

DIN 45631/A1

ICS 17.140.01

Änderung von
DIN 45631:1991-03

**Berechnung des Lautstärkepegels und der Lautheit aus dem
Geräuschspektrum –
Verfahren nach E. Zwicker –
Änderung 1: Berechnung der Lautheit zeitvarianter Geräusche;
mit CD-ROM**

Calculation of loudness level and loudness from the sound spectrum –
Zwicker method –
Amendment 1: Calculation of the loudness of time-variant sound;
with CD-ROM

Méthode de calcul du niveau d'isophonie et de la sonie –
Méthode d'après E. Zwicker –
Amendement 1: Calcul de la sonie de bruit du niveau fluctuant;
avec CD-ROM

Gesamtumfang 30 Seiten

Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitskreis NA 001-01-02-08 AK „Psychoakustische Messtechnik“ des Arbeitsausschusses NA 001-01-02 AA „Geräuschimmission — Ermittlung, Bewertung, Beurteilung“ des Normenausschusses Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI erarbeitet.

Diese Änderung ergänzt DIN 45631 um ein Verfahren zur Berechnung der Lautheit von zeitvarianten Geräuschen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

1 Anwendungsbereich

Ergänze diesen Abschnitt um folgenden Text:

In Anhang B wird ein Verfahren zur Berechnung der Lautheit zeitvarianter Geräusche beschrieben.

2 Beschreibung des Verfahrens

Ersetze die Überschrift dieses Abschnitts durch folgende:

2 Beschreibung des Verfahrens für stationäre Geräusche

3 Größen und Benennungen

Füge nach der Überschrift folgenden Text und Anmerkung ein:

Für die Anwendung von DIN 45631 gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Begriffe zur Berechnung der Lautheit zeitvarianter Geräusche sind in Anhang B aufgeführt.

4 Durchführung der Berechnung

Ersetze die Überschrift dieses Abschnitts durch folgende:

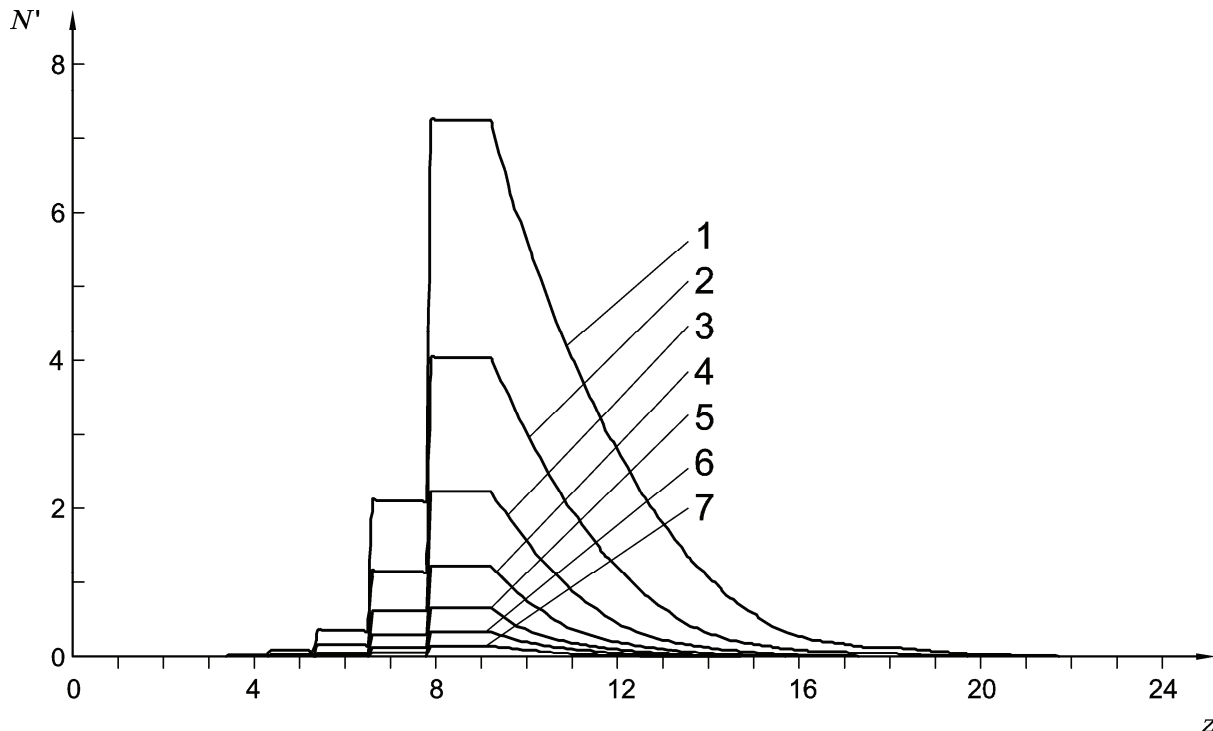
4 Durchführung der Berechnung für stationäre Geräusche

