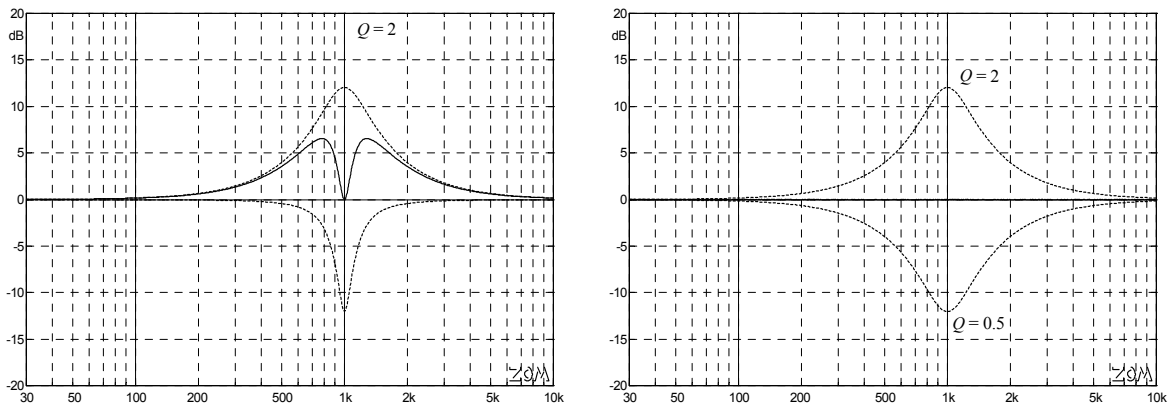


Abb. 10.3.19: Kettenschaltung zweier Constant- $Q$ -Equalizer. Einzelfilter (----) und Kettenschaltung (—). Damit sich die Verstärkungsmaße zu 0 dB ergänzen, müssen diese Güten zueinander reziprok sein (rechtes Bild).

Eine häufig verwendete Schaltung zur Realisierung eines grafischen Equalizers zeigt **Abb. 10.3.20**. Die frequenzabhängige Schwingkreisimpedanz  $Z$  kann passiv (RLC) oder aktiv mithilfe eines weiteren Verstärkers realisiert werden; der Boostfaktor lässt sich am Potentiometer  $P$  einstellen, Mittenfrequenz und Güte sind durch die Schaltung vorgegeben.

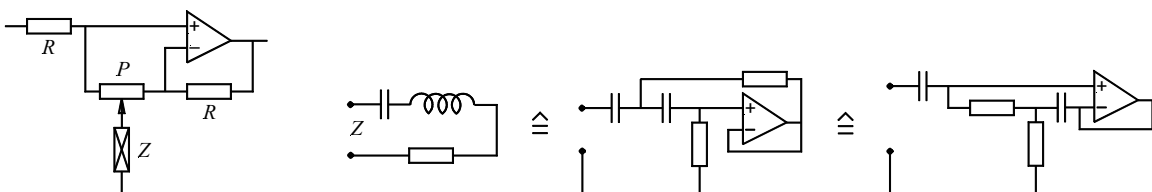
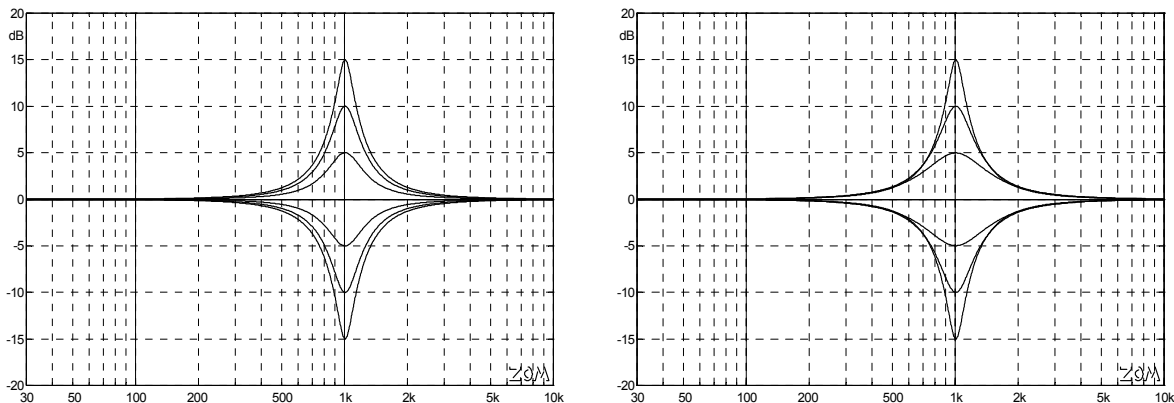


