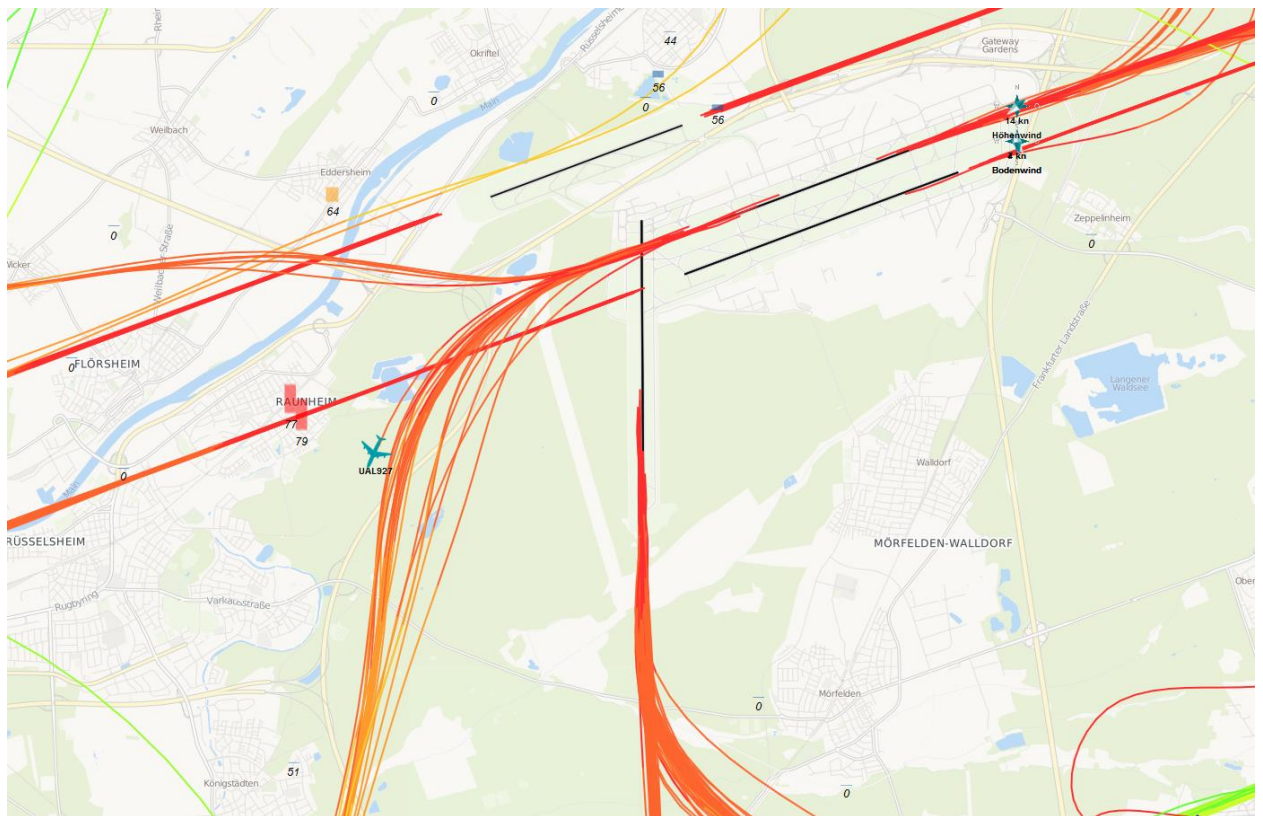


# Auswertung der Überflüge sowie der Fluggeräuschmessdaten des MP-111 in Raunheim

Berichtszeitraum: April 2021 – Juni 2021 | Stand 07.09.2021



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>4</b>
1.1	Messsystem deBAKOM	4
1.2	Erläuterung der verschiedenen Pegel (Abkürzungen)	4
1.3	Standort der Messstation	5
<b>2</b>	<b>Überflughöhen</b>	<b>7</b>
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
<b>3</b>	<b>Fluggeräuscheereignisse</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Fluggeräuschpegel</b>	<b>18</b>
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 Juni 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps).....	7
Abb. 3: BR07 - Identifizierte Anflüge im Juni 2021, Draufsicht (Quelle: Bing Maps).....	8
Abb. 4: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im Juni 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps) .....	8
Abb. 5: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im Juni 2021, Draufsicht (Quelle: Bing Maps) .....	9
Abb. 6: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im Juni 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps) .....	9
Abb. 7: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im Juni 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).

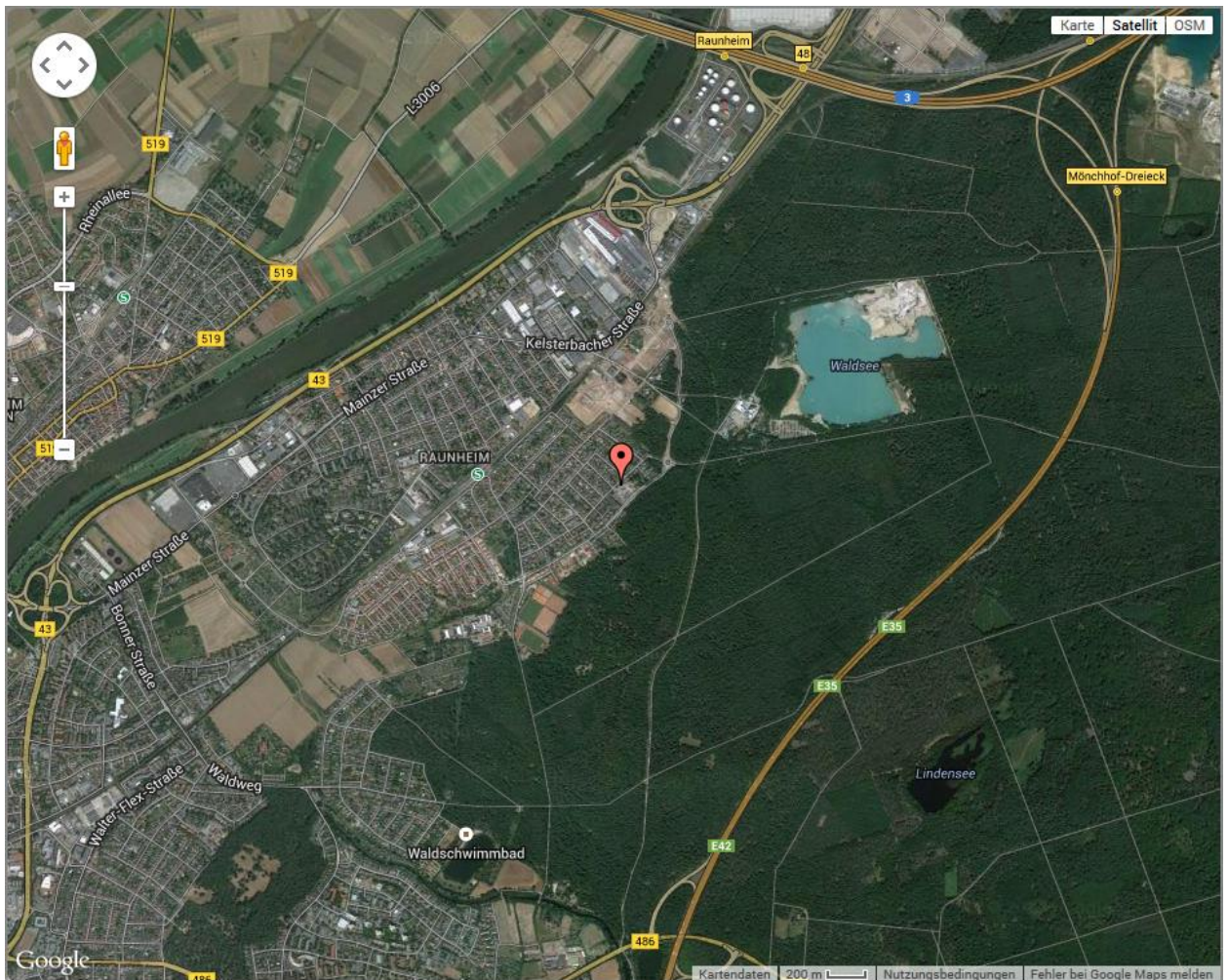


Abb. 1: Standort der Messstation MP-111 (Quelle: Google Maps)

Diese Auswertung umfasst Daten vom 1. April 2021 bis zum 30. Juni 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 Fluggeräuschereignisse	Prozentualer Anteil der erfassten Fluggeräuschereignisse
Anflüge (BR07)	7149	6289	87,97%
Abflüge (BR25) SU	3258	2873	88,18%
Abflüge (BR25) NW	1880	1078	57,34%