Anhang A

Ersetze die Überschrift dieses Anhangs durch folgende:

Rechenprogramm zur Lautheitsberechnung stationärer Geräusche

Ersetze die Bilder A.2 und A.3 sowie den dazugehörigen Text durch folgendes:



Legende

- | | | |
|---|--------------|--------------------------|
| 1 | L : 90 dB; | N_{GF} : 32,0 sone(GF) |
| 2 | L : 80 dB; | N_{GF} : 16,0 sone(GF) |
| 3 | L : 70 dB; | N_{GF} : 8,0 sone(GF) |
| 4 | L : 60 dB; | N_{GF} : 4,0 sone(GF) |
| 5 | L : 50 dB; | N_{GF} : 2,0 sone(GF) |
| 6 | L : 40 dB; | N_{GF} : 1,0 sone(GF) |
| 7 | L : 30 dB; | N_{GF} : 0,4 sone(GF) |

N' Spezifische Lautheit, in sone/Bark

z Tonheit, in Bark

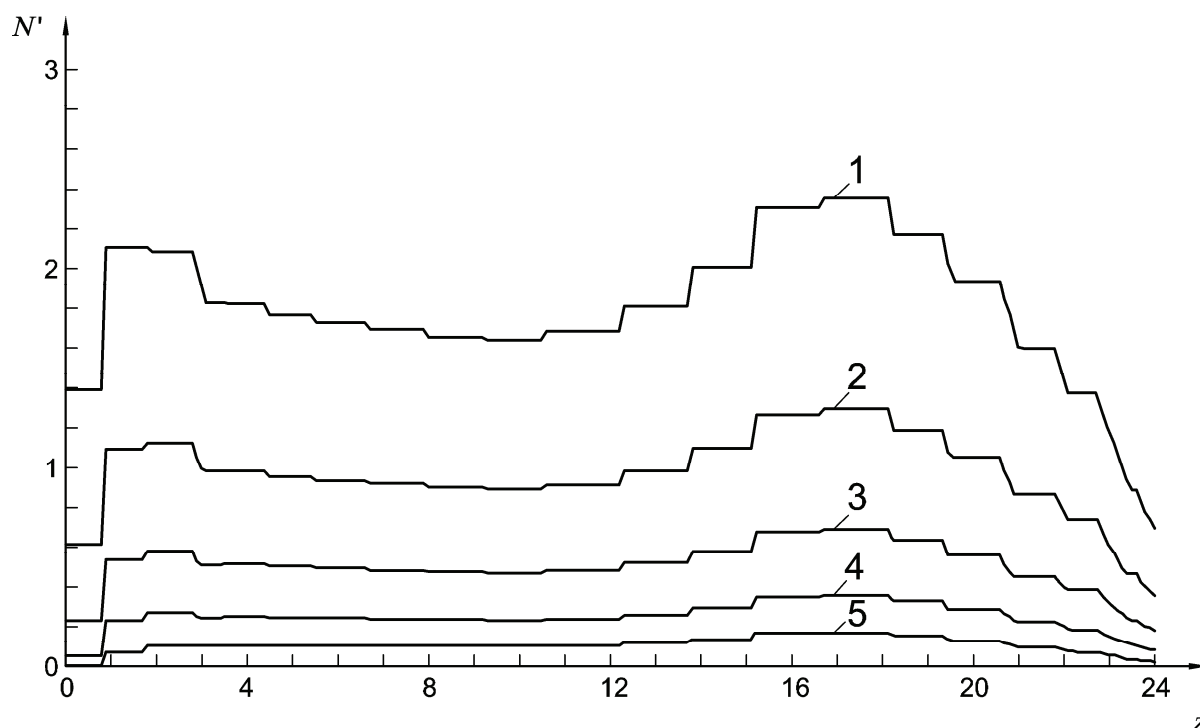
Bild A.2 — Beispiele für das Lautheits-Tonheits-Muster eines 1-kHz-Tones bei verschiedenen Pegeln

Das Beispiel in Bild A.2 zeigt das Lautheits-Tonheits-Muster für einen Sinuston der Frequenz $f = 1$ kHz mit Pegeln zwischen 30 dB und 90 dB. Die Darstellung erfolgt als spezifische Lautheit N' in sone/Bark über der Frequenzgruppenskala z in Bark. Sofern die Terzpegel nicht durch Messungen bestimmt werden, sondern numerische Werte angegeben werden, ist die endliche Flankensteilheit der Analysefilter zu beachten. In den benachbarten Terzen treten um 20 dB reduzierte Pegelwerte auf, die für die Berechnungen zu berücksichtigen sind. Beispielsweise ergeben sich für 90 dB folgende Werte.

