

5.5.9 DC-Widerstand vs. Lautstärke

In Kap. 5.5.1 wurde schon darauf hingewiesen, dass der Gleichstromwiderstand eines Tonabnehmers wenig mit dessen Lautstärke zu tun hat. Natürlich gilt für einen individuellen Tonabnehmer, dass beim Abwickeln einiger tausend Drahtwindungen sowohl Widerstand als auch Lautstärke abnehmen. Daraus darf aber nicht gefolgert werden, dass ein 7-k Ω -Tonabnehmer generell lauter sein muss als ein 5-k Ω -Tonabnehmer. Genau das wird aber suggeriert, wenn in Testberichten zu lesen ist: *"Die Gitarre ist mit zwei unterschiedlichen Pickups ausgestattet. Während am Hals ein Alnico-2-Magnet für singende Höhen sorgt, bringt der Steg-Kollege mit seinem Keramikmagnet das brachiale Brett. Unsere Messungen offenbaren, wie deutlich diese Unterschiede sind: 12 k Ω (Steg) gegen 8k Ω (Hals)."* Ist der Steg-Kollege damit 50% lauter? Oder aus einem Gitarren-Vergleich: *"Die Tonabnehmer dieser Gitarre haben die geringste Ausgangsleistung des ganzen Feldes, nämlich nur 8 k Ω ; alle anderen liegen bei 10 – 18 k Ω ."* Oder: *"Der Hals-Tonabnehmer entspricht in seiner Leistung einem Gibson-PAF (8 k Ω)."*

Da Tonabnehmer so gut wie immer mit Kupferdraht (CuL) bewickelt werden, spielen für den **Gleichstromwiderstand** R_{DC} nur Drahtquerschnitt und Drahtlänge eine Rolle. Die Widerstandsmessung ist einfach, selbst preiswerte R_{DC} -Messgeräte unterbieten oft 1% Messfehler, und sogar 1‰ ist leicht erreichbar. Wenn's allerdings so genau sein soll: Die Temperatur muss dann auf $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ genau angegeben werden. In Testberichten finden sich häufig vierstellige Widerstandsangaben: Für den Gibson **498-T** z.B. 12,23 k Ω . Oder – in einer anderen Gitarre – 13,40 k Ω . Der Leser bleibt indes im Unklaren, ob die Unterschiede auf die (so gut wie niemals spezifizierten Messgeräte) oder auf die Fertigung zurückzuführen sind. Oder – zumindest zum Teil – auf die häufig zu findende Praxis, das Vol-Poti zur Widerstandsmessung nicht auszulöten: Ändert einen 13,00-k Ω -Widerstand immerhin auf 12,67 k Ω (bei einem 500-k Ω -Poti) bzw. auf 12,36 k Ω (250-k Ω -Poti). Nun wären derart kleine Unterschiede nicht von Bedeutung, wenn daraus nicht der Schluss gezogen würde, dass mit 13,40 k Ω das kleine Quäntchen zusätzliche Durchsetzungskraft gewonnen wird, das dem 12,23-k Ω -Wettbewerber leider fehlt. Und so mancher Gitarrist investiert dann 200 Euro in einen Austauschtonabnehmer, um auch von dieser Durchsetzungskraft zu profitieren.

Die Industrie greift die Widerstands-Diversifizierung gerne auf, und bietet eine unüberschaubare Tonabnehmer-Vielfalt an. Den Gibson **BurstBucker** gibt's in drei Varianten: Slightly underwound, normal, und slightly overwound. Die Gleichstromwiderstände unterscheiden sich dabei jeweils um 7%, und das sind nicht etwa unvermeidbare Fertigungsstreuungen, das ist absichtlich so produziert*. Sagt die Gibson-Werbung. Den Gibson **498-T** gibt's hingegen nur in einer Version. Dass dann bei zwei verschiedenen Exemplaren Widerstands-Toleranzen von 9,6% herauskommen, sagen Testberichte der Zeitschrift Gitarre&Bass (8/03, 1/05).

In vielen Testberichten wird der Tonabnehmer-Gleichstromwiderstand vielstellig spezifiziert, hierbei allerdings zumeist nicht Widerstand, sondern "**Ausgangsleistung**" genannt. Der kundige Leser interpretiert das als Lautstärke, und liegt damit nicht generell falsch. Ein **SDS-1** (9,1 k Ω) gibt tatsächlich mehr Spannung ab als ein Vintage-Strat-Pickup mit seinen bescheidenen 5,8 k Ω . Was muss dann erst ein Gibson **Tony-Iommi**-Signature-Pickup produzieren? Der bringt es auf 17,8 k Ω Gleichstromwiderstand! Das ist gegenüber dem SDS-1 fast die doppelte "Ausgangsleistung". Bei vergleichbarer Saitenschwingung erzeugt der Tony-Iommi aber weniger Spannung als der SDS-1, sein hoher Widerstand erhöht nicht den Übertragungskoeffizient T_{UV} . Diese Größe, als Quotient aus Tonabnehmerspannung und Saitenschnelle definiert (Kap. 5.4.5), ist gut geeignet, Korrelationen zwischen Gleichstromwiderstand und Wandlungseffizienz zu untersuchen.

* Beim '57-Classic-Plus sind's gar nur "3% mehr Wicklung" gegenüber dem '57-Classic [G&B Gibson-Heft].

