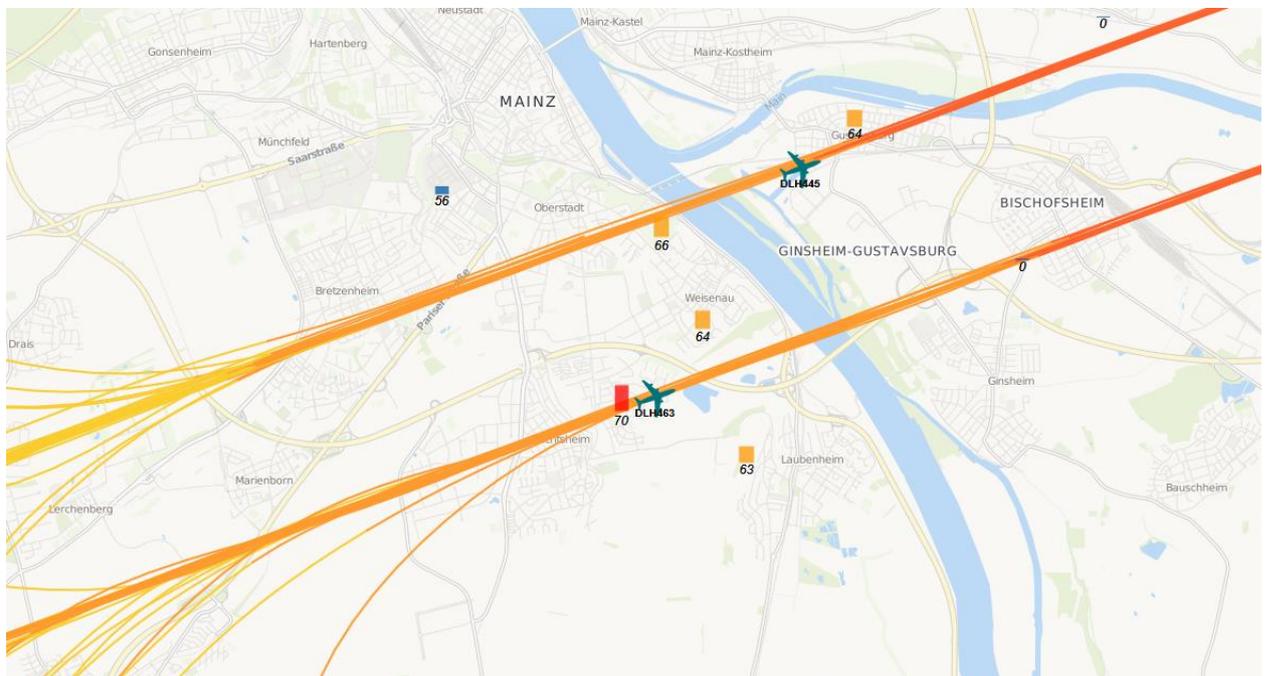


# Auswertung der Überflüge sowie der Fluggeräuschmessdaten des MP-301 in Mainz-Hechtsheim

Berichtszeitraum: Januar 2020 – März 2020 | Stand 22.05.2020



# 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 Erfassungsrates	7
2.2	Bahnnutzung bzgl. Landungen	9
2.3	Ausfallzeiten	9
2.4	Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07	11
2.5	Abflughöhen bei Betriebsrichtung 18 und 25	13
<b>3</b>	<b>Fluggeräuschereignisse</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Fluggeräuschpegel</b>	<b>16</b>
4.1	Maximalpegelverteilung	16
4.2	Leq- und NAT-Auswertung	18
4.3	Jahresübersicht 2020	21

# Anlagen

Anlage 1: Geräuschklassifikation der Firma deBAKOM

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Standort der Messstation MP-301 (Quelle: Google Maps) .....	5
Abb. 2: BR07 - Identifizierte Anflüge im März 2020, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps) .....	7
Abb. 3: BR07 - Identifizierte Anflüge im März 2020, Draufsicht (Quelle: Bing Maps) .....	8
Abb. 4: BR18 & BR25 - Identifizierte Abflüge im März 2020, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps) ...	8
Abb. 5: BR18 & BR25 - Identifizierte Abflüge im März 2020, Draufsicht (Quelle: Bing Maps) .....	9
Abb. 6: Boxplots - Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07 .....	12
Abb. 7: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 18 und 25 .....	13
Abb. 8: Anzahl Fluggeräuscheignisse (Tag und Nacht) .....	15
Abb. 9: Maximalpegelverteilung am Tag (Fluggeräusch) .....	16
Abb. 10: Maximalpegelverteilung in der Nacht (Fluggeräusch) .....	17
Abb. 11: $L_{DIN}$ Tag und Nacht .....	18
Abb. 12: NAT68 und NAT72 .....	19
Abb. 13: $L_{eq}$ Tag und Nacht .....	19
Abb. 14: $L_{95}$ Tag und Nacht .....	20

# 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 einem Privatgrundstück in Mainz-Hechtsheim wurde am 27. Februar 2014 in Betrieb genommen. Die Koordinaten des Standortes (MP-301) lauten: 32 U 449020; 5535391 [UTM]. Die Messhöhe des Mikrofons beträgt 3 m über dem Dach des Hauses (ca. 12 m ü. Grund).

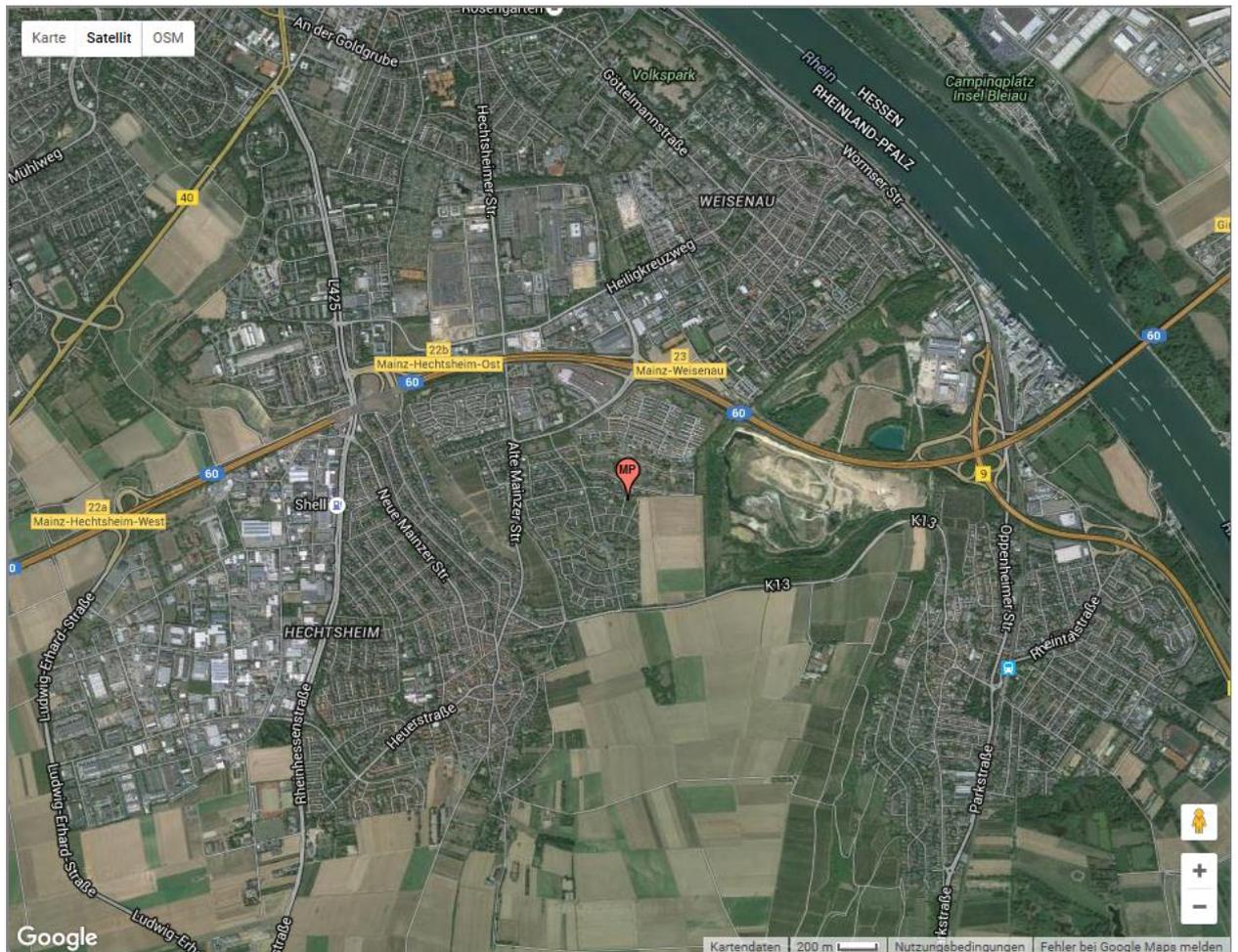


Abb. 1: Standort der Messstation MP-301 (Quelle: Google Maps)

Diese Auswertung umfasst Daten vom 1. Januar 2020 bis zum 31. März 2020.

