

Schwingung keine Sinusform mehr. Es treten dann höhere Harmonische, welche in der angreifenden Kraft nicht enthalten sind, auf<sup>1</sup>. Als Maß der Nichtlinearität benutzt man in der Akustik nach K. KÜPFMÜLLER<sup>2</sup> den „Klirrfaktor“, hierunter versteht man die Wurzel aus der Summe der Intensitäten der durch die Nichtlinearität auftretenden höheren Harmonischen dividiert durch die Intensität der bei linearer Charakteristik allein vorhandenen Grundschwingung

$$k = \sqrt{\frac{x_2^2 + x_3^2 + \dots}{x_1^2}}$$

Von großer Bedeutung ist die Frage, wie die erzwungene Schwingung eines nichtlinearen Systems zusammengesetzt ist, auf welches

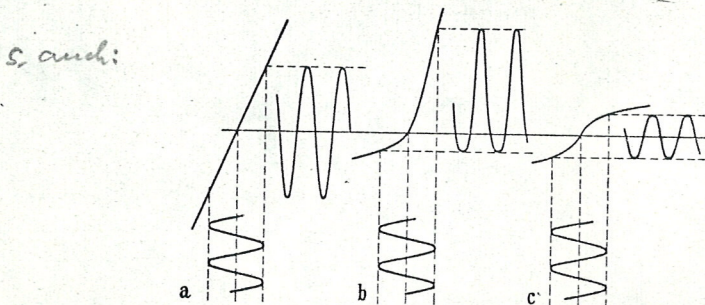


Abb. 36. Lineare und nichtlineare Kennlinien von Schwingungssystemen (a verzerrungsfrei, b un-symmetrische, c symmetrische Verzerrungen)

zwei sinusförmige Kräfte verschiedener Frequenz einwirken. H. v. HELMHOLTZ<sup>3</sup> hat diesen Fall zuerst durchgerechnet, und zwar für die erzwungenen Schwingungen des menschlichen Trommelfells; er legte hierbei die Annahme zugrunde, daß die Steifigkeit des Trommelfells

<sup>1</sup> Neben höheren Harmonischen können in der erzwungenen Schwingung nicht-linearer Systeme auch „Subharmonische“ („Untertöne“) auftreten, deren Frequenz ein ganzzahliger Teil der Frequenz der angreifenden Kraft ist. Vgl. hierzu insbesondere C. A. LUDECKE: J. appl. Phys. **22**, 1321 (1951); CUNNINGHAM, W. J.: J. appl. Phys. **27**, 1374 (1956).

<sup>2</sup> KÜPFMÜLLER, K.: Fachber. 31. Jahresvers. VDE 1926, 87. Fällt auf ein nichtlineares System statt eines einzelnen Sinustones ein Gemisch, so wird der Klirrfaktor sinngemäß als Verhältnis des Effektivwertes der Ober- und gegebenenfalls auch Untertöne zum Effektivwert des Gesamtgemisches definiert [vgl. Mitt. d. Deutschen Akust. Ausschusses, Akust. Z. **4**, 63 (1939)]. In vielen praktisch wichtigen Fällen, insbesondere solchen der Schallübertragungstechnik, reicht aber die Angabe des Klirrfaktors zur vollständigen Kennzeichnung der nichtlinearen Verzerrungen noch nicht aus, es ist dort vielfach erforderlich, noch Aussagen über die Stärke der einzelnen „Differenztöne“ zu machen.

<sup>3</sup> v. HELMHOLTZ, H.: Berl. Ber. 1856, S. 279. Die Lehre von den Tonempfindungen, 6. Aufl., S. 646. Braunschweig 1913.