

## Zur Gehör- Zeitkonstante

In Schallpegelmessern sind zur Zeitbewertung elektrische RC-Glieder eingebaut. Bei RC-Gliedern ist die Zeitkonstante  $\tau = RC$  die Zeit, in der Spannung oder Stromstärke

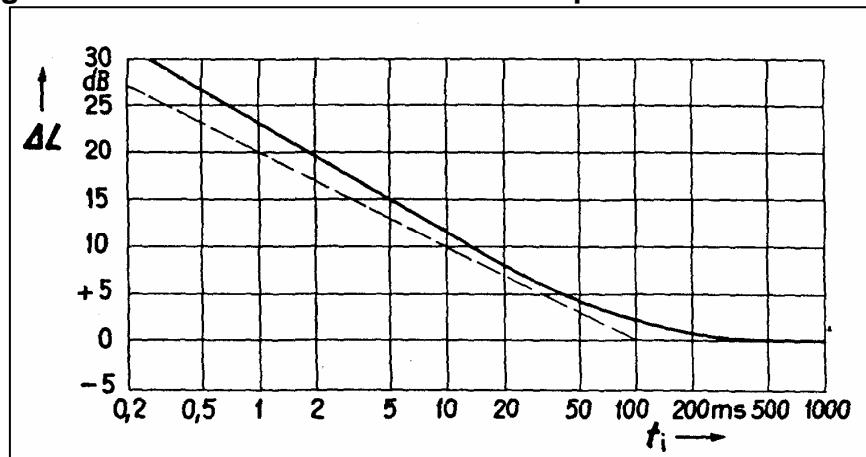
$$i = C \frac{du}{dt} = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

auf den e-ten Teil ansteigen bzw. absinken:

$$u = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Der Anstieg bzw. Abfall entspricht bei Schalldruckpegeln einer Änderung um 4 dB.

**Bild: Pegelunterschied  $\Delta L$  zwischen einem Impuls aus weißem**



**Rauschen und gleichlautem Dauerrauschen als Funktion der Impulsdauer<sup>1</sup>. Aus der Kurve ergibt sich eine Zeitkonstante von 50 ms.**

**Aus: Fasold, W., W. Kraak u. W. Schirmer (Hrsg.): Taschenbuch Akustik. Teil 1 und Teil 2. Berlin: VEB Technik 1984, S. 226:**

„Die bisherigen Betrachtungen gelten für zeitlich konstante Schalleinwirkungen. Aus Messungen mit Tonimpulsen und Impulsfolgen ergibt sich, dass die Lautstärkebildung mit einer messbaren Trägheit erfolgt, die sich in guter Näherung als Wirkung eines Trägheitsgliedes 1.Ordnung beschreiben lässt [2.52]<sup>2</sup> [2.53]<sup>3</sup>:

$$\tau_0 \frac{dJ_D}{dt} + J_D = J_{(t)};$$

$J_{(t)}$  = einwirkende Schallintensität,

$J_D$  = **trägheitsbewertete Schallintensität als Ausgangsgröße für die Lautstärkebildung,**

$\tau_0$  = **Zeitkonstante des Gehörs.**

<sup>1</sup> Zwicker, E. u. R. Feldtkeller: Das Ohr als Nachrichteneempfänger. Stuttgart: S. Hirzel, 1967, S. 182.

<sup>2</sup> Niese, H.: Das Zusammenwirken der Einflüsse von Geräuschbandbreite und Geräuschzeitfunktion auf die Lautstärke. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik 70(1961), S.79-91.

<sup>3</sup> Reichardt, W.: Zur Trägheit der Lautstärkebildung. Akustische Beihefte zur Acustica 15(1965), S.345-354.

Die Zeitkonstante  $\tau_0$  weist starke interindividuelle Streuungen auf; der Mittelwert liegt bei etwa 50 ms. In die internationale Standardisierung zur Auslegung der gehörigen Zeitbewertung „Impuls“ von Schallpegelmessern hat ein Wert von 35 ms Eingang gefunden.

Weitere Einzelheiten sowie Nebeneffekte, auf die hier nicht eingegangen werden kann, sind in [2.15]<sup>4</sup> [2.16]<sup>5</sup> und [2.54]<sup>6</sup> detailliert beschrieben.“

Eine unbelegte Behauptung<sup>7</sup>, dass "slow" "den medizinischen Wirkungen adäquater ist", darf begründet angezweifelt werden: erstens wegen der Gehörzeitkonstanten von 50 ms und zweitens wegen der physiologischen Reaktionen bis 5 ms. Hierzu SPRENG<sup>8</sup>:

