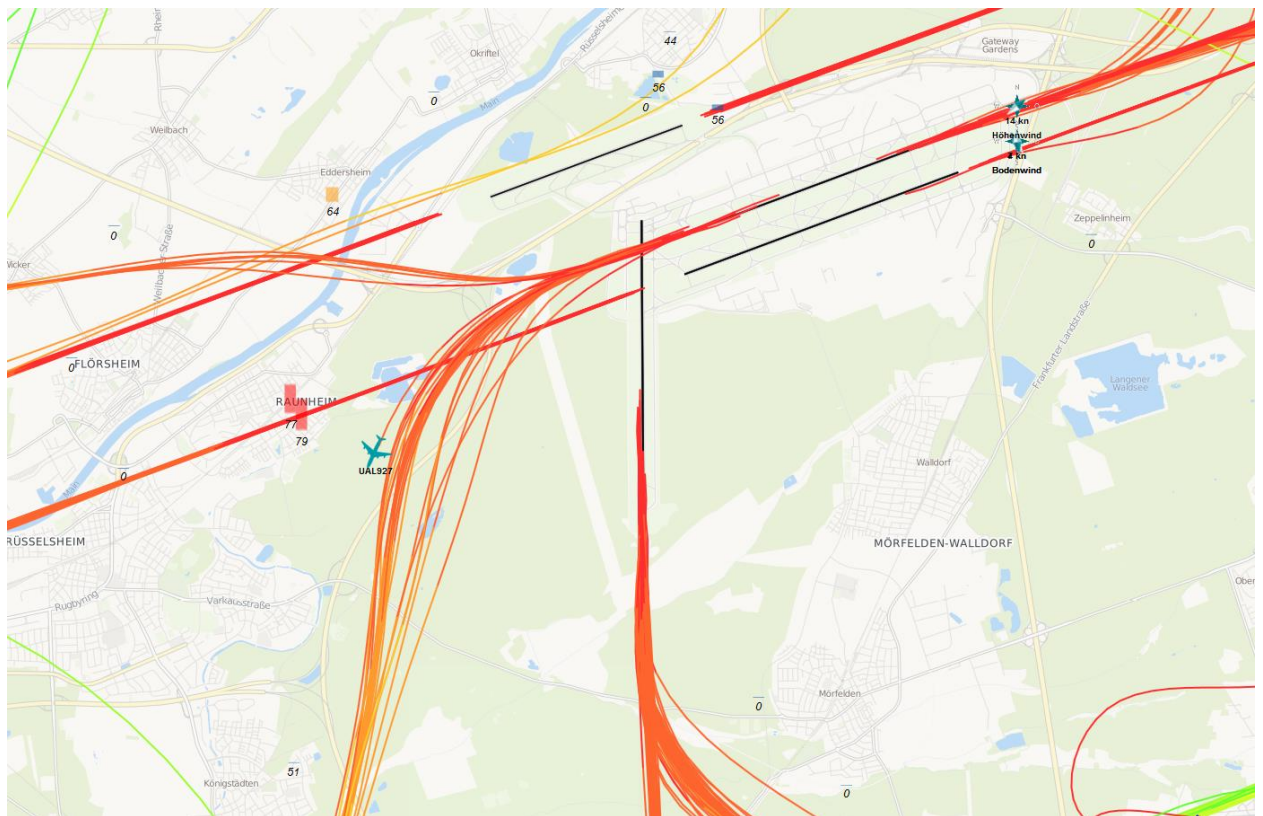


Auswertung der Überflüge sowie der Fluggeräuschmessdaten des MP-111 in Raunheim

Berichtszeitraum: Oktober 2019 – Dezember 2019 | Stand 26.02.2020



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	7
2.1	Auswertungsmethode und Erfassungsrate	7
2.2	Bahnnutzung bzgl. Landungen	10
2.3	Ausfallzeiten	10
2.4	Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07	12
2.5	Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Südumfliegung	13
2.6	Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Northwest-Abflugstrecken	14
3	Fluggeräuscheereignisse	17
4	Fluggeräuschpegel	18
4.1	Maximalpegelverteilung	18
4.2	Leq- und NAT-Auswertung	20
4.3	Jahresübersicht 2019	23

Anlagen

Anlage 1: Geräuschklassifikation der Firma deBAKOM

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Standort der Messstation MP-111 (Quelle: Google Maps)	5
Abb. 2: BR07 - Identifizierte Anflüge im Dezember 2019, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)	7
Abb. 3: BR07 - Identifizierte Anflüge im Dezember 2019, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)	8
Abb. 4: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im Dezember 2019, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)	8
Abb. 5: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im Dezember 2019, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)	9
Abb. 6: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im Dezember 2019, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)	9
Abb. 7: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im Dezember 2019, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)	10
Abb. 8: Boxplots - Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07	13
Abb. 9: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Südumfliegung	14
Abb. 10: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Nordwest-Abflugstrecken	15
Abb. 11: Anzahl Fluggeräuscheignisse (Tag und Nacht)	17
Abb. 12: Maximalpegelverteilung am Tag (Fluggeräusch)	18
Abb. 13: Maximalpegelverteilung in der Nacht (Fluggeräusch)	19
Abb. 14: L_{DIN} Tag und Nacht	20
Abb. 15: NAT68 und NAT72	21
Abb. 16: L_{eq} Tag und Nacht	21
Abb. 17: L_{95} Tag und Nacht	22

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 Fluggeräuschereignisses 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 Fluggeräuschereignissen erstellt. Als 3. Stufe werden die erkannten Fluggeräuschereignisse mit den FANOMOS-Daten (Radarspuren) der Deutschen Flugsicherung (DFS) korreliert. Falls diese Prüfkriterien alle zueinander passen, wird das Ereignis als Fluggeräuschereignis 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).

$L_{eq,T}$ = 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 Fluggeräuschereignisse die 68 dB(A) überschreiten (Nacht 22:00 - 06:00 Uhr).

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

1.3 Standort der Messstation

Die Messstation auf dem Grundstück der Stadtwerke Raunheim wurde am 8. August 2011 in Betrieb genommen. Die Koordinaten des Standortes (MP-111) lauten: 32 U 461590; 5539789 [UTM]. Die Messhöhe des Mikrofons beträgt 4 m über dem Dach des Hauses (ca. 10 m ü. Grund).

