

# DIN 45689 – eine AzB mit mehr Profil?

Ullrich Isermann

*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik,  
Bunsenstrasse 10, D-37083 Göttingen, Email: ullrich.isermann@dlr.de*

## Einleitung

Im Jahr 2008 wurde die 1. Fluglärmenschutzverordnung [1] veröffentlicht. Sie enthält eine Beschreibung der „Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD)“ und der „Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB)“. AzD und AzB sind als Werkzeuge zur Berechnung der Lärmschutzbereiche nach dem novellierten Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm aus dem Jahr 2007 [2] konzipiert. Die 1. FlugLSV ersetzt damit das Datenerfassungssystem DES und die AzB aus dem Jahr 1975, die zur Berechnung der Lärmschutzbereiche nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm aus dem Jahr 1971 dienen.

Im Jahr 2005 war durch die European Civil Aviation Conference (ECAC) die 3. Auflage des ECAC Doc.29 [3] veröffentlicht worden. Dieses Dokument beschreibt ein Verfahren zur Berechnung von Fluglärm an zivilen Verkehrsflughäfen. Doc.29 war mit der Zielsetzung eines harmonisierten europäischen Fluglärmerechnungsverfahrens entwickelt worden.

Hier muss die Frage gestellt werden, warum überhaupt eine neue AzB geschaffen und nicht auf das gerade erst überarbeitete Doc.29 zurückgegriffen wurde. Die Antwort ist, dass Doc.29 nicht in vollem Umfang den speziellen Anforderungen gerecht wird, die mit der Umsetzung des Fluglärmgesetzes verbunden ist.

AzB und Doc.29 unterscheiden sich primär hinsichtlich ihrer Anwendungsbereiche und haben dementsprechend Vor- und auch Nachteile [4]. Es erscheint daher naheliegend, die Stärken beider Verfahren zu kombinieren und so ein modernes und vor allem flexibel einsetzbares Werkzeug zur Berechnung von Fluglärmimmissionen zu schaffen. Das ist die Zielsetzung der DIN 45689 [5].

## AzB und ECAC Doc.29 im Vergleich

Die Berechnung von Lärmschutzbereichen nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm basiert auf prognostizierten Flugbetrieben. Dementsprechend weist die der AzB zu Grunde liegende Flugzeuggruppeneinteilung eine für eine Flugverkehrprognose handhabbare Struktur auf. Die Einteilung umfasst etwa 25 Gruppen von Verkehrsflugzeugen, Flugzeugen der Allgemeinen Luftfahrt, Militärflugzeugen und Helikoptern. Außerdem definiert die AzB Verfahren und Daten zur Berechnung des durch Rollvorgänge und den Betrieb von Hilfsaggregaten (APUs) erzeugten Lärms.

Die Gruppierung erfolgt nach dem Prinzip der akustischen Äquivalenz. Dies impliziert u.a., dass die einer Gruppe zugeordneten akustischen und flugbetrieblichen Datensätze nicht repräsentativ für jedes in die Gruppe fallende Flugzeugmuster sind [6]. Insofern ist die AzB zunächst nur be-

dingt für Untersuchungen einzelner Flugzeugmuster (z.B. im Hinblick auf Optimierung von Flugverfahren) geeignet.

Diese Einschränkung trifft auf ECAC Doc.29 nicht zu, da die zu Grunde liegende Datenbasis ANP [7] auf einzelnen Flugzeugmustern (Kombinationen von Zelle und Triebwerk) aufsetzt. Allerdings ist der Anwendungsbereich von Doc.29 auf zivile Verkehrsflughäfen beschränkt.

Ein umfassender Vergleich beider Modelle wie in [4] oder [6] würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Zusammenfassend kann man sagen, dass die AzB das detailliertere und flexiblere akustische Modell besitzt, während das Dokument 29 mit der umfangreichen ANP als Datengrundlage Vorteile bei der Flugbahnmodellierung aufweist. Beide Modelle berücksichtigen die für Fluglärm charakteristischen Ausbreitungseffekte mit vergleichbarer Flexibilität. Die AzB trennt dabei Quelle und Ausbreitung streng voneinander während Doc.29 auf vordefinierte Pegel-Entfernungs-Tabellen (NPD-Kurven) zugreift.