Tabelle A.1 — Terzpegel eines 1-kHz-Tones mit 90 dB

Frequenz Hz	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
Pegel dB	10	30	50	70	90	70	50	30	10

Für Werte unter 1 000 Hz (8,5 Bark) ist der Einfluss der endlichen Filtersteilheit klar ersichtlich, bei Werten über 8,5 Bark spielt die endliche Filtersteilheit wegen der flachen oberen Flanke der Mithörschwellenmuster keine Rolle.



Legende

- 1 L : 80 dB; N_{GF} : 44,9 sone(GF)
- 2 L : 70 dB; N_{GF} : 24,2 sone(GF)
- 3 L : 60 dB; N_{GF} : 12,6 sone(GF)
- 4 L : 50 dB; N_{GF} : 6,2 sone(GF)
- 5 L : 40 dB; N_{GF} : 2,6 sone(GF)

N' Spezifische Lautheit, in sone/Bark

z Tonheit, in Bark

Bild A.3 — Beispiele für das Lautheits-Tonheits-Muster für ein Rosa Rauschen (20 Hz bis 20 kHz) bei verschiedenen Pegeln

Die Lautheits-Tonheits-Muster in Bild A.3 gelten für (Gesamt-)Pegel des Rosa Rauschens zwischen 40 dB und 80 dB. Der Terzpegel liegt im Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz (31 Terzbänder) jeweils um $10 \lg 31 \text{ dB} = 14,9 \text{ dB}$ niedriger als der Gesamtpegel; der A-bewertete (Gesamt-)Pegel liegt um etwa 3 dB niedriger als der unbewertete (Gesamt-)Pegel. Für Rosa Rauschen mit etwa 57 dB (bei A-Bewertung) ergibt sich demnach eine Lautheit N von 12,6 sone; ein 1-kHz-Ton mit 57 dB (bei A-Bewertung) erzeugt jedoch nur eine Lautheit von 3,2 sone. Dieses Beispiel zeigt, dass breitbandige Schalle (z. B. Rosa Rauschen) bei gleichem Schallpegel als erheblich (Faktor 4) lauter wahrgenommen werden als schmalbandige Schalle.

Füge nach Anhang A folgende weitere Anhänge ein:

Anhang B (normativ)

Berechnung der Lautheit zeitvarianter Geräusche

B.1 Einleitung

Dieser Anhang legt die Anforderungen an Geräte zur Bestimmung der Lautheit zeitvarianter Geräusche (siehe B.3.2) fest und beschreibt das Vorgehen zur Ermittlung dieser Kenngröße.

Für zeitvariante Schalle werden mit dem Verfahren für stationäre Geräusche zu niedrige Werte der Lautheit berechnet. Daher sind im Folgenden Verfahren beschrieben, welche die Zeitverarbeitung von Schallen im menschlichen Gehör bei der Beurteilung der Lautheit zeitvarianter Geräusche simulieren.

B.2 Beschreibung des Verfahrens

Die Berechnung der Lautheit zeitvarianter Geräusche basiert auf der Berechnung der Lautheit stationärer Geräusche. Insbesondere sind die spektralen Analysen durch Terzfilter in beiden Verfahren gleich.

Wesentliche Unterschiede ergeben sich bei der zeitlichen Bewertung: Das nichtlineare Abklingverhalten des menschlichen Gehörs muss detailliert nachgebildet werden. Darüber hinaus müssen sehr komplexe Eigenschaften des Gehörs wie beispielsweise Effekte der zeitlichen Summation und Folgedrosselung berücksichtigt werden.

Das Verfahren ist prinzipiell zur Berechnung der Lautheit sämtlicher zeitvarianter Geräusche geeignet.

Anwendungsbereiche ergeben sich für Geräusche mit deutlichen Zeitstrukturen, wie von Hubschraubern, Dieselmotoren, aber auch für menschliche Sprache.

Die Beurteilung der schädigenden Wirkung von Schallereignissen liegt nicht im Anwendungsbereich dieser Norm.

