

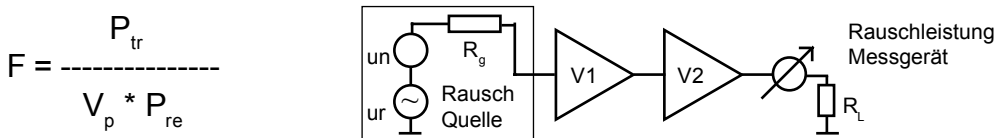
Das Rauschen

von Heinrich Kolter

Zur Ermittlung von Rauschgrößen einer Schaltung, wird in der HF-Technik oft mit der Rauschzahl F gearbeitet. Sie charakterisiert u.a. eine wesentliche Eigenschaft von Verstärkerstufen und gibt das Verhältnis zwischen Eingangs- und Ausgangsrauschen an. In Widerständen und pn-Übergängen treten Rauschspannungen bzw. Rauschströme auf, die bei Widerständen auf die thermische Bewegung der Ladungsträger und bei pn-Übergängen auf den un stetigen Stromfluß aufgrund des Durchtritts einzelner Ladungsträger zurückzuführen sind. Da es sich beim Rauschen um einen stochastischen Vorgang handelt, kann man nicht wie gewohnt mit Spannungen und Strömen nach $U=R \cdot I$ rechnen. Vielmehr wird die Rauschdichte als Leistung bestimmt, die durch die spektrale Verteilung von Effektivwerten gegeben ist. In der Praxis wird sie mit einer bekannten Rauschgröße (Signalgenerator mit Rauschquelle) und einem Rauschleistungsmessgerät als Rauschzahl F in dB ermittelt.

$$F' = F_{dB} = 10 \cdot \log F \quad \text{nach } F \text{ umgeformt ergibt: } F = 10^{\frac{F_{dB}}{10}}$$

Zur einfachen Berechnung der Rauschzahl F gilt zunächst die Berechnung des Leistungsverstärkungsfaktor V_p bzw. dB Gain, da sich die vom Verstärker abgegebene Rauschleistung zum Teil aus der am Eingang zugeführten Rauschleistung P_{re} welche mit V_p verstärkt wird, und zum anderen aus der inneren Rauschleistung des Verstärkers P_{tr} zusammensetzt.



Werden beispielsweise mehrere Verstärker hintereinander geschaltet, lautet dazu die Formel:

$$F_{ges} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{\text{dB Gain 1}} + \frac{F_3 - 1}{\text{dB Gain 1} \cdot \text{dB Gain 2}} + \dots + n-1$$

Ein Beispiel aus der Praxis: Vorverstärker V1 hat 8 dB Gain bei einer Rauschzahl $F = 3$ dB und Verstärker V2 hat 6,5 dB Gain bei einer Rauschzahl $F = 2$ dB. Die Gesamtverstärkung ergibt wie folgt:

$$\text{dB Gain ges.} = \text{dB Gain 1} + \text{dB Gain 2} = 8 + 6,5 = 14,5 \text{ dB}$$

Zur Berechnung der Rauschzahl wird zunächst der Rauschfaktor F bestimmt:

$$F_1 = 10^{\frac{3\text{dB}}{10}} = 1,99 \quad \text{und} \quad F_2 = 10^{\frac{2\text{dB}}{10}} = 1,58$$

... und danach werden die Leistungsverstärkungsfaktoren $V_{p1} \dots n$ bestimmt:

$$V_{p1} = 10^{\frac{8\text{dB}}{20}} = 6,3 \quad \text{und} \quad V_{p2} = 10^{\frac{6,5\text{dB}}{20}} = 4,47$$

Die Rauschzahl F_{ges} bzw. F_{dB} ergibt sich danach mit eingesetzten Zahlen wie folgt:

$$F_{ges} = 1,99 + \frac{1,58 - 1}{6,3} = 2,082$$

Nach dB umgerechnet ergibt sich die Rauschzahl der Gesamtschaltung:

$$F_{dB} = 10 \cdot \log F$$

$$F_{dB} = 10 \cdot \log 2,082$$

$$F_{dB} = \mathbf{3,18 \text{ dB}}$$