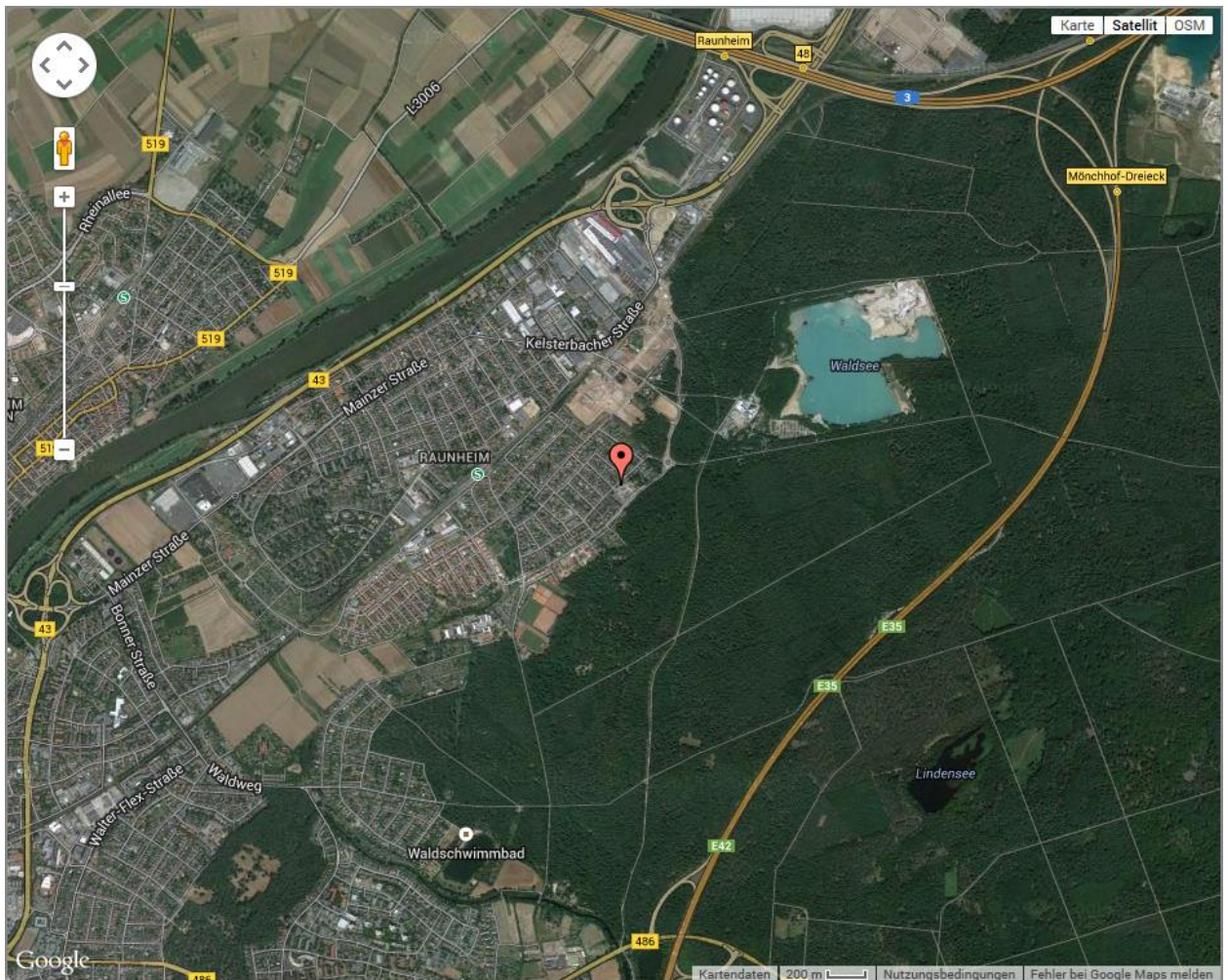


Abb. 1: Standort der Messstation MP-111 (Quelle: Google Maps)

Diese Auswertung umfasst Daten vom 1. Oktober 2019 bis zum 31. Dezember 2019.

Auswertung der Überflüge über Raunheim



2 Überflughöhen

2.1 Auswertungsmethode und Erfassungsrate

Die Auswertebereiche für die Überflüge über dem MP-201 haben folgende Ausdehnungsmaße:

- **Anflüge (BR07):** Breite jeweils 926 m (0,5 NM) links und rechts der Station; die Auswertungshöhe beträgt maximal 4500 m über NN (MSL), die Ausrichtung des Tors beträgt 70°.

- **Abflüge (BR25) Südumfliegung (SU):** 2778 m (1,5 NM) links und 1 m rechts der Station; die Auswertungshöhe beträgt maximal 4500 m über NN (MSL), die Ausrichtung des Tors beträgt 190°.

- **Abflüge (BR25) Nordwest-Abflugstrecken (NW):** 2778 m (1,5 NM) rechts und 1 m links der Station; die Auswertungshöhe beträgt maximal 4500 m über NN (MSL), die Ausrichtung des Tors beträgt 275°.

	Anzahl der Flüge durch die o.g. Tore	Anzahl der erfassten Fluggeräuscheignisse	Prozentualer Anteil der erfassten Fluggeräuscheignisse
Anflüge (BR07)	7915	7017	88,65%
Abflüge (BR25) SU	9997	8473	84,76%
Abflüge (BR25) NW	2589	1500	57,94%

Zur Übersicht werden die Abbildungen der „Durchflugtore“ im Dezember 2019 für BR07 und BR25 dargestellt. Es sind nur Flüge bis 13500 ft enthalten und die die o.g. Prüfkriterien 1 bis 3 erfüllt haben. Flüge die zu diesem Zeitpunkt höher als 13500 ft über dem Standort waren, sind in den FANOMOS-Daten, die das UNH erhält, nicht enthalten.

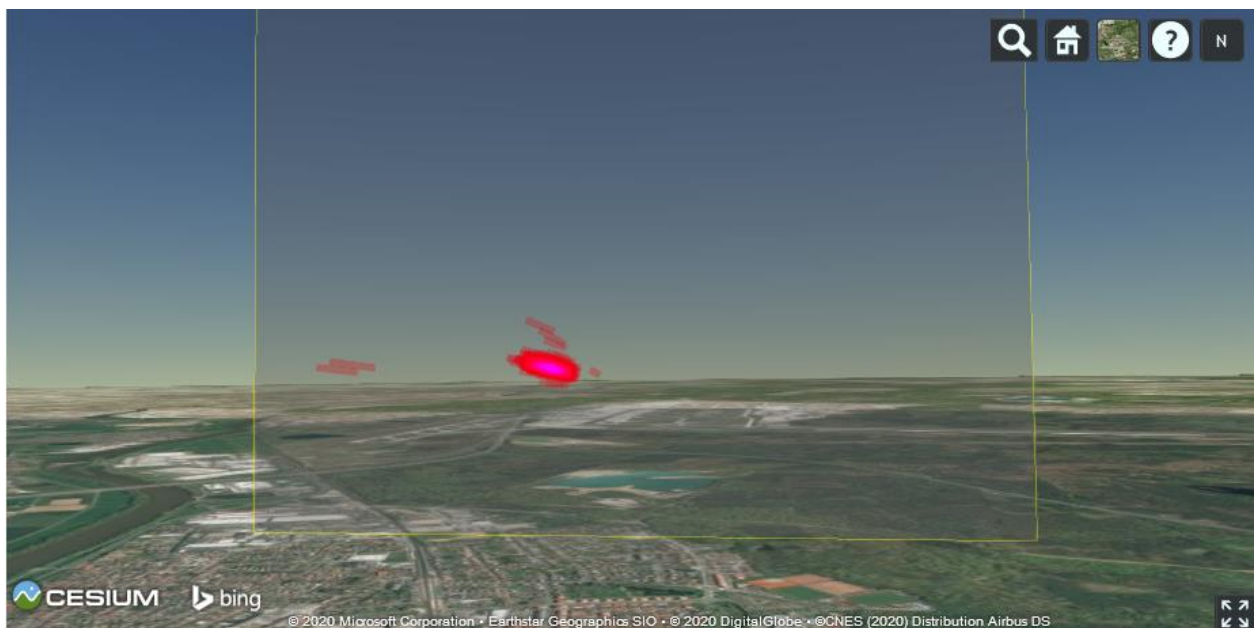


Abb. 2: BR07 - Identifizierte Anflüge im Dezember 2019, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



Abb. 3: BR07 - Identifizierte Anflüge im Dezember 2019, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)

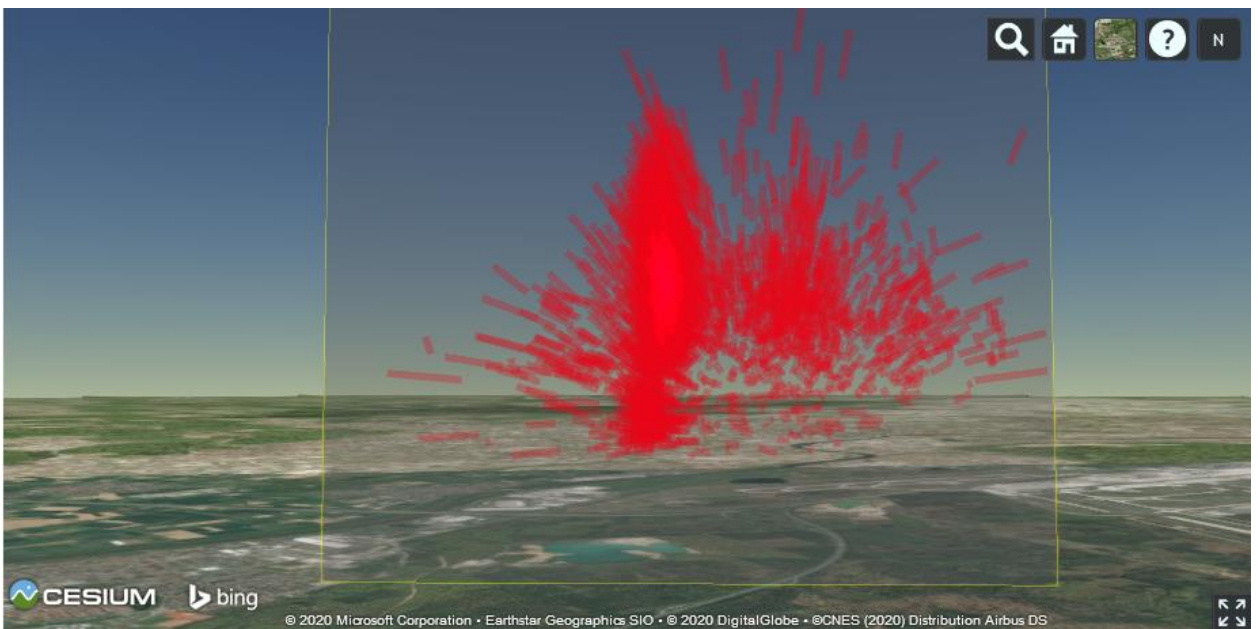


Abb. 4: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im Dezember 2019, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



Abb. 5: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im Dezember 2019, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)

