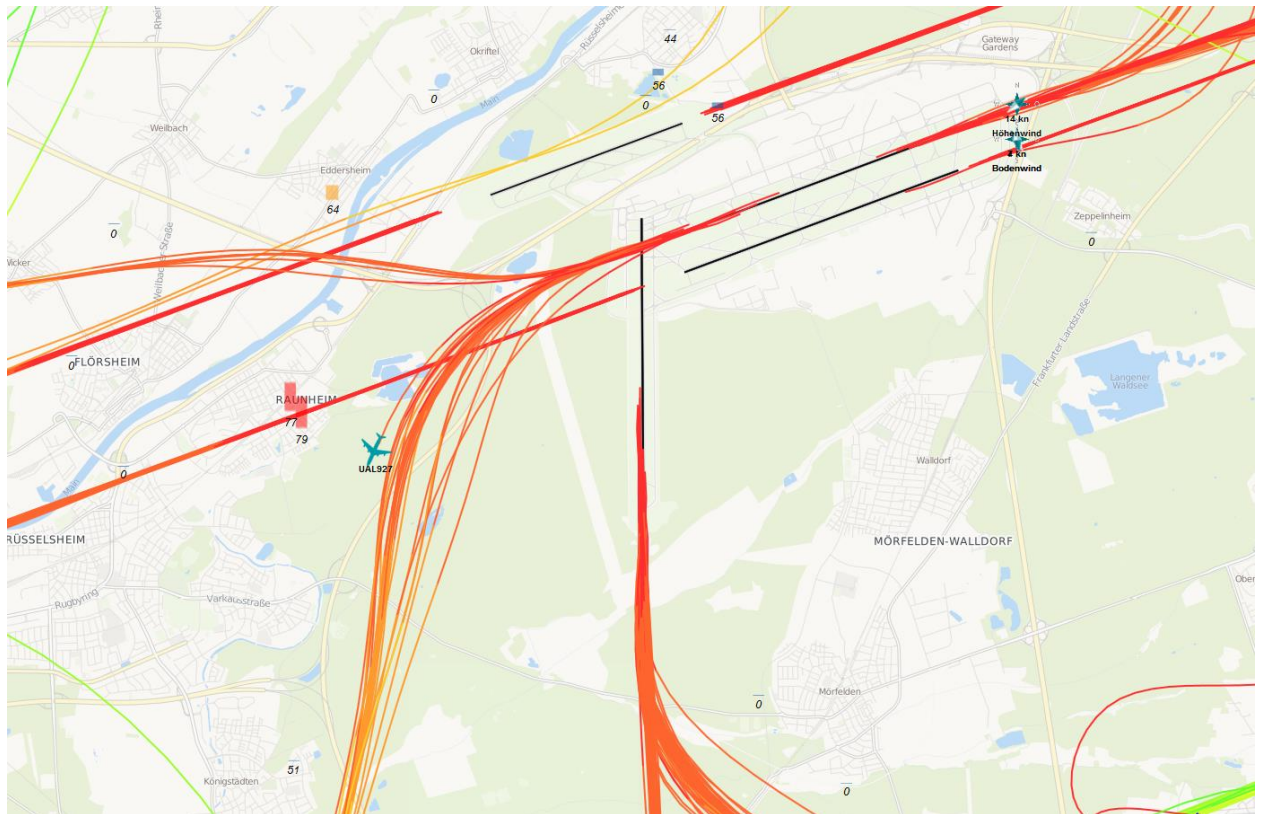


Auswertung der Überflüge sowie der Fluggeräuschmessdaten des MP-111 in Raunheim

Berichtszeitraum: Juli 2021 – September 2021 | Stand 18.11.2021



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 2021	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 September 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)	7
Abb. 3: BR07 - Identifizierte Anflüge im September 2021, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)	8
Abb. 4: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im September 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)	8
Abb. 5: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im September 2021, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)	9
Abb. 6: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im September 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)	9
Abb. 7: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im September 2021, 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 Mikrophon) 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).

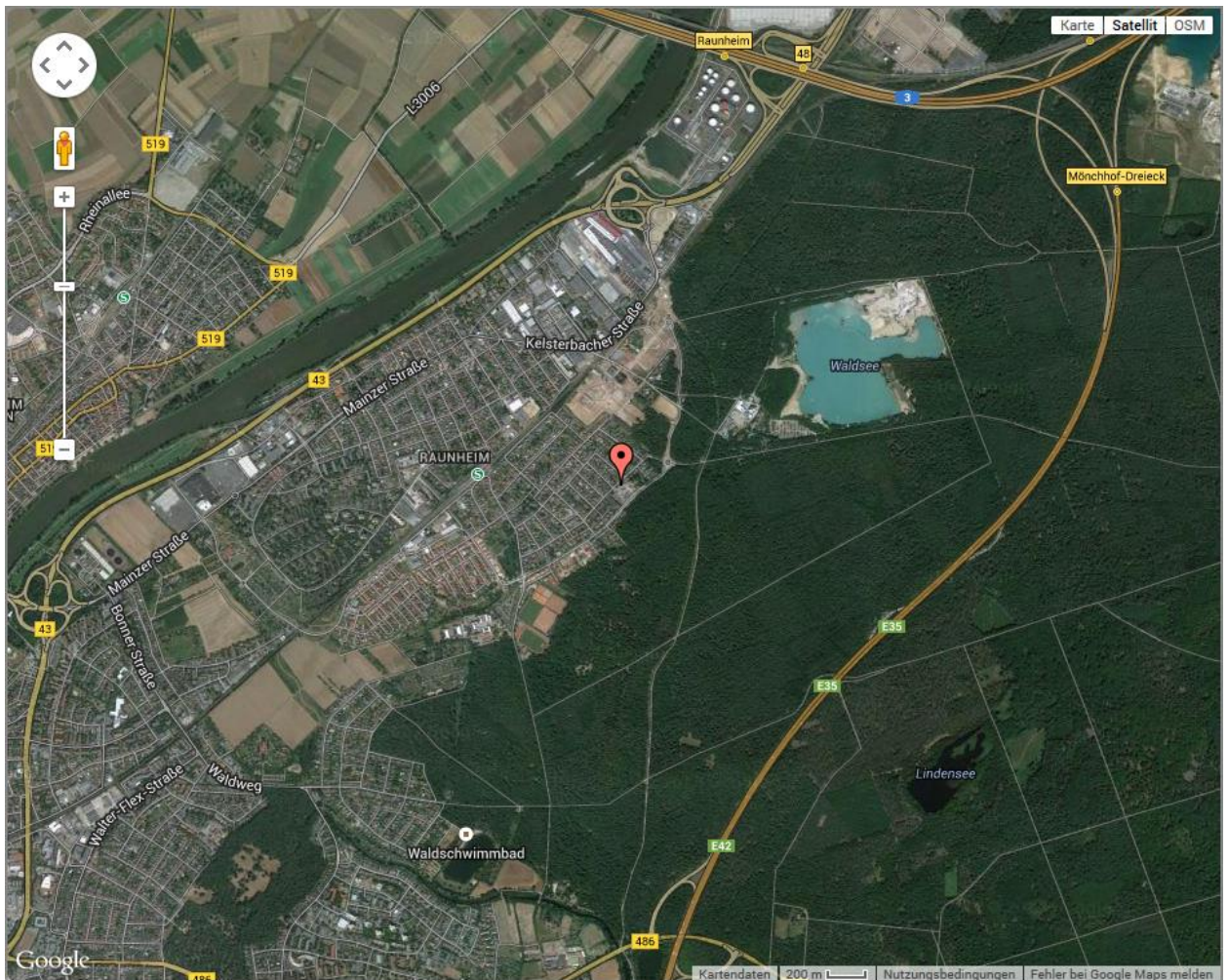


Abb. 1: Standort der Messstation MP-111 (Quelle: Google Maps)

Diese Auswertung umfasst Daten vom 1. Juli 2021 bis zum 30. September 2021.

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)	8932	7574	84,80%
Abflüge (BR25) SU	5306	4625	87,17%
Abflüge (BR25) NW	2735	1698	62,08%

Zur Übersicht werden die Abbildungen der „Durchflugtore“ im September 2021 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.

