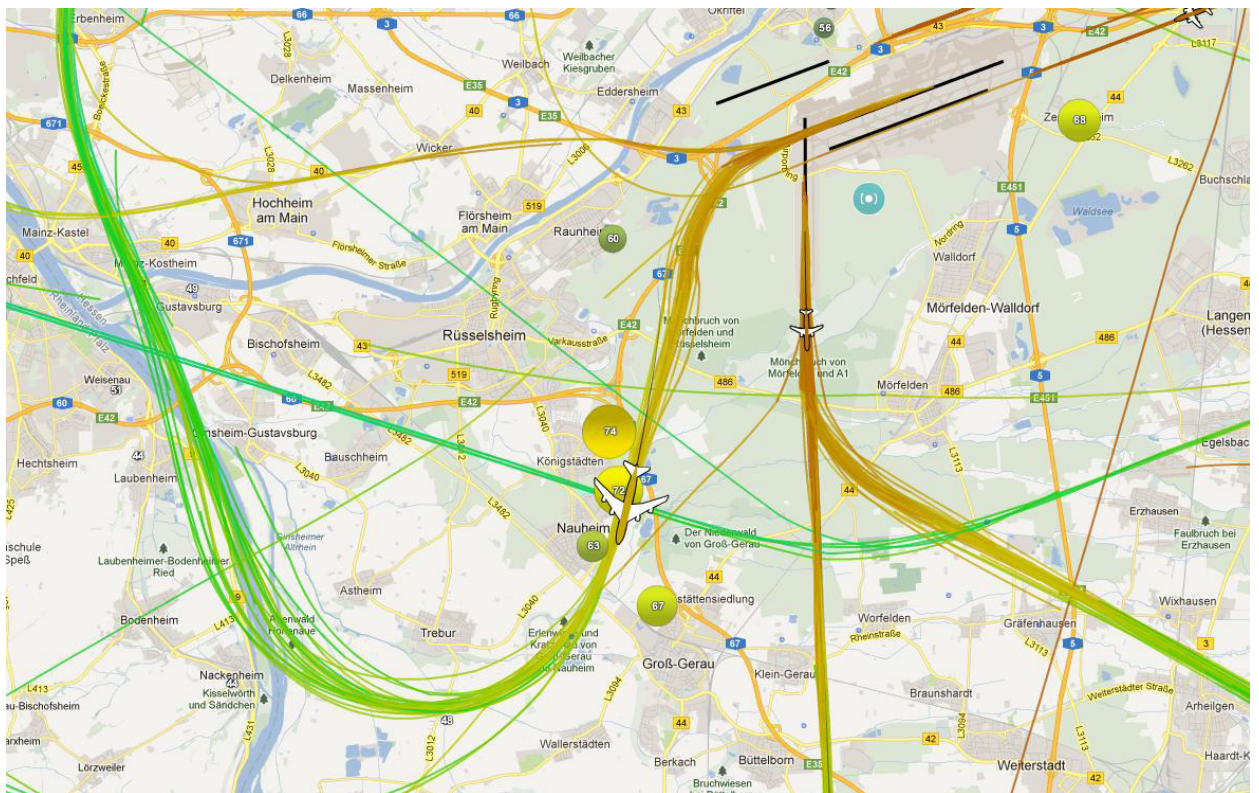


Auswertung der Überflüge sowie der Fluggeräuschmessdaten des MP-207 in Rüsselsheim/Königstädten

Berichtszeitraum: Oktober 2013 – Dezember 2013 | Stand 04.06.2014



Inhalt

1	Einführung	4
1.1	Messsystem deBAKOM	4
1.2	Erläuterung der verschiedenen Pegel (Abkürzungen)	4
1.3	Standort der Messstation	5
2	Überflughöhen und Überflughöhenstaffelung	7
2.1	Auswertungsmethode und Erkennungsrate	7
2.2	Ausfallzeiten	8
2.3	Abflüge bei Betriebsrichtung 25	9
2.3.1	Abflughöhen	9
2.3.2	Abflughöhenstaffelung	10
3	Fluggeräuschereignisse	13
4	Fluggeräuschpegel	14
4.1	Maximalpegelverteilung	14
4.2	Leq- und NAT-Auswertung	16
4.3	Jahresübersicht 2013	19

Anlagen

Anlage 1: Geräuschklassifikation der Firma deBAKOM

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Standort der Messstation MP-207 (Quelle: Google Maps).....	5
Abb. 2: BR25 - Identifizierte Abflüge im Dezember 2013, Vorderansicht (Quelle: Google Earth)	7
Abb. 3: BR25 - Identifizierte Abflüge im Dezember 2013, Draufsicht (Quelle: Google Earth).....	8
Abb. 4: Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25.....	9
Abb. 5: Abflughöhenstaffelung bei Betriebsrichtung 25	11
Abb. 6: Anzahl Fluggeräuscheignisse (Tag und Nacht)	13
Abb. 7: Maximalpegelverteilung am Tag (Fluggeräusch).....	14
Abb. 8: Maximalpegelverteilung in der Nacht (Fluggeräusch).....	15
Abb. 9: L_{DIN} Tag und Nacht.....	16
Abb. 10: $L_{DIN\ alt}$ Tag und Nacht.....	17
Abb. 11: NAT68 und NAT72	17
Abb. 12: L_{eq} Tag und Nacht	18
Abb. 13: L_{95} Tag und Nacht	18

1 Einführung

1.1 Messsystem deBAKOM

Wesentliche Komponenten des Messsystems sind eine wetterfeste und beheizte Mikrofoneinheit (Klasse 1 Mikrofon) mit Windschirm, eine Wetterstation sowie ein Messrechner. Bei Windgeschwindigkeiten im Mittel > 5 m/s werden alle Geräusche ausgeblendet, um die Erfassung von Störgeräuschen zu verhindern. Die Daten werden im Messrechner erfasst und stündlich an das Umwelt- und Nachbarschaftshaus (UNH) übertragen.

Für die Geräuschauswertung wird eine spezielle Software eingesetzt, die eine 2-stufige Erkennung durchführt: 1. Stufe ist die Erkennung auf Grund physikalischer Parameter nach DIN 45643 (Messung und Beurteilung von Fluggeräuschen) d.h. der Schallpegel eines Fluggeräuscheignisses muss z.B. einen Messschwellenpegel um mindestens einen bestimmten Betrag übersteigen; 2. Stufe ist eine detaillierte Erkennung anhand einer Korrelationsanalyse mit Musterspektren (s. Anlage). Diese werden mit Hilfe von Audioaufzeichnungen aus für den Messort typischen Fluggeräuscheignissen erstellt. Als 3. Stufe werden die erkannten Fluggeräuscheignisse mit den FANOMOS-Daten (Radarspuren) der Deutschen Flugsicherung (DFS) korreliert. Falls diese Prüfkriterien alle zueinander passen, wird das Ereignis als Fluggeräuscheignis deklariert und fließt in die Fluggeräuschauswertung ein.

1.2 Erläuterung der verschiedenen Pegel (Abkürzungen)

$L_{DIN,T}$ = Fluggeräusch L_{eq} (nach DIN 45643 vom Februar 2011) (Tag 06:00 - 22:00 Uhr).

$L_{DIN,N}$ = Fluggeräusch L_{eq} (nach DIN 45643 vom Februar 2011) (Nacht 22:00 - 06:00 Uhr).

$L_{DIN,T\ alt}$ = Fluggeräusch L_{eq} (nach DIN 45643 vom Oktober 1984) (Tag 06:00 - 22:00 Uhr).

$L_{DIN,N\ alt}$ = Fluggeräusch L_{eq} (nach DIN 45643 vom Oktober 1984) (Nacht 22:00 - 06:00 Uhr).

$L_{eq,T}$ = L_{eq} aller Geräusche (Tag 06:00 - 22:00 Uhr).

$L_{eq,N}$ = L_{eq} aller Geräusche (Nacht 22:00 - 06:00 Uhr).

$L_{95,T}$ = L_{eq} aller Geräusche der zu 95% der Beurteilungszeit überschritten ist (Tag 06:00 - 22:00 Uhr).

$L_{95,N}$ = L_{eq} aller Geräusche der zu 95% der Beurteilungszeit überschritten ist (Nacht 22:00 - 06:00 Uhr).

NAT68 = Anzahl der Fluggeräuscheignisse die 68 dB(A) überschreiten (Nacht 22:00 - 06:00 Uhr).

NAT72 = Anzahl der Fluggeräuscheignisse die 72 dB(A) überschreiten (Nacht 22:00 - 06:00 Uhr).

1.3 Standort der Messstation

Die Messstation in der Amorbacher Straße in Königstädten wurde am 13. August 2012 in Betrieb genommen. Die Koordinaten des Standortes lauten: 32 U 461450; 5535276 [UTM]. Die Messhöhe des Mikrofons beträgt 4 m über dem Dach des Hauses (ca. 10 m ü. Grund).

