AzB vs. Doc 29 – Oder wer kann die Gunst der Radarspuren gewinnen?

Berthold M.Vogelsang[1], Jochen Schaal[2], Svenja Veric[2]

[1] *Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 30169 Hannover,*
[2] *SoundPLAN GmbH, 71522 Backnang*

1 Einleitung

Der Einsatz von Radarspuren für Fluglärmuntersuchungen in der Umgebung von Flugplätzen gewinnt immer mehr an Bedeutung [1]. Nicht nur die Identifikation eines gemessenen Geräuschereignisses als ein Fluggeräuschereignis wird wesentlich zuverlässiger, sondern es können auch Beschwerden über Flugspur-Verletzungen überprüft und analysiert werden. Die Überprüfung kann in Verbindung mit Messergebnissen sogar soweit führen, fluggesellschaftsspezifische Start- und/oder Landeverfahren zu unterscheiden und diese hinsichtlich ihrer akustischen Auswirkungen zu bewerten.

In der Lärmwirkungsstudie NORAH („**No**ise-**R**elated **A**nnoyance, Cognition, and **H**ealth“) werden die Belastungen durch den Luftverkehr in der Umgebung des Flughafens Frankfurt ausschließlich auf Basis von Radarspuren – sogar rückwirkend über die letzten 15 Jahre – ermittelt und mit Beeinträchtigungen korreliert [2].

In Deutschland werden die Fluglärmberechnungsverfahren AzB und ECAC Doc 29 3rd ed. [3, 4] für die Ermittlung der Belastung mittels Radarspuren in der Umgebung von Flugplätzen eingesetzt. Beide Verfahren sind jedoch nicht direkt für die Verarbeitung von Radarspuren vorgesehen und bedürfen daher der Anpassung.

2 Radarspuren

Die Deutsche Flugsicherung (DFS) betreibt verschiedene Radarsysteme, die an den einzelnen Verkehrsflughäfen eine Radarüberwachung ermöglichen. Neben der Gewährleistung der Flugsicherheit können die Radardaten auch für andere Zwecke genutzt werden. So bilden die Radardaten Grundlage für zwei von der DFS betriebene Unterstützungssysteme, und zwar FANOMOS (Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System) und STANLY (STATISTICS AND ANALYSIS). Diese Systeme werden zur Beantwortung allgemeiner, statistischer oder umweltbezogener Fragestellungen verwendet. Hierbei findet STANLY vorrangig im Rahmen statistischer Analysen im Lage- und Informationszentrum der DFS Anwendung. Das System FANOMOS wird hingegen vorrangig für die Beantwortung umweltbezogener Fragestellungen verwendet.

Nach §19a des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) sind die Flughafenbetreiber in Deutschland verpflichtet, kontinuierliche Fluglärmmessungen durchzuführen. Hierfür werden häufig Fluglärm-Überwachungsanlagen der Firma *Topsonic Systemhaus GmbH* benutzt. Diese Anlagen verwenden die Radardaten der DFS für eine Ereigniserkennung nach DIN 45643 [5] und besitzen eine eigene Exportschnittstelle.

Im Wesentlichen beinhalten Radardaten zum einen die Geometriedaten (x,y,z) und zum anderen den Luftfahrzeugtyp inkl. seiner Geschwindigkeit (v) sowie den Flugzustand (Start oder Landung) und Datum. Die Radardaten müssen für die Weiterverarbeitung sowohl bei der AzB als auch dem Doc 29 spezifisch aufbereitet werden.

Die Lärmberechnungs-Software SoundPLAN® [6] ermöglicht es, Radarspuren in den bekannten Datenformaten zu importieren. In der Programmdatenbank sind sämtliche Luftfahrzeugklassen und die damit verbundenen Emissionsparameter für die Berechnung hinterlegt. Beim Import werden die Luftfahrzeugklassen automatisch den einzelnen Radarspuren zugewiesen. Abbildung 1 zeigt die Darstellung in der SoundPLAN Datenbank.