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

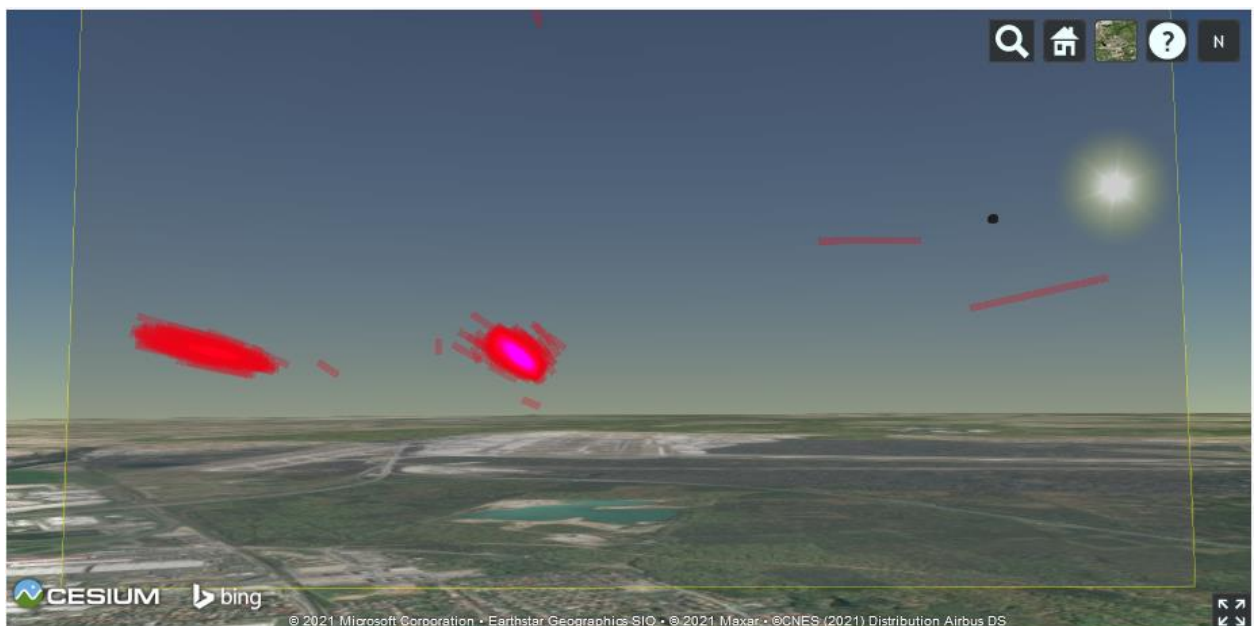


Abb. 2: BR07 - Identifizierte Anflüge im Juni 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



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

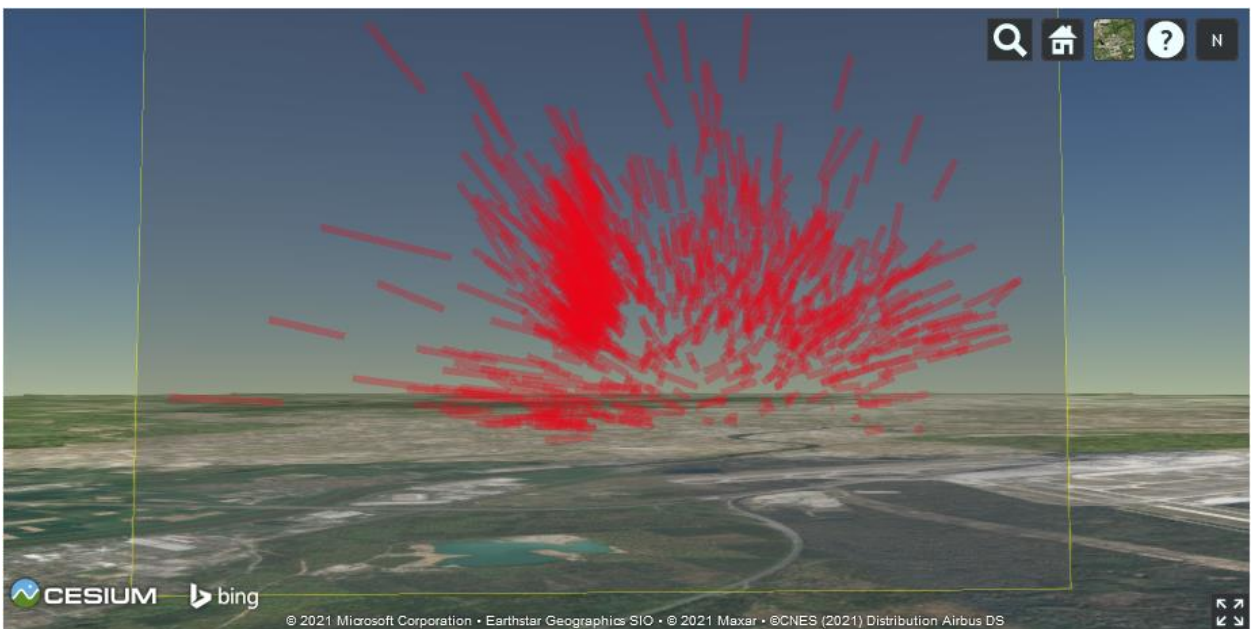


Abb. 4: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im Juni 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



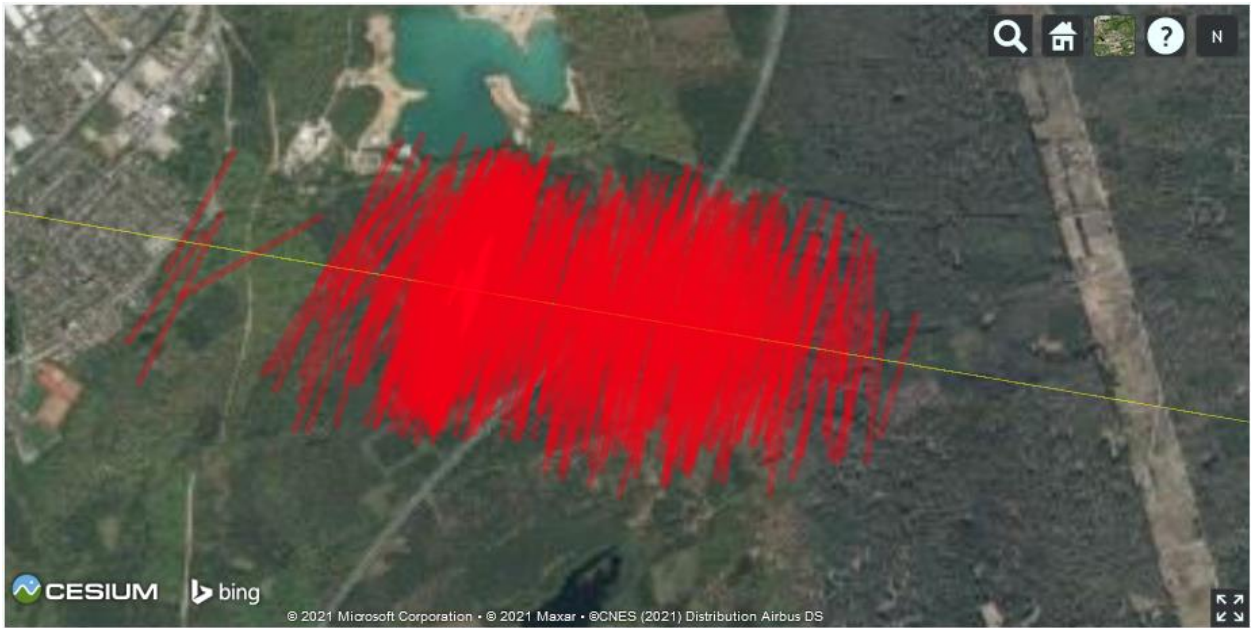


Abb. 5: BR25 (SU) - Identifizierte Abflüge im Juni 2021, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)