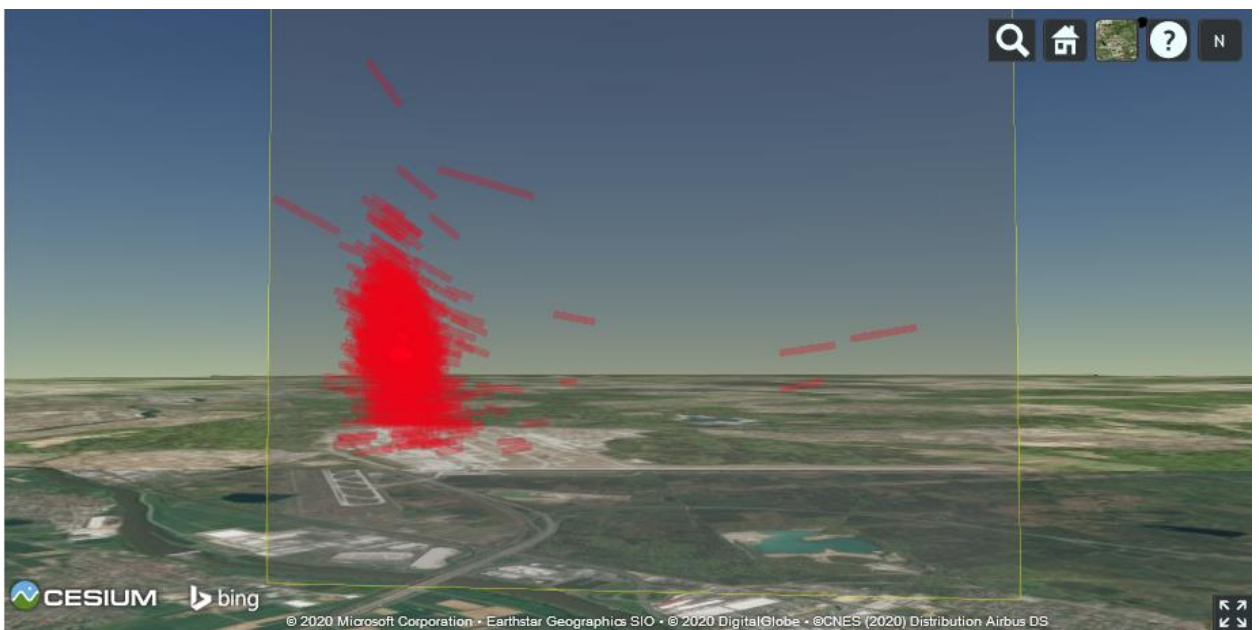


Abb. 6: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im Dezember 2019, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



Abb. 7: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im Dezember 2019, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)

2.2 Bahnnutzung bzgl. Landungen

Bahnnutzung* in [%]	Betriebsrichtung 25			Betriebsrichtung 07			Monatlicher Durchschnitt	
	RWY 25R	RWY 25C	RWY 25L	RWY 07L	RWY 07C	RWY 07R	BR25	BR07
Oktober	31,25%	9,02%	33,12%	13,20%	0,09%	13,33%	73,39%	26,61%
November	28,82%	8,83%	32,39%	14,31%	0,04%	15,62%	70,03%	29,97%
Dezember	30,92%	12,16%	34,84%	9,69%	0,10%	12,29%	77,92%	22,08%

* Die Prozentsätze der Bahnnutzung bzgl. Landungen beziehen sich auf den ganzen Monat.

2.3 Ausfallzeiten

Beginn	Ende	Ausfallzeit in Std.	Ausfallgrund
01.10.2019 00:00	01.10.2019 08:59	9 h	Wartungs- und Zertifizierungsarbeiten
01.10.2019 09:00	01.10.2019 21:59	13 h	Windgeschwindigkeit
02.10.2019 09:00	02.10.2019 17:59	9 h	Windgeschwindigkeit
08.10.2019 10:00	08.10.2019 11:59	2 h	Windgeschwindigkeit

09.10.2019 10:00	09.10.2019 17:59	8 h	Windgeschwindigkeit
09.10.2019 22:00	09.10.2019 22:59	1 h	Softwarefehler
10.10.2019 09:00	10.10.2019 14:59	6 h	Windgeschwindigkeit
11.10.2019 12:00	11.10.2019 16:59	5 h	Windgeschwindigkeit
12.10.2019 11:00	12.10.2019 14:59	4 h	Windgeschwindigkeit
13.10.2019 12:00	13.10.2019 16:59	5 h	Windgeschwindigkeit
16.10.2019 13:00	16.10.2019 13:59	1 h	Windgeschwindigkeit
17.10.2019 10:00	17.10.2019 12:59	3 h	Windgeschwindigkeit
18.10.2019 10:00	18.10.2019 18:59	9 h	Windgeschwindigkeit
19.10.2019 13:00	19.10.2019 15:59	3 h	Windgeschwindigkeit
21.10.2019 14:00	21.10.2019 14:59	1 h	Softwarefehler
22.10.2019 19:00	22.10.2019 19:39	0,67 h	Softwarefehler
25.10.2019 13:00	25.10.2019 15:59	3 h	Windgeschwindigkeit
29.10.2019 13:00	29.10.2019 13:59	1 h	Softwarefehler
30.10.2019 09:00	30.10.2019 10:59	2 h	Windgeschwindigkeit
01.11.2019 23:00	02.11.2019 01:59	2 h	Windgeschwindigkeit
04.11.2019 08:00	04.11.2019 15:59	8 h	Windgeschwindigkeit
07.11.2019 12:00	07.11.2019 17:59	6 h	Windgeschwindigkeit
09.11.2019 12:00	09.11.2019 14:59	3 h	Windgeschwindigkeit
12.11.2019 11:00	12.11.2019 15:59	5 h	Windgeschwindigkeit
15.11.2019 02:00	15.11.2019 08:59	7 h	Windgeschwindigkeit
18.11.2019 16:00	18.11.2019 22:59	7 h	Windgeschwindigkeit
23.11.2019 09:00	23.11.2019 15:59	7 h	Windgeschwindigkeit
26.11.2019 13:00	26.11.2019 13:44	0,75 h	Softwarefehler
27.11.2019 10:00	28.11.2019 21:59	36 h	Windgeschwindigkeit
30.11.2019 19:00	30.11.2019 19:19	0,33 h	Softwarefehler
02.12.2019 06:00	02.12.2019 06:14	0,25 h	Softwarefehler
05.12.2019 22:00	07.12.2019 10:59	33 h	Windgeschwindigkeit
08.12.2019 00:00	09.12.2019 14:59	39 h	Windgeschwindigkeit
09.12.2019 21:00	09.12.2019 22:59	2 h	Windgeschwindigkeit
11.12.2019 12:00	11.12.2019 12:59	1 h	Softwarefehler
12.12.2019 14:00	12.12.2019 16:59	3 h	Windgeschwindigkeit
13.12.2019 15:00	14.12.2019 21:59	31 h	Windgeschwindigkeit
15.12.2019 05:00	15.12.2019 07:59	3 h	Windgeschwindigkeit
15.12.2019 20:00	15.12.2019 22:59	3 h	Windgeschwindigkeit
16.12.2019 09:00	16.12.2019 09:29	0,5 h	Softwarefehler
17.12.2019 07:00	17.12.2019 07:59	1 h	Softwarefehler

20.12.2019 11:00	20.12.2019 11:14	0,25 h	Softwarefehler
20.12.2019 19:00	20.12.2019 20:59	2 h	Windgeschwindigkeit
22.12.2019 13:00	23.12.2019 03:59	15 h	Windgeschwindigkeit
23.12.2019 11:00	23.12.2019 13:59	3 h	Windgeschwindigkeit
24.12.2019 17:00	25.12.2019 02:59	10 h	Windgeschwindigkeit
25.12.2019 09:00	25.12.2019 10:59	2 h	Windgeschwindigkeit
25.12.2019 21:00	25.12.2019 21:39	0,67 h	Softwarefehler
30.12.2019 19:00	30.12.2019 19:44	0,75 h	Softwarefehler
31.12.2019 17:00	31.12.2019 23:59	7 h	Nachbarschaftslärm

2.4 Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07

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

Höhe (MSL) in [ft] bei BR07	Oktober	November	Dezember
Mittelwert	1317	1328	1338
Standardfehler des Mittelwerts	2	1	1
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1312	1326
	Obergrenze	1321	1330
5% getrimmtes Mittel	1312	1326	1338
Median	1312	1326	1337
Varianz	11806	3046	871
Standardabweichung	109	55	30
Minimum	1226	1210	1215
Maximum	4686	3446	1641
Spannweite	3460	2236	426
Interquartilbereich	33	31	36
Schiefe	23,88	26,67	1,26
Kurtosis	631,96	950,50	9,14
Anzahl Ereignisse:	2442	2543	2032