---

# Auswertung der Überflüge über Mainz-Hechtsheim

---



## 2 Überflughöhen

### 2.1 Auswertungsmethode und Erfassungsrate

Die Auswertebereiche für die Überflüge über dem MP-301 haben folgende Ausdehnungsmaße:

- **Anflüge (BR07):** Breite jeweils 1852 m (1 NM) links und rechts der Station; die Auswertungshöhe beträgt maximal 4500 m über NN (MSL), die Ausrichtung des Tors beträgt 70°.

- **Abflüge (BR18 & BR25):** Breite jeweils 2778 m (1,5 NM) links und rechts der Station; die Auswertungshöhe beträgt maximal 4500 m über NN (MSL), die Ausrichtung des Tors beträgt 340°.

	Anzahl der Flüge durch die o.g. Tore	Anzahl der erfassten Fluggeräuschereignisse	Prozentualer Anteil der erfassten Fluggeräuschereignisse
Anflüge (BR07)	3662	3092	84,43%
Abflüge (BR18 & BR25)	3058	391	12,79%

Zur Übersicht werden die Abbildungen der „Durchflugtore“ im März 2020 für BR07 und BR18 & 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.

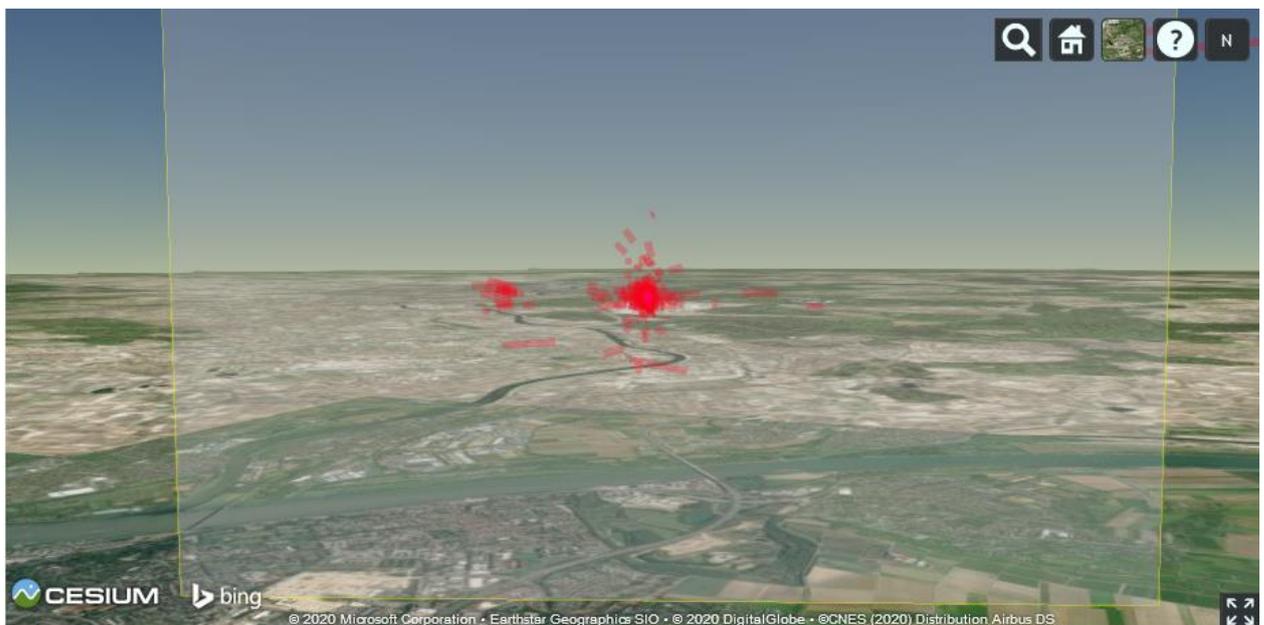


Abb. 2: BR07 - Identifizierte Anflüge im März 2020, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)



Abb. 3: BR07 - Identifizierte Anflüge im März 2020, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)

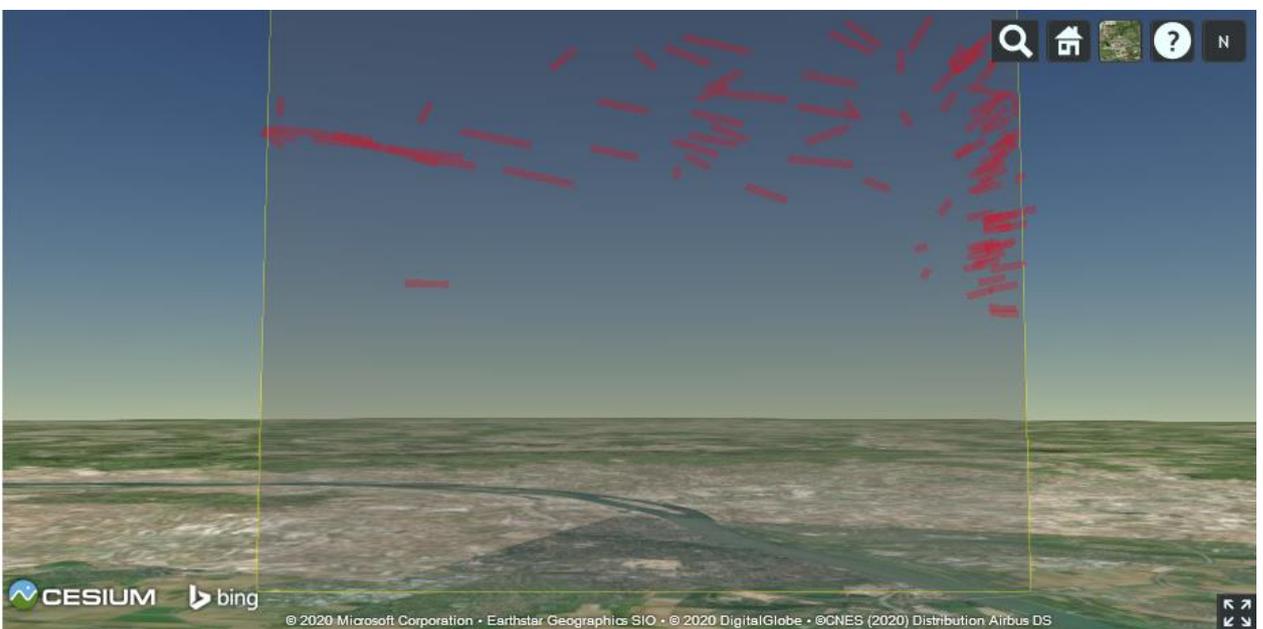


Abb. 4: BR18 & BR25 - Identifizierte Abflüge im März 2020, Vorderansicht (Quelle: Bing Maps)