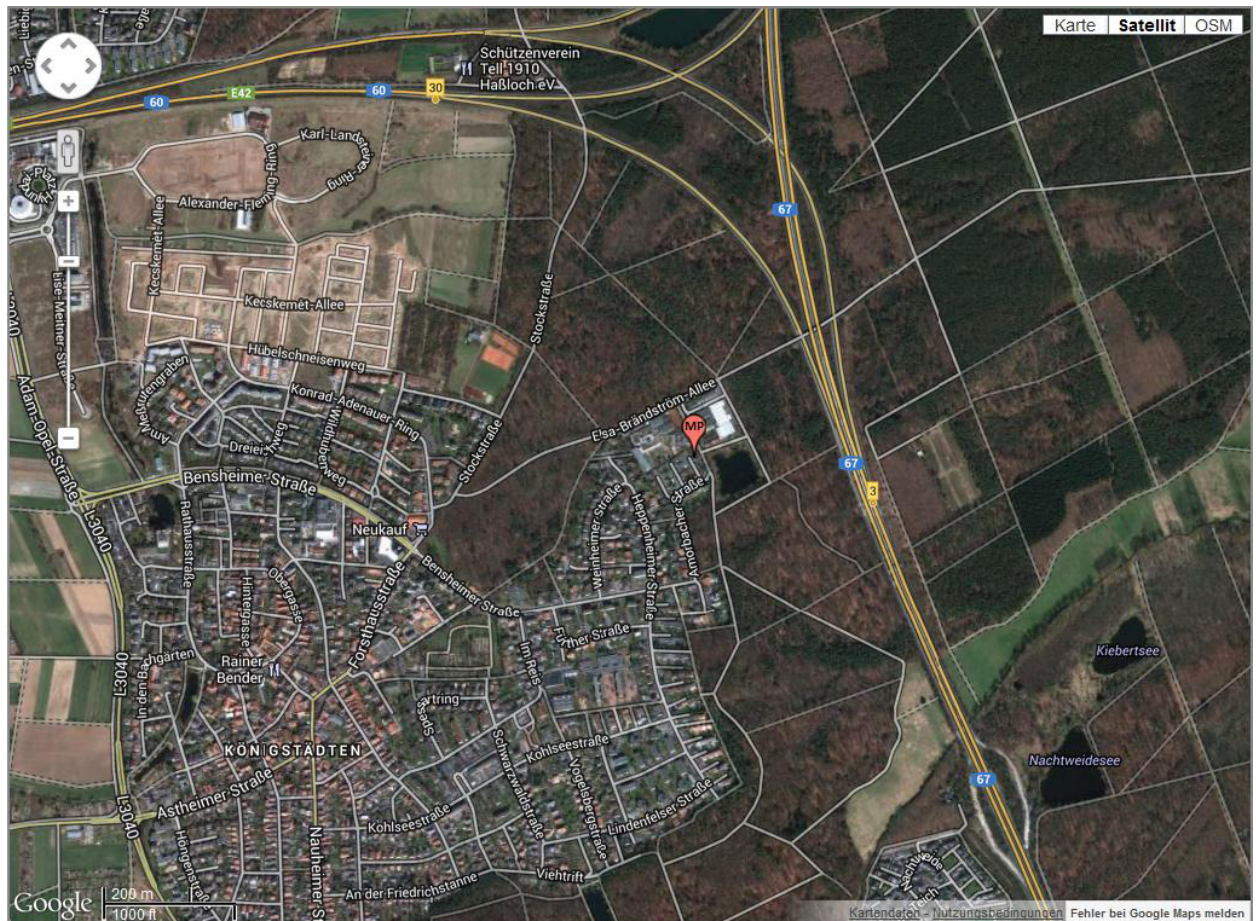


Abb. 1: Standort der Messstation MP-207 (Quelle: Google Maps)

Diese Auswertung umfasst Daten von 1. Oktober 2013 bis zum 31. Dezember 2013.

Auswertung der Überflüge über Königstädten



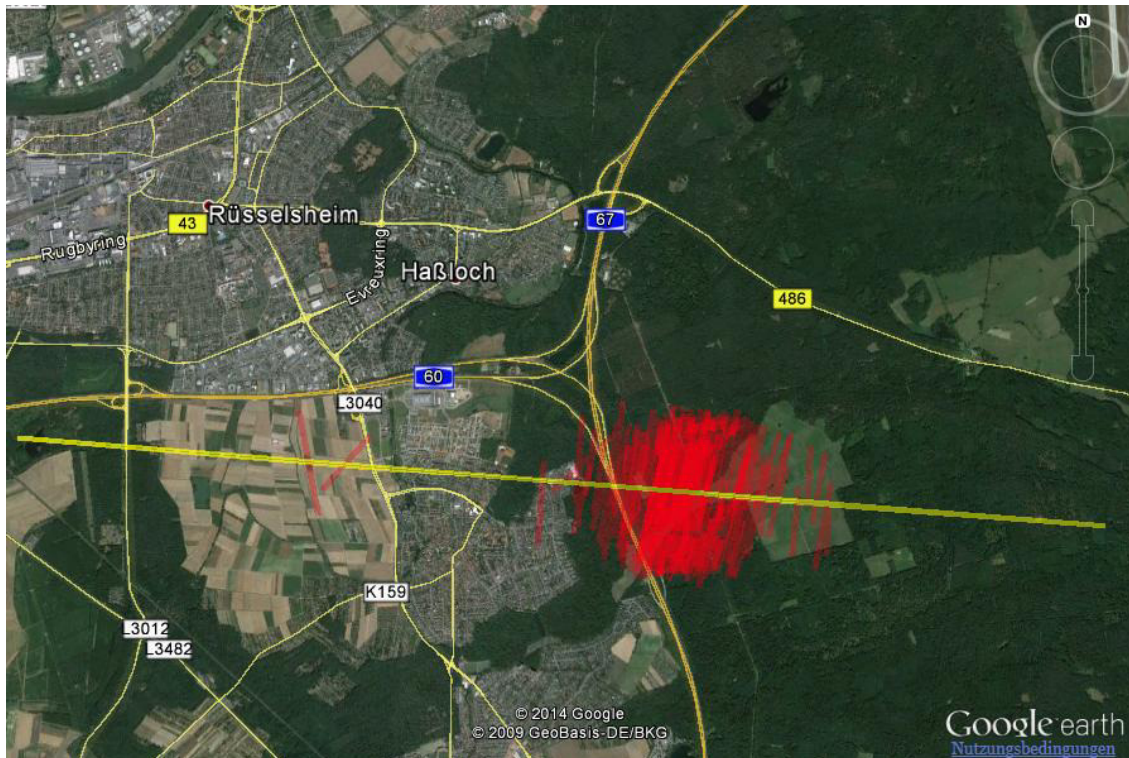


Abb. 3: BR25 - Identifizierte Abflüge im Dezember 2013, Draufsicht (Quelle: Google Earth)

2.2 Ausfallzeiten

Beginn	Ende	Ausfallzeit in Std.	Ausfallgrund
25.11.2013 08:00	25.11.2013 18:00	10 h	Bauarbeiten
26.11.2013 08:00	26.11.2013 18:00	10 h	Bauarbeiten
27.11.2013 08:00	27.11.2013 18:00	10 h	Bauarbeiten
28.11.2013 08:00	28.11.2013 15:00	7 h	Bauarbeiten
02.12.2013 08:00	02.12.2013 18:00	10 h	Bauarbeiten
03.12.2013 08:00	03.12.2013 18:00	10 h	Bauarbeiten
04.12.2013 08:00	04.12.2013 18:00	10 h	Bauarbeiten
05.12.2013 08:00	05.12.2013 18:00	10 h	Bauarbeiten
09.12.2013 08:00	09.12.2013 17:00	9 h	Bauarbeiten
10.12.2013 09:00	10.12.2013 12:00	3 h	Bauarbeiten

2.3 Abflüge bei Betriebsrichtung 25

2.3.1 Abflughöhen

Bei den Auswertungen der Abflughöhen und der Abflughöhenstaffelung wurden nur Flüge betrachtet, die durch das o.a. „Durchflugtor“ geflogen sind, die o.g. Prüfkriterien 1 bis 3 erfüllt haben und am Frankfurter Flughafen (EDDF) gestartet oder gelandet sind.

Höhe (MSL) in [ft]	Minimum	Maximum	Durchschnitt aller Flüge	10%-getrimmtes Mittel*
Oktober	1941	7970	4332	4336
November	2148	8780	4376	4379
Dezember	2086	8070	4478	4478

* 10%-getrimmtes Mittel ist der Durchschnitt der geordneten Flughöhen, die um 10% der kleinsten und 10% der größten Höhen gekürzt wurden.

