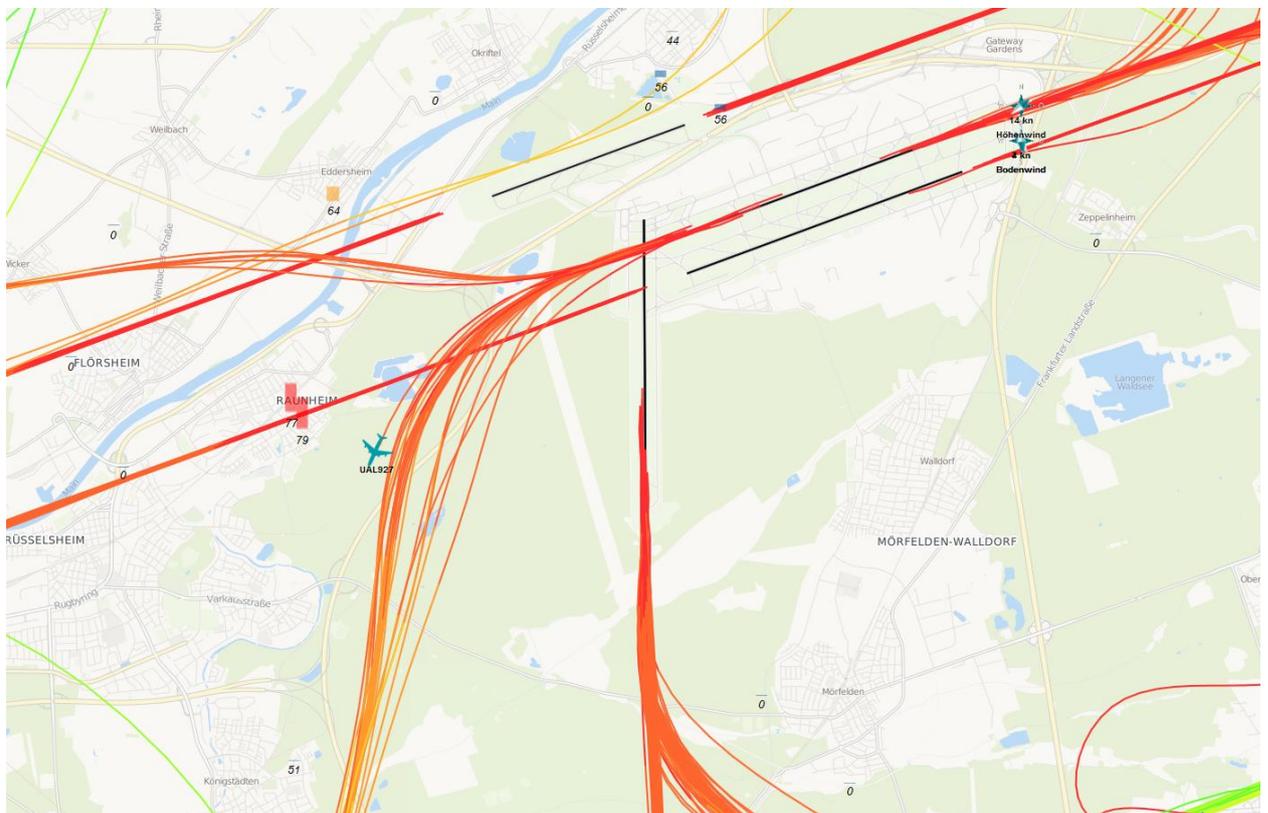


Auswertung der Überflüge sowie der Fluggeräuschmessdaten des MP-111 in Raunheim

Berichtszeitraum: April 2023 – Juni 2023 | Stand 22.11.2023



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	Fluggeräuscheignisse	17
4	Fluggeräuschpegel	18
4.1	Maximalpegelverteilung	18
4.2	Leq- und NAT-Auswertung	20
4.3	Jahresübersicht 2023	23

Anlagen

Anlage 1: Geräuschklassifikation der Firma deBAKOM

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Standort der Messstation MP-111 (Quelle: Google Maps)	5
Abb. 2: BR07 – Beispiel identifizierte Anflüge im Juni 2023, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps) ...	7
Abb. 3: BR07 – Beispiel identifizierte Anflüge im Juni 2023, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)	8
Abb. 4: BR25 (SU) – Beispiel identifizierte Abflüge im Juni 2023, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)	8
Abb. 5: BR25 (SU) – Beispiel identifizierte Abflüge im Juni 2023, Draufsicht (Quelle: Bing Maps) ..	9
Abb. 6: BR25 (NW) – Beispiel identifizierte Abflüge im Juni 2023, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)	9
Abb. 7: BR25 (NW) – Beispiel identifizierte Abflüge im Juni 2023, 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).

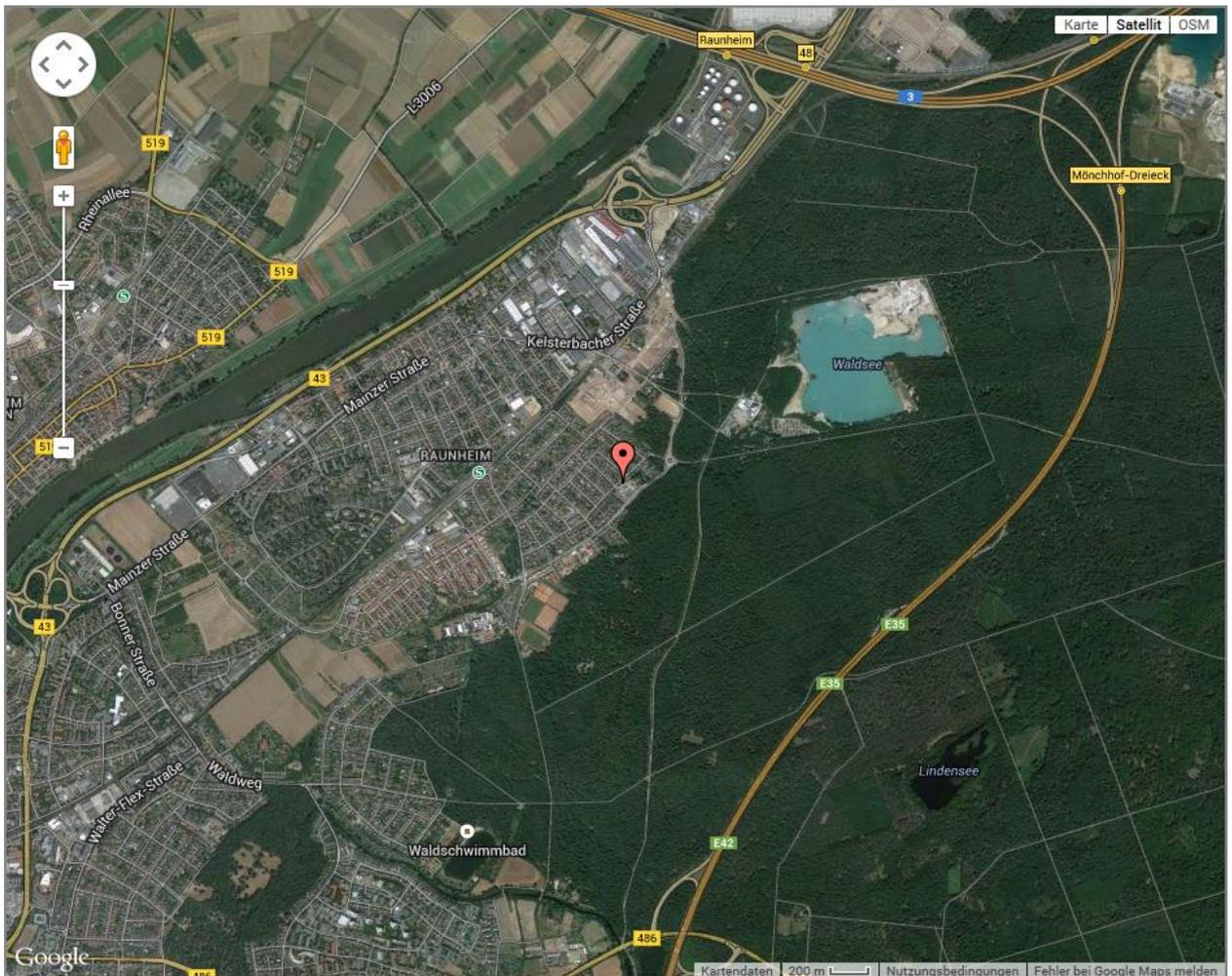


Abb. 1: Standort der Messstation MP-111 (Quelle: Google Maps)

Diese Auswertung umfasst Daten vom 1. April 2023 bis zum 30. Juni 2023.

