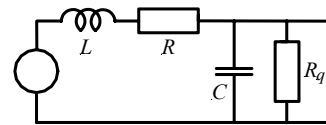
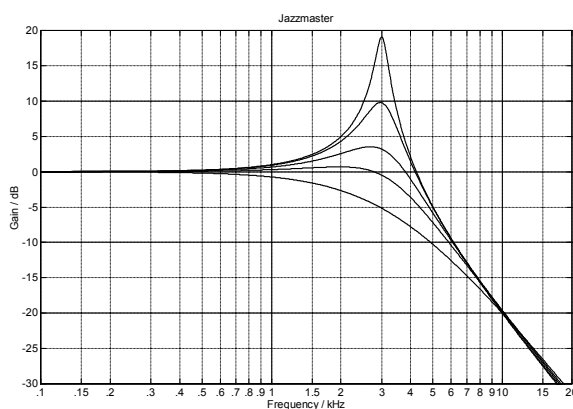


5.5.4 Resonanzgüte Q

Tonabnehmerinduktivität (ca. 2 – 10 H) und Kabelkapazität (ca. 300 – 600 pF) bilden zusammen einen Resonator mit einer Resonanzfrequenz im Bereich um 2 – 5 kHz. Eine Maßzahl für die Resonanzbedämpfung ist die **Güte** Q . Starke Bedämpfung ergibt kleine Güte, schwache Bedämpfung ergibt große Güte. Kleine Güte darf also nicht mit 'minderwertig' gleichgesetzt werden. Große Güte bedeutet, dass der Tonabnehmerfrequenzgang im Bereich der Resonanzfrequenz eine starke Resonanz-Überhöhung aufweist. Ihre Wirkung ist der eines Equalizers vergleichbar, mit dem ein bestimmter Frequenzbereich angehoben wird (Präsenzfilter). Sofern das Tonabnehmer-Ersatzschaltbild nur *eine* Spule, *einen* Kondensator und Widerstände aufweist, kann die Resonanzgüte eindeutig angegeben werden. Wenn aber Skineneffekt und Wirbelstromverluste ein komplizierteres Ersatzschaltbild höherer Ordnung erfordern, müssen mehrere Pole mit mehreren Polgüten definiert werden. Ein *einzelner* Güte-Zahlenwert ist hierbei nur mehr näherungsweise spezifizierbar.



$$H = \frac{1}{1 + \frac{p(RC + L/R_q)}{1 + R/R_q} + \frac{p^2 LC}{1 + R/R_q}}$$

$$Q = \frac{\sqrt{LC(1 + R/R_q)}}{RC + L/R_q}$$

Abb. 5.5.7: Unterschiedliche Resonanzüberhöhung bei einem Jazzmaster-Tonabnehmer. Variation des Querwiderstandes R_q ergibt unterschiedliche Resonanzbedämpfung bzw. unterschiedliche Resonanzgüte Q .

In **Abb. 5.5.7** ist die Tiefpassübertragung eines **Jazzmaster**-Tonabnehmers dargestellt. Nullsetzen des Nennerpolynoms ergibt die zwei Pole der Übertragungsfunktion (Tiefpass 2. Ordnung). Durch Variation des Querwiderstandes R_q kann unterschiedliche Resonanzbedämpfung erreicht werden. Für die im Bild dargestellten 5 Kurven betragen die Güten: 9,0 ; 2,5 ; 1,4 ; 0,9 ; 0,5. Die höchste Güte ($Q = 9$) gehört zur schwächsten Resonanzbedämpfung; die Überhöhung beträgt hierbei 19,1 dB. Dieses Verhalten erreicht man, wenn der Tonabnehmer nur mit einem 600-pF-Kondensator belastet wird. Das Ergebnis wäre klanglich allerdings unbrauchbar, es entstünde ein schrill pfeifender Gitarrenton. Beim normalen Betrieb wird der Tonabnehmer aber auch nicht mit rein kapazitiver Last, sondern mit zusätzlichen Querwiderständen betrieben. Tone- und Volume-Poti sowie der Verstärker-Eingangswiderstand belasten den Tonabnehmer, so dass sich für die Jazzmaster $Q \approx 3$ ergibt. Näherungsweise lässt sich die in **Abb. 5.5.7** erkennbare **Resonanzüberhöhung** über $20 \lg(Q)$ in dB abschätzen. Für kleine Güten wird diese Näherung aber zunehmend ungenauer.

Nach der Resonanzfrequenz ist die Resonanzgüte der zweitwichtigste Übertragungsparameter. Die o.a. Berechnung zeigt allerdings, dass Q von der Beschaltung abhängt. Schon eine Längenänderung beim **Gitarrenkabel** bewirkt eine Güteänderung (vergl. **Abb. 9.14**). Die Angabe eines Gütewertes ist deshalb problematisch: Die Güte des unbeschalteten Tonabnehmers lässt keine einfachen Rückschlüsse auf die Güte des beschalteten Tonabnehmers zu. Die Güte des durch die Gitarren-Elektrik belasteten Tonabnehmers sagt ebenfalls noch nicht viel aus. Erst wenn ergänzend Kabel und Verstärker spezifiziert werden, ist der Gütewert interpretierbar.