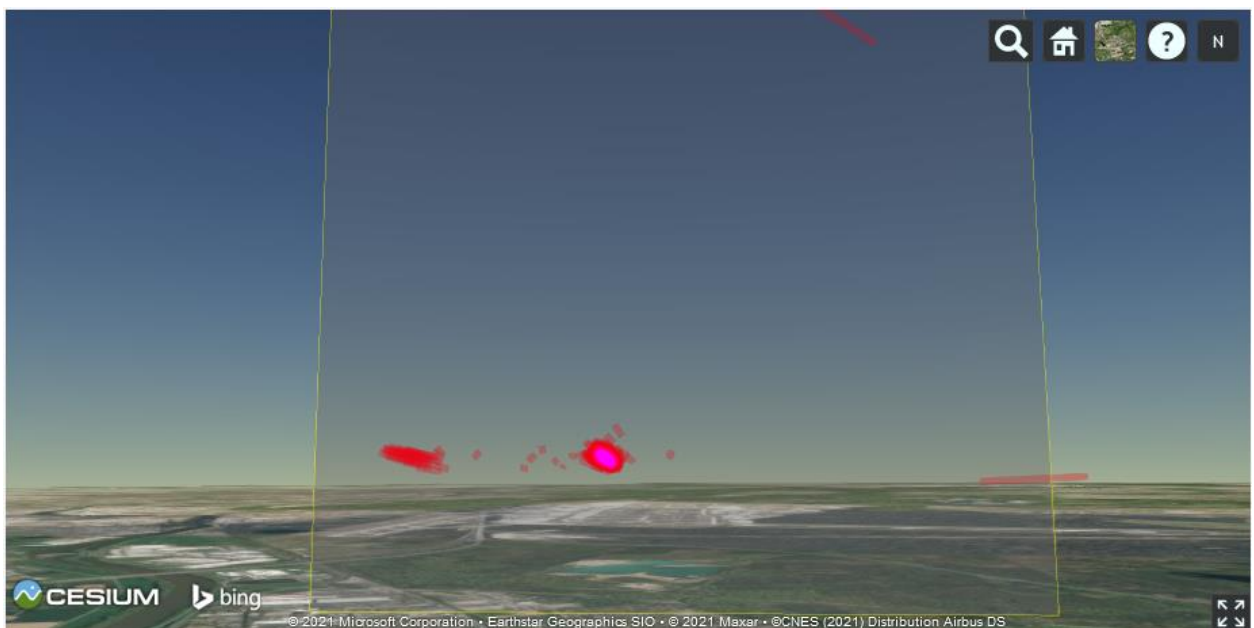


Abb. 2: BR07 - Identifizierte Anflüge im September 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



Abb. 3: BR07 - Identifizierte Anflüge im September 2021, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)

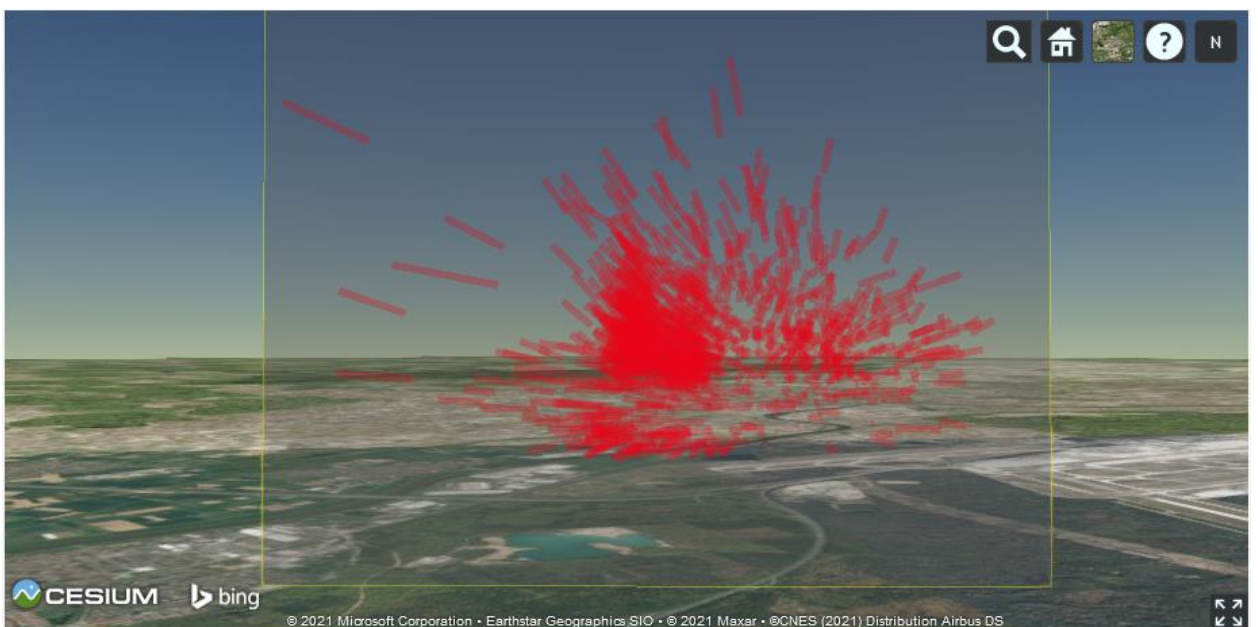


Abb. 4: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im September 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



Abb. 5: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im September 2021, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)

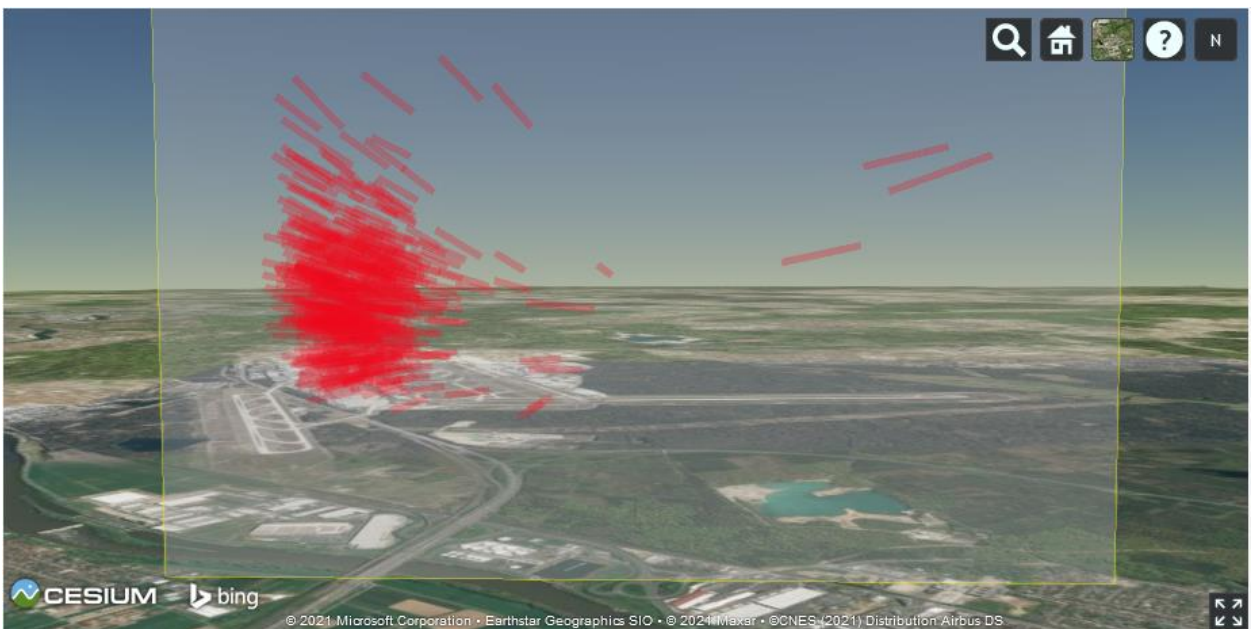


Abb. 6: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im September 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



