

S. Veric, S.-R. Mehra, M. Brodbeck

Vergleich von Fluglärmrechnungsverfahren

1. Einleitung

In Deutschland wird zur Beurteilung des Fluglärms die Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB 2008) [1] verwendet. Für Fluglärmrechnungen im Rahmen der EU-Umgebungslärmrichtlinie findet im Moment die Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen (VBUF) [2] Anwendung. Außerhalb Deutschlands wird hauptsächlich das Integrated Noise Model (INM) der US-Amerikanischen Civil Aviation Conference angewandt.

Im Jahr 2009 rief die Europäische Kommission den Prozess Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU) [3] ins Leben, der zum Ziel hat, harmonisierte Berechnungsverfahren für die EU-Umgebungslärmrichtlinie zu definieren. Es gibt Bestrebungen, in diesem Zusammenhang für den Fluglärm das ECAC.CEAC Doc 29, 3rd Edition der Europäischen Civil Aviation Conference verbindlich in der Europäischen Union einzuführen.

2. Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit [4] ist es, die Unterschiede zwischen den drei Fluglärmrechnungsverfahren AzB 2008, INM und ECAC Doc 29, 3rd Edition aufzuzeigen. Es sollen anhand verschiedener Berechnungsszenarien die Berechnungsergebnisse der Verfahren verglichen werden und untersucht werden, welches der Berechnungsverfahren sinnvoll anzuwenden ist.

3. Methodik

Zunächst wurden der theoretische Aufbau der Berechnungsmethoden sowie die Unterschiede zwischen den Verfahren analysiert und dargestellt. Anschließend wurden mit den drei Berechnungsmethoden verschiedene Szenarien berechnet:

- 18 Einzelereignisse (einzelne Flüge) aus 6 AzB-Klassen
- 10 einzelne Tage (01.01.2011 bis 10.01.2011)
- 10 einzelne Wochen (KW 01 bis KW 10)
- 6 einzelne Monate (Mai bis Juli und Sept. bis Nov.)

Die Berechnungen fanden auf der Basis von Radaraufzeichnungen des Flugbetriebes am Flughafen Hannover aus dem Jahr 2011 statt. Berechnet wurden die Schallimmissionen an insgesamt 11 frei gewählten Immissionsorten und 9 Messstellen in der Umgebung des Flughafens. Die Ergebnisse wurden sowohl unter den Rechenverfahren als auch mit den Messwerten der 9 Messstationen verglichen. Von den Einzelereignissen wurden zudem Rasterlärmkarten berechnet und grafisch übereinander gelegt, um die Unterschiede der Rechenverfahren sichtbar zu machen.

Als Rechenprogramme wurden SoundPLAN 7.3 und INM 7.0 verwendet. Mit SoundPLAN 7.3 wurden die Berechnungen nach AzB 2008 und ECAC Doc 29, 3rd Edition durchgeführt, INM 7.0 wurde für die Berechnung der Einzelereignisse genutzt. Die größeren Szenarien wurden auch nach der INM-Rechenmethode mit SoundPLAN 7.3 berechnet, da hier im Zusammenhang mit [4] ebenfalls das INM implementiert wurde und eine direkte Berechnung von größeren Szenarien mit Radartracks in INM 7.0 nicht möglich ist.

4. Ergebnisse

Die AzB 2008 wies sowohl beim theoretischen Vergleich der Berechnungsmethoden als auch bei der Berechnung gegenüber dem ECAC Doc 29, 3rd Edition und dem INM große Unterschiede auf. INM und ECAC Doc 29, 3rd Edition basieren weitgehend auf derselben Berechnungsmethode, weshalb sie sich sehr ähneln.

Im Gegensatz zum Doc 29, 3rd Edition und dem INM, welche für die meisten Flugzeuge in ihrer Datenbank Leistungsdaten hinterlegt haben, teilt die AzB 2008 alle Luftfahrzeuge in sog. Klassen ein, denen einheitliche akustische und flugbetriebliche Eigenschaften zugeordnet sind. Für jede Flugzeugklasse sind in der AzB 2008 1 bis 2 Standardflugprofile für Start und Landung hinterlegt, die unabhängig von der tatsächlichen Flugbahn angesetzt werden. ECAC Doc 29, 3rd Edition und das INM hingegen verwenden sog. prozedurale Profile. Diese sind flexibel, da sie die Flugbahn lediglich als Verfahrensbeschreibung darstellen und abhängig von den at-

mosphärischen Bedingungen und dem Startgewicht sind. Bei der Modellierung der Richtwirkung allerdings differenziert die AzB 2008 zwischen den Flugzeugklassen, während das Doc 29, 3rd Edition und INM ein flugzeugunabhängiges Dipolmodell anwendet. Auch zwischen Doc 29, 3rd Edition und dem INM bestehen leichte Unterschiede, die sich, wie Tabelle 1 zeigt, auch in den Berechnungsergebnissen widerspiegeln.

Tabelle 1: Gemittelte absolute Abweichung der Berechnungsergebnisse - Vergleich der Berechnungsmethoden untereinander.

