

Rechnerische Ermittlung von Fluglärmimmissionen in der Umgebung von Flugplätzen

D. Groß, R. Kurz

Kurz u. Fischer GmbH, Beratende Ingenieure, 71364 Winnenden und 06110 Halle

1. Einleitung

Obwohl in der Bundesrepublik Deutschland die Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm [1] nur an zivilen Verkehrsflughäfen und militärischen Flugplätzen anzuwenden ist, an denen überwiegend Flugbewegungen durch strahlgetriebene Flugzeuge stattfinden, wird dieses Berechnungsverfahren auch zunehmend für Landeplätze angewandt, die nicht dem Fluglärmgesetz unterliegen und an denen in der Mehrzahl kleinere Propellerflugzeuge verkehren (siehe z. B. [2]). Dazu werden i. d. R. nur die Bezugsschallpegel modifiziert für neue Flugzeuggruppen als Eingangswerte für die AzB-Berechnung [3]. Das Berechnungsverfahren nach AzB ist jedoch hinsichtlich des verwendeten Rechenmodells und der zugrundegelegten Schallausbreitungsbedingungen teilweise überholt (siehe z. B. Untersuchungen von P. Lutz [4]). Alternativ dazu wird deshalb ein Verfahren vorgestellt, mit dem auf der Grundlage von Geräuschemessungen bei Über-/Vorbeiflügen von Flugzeugen durch Rechnerunterstützung in der Umgebung von Flughäfen bzw. Landeplätzen Fluglärmimmissionen rechnerisch ermittelt werden können. Das rechnerische Verfahren basiert i. w. auf frühere Untersuchungen von P. Lutz [5] und wurde auf der Grundlage von meßtechnischen Untersuchungen weiterentwickelt.

2. Berechnungsverfahren

Im Gegensatz zum Berechnungsverfahren der AzB [1], wonach der äquivalente Dauerschallpegel aus dem Maximalpegel beim Vorbeiflug (geringster Abstand zwischen Flugzeug und Immissionsort), der aus den Flugdaten errechneten effektiven Geräuschkdauer und der Häufigkeit der Flugbewegungen ermittelt wird, wird hier das Flugzeug als Punktschallquelle betrachtet, die sich entlang einer (simulierten) Flug- oder Rollbahn mit der Geschwindigkeit v bewegt (siehe Bild 1).

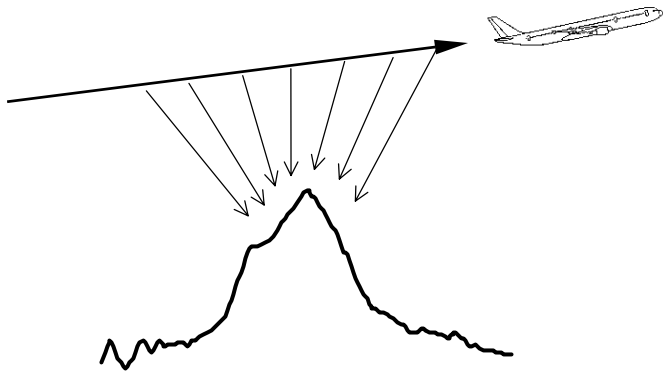


Bild 1: Pegel-Zeit-Verlauf $L(t)$ aus Vorbeiflug

Zu jedem Zeitpunkt t wird dann auf der betrachteten Roll- oder Flugbahn (entsprechend Bild 1) mit einem Computerprogramm für den entsprechenden Flugzeugtyp oder -klasse der zeitliche Verlauf des Schallpegels $L(t)$ als Gesamtgeräusch in dB(A) oder (oktav-)frequenzabhängig nach folgender Beziehung ermittelt:

$$L(t) = L_0 + K_{\Omega} - D_s - D_L - D_{BM} - R(\alpha) \quad (1)$$

mit:

- $L(t)$... Schallpegel in dB bzw. dB(A) zur Zeit t am untersuchten Immissionsort bei einem Über- oder Vorbeiflug auf der betrachteten Flugbahn
- L_0 ... Bezugsschallpegel in dB bzw. dB(A) beim Bezugsabstand s_0 beim Start, Landung oder beim Überflug, ermittelt aus Messungen bzw. aus Zulassungswerten (siehe z. B. [6], [7])
- K_{Ω} ... Raumwinkelmaß in dB nach VDI 2714 [8]
- D_s ... Abstandsmaß in dB nach VDI 2714 [8] bzw. AzB [1] mit $D_s = 20 \cdot \lg(s/s_0)$
- D_L ... Luftabsorptionsmaß in dB nach VDI 2714 [8] bzw. AzB [1] mit $D_L = \alpha_L \cdot (s - s_0)$
- D_{BM} ... Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß in dB nach VDI 2714 [8]
- $R(\alpha)$... Richtwirkungsmaß in dB in Abhängigkeit vom Abstrahlwinkel α gegen die Flugrichtung bei den entsprechenden Flugsituationen (ermittelt aus Messungen bei Über- und Vorbeiflügen, z. B. in [9] und [10]); siehe dazu auch die ausführlichen Erläuterungen im Abschnitt 3