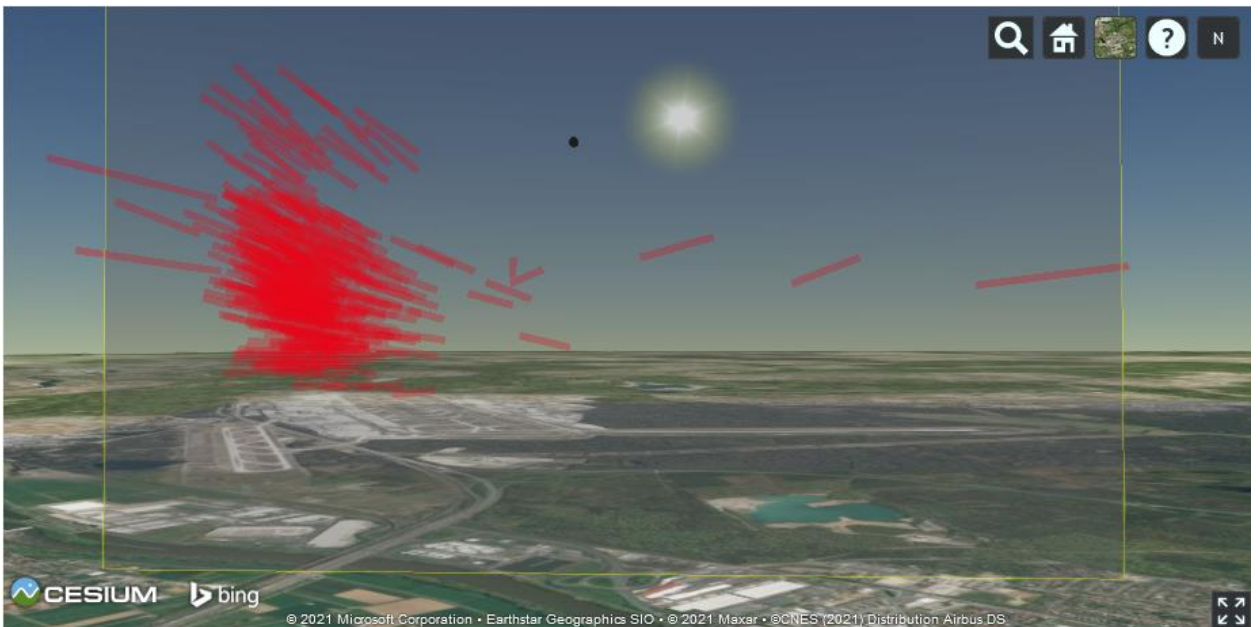


Abb. 6: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im Juni 2021, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



Abb. 7: BR25 (NW) - Identifizierte Abflüge im Juni 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
April	0,00%	22,44%	27,79%	0,00%	6,28%	43,49%	50,23%	49,77%
Mai	0,00%	40,78%	45,93%	0,00%	1,80%	11,48%	86,72%	13,28%
Juni	7,24%	19,49%	26,61%	8,82%	2,26%	35,58%	53,34%	46,66%

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

## 2.3 Ausfallzeiten

Beginn	Ende	Ausfallzeit in Std.	Ausfallgrund
01.04.2021 16:00	02.04.2021 03:59	12 h	Windgeschwindigkeit
02.04.2021 09:00	02.04.2021 10:59	2 h	Windgeschwindigkeit
02.04.2021 17:00	03.04.2021 00:59	8 h	Windgeschwindigkeit
03.04.2021 13:00	03.04.2021 17:59	5 h	Windgeschwindigkeit
04.04.2021 17:00	04.04.2021 17:59	1 h	Technische Störung
05.04.2021 09:00	06.04.2021 20:59	36 h	Windgeschwindigkeit
07.04.2021 10:00	07.04.2021 23:59	14 h	Windgeschwindigkeit
09.04.2021 15:00	09.04.2021 17:59	3 h	Windgeschwindigkeit
11.04.2021 11:00	11.04.2021 16:59	6 h	Windgeschwindigkeit

12.04.2021 05:00	12.04.2021 05:44	0,75 h	Technische Störung
12.04.2021 17:00	12.04.2021 18:59	2 h	Windgeschwindigkeit
15.04.2021 15:00	15.04.2021 19:59	5 h	Windgeschwindigkeit
16.04.2021 08:00	16.04.2021 16:59	9 h	Windgeschwindigkeit
17.04.2021 09:00	17.04.2021 17:59	9 h	Windgeschwindigkeit
22.04.2021 00:00	22.04.2021 09:59	10 h	Windgeschwindigkeit
22.04.2021 17:00	22.04.2021 19:59	3 h	Windgeschwindigkeit
24.04.2021 18:00	25.04.2021 21:59	28 h	Windgeschwindigkeit
26.04.2021 09:00	26.04.2021 10:59	2 h	Windgeschwindigkeit
26.04.2021 15:00	26.04.2021 20:59	6 h	Windgeschwindigkeit
28.04.2021 19:00	28.04.2021 19:59	1 h	Windgeschwindigkeit
29.04.2021 10:00	29.04.2021 20:59	11 h	Windgeschwindigkeit
01.05.2021 23:00	01.05.2021 23:59	1 h	Windgeschwindigkeit
02.05.2021 10:00	02.05.2021 17:59	8 h	Windgeschwindigkeit
03.05.2021 11:00	03.05.2021 19:59	9 h	Windgeschwindigkeit
04.05.2021 03:00	04.05.2021 23:59	21 h	Windgeschwindigkeit
05.05.2021 07:00	05.05.2021 19:59	13 h	Windgeschwindigkeit
06.05.2021 13:00	06.05.2021 13:59	1 h	Windgeschwindigkeit
07.05.2021 08:00	07.05.2021 17:59	10 h	Windgeschwindigkeit
08.05.2021 15:00	08.05.2021 18:59	4 h	Windgeschwindigkeit
09.05.2021 12:00	09.05.2021 17:59	6 h	Windgeschwindigkeit
10.05.2021 10:00	10.05.2021 14:59	5 h	Windgeschwindigkeit
13.05.2021 17:00	13.05.2021 19:59	3 h	Windgeschwindigkeit
15.05.2021 08:00	15.05.2021 16:59	9 h	Windgeschwindigkeit
16.05.2021 11:00	16.05.2021 19:59	9 h	Windgeschwindigkeit
17.05.2021 09:00	17.05.2021 17:59	9 h	Windgeschwindigkeit
18.05.2021 09:00	18.05.2021 15:59	7 h	Windgeschwindigkeit
19.05.2021 14:00	19.05.2021 18:59	5 h	Windgeschwindigkeit
20.05.2021 14:00	20.05.2021 16:59	3 h	Windgeschwindigkeit
21.05.2021 07:00	22.05.2021 19:59	37 h	Windgeschwindigkeit
23.05.2021 06:00	23.05.2021 18:59	13 h	Windgeschwindigkeit
24.05.2021 13:00	24.05.2021 16:59	4 h	Windgeschwindigkeit
25.05.2021 01:00	25.05.2021 17:59	17 h	Windgeschwindigkeit
25.05.2021 23:00	25.05.2021 23:59	1 h	Windgeschwindigkeit
26.05.2021 13:00	26.05.2021 17:59	5 h	Windgeschwindigkeit
27.05.2021 09:00	27.05.2021 11:59	3 h	Windgeschwindigkeit
29.05.2021 23:00	30.05.2021 00:59	2 h	Windgeschwindigkeit

30.05.2021 14:00	30.05.2021 18:59	5 h	Windgeschwindigkeit
06.06.2021 15:00	06.06.2021 19:59	5 h	Windgeschwindigkeit
07.06.2021 11:00	07.06.2021 14:59	4 h	Windgeschwindigkeit
10.06.2021 17:00	10.06.2021 18:59	2 h	Windgeschwindigkeit
12.06.2021 07:00	12.06.2021 07:14	0,25 h	Technische Störung
12.06.2021 13:00	12.06.2021 20:59	8 h	Windgeschwindigkeit
14.06.2021 12:00	14.06.2021 13:44	1,75 h	Wartungsarbeiten
15.06.2021 05:00	15.06.2021 05:34	0,58 h	Technische Störung
17.06.2021 11:00	17.06.2021 11:09	0,17 h	Windgeschwindigkeit
20.06.2021 05:00	20.06.2021 06:59	2 h	Windgeschwindigkeit
21.06.2021 09:00	21.06.2021 21:59	13 h	Windgeschwindigkeit
22.06.2021 05:00	22.06.2021 10:59	6 h	Windgeschwindigkeit
23.06.2021 15:00	23.06.2021 19:59	5 h	Windgeschwindigkeit
25.06.2021 10:00	25.06.2021 11:59	2 h	Windgeschwindigkeit
29.06.2021 16:00	29.06.2021 18:59	3 h	Gewitter
30.06.2021 11:00	30.06.2021 13:59	3 h	Windgeschwindigkeit