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)	15830	14012	88,52%
Abflüge (BR25) SU	3887	3454	88,86%
Abflüge (BR25) NW	1702	1113	65,39%

Zur Übersicht werden die Abbildungen der „Durchflugtore“ im Juni 2023 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.

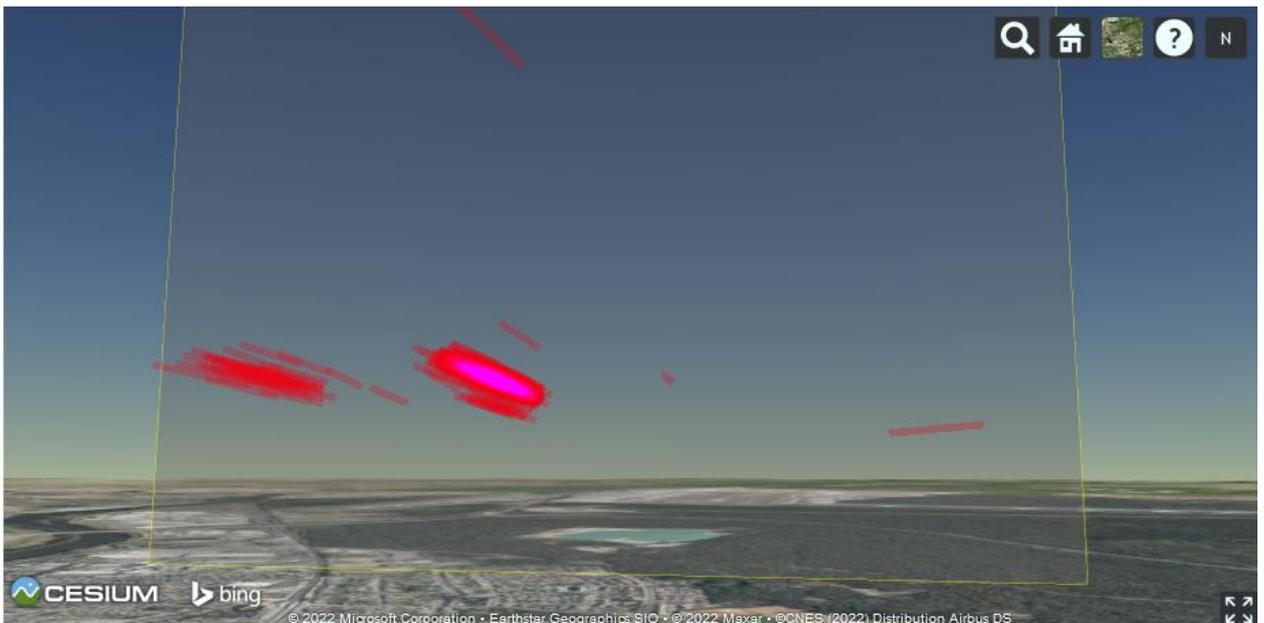


Abb. 2: BR07 – Beispiel identifizierte Anflüge im Juni 2023, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



Abb. 3: BR07 – Beispiel identifizierte Anflüge im Juni 2023, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)

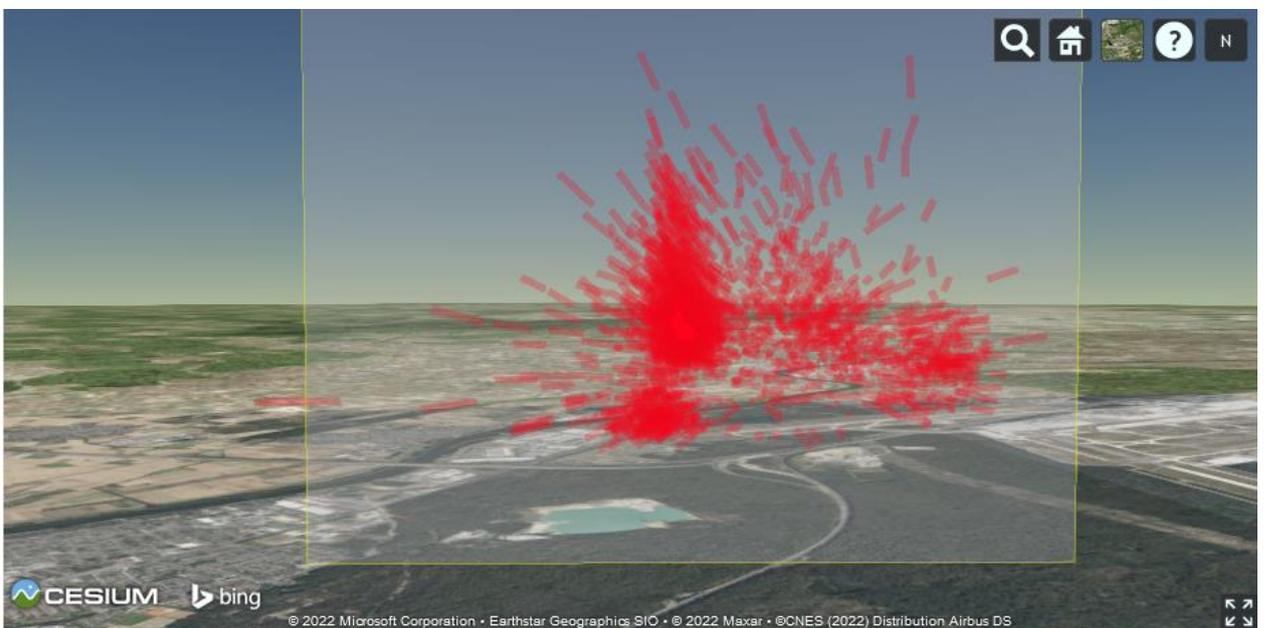


Abb. 4: BR25 (SU) – Beispiel identifizierte Abflüge im Juni 2023, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)

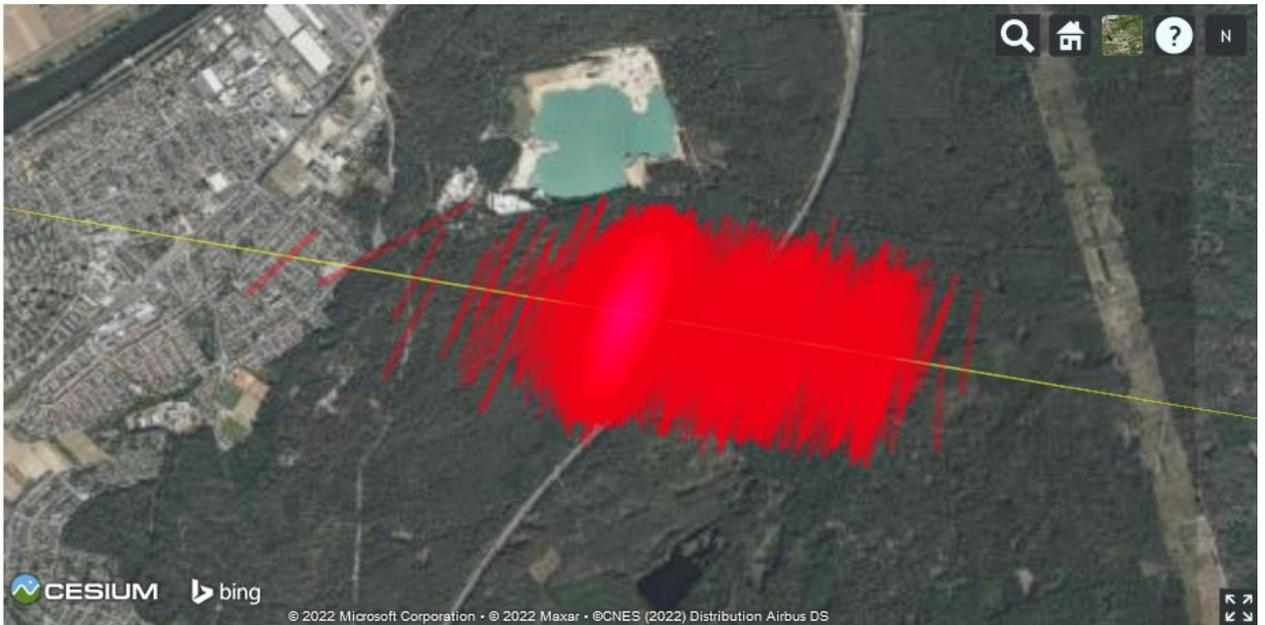


Abb. 5: BR25 (SU) – Beispiel identifizierte Abflüge im Juni 2023, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)