Sofern die Werte für die Geräuschemissionen der Luftfahrzeuge als Schalleistungspegel vorliegen, ergibt sich die Beziehung (1) zu:

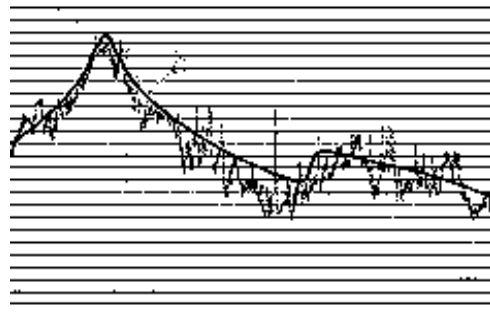
$$L(t) = L_{WA} + K_{\Omega} - D_s - D_L - D_{BM} - R(\alpha) - 8 \quad (2)$$

mit:

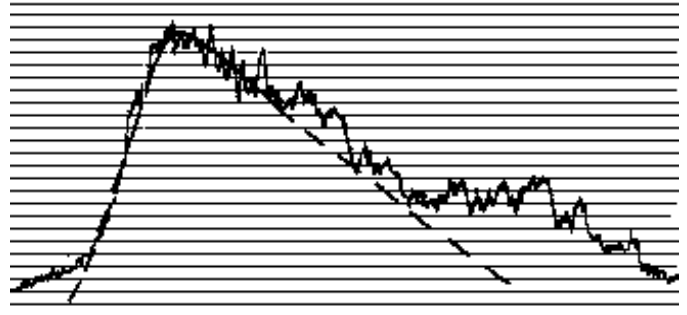
- L_{WA} ... Schalleistungspegel in dB bzw. dB(A) beim Start, Landung oder beim Überflug (siehe z. B. [3])

Mit obigen Beziehungen berechnete zeitliche Schallpegelverläufe stimmen gut mit gemessenen Fluglärmwerten überein, wie nachfolgende Vergleiche für verschiedene Luftfahrzeuge zeigen:

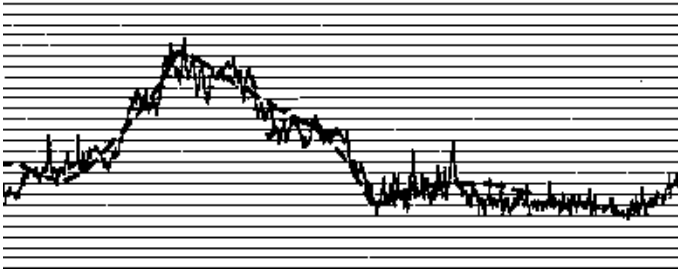
- Propellerflugzeug (Sportflugzeug bei Platzrundenflug)



- strahlgetriebene Flugzeuge (Start DC 9)



- Hubschrauber (BO 105 bei Platzrunde, h = rd. 300m)



Mit (1) oder (2) wird als Zwischengröße für die Erhebung des äquivalenten Dauerschallpegels L_{eq} bzw. des Fluglärm-Beurteilungspegels L_{rFL} , der Einzelereignispegel L_{AX} nach DIN 45 643 bzw. in Anlehnung an ISO 3891 [11] mit folgender Beziehung ermittelt:

$$L_{AX} = 10 \lg(1/t_{ref} \cdot \int_t 10^{(0,1 \cdot L(t))} dt) \quad (3)$$

Unter Berücksichtigung der ermittelten Einzelereignispegel nach (3) aus (1) bzw. (2) wird z. B. der Fluglärmbeurteilungspegel nach folgender Beziehung ermittelt:

$$L_{rFL} = 10 \cdot \lg\left(\frac{t_{ref}}{T} \cdot \sum_i n_i \cdot 10^{0,1(L_{AXi} + K_i)}\right) \quad (4)$$

mit:

- L_{rFL} ... Fluglärmbeurteilungspegel nach DIN 45 643 [11] für die Gesamt-Fluglärmimmissionen
- t_{ref} ... Referenzzeit (hier z. B. 1s)
- T ... Bezugszeitraum
- n_i ... Anzahl der Fluglärmereignisse i mit L_{AXi}
- K_i ... Zuschlag für Flugbewegung i (z. B. für Ton-, Impulshaltigkeit oder Ruhezeitzuschlag)

Mit dem o. g. Verfahren lassen sich somit durch Rechnerunterstützung in der Umgebung von Flughäfen bzw. Landeplätzen Fluglärmimmissionen wie äquivalenter Dauerschallpegel, Fluglärm-Beurteilungspegel, Maximalpegel usw. rechnerisch ermitteln.