## 2.4 Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07

Bei den Auswertungen der An- und Abflughöhen wurden nur Flüge betrachtet, die durch die o.a. „Durchflug-tore“ 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		1328	1299	1275
Standardfehler des Mittelwerts		1	1	1
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1327	1297	1274
	Obergrenze	1329	1301	1276
5% getrimmtes Mittel		1327	1298	1274
Median		1325	1297	1274
Varianz		846	708	743
Standardabweichung		29	27	27
Minimum		1042	1207	1187
Maximum		1574	1428	1671
Spannweite		532	221	484
Interquartilbereich		35	33	34
Schiefe		0,41	0,59	1,33
Kurtosis		6,44	1,46	16,09
Anzahl Ereignisse:		<b>2489</b>	<b>938</b>	<b>2862</b>

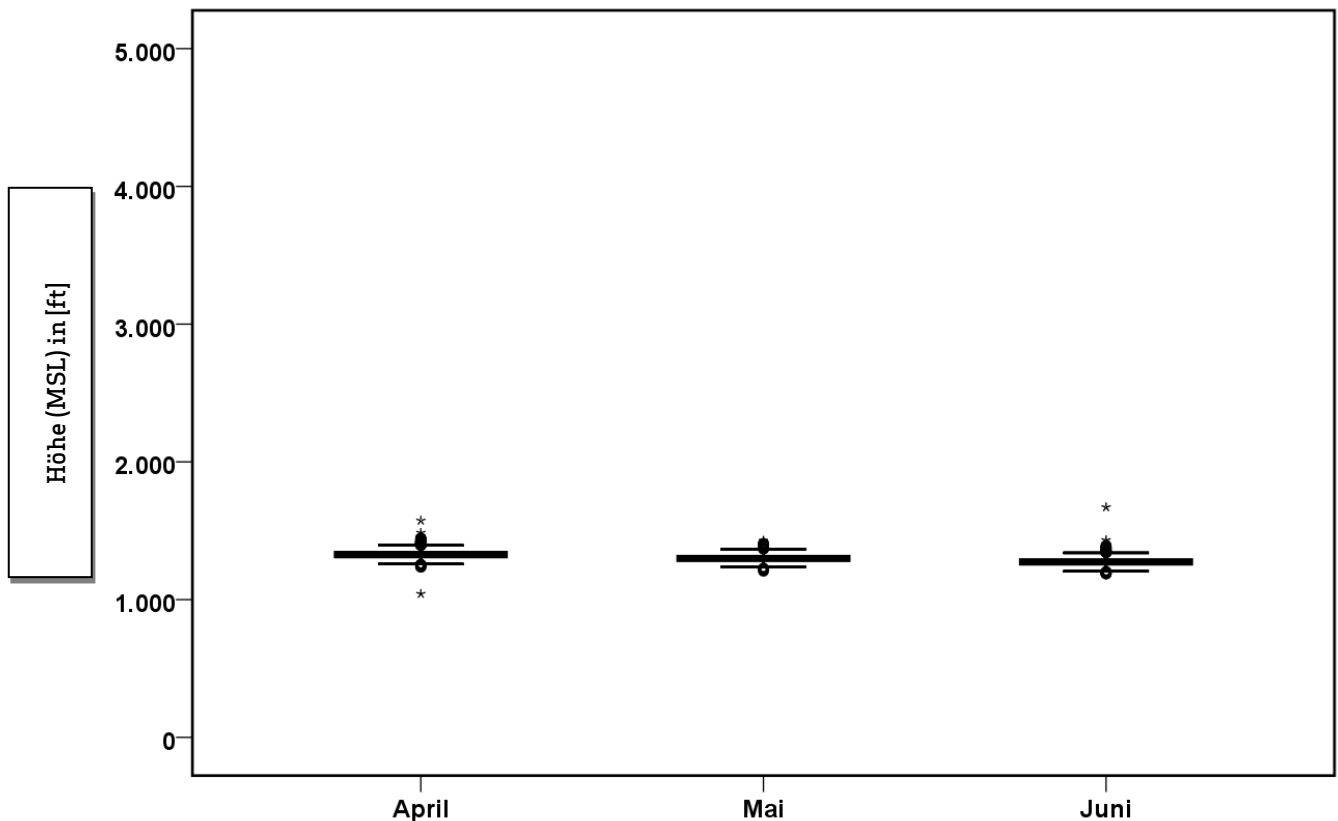


Abb. 8: Boxplots - Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07

## 2.5 Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Südumfliegung

Höhe (MSL) in [ft] bei BR25	April	Mai	Juni
Mittelwert	3042	3073	2881
Standardfehler des Mittelwerts	26	21	21
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	3033	2841
	Obergrenze	3093	2922
5% getrimmtes Mittel	3026	3067	2871
Median	3022	3093	2856
Varianz	525015	483863	418352
Standardabweichung	725	696	647
Minimum	1527	1512	1471
Maximum	5614	5236	5019
Spannweite	4087	3724	3548
Interquartilbereich	955	964	786
Schiefe	0,32	0,06	0,16
Kurtosis	0,03	-0,31	0,11
Anzahl Ereignisse:	<b>766</b>	<b>1136</b>	<b>971</b>

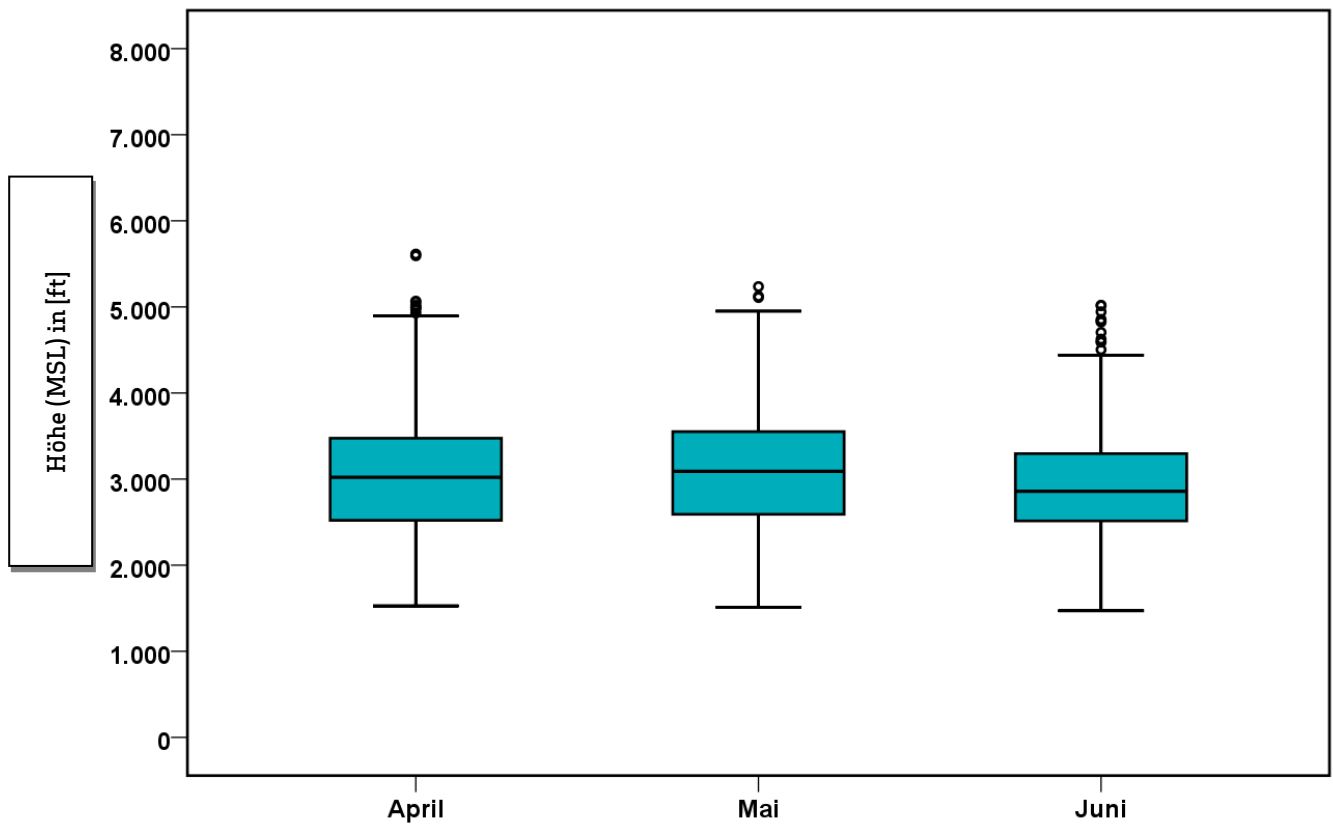


Abb. 9: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Südumfliegung

## 2.6 Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Nordwest-Abflugstrecken

Höhe (MSL) in [ft] bei BR25		April	Mai	Juni
Mittelwert		2678	2773	2579
Standardfehler des Mittelwerts		32	30	26
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2615	2715	2529
	Obergrenze	2741	2831	2630
5% getrimmtes Mittel		2662	2743	2541
Median		2642	2716	2516
Varianz		266275	366643	263586
Standardabweichung		516	606	513
Minimum		1347	1236	1555
Maximum		4556	6093	5030
Spannweite		3209	4857	3475
Interquartilbereich		771	906	581
Schiefe		0,48	0,87	1,24
Kurtosis		0,34	2,12	2,76
Anzahl Ereignisse:		<b>262</b>	<b>421</b>	<b>395</b>