*"Was passiert, wenn Lärm auf den Organismus einwirkt? Wenn Schall über das Gehör in das zentralnervöse Verarbeitungssystem eindringt, dann kommt es bereits beim Hörnerv zu einer Überbetonung der ausgelösten Erregung. Diese ist abhängig von der Anstiegssteilheit des Schalles. Das ist bereits in ganz peripheren Bereichen der Hörbahn feststellbar. Und wir haben weiterhin sehr schnelle Verarbeitungsbahnen, die ohne Umschaltung diese überschießende Erregung direkt ins Stammhirn führen. Und im Stammhirn finden wir wieder eine direkte Verschaltung, durch die sehr schnell über die vegetativen Nervenbahnen Blutgefäße, Herz, Nebennieren usw. beeinflusst werden. Auch Muskeln kontrahieren und es kommt über eine weitere zentralnervöse Schleife zu Einflüssen auf das humorale vegetative System, insbesondere auf die Hypophyse. Neben vielen anderen wird dort das ACTH, das adrenocorticotrope Hormon verstärkt aktiviert. Dieses wirkt auf Nebenniere und Schilddrüse und bewirkt dann die Freisetzung sogenannter Stresshormone wie Kortisol, Aldosteron und viele andere mehr. Das Stammhirn wird von dieser überschießenden Erregung bereits nach 5 ms erreicht, so daß sich das Vegetativum bzw. der Organismus gegen diese überschießende Erregung bei sehr dynamischen Schalländerungen überhaupt nicht wehren kann.".....*

*"... Man kann auch - grob zumindest - ein gewisses psychophysisches Abbild dieser überschießenden Erregung feststellen. Das ist z.B. Hashimoto, Namba und Rice gelungen, die sich auf Aussagen bezogen haben, die ich 1980 gemacht habe. Sie haben in der Tat psychophysisch nachgewiesen, dass ein solches überschießendes Verhalten auch in der Lautheitsempfindung gegeben ist. Wir haben also je nach Dynamik des Schallanstiegs und je nach Dynamik der Schalländerung eine sehr starke Abhängigkeit der Erregung in unserem Organismus zu erwarten.*

*Das will ich Ihnen an Meßergebnissen verdeutlichen, die ich hier zeige (Abb.1). Dabei wird zum Zeitpunkt Null ein Schallereignis aus einem Dauerschall heraus (70 dB-Sinuston) moduliert. Das geschieht mit unterschiedlicher Flankensteilheit. Wenn ich diese Flanke ganz langsam, beispielsweise mit 700 ms und dann immer schneller ansteigen lasse und schließlich auf 200 ms verkürze, dann kann man deutlich eine Reaktion messen: Diese liegt im Zeitbereich von 100 bis 200 ms nach dieser Änderung. Wenn ich die Anstiegsflanke des Schallreizes weiterhin auf 100 ms verkürze, dann ist die Erregung sehr viel größer als bei 700 ms Anstiegsflanke. Dieses Anwachsen der Erregung ist dann etwa bis 50 ms Flankenanstiegszeit beobachtbar.*

*Sie sehen also deutlich, dass die Größe der Erregung im Zentralnervensystem massiv abhängig ist von der Dynamik der Schalländerung. Das wurde bei der Lärmbeurteilung bisher nicht berücksichtigt! Es ist hoch interessant, dass nicht nur Amplitudenmodulationen sondern auch Frequenzmodulationen des Schalles im Zentralnervensystem ähnliche, vergleichbare Erregungen in Abhängigkeit von der Dynamik dieser Modulation*

<sup>4</sup> Zwicker, E. u. R. Feldtkeller: Das Ohr als Nachrichtenempfänger. Stuttgart: S. Hirzel, 1967.

<sup>5</sup> Zwicker, E.: Procedure for calculating loudness of temporally variable sounds. JASA 62(1977), S.675-682.

<sup>6</sup> Loudness and masking patterns of narrow bands of noise. Acustica 33 (1975), S.266

<sup>7</sup> Jansen, G. u. K. Scheuch: Medizinisches Gutachten über die Auswirkungen des Fluglärms im Rahmen der vorgesehenen Änderung der Nachtflugregelung für den Flughafen München. Essen/Bannewitz, 28.9.1999.

<sup>8</sup> Spreng, M.: Kritische Betrachtung des Schienenbonus anhand hörphysiologischer/medizinischer Fakten. Fachseminar Schienenlärm des Instituts für ökologische Strategien am 17.10.1997 in Frankfurt. Tagungsband S. 19-29.

*hervorrufen. Bei einer derartigen Form der Änderung würde ein linearer Schallpegelmesser überhaupt keine Änderung anzeigen! Aber: der Mensch, sein Vegetativum wird ganz massiv aktiviert!"*

Die Konsequenz der obigen Ausführungen ist, daß nicht einmal die Zeitbewertung "Impuls" mit einer Zeitkonstanten von 35 ms für die physiologische Beurteilung ausreichend kurz ist! Ein medizinischer Gutachter darf an diesen Zusammenhängen nicht vorbeigehen, zumal Fragen der geeigneten Zeitbewertung immer wieder diskutiert wurden.