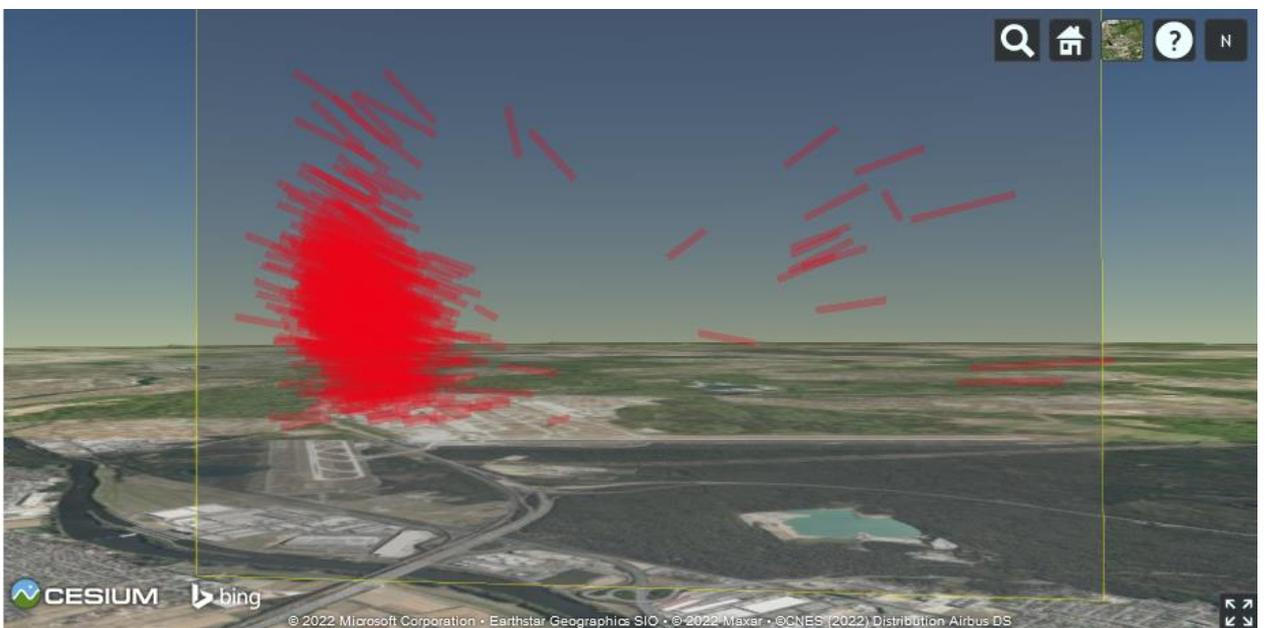


Abb. 6: BR25 (NW) – Beispiel identifizierte Abflüge im Juni 2023, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



Abb. 7: BR25 (NW) – Beispiel identifizierte Abflüge im Juni 2023, 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
April	17,65%	2,36%	32,77%	22,38%	0,16%	24,69%	52,78%	47,22%
Mai	7,62%	2,75%	16,89%	13,23%	18,12%	41,39%	27,26%	72,74%
Juni	12,29%	1,68%	21,38%	25,83%	2,01%	36,80%	35,35%	64,65%

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

2.3 Ausfallzeiten

Beginn	Ende	Ausfallzeit in Std.	Ausfallgrund
01.04.2023 00:00	01.04.2023 18:59	19 h	Windgeschwindigkeit
02.04.2023 09:00	02.04.2023 21:59	13 h	Windgeschwindigkeit
03.04.2023 07:00	03.04.2023 21:59	15 h	Windgeschwindigkeit
06.04.2023 14:00	06.04.2023 19:59	6 h	Windgeschwindigkeit
10.04.2023 13:00	11.04.2023 16:59	28 h	Windgeschwindigkeit
12.04.2023 11:00	12.04.2023 21:29	10,5 h	Windgeschwindigkeit
13.04.2023 02:00	13.04.2023 15:59	14 h	Windgeschwindigkeit

15.04.2023 22:00	16.04.2023 07:59	10 h	Windgeschwindigkeit
16.04.2023 18:00	16.04.2023 18:19	0,33 h	Technische Störung
17.04.2023 12:30	17.04.2023 16:29	4 h	Windgeschwindigkeit
18.04.2023 13:30	18.04.2023 21:59	8,5 h	Windgeschwindigkeit
19.04.2023 07:30	19.04.2023 19:59	12,5 h	Windgeschwindigkeit
19.04.2023 22:00	19.04.2023 22:44	0,75 h	Technische Störung
20.04.2023 11:00	20.04.2023 15:59	5 h	Windgeschwindigkeit
22.04.2023 13:00	22.04.2023 17:59	5 h	Windgeschwindigkeit
23.04.2023 14:00	23.04.2023 16:59	3 h	Windgeschwindigkeit
24.04.2023 09:00	24.04.2023 20:59	12 h	Windgeschwindigkeit
25.04.2023 12:00	25.04.2023 13:59	2 h	Windgeschwindigkeit
28.04.2023 22:00	28.04.2023 22:34	0,58 h	Technische Störung
29.04.2023 09:00	29.04.2023 09:59	0 h	Windgeschwindigkeit
02.05.2023 10:00	02.05.2023 22:59	13 h	Windgeschwindigkeit
03.05.2023 13:00	03.05.2023 13:59	1 h	Windgeschwindigkeit
05.05.2023 13:00	05.05.2023 17:59	5 h	Windgeschwindigkeit
08.05.2023 15:00	08.05.2023 15:59	1 h	Technische Störung
15.05.2023 11:00	15.05.2023 18:59	8 h	Windgeschwindigkeit
16.05.2023 06:00	16.05.2023 20:59	15 h	Windgeschwindigkeit
18.05.2023 14:00	18.05.2023 20:59	7 h	Windgeschwindigkeit
19.05.2023 12:00	21.05.2023 01:59	38 h	Windgeschwindigkeit
22.05.2023 17:00	22.05.2023 18:59	2 h	Windgeschwindigkeit
23.05.2023 11:00	23.05.2023 19:59	9 h	Windgeschwindigkeit
24.05.2023 16:00	24.05.2023 19:29	3,5 h	Windgeschwindigkeit
25.05.2023 08:00	27.05.2023 09:59	50 h	Windgeschwindigkeit
29.05.2023 07:00	30.05.2023 20:59	38 h	Windgeschwindigkeit
31.05.2023 08:30	31.05.2023 20:59	12,5 h	Windgeschwindigkeit
01.06.2023 17:00	03.06.2023 23:59	55 h	Windgeschwindigkeit
04.06.2023 15:00	04.06.2023 20:59	6 h	Windgeschwindigkeit
05.06.2023 11:00	05.06.2023 17:59	7 h	Windgeschwindigkeit
06.06.2023 13:00	06.06.2023 20:59	8 h	Windgeschwindigkeit
07.06.2023 18:00	07.06.2023 19:59	2 h	Windgeschwindigkeit
08.06.2023 15:50	08.06.2023 16:34	0,75 h	Nachbarschaftslärm
10.06.2023 14:00	10.06.2023 16:59	3 h	Windgeschwindigkeit
14.06.2023 07:00	14.06.2023 11:59	5 h	Windgeschwindigkeit
16.06.2023 06:00	16.06.2023 06:54	0,92 h	Technische Störung
20.06.2023 18:00	20.06.2023 19:59	2 h	Gewitter

22.06.2023 18:00	22.06.2023 18:59	1 h	Gewitter
22.06.2023 22:00	23.06.2023 19:59	22 h	Windgeschwindigkeit
26.06.2023 12:00	26.06.2023 19:59	8 h	Windgeschwindigkeit
27.06.2023 16:00	27.06.2023 18:59	3 h	Windgeschwindigkeit
30.06.2023 09:00	30.06.2023 12:59	4 h	Windgeschwindigkeit
30.06.2023 21:00	30.06.2023 21:29	0,5 h	Technische Störung

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		April	Mai	Juni
Mittelwert		1299	1279	1267
Standardfehler des Mittelwerts		1	1	1
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1297	1277	1266
	Obergrenze	1302	1280	1268
5% getrimmtes Mittel		1307	1286	1266
Median		1310	1292	1265
Varianz		4613	5329	1490
Standardabweichung		68	73	39
Minimum		946	954	1065
Maximum		2641	2808	2852
Spannweite		1695	1854	1787
Interquartilbereich		34	48	30
Schiefe		0,48	-0,25	17,28
Kurtosis		58,71	38,77	644,69
Anzahl Ereignisse:		3228	5588	5196