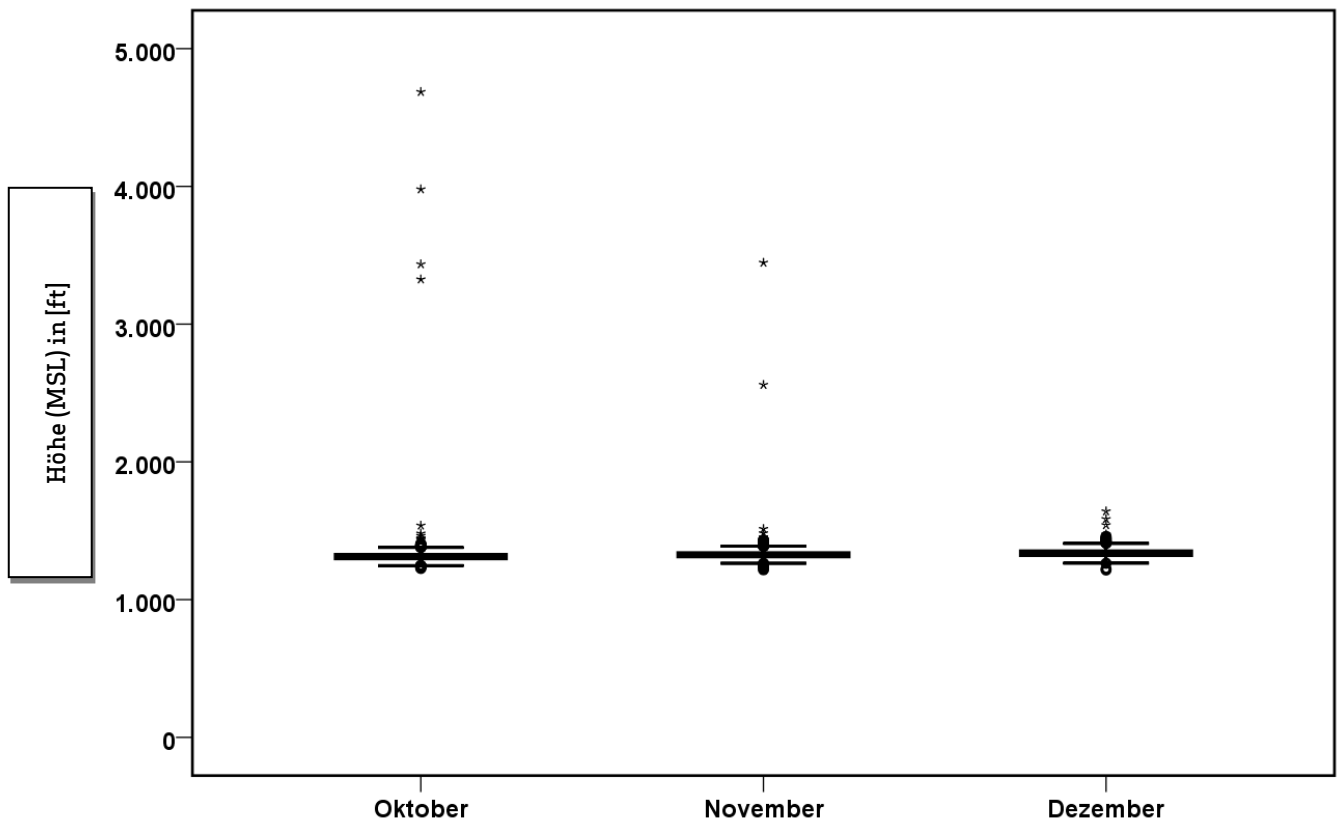


Abb. 8: Boxplots - Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07

2.5 Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Südumfliegung

Höhe (MSL) in [ft] bei BR25	Oktober	November	Dezember
Mittelwert	3182	3159	3250
Standardfehler des Mittelwerts	12	13	15
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	3158	3133
	Obergrenze	3206	3185
5% getrimmtes Mittel	3178	3155	3241
Median	3228	3185	3267
Varianz	486643	474980	563761
Standardabweichung	698	689	751
Minimum	1559	1518	1575
Maximum	7613	6636	6482
Spannweite	6054	5118	4907
Interquartilbereich	761	768	936
Schiefe	0,00	0,00	0,08
Kurtosis	0,71	0,36	0,01
Anzahl Ereignisse:	3144	2705	2624

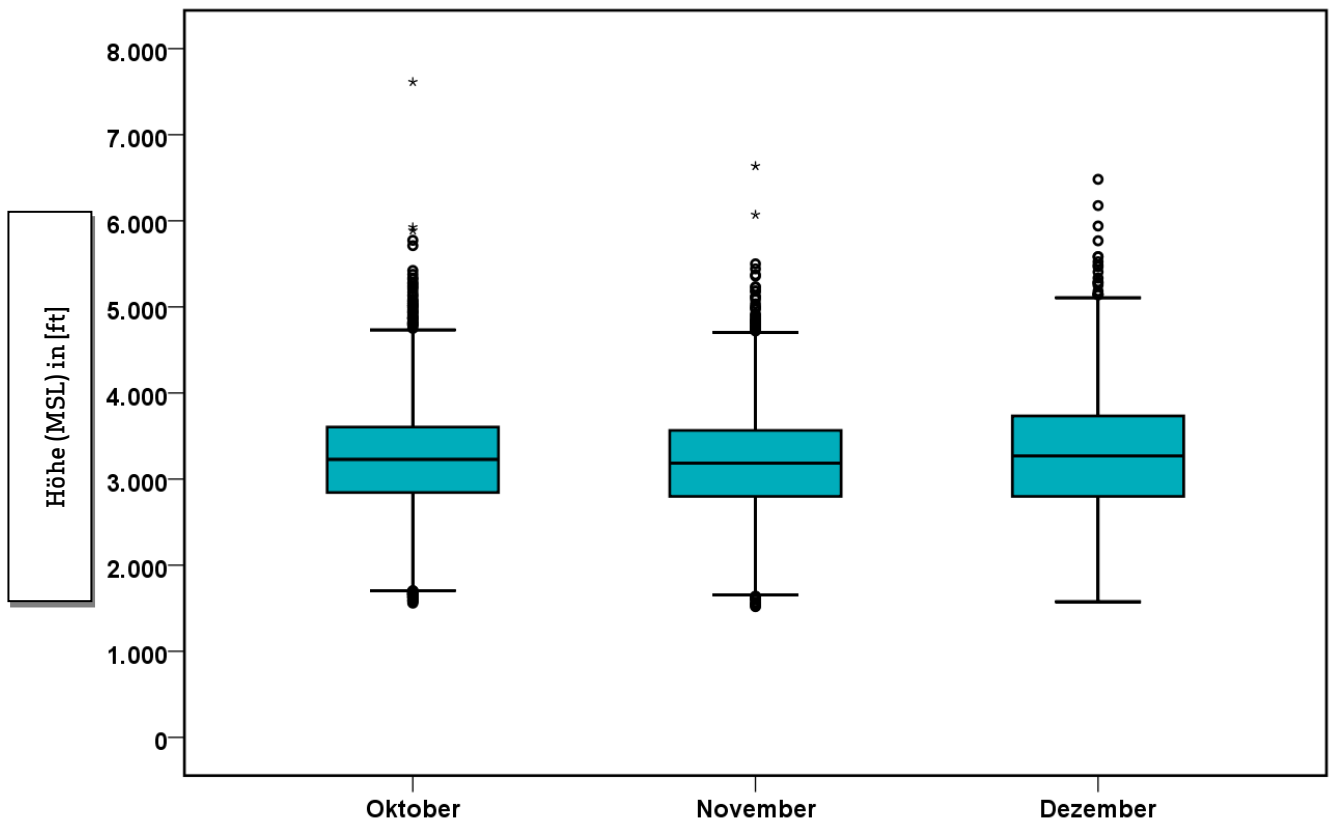


Abb. 9: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Südumfliegung

2.6 Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Nordwest-Abflugstrecken

Höhe (MSL) in [ft] bei BR25	Oktober	November	Dezember	
Mittelwert	2864	2814	2746	
Standardfehler des Mittelwerts	25	26	24	
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2816	2763	2700
	Obergrenze	2913	2864	2793
5% getrimmtes Mittel	2845	2803	2743	
Median	2805	2812	2753	
Varianz	385267	285267	239283	
Standardabweichung	621	534	489	
Minimum	1529	1664	1611	
Maximum	4820	4996	4571	
Spannweite	3291	3332	2960	
Interquartilbereich	806	717	698	
Schiefe	0,42	0,28	0,14	
Kurtosis	0,20	0,40	-0,10	
Anzahl Ereignisse:	635	437	428	