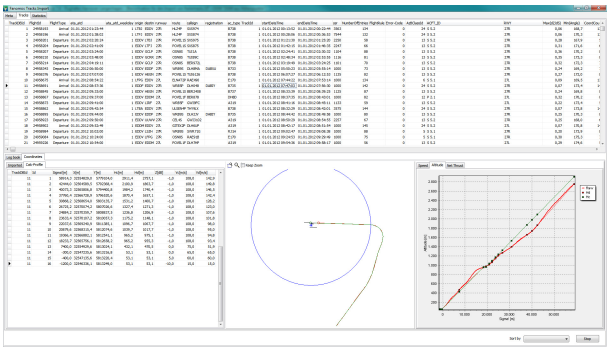

Abb. 1 Datenbank importierter Radarspuren

Grundsätzlich sieht die AzB die Beschreibung von Flugrouten entweder als x, y-Koordinaten oder als x, y, z-Koordinaten vor, wenn auch als eine Folge von Geraden und Kurven. Demgegenüber werden Radarspuren als Abfolge von Punkten dargestellt, die nur einen Streckenzug ergeben. Beim Doc 29 müssen der Nettoschub - und damit die Geräuschemission der Luftfahrzeuge - bestimmt werden. Hierfür werden die Geschwindigkeitsangaben aus den Radardaten benötigt. Daher wird für beide Berechnungsverfahren die Geschwindigkeit aus den Radardaten abgeleitet. Es sei bemerkt, dass man bei der AzB anstelle der Geschwindigkeit aus den Radardaten auch die Flugleistungsdaten der Luftfahrzeugklassen hätte verwenden können.

Die hier beispielhaft durchgeführten Fluglärmberechnungen erfolgten auf der Basis von sog. Topsonic-Radardaten aus dem Jahr 2014 (s. Abb. 2). Diese Daten stammen aus Sekundär-Radaranlagen. Sekundär-Radaranlagen unterscheiden sich von Primär-Radaranlagen dadurch, dass sie nicht nur mit passiven Signalreflexionen arbeiten, sondern vom Luftfahrzeug auch aktiv erzeugte Signale erhalten.

Grundsätzlich sind aber auch diese Daten fehlerbehaftet, weil beispielsweise zum einen für ca. 10 % der Flugbewegungen gar keine Radardaten vorhanden sind dies gilt z. B. verstärkt für den VFR-Verkehr. Zum anderen gibt es Radardaten mit gleicher Kennung (ID), die quasi Teilradarspuren (tracks) sind. Insbesondere in Flugplatznähe sind die Fehler am größten.

Aus diesen Gründen sind Anpassungen erforderlich, wie z. B. an das verwendete Koordinatensystem, die lokale Zeit und den Wochentag. In einem ersten Schritt wird dann –

unabhängig vom verwendeten Berechnungsmodul - eine geometrische Anpassung durchgeführt, die die Radarspuren innerhalb eines Fangradius in Richtung und Höhe „auf die Bahn“ zwingen. Gleichzeitig werden extreme Richtungsänderungen durch kubische Splinefunktionen geglättet.

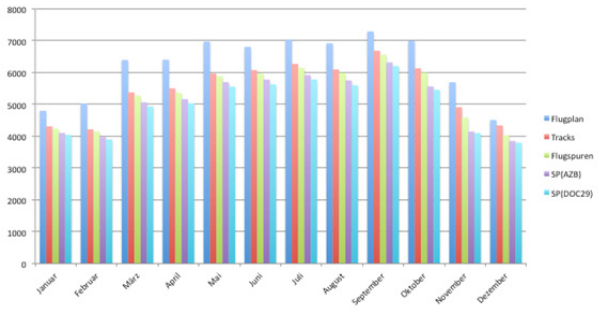

Abb. 2: Bewegungszahlen 2014

In einem zweiten Schritt erfolgt die Anpassung von z und v. Während bei der AzB nur die Ermittlung des Zwischenanflugsegmentes mit Radardaten schwierig ist, muss beim Doc 29 aus den Radardaten dasjenige Flugprofil inkl. Nettoschub ermittelt werden, das die beste Übereinstimmung hat (s. Abb. 3, Start einer Boeing 737-800).