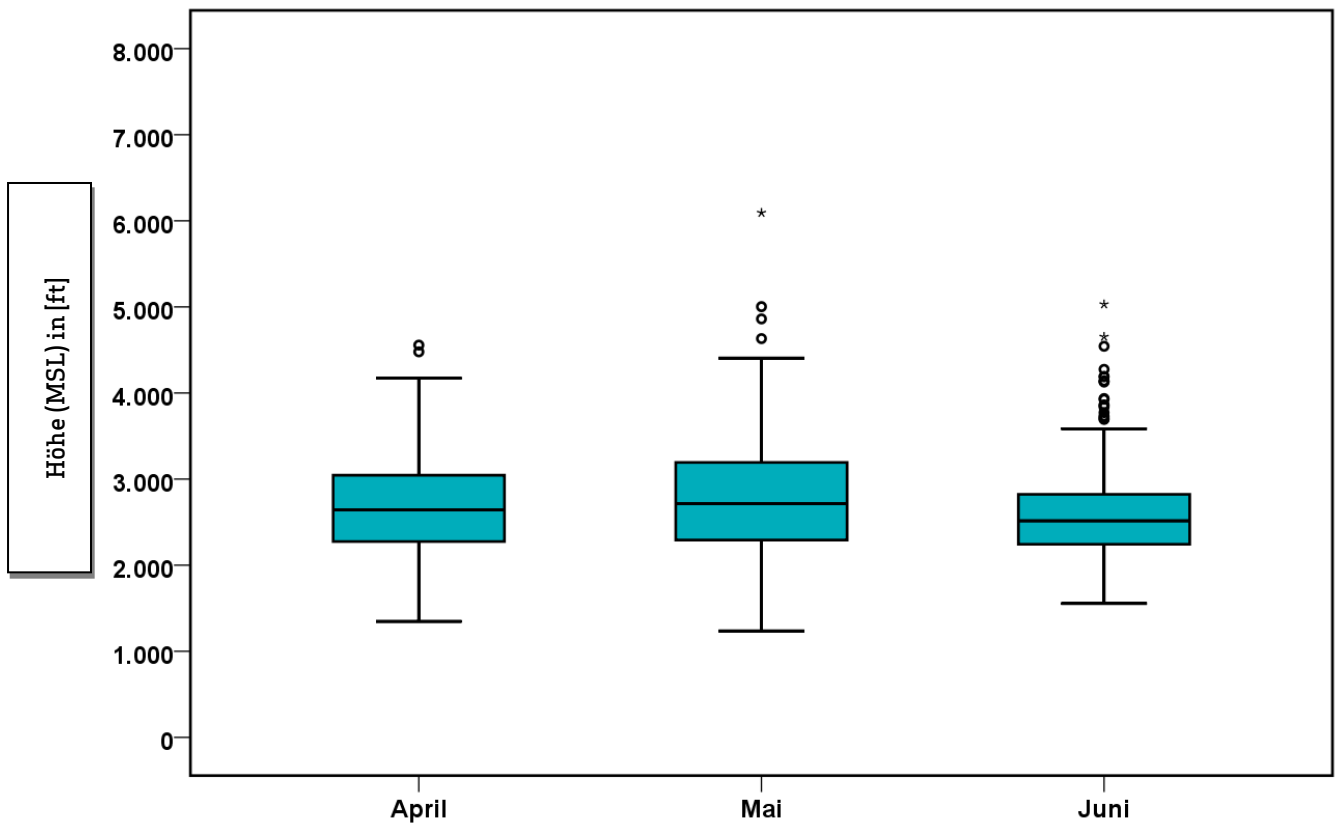


Abb. 10: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 25 – Nordwest-Abflugstrecken

---

# 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	3266	251	3517
Mai	2317	178	2495
Juni	3926	302	4228

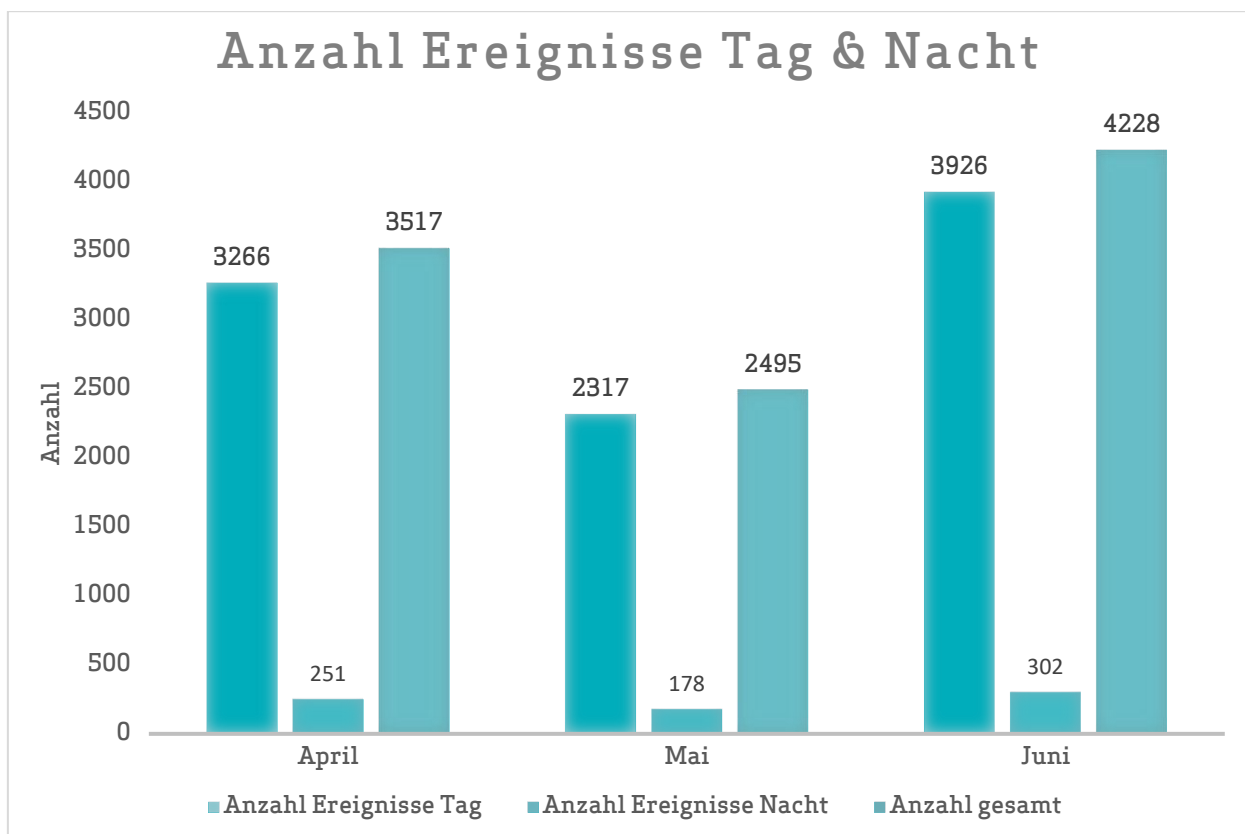


Abb. 11: Anzahl Fluggeräuscheignisse (Tag und Nacht)

## 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)
April	24	420	657	1073	976	115	1	0
Mai	41	510	816	457	426	65	2	0
Juni	91	539	638	1193	1307	152	5	1

