

10.7.3 Der Netzteil-Innenwiderstand

Die vom Netzteil erzeugte Gleichspannung bleibt – streng genommen – gar nicht gleich: Sie ändert sich in Abhängigkeit von der Belastung, und zusätzlich ist ihr eine Brumm-Wechselspannung überlagert. Wenn in diesem Zusammenhang also von **Gleichspannung** die Rede ist, meint man den arithmetischen Mittelwert der Betriebsspannung, gemessen über kurze Dauer, z.B. 20 ms. Lediglich im unbelasteten Zustand erzeugt das Netzteil eine Betriebsspannung, der nahezu keine Welligkeit überlagert ist. Diese Maximalspannung entspricht fast dem Scheitelwert der sekundären Trafo-Leerlaufspannung, z.B. 500 V. Bei Belastung mit z.B. 200 mA bricht diese Spannung auf z.B. 460 V zusammen, und dieses Verhalten kann dem einer idealen Spannungsquelle mit Innenwiderstand gleichgesetzt werden; im obigen Beispiel $R_i = (500 - 460)V / 0.2A = 200 \Omega$. Der Innenwiderstand hängt von Trafo, Gleichrichter, Elko und Lastwiderstand ab, bei nicht allzu stark schwankender Belastung kann man aber die Lastabhängigkeit ignorieren und den Innenwiderstand als Netzteil-Konstante betrachten.

Abb. 10.7.5 zeigt die Laststromabhängigkeit der Betriebsspannung für unterschiedliche Konfiguration. Das als ideal bezeichnete Netzteil enthält eine ideale Spannungsquelle und einen idealen Gleichrichter, der lastabhängige Spannungsabfall entsteht ausschließlich aufgrund der Kondensatorentladung. Die beiden anderen Kurven wurden an einem Netzteil mit realem Trafo gemessen, dessen Innenwiderstand $2 \times 40 \Omega$ beträgt. Dass bereits so kleine Widerstände erhebliche Wirkung haben können, liegt am hohen Spitzenstrom (Kap. 10.7.2).

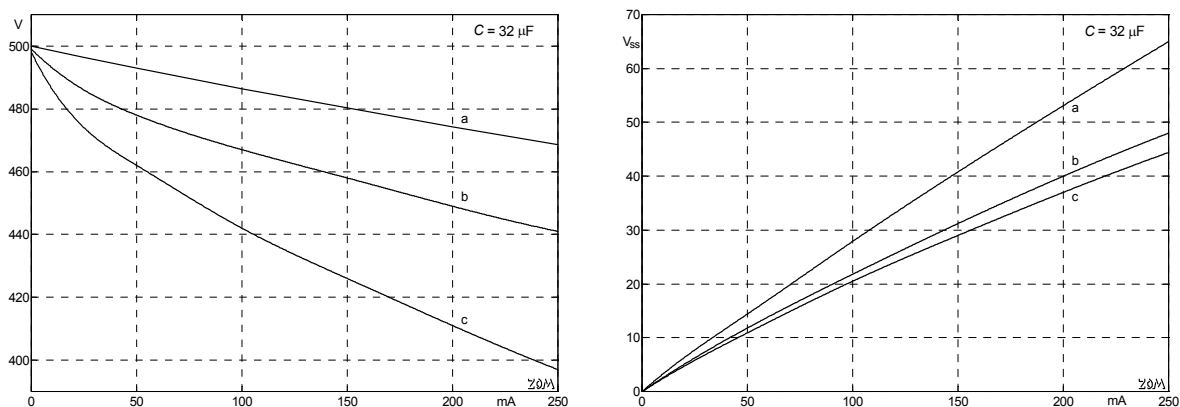


Abb. 10.7.5: Abhängigkeit der Betriebsspannung (links) und der Brummspannung (rechts) vom Laststrom. a = ideales Netzteil, b = Si-Gleichrichter (1N4007), c = Röhrengleichrichter (GZ34). Reine RC-Belastung.

Natürlich macht es einen Unterschied, ob die Betriebsspannung bei Belastung um 30 V oder um 100 V zusammenbricht, denn hiervon hängen die Arbeitspunkte der Endröhren ab; und je nach Siebung wirkt sich eine derartige Spannungsschwankung sogar noch bis zu den Vorröhren aus (Kap. 10.1). Am stärksten bricht in Abb. 10.7.5 die Spannung am Röhrengleichrichter zusammen; für $I = 150 \text{ mA}$ um $U = 75 \text{ V}$. Mit U / I erhält man hieraus den absoluten Innenwiderstand (500Ω), mit dU/dI den differentiellen (300Ω). Mit einer größeren Ladekapazität lassen sich beide Innenwiderstände verringern, allerdings erhöht sich damit der durch die Dioden fließende Spitzenstrom (vergl. Abb. 10.7.2).

Die der Betriebsspannung überlagerte **Brummspannung** ist gemäß Abb. 10.7.5 beim Röhrengleichrichter am geringsten, weil der relativ große Innenwiderstand einen großen Stromflusswinkel bewirkt. Bei Gegentaktendstufen kompensieren sich im Idealfall die Brummströme im Ausgangsübertrager (Kap. 10.5.2), bei Eintaktendstufen führt die Brummspannung in der Regel zu einem hörbaren Brummen.