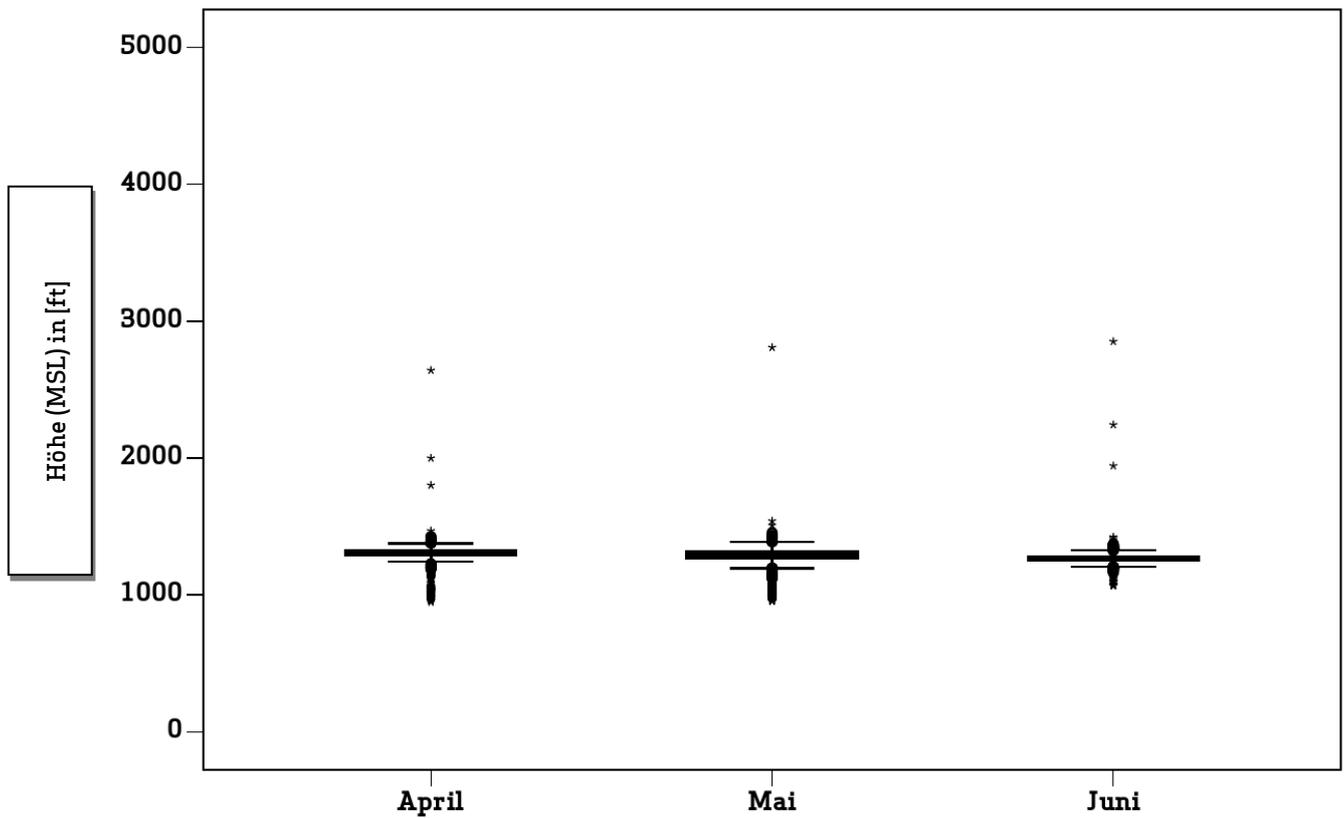


Abb. 8: Boxplots - Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07

2.5 Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Südumfliegung

Höhe (MSL) in [ft] bei BR25	April	Mai	Juni	
Mittelwert	2953	2860	2729	
Standardfehler des Mittelwerts	17	21	15	
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2920	2819	2699
	Obergrenze	2987	2900	2758
5% getrimmtes Mittel	2934	2843	2713	
Median	2924	2817	2679	
Varianz	413963	340134	283001	
Standardabweichung	643	583	532	
Minimum	1469	1594	1491	
Maximum	6610	5312	5344	
Spannweite	5141	3718	3853	
Interquartilbereich	677	610	496	
Schiefe	0,65	0,53	0,60	
Kurtosis	2,23	1,22	1,75	
Anzahl Ereignisse:	1401	805	1248	

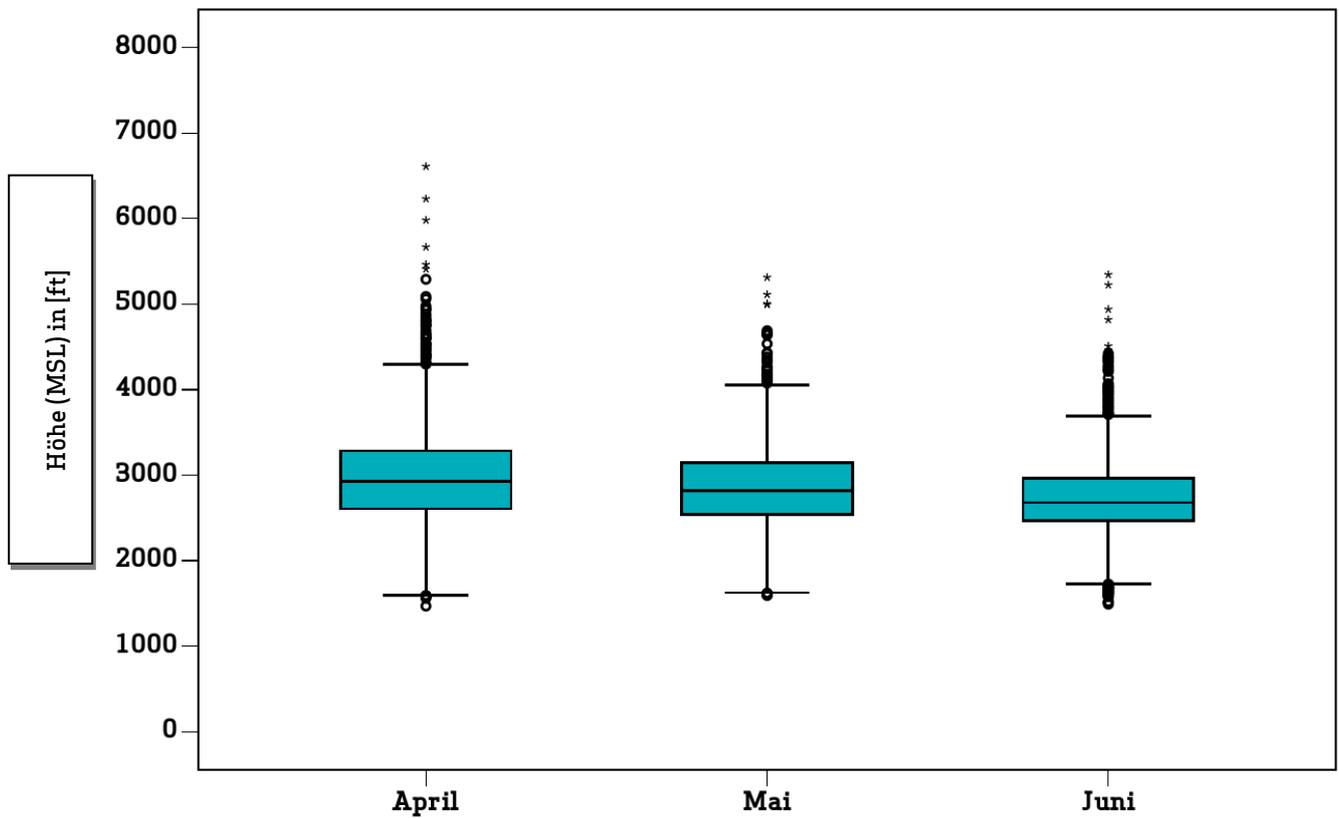


Abb. 9: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Südumfliegung

2.6 Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Nordwest-Abflugstrecken

Höhe (MSL) in [ft] bei BR25		April	Mai	Juni
Mittelwert		2777	2677	2566
Standardfehler des Mittelwerts		28	33	25
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2722	2612	2517
	Obergrenze	2833	2742	2614
5% getrimmtes Mittel		2748	2653	2543
Median		2750	2702	2571
Varianz		350685	311761	234850
Standardabweichung		592	558	485
Minimum		1641	1619	1549
Maximum		5495	5660	4839
Spannweite		3854	4041	3290
Interquartilbereich		794	767	631
Schiefe		0,83	0,86	0,86
Kurtosis		1,99	2,94	2,45
Anzahl Ereignisse:		437	287	389