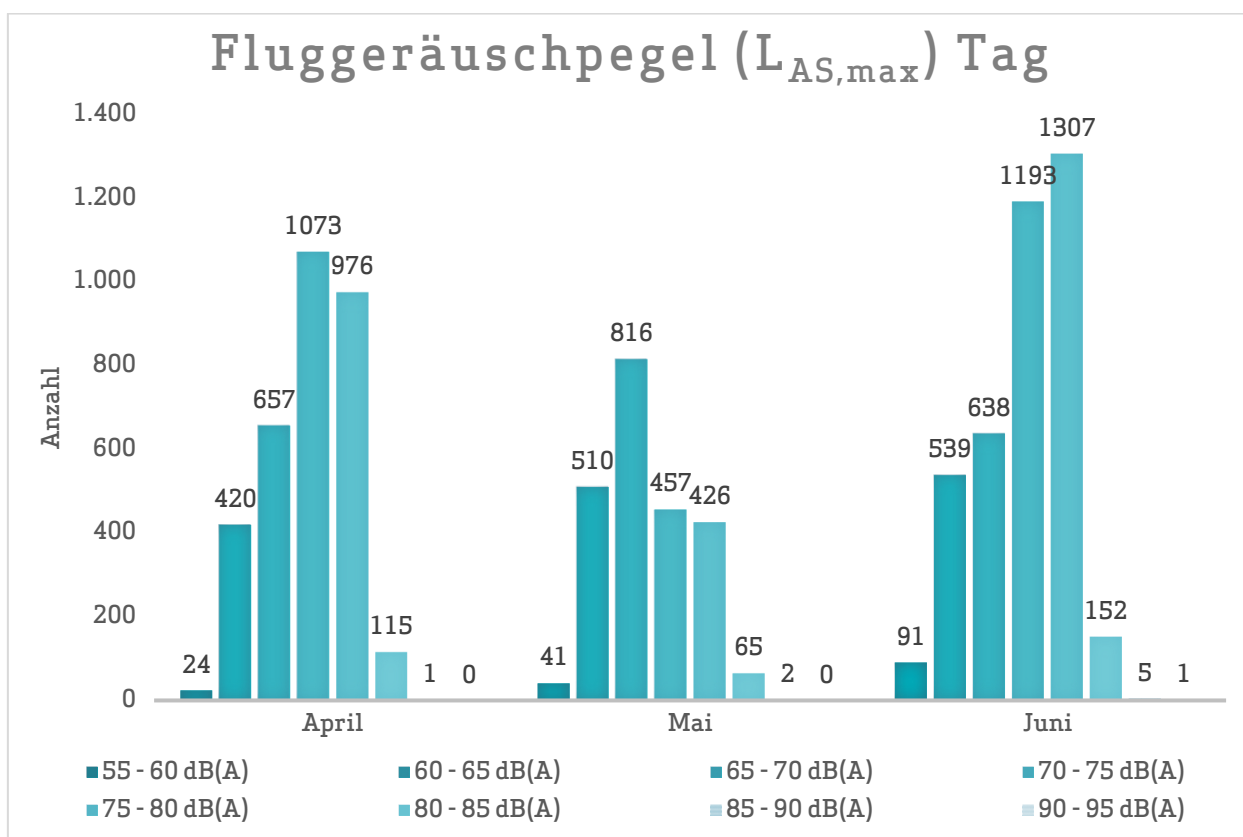


Abb. 12: Maximalpegelverteilung am Tag (Fluggeräusch)

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)
April	2	35	67	49	88	10
Mai	1	63	51	28	29	6
Juni	3	50	113	37	87	12

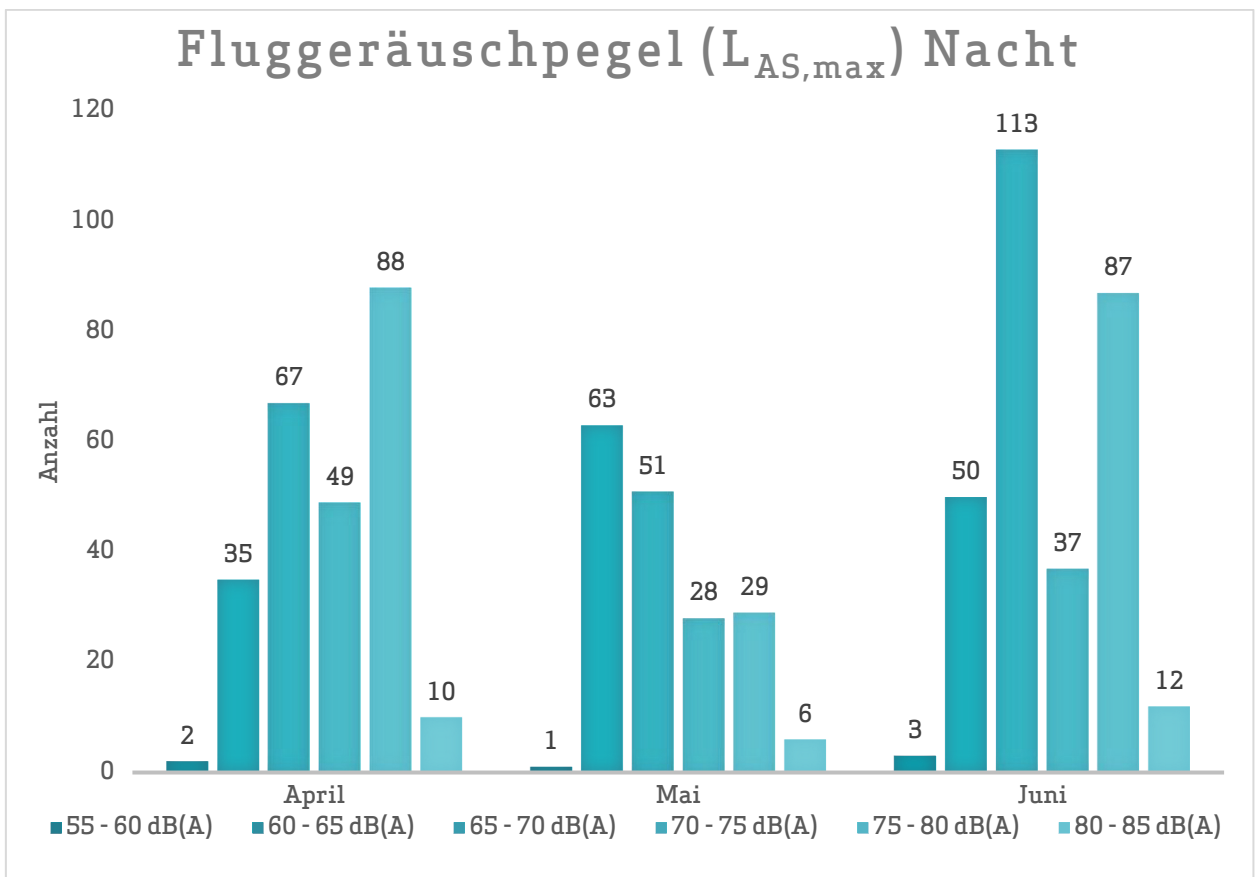


Abb. 13: Maximalpegelverteilung in der Nacht (Fluggeräusch)

## 4.2 Leq- und NAT-Auswertung

in dB(A)	L <sub>DIN,T</sub>	L <sub>DIN,N</sub>	NAT68*	NAT72*	L <sub>eq,T</sub>	L <sub>eq,N</sub>	L <sub>95,T</sub>	L <sub>95,N</sub>
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