B.3 Begriffe

B.3.1

stationäres/zeitinvariantes Geräusch

Geräusch, bei dem der Quotient aus der Perzentillautheit N_5 und der Perzentillautheit N_{95} einen Wert von 1,10 nicht überschreitet

B.3.2

zeitvariantes Geräusch

Geräusch, bei dem der Quotient aus der Perzentillautheit N_5 und der Perzentillautheit N_{95} einen Wert von 1,10 überschreitet

ANMERKUNG Die überwiegende Zahl der in der Praxis vorkommenden Geräusche sind zeitvariante Geräusche.

B.3.3 spezifische Lautheit

 N'_{GT}

Wert der zeitvarianten Lautheit in einer Frequenzgruppe

ANMERKUNG 1 Bei der spezifischen Lautheit wird zwischen N'_{GFT} für freies Schallfeld und N'_{GDT} für diffuses Schallfeld unterschieden.

ANMERKUNG 2 Die spezifische Lautheit wird in sone/Bark angegeben.

ANMERKUNG 3 Die Indizes haben folgende Bedeutung: G für Frequenzgruppe, F für freies Schallfeld, D für diffuses Schallfeld, T für Zeitvarianz.

B.3.4 Perzentillautheit

 N_X

Lautheit, die in X % der Messzeitintervalle erreicht oder überschritten wird

ANMERKUNG Die Perzentillautheit wird in sone angegeben.

B.4 Lautheitsmesser

B.4.1 Beispielhafter Aufbau

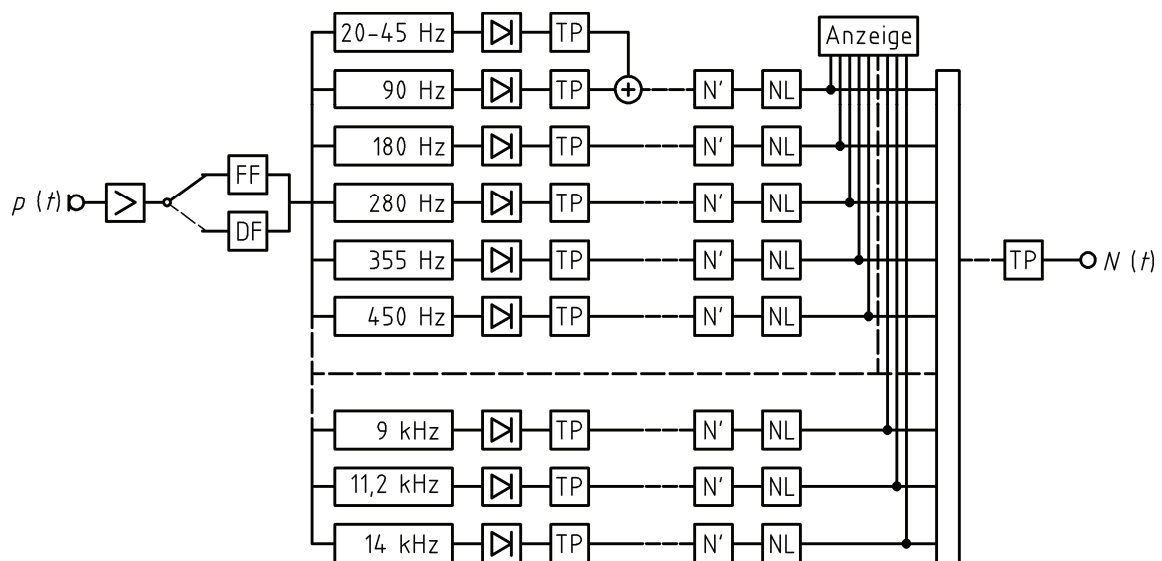


Bild B.1 — Blockschaltbild eines Lautheitsmessers

Nach Verstärkung des Mikrofonsignals (siehe Bild B.1) wird zwischen freiem und diffusem Schallfeld gewählt (siehe Anhang A, Zeilen 1 660 bis 1 710). Es folgt eine Filterbank von Terzfiltern nach DIN EN 61260, eine Gleichrichtung und Tiefpassfilterung. Die Zeitkonstante τ wird frequenzabhängig gewählt:

$$\tau = (2/3)/f_c$$

für Terzmittenfrequenzen $f_c \leq 1\,000$ Hz bzw.

$$\tau = (2/3)/1\,000 \text{ Hz} = 2/3 \text{ ms}$$

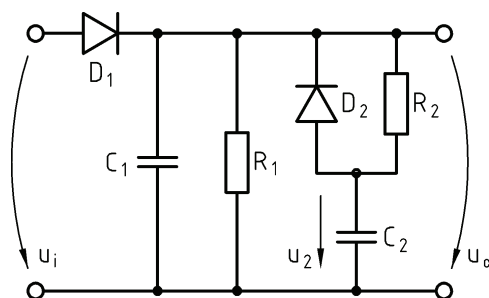
für Terzmittenfrequenzen $f_c > 1\,000$ Hz.