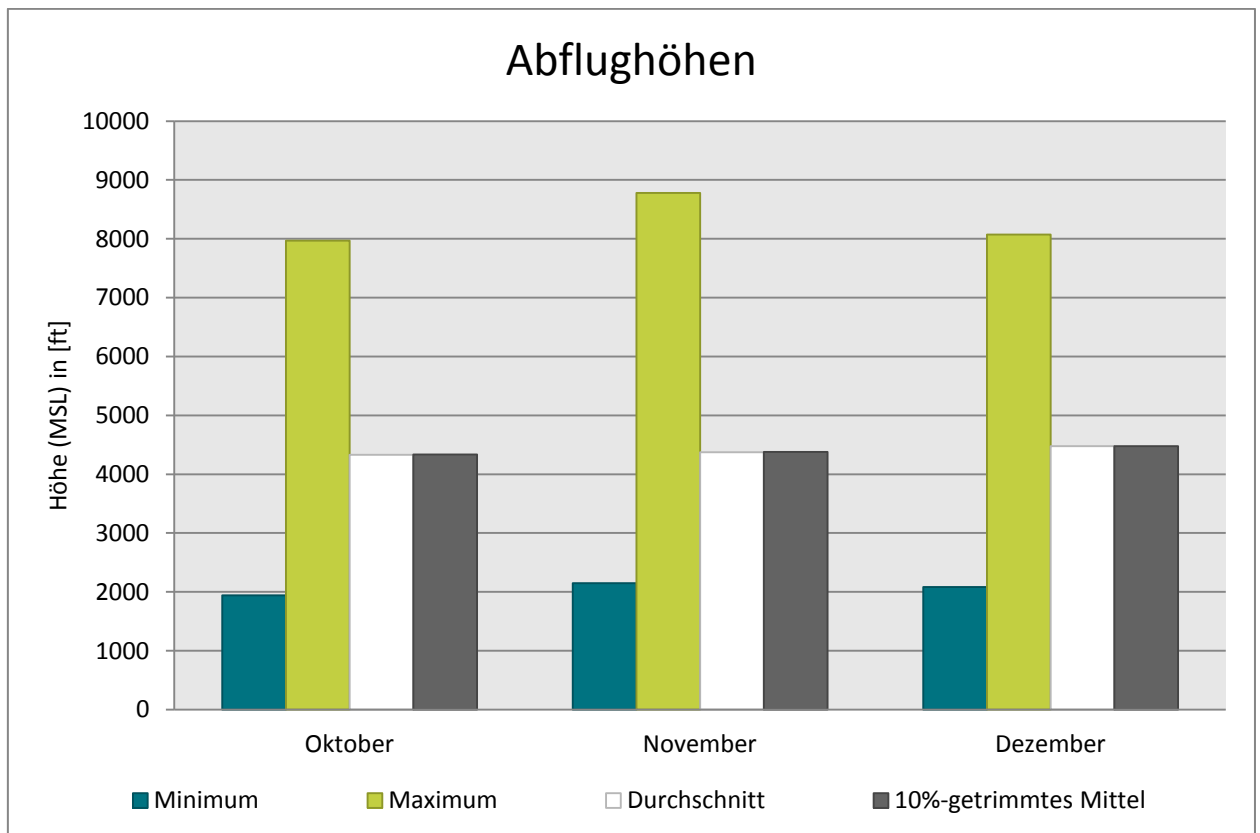


Abb. 4: Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25

2.3.2 Abflughöhenstaffelung

Höhe (MSL)	Oktober	November	Dezember
< 2500 ft	98	78	47
von 2500 ft bis < 3500 ft	548	400	444
von 3500 ft bis < 4500 ft	1469	1244	1212
von 4500 ft bis < 5500 ft	1349	1151	1331
von 5500 ft bis < 6500 ft	298	264	372
von 6500 ft bis < 7500 ft	25	32	46
>= 7500 ft	2	1	3
Summe	3789	3170	3455

Der prozentuelle Anteil der Überflughöhenstaffelung nach Monaten:

Höhe (MSL)	Oktober	November	Dezember
< 2500 ft	2,59%	2,46%	1,36%
von 2500 ft bis < 3500 ft	14,46%	12,62%	12,85%
von 3500 ft bis < 4500 ft	38,77%	39,24%	35,08%
von 4500 ft bis < 5500 ft	35,60%	36,31%	38,52%
von 5500 ft bis < 6500 ft	7,86%	8,33%	10,77%
von 6500 ft bis < 7500 ft	0,66%	1,01%	1,33%
>= 7500 ft	0,05%	0,03%	0,09%

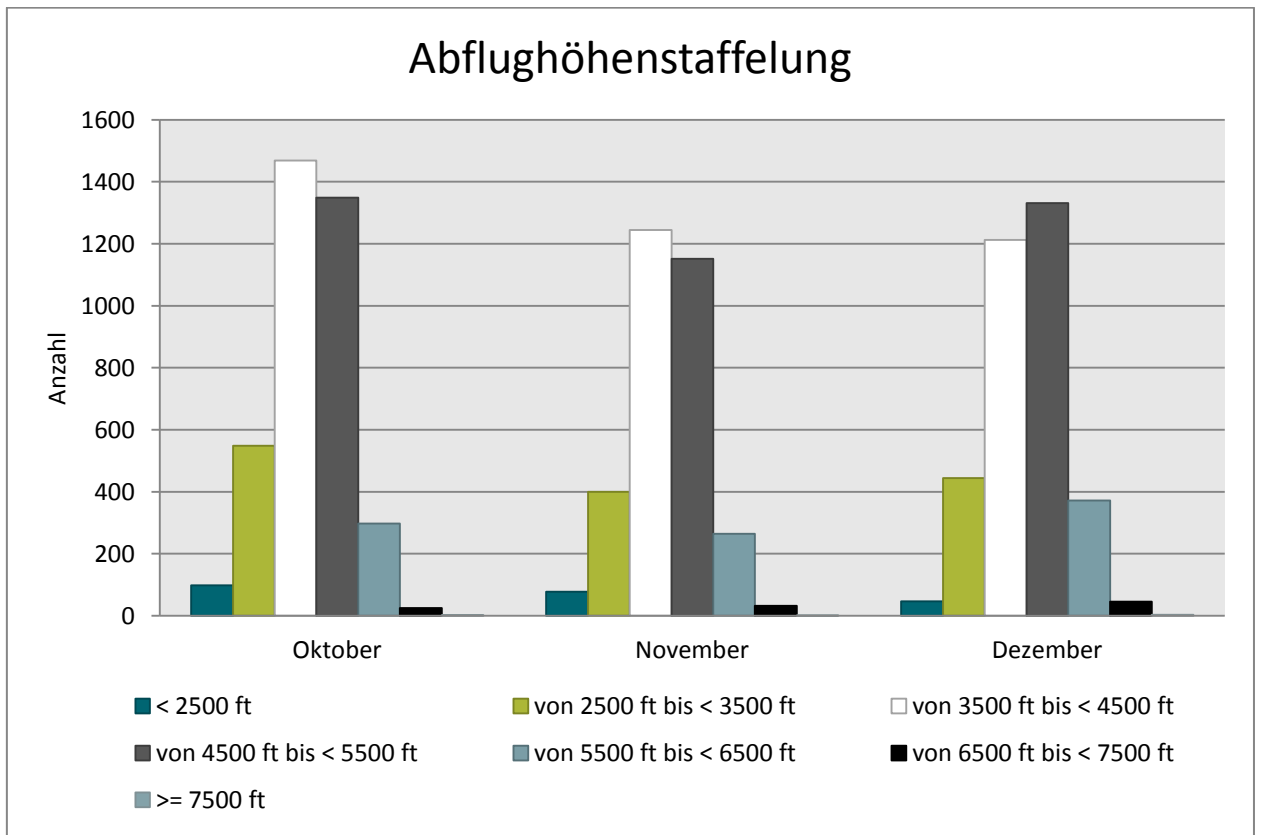


Abb. 5: Abflughöhenstaffelung bei Betriebsrichtung 25

Auswertung der Fluggeräuschmessstation (MP-207)



3 Fluggeräuschereignisse

„Ereignisse“ sind die von der Software der Station als Fluggeräuschereignis erkannten Pegel. Die Erkennung der Ereignisse basiert in Schritt 1 auf den Kriterien der DIN 45643, in Schritt 2 auf der Geräuschklassifikation der Firma deBAKOM (s. Anhang) und in Schritt 3 auf eine Korrelation mit den FANOMOS-Daten der DFS.

Die Tabelle zeigt die registrierten Fluggeräuschereignisse (Fluglärmereignisse) an der Station sowie die Anzahl der identifizierten Überflüge über die Station. Überflüge, die von der Station nicht als Ereignisse erkannt werden, sind in dieser Auswertung nicht enthalten.