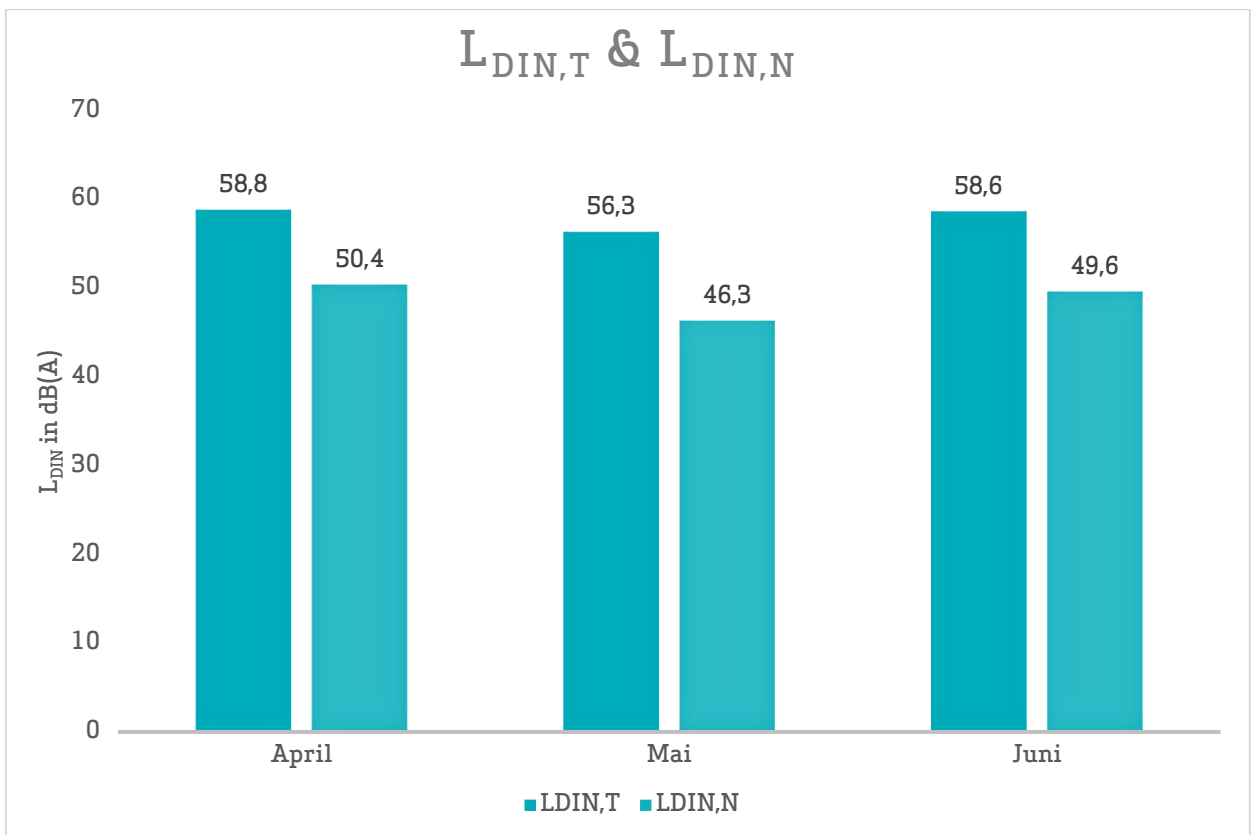


Abb. 14: L<sub>DIN</sub> Tag und Nacht

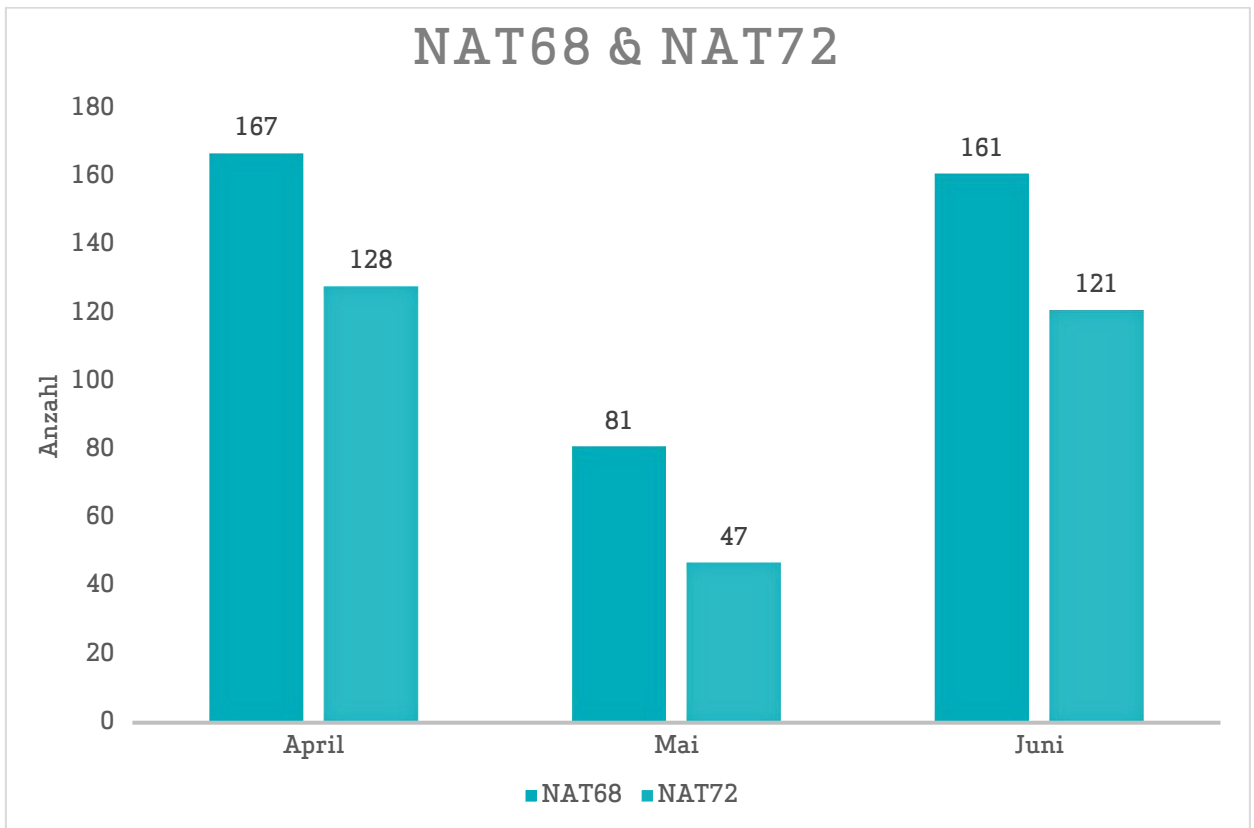


Abb. 15: NAT68 und NAT72

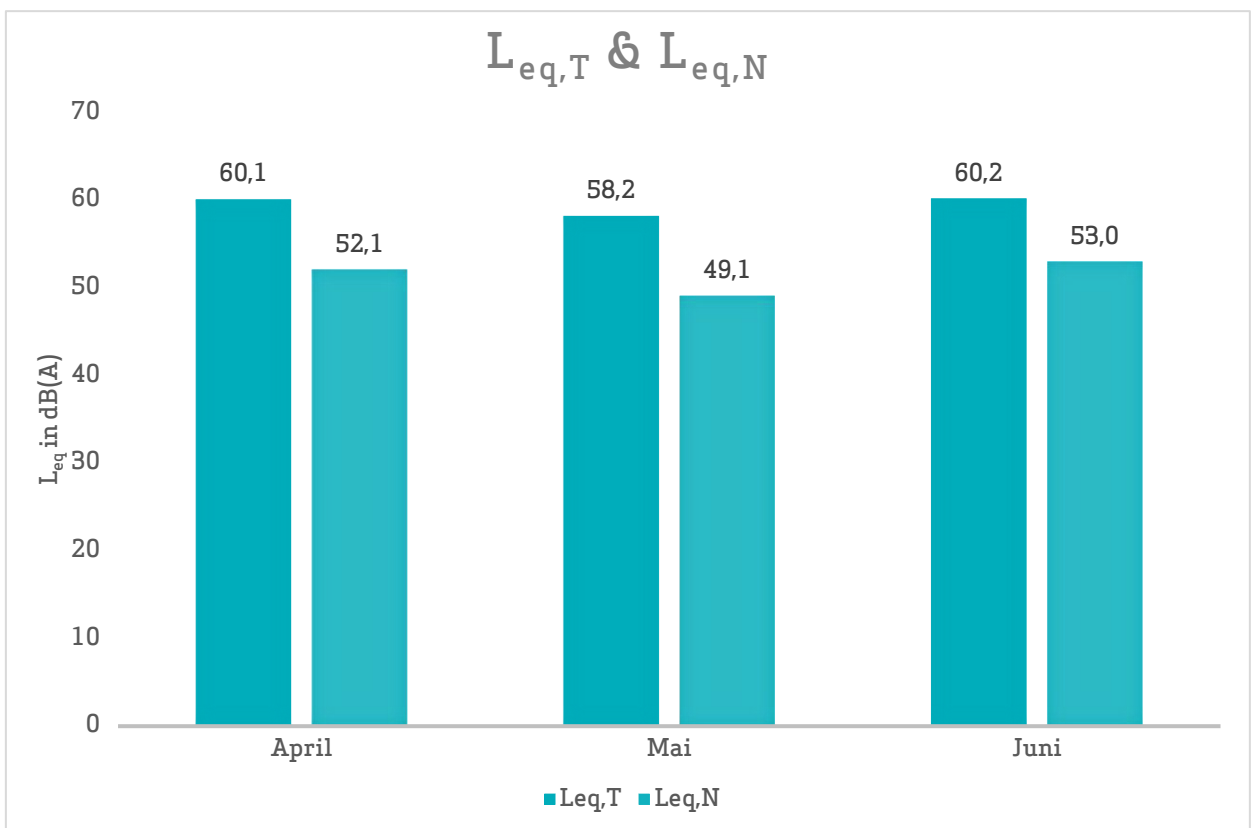


Abb. 16:  $L_{eq}$  Tag und Nacht

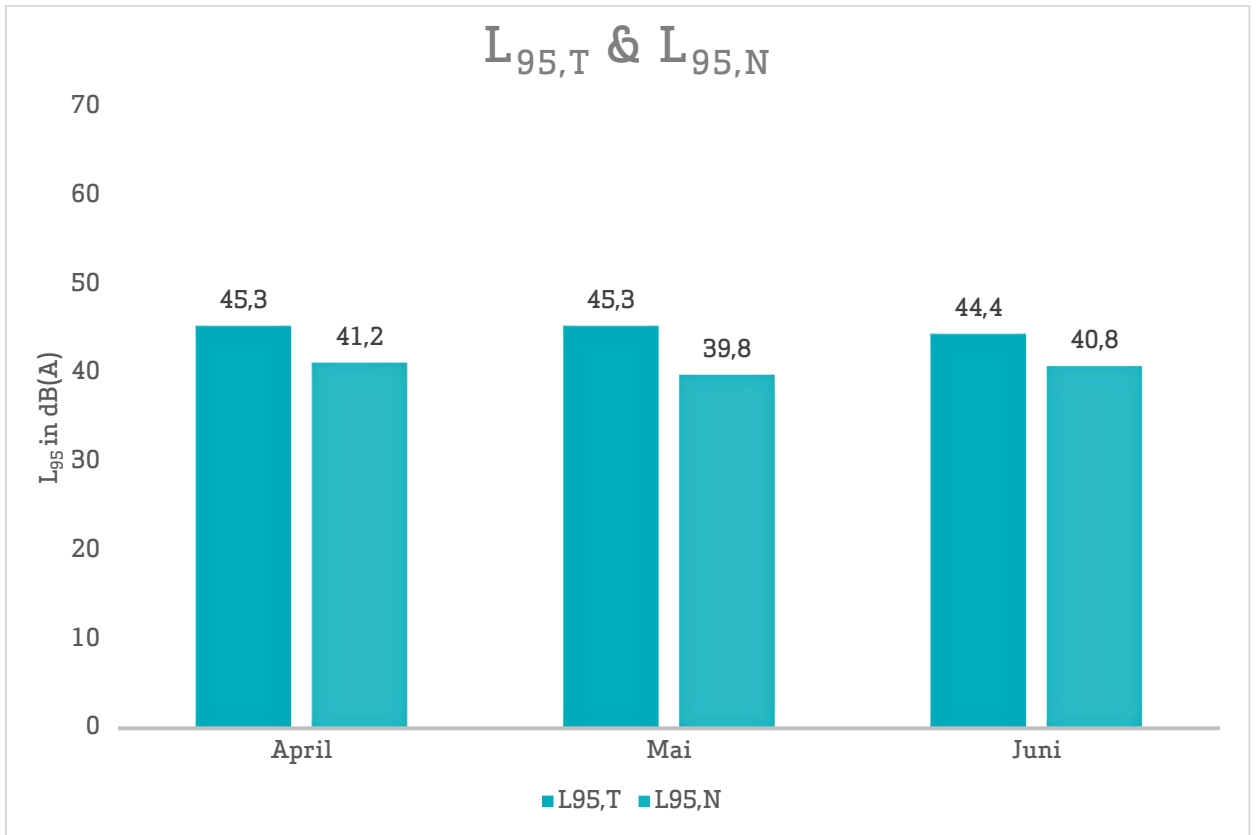


Abb. 17: L<sub>95</sub> Tag und Nacht

## 4.3 Jahresübersicht 2021

in dB(A)	L <sub>DIN,T</sub>	L <sub>DIN,N</sub>	NAT68*	NAT72*	L <sub>eq,T</sub>	L <sub>eq,N</sub>	L <sub>95,T</sub>	L <sub>95,N</sub>
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								
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](http://www.umwelthaus.org)



# Fluglärmmessung mit automatischer Geräuschklassifikation

D.Hemmer<sup>1</sup>, D. Knauß<sup>2</sup>, C. Pörschmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fachhochschule Köln, 50679 Köln - e-mail: [dominic.hemmer@fh-koeln.de](mailto:dominic.hemmer@fh-koeln.de)

<sup>2</sup> 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.