Abb. 7: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im September 2021, 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
Juli	13,37%	18,20%	29,68%	12,73%	0,31%	25,71%	61,24%	38,76%
August	18,58%	25,19%	37,32%	6,18%	0,15%	12,57%	81,09%	18,91%
September	15,90%	6,65%	28,21%	17,78%	0,31%	31,15%	50,76%	49,24%

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

2.3 Ausfallzeiten

Beginn	Ende	Ausfallzeit in Std.	Ausfallgrund
01.07.2021 18:00	01.07.2021 18:59	1 h	Windgeschwindigkeit
02.07.2021 00:00	02.07.2021 23:59	24 h	Technische Störung
03.07.2021 06:00	03.07.2021 06:19	0,33 h	Technische Störung
05.07.2021 12:00	05.07.2021 16:59	5 h	Windgeschwindigkeit
06.07.2021 13:00	06.07.2021 15:59	3 h	Windgeschwindigkeit

08.07.2021 07:00	08.07.2021 08:59	2 h	Nachbarschaftslärm
10.07.2021 22:00	10.07.2021 23:04	1,08 h	Technische Störung
12.07.2021 08:00	12.07.2021 08:59	1 h	Nachbarschaftslärm
13.07.2021 16:00	13.07.2021 16:44	0,75 h	Technische Störung
15.07.2021 10:00	15.07.2021 10:29	0,5 h	Technische Störung
15.07.2021 14:00	15.07.2021 15:59	2 h	Technische Störung
15.07.2021 21:00	15.07.2021 22:29	1,5 h	Technische Störung
16.07.2021 05:00	16.07.2021 09:29	4,5 h	Nachbarschaftslärm
16.07.2021 12:00	16.07.2021 19:59	8 h	Windgeschwindigkeit
17.07.2021 10:00	17.07.2021 11:59	2 h	Windgeschwindigkeit
17.07.2021 17:00	17.07.2021 19:59	3 h	Windgeschwindigkeit
18.07.2021 17:00	18.07.2021 19:59	3 h	Windgeschwindigkeit
19.07.2021 10:00	19.07.2021 10:59	1 h	Windgeschwindigkeit
19.07.2021 20:00	19.07.2021 21:59	2 h	Windgeschwindigkeit
22.07.2021 12:00	22.07.2021 12:29	0,5 h	Technische Störung
24.07.2021 16:00	24.07.2021 18:59	3 h	Windgeschwindigkeit
28.07.2021 14:00	28.07.2021 17:59	4 h	Windgeschwindigkeit
29.07.2021 09:00	29.07.2021 18:59	10 h	Windgeschwindigkeit
30.07.2021 15:00	30.07.2021 22:59	8 h	Windgeschwindigkeit
31.07.2021 08:00	31.07.2021 17:59	10 h	Windgeschwindigkeit
01.08.2021 16:00	01.08.2021 20:59	5 h	Windgeschwindigkeit
02.08.2021 15:00	02.08.2021 15:59	1 h	Windgeschwindigkeit
06.08.2021 08:00	06.08.2021 18:59	11 h	Windgeschwindigkeit
07.08.2021 17:00	07.08.2021 17:59	1 h	Windgeschwindigkeit
08.08.2021 08:00	08.08.2021 18:59	11 h	Windgeschwindigkeit
09.08.2021 13:00	09.08.2021 16:59	4 h	Windgeschwindigkeit
10.08.2021 13:00	10.08.2021 17:59	5 h	Windgeschwindigkeit
15.08.2021 23:00	15.08.2021 23:39	0,67 h	Technische Störung
16.08.2021 08:00	16.08.2021 20:59	13 h	Windgeschwindigkeit
17.08.2021 10:00	17.08.2021 15:59	6 h	Windgeschwindigkeit
18.08.2021 14:00	18.08.2021 16:59	3 h	Windgeschwindigkeit
22.08.2021 15:00	22.08.2021 16:59	2 h	Windgeschwindigkeit
24.08.2021 10:00	24.08.2021 15:59	6 h	Windgeschwindigkeit
26.08.2021 09:00	26.08.2021 18:59	10 h	Windgeschwindigkeit
27.08.2021 16:00	27.08.2021 18:59	3 h	Windgeschwindigkeit
28.08.2021 17:00	28.08.2021 17:59	1 h	Windgeschwindigkeit
30.08.2021 08:00	30.08.2021 09:29	1,5 h	Nachbarschaftslärm

30.08.2021 11:00	30.08.2021 16:59	6 h	Windgeschwindigkeit
08.09.2021 23:00	08.09.2021 23:44	0,75 h	Technische Störung
09.09.2021 15:00	09.09.2021 15:59	1 h	Windgeschwindigkeit
15.09.2021 08:00	15.09.2021 11:29	3,5 h	Nachbarschaftslärm
16.09.2021 00:00	16.09.2021 20:29	20,5 h	Technische Störung
19.09.2021 17:00	19.09.2021 17:59	1 h	Windgeschwindigkeit
20.09.2021 10:00	20.09.2021 10:59	1 h	Nachbarschaftslärm
23.09.2021 17:00	23.09.2021 17:59	1 h	Windgeschwindigkeit
28.09.2021 08:00	28.09.2021 08:59	1 h	Technische Störung
29.09.2021 12:00	29.09.2021 17:59	6 h	Windgeschwindigkeit

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	Juli	August	September
Mittelwert	1277	1280	1281
Standardfehler des Mittelwerts	0	1	1
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1276	1278
	Obergrenze	1278	1281
5% getrimmtes Mittel	1276	1279	1280
Median	1276	1279	1279
Varianz	531	528	4395
Standardabweichung	23	23	66
Minimum	1174	1140	1082
Maximum	1496	1413	4995
Spannweite	322	273	3913
Interquartilbereich	26	28	31
Schiefe	0,84	0,54	48,49
Kurtosis	6,10	3,75	2716,69
Anzahl Ereignisse:	2603	1343	3628