	Anzahl der Ereignisse		Anzahl gesamt
	Tag 06:00 - 22:00 Uhr	Nacht 22:00 - 06:00 Uhr	BR25
Oktober	3571	218	3789
November	2981	189	3170
Dezember	3309	146	3455

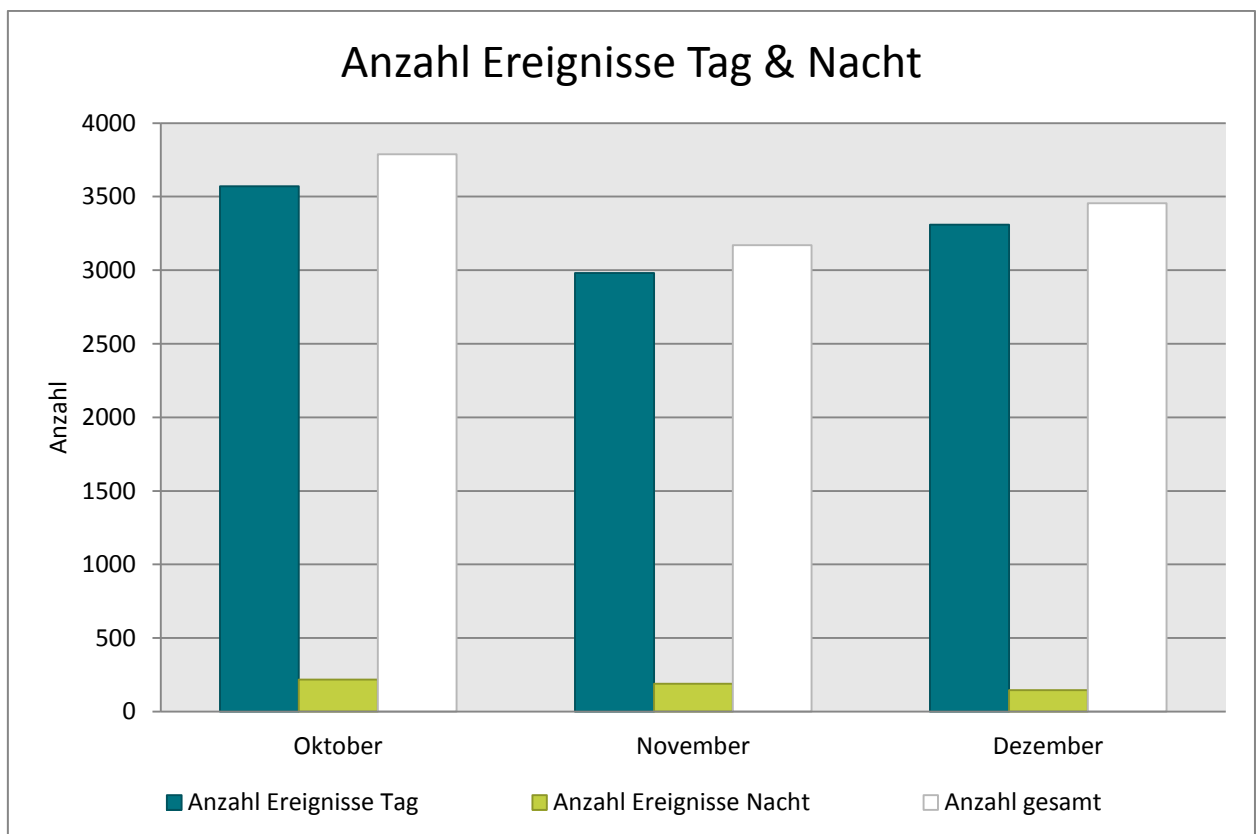


Abb. 6: Anzahl Fluggeräuschereignisse (Tag und Nacht)

4 Fluggeräuschpegel

4.1 Maximalpegelverteilung

Maximalpegelverteilung am Tag (06:00 bis 22:00 Uhr)

	55 - 60 dB(A)	60 - 65 dB(A)	65 - 70 dB(A)	70 - 75 dB(A)	75 - 80 dB(A)	80 - 85 dB(A)
Oktober	11	370	2245	576	355	14
November	12	418	1853	433	245	20
Dezember	18	676	1988	366	256	5

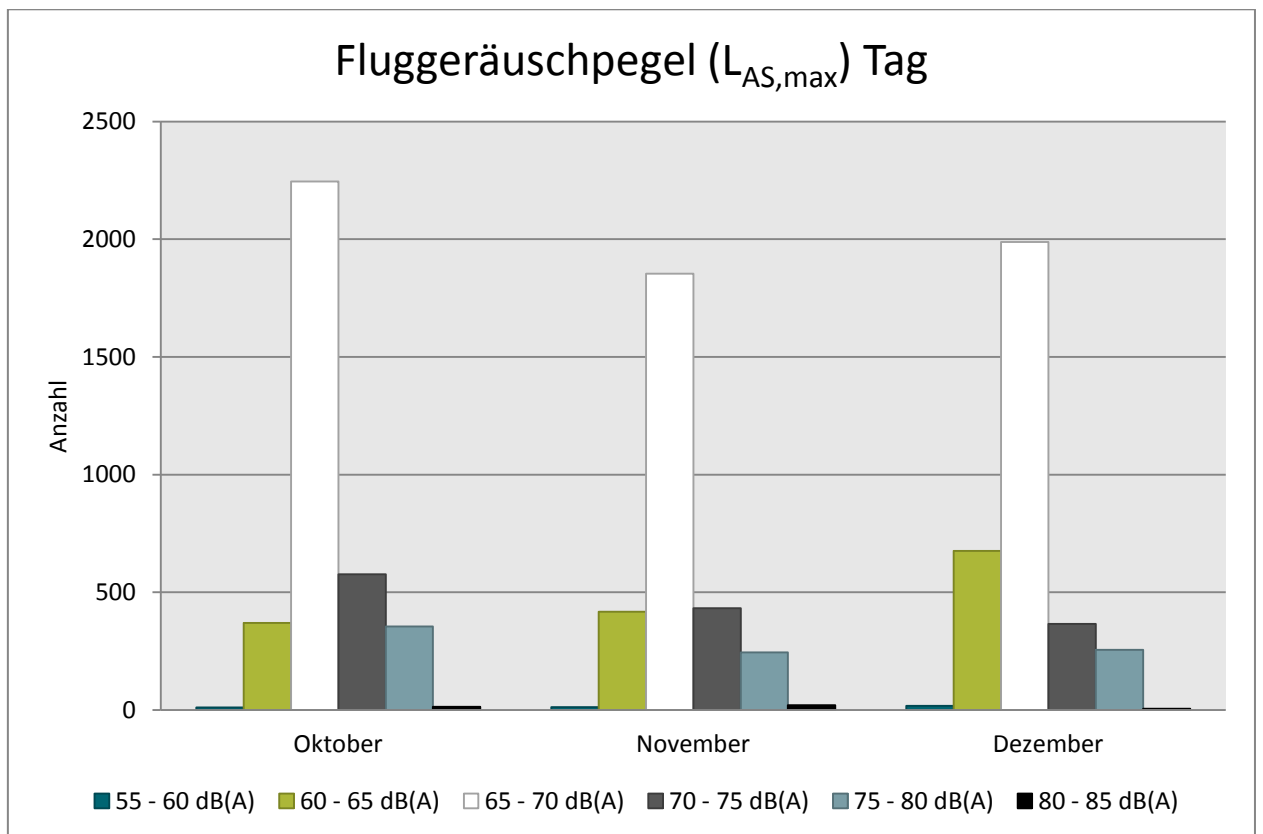


Abb. 7: Maximalpegelverteilung am Tag (Fluggeräusch)

Maximalpegelverteilung in der Nacht (22:00 bis 06:00 Uhr)

	55 - 60 dB(A)	60 - 65 dB(A)	65 - 70 dB(A)	70 - 75 dB(A)	75 - 80 dB(A)
Oktober	1	24	172	21	0
November	0	10	141	36	2
Dezember	7	37	88	13	1