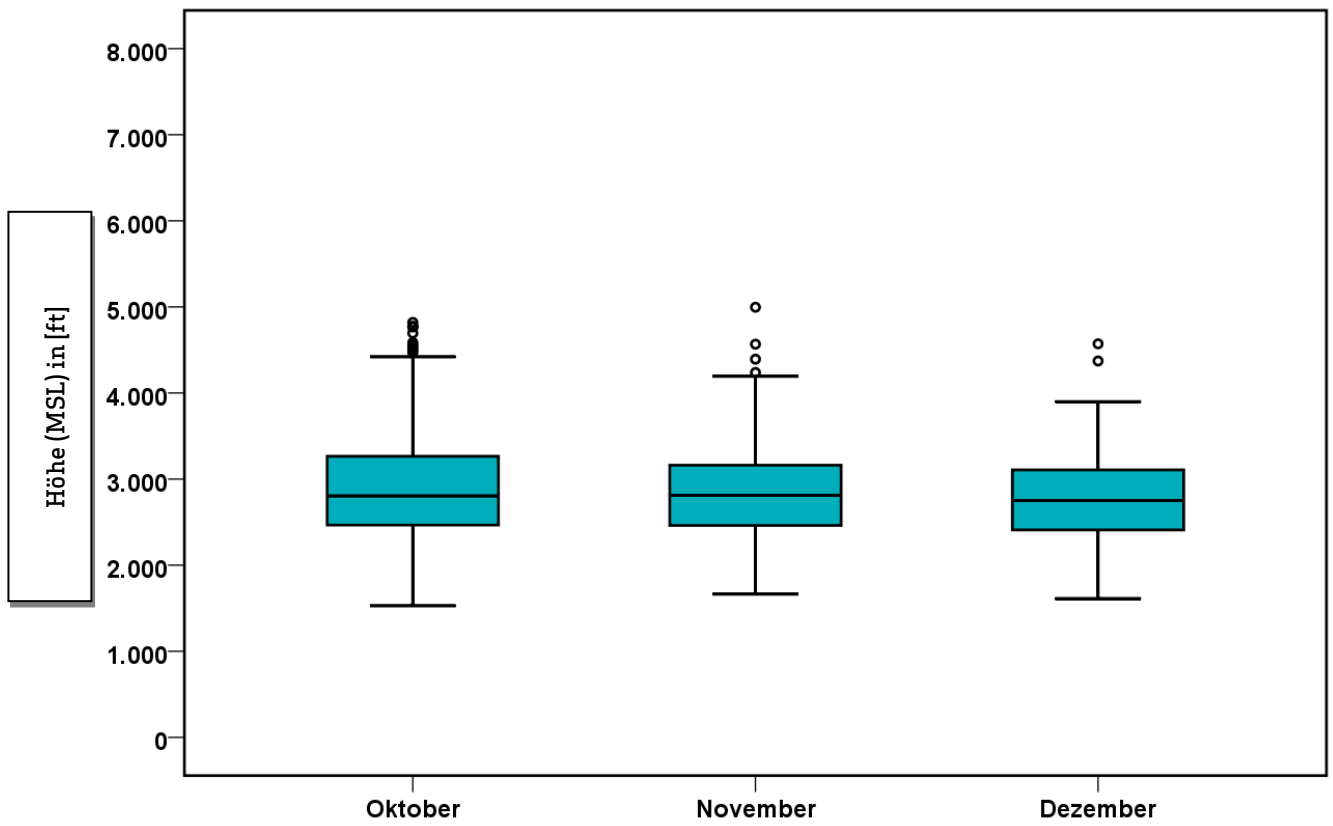


Abb. 10: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Nordwest-Abflugstrecken

Auswertung der Fluggeräuschmessstation (MP-111)



3 Fluggeräuscheignisse

„Ereignisse“ sind die von der Software der Station als Fluggeräuscheignis 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 Fluggeräuscheignisse (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	BR07 & BR25
Oktober	5683	538	6221
November	5259	426	5685
Dezember	4734	350	5084

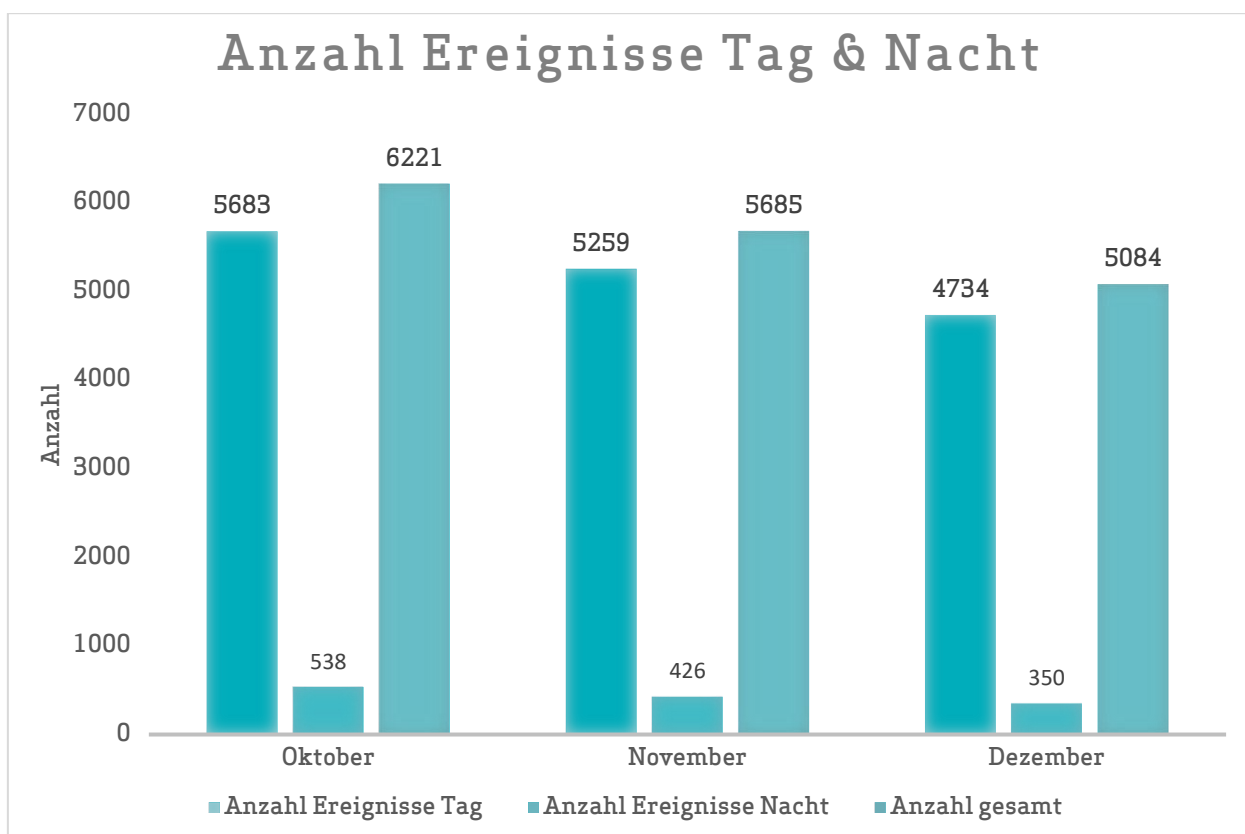


Abb. 11: Anzahl Fluggeräuscheignisse (Tag und Nacht)

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)	85 - 90 dB(A)	90 - 95 dB(A)
Oktober	20	854	2055	971	1544	234	4	1
November	21	570	1782	1207	1406	269	4	0
Dezember	26	465	1857	1058	1130	197	1	0