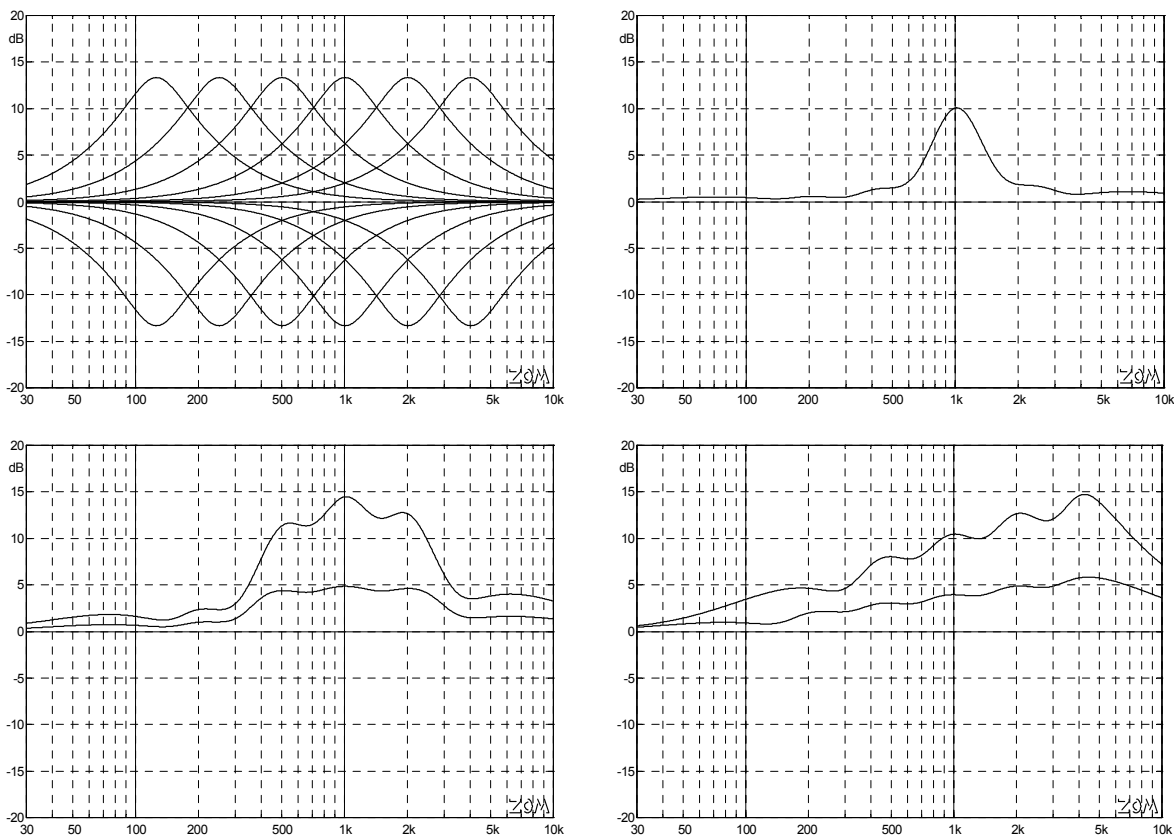
Abb. 10.3.20: Aktive EQ-Schaltung. Der Reihenschwingkreis ( $Z$ ) kann mit einer der beiden aktiven Schaltungen realisiert werden. Die aktiven Schwingkreise sind Approximationen des idealen Reihenschwingkreises.

Die in Abb. 10.3.20 vorgestellte Schaltung bietet die Möglichkeit, die Güte (innerhalb gewisser Grenzen) Boost-abhängig zu verändern (**Abb. 10.3.21**). Wie man sieht, ergibt sich ein inverses Verhalten mit im Detail unterschiedlicher Bandbreite. Relativ hochohmige Potentiometer ergeben das im rechten Bild dargestellte Verhalten, niederohmige das links dargestellte. Mit linearem Potentiometer ändert sich der Boostwert vor allem am Ende der Widerstandsbahn, deshalb ist ein spezielles Potentiometer mit S-förmiger Kennlinie erforderlich.



**Abb. 10.3.21:** Übertragungsmaße der EQ-Schaltung nach Abb. 10.3.20.

Fügt man in die EQ-Schaltung nach Abb. 10.3.20 mehrere Potentiometer (mit unterschiedlichen Schwingkreisen) ein, kann mit wenig Aufwand ein mehrbandiger grafischer EQ realisiert werden. **Abb. 10.3.22** zeigt hierzu Diagramme für unterschiedliche Einstellungen.



**Abb. 10.3.22:** Oktav-Equalizer: Einzelfilter (l.o.). Sechsbänderiger EQ, Verstärkung nur im 1-kHz-Kanal (r.o.). Verstärkung nur in drei Bändern (l.u.). Über der Frequenz ansteigende Verstärkung (r.u.).