3. Richtcharakteristik

Meßtechnische Untersuchungen in [10] ergaben hinsichtlich der Richtcharakteristik von Passagierflugzeugen folgende Ergebnisse:

- Die Schallabstrahlung bei Flugzeugen mit Strahltriebwerken erfolgt nicht rotationssymmetrisch.
- Die Schallabstrahlung neuerer Flugzeuge mit einem Strahltriebwerk mit Bypass-Verhältnis von $> 2 - 3$ weisen beim Start in seitlicher Richtung im Bereich von $70^\circ - 100^\circ$ ein Maximum auf.
- Bei Überflügen zeigen auch neuere strahlgetriebene Flugzeuge die für Flugzeugmuster mit älteren Triebwerken typische Schallabstrahlung nach hinten bei $110^\circ - 130^\circ$.
- Bei Landeanflüge verlagert sich das Abstrahlmaximum wieder nach vorne.
- Mit zunehmendem Bypass-Verhältnis ändert sich mit dem Abstrahlwinkel die Frequenzzusammensetzung des Geräuschkennzeichens, da bei den modernen Mantelstromtriebwerken die nach vorne abstrahlende hochfrequentere Geräuschquelle des Fans bzw. des Verdichters stärker hervortreten.
- Turboprop-Flugzeuge weisen i. w. ähnliche Richtcharakteristiken auf wie strahlgetriebene Flugzeuge. Auffällig ist hier

nur das Flugzeugmuster ATR42 mit zwei Maxima bei $30^\circ - 40^\circ$ und bei $100^\circ - 110^\circ$.

4. Tonhaltigkeit von Fluggeräuschen

Bei Turboprop-Flugzeugen ergeben sich hervortretende Einzelöne bei 80 bis 250 Hz, so daß diese Geräusche als tonhaltig zu bezeichnen sind. Fluggeräusche von Strahlflugzeugen sind als nicht tonhaltig zu bezeichnen (siehe Bild 2).

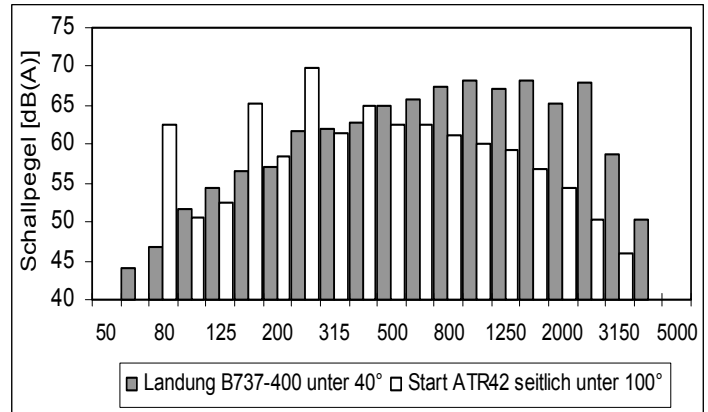


Bild 2: Frequenzanalyse von Fluggeräuschen

Literatur

- [1] Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen an zivilen und militärischen Flugplätzen (AzB) nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. März 1971
- [2] Entwurf "Leitlinie zur Ermittlung und Beurteilung der Fluglärmimmissionen in der Umgebung von Landeplätzen durch die Immissionsschutzbehörden der Länder (Landeplatz-Fluglärmleitlinie)", vom Unterausschuß "Lärmbekämpfung" des Länderausschusses für Immissionsschutz
- [3] Vogelsang, B.M.: "Vorschlag zur Kennzeichnung und Berechnung von Fluggeräuschen an Landeplätzen", DAGA '97
- [4] Lutz, P.: "Bodendämpfung von Flugzeuggeräuschen", DAGA '82
- [5] Lutz, P.: "Zur Vorherberechnung von Fluglärm in der Nähe von Flugplätzen", DAGA '76 Heidelberg und 9. ICA-Kongress Madrid 1977
- [6] DFS Deutsche Flugsicherung GmbH "Umweltfreundliche Propellerflugzeuge bis 9.000 kg Höchstmasse und Motorsegler - Veröffentlichung der Lärmwerte" vom 3. Juli 1996 und Ergänzung vom 1. Oktober 1996, Verlag Eisenschmidt, Frankfurt/Main.
- [7] Riedel, P.: "Berechnung der Fluggeräusch-Immissionen in der Umgebung von Landeplätzen", Zeitschrift für Lärmbekämpfung 44 (1997), VDI-Verlag
- [8] VDI 2714 "Schallausbreitung im Freien" Ausgabe 1988
- [9] Kurz, R.: "Einfluß der Richtcharakteristik auf die Einwirkdauer der Fluggeräusche beim Vorbeiflug von Flugzeugen mit Strahltriebwerken", Diplomarbeit 1982 an der FHT Stuttgart, Studiengang Bauphysik
- [10] Hofmann, S.: "Einfluß von Richtcharakteristik, Tonhaltigkeit und Impulshaltigkeit auf die Bewertung von Fluggeräuschen von Passagierflugzeugen", Diplomarbeit 1996 an der HfT Stuttgart, Studiengang Bauphysik
- [11] DIN 45 643: "Messung und Beurteilung von Flugzeuggeräuschen - Meß- und Kenngrößen-", Teil 1 - 3, Oktober '84 bzw. ISO 3891: "Acoustics - Procedure for describing aircraft noise heard on the ground", Juni '75