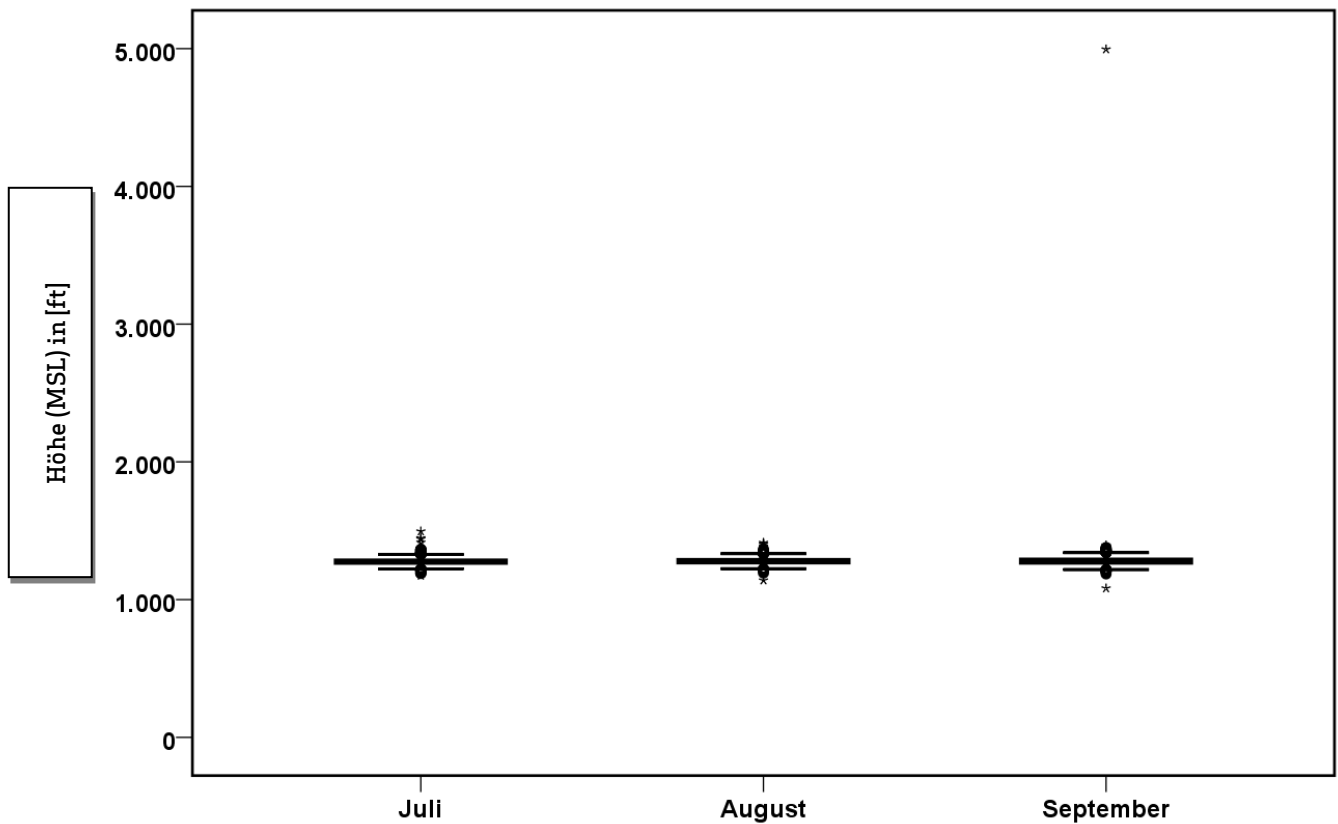


Abb. 8: Boxplots - Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07

2.5 Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Südumfliegung

Höhe (MSL) in [ft] bei BR25	Juli	August	September
Mittelwert	2911	2810	2789
Standardfehler des Mittelwerts	18	12	16
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2876	2786
	Obergrenze	2947	2820
5% getrimmtes Mittel	2904	2805	2775
Median	2887	2802	2771
Varianz	411111	318459	331216
Standardabweichung	641	564	576
Minimum	1300	1295	1529
Maximum	5306	5699	5569
Spannweite	4006	4404	4040
Interquartilbereich	753	584	553
Schiefe	0,12	0,12	0,41
Kurtosis	0,18	1,05	1,47
Anzahl Ereignisse:	1285	2051	1289

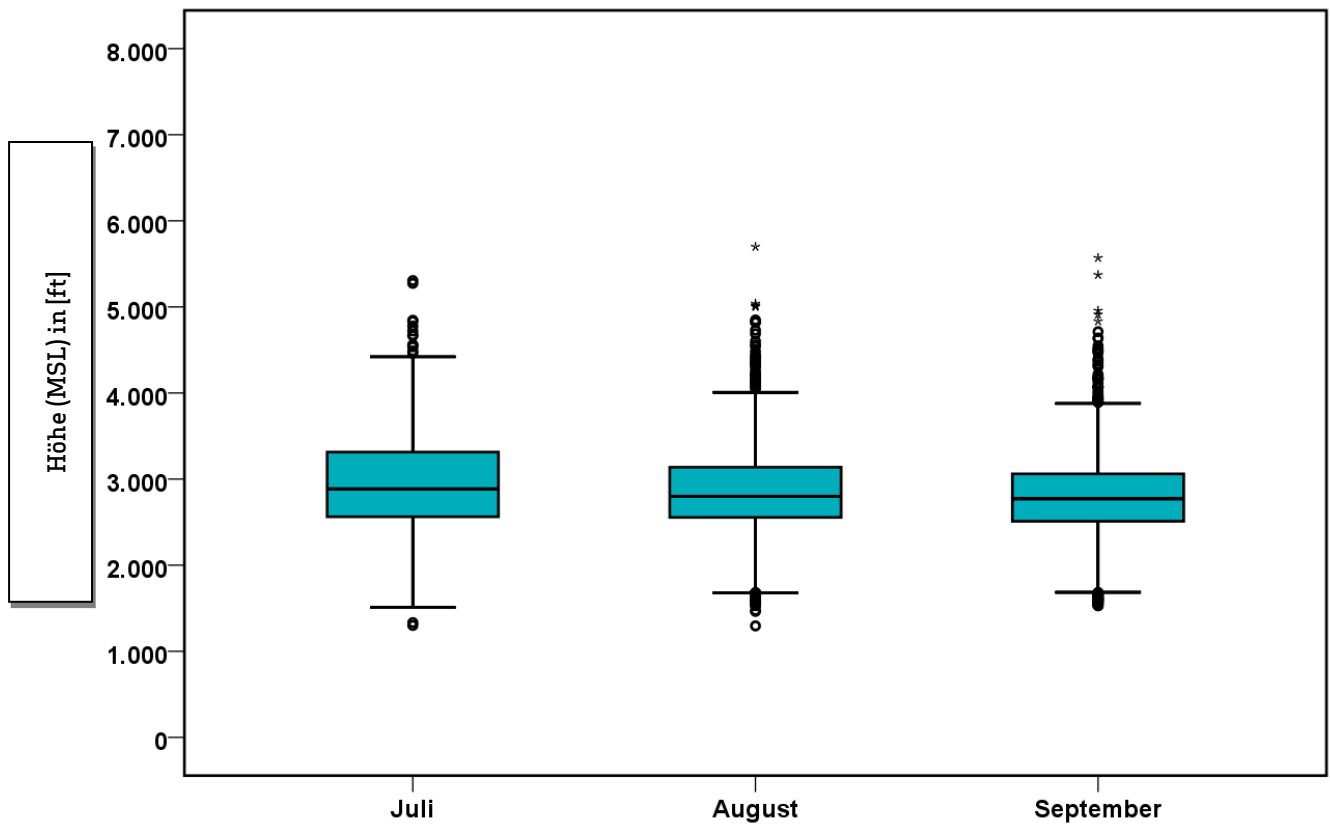


Abb. 9: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Südumfliegung

2.6 Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Nordwest-Abflugstrecken

Höhe (MSL) in [ft] bei BR25	Juli	August	September	
Mittelwert	2674	2631	2664	
Standardfehler des Mittelwerts	23	20	25	
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2629	2592	2615
	Obergrenze	2720	2670	2713
5% getrimmtes Mittel	2641	2606	2641	
Median	2586	2582	2621	
Varianz	317238	289131	234327	
Standardabweichung	563	538	484	
Minimum	1648	1581	1668	
Maximum	4928	6532	5026	
Spannweite	3280	4951	3358	
Interquartilbereich	742	679	597	
Schiefe	0,93	1,31	0,83	
Kurtosis	1,54	5,87	1,77	
Anzahl Ereignisse:	581	742	375	