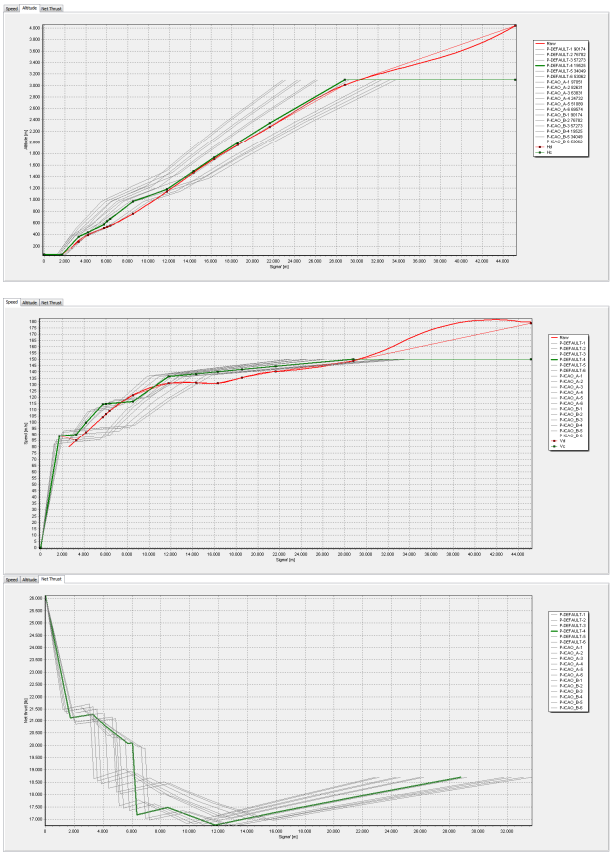

Abb. 3: Flughöhe, Geschwindigkeit und Nettoschub (Radar: dunkelrot; Glättung: rot); Flugprofile Doc. 29 (grau) und best fit (grün)

Für die Berechnung der Fluglärmbelastung reduziert sich die Anzahl der nutzbaren Flugspuren noch einmal, da mitunter Koordinatenangaben fehlen, keine Verbindung zu einer Start- und Landebahn möglich ist, oder keine Zuordnung zu den AzB-Luftfahrzeugklassen (selten) bzw. häufiger zu den Emissionsdaten des Doc 29 vorhanden ist. Darüber hinaus stellen Platzrunden grundsätzlich ein Problem dar.

3 Vergleich Berechnung mit Messung

Um die Berechnungen zu beschleunigen wurde grundsätzlich mit einem Fangradius von 30 km gearbeitet. Die Messorte der Fluglärmmessanlage nach § 19a LuftVG erfüllen die Anforderungen der DIN 45643 und sind in Abbildung 4 dargestellt.

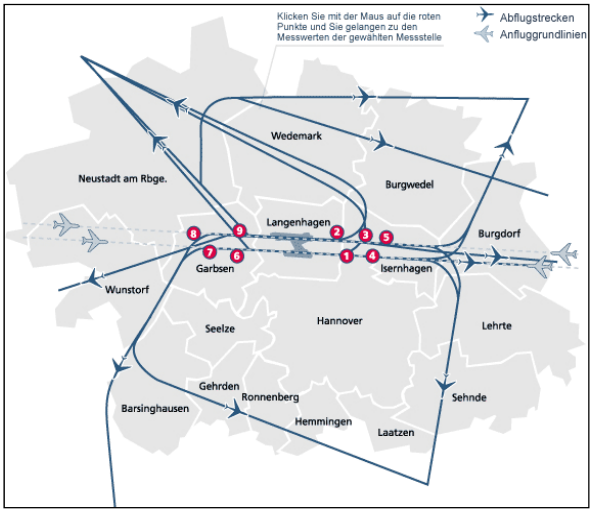

Abb. 4: Lage der Messorte am Flughafen Hannover

Die Abbildung 5 zeigt zunächst den Vergleich der Ergebnisse - inkl. des Vertrauensbereiches nach VDI 3723 Blatt 1 [7] - für die Rechnung nach AzB und nach Doc 29, und zwar getrennt für Tag und Nacht. Während die Ergebnisse für die Nacht ununterscheidbar sind, zeigen die Ergebnisse für den Tag teilweise signifikante Unterschiede.