Prinzipiell sind beide Modelle leicht erweiterbar, was bei der AzB als Rechtsverordnung allerdings in der Praxis nicht so leicht durchführbar sein dürfte.

## Der Übergang zur DIN 45689

### Art des Rechenmodells

AzB und Doc.29 basieren auf Segmentierungsansätzen unterschiedlicher Komplexität. Die DIN 45689 sollte als konsequente Fortführung der Segmentierung auf dem Modell der bewegten Punktschallquelle aufsetzen. Hier wird die Flugbahn durch Einzelpunkte beschrieben, die in festen Zeitintervallen vom Flugzeug passiert werden. Diese Art der Modellierung ist unter anderem gut abgestimmt auf den geplanten Ansatz zur Flugbahnberechnung und einfach zu programmieren.

### Emissionsmodell

Das Emissionsmodell sollte eine erweiterte Zusammenfassung des in der AzB beschriebenen Ansatzes (Referenz-Oktavspektren und spektrale Richtungsfaktoren) darstellen:

$$L_{p,n}(\theta) = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i \cdot \cos(i \cdot \theta) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

Dabei ist  $L_{p,n}$  der Schalldruckpegel im Terzband  $n$  für eine Referenzentfernung von 1 m. Die Reihenentwicklung im longitudinalen Abstrahlwinkel  $\theta$  sollte abweichend von der AzB weiter als bis zur 3. Ordnung erfolgen.  $L_{p,n}$  ist natürlich noch abhängig von der Triebwerksleistung, was im Quellmodell geeignet parametrisiert werden muss. Als Ansatz für eine laterale Richtwirkung könnte der Korrekturfaktor für Installationseffekte nach Doc.29 übernommen werden.

## Ausbreitungsmodell

Abstands-, Luftabsorptions-, Bodendämpfungs- und Raumwinkelmaß können (unter Anpassung auf Terzbänder) von der AzB übernommen werden. Das Luftabsorptionsmaß sollte dabei aber als Funktion der atmosphärischen Bedingungen entsprechend den maßgeblichen Normen definiert werden. Mögliche Ergänzungen könnten die Berücksichtigung von Abschirmungseffekten durch Topografie oder Impedanzmodelle zur Berücksichtigung von Bodeneffekten sein. Hier können auch Ansätze aus anderen Berechnungsverfahren für Fluglärm herangezogen werden.

## Flugbahnberechnung

Die Flugbahnberechnung sollte entsprechend dem in Doc.29 beschriebenen Massenpunktmodell erfolgen. Basis ist die Grundgleichung für das Kräftegleichgewicht am Flugzeug:

$$\sin \gamma = \frac{F}{M \cdot g} - \frac{a}{g} - \frac{c_D}{c_L} \cdot \frac{\cos \gamma}{\cos \varepsilon} \quad (2)$$

Hierbei ist  $F$  der Triebwerksschub,  $M$  die Flugzeugmasse,  $a$  die aktuelle und  $g$  die Schwere-Beschleunigung. Auftrieb und Widerstand werden durch ihre Beiwerte  $c_L$  und  $c_D$  beschrieben.  $\gamma$  ist der Steigwinkel und  $\varepsilon$  der (nur bei Kurvenflügen) auftretende Querneigungswinkel.  $c_L$ ,  $c_D$  und weitere für die Bahnberechnung benötigte Koeffizienten liegen in der ANP vor. Weitergehende Ansätze zur Umsetzung dieses Modells finden sich in [6].

## Verwendung von Radardaten

Radarinformationen werden in Zukunft wohl unverzichtbarer Bestandteil von Fluglärmrechnungen sein. Ihre Anwendung betrifft zwei Bereiche: Die Auswertung von Flugspuren in der Horizontalebene sowie die Analyse des Vertikalprofils. Ersteres ist unproblematisch und wird in der Praxis schon länger zur Beschreibung der seitlichen Flugbahnstreuung (Flugkorridorbildung) durchgeführt.