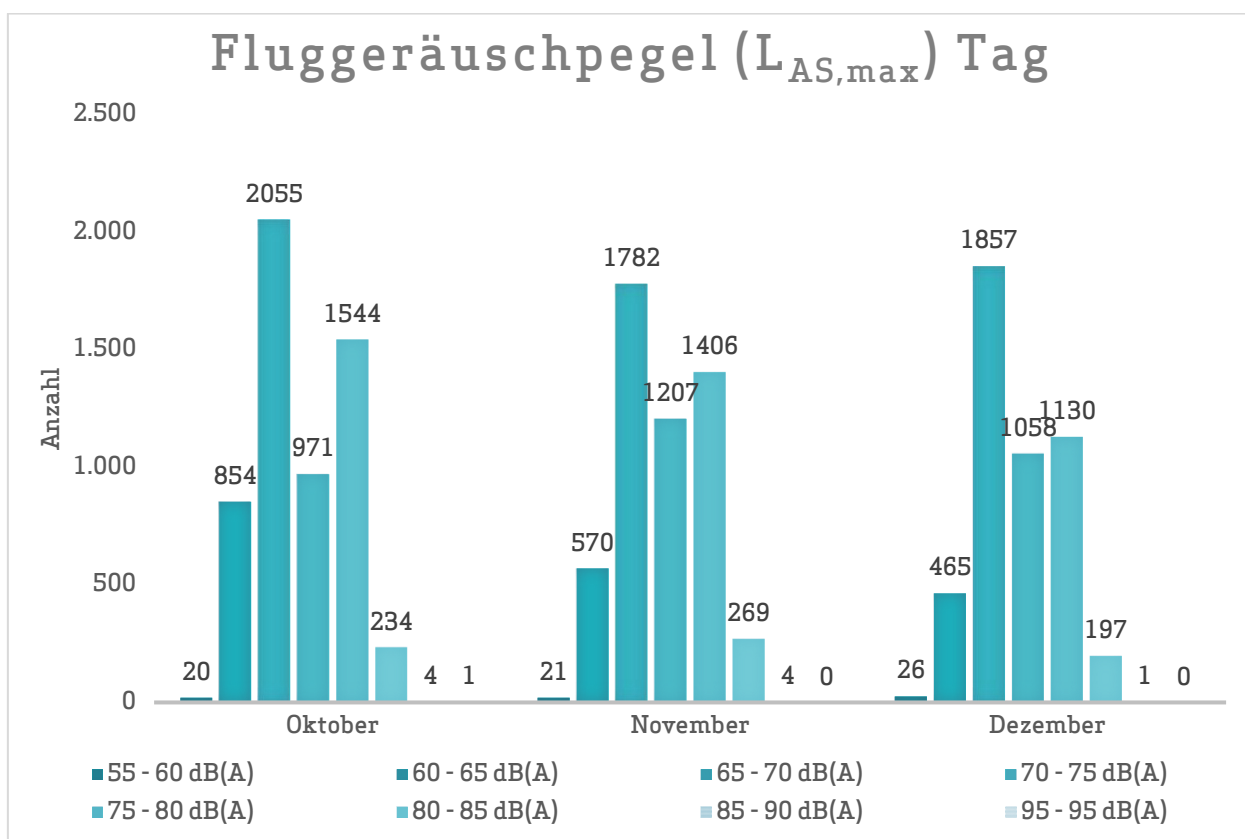


Abb. 12: Maximalpegelverteilung am Tag (Fluggeräusch)

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)	80 - 85 dB(A)	85 - 90 dB(A)
Oktober	13	154	146	28	156	39	2
November	7	66	110	33	153	54	3
Dezember	4	24	115	48	123	36	0

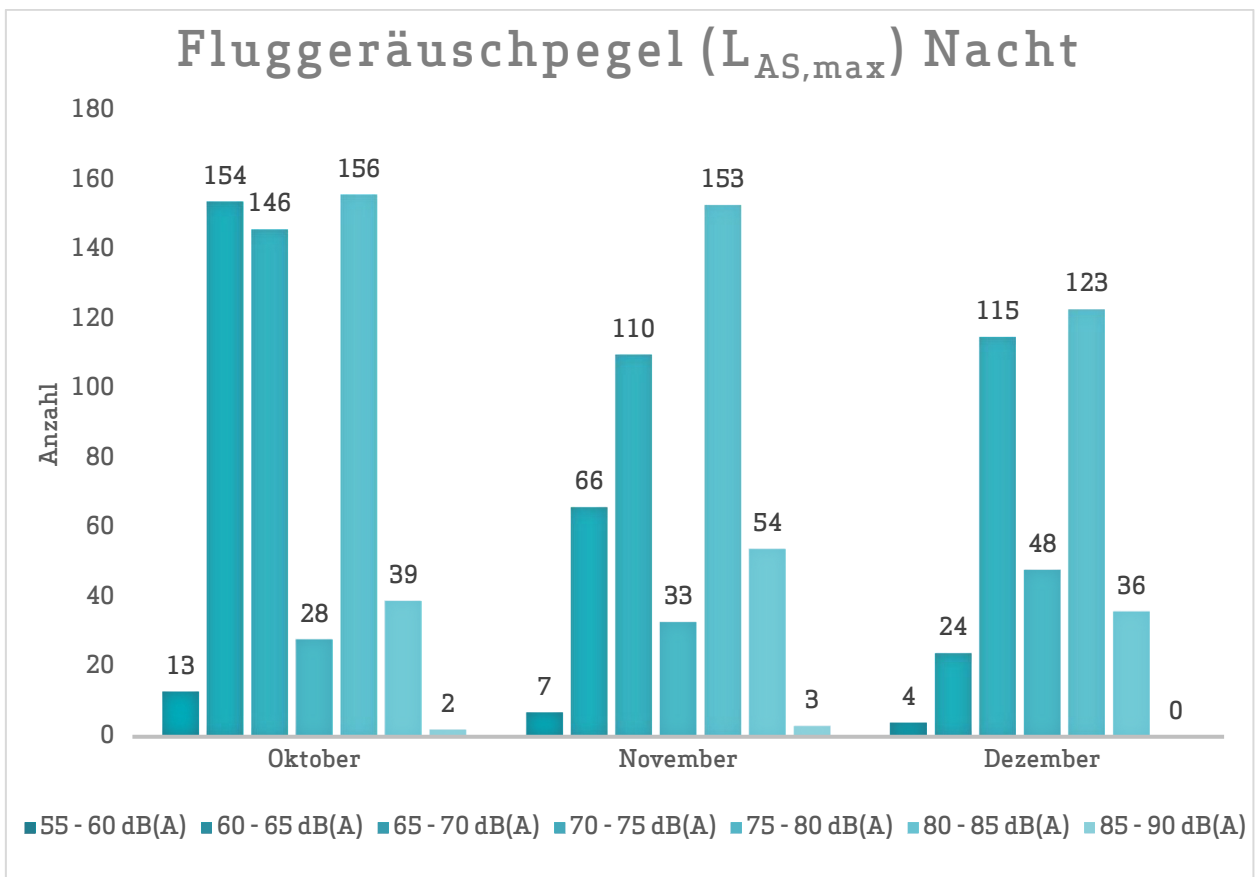


Abb. 13: Maximalpegelverteilung in der Nacht (Fluggeräusch)

4.2 Leq- und NAT-Auswertung

in dB(A)	$L_{DIN,T}$	$L_{DIN,N}$	NAT68*	NAT72*	$L_{eq,T}$	$L_{eq,N}$	$L_{95,T}$	$L_{95,N}$
Oktober	60,0	53,0	272	217	61,2	54,1	46,1	41,5
November	60,1	53,8	299	231	61,2	54,8	46,7	41,4
Dezember	59,5	53,0	245	193	60,2	54,1	46,6	42,0