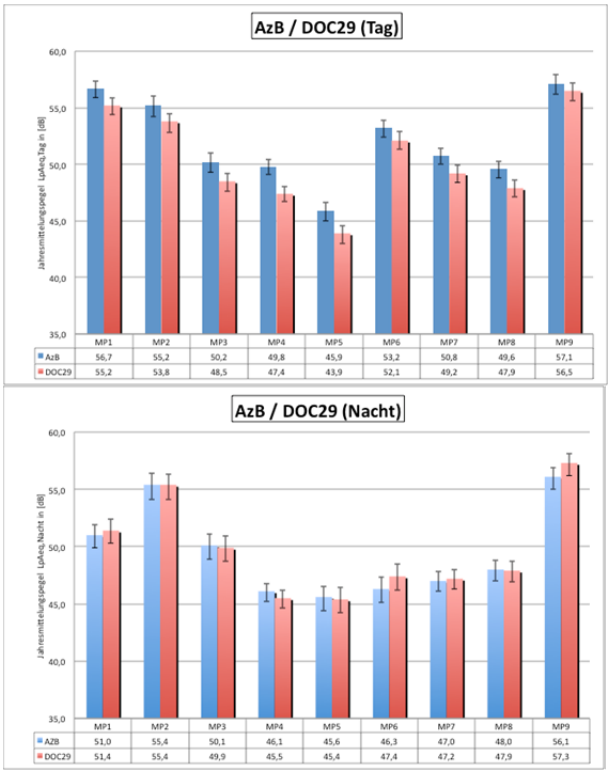

Abb. 5: Vergleich AzB mit Doc 29 inkl. Vertrauensbereich nach VDI 3723

Eine Analyse der Pegeldifferenzen zeigt, dass bei der AzB die Ergebnisse sowohl für den Tag als auch für die Nacht überschätzt werden. Beim Doc 29 ist dagegen das Auseinanderdriften des Medians für Tag und Nacht auffällig (s. Abb. 6).

Die Ausreißer ergeben sich für weit entfernte Messorte mit geringer Belastung und einem schlechten Verhältnis der relevanten zu detektierten Ereignissen aufgrund des im Verhältnis zum Schwellenpegel geringen Überflugpegels.

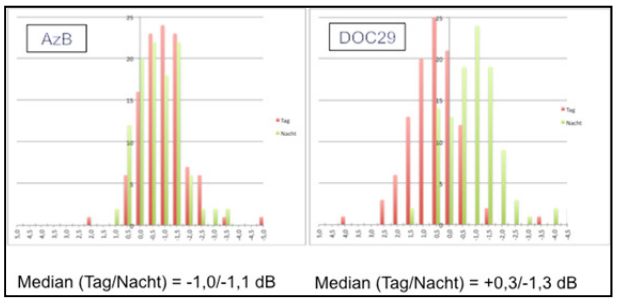

Abb. 6: Verteilung der Pegeldifferenzen über alle Monate und Messstationen von Messung minus Rechnung

Die festgestellte Überschätzung lässt sich dadurch erklären, dass die Fluglärmmessanlagen mit einem Schwellenpegel für die Ereigniserkennung arbeiten. Also ist es notwendig, mindestens diesen Schwellenpegel (hier 60 dB) in der Rechnung zu berücksichtigen. Abbildung 7 veranschaulicht den Einfluss auf die Ergebnisse. Es zeigt sich eine hinreichende Übereinstimmung von Messung und Rechnung nach AzB.

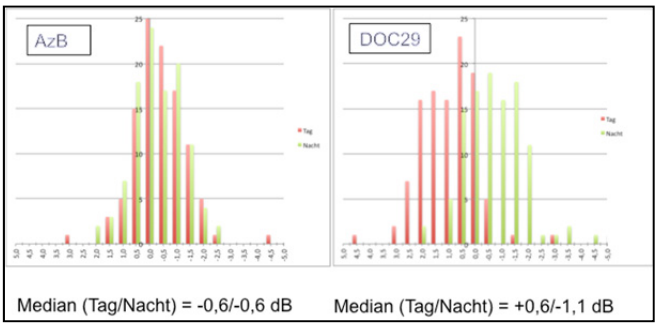

Abb. 7: Verteilung der Pegeldifferenzen über alle Monate und Messstationen von Messung minus Rechnung mit einem Schwellenpegel von 60 dB

Zum Abschluss seien noch einmal die Auswirkungen in der Fläche dargestellt, die sich zwischen den beiden Berechnungsverfahren ergeben. Wie in Abbildung 8 für den Tag deutlich erkennbar ist, ergibt sich über die gesamte Fläche ein Range von bis zu 15 dB in der Umgebung des Flugplatzes, was einen deutlichen Handlungsbedarf impliziert.