Bei Tonabnehmern, die außer Magnet und Spule weitere Metallteile enthalten, ist die Angabe einer Güte noch problematischer. Systemtheoretisch handelt es sich in diesen Fällen um Systeme, deren Ordnung größer als zwei ist. Die Angabe nur eines einzigen Gütewertes ist hierbei unzureichend. Auch die Angabe einer Resonanzüberhöhung in dB ist bei diesen Systemen nicht eindeutig, weil trotz gleicher Überhöhung verschiedene Bandbreiten möglich sind. In **Abb. 5.5.8** ist der Vergleich zwischen einer gemessenen und einer berechneten Übertragungskurve dargestellt. In beiden Fällen wurde das *Tiefpassverhalten* (nicht Bandpass) zugrunde gelegt. Gemessen wurde eine *Einzelspule* eines Gibson-Humbuckers. Die Polepieces sorgen für deutliche skineffektbehaftete Wirbelstromverluste, so dass ein System höherer Ordnung entsteht. Die zum Vergleich gezeichnete Übertragungsfunktion zweiter Ordnung gibt zwar den prinzipiellen Verlauf wieder, weicht aber doch sichtbar ab.

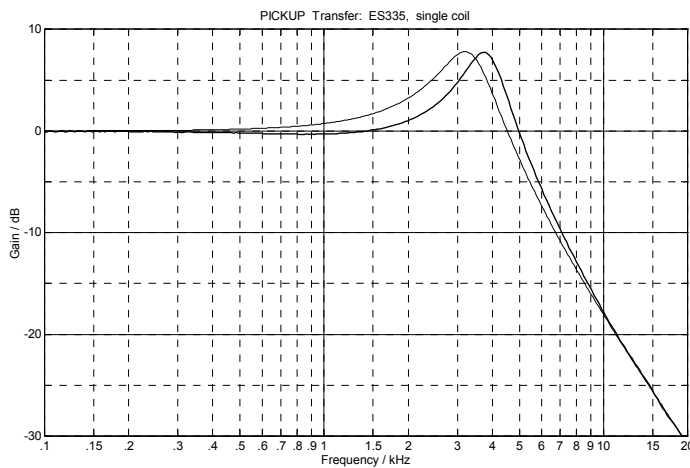


Abb. 5.5.8: Vergleich einer gemessenen Übertragungskurve (dick) mit einer berechneten Kurve zweiter Ordnung (dünn). Trotz gleicher Resonanzüberhöhung und gleicher Asymptoten sind die Kurven unterschiedlich.

Abschließend muss darauf hingewiesen werden, dass – im Gegensatz zur Resonanzgüte Q – die **Spulengüte** Q_L noch weniger Aussagekraft hat. Für das RL -Reihen-Ersatzschaltbild einer Spule ist die Spulengüte mit $Q_L = 2\pi fL/R$ definiert. Sie ist von der Frequenz abhängig, und somit einer willkürlichen Frequenzdefinition unterworfen. DUCHOSSOIR definiert z.B. die Spulengüte bei 1 kHz, und listet für Stratocaster-Tonabnehmer Gütewerte von 2,1 bis 3,5 auf. Wie wenig Einfluss die Spulengüte auf das Übertragungsverhalten hat, zeigt **Abb. 5.5.9**. Eine Vergrößerung des Spulenwiderstandes R um 50% verringert Q_L um 33%, bewirkt aber nur eine geringe Änderung der Resonanzüberhöhung.

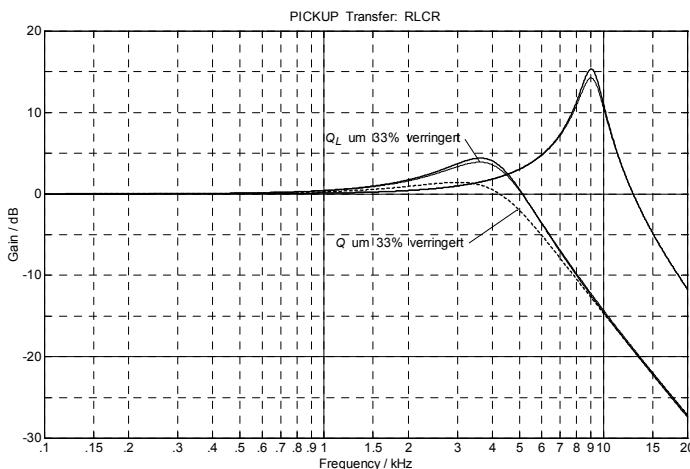


Abb. 5.5.9: Übertragungsfunktion. Stratocaster-Tonabnehmer ohne Beschaltung (9 kHz Resonanz) bzw. mit 111 kΩ Belastung und 600 pF Kabelkapazität. Die dünnen Kurven zeigen das Übertragungsverhalten bei um 50% vergrößertem Spulenwiderstand, d.h. bei um 33% verkleinerter Spulengüte Q_L . Zum Vergleich ist gestrichelt eine 33-%ige Verringerung der Resonanzgüte Q eingezeichnet.