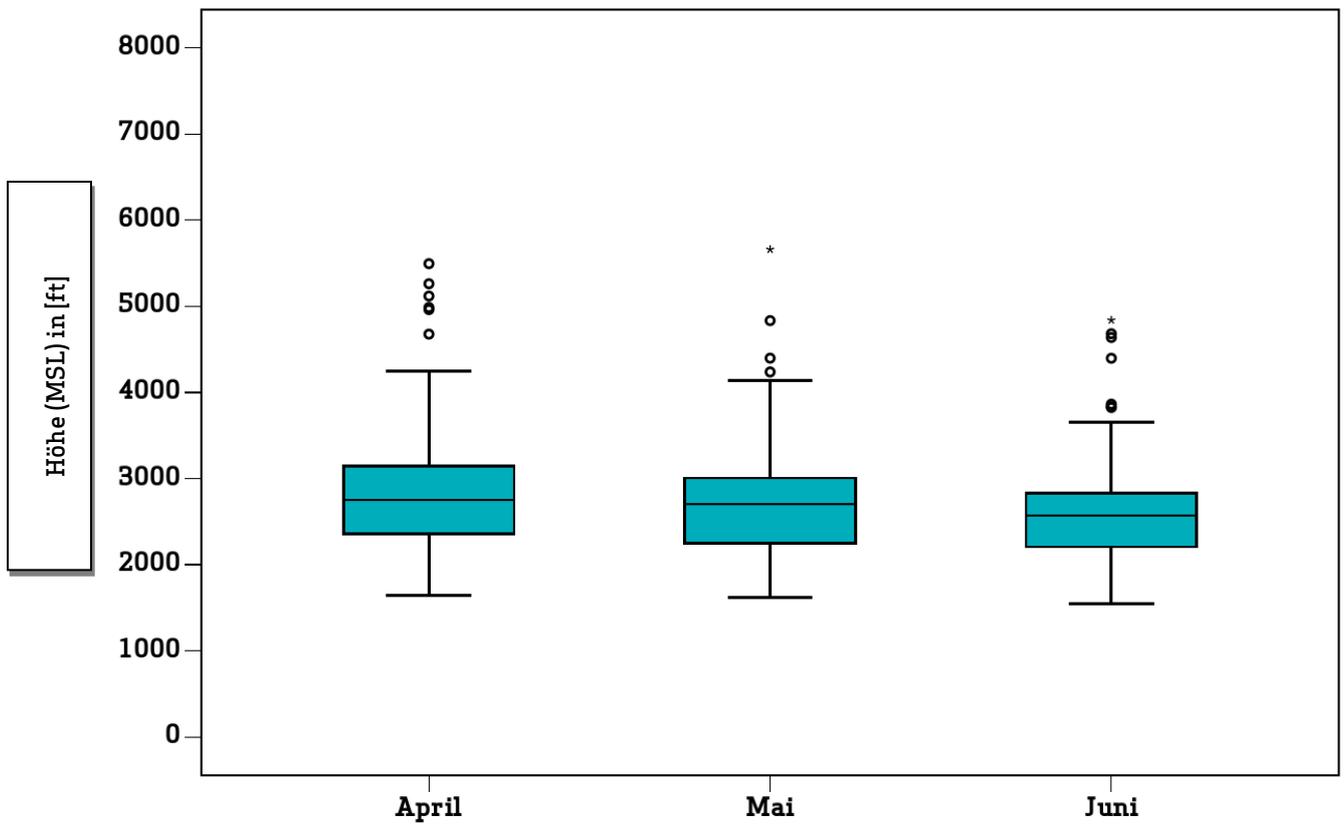


Abb. 10: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Nordwest-Abflugstrecken

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
April	4559	507	5066
Mai	6004	676	6680
Juni	6236	597	6833

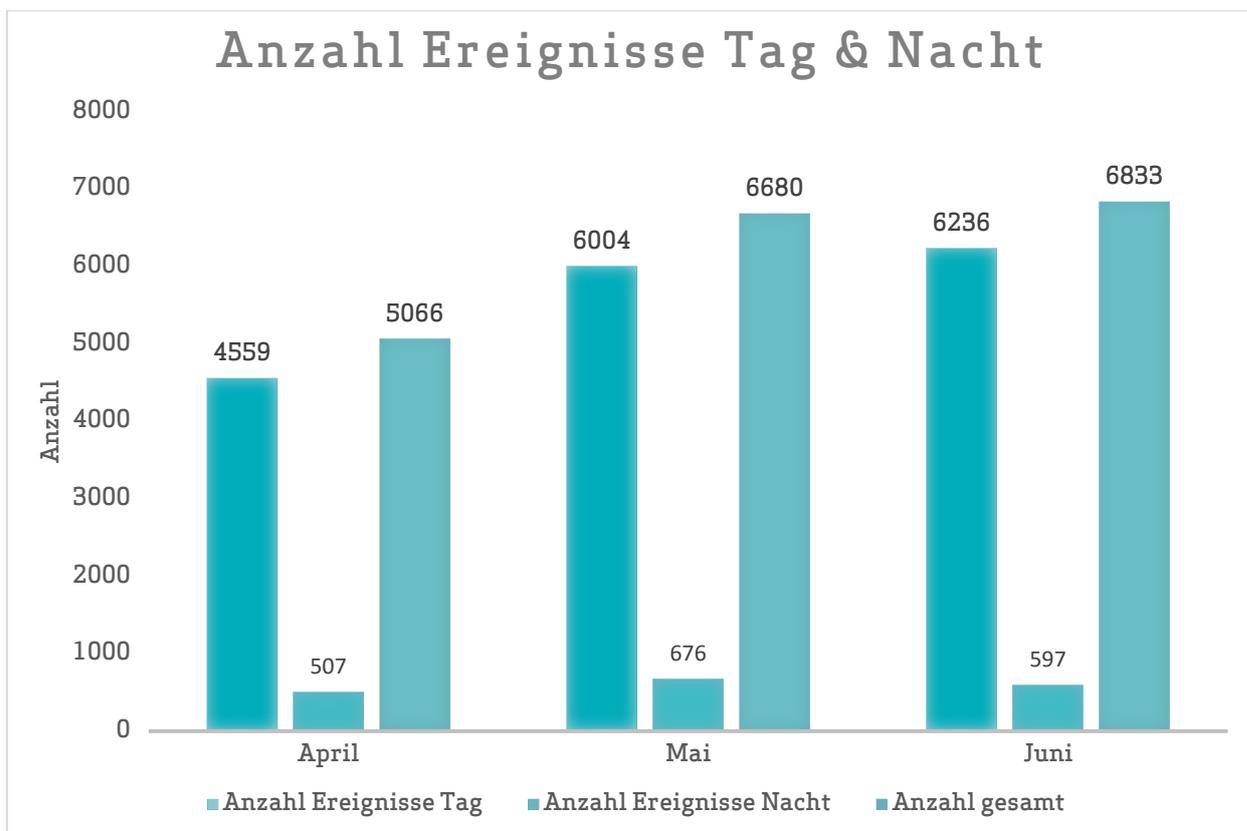


Abb. 11: Anzahl Fluggeräuscheignisse (Tag und Nacht)

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)
April	46	435	953	1508	1406	210	1
Mai	32	635	1457	1795	1847	234	4
Juni	67	501	1036	2301	2022	308	1