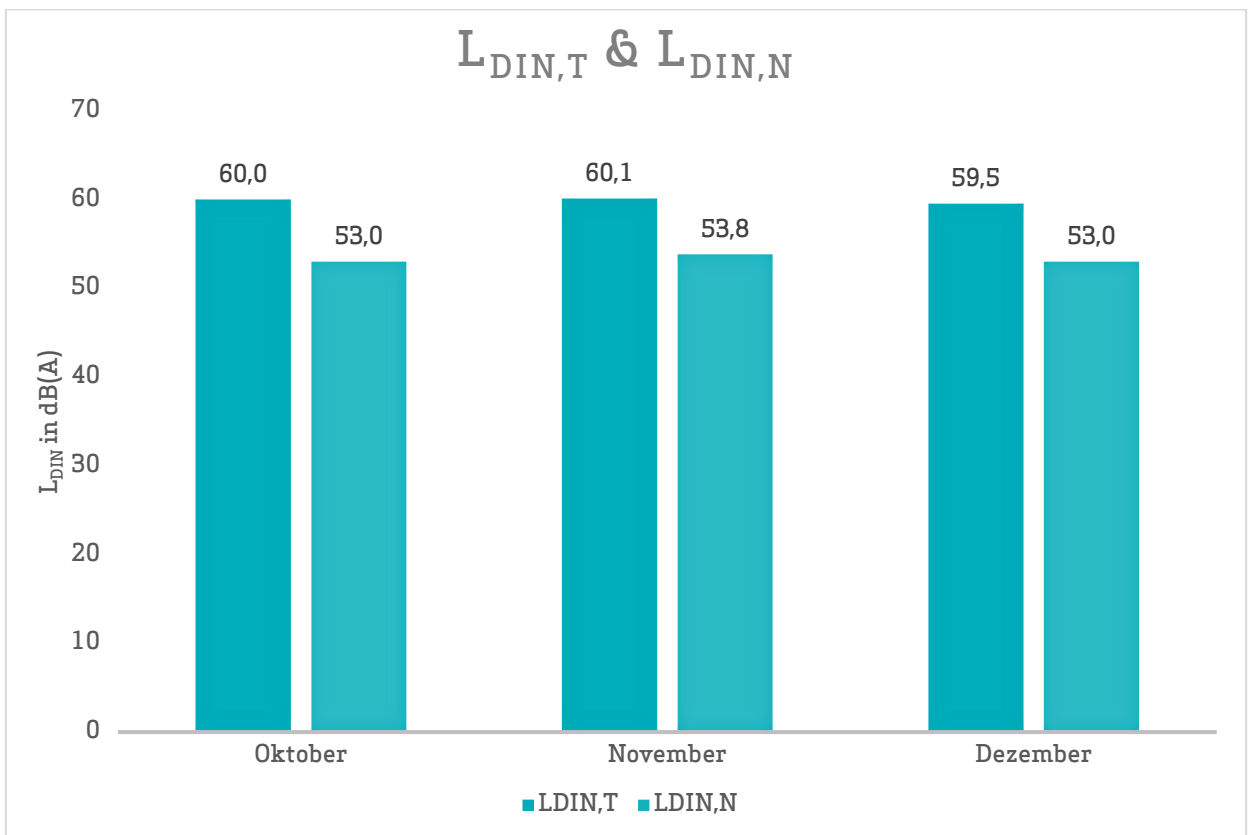


Abb. 14: L_{DIN} Tag und Nacht

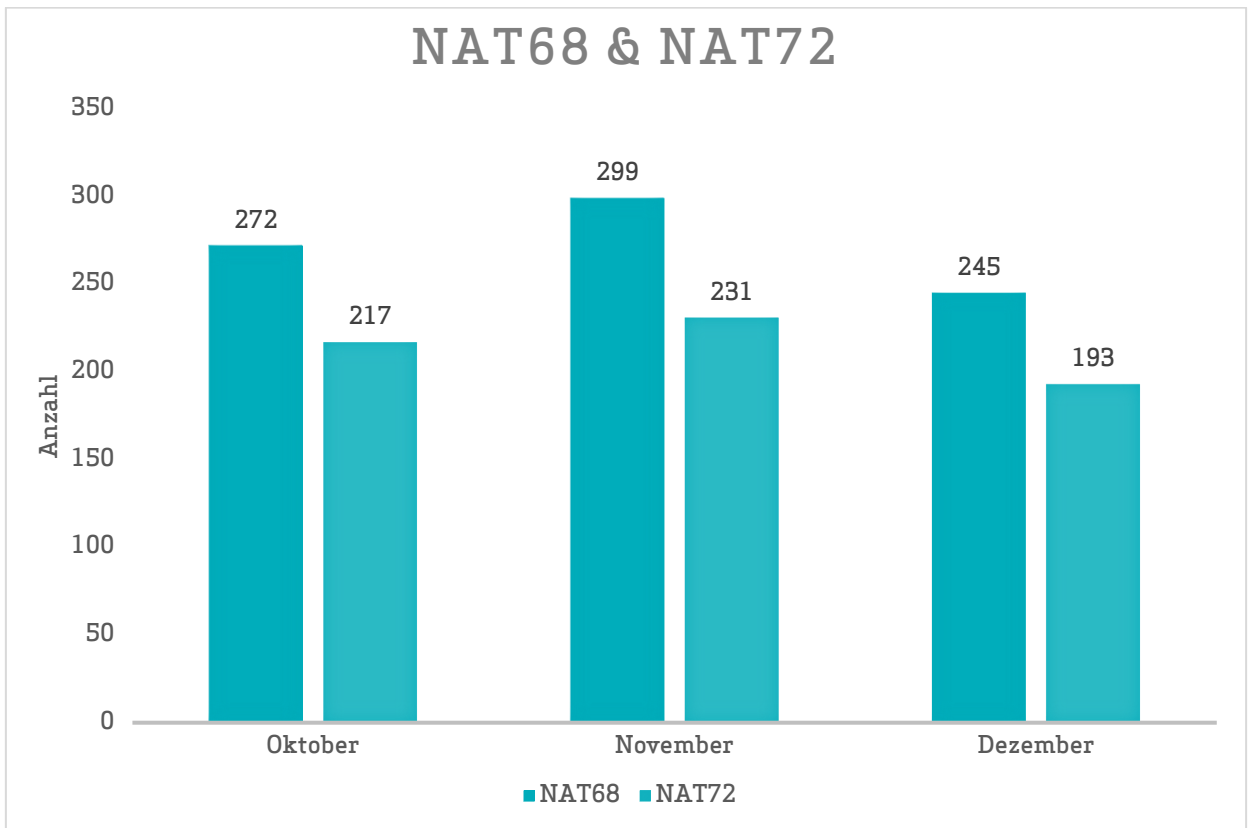


Abb. 15: NAT68 und NAT72

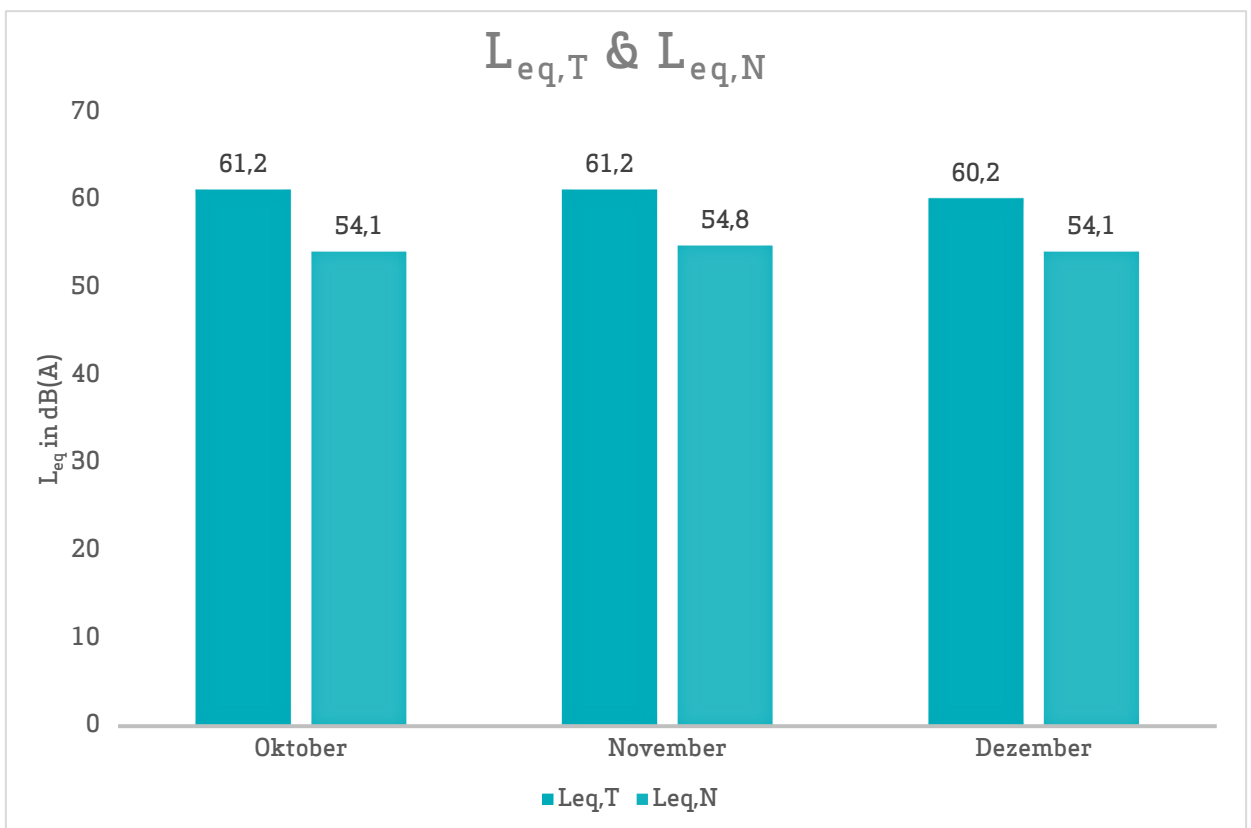


Abb. 16: L_{eq} Tag und Nacht

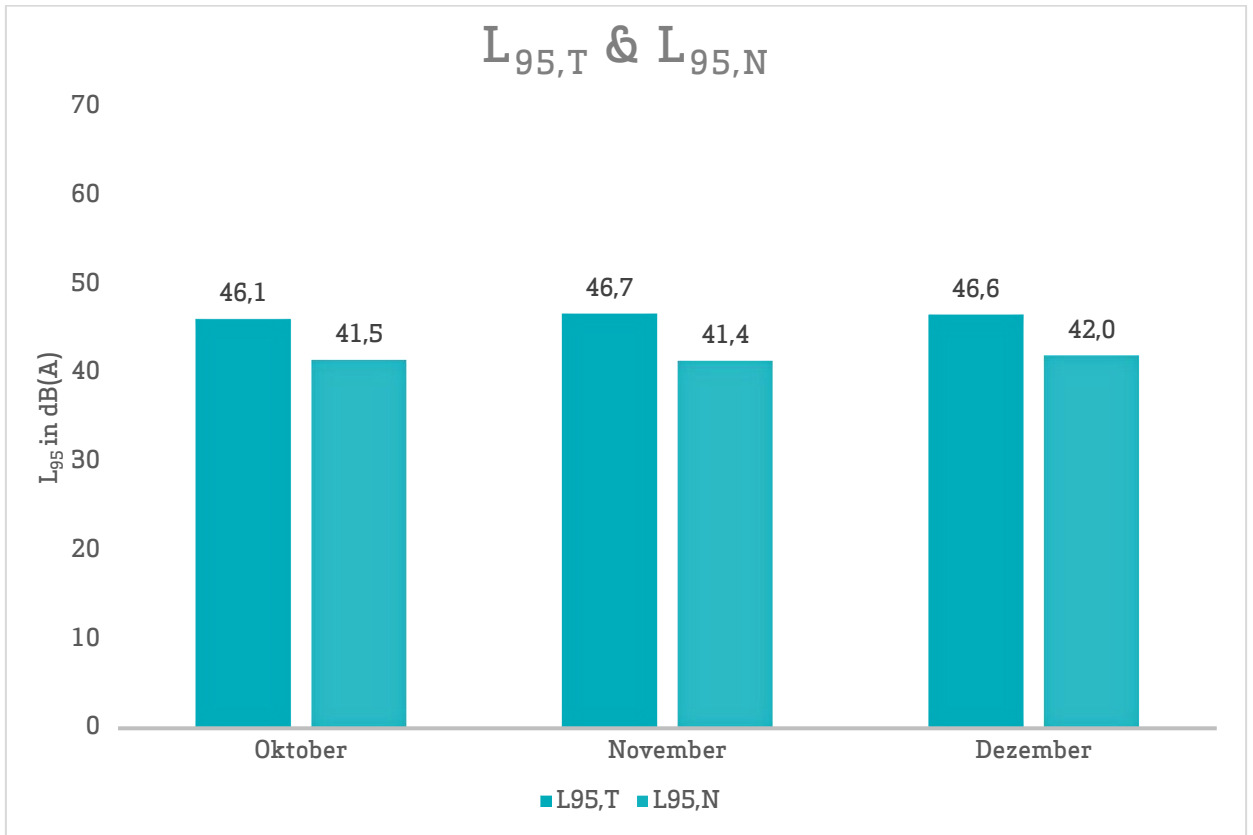


Abb. 17: L₉₅ Tag und Nacht

4.3 Jahresübersicht 2019

in dB(A)	L _{DIN,T}	L _{DIN,N}	NAT68*	NAT72*	L _{eq,T}	L _{eq,N}	L _{95,T}	L _{95,N}
Januar	58,3	51,7	315	199	59,6	61,5	45,1	40,9
Februar	59,0	52,7	260	204	60,0	53,9	45,9	42,6
März	59,1	52,6	330	221	60,4	53,8	46,4	42,5
April	62,4	55,8	557	493	63,2	56,5	46,7	42,4
Mai	60,1	52,8	322	231	61,2	55,1	45,3	42,4
Juni	60,3	53,5	346	288	61,3	55,0	44,5	41,6
Juli	59,6	53,0	355	319	60,5	54,4	43,1	40,2
August	59,1	52,2	259	222	60,3	54,0	43,3	40,4
September	58,2	51,2	124	84	59,7	52,1	43,8	40,8
Oktober	60,0	53,0	272	217	61,2	54,1	46,1	41,5
November	60,1	53,8	299	231	61,2	54,8	46,7	41,4
Dezember	59,5	53,0	245	193	60,2	54,1	46,6	42,0

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

Herausgeber Umwelt- und Nachbarschaftshaus | Gemeinnützige Umwelthaus GmbH
Rüsselsheimer Str. 100 | 65451 Kelsterbach | www.umwelthaus.org

