

## Studio- und Messmikrofone: Teil 5

Manfred Zollner

Der fünfte Teil des Mikrofon-Kompandiums hat nichtlineare Verzerrungen zum Thema. Die sollten eigentlich gar keines sein, denn die Hersteller geben z.B. für 160 dB Schallpegel nur 0.5% Klirrfaktor an – Messungen liefern jedoch ein ganz anderes Ergebnis. Da kann dann die Verzerrungsgrenze statt bei 160 dB bei nur 110 dB liegen. Oder statt 152 dB bei nur 99 dB. Warum das so ist? Weil bei Kondensatormikrofonen häufig nur die Verzerrungen des Mikrofonverstärkers spezifiziert werden, nicht die Kapselverzerrungen. Bei dynamischen Mikrofonen findet man zu meist gar keine Angaben zum maximalen Schallpegel, oder realitätsferne Übertreibungen. Aber es gibt auch Mikrofone mit sehr hohem Grenzschalldruckpegel, wie z.B. das MD-421.

Mikrofone sollen Schalldruck in (elektrische) Spannung umwandeln – und zwar möglichst linear. Der Begriff der **Linearität** wird hier im Sinne der Systemtheorie verwendet, er bedeutet, dass keine nichtlinearen Verzerrungen entstehen, dass also **der Klirrfaktor null ist**. Oder, hierzu gleichwertig: dass alle Systemparameter signalunabhängig sind. Ein Systemparameter ist z.B. die Federsteifigkeit der Membranaufhängung. Ist sie von der Membranauslenkung unabhängig, gilt das Hookesche Gesetz: Schalldruck und Auslenkung sind zueinander proportional. Jedoch gilt dieses Ideal nur bei ganz kleinen Auslenkungen: Je größer die Auslenkung, desto steifer wird die Federung, und bei ganz großer Auslenkung kann sie sich sogar irreversibel ändern. Sind Schalldruck und Membranauslenkung nicht proportional, entstehen nichtlineare Verzerrungen: Die Mikrofonspannung weist Spektralanteile auf, die im Schalldruck nicht enthalten sind. Bei Anregung mit z.B. einem 1-kHz-Sinuston erzeugt ein nichtlineares System auch Spektralanteile bei 2 kHz, 3 kHz und ggf. bei weiteren Frequenzen. Die Summe aller Verzerrungskomponenten im Verhältnis zum Gesamtsignal ist der Klirrfaktor. Die Summation muss pythagoreisch erfolgen, weil die einzelnen Spektralkomponenten verschiedene Frequenzen haben (inkohärent sind):

$$k = \sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots} / \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}$$

Hierbei bezeichnet  $U_1$  die Spannung bei der Anregungsfrequenz,  $U_2$  die Spannung bei der doppelten Anregungsfrequenz,  $U_3$  bei der dreifachen, etc.,  $k$  steht für den Gesamtklirrfaktor. In Ergänzung zum Gesamtklirrfaktor sind auch Einzelklirrfaktoren gebräuchlich wie z.B.:

$$k_2 = U_2 / \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots} \quad k_3 = U_3 / \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}$$

$k_2$  ist der quadratische Klirrfaktor,  $k_3$  der kubische. Aus dem Klirrfaktor berechnet sich die **Klirrdämpfung** zu  $a_k = -20 \cdot \lg(k)$  dB, 40 dB Klirrdämpfung entsprechen 1% Klirrfaktor. Es gibt mehrere Ursachen, die in Mikrofonen nichtlineare Verzerrungen verursachen können: Die Membranaufhängung ist eine nichtlineare Feder, Spalten und Kapillare stellen nichtlineare Dämpfungswiderstände dar, das inhomogene Magnetfeld des dynamischen Mikrofons erzeugt einen nichtlinearen Übertragungskoeffizient, und falls im Mikrofon ein Verstärker eingebaut ist, wird auch seine Übertragung mehr oder weniger nichtlinear sein. Typischerweise nehmen die Nichtlinearitäten mit steigender Aussteuerung zu – bei Mikrofonen wird deshalb ein Grenzschalldruckpegel angegeben, bei dem der Klirrfaktor z.B. gerade 1% erreicht.

Die restlichen Seiten sind als PDF downloadbar: [www.gitec-forum.de](http://www.gitec-forum.de)