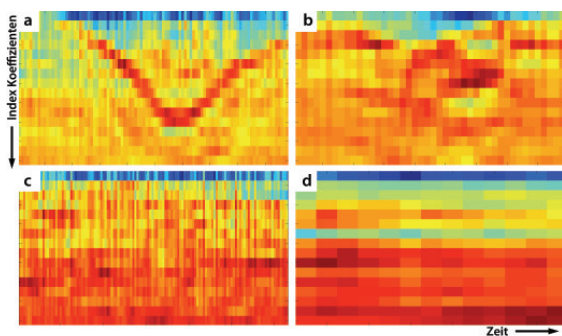


Abbildung 1: MFCC aus verschiedenen Klassen (a: Flugzeug, b: Auto, c: Zug, d: Hintergrund) – Dargestellt sind jeweils 18 Koeffizienten, aufgetragen über der Zeit.

## 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 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.

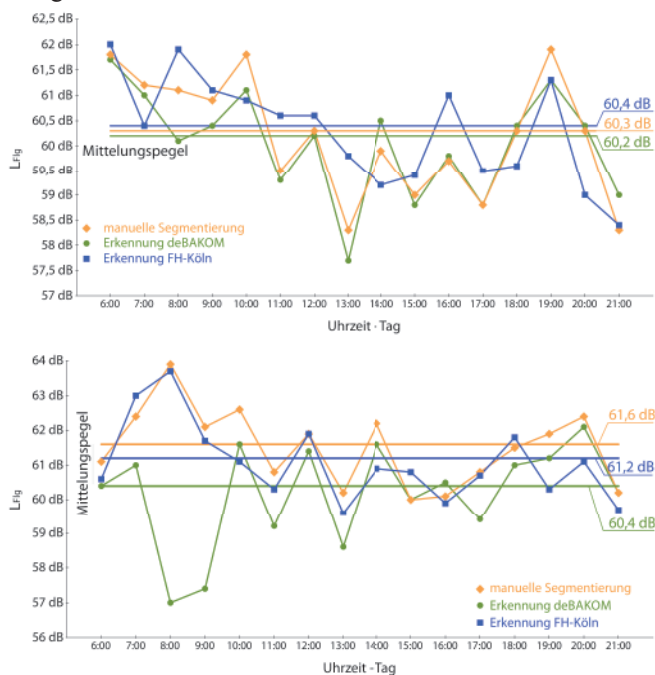


Abbildung 3: Auswertung der Messdaten. Vergleich von Methode 1, Methode 2 und manueller Auswertung. Oben: 23.10.08 (Tag ohne Regen) • Unten: 27.10.08 (Tag mit Regen). Ohne Regen ist die Abweichung der Mittelungspegel nur gering. Erhöht sich durch Regen jedoch das Hintergrundgeräusch, so wird die Erkennung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

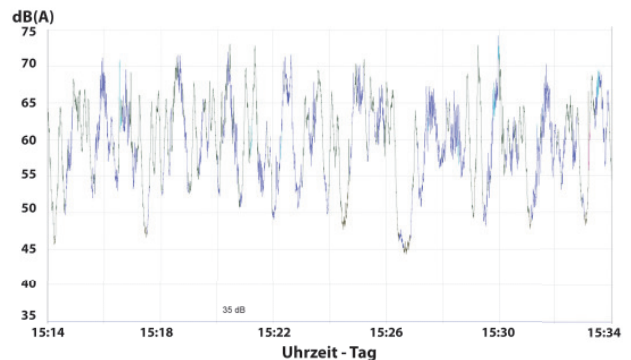
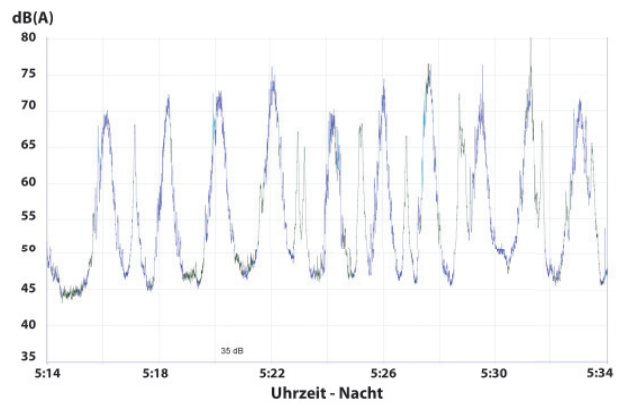


Abbildung 4: Pegelschrieb mit farblich markierter Erkennung der Klasse (blau: Flugzeug, grün: keine Erkennung) - Oben: Nacht • Unten: Tag

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