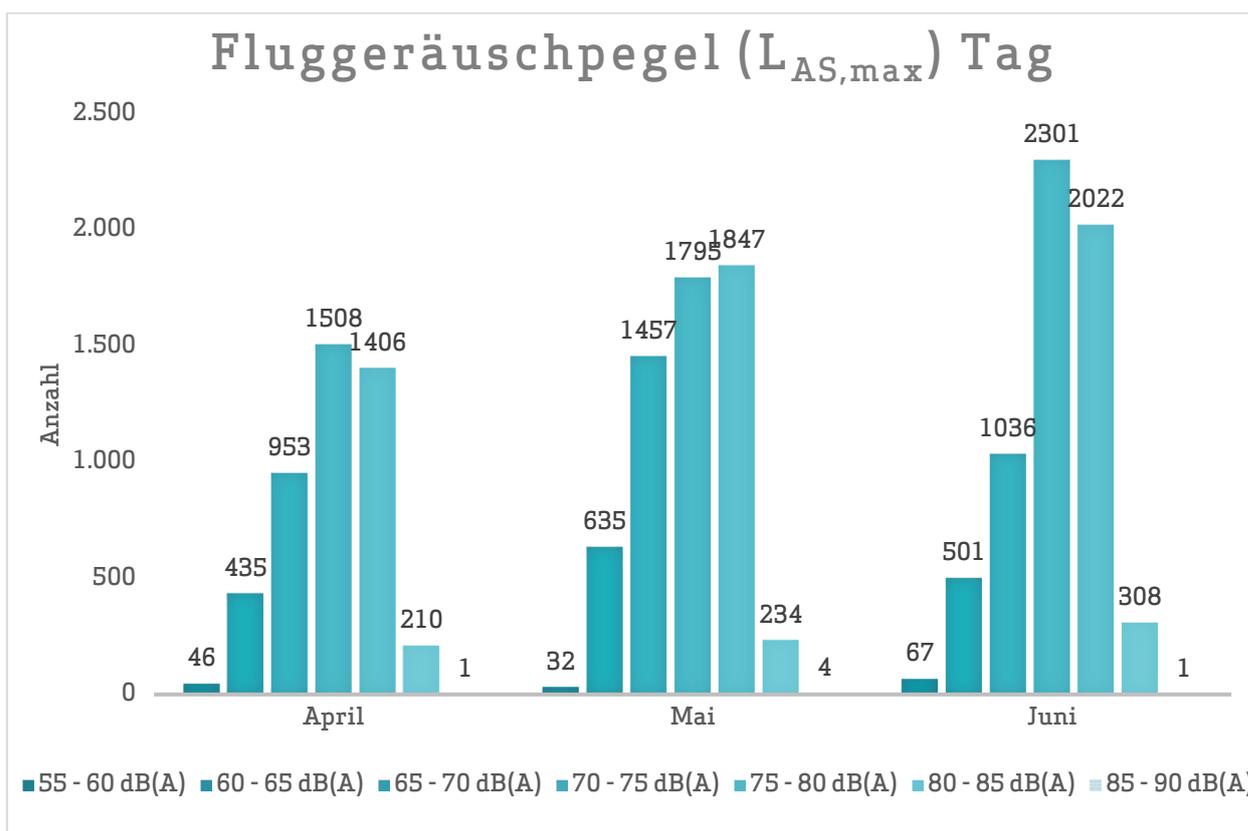


Abb. 12: Maximalpegelverteilung am Tag (Fluggeräusch)

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)
April	14	125	100	87	162	18	1
Mai	8	101	215	147	195	10	0
Juni	60	103	89	102	224	19	0

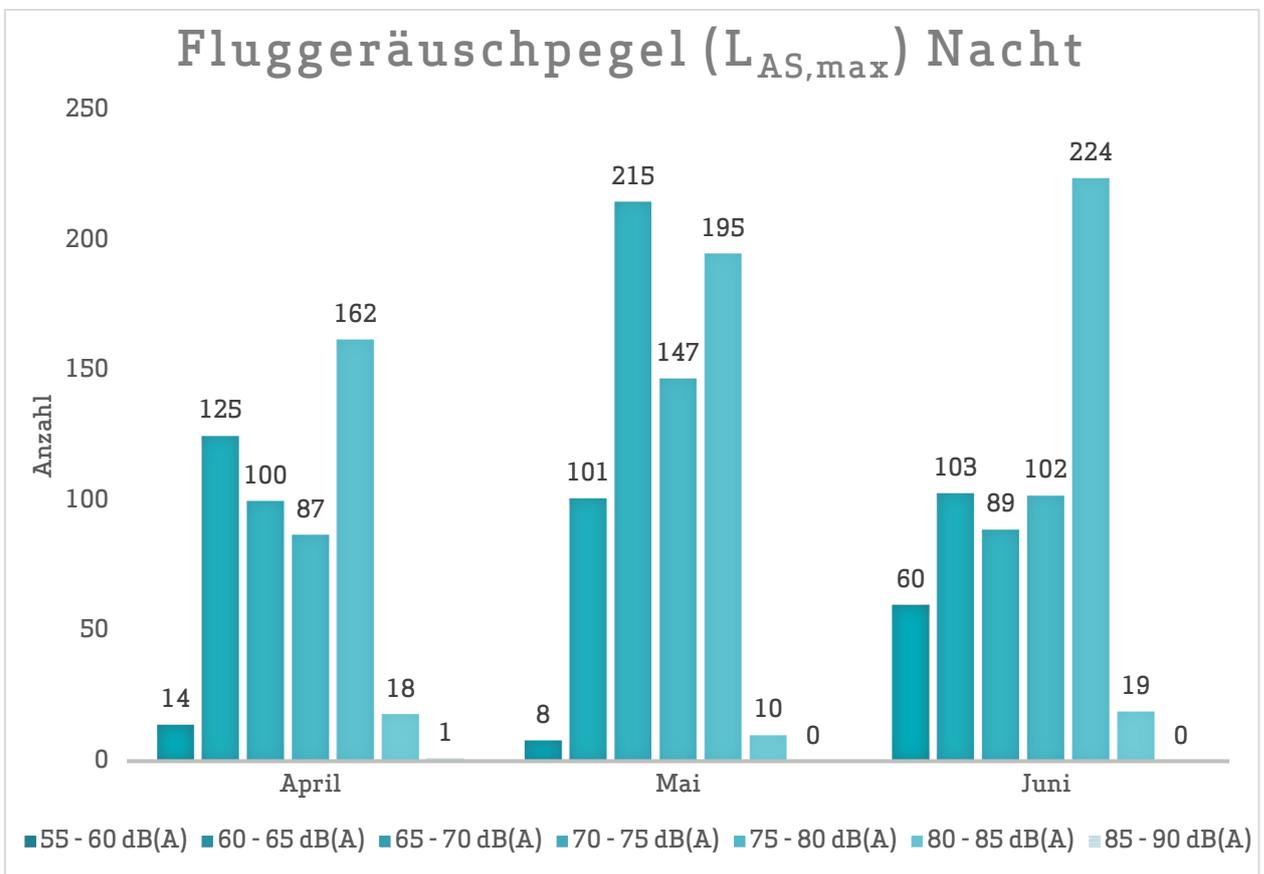


Abb. 13: Maximalpegelverteilung in der Nacht (Fluggeräusch)

4.2 Leq- und NAT-Auswertung

in dB(A)	$L_{DIN,T}$	$L_{DIN,N}$	NAT68*	NAT72*	$L_{eq,T}$	$L_{eq,N}$	$L_{95,T}$	$L_{95,N}$
April	60,1	52,4	312	253	61,2	53,2	46,1	41,7
Mai	61,3	53,1	426	323	63,6	55,9	46,2	42,1
Juni	61,1	53,0	371	338	62,2	54,9	44,6	41,4