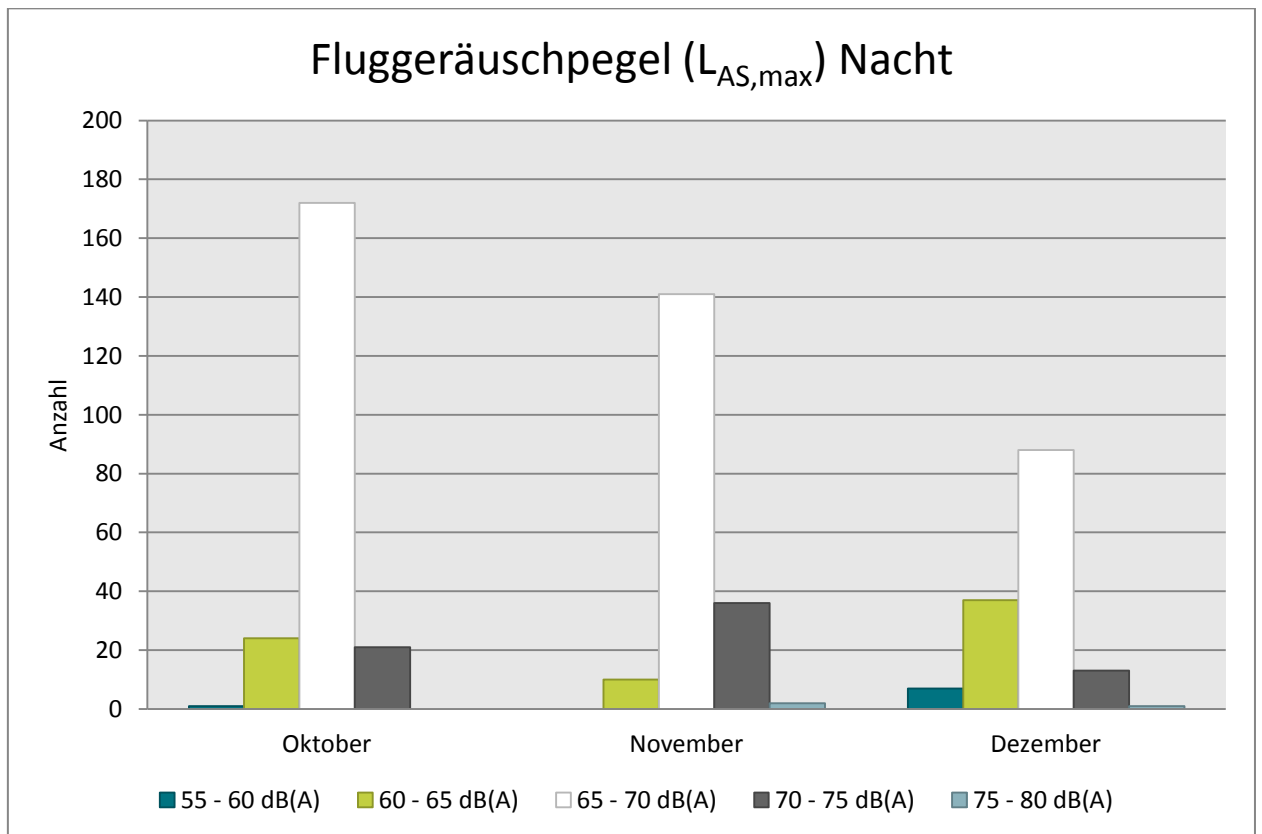


Abb. 8: Maximalpegelverteilung in der Nacht (Fluggeräusch)

4.2 Leq- und NAT-Auswertung

in dB(A)	$L_{DIN,T}$	$L_{DIN,N}$	$L_{DIN,T\ alt}$	$L_{DIN,N\ alt}$	NAT68	NAT72	$L_{eq,T}$	$L_{eq,N}$	$L_{95,T}$	$L_{95,N}$
Oktober	55,4	43,7	56,0	44,4	107	1	58,1	50,7	50,7	46,4
November	54,7	43,9	55,3	44,5	105	10	60,3	50,4	51,6	45,9
Dezember	54,6	41,0	55,2	41,7	37	2	61,4	50,3	51,2	45,9