Der Block N' enthält die Transformation vom Schallpegel in die spezifische Lautheit, wie in Anhang A beschrieben.

ANMERKUNG Stark vereinfacht kann hier angenommen werden, dass die spezifische Lautheit der vierten Wurzel der Schallintensität bzw. der Quadratwurzel des Schalldrucks entspricht.

Im Block NL wird das nichtlineare zeitliche Abklingverhalten des Gehörs simuliert: Nach kurzen Signalen ergibt sich ein steilerer Abfall als nach längeren Signalen. Die gewichtete Summation entspricht der Flächenbildung in den Bildern 2 bis 11. Der Tiefpass am Ausgang simuliert, dass 10 ms lange Signale als etwa halb so laut wahrgenommen werden wie 100 ms lange Signale.

Für die im Block NL durchgeführte Signalverarbeitung ist in Bild B.2 ein Beispiel für eine Netzwerksimulation und in Bild B.3 ein Rechenprogramm abgebildet.



$$\tau_{\text{short}} = R_1 \cdot C_1 = 5 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{long}} = R_1 \cdot (C_1 + C_2) = 15 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{var}} = R_2 \cdot C_2 = 75 \text{ ms}$$

Bild B.2 — Ersatzschaltbild zur Simulation des zeitlichen Abklingverhaltens des Gehörs
(siehe Block NL in Bild B.1)

<pre> #include <math.h> #include <stdio.h> #define t_short 0.005 #define t_long 0.015 #define t_var 0.075 float B[6], u_o_0, /* u_o(t-delta_t) */ u_2_0; /* u_2(t-delta_t) */ void init_nl_lp (float delta_t) /* initializes constants B and states of capacitors C1 and C2, 1/delta_t = sampling frequency */ { float lambda_1, lambda_2, p, q, den, e1, e2; int i; p = (t_var + t_long) / t_var*t_short); q = 1/(t_short*t_var); lambda_1 = -p/2+sqrt (p*p/4 - q); lambda_2 = -p/2-sqrt (p*p/4 - q); den = t_var*(lambda_1 - lambda_2); e1 = exp(lambda_1*delta_t); e2 = exp(lambda_2*delta_t); B[0] = (e1-e2)/den; B[1] = ((t_var*lambda_2+1)*e1 - (t_var*lambda_1+1)*e2)/den; B[2] = ((t_var*lambda_1+1)*e1 - (t_var*lambda_2+1)*e2)/den; B[3] = (t_var*lambda_1+1)* (t_var*lambda_2+1)* (e1-e2)/den; B[4] = exp(-delta_t/t_long); B[5] = exp(-delta_t/t_var); u_o_0 = 0; /* at beginning capacitors C1 and C2 are discharged */ u_2_0 = 0; } </pre>	<pre> float nl_lp (float u_i) /* calculates u_o(t) from u_i(t) using u_o(t-delta_t) and u_2 (t-delta_t) */ { float u_o, u_2; if (u_i < u_o_0) /* case 1 */ if (u_o_0 > u_2_0){ /* case 1.1 */ u_2 = u_o_0*B[0] - u_2_0*B[1]; u_o = u_o_0*B[2] - u_2_0*B[3]; if (u_i > u_o) u_o = u_i; /* u_o can't become lower than u_i */ if (u_2 > u_o) /* case 1.1.1 */ u_2 = u_o; /* u_2 can't become higher than u_o */ } else{ /* case 1.2 */ u_o = u_o_0*B[4]; if (u_i > u_o){ u_o = u_i; /* u_o can't become lower than u_i */ } u_2 = u_o; } else{ if (u_i == u_o_0){ /* case 2 */ u_o = u_i; if (u_o > u_2_0) /* case 2.1 */ u_2 = (u_2_0 - u_i)*B[5] + u_i; else /* case 2.2 */ u_2 = u_i; } else{ /* case 3 */ u_o = u_i; u_2 = (u_2_0 - u_i)*B[5] + u_i; } } u_o_0 = u_o; /* preparation for next step */ u_2_0 = u_2; return(u_o); } </pre>
---	---

Bild B.3 — Beispiel für ein Rechenprogramm (in C) zur Simulation des zeitlichen Abklingverhaltens des Gehörs (siehe Block NL in Bild B.1)