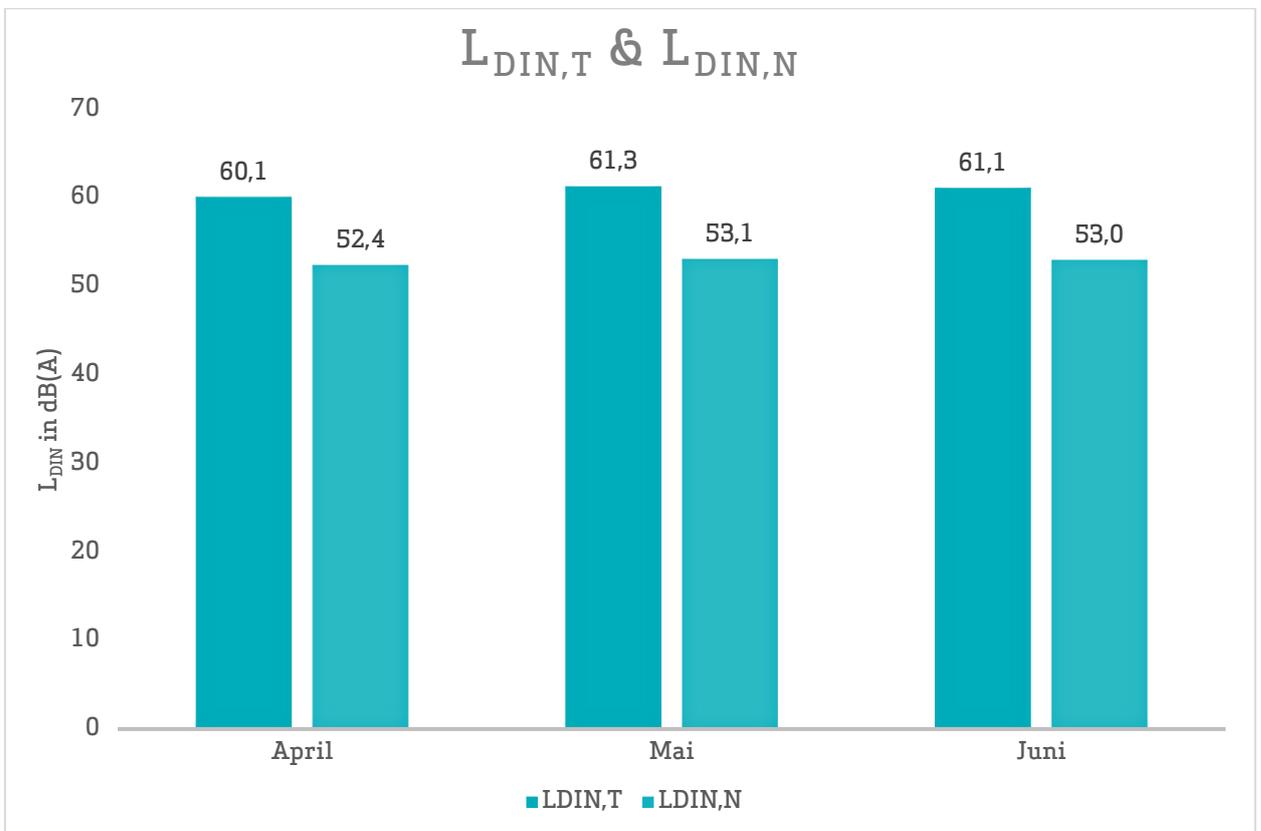


Abb. 14: L_{DIN} Tag und Nacht

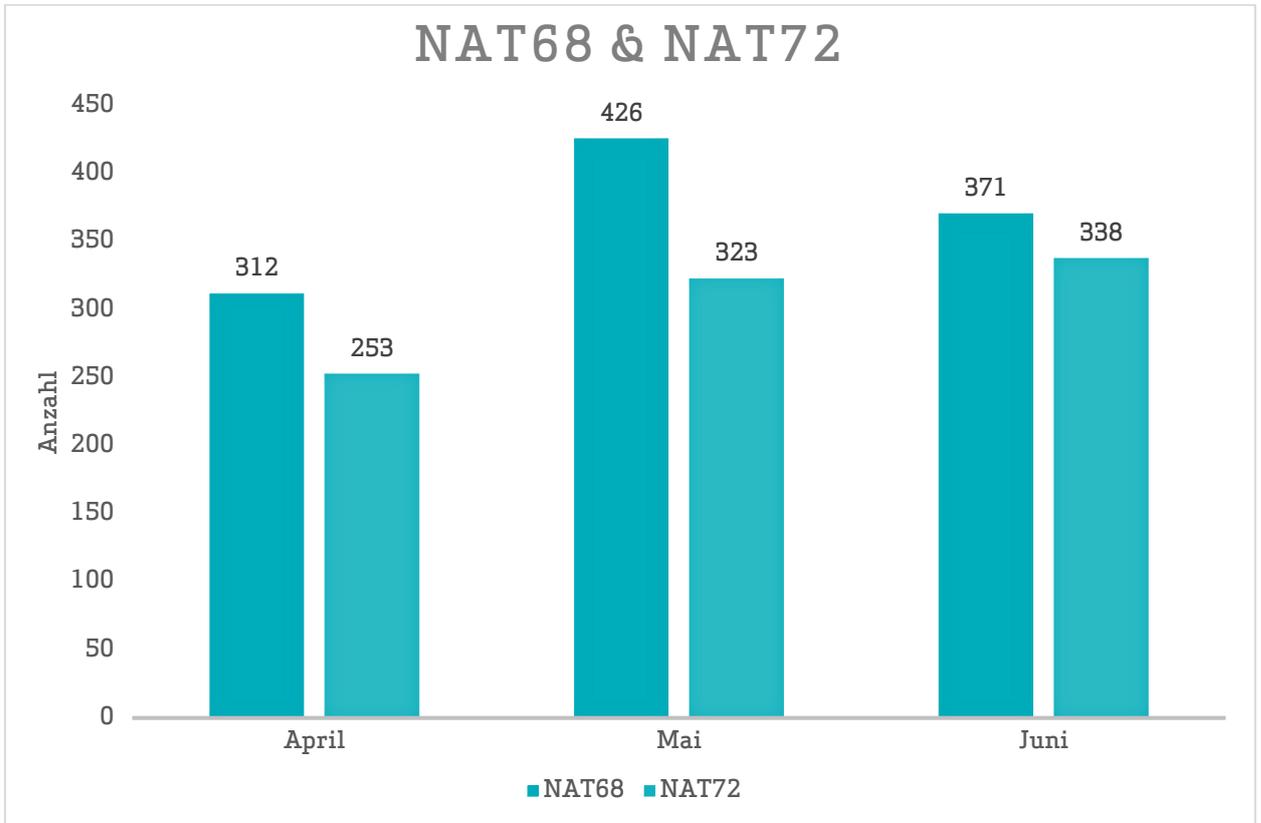


Abb. 15: NAT68 und NAT72

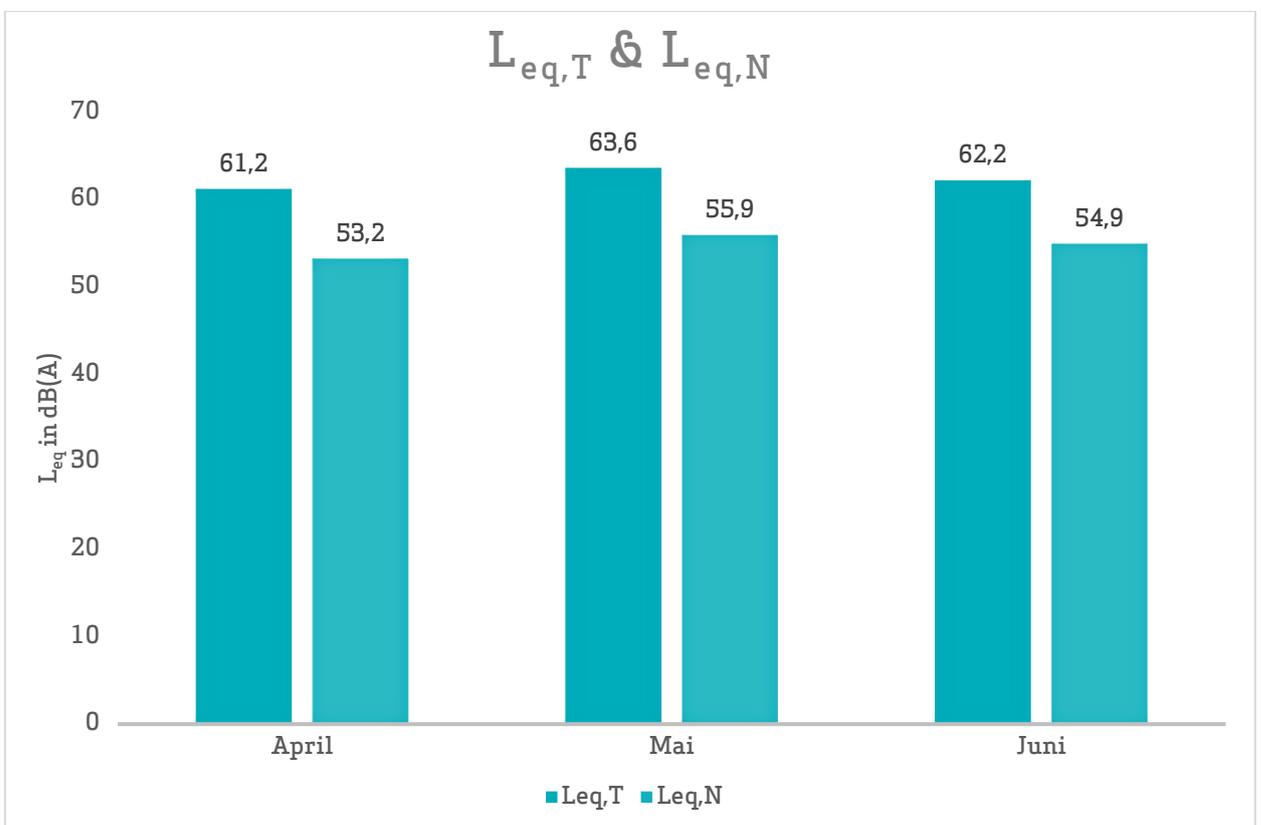


Abb. 16: L_{eq} Tag und Nacht

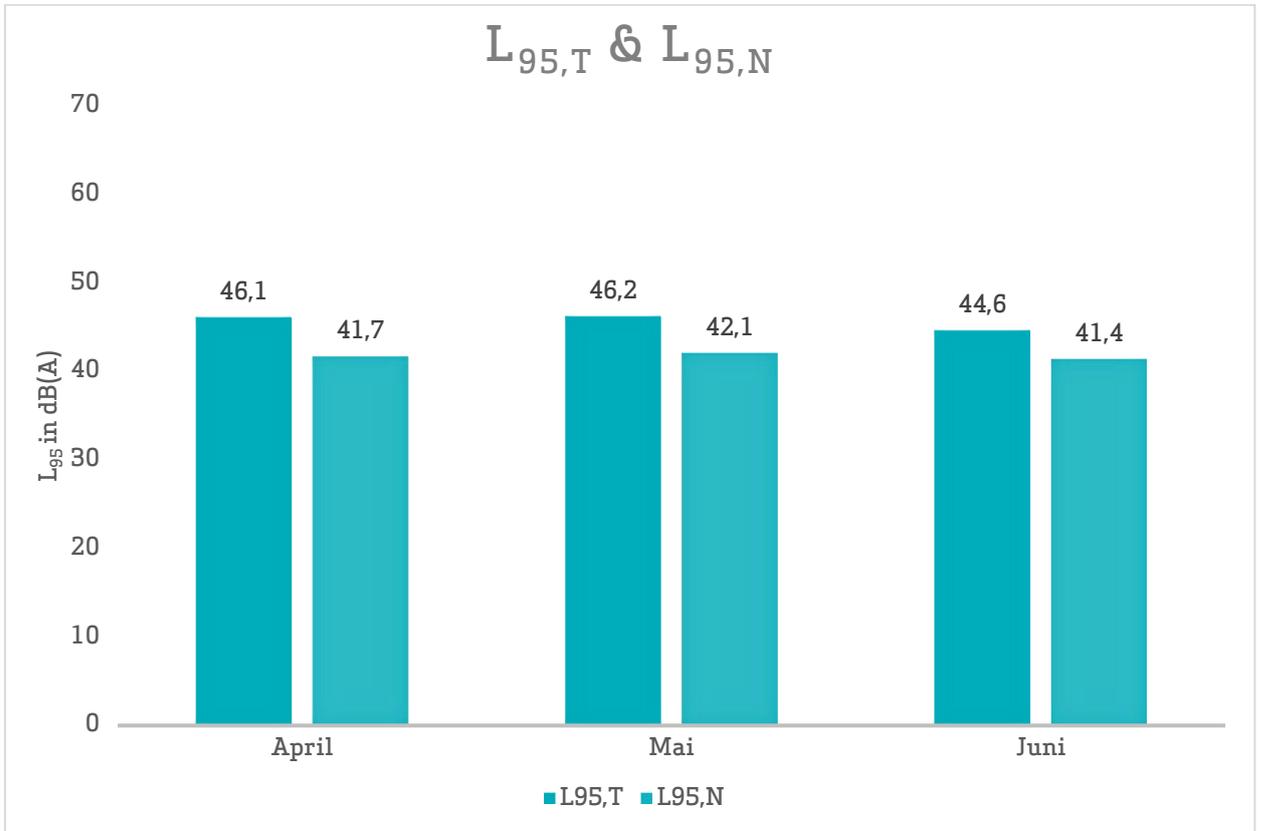


Abb. 17: L₉₅ Tag und Nacht

4.3 Jahresübersicht 2023

in dB(A)	L _{DIN,T}	L _{DIN,N}	NAT68*	NAT72*	L _{eq,T}	L _{eq,N}	L _{95,T}	L _{95,N}
Januar	59,2	51,5	167	129	59,3	63,1	46,2	41,3
Februar	58,7	52,3	238	209	59,5	53,0	45,7	41,0
März	56,4	49,5	136	89	58,1	50,9	46,0	41,2
April	60,1	52,4	312	253	61,2	53,2	46,1	41,7
Mai	61,3	53,1	426	323	63,6	55,9	46,2	42,1
Juni	61,1	53,0	371	338	62,2	54,9	44,6	41,4
Juli								
August								
September								
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.

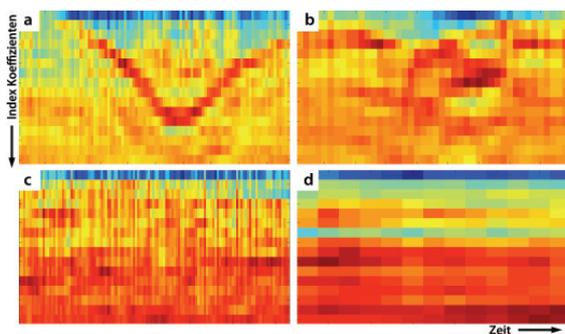