Wobei in größerer Entfernung zum Flugplatz beide Berechnungsverfahren ihre Schwächen mangels valider Emissionsdaten haben dürften.

Bild kann vorübergehend nicht angezeigt werden (Juni 2019)

Abb. 8: Rasterdarstellung für die Region als Differenz AzB minus Doc 29 für den Tag

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die AzB für die Nutzung von Radarspuren besser als Doc 29 geeignet ist. So ist die rechnerische Verarbeitung der Radardaten bei der AzB einfacher als bei Doc 29. Beide Berechnungsverfahren führen aber zu vergleichbaren Ergebnissen.

Beim Vergleich mit Messergebnissen ergeben die Berechnungen mit der AzB eine etwas bessere Übereinstimmung. Grundsätzlich ist jedoch beim Vergleich mit Messungen zu beachten, dass die Schwellenpegel der Fluglärm-Überwachungsanlagen bei der Berechnung berücksichtigt werden müssen. Dabei könnte sich zukünftig die Schwierigkeit ergeben, dass ein zunehmendes Interesse der Verwaltungsakustik für Mittelungspegel unter 40 dB besteht. Dementsprechend sind Messungen nötig, die auch Maximalpegel von 55 dB erfassen können, d. h. ruhige Gebiete mit Hintergrundpegeln < 35 dB.

In der Zukunft sollte zum einen die Schnittstelle bzw. das Format für Radarspuren genormt werden und zum anderen die geometrischen Anpassungen qualitätsgesichert werden.

Doc 29 bedarf zudem einiger Verbesserungen, um Radardaten zu verwenden. Dazu gehören die Erweiterung der Luftfahrzeugemissionsbibliotheken auf größere Entfernungen, die Festlegung zur Auswahl der Profile und insbesondere eine Zuordnungstabelle für alle relevanten Luftfahrzeuge (ATD) sowie eine Angabe über die Streuung der Emissionspegel.

Darüber hinaus benötigen beide Verfahren, die AzB vielleicht noch mehr als Doc 29, aktuelle Geräuschemissionsdaten der Luftfahrzeuge, z. B. für die Luftfahrzeugmuster Boeing 787 oder Airbus A-380. Eine Verbesserung dieser Situation wird durch das laufende Forschungsvorhaben MODAL erwartet.

5 Literatur

[1] Bartel, R.; Vogelsang, B. M.: Nutzung von Flugverläufen im Nahbereich deutscher Flughäfen für die Überwachung von Lärmschutzbereichen. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 2010 (Berlin).

[2] Liepert, M.; Mühlbacher, M.; Schaal, J., Vogelsang, B. M.; Zollitsch, D.: Optimized and quality assured aircraft

noise calculation on the basis of radar tracks. In: Internoise 2013 (Innsbruck).

[3] Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) von Juni 2008

[4] European Civil Aviation Conference (ECAC): Methodology for Computing Noise Contours around Civil Airports, ECAC.CEAC Doc 29, 3rd Edition, 2005

[5] DIN 45643: 2011-02, Messung und Beurteilung von Fluggeräuschen

[6] SoundPLAN® Handbuch (Backnang, März 2015), SoundPLAN GmbH / SoundPLAN International LLC.

[7] VDI 3723 Blatt 1: 1993-05, Anwendung statistischer Methoden bei der Kennzeichnung schwankender Geräuschimmissionen

[8] Schaal, J.; Veric, S.; Vogelsang, B. M.; Zollitsch, D.: Vergleich von Fluglärm-Berechnungsverfahren Unterschiede bei der Fluglärmberechnung nach INM und nach Doc 29, 3rd Edition. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 2014 (Oldenburg).

[9] Schaal, J.; Veric, S.; Vogelsang, B. M.: Aircraft noise calculation on the basis of radar tracks with ECAC Doc 29, 3rd edition - chances and problems, Forum Acusticum 2014 (Krakau)