Die Frequenzabhängigkeit des Übertragungs-Koeffizienten H_{UV} folgt einer mehr oder weniger komplizierten Tiefpassfunktion (Kap. 5.9.3). Für den **Stratocaster**-Tonabnehmer ergibt sich ein einfacher Tiefpass zweiter Ordnung mit ca. 5 dB Resonanzüberhöhung (**Abb. 5.5.18**). Wenn nun die Windungszahl um 10% vergrößert wird (etwa von 7600 auf 8360 Windungen), so vergrößert sich der Gleichstromwiderstand näherungsweise um ebenfalls 10%. Rechnet man etwas genauer, und berücksichtigt, dass diese Zusatzwindungen ja obenauf liegen und somit geringfügig länger sind, kommt man auf 11% Widerstandszuwachs. Die Auswirkungen des Gleichstromwiderstandes auf die Übertragungsfunktion sind aber so gering, dass keine übertriebenen Genauigkeitsanforderungen einzuhalten sind. Die Induktivität erhöht sich um ca. 23% (Kap. 5.5.2), die Kapazität wird überwiegend vom Kabel bestimmt, ebenso der Lastwiderstand. Alles zusammengenommen erhöht sich das Übertragungsmaß (die logarithmierte Übertragungsfunktion) unterresonant um 0,9 dB, die Resonanzfrequenz sinkt um 10%. Im direkten Hörvergleich werden diese Änderungen gerade eben hörbar sein, der Tonabnehmer klingt bei erhöhter Windungszahl nicht mehr ganz so brillant. Im Höhenbereich ist dadurch sogar ein minimaler Lautstärkeverlust zu verzeichnen, im Tieftonbereich eine minimale Lautstärkezunahme. Aus psychoakustischer Sicht [12] wäre der beste Parameter zur Beschreibung dieser Änderungen die Schärfe: Sie nimmt mit zunehmender Windungszahl ab.

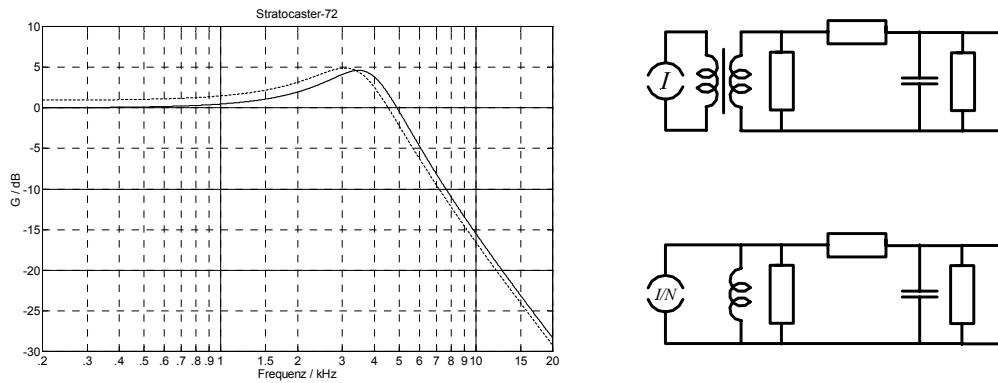
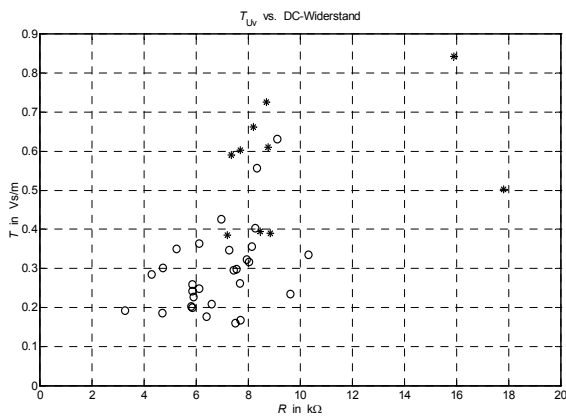


Abb. 5.5.18: Änderung des Übertragungsmaßes $G_{UV} = 20 \cdot \lg(H_{UV})$ dB bei 10%-iger Zunahme der Windungszahl N .

Der Schluss vom Tonabnehmer-Gleichstromwiderstand auf die Lautstärke fällt schwer, weil diese von vielen Parametern abhängt. Neben Verstärker- und Lautsprecherfrequenzgang bestimmt auch die Raumübertragungsfunktion den endgültigen Klang, und dazu kommen subjektive Präferenzen (Attack vs. Sustain). Für die folgende Analyse (**Abb. 5.5.19**) wird deshalb nicht die Lautstärke, sondern der tieffrequente Übertragungskoeffizient T_{UV} ausgewertet und mit dem Gleichstromwiderstand verglichen (siehe auch Kap. 5.4.5).



Die große Streuung der Wertepaare zeigt deutlich, dass Übertragungskoeffizient und Gleichstromwiderstand nur wenig korrelieren. Bei identischem Gleichstromwiderstand kann sich der Übertragungskoeffizient um den Faktor 4 unterscheiden!

Abb. 5.5.19: Vergleich zwischen tieffrequentem Übertragungskoeffizient und Gleichstromwiderstand. Übertragungsdaten wie in Kap. 5.4.5. \circ = Singlecoil, $*$ = Humbucker.