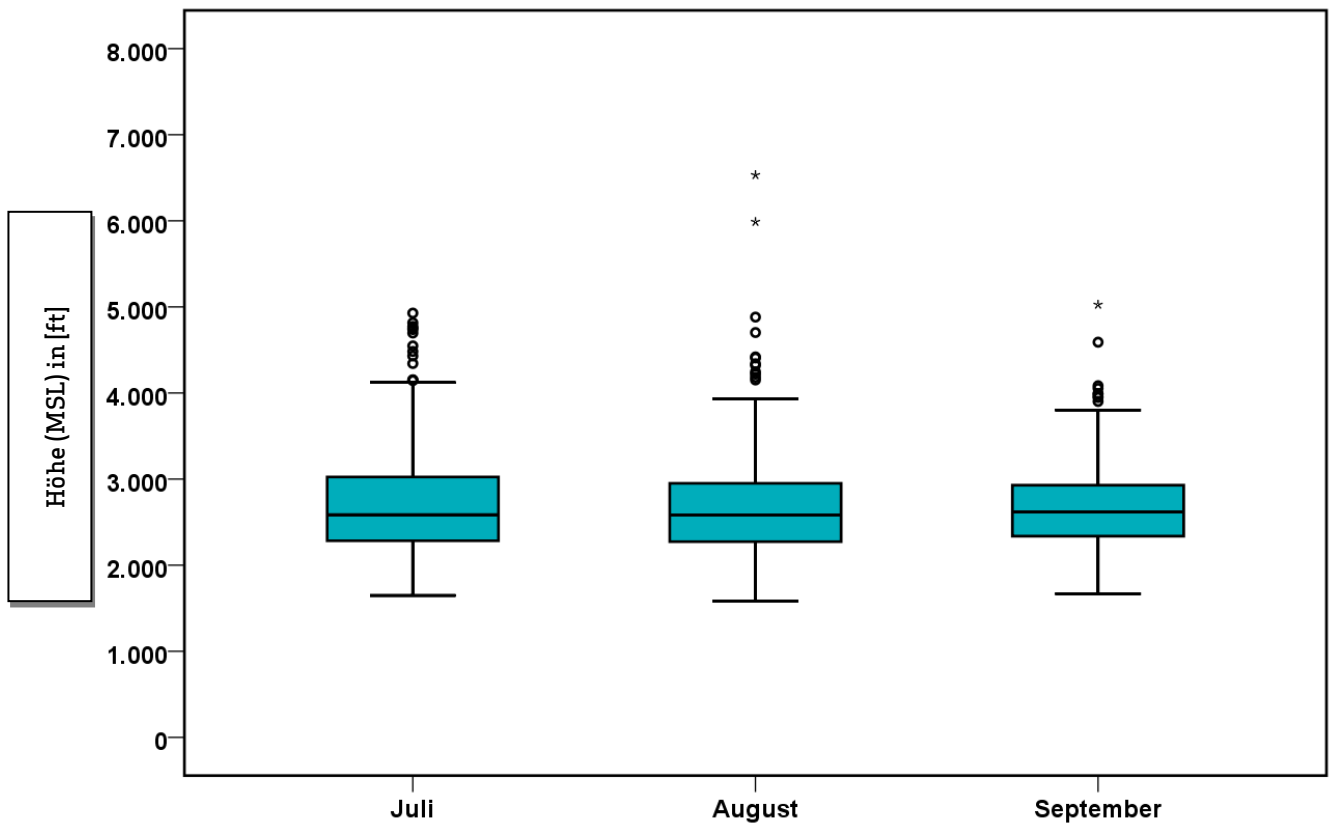


Abb. 10: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Nordwest-Abflugstrecken

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
Juli	4058	411	4469
August	3690	446	4136
September	4818	474	5292

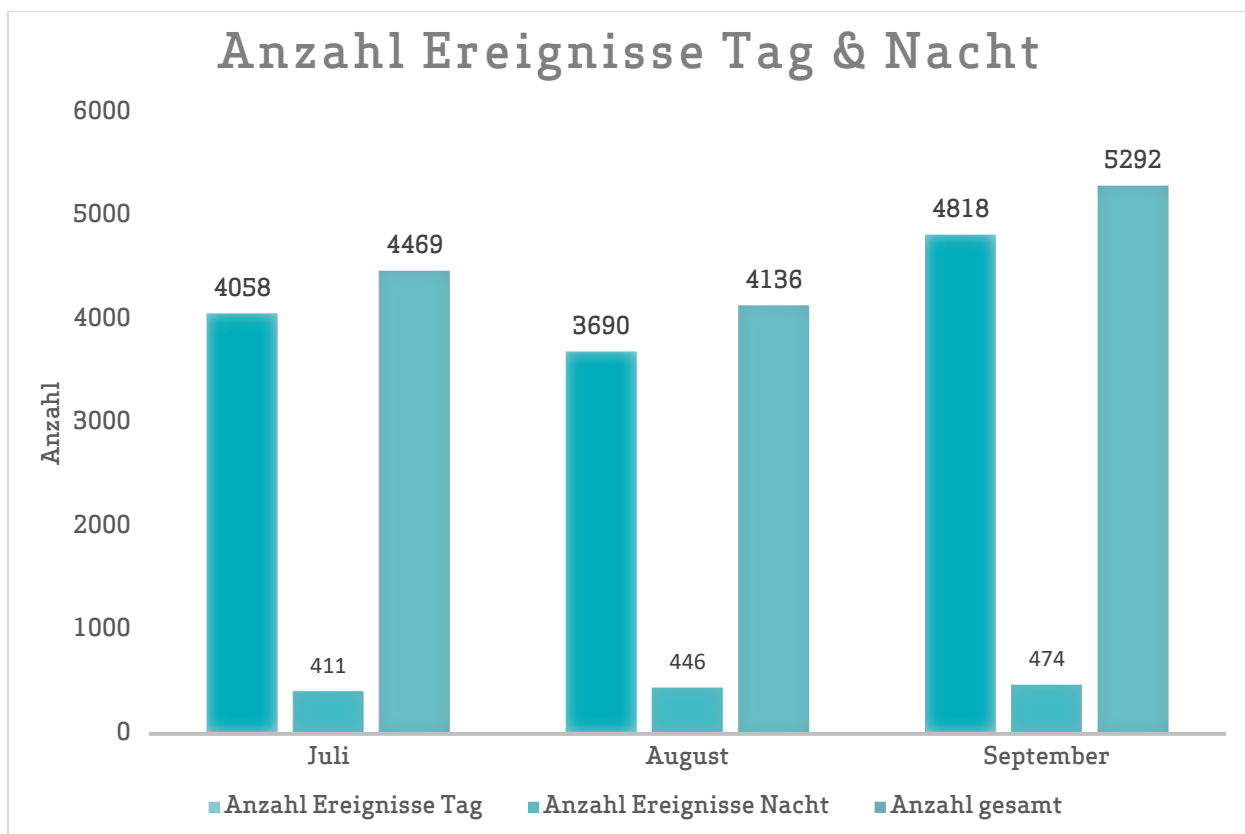


Abb. 11: Anzahl Fluggeräuscheignisse (Tag und Nacht)

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)
Juli	96	640	828	1129	1206	156	3
August	105	882	1192	633	784	91	3
September	52	449	885	1221	1938	271	2

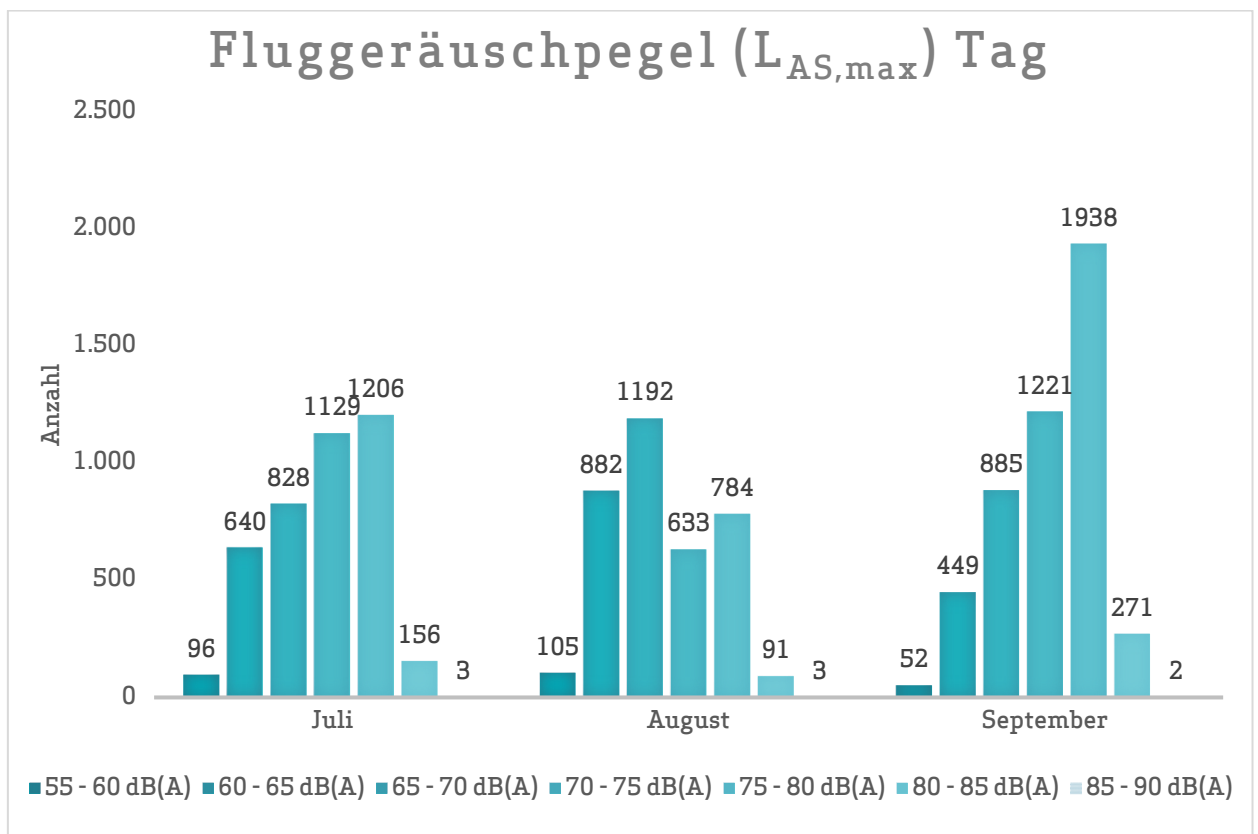


Abb. 12: Maximalpegelverteilung am Tag (Fluggeräusch)