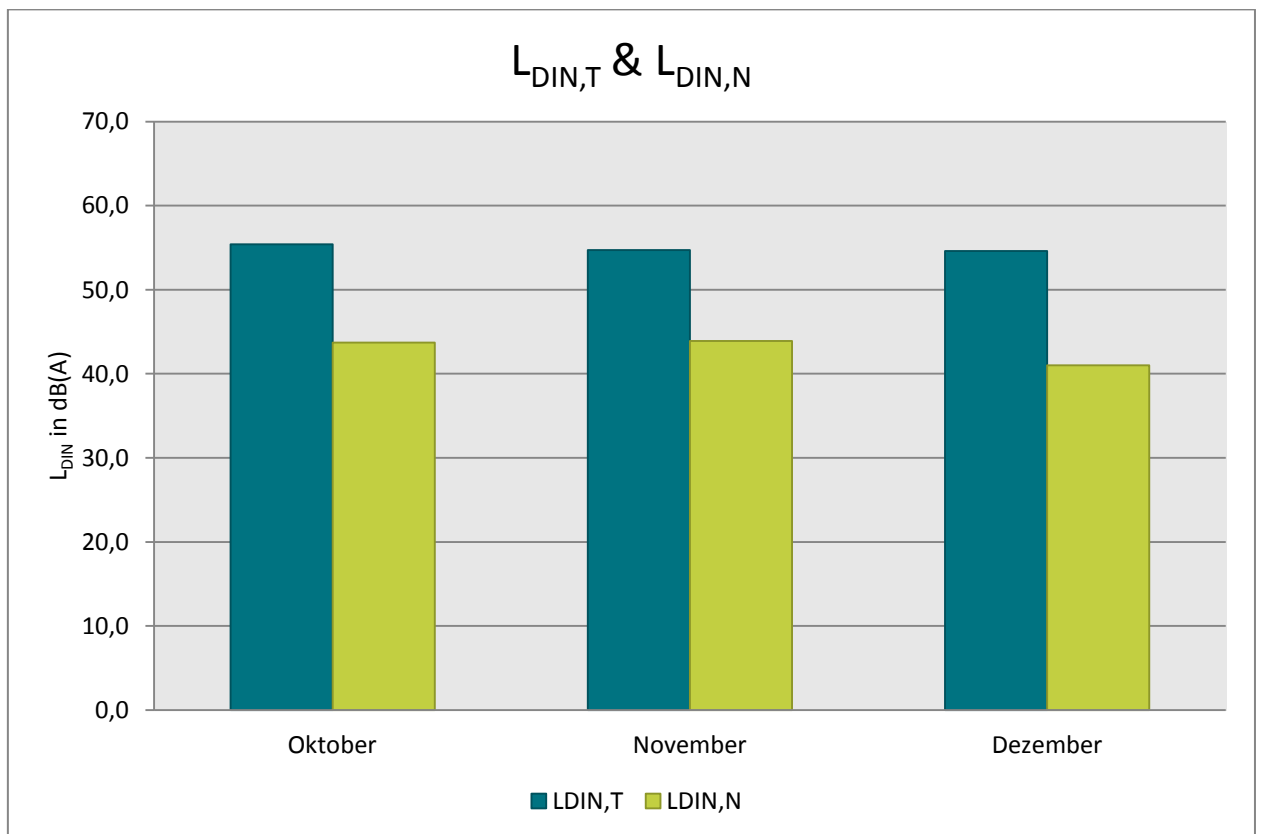


Abb. 9: L_{DIN} Tag und Nacht

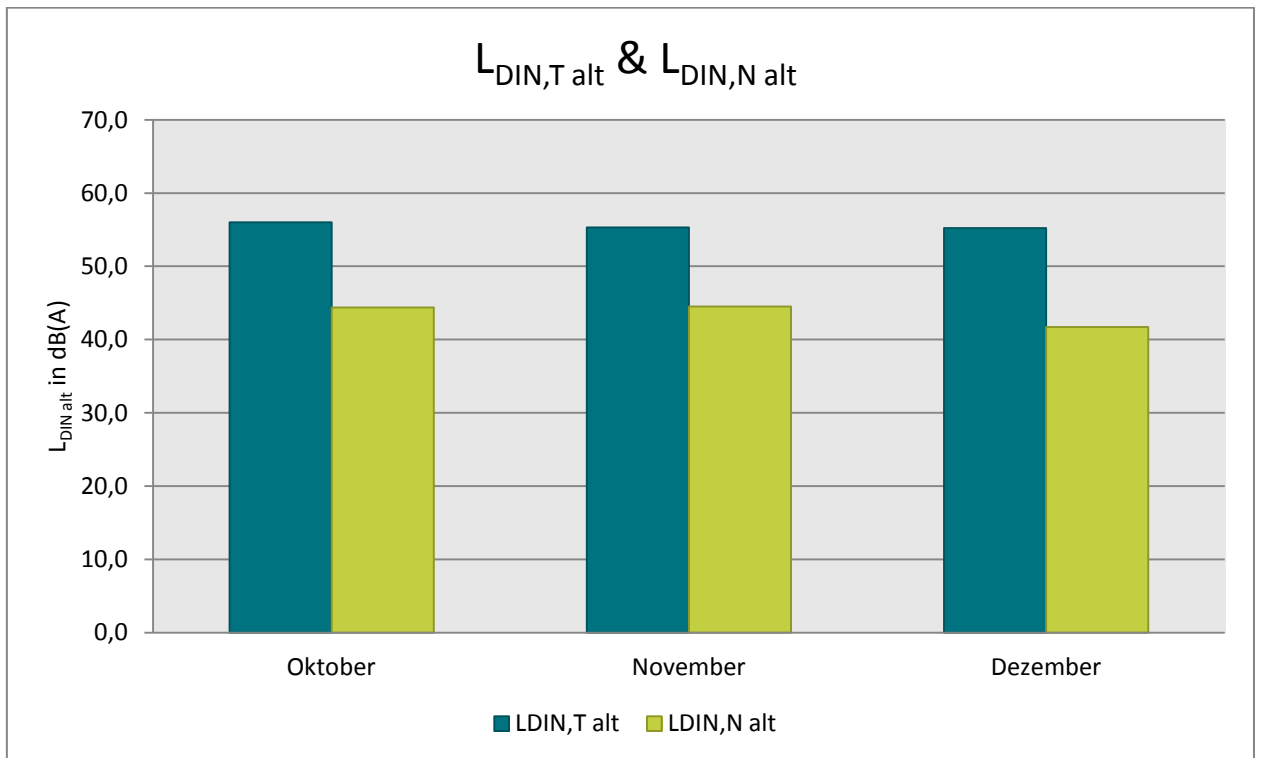


Abb. 10: $L_{DIN\ alt}$ Tag und Nacht

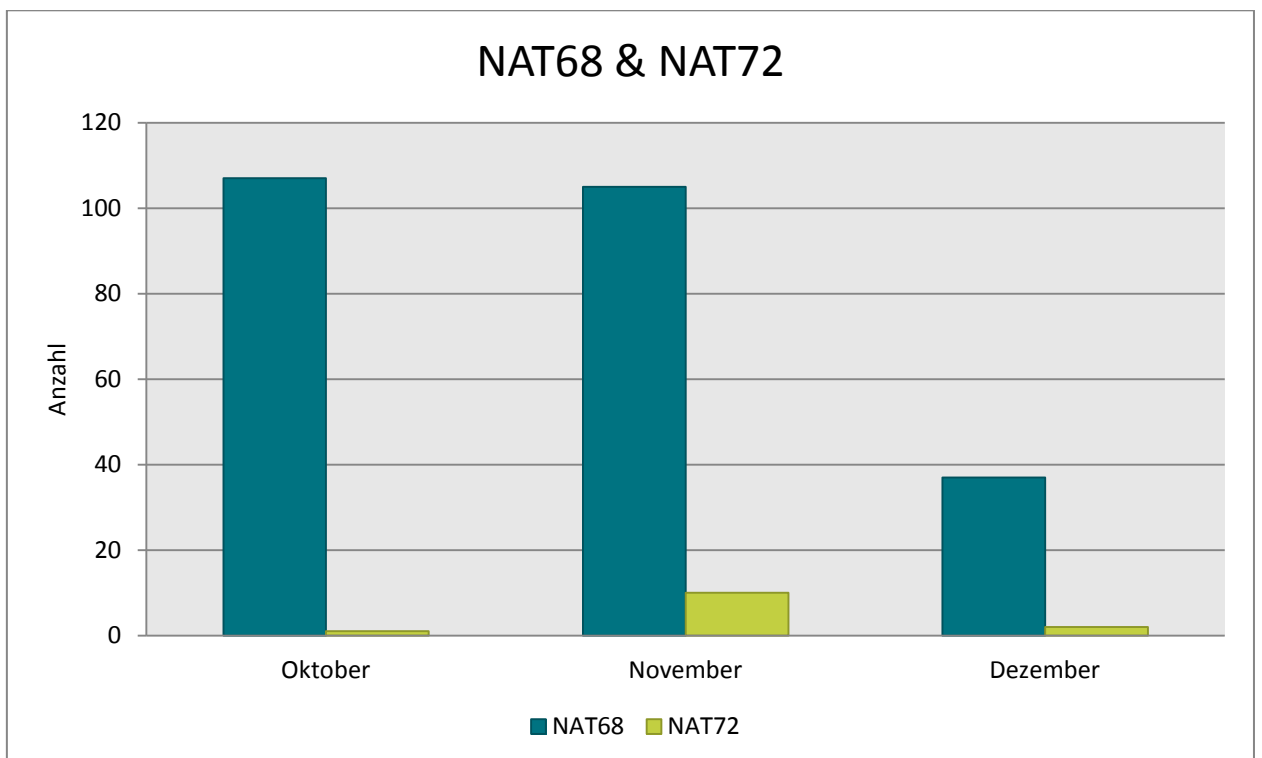


Abb. 11: NAT68 und NAT72

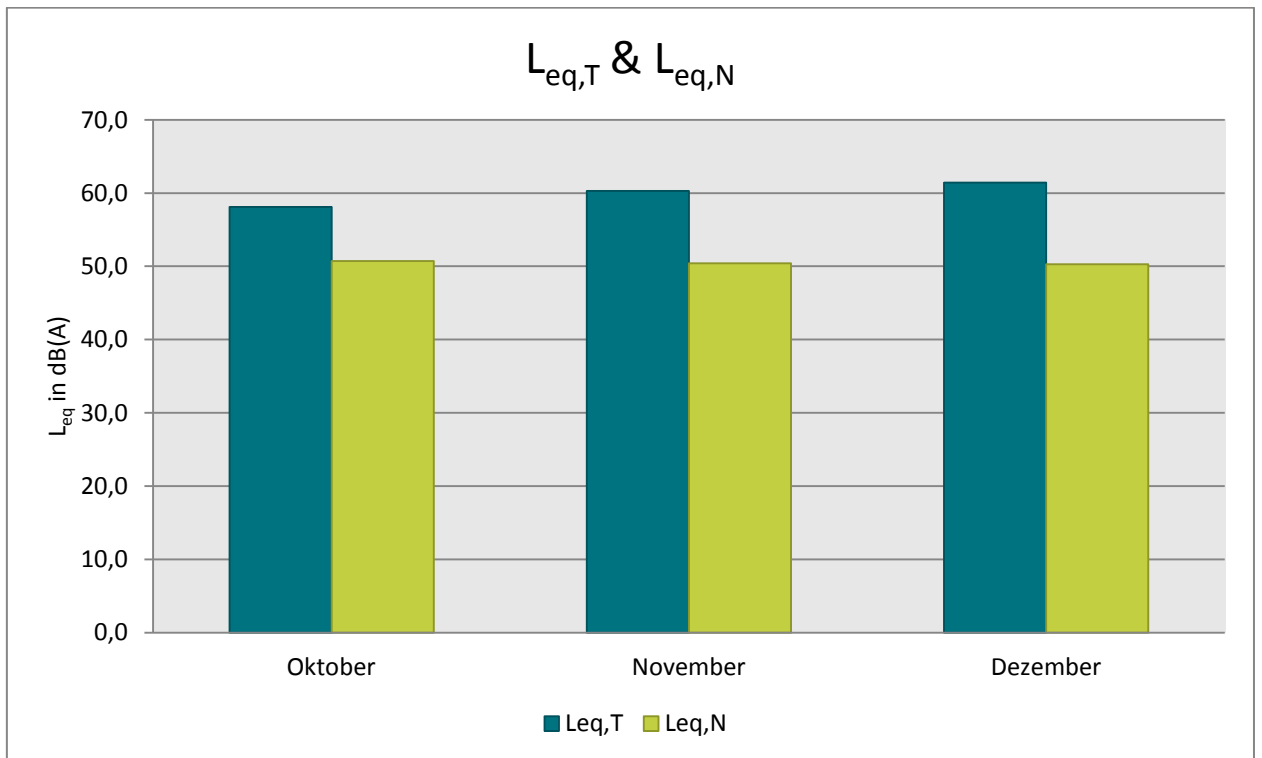


Abb. 12: L_{eq} Tag und Nacht

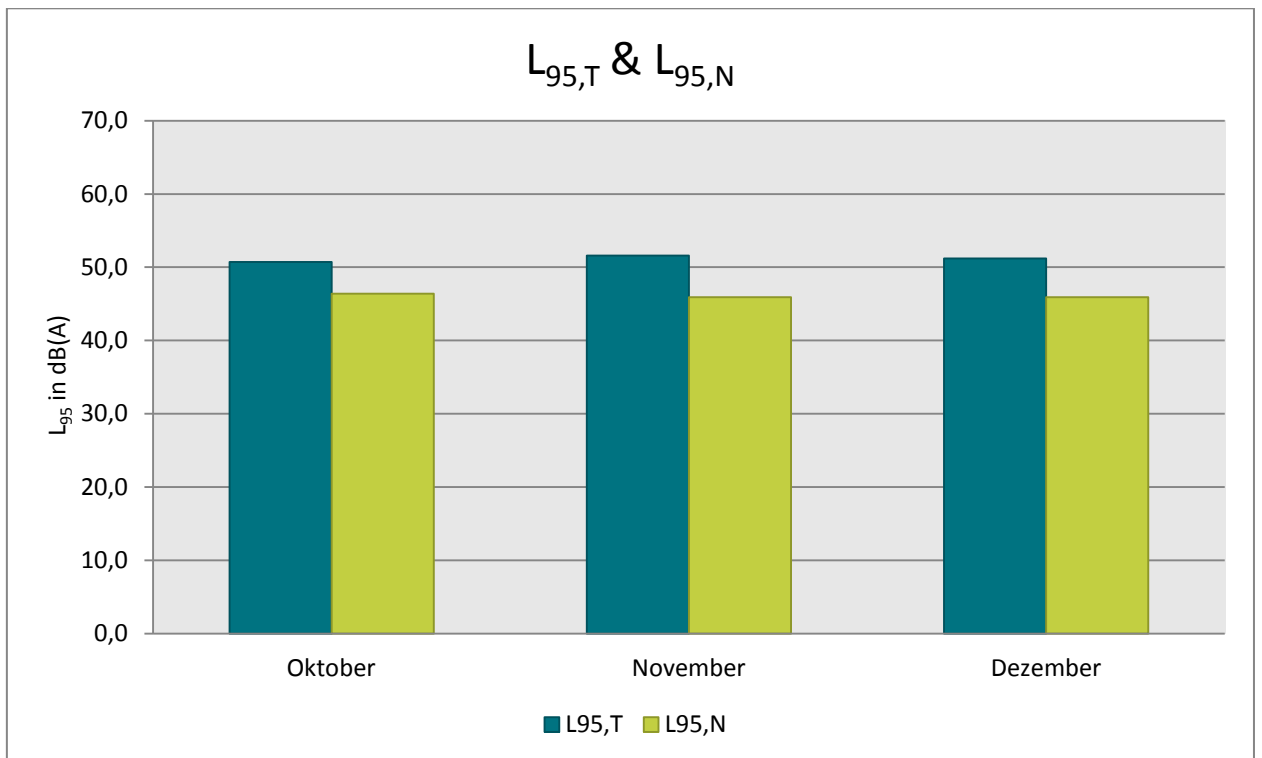


Abb. 13: L_{95} Tag und Nacht

4.3 Jahresübersicht 2013

in dB(A)	L _{DIN,T}	L _{DIN,N}	L _{DIN,T alt}	L _{DIN,N alt}	NAT68*	NAT72*	L _{eq,T}	L _{eq,N}	L _{95,T}	L _{95,N}
Januar ¹	53,1	39,9	53,8	40,6	27	1	57,4	57,3	51,0	43,8
Februar	52,8	41,2	53,3	41,7	59	3	62,8	49,5	51,4	45,1
März	52,2	40,2	52,7	41,0	48	3	56,6	50,4	51,4	46,2
April	54,3	43,2	55,0	43,9	81	3	57,3	52,9	51,3	47,0
Mai	55,8	43,4	56,4	43,9	98	7	58,2	57,9	49,2	45,6
Juni	55,1	42,8	55,7	43,3	91	7	57,7	53,9	49,3	45,8
Juli ²	51,9	40,2	52,4	40,7	37	2	54,7	51,5	48,5	46,2
August	55,2	44,0	55,7	44,5	103	5	57,1	50,7	49,1	46,3
September	55,2	44,2	55,6	44,6	128	4	57,1	49,9	49,6	45,1
Oktober	55,4	43,7	56,0	44,4	107	1	58,1	50,7	50,7	46,4
November	54,7	43,9	55,3	44,5	105	10	60,3	50,4	51,6	45,9
Dezember	54,6	41,0	55,2	41,7	37	2	61,4	50,3	51,2	45,9

*Hierbei handelt es sich um einen gemessenen Wert, der nicht nach Fluglärmschutzgesetz zur Definition von Fluglärmschutzzonen heranzuziehen ist.

¹ Datenausfall von 19.01.2013 bis 23.01.2013.

² Datenausfall von 01.07.2013 bis 04.07.2013.

Fluglärmmessung mit automatischer Geräuschklassifikation

D.Hemmer¹, D. Knauß², C. Pörschmann¹

¹ Fachhochschule Köln, 50679 Köln - e-mail: dominic.hemmer@fh-koeln.de

² deBAKOM GmbH, 51519 Odenthal

Einleitung

Bei der Messung von Flugzeuggeräuschen ist mit einer Beeinflussung des Fluglärmpegels durch verschiedene Fremdgeräusche zu rechnen. Zur Trennung dieser Ereignisse gibt es unter anderem die Möglichkeit der Klassifizierung durch Mustererkennung oder Korrelationsanalyse, die eine getrennte Betrachtung der auftretenden Schallereignisse ermöglicht. In der hier vorgestellten Untersuchung geht es in erster Linie um die Auswirkung verschiedener Erkennungsmethoden auf den Mittelungspegel und weniger um die Fehlerraten bei der Erkennung der Anzahl an Flugzeugen.

Vergleich zweier Methoden

Zur Geräuschidentifikation von Flugzeugen wurde an der Fachhochschule Köln ein Algorithmus entwickelt, mit dem es möglich ist, Flugzeuggeräusche zu identifizieren (Methode 1) [1]. Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes kann mit der Firma deBAKOM aus Odenthal der neu entwickelte Algorithmus getestet und mit dem vorhandenen Verfahren (Methode 2) der deBAKOM verglichen werden.

Methode 1