Berechnungsszenarien		Gemittelte absolute Gesamtabweichung		
		AzB-ECAC $\Delta L_{max}/\Delta L_{eq}$ [dB]	INM-ECAC $\Delta L_{max}/\Delta L_{eq}$ [dB]	INM-AzB $\Delta L_{max}/\Delta L_{eq}$ [dB]
Eizelereignisse	ΔL_{mittel}	7,1 / 5,9	0,9 / 2,4	6,5 / 5,6
	$\Delta L_{max,neg}$	-22 / -16	-6 / -9	-16/-18
	$\Delta L_{max,pos}$	+35 / +37	+19/+19	+22/+16
Tagesberechn.		3,0 / 2,7	0,1 / 0,2	3,0 / 2,5
Wochenberechn.		3,1 / 2,6	0,1 / 0,1	3,0 / 2,4
Monatsberechn.		3,0 / 2,3	0,1 / 0,3	2,9 / 2,4

Bild 1 zeigt die Ergebnisse der unterschiedlichen Schallausbreitungsberechnungen einer exemplarisch herausgegriffenen Rasterlärmkarte einer L_{eq} -Berechnung. Deutlich zu sehen ist die ausgeprägte Dipolrichtwirkung des INM im Bereich hinter dem Startpunkt.

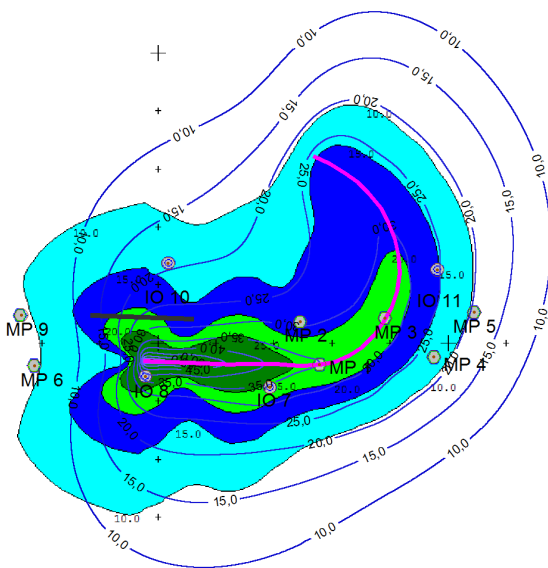


Bild 1: Rasterlärmkarten eines Abflugs, berechnet nach INM (farbig ausgefüllt) und AzB 2008 (blaue Linienkonturen).

Den Vergleich der Berechnungsergebnisse mit den Messwerten fasst die Tabelle 2 zusammen.

Insgesamt lieferten alle drei Verfahren gute Ergebnisse im Vergleich mit den Messwerten. Die Berechnungsergebnisse wichen bei allen Verfahren umso weniger von den Messwerten ab, je größer das zu berechnende Szenario gewählt wurde.

Im Vergleich mit dem ECAC Doc 29, 3rd Edition und dem INM ist die AzB 2008 deutlich einfacher aufgebaut. Sie lieferte dennoch beim Maximalschalldruckpegel der Einzelereignisse bessere und bei der Berechnung des äquivalenten Dauerschallpegels der größeren Szenarien ähnlich gute Ergebnisse.

Tabelle 2: Gemittelte absolute Abweichung der Berechnungsergebnisse - Vergleich mit Messwerten.

Berechnungsszenarien		Abweichungen der Rechenergebnisse gegenüber den Messwerten		
		AzB [dB]	INM [dB]	ECAC [dB]
Einzelereignisse	$\Delta L_{max,mittel}$	2,3	4,5	5,0
	$\Delta L_{max,neg}$	-6,8	-14,3	-22,7
	$\Delta L_{max,pos}$	+5,4	+5,1	+5,3
Tagesberechn. ΔL_{eq}		2,9	1,8	1,7
Wochenberechn. ΔL_{eq}		2,1	1,4	1,5
Monatsberechn. ΔL_{eq}		1,3	0,4	0,3

5. Fazit

ECAC Doc 29, 3rd Edition und das INM basieren auf einer sehr komplexen Rechenmethode und ihre Umsetzung ist nicht in allen Punkten eindeutig und vollständig dokumentiert. Die AzB 2008 stellt ein in Deutschland langjährig erprobtes Verfahren dar, das von mehreren Softwareherstellern umgesetzt und vom Umweltbundesamt validiert ist. Eine ähnliche Überprüfung des ECAC Doc 29, 3rd Edition wäre aufgrund der Unklarheiten in der Beschreibung sicherlich nur schwer möglich. INM 7.0 hat als Umsetzung des Integrated Noise Model sowieso Alleinstellung, weshalb hier ebenfalls nur schwer eine Validierung erfolgen kann. Allerdings wurden von Eurocontrol bereits im Jahre 2002 Untersuchungen angestellt, die zeigen, dass INM 7.0 nicht fehlerfrei ist [5].

Da alle drei Methoden geringe Abweichungen zu den Messwerten lieferten, kann eine eindeutige Bewertung nicht erfolgen. Doc 29, 3rd Edition ist im Moment nicht für militärische Flugzeuge und Helikopter geeignet, könnte aber sicher erweitert werden. Für eine allgemeine Beurteilung ist überdies eine weitergehende Berechnung auf der Basis des Datenerfassungssystems ergänzend zur Radarberechnung sinnvoll.

Literatur

- [1] Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (1. FlugLSV) (2008).
- [2] Federal Aviation Administration: Integrated Noise Model (2006).
- [3] European Civil Aviation Conference (ECAC): Methodology for Computing Noise Contours around Civil Airports, ECAC.CEAC Doc 29, 3rd Edition (2005).
- [4] Veric, S.: Vergleich von Fluglärmrechnungsverfahren. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2013).
- [5] Restrict, K: Error Sensitivity Analysis of the Integrated Noise Model, EUROCONTROL Experimental Centre (2002).



Universität Stuttgart
Lehrstuhl für Bauphysik

Lehrstuhl für Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

E-Mail: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de