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)
Juli	8	62	121	53	154	13	0
August	11	104	176	25	111	17	2
September	7	48	116	36	236	29	2

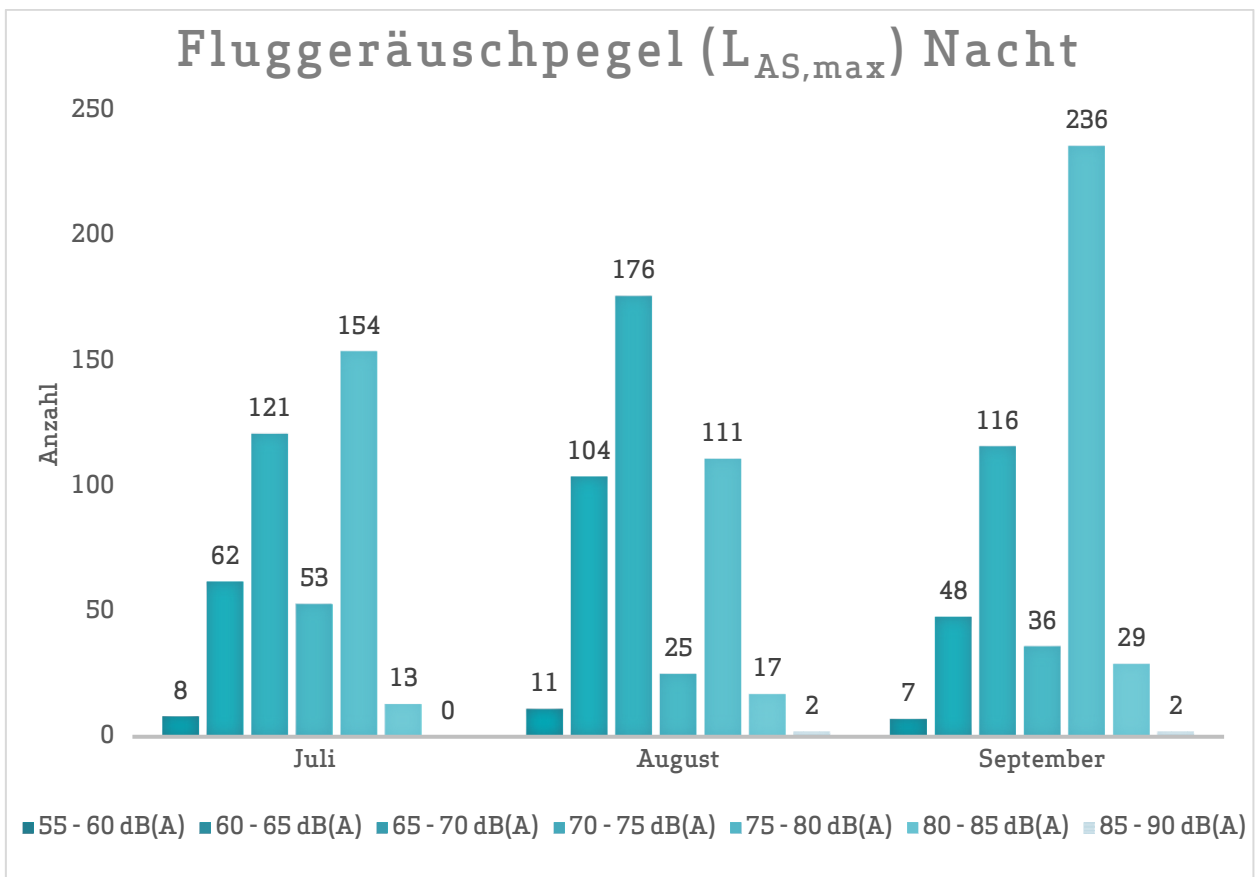


Abb. 13: Maximalpegelverteilung in der Nacht (Fluggeräusch)

4.2 Leq- und NAT-Auswertung

in dB(A)	$L_{DIN,T}$	$L_{DIN,N}$	NAT68*	NAT72*	$L_{eq,T}$	$L_{eq,N}$	$L_{95,T}$	$L_{95,N}$
Juli	58,5	51,5	247	204	60,1	53,2	44,4	40,1
August	56,8	50,9	221	145	58,4	52,2	43,5	39,8
September	59,8	53,3	332	292	61,1	54,3	44,7	41,4