Die verwendete Musteranalyse arbeitet mit einem Vergleich mehrerer spektraler und temporaler akustischer Eigenschaften die als Merkmale zur Identifikation von Audiosignalen dienen. Untersuchungen mit verschiedenen akustischen Merkmalen zeigten [1], dass sich einige besonders gut zur Identifikation von Flugzeuggeräuschen eignen. Folgende Merkmale wurden zur Identifikation verwendet:

- spektraler Schwerpunkt
- spektrale Wölbung und Schiefe
- Linear Predictive Coding: Schwerpunkt und Schwankung
- MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients)

Die Verwendung von MFCC stellt sich als besonders günstig heraus. Werden bestimmte Koeffizienten der MFCC verwendet, so erhält man einen Merkmalsvektor, welcher eine gute Unterscheidung von Flugzeuggeräuschen und anderen Geräuschklassen ermöglicht.

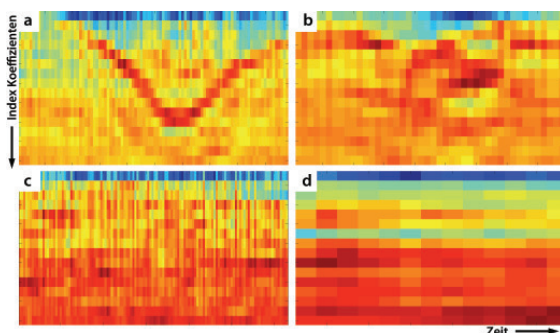


Abbildung 1: MFCC aus verschiedenen Klassen (a: Flugzeug, b: Auto, c: Zug, d: Hintergrund) – Dargestellt sind jeweils 18 Koeffizienten, aufgetragen über der Zeit.

Methode 2

Die derzeit in der Praxis eingesetzte Methode zur automatischen Erkennung von Fluglärm ist ein 3-stufiges Verfahren, das auf der spektralen Struktur und dem typischen zeitlichen Verlauf von Flugzeuggeräuschen, wie er z.B. in der DIN 45643 beschrieben ist, beruht. Die ersten beiden Stufen der Erkennung nutzen die spektrale Struktur des Fluglärms zur Identifikation. In der ersten Stufe erfolgt die Zuordnung anhand des Gesamtspektrums, während in der zweiten Stufe eine detailliertere Erkennung anhand einer Korrelationsanalyse mit Musterspektren erfolgt. Diese Musterspektren werden anhand von Audioaufzeichnungen aus für den Messort typischen Fluglärmereignissen erstellt.

Da die spektrale Struktur von Fluglärmgeräuschen stark variiert, d.h. auch vom jeweiligen Messort abhängig ist, ist eine individuelle Anpassung der Muster an den Messort erforderlich. Dies kann entweder vorab erfolgen, falls bereits Audiodaten vorliegen, oder die Zuordnung wird nach der Messung durchgeführt. In beiden Fällen erfolgt die Erkennung mit Stufe 1, die bereits eine gute Erkennung zulässt. Die Bestimmung des Fluglärmpegels erfolgt in der Regel ereignisorientiert, d.h. Fluglärm ist auf eine kurze Zeitspanne beschränkt. Diese Tatsache wird im dritten Teil der Fluglärm-erkennung verwendet, indem aus dem Pegel-Zeitverlauf Ereignisse heraus gefiltert werden, die der typischen zeitlichen Struktur des Fluglärms am Messort entsprechen. Dies sind z.B. die Dauer des Ereignisses, die sogenannte t10-Zeit oder typische Pegelhöhen. Damit stehen für die Zuordnung zwei Kriterien zur Verfügung: Das Geräusch entspricht in seiner spektralen Struktur Fluglärm und die zeitliche Struktur entspricht den Fluglärmgeräuschen.