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 Flugzeuggeräusche und anderen Geräuschklassen ermöglicht.

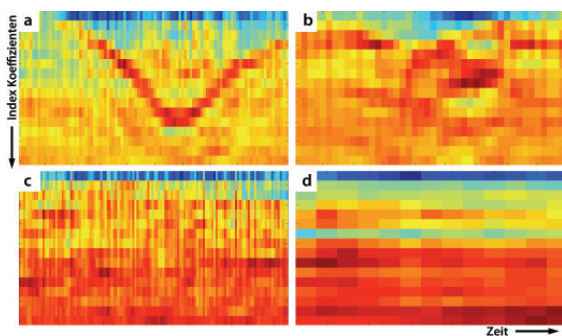


Abbildung 1: MFCC aus verschiedenen Klassen (a: Flugzeug, b: Auto, c: Zug, d: Hintergrund) – Dargestellt sind jeweils 18 Koeffizienten, aufgetragen über der Zeit.

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 Audioaufzeichnungen 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.

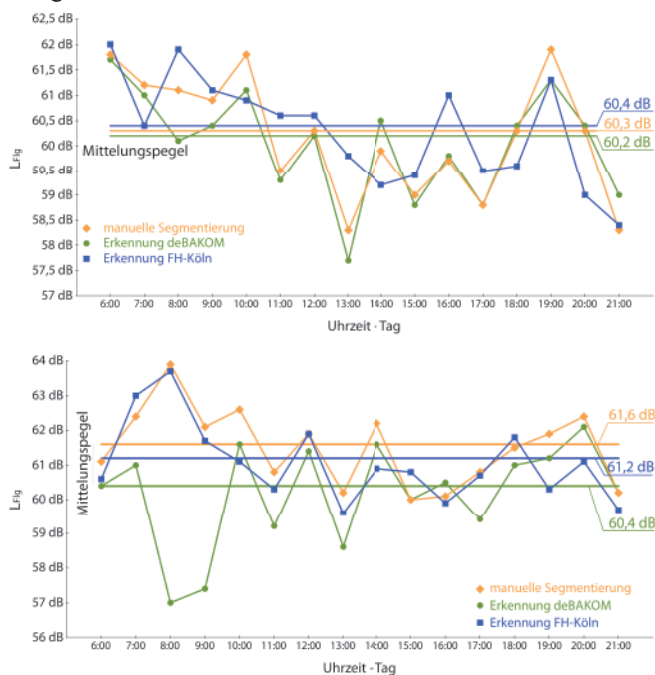


Abbildung 3: Auswertung der Messdaten. Vergleich von Methode 1, Methode 2 und manueller Auswertung. Oben: 23.10.08 (Tag ohne Regen) • Unten: 27.10.08 (Tag mit Regen). Ohne Regen ist die Abweichung der Mittelungspegel nur gering. Erhöht sich durch Regen jedoch das Hintergrundgeräusch, so wird die Erkennung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

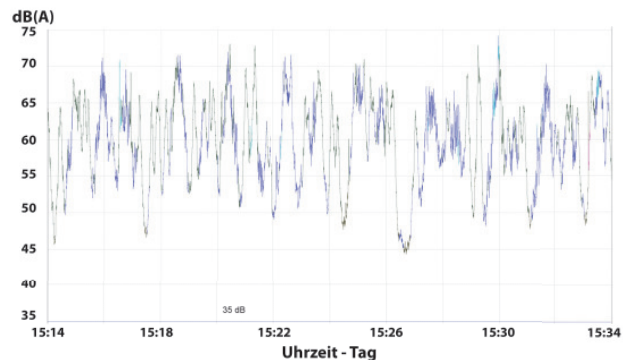
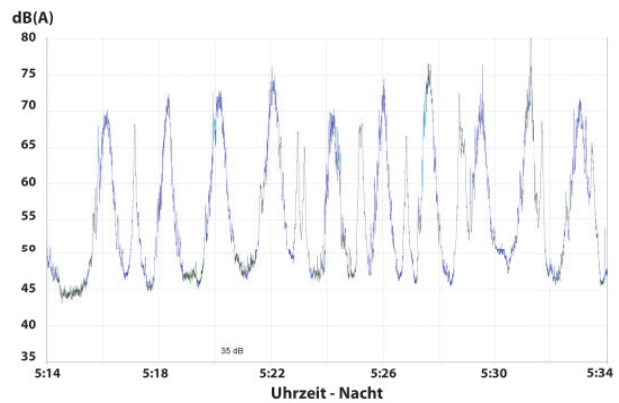


Abbildung 4: Pegelschrieb mit farblich markierter Erkennung der Klasse (blau: Flugzeug, grün: keine Erkennung) - Oben: Nacht • Unten: Tag

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 Flugzeuggeräuschidentifikation. In: Fortschritte der Akustik - DAGA 2010, DEGA e.V., D - Oldenburg, pp. 829-830