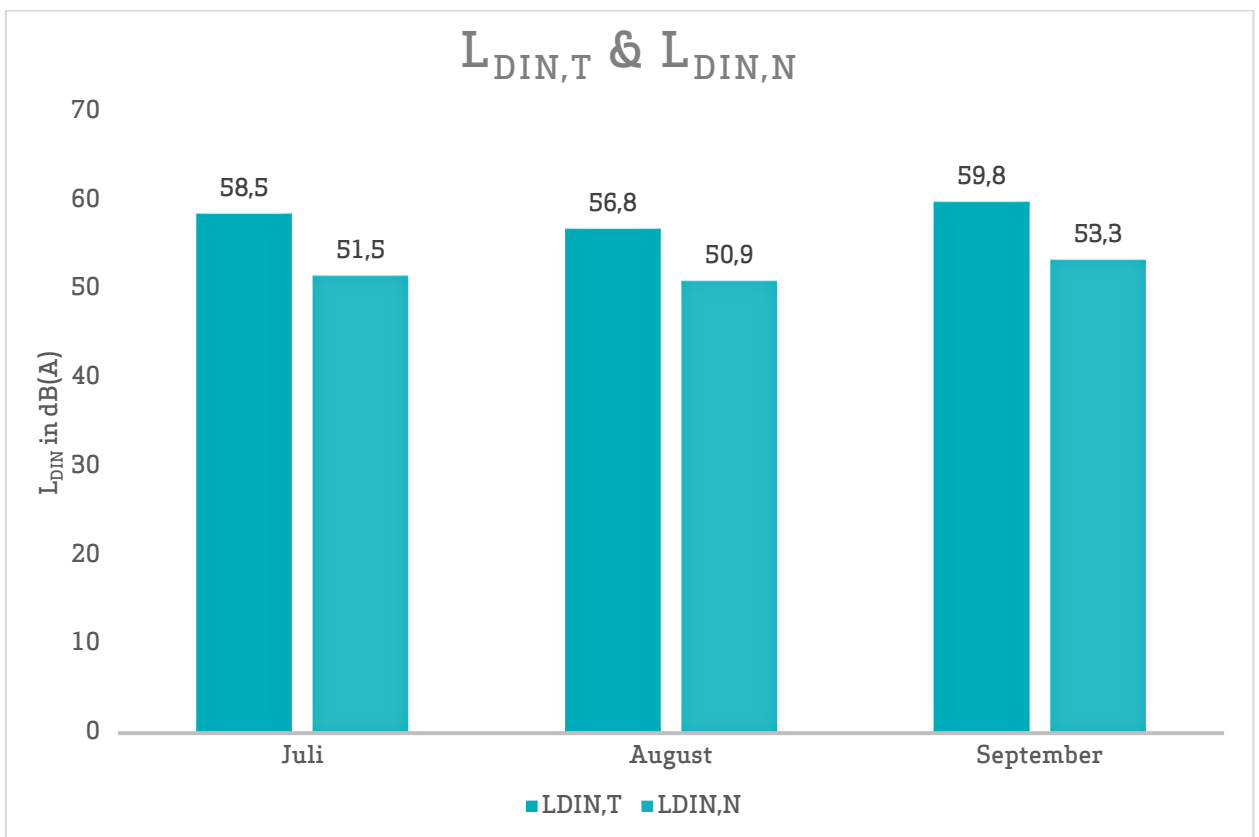


Abb. 14: L_{DIN} Tag und Nacht

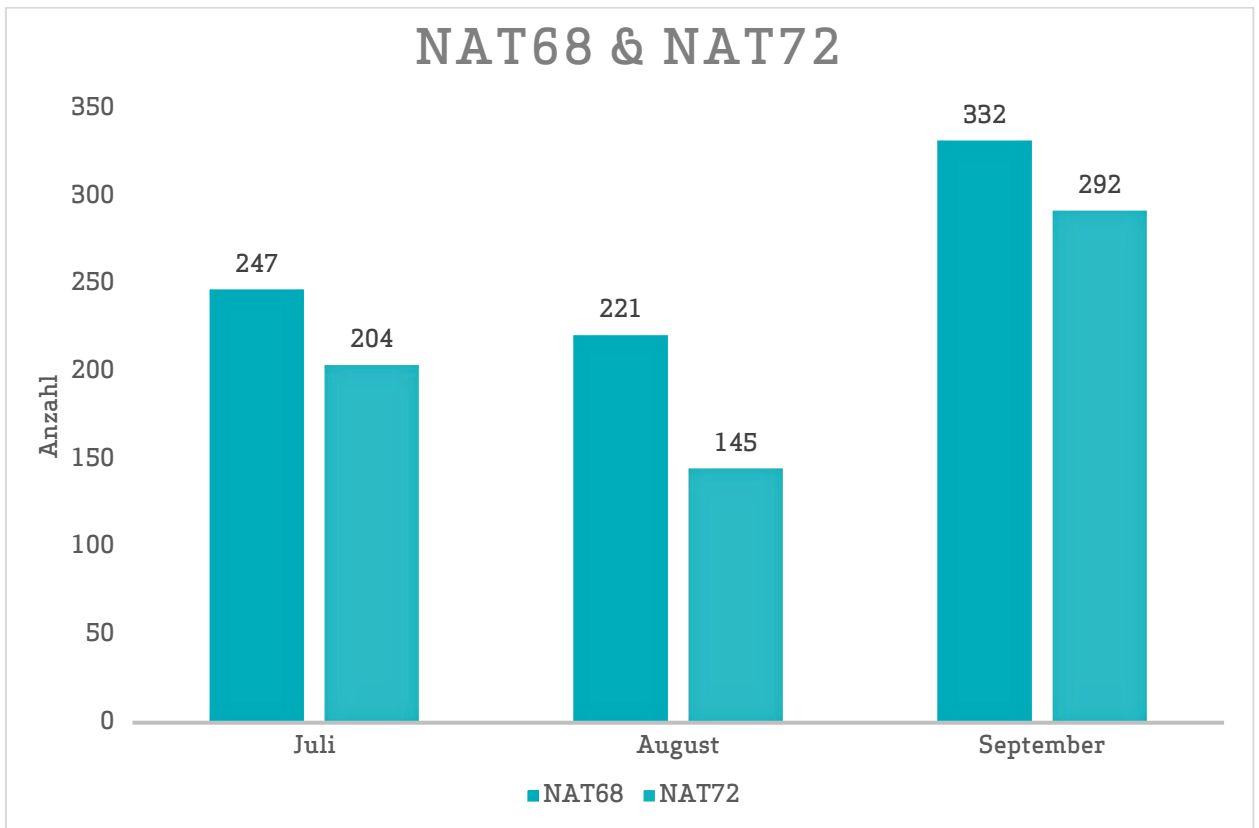


Abb. 15: NAT68 und NAT72

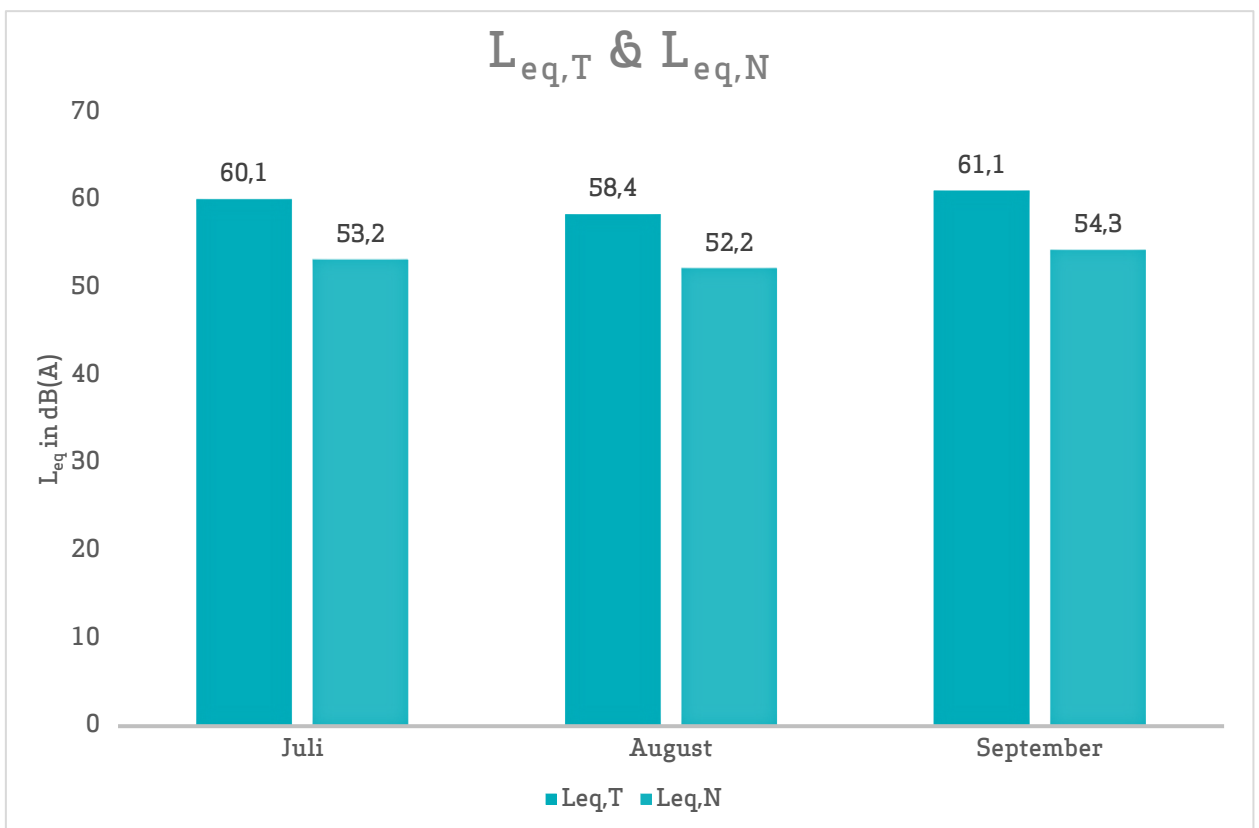


Abb. 16: L_{eq} Tag und Nacht

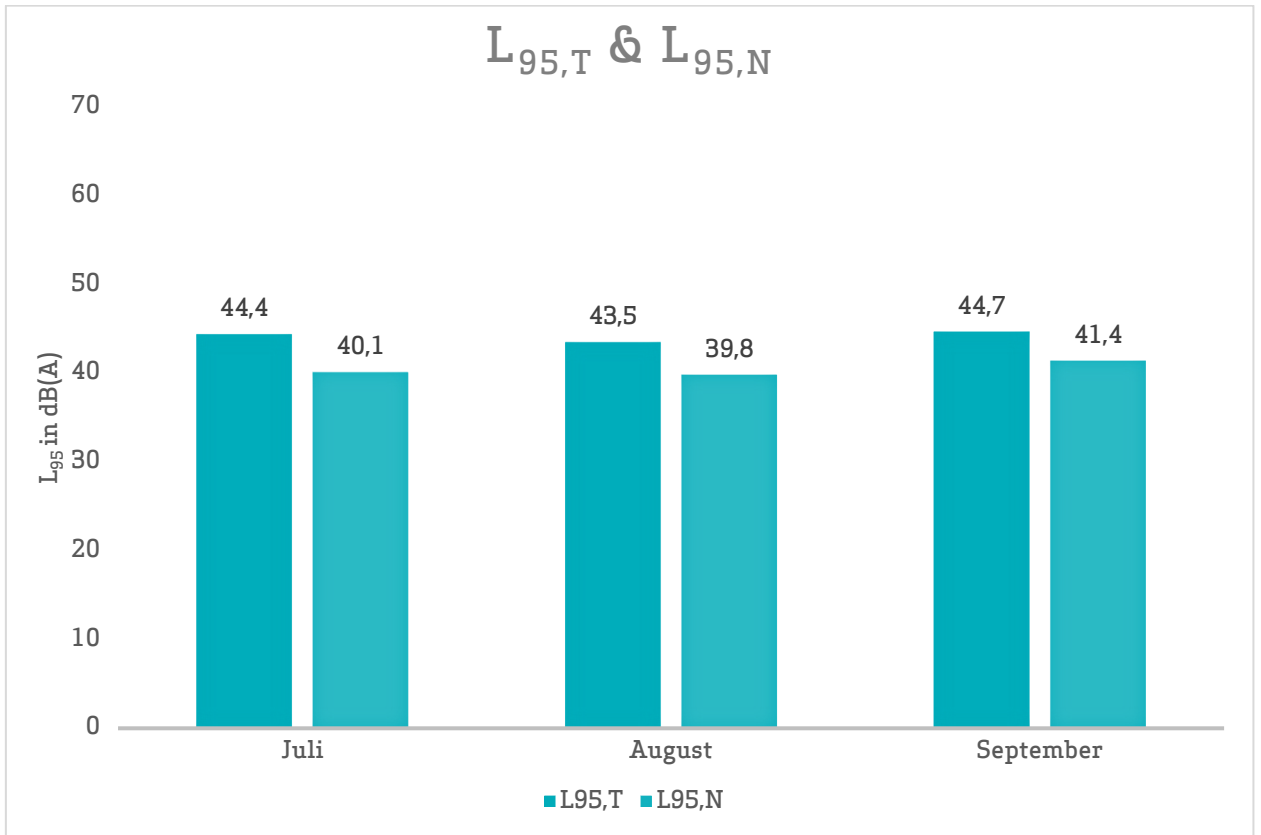


Abb. 17: L₉₅ Tag und Nacht

4.3 Jahresübersicht 2021

in dB(A)	L _{DIN,T}	L _{DIN,N}	NAT68*	NAT72*	L _{eq,T}	L _{eq,N}	L _{95,T}	L _{95,N}
Januar	57,7	48,7	117	90	58,6	52,9	45,0	40,1
Februar	58,3	51,6	181	160	60,1	53,4	46,0	41,3
März	56,9	48,6	127	102	60,6	50,7	46,4	41,5
April	58,8	50,4	167	128	60,1	52,1	45,3	41,2
Mai	56,3	46,3	81	47	58,2	49,1	45,3	39,8
Juni	58,6	49,6	161	121	60,2	53,0	44,4	40,8
Juli	58,5	51,5	247	204	60,1	53,2	44,4	40,1
August	56,8	50,9	221	145	58,4	52,2	43,5	39,8
September	59,8	53,3	332	292	61,1	54,3	44,7	41,4
Oktober								
November								
Dezember								

* 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.