Beispiele aus der Praxis

Die Tabelle in Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für die automatische Fluglärm-erkennung. Das Messsystem wurde im August 2010 in Neu-Isenburg (Flughafen Frankfurt) eingerichtet. In der Tabelle sind die Pegelwerte sowie die Anzahl von Fluglärmereignissen in einem Erfassungszeitraum von 5 Monaten mit automatischer (deBAKOM) und manueller Auswertung dargestellt. Für den Monat August wurden dabei lediglich Stufe 1 und Stufe 3 der Erkennung eingesetzt. Ab September auch Stufe 2. Wie der Tabelle zu entnehmen ist, zeigen die Pegel der beiden Auswertungen nur geringe Abweichungen. Bei der Anzahl der zugeordneten Ereignisse hingegen ergeben sich größere Diskrepanzen, die vor allem durch Ereignisse mit kleinen Pegeln nahe der Schwelle verursacht werden.

		Ld dB(A)	Ln dB(A)	Anzahl Tag	Anzahl Nacht
August 2010	deBAKOM	59,7	53,9	10617	1390
	manuell	59,2	53,2	8623	1124
	Differenz	0,5	0,7	1994	266
September 2010	deBAKOM	60	53,6	12744	1583
	manuell	59,8	53,4	11175	1504
	Differenz	0,2	0,2	1569	79
Oktober 2010	deBAKOM	60,3	55,7	11994	1710
	manuell	60,1	55,4	11012	1649
	Differenz	0,2	0,3	982	61
November 2010	deBAKOM	60,2	55,4	11635	1514
	manuell	59,9	55,2	10544	1466
	Differenz	0,3	0,2	1091	48
Dezember 2010	deBAKOM	58,8	54,4	10013	1577
	manuell	58,8	54,3	9479	1529
	Differenz	0	0,1	534	48

Abbildung 2: Vergleich der Messungen in Neu-Isenburg zwischen manueller und automatischer Auswertung. Für September wurde eine Musteranpassung vorgenommen, die dazu führte, dass die Differenz zwischen automatischer und manueller Erkennung kleiner wird.

Im folgenden Beispiel befand sich die Messanlage im Unterschied zum vorigen Szenario direkt an der Straße, so dass die Pegelaufzeichnungen eine Mischung aus Straßenverkehr und Fluglärm darstellen. In der folgenden Grafik sind für 2 Tage die anhand verschiedener Verfahren ermittelten Fluglärmpegel, so wie der errechnete Mittelungspegel gegenübergestellt.

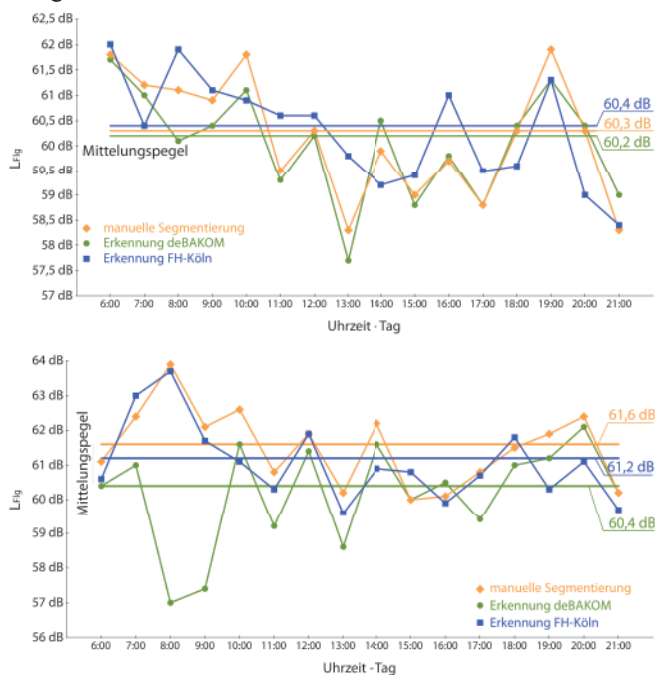


Abbildung 3: Auswertung der Messdaten. Vergleich von Methode 1, Methode 2 und manueller Auswertung. Oben: 23.10.08 (Tag ohne Regen) • Unten: 27.10.08 (Tag mit Regen). Ohne Regen ist die Abweichung der Mittelungspegel nur gering. Erhöht sich durch Regen jedoch das Hintergrundgeräusch, so wird die Erkennung schlechter und der Mittelungspegel weicht stärker ab.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Pegel-Zeitverlauf für einen Zeitabschnitt mit wenig KFZ (5-6 Uhr) und einen Abschnitt mit deutlich mehr Fremdgeräuschen (15-16 Uhr). In Abbildung 4 (unten) ist deutlich zu erkennen, dass eine „einfache“ Zuordnung der Ereignisse – Fluglärm nicht mehr möglich ist.

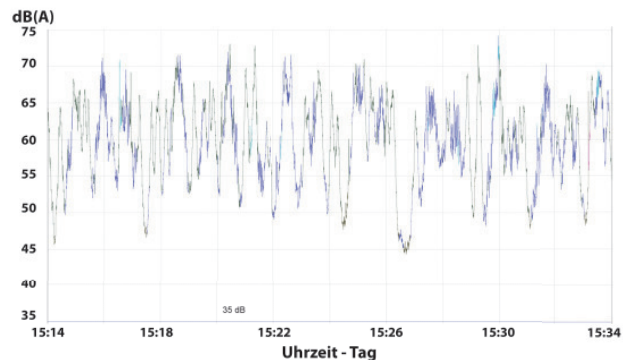
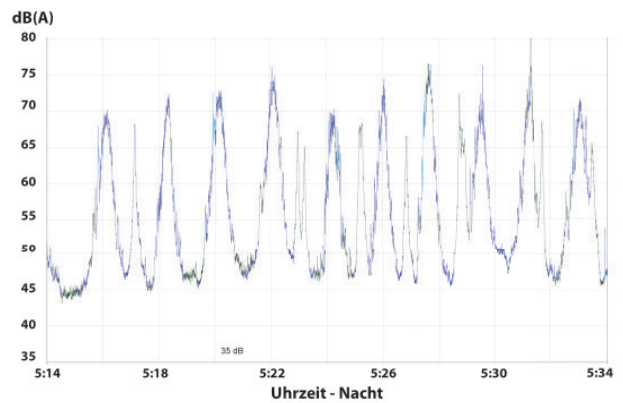


Abbildung 4: Pegelschrieb mit farblich markierter Erkennung der Klasse (blau: Flugzeug, grün: keine Erkennung) - Oben: Nacht • Unten: Tag

Diese Fluglärmereignisse sind auch manuell nicht ohne weiteres zu identifizieren, da es sich bei den Ereignissen um eine Mischung aus Fluglärm und anderen Lärmereignissen handelt. Dies ist mit ein Grund, weshalb in einzelnen Stunden zum Teil größere Abweichungen zwischen den Pegeln aus den drei Verfahren auftreten (Abb. 3). Da der Fluglärmpegel jedoch nicht auf Stundenbasis, sondern anhand eines Langzeitmittelungspegels über 6 Monate bestimmt wird, ist die automatische Erkennung geeignet, Fluglärmereignisse und deren Pegel zu ermitteln (Abb. 2).

Fazit

Bei dem Vergleich der vorgestellten Methoden sind nur geringe Abweichungen im Mittelungspegel zu beobachten. Betrachtet man den Pegel bei dem Vergleich der unterschiedlichen Methoden, so ergeben sich nur geringe Abweichungen beim Mittelungspegel. Allerdings gibt es eine größere Abweichung bei der Betrachtung der Anzahl der erkannten Ereignisse. Die Ursache für die Abweichung liegt maßgeblich an dem gleichzeitigen Auftreten verschiedener Geräuschklassen am Messort. Fluglärmernennung ist jedoch nur ein Beispiel für die Mustererkennung. Die Verfahren sollen nicht nur für Fluglärm, sondern auch für andere Geräushtypen (Straße, Bahn, Industrie etc.) eingesetzt werden.

Literatur

- [1] D. Hemmer, C. Pörschmann (2010). Testsystem zum Vergleich verschiedener Parameter zur Verbesserung der Erkennungsleistung bei der Flugzeuggeräuschsidentifikation. In: Fortschritte der Akustik - DAGA 2010, DEGA e.V., D - Oldenburg, pp. 829-830