Abbildung 1: MFCC aus verschiedenen Klassen (a: Flugzeug, b: Auto, c: Zug, d: Hintergrund) – Dargestellt sind jeweils 18 Koeffizienten, aufgetragen über der Zeit.

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.

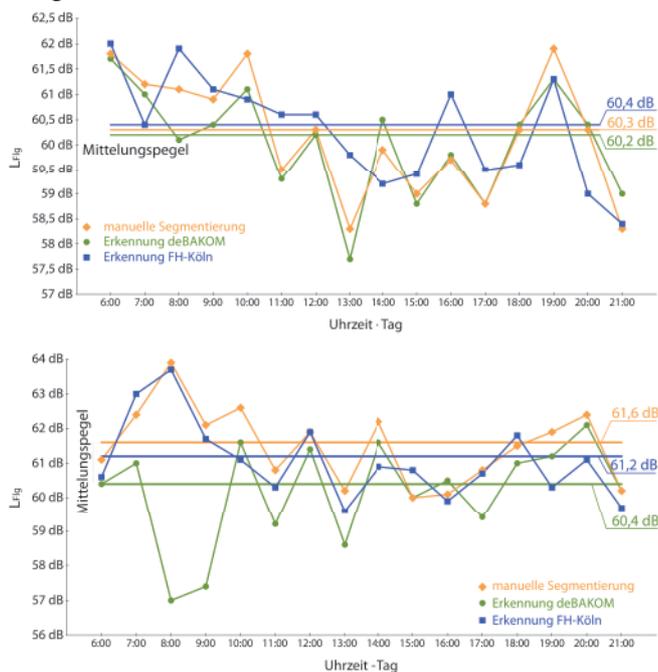


Abbildung 3: Auswertung der Messdaten. Vergleich von Methode 1, Methode 2 und manueller Auswertung. Oben: 23.10.08 (Tag ohne Regen) • Unten: 27.10.08 (Tag mit Regen). Ohne Regen ist die Abweichung der Mittelungspegel nur gering. Erhöht sich durch Regen jedoch das Hintergrundgeräusch, so wird die Erkennung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

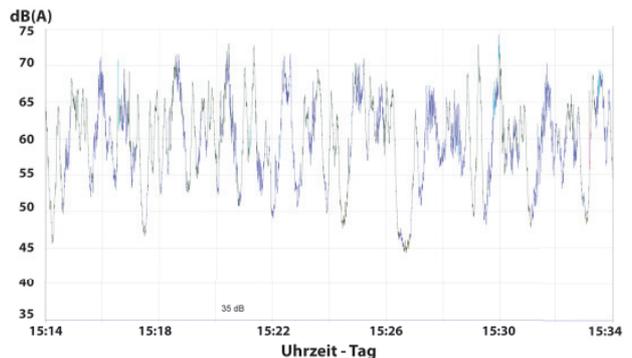
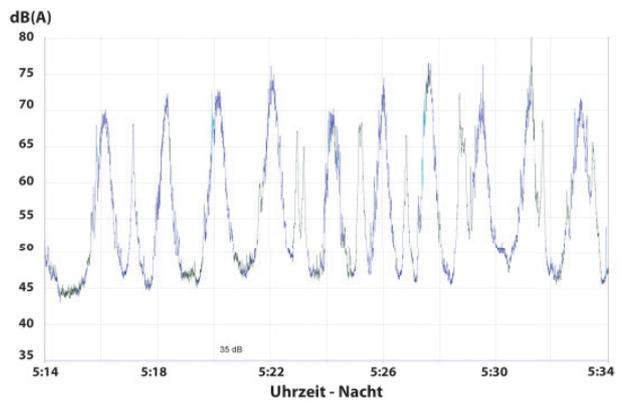


Abbildung 4: Pegelschrieb mit farblich markierter Erkennung der Klasse (blau: Flugzeug, grün: keine Erkennung) - Oben: Nacht • Unten: Tag

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