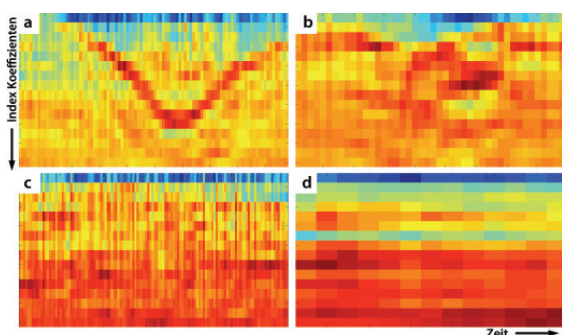


Abbildung 1: MFCC aus verschiedenen Klassen (a: Flugzeug, b: Auto, c: Zug, d: Hintergrund) – Dargestellt sind jeweils 18 Koeffizienten, aufgetragen über der Zeit.

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.

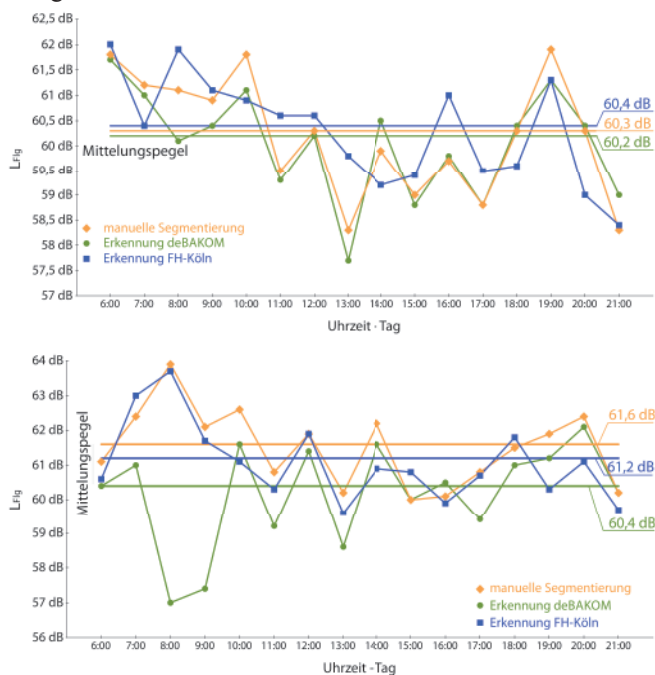


Abbildung 3: Auswertung der Messdaten. Vergleich von Methode 1, Methode 2 und manueller Auswertung. Oben: 23.10.08 (Tag ohne Regen) • Unten: 27.10.08 (Tag mit Regen). Ohne Regen ist die Abweichung der Mittelungspegel nur gering. Erhöht sich durch Regen jedoch das Hintergrundgeräusch, so wird die Erkennung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

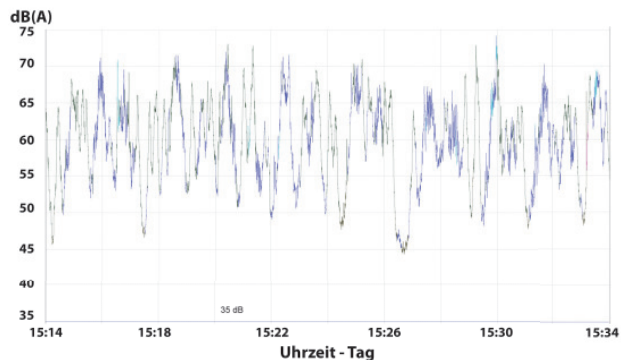
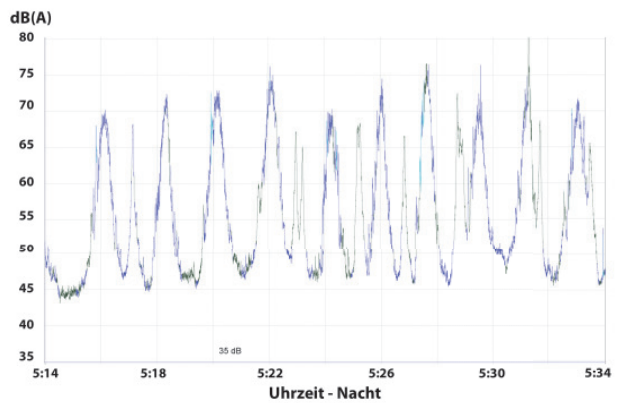


Abbildung 4: Pegelschrieb mit farblich markierter Erkennung der Klasse (blau: Flugzeug, grün: keine Erkennung) - Oben: Nacht • Unten: Tag

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