Kritischer ist dagegen die Auswertung der Vertikalkomponente zu Zwecken der Flugbahngenerierung: Derzeit liefern Radardaten mit begrenzter Genauigkeit geometrische und kinematische Größen, nicht aber die die Emission bestimmende Triebwerksleistung. Diese kann in Form des Schubs aus Gl.(2) berechnet werden, sofern Flugzeugmasse und aerodynamische Konfiguration (also  $c_L$  und  $c_D$ ) bekannt sind. Ob diese Informationen in der Praxis verfügbar sind, hängt u.a. auch von Problemen des Datenschutzes ab. Eine andere Möglichkeit wäre es, über statistische Verfahren aus Informationen über verwendete Flugprozeduren in Kombination mit Flugleistungsdatenbanken den Schub abzuleiten. Hier besteht auf jeden Fall Forschungsbedarf, dessen Resultate in die geplante Norm mit einfließen sollten (z.B. in Form von standardisierten Auswerteverfahren für Radardaten).

Wichtig ist, dass aus Radaraufzeichnungen gewonnene Vertikalprofile von Höhe und Geschwindigkeit nicht ohne weiteres mit standardisierten Flugprofilen wie denen der AzB kombiniert werden dürfen. Dies erfordert zumindest die Kenntnis von Flugzeugmasse und verwendeten Flugprozeduren. Beide müssen mit den Parametern, die den standardisierten Profilen zu Grunde liegen, verträglich sein.

## Ausblick

Die hier kurz vorgestellten Eigenschaften der geplanten DIN 45689 sind keine festen Vorgaben und auch nicht vollständig. Sie sollen lediglich einen ersten Arbeitsrahmen abstecken, der sich aus Erfahrungen des Autors im Umgang mit entsprechenden Rechenmodellen [8] ergibt. Dieser Rahmen kann dann als Grundlage für die Arbeit des mit der Erarbeitung der DIN 45689 beauftragten Arbeitskreises herangezogen werden.

Unerlässlich ist aber vor allem, dass die der geplanten Norm zu hinterlegende akustische Datengrundlage umfassend und validiert ist. Zur Bildung dieser Datenbasis werden akustische Messungen im laufenden Flugbetrieb in Kombination mit einer Auswertung von Radardaten ein unverzichtbarer Bestandteil sein. Diese Aktivitäten erfordern unbedingt die Unterstützung von Flughäfen, Fluggesellschaften und verantwortlichen Ministerien bzw. Bundesämtern.

## Literatur

- [1] Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen - 1.FlugLSV) vom 27. Dezember 2008. BGBl I, S.2980.
- [2] Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bekanntmachung der Neufassung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm vom 31. Oktober 2007. BGBl 2007, Teil I, Nr.56, S. 2550-2556, Bonn, 9. November 2007.
- [3] European Civil Aviation Conference (ECAC) : Methodology for Computing Noise Contours around Civil Airports. Volume 1: Applications Guide, Volume 2: Technical Guide. ECAC.CEAC Doc.29, 3rd Edition, December 2005.  
URL: <http://www.ecacceac.org>
- [4] Isermann, U.: Die AzB im Vergleich mit ECAC Doc.29 3rd Edition als internationales Regelwerk. Seminar „Die Novelle des Fluglärmgesetzes: Fakten – Hintergründe - Umsetzung“. Müller-BBM GmbH, Planegg, 9. Oktober 2007.
- [5] Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN): Akustik – Ermittlung von Geräuschmissionen an Flughäfen. DIN 45689 (in Vorbereitung).
- [6] Isermann, U.; Schmid, R.; Tontsch, I.: Umsetzung des ECAC Doc.29 in Hinblick auf deutsche Anforderungen. Im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. FE-Bericht Nr. L-6/2005 - 50.0317/2005. Göttingen, 10.07.2008.
- [7] Aircraft Noise and Performance Database (ANP)  
URL: <http://www.aircraftnoisemodel.org>
- [8] Isermann, U.: Erweiterung des Rechenprogramms SIMUL. Forschungsverbund Leiser Verkehr, Bereich Leises Verkehrsflugzeug, Projekt 1600, Einzelaufgaben 1624-1627, Göttingen, Juni 2007.