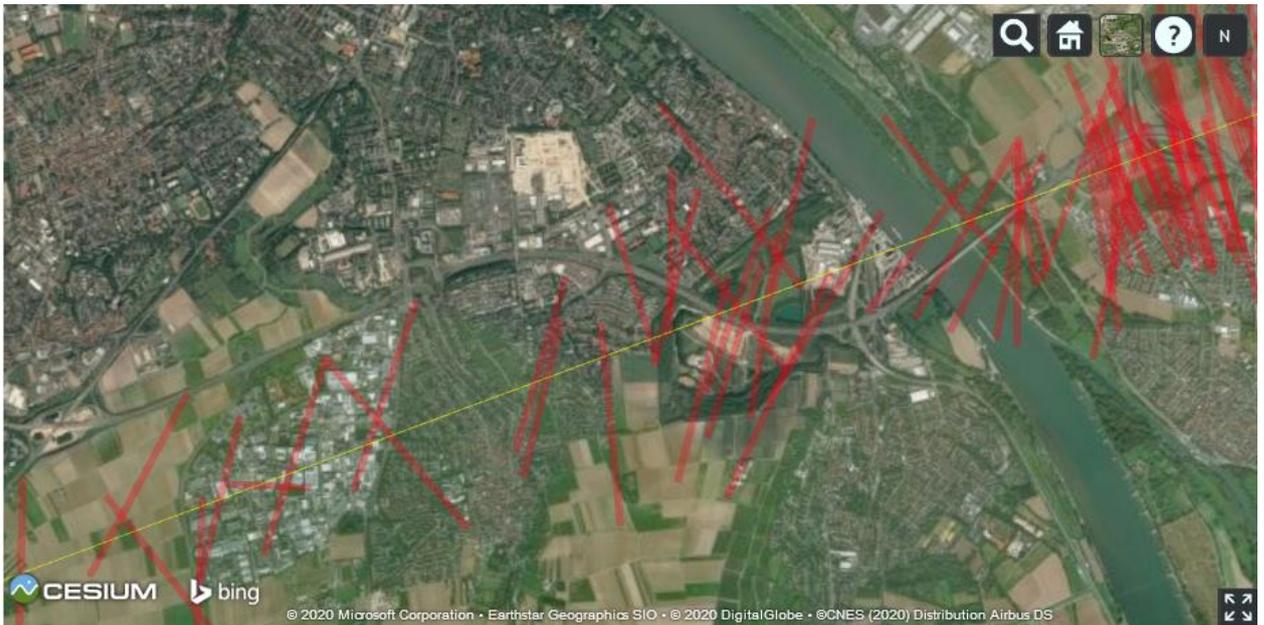


Abb. 5: BR18 & BR25 - Identifizierte Abflüge im März 2020, Draufsicht (Quelle: Bing Maps)

## 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
Januar	33,91%	11,49%	39,17%	7,16%	0,03%	8,24%	84,57%	15,43%
Februar	39,15%	17,36%	37,37%	2,73%	0,01%	3,38%	93,89%	6,11%
März	23,73%	15,09%	33,93%	5,88%	0,50%	20,87%	72,75%	27,25%

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

## 2.3 Ausfallzeiten

Beginn	Ende	Ausfallzeit in Std.	Ausfallgrund
03.01.2020 20:00	04.01.2020 01:59	6 h	Windgeschwindigkeit
04.01.2020 16:00	04.01.2020 19:59	4 h	Windgeschwindigkeit
06.01.2020 19:00	06.01.2020 19:59	1 h	Windgeschwindigkeit
07.01.2020 03:00	07.01.2020 04:59	2 h	Windgeschwindigkeit
08.01.2020 14:00	08.01.2020 21:59	8 h	Windgeschwindigkeit
10.01.2020 09:00	10.01.2020 10:59	2 h	Windgeschwindigkeit
10.01.2020 18:00	10.01.2020 18:59	1 h	Windgeschwindigkeit
14.01.2020 01:00	14.01.2020 01:59	1 h	Windgeschwindigkeit
15.01.2020 09:20	15.01.2020 09:59	0,67 h	Wartungsarbeiten

16.01.2020 11:00	16.01.2020 11:09	0,17 h	Stromausfall
24.01.2020 08:00	24.01.2020 08:59	1 h	Stromausfall
26.01.2020 10:00	26.01.2020 10:59	1 h	Stromausfall
27.01.2020 22:00	28.01.2020 02:59	5 h	Windgeschwindigkeit
28.01.2020 10:00	28.01.2020 17:59	8 h	Windgeschwindigkeit
29.01.2020 12:00	29.01.2020 16:59	5 h	Windgeschwindigkeit
31.01.2020 07:00	31.01.2020 07:59	1 h	Windgeschwindigkeit
31.01.2020 12:00	31.01.2020 14:59	3 h	Windgeschwindigkeit
01.02.2020 10:00	01.02.2020 14:59	5 h	Windgeschwindigkeit
01.02.2020 20:00	02.02.2020 01:59	6 h	Windgeschwindigkeit
02.02.2020 16:00	02.02.2020 22:59	7 h	Windgeschwindigkeit
03.02.2020 04:00	03.02.2020 07:59	4 h	Windgeschwindigkeit
03.02.2020 12:00	03.02.2020 15:59	4 h	Windgeschwindigkeit
04.02.2020 01:00	04.02.2020 18:59	18 h	Windgeschwindigkeit
05.02.2020 03:00	05.02.2020 08:59	6 h	Windgeschwindigkeit
05.02.2020 12:00	05.02.2020 12:19	0,33 h	Stromausfall
06.02.2020 16:00	06.02.2020 16:09	0,17 h	Stromausfall
09.02.2020 11:00	12.02.2020 14:59	76 h	Windgeschwindigkeit
13.02.2020 10:00	13.02.2020 13:59	4 h	Windgeschwindigkeit
14.02.2020 10:00	14.02.2020 11:59	2 h	Windgeschwindigkeit
16.02.2020 14:00	17.02.2020 03:59	14 h	Windgeschwindigkeit
18.02.2020 00:00	18.02.2020 01:59	2 h	Windgeschwindigkeit
18.02.2020 10:00	18.02.2020 15:59	6 h	Windgeschwindigkeit
19.02.2020 04:00	19.02.2020 15:59	12 h	Windgeschwindigkeit
20.02.2020 22:00	21.02.2020 03:59	6 h	Windgeschwindigkeit
21.02.2020 13:00	21.02.2020 13:59	1 h	Windgeschwindigkeit
22.02.2020 10:00	22.02.2020 11:59	2 h	Windgeschwindigkeit
22.02.2020 17:00	22.02.2020 19:59	3 h	Windgeschwindigkeit
22.02.2020 22:00	23.02.2020 02:59	5 h	Windgeschwindigkeit
23.02.2020 10:00	24.02.2020 00:59	15 h	Windgeschwindigkeit
24.02.2020 18:00	24.02.2020 21:59	4 h	Windgeschwindigkeit
25.02.2020 08:00	25.02.2020 08:59	1 h	Windgeschwindigkeit
25.02.2020 12:00	25.02.2020 15:59	4 h	Windgeschwindigkeit
25.02.2020 21:00	26.02.2020 03:59	7 h	Windgeschwindigkeit
26.02.2020 08:00	26.02.2020 17:59	10 h	Windgeschwindigkeit
27.02.2020 12:00	28.02.2020 03:59	16 h	Windgeschwindigkeit
28.02.2020 07:00	28.02.2020 07:59	1 h	Windgeschwindigkeit
28.02.2020 19:00	28.02.2020 19:59	1 h	Windgeschwindigkeit

29.02.2020 11:00	29.02.2020 17:59	7 h	Windgeschwindigkeit
01.03.2020 06:00	01.03.2020 06:59	1 h	Windgeschwindigkeit
01.03.2020 10:00	01.03.2020 13:59	4 h	Windgeschwindigkeit
02.03.2020 00:00	02.03.2020 01:59	2 h	Windgeschwindigkeit
03.03.2020 02:00	03.03.2020 09:59	8 h	Windgeschwindigkeit
05.03.2020 10:00	05.03.2020 15:59	6 h	Windgeschwindigkeit
06.03.2020 07:00	06.03.2020 17:59	11 h	Windgeschwindigkeit
08.03.2020 12:00	08.03.2020 14:59	3 h	Windgeschwindigkeit
09.03.2020 14:00	09.03.2020 15:59	2 h	Windgeschwindigkeit
10.03.2020 06:00	10.03.2020 06:59	1 h	Windgeschwindigkeit
10.03.2020 17:00	10.03.2020 18:59	2 h	Windgeschwindigkeit
11.03.2020 02:00	11.03.2020 15:59	14 h	Windgeschwindigkeit
12.03.2020 09:00	12.03.2020 18:59	10 h	Windgeschwindigkeit
13.03.2020 04:00	13.03.2020 04:29	0,5 h	Stromausfall
13.03.2020 10:00	13.03.2020 14:59	5 h	Windgeschwindigkeit
14.03.2020 07:00	14.03.2020 07:29	0,5 h	Stromausfall
15.03.2020 13:00	15.03.2020 16:59	4 h	Windgeschwindigkeit
21.03.2020 15:00	22.03.2020 01:59	11 h	Windgeschwindigkeit
22.03.2020 07:00	22.03.2020 13:59	7 h	Windgeschwindigkeit
22.03.2020 14:00	22.03.2020 23:59	10 h	Softwarefehler
23.03.2020 07:00	23.03.2020 17:59	11 h	Windgeschwindigkeit
24.03.2020 00:00	24.03.2020 05:44	5,75 h	Softwarefehler
24.03.2020 11:00	24.03.2020 15:59	5 h	Windgeschwindigkeit
24.03.2020 16:00	24.03.2020 23:59	8 h	Softwarefehler
25.03.2020 10:00	25.03.2020 10:59	1 h	Windgeschwindigkeit
25.03.2020 15:00	25.03.2020 20:59	6 h	Windgeschwindigkeit
26.03.2020 09:00	26.03.2020 09:59	1 h	Windgeschwindigkeit
26.03.2020 12:00	26.03.2020 12:59	1 h	Windgeschwindigkeit
27.03.2020 22:00	27.03.2020 22:59	1 h	Stromausfall
28.03.2020 20:00	29.03.2020 18:59	23 h	Windgeschwindigkeit
29.03.2020 19:00	30.03.2020 08:29	13,5 h	Softwarefehler

## 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	Januar	Februar	März
Mittelwert	3828	3814	3782
Standardfehler des Mittelwerts	2	3	3
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	3823	3808
	Obergrenze	3832	3820
5% getrimmtes Mittel	3825	3813	3782
Median	3823	3812	3782
Varianz	7622	3250	10941
Standardabweichung	87	57	105
Minimum	2987	3305	2914
Maximum	5652	4064	4797
Spannweite	2665	759	1883
Interquartilbereich	55	61	98
Schiefe	6,08	-1,25	-0,05
Kurtosis	165,83	18,12	21,38
Anzahl Ereignisse:	1317	369	1406

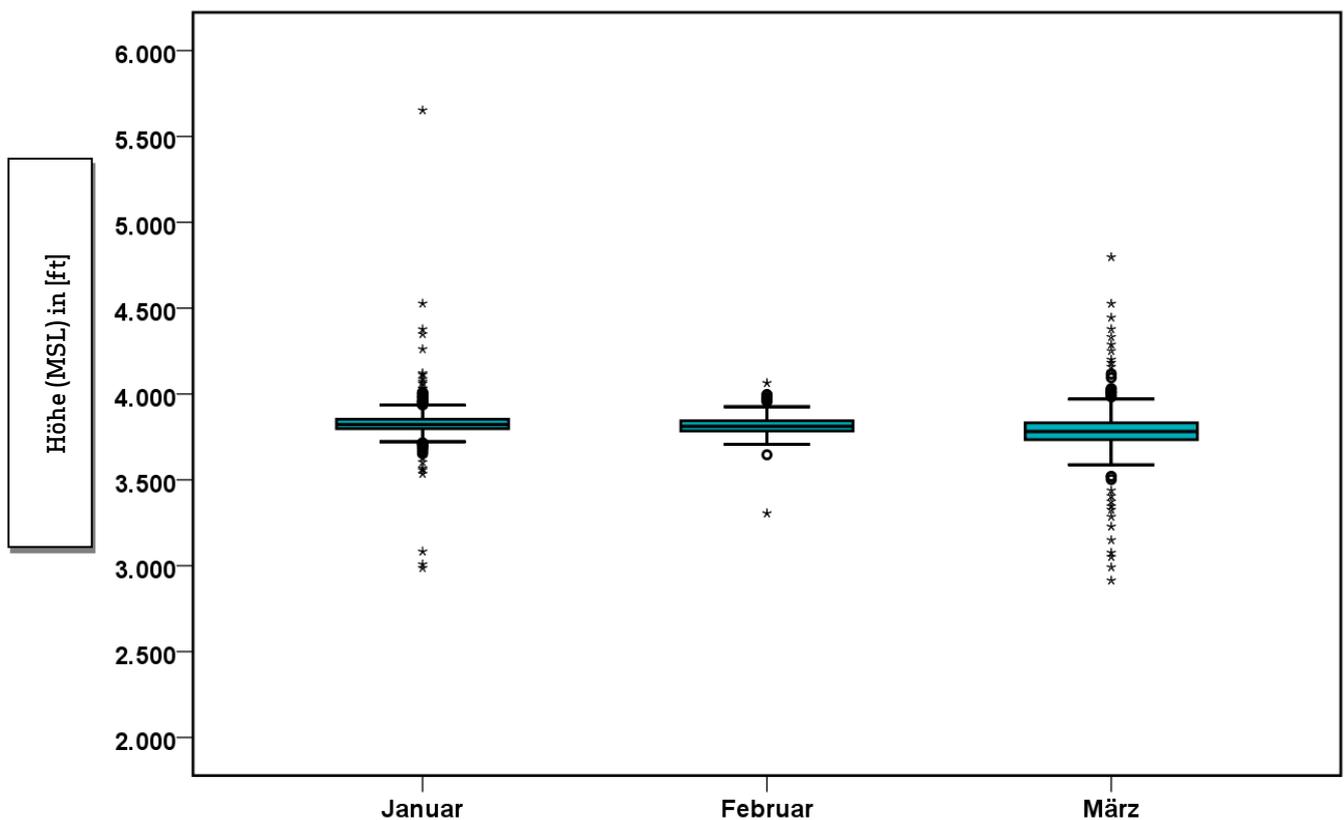


Abb. 6: Boxplots - Anflughöhen bei Betriebsrichtung 07

## 2.5 Abflughöhen bei Betriebsrichtung 18 und 25

Höhe (MSL) in [ft] bei BR18 & BR25		Januar	Februar	März
Mittelwert		9212	9399	9114
Standardfehler des Mittelwerts		126	188	208
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	8964	9026	8700
	Obergrenze	9461	9772	9528
5% getrimmtes Mittel		9168	9358	9069
Median		8887	9196	8299
Varianz		3022582	3897698	3947427
Standardabweichung		1739	1974	1987
Minimum		6248	5997	5819
Maximum		13360	13396	12759
Spannweite		7112	7399	6940
Interquartilbereich		2986	3567	3200
Schiefe		0,42	0,25	0,42
Kurtosis		-0,91	-1,18	-1,16
Anzahl Ereignisse:		<b>190</b>	<b>110</b>	<b>91</b>

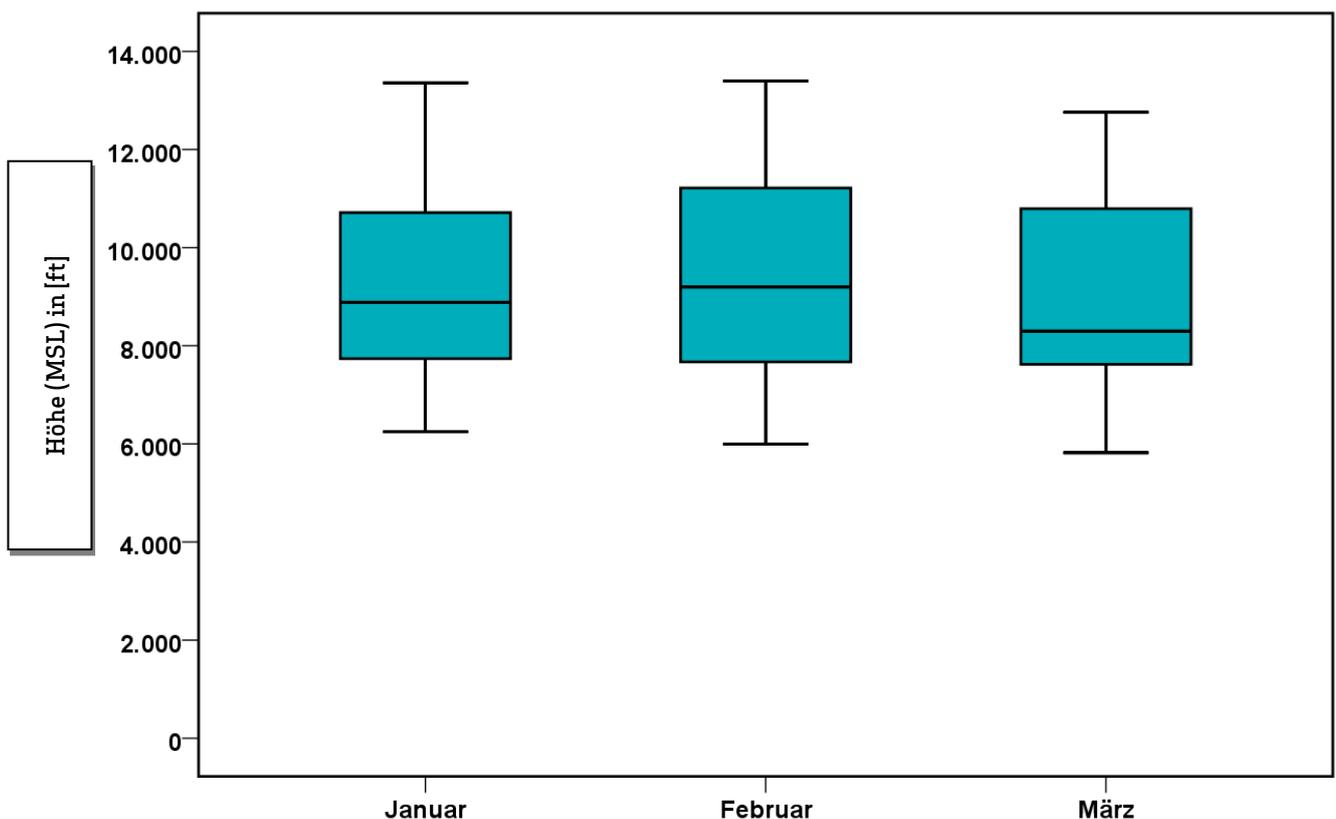


Abb. 7: Boxplots - Abflughöhen bei Betriebsrichtung 18 und 25

---

# Auswertung der Fluggeräuschmessstation (MP-301)

---



### 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 & BR18 & BR25
Januar	1394	113	1507
Februar	434	45	479
März	1349	148	1497

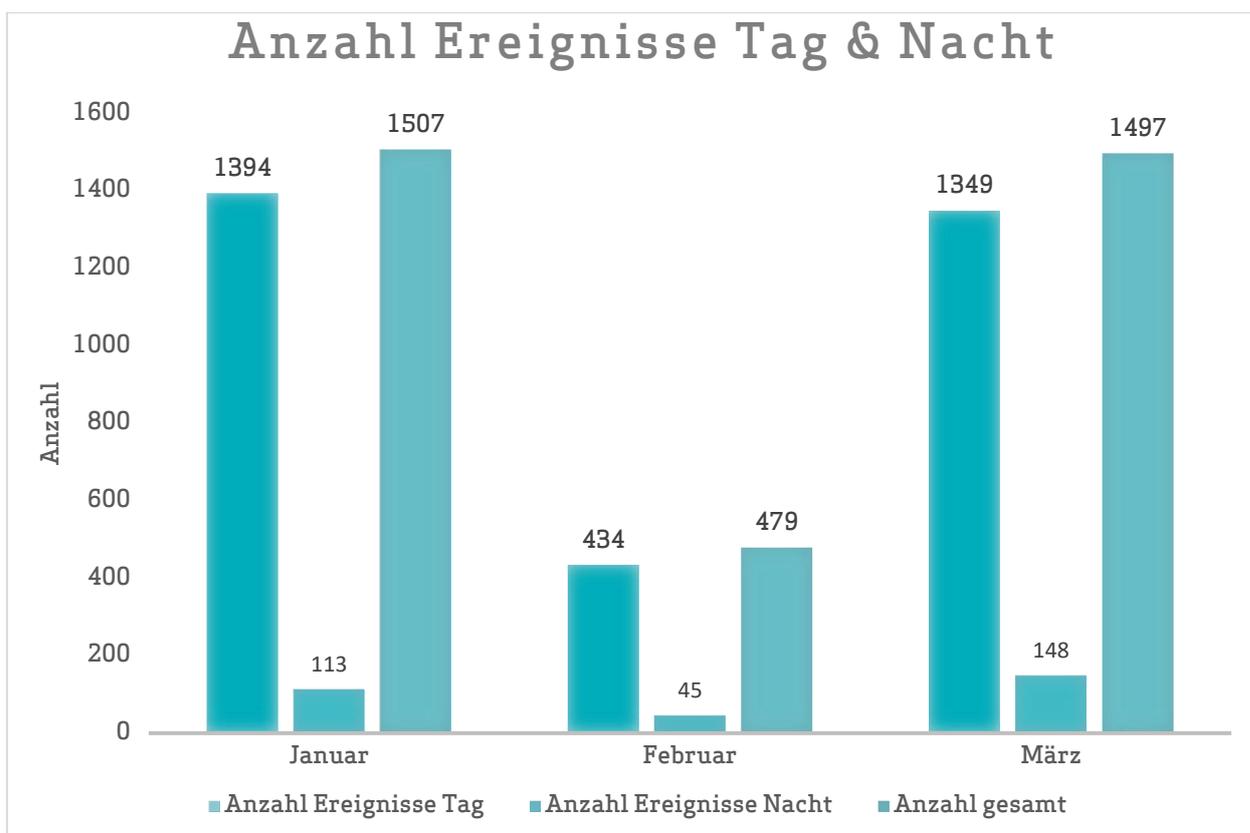


Abb. 8: Anzahl Fluggeräuscheignisse (Tag und Nacht)

# 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)
Januar	102	621	552	117	2
Februar	54	205	145	27	3
März	56	523	571	191	8

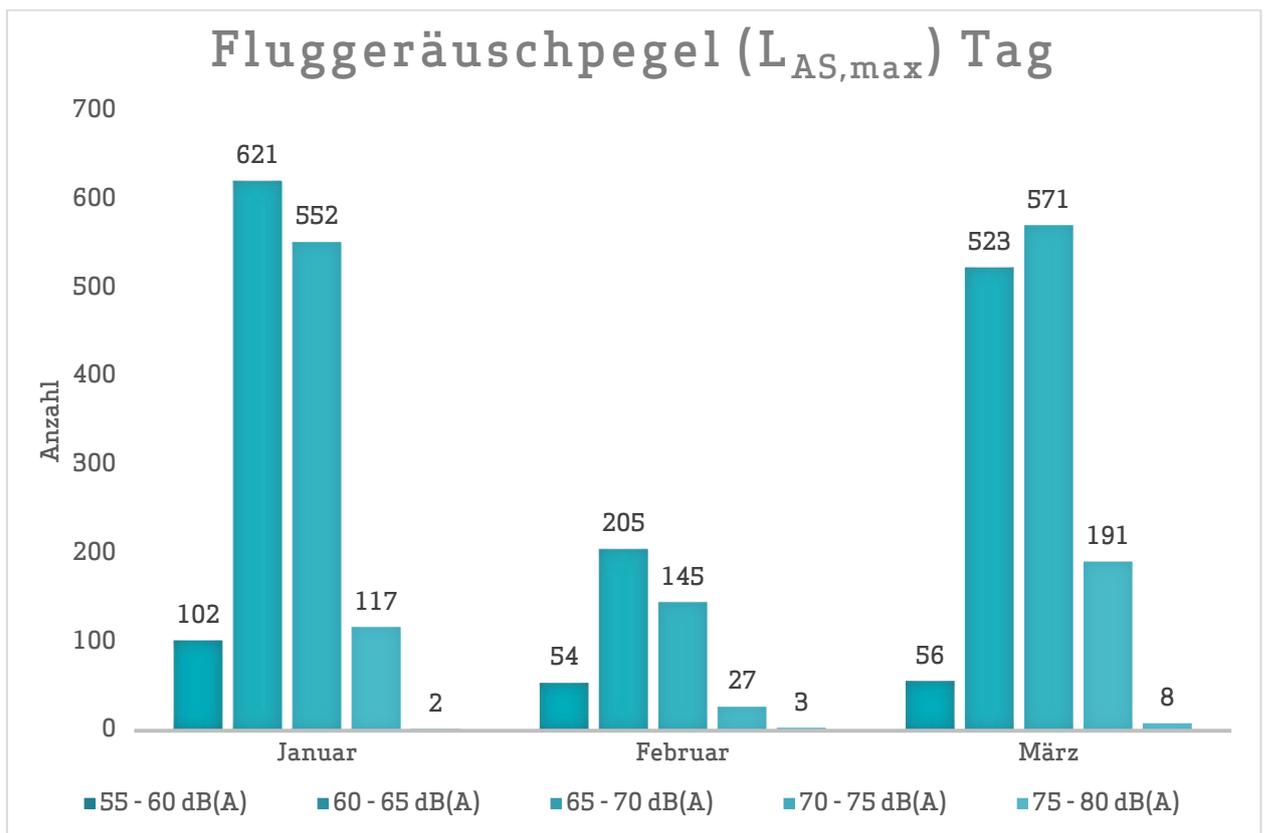


Abb. 9: Maximalpegelverteilung am Tag (Fluggeräusch)

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)
Januar	8	35	41	29	0
Februar	5	8	18	13	1
März	4	43	72	29	0

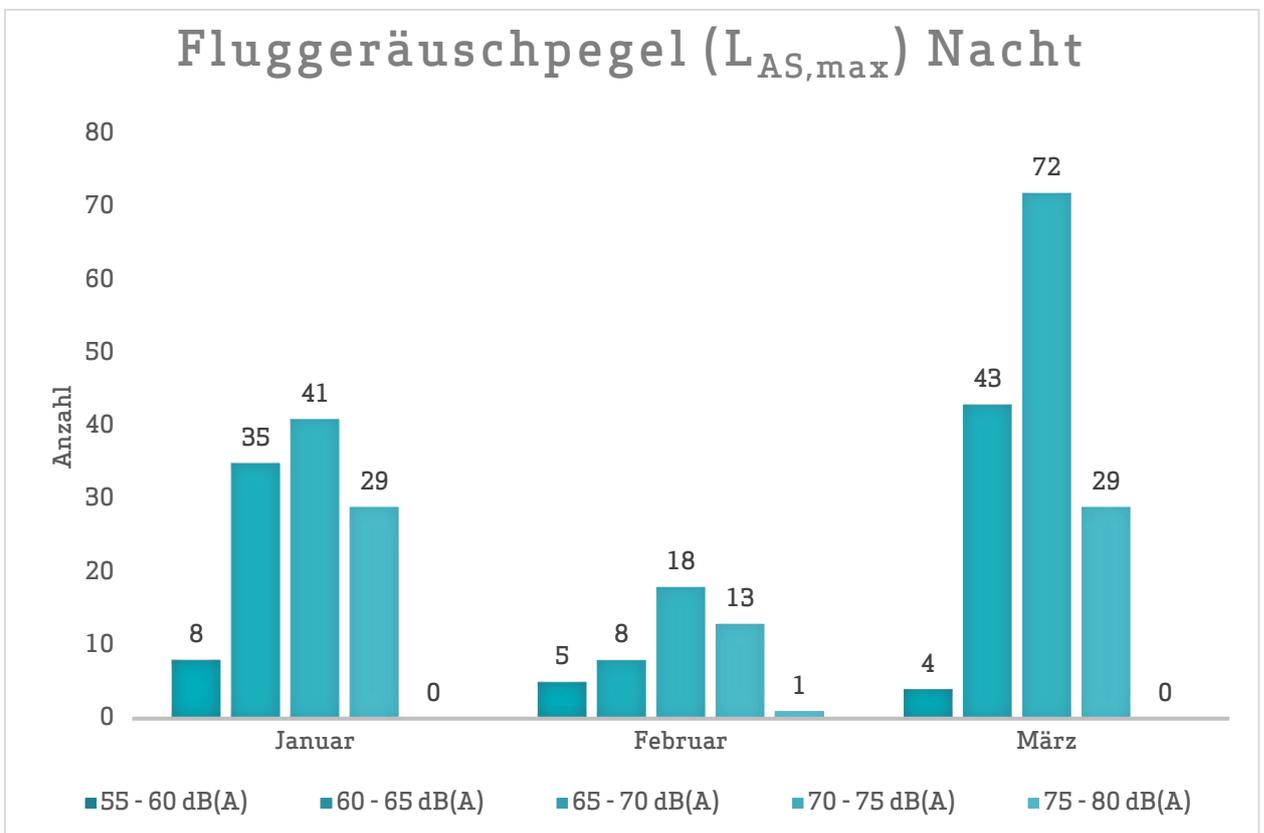


Abb. 10: Maximalpegelverteilung in der Nacht (Fluggeräusch)

## 4.2 Leq- und NAT-Auswertung

in dB(A)	$L_{DIN,T}$	$L_{DIN,N}$	NAT68*	NAT72*	$L_{eq,T}$	$L_{eq,N}$	$L_{95,T}$	$L_{95,N}$
Januar	46,5	40,5	45	10	52,1	58,4	45,3	41,2
Februar	42,7	38,9	22	7	56,9	56,3	46,4	43,4
März	48,4	42,7	67	17	54,6	51,0	46,6	41,8

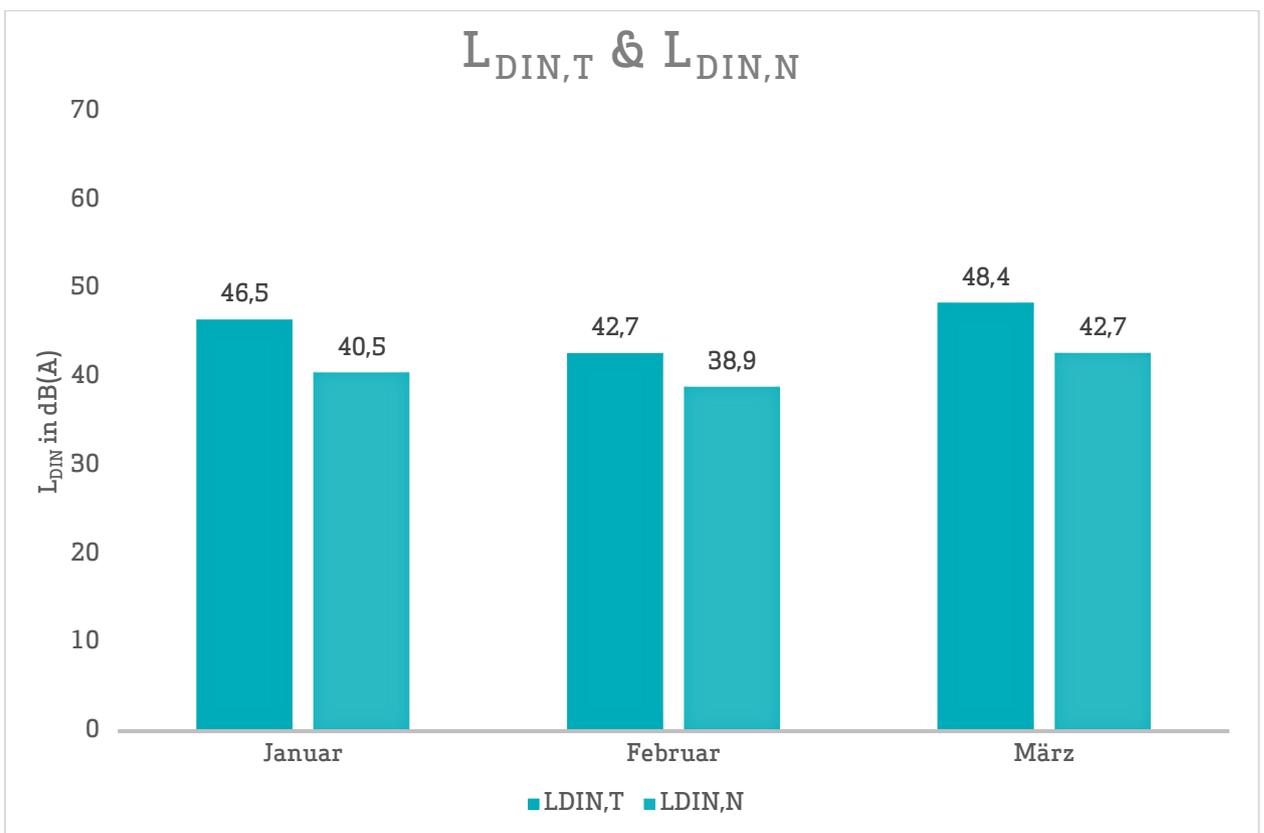


Abb. 11:  $L_{DIN}$  Tag und Nacht

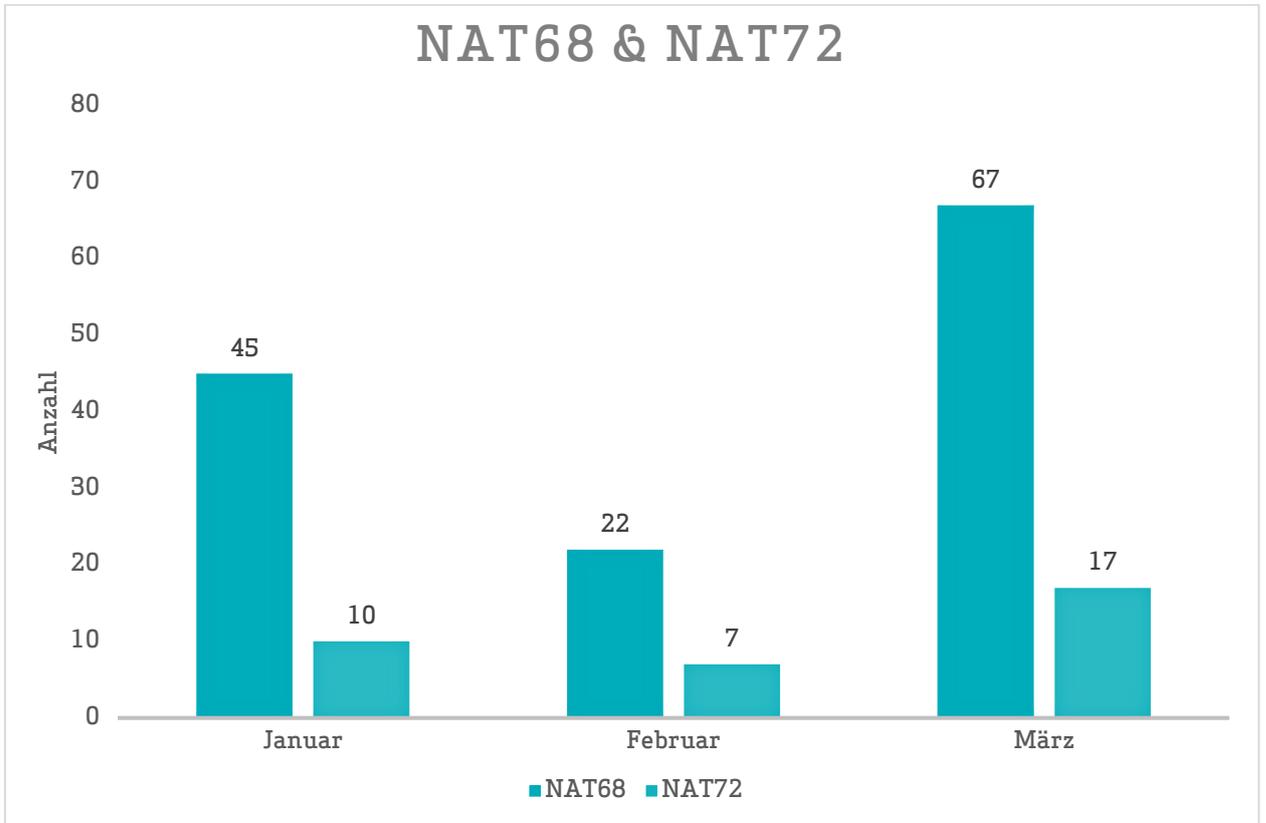


Abb. 12: NAT68 und NAT72

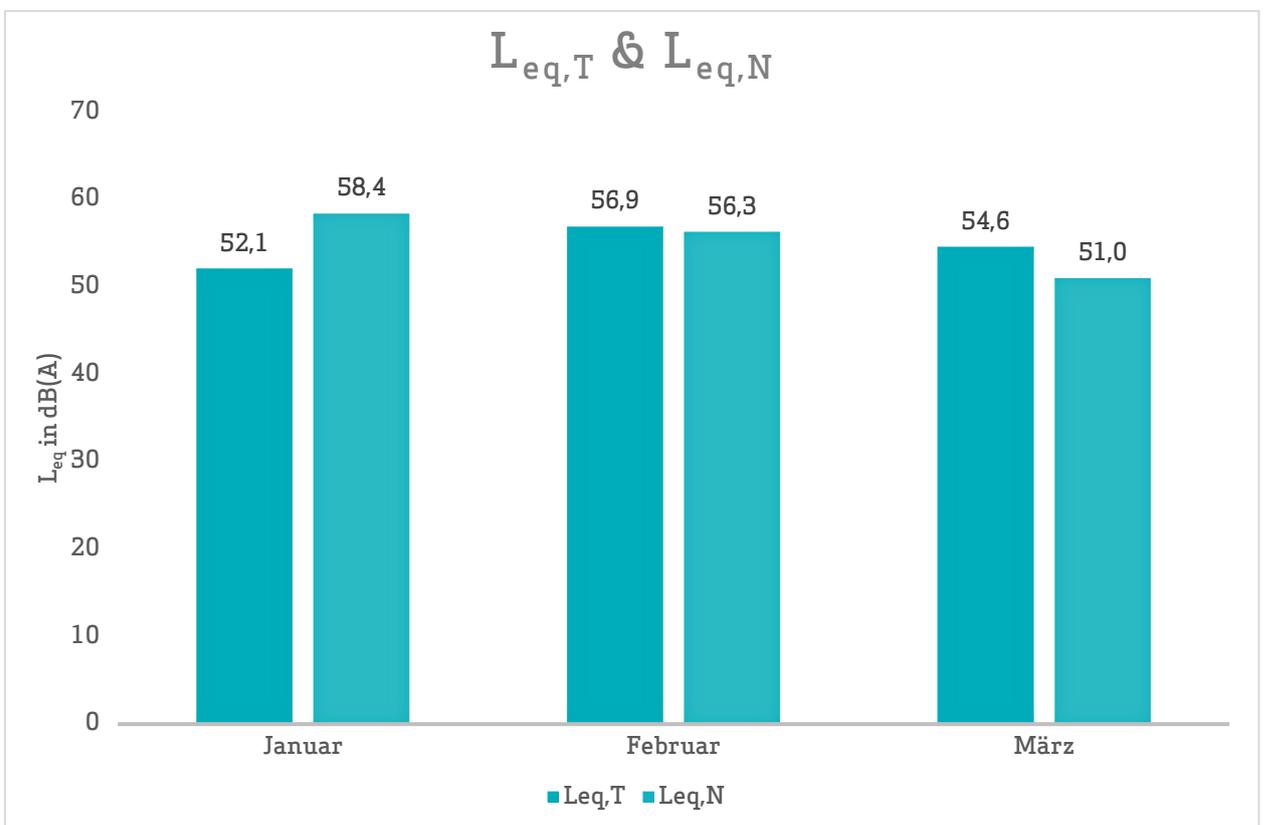


Abb. 13:  $L_{eq}$  Tag und Nacht

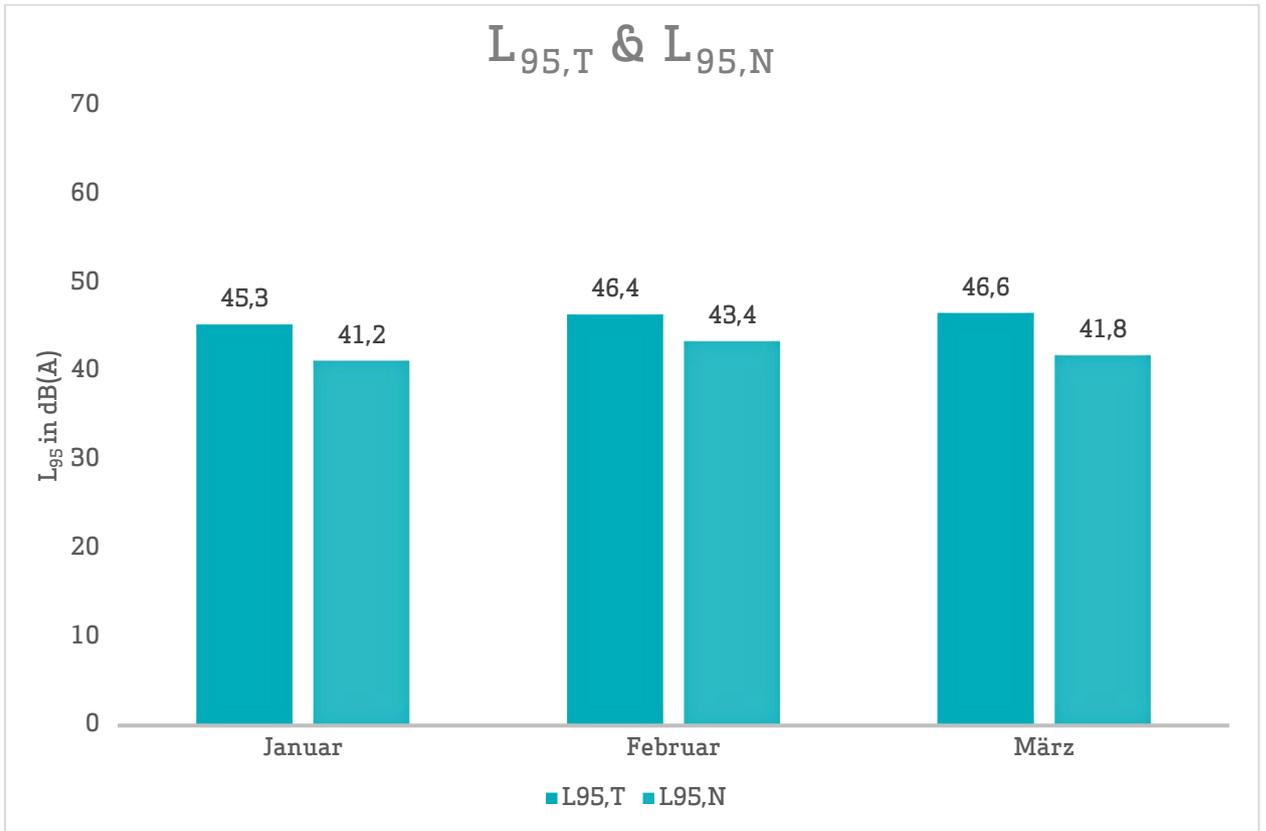


Abb. 14: L<sub>95</sub> Tag und Nacht

### 4.3 Jahresübersicht 2020

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	46,5	40,5	45	10	52,1	58,4	45,3	41,2
Februar	42,7	38,9	22	7	56,9	56,3	46,4	43,4
März	48,4	42,7	67	17	54,6	51,0	46,6	41,8
April								
Mai								
Juni								
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 Flugzeuggeräusche und anderen Geräuschklassen ermöglicht.

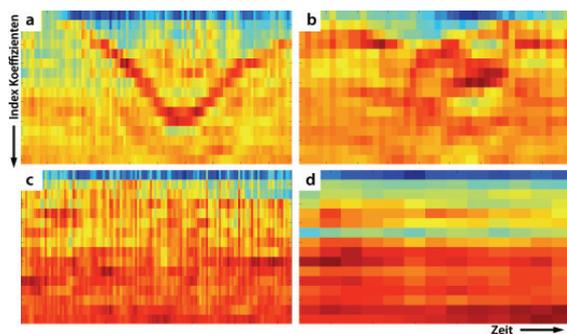


Abbildung 1: MFCC aus verschiedenen Klassen (a: Flugzeug, b: Auto, c: Zug, d: Hintergrund) – Dargestellt sind jeweils 18 Koeffizienten, aufgetragen über der Zeit.

## 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.

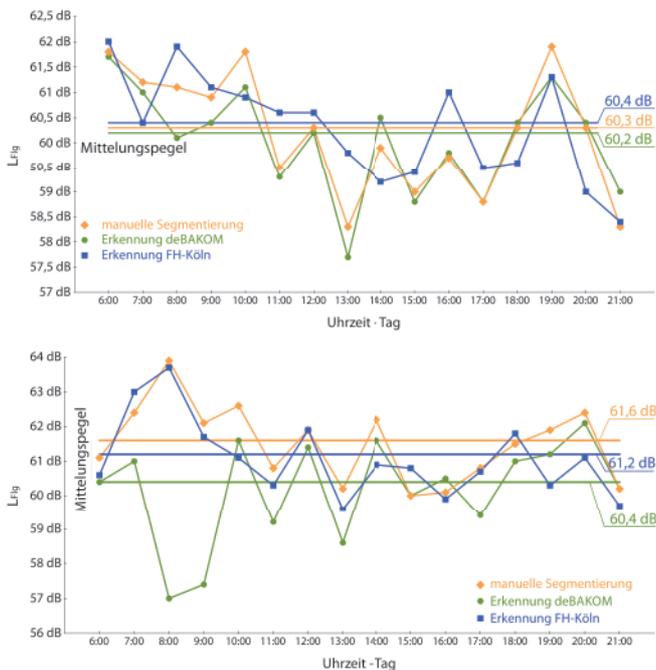


Abbildung 3: Auswertung der Messdaten. Vergleich von Methode 1, Methode 2 und manueller Auswertung. Oben: 23.10.08 (Tag ohne Regen) • Unten: 27.10.08 (Tag mit Regen). Ohne Regen ist die Abweichung der Mittelungspegel nur gering. Erhöht sich durch Regen jedoch das Hintergrundgeräusch, so wird die Erkennung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

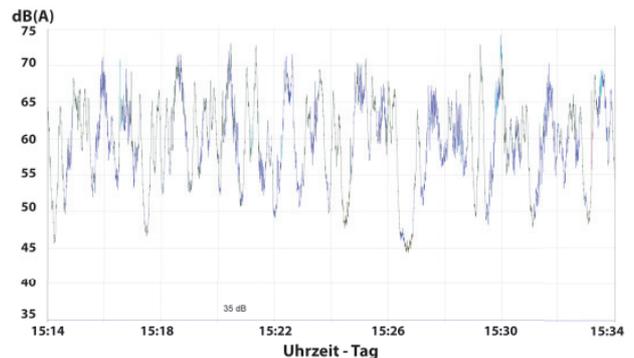
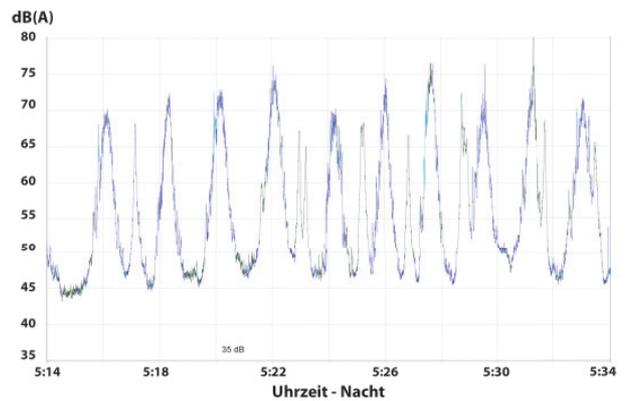


Abbildung 4: Pegelschrieb mit farblich markierter Erkennung der Klasse (blau: Flugzeug, grün: keine Erkennung) - Oben: Nacht • Unten: Tag

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