

Analyse

der Entwicklung des Fluglärms über

Bad Homburg v. d. Höhe im Zeitraum 2011 bis 2018



deBAKOM

Analyse

der Entwicklung des Fluglärms über

Bad Homburg v. d. Höhe im Zeitraum 2011 bis 2018

AUFTRAGGEBER



Stadt Bad Homburg v. d. Höhe
Fachbereich Stadtplanung
Rathausplatz 1
61343 Bad Homburg

STANDORT



Stadt Bad Homburg v. d. Höhe

BERICHT



Nr. 2018070010_S_2186-I
November 2018

VERFASSER



Dr. Dietrich Kühner

UMFANG



Textteil: 9 Seiten
Anhang: 12 Seiten



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-18963-01-00

Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005
Ermittlung von Geräuschen; Lärm am Arbeitsplatz
Modul Immissionsschutz
bekannt gegebene Messstelle nach § 29b BImSchG
für die Ermittlung von Geräuschen

Telefon +49 (0) 2174 / 74 64 0
Fax +49 (0) 2174 / 74 64 20

info@debakom.de www.debakom.de
Bergstraße 36 51519 Odenthal

Inhaltsverzeichnis Textteil

1	Einleitung und Aufgabenstellung	3
2	Durchführung der Untersuchung	3
3	Ergebnisse der Messanlage	5
4	Bewegungszahlen	6
5	Zusammenfassung	8
6	Literaturverzeichnis	9
Anhang I: Exemplarische Flugrouten bei Betriebsrichtung West und Ost 2010 und 2017		
Anhang II: Beschreibung der Messstation		
7	Messgeräte und Auswertalgorithmen	9
7.1	Automatische deBAKOM-Schallmessstationen	9
8	Messgrößen	10
8.1	Pegel	10
8.2	Einzelereignisse	10
8.3	Spektren	11
8.4	Zeitverläufe.....	11
8.5	Tonaufzeichnung.....	11
9	Auswertung und Mittelung	12
9.1	Mittelungs- und Perzentilpegel.....	12
9.2	Mittelung der Spektren	12
9.3	Mustererkennung	12

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Nach Inbetriebnahme der Landebahn Nordwest des Flughafens Frankfurt im Herbst 2011 hat nach dem Eindruck von Bürgern der Stadt Bad Homburg seit 2016 der wahrnehmbare Flugverkehr insbesondere in den Abendstunden bis 23 Uhr und in den Morgenstunden zwischen 5 und 6 Uhr deutlich zugenommen; besonders auch im laufenden Jahr 2018. Vor der Inbetriebnahme waren in Bad Homburg regelmäßig bei Betriebsrichtung (BR) „07 Ost“ startende Flugzeuge auf der Route „NO (kurz)“ wahrnehmbar und solche auf der Route „lang“ teilweise (siehe Anhang I Abb.I.2). Bei „BR 25 West“ (siehe Anhang I Abb.I.1) sind die Anflüge überwiegend südlich von Bad Homburg erfolgt. Die entsprechenden aktuellen Flugspuren (siehe Anhang I Abb. I.3 und I.4) zeigen, dass bei „BR 07 Ost“ wenig Veränderungen vorliegen gegenüber 2010, bei „BR 25 West“ die Flüge in der Nähe von Bad Homburg und über Bad Homburg zugenommen haben. Weiter verläuft eine Anflugroute zur Nordwest Landebahn für die Betriebsrichtung „West“ (siehe Anhang I Abb. I.5) genau über Bad Homburg, wie auf der WEB-Seite der Deutschen Flugsicherung dynamisch dargestellt wird.

Wie der Flugverkehr tatsächlich abläuft, kann nur richtig anhand der verfügbaren Flugverkehrsdaten in Form von Radarspuraufzeichnungen (FANAMOS-Daten, Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System) bewertet werden. Diese Daten umfassen den zeitlichen Verlauf der Flugspur mit Position und Höhe, Flugzeugtyp und Flugnummer. Ausgehend von den Jahren 2011, 2016, 2017 und der ersten Hälfte des Jahres 2018 soll geklärt werden, ob von einer statistisch gesicherten Zunahme der wahrnehmbaren Flugereignisse in Bad Homburg auszugehen ist und, ob sich der Fluglärm, unter Benutzung des Berechnungsverfahrens nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm [1], das in der AzB [2] dargestellt ist, in den genannten Zeitbereichen geändert hat. In die Analyse sind die Daten der Messanlage der Stadt Bad Homburg zur Erfassung von Fluglärm, die seit 2013 zur Verfügung stehen, einzubeziehen, um die Befunde aus den Verkehrsdaten zu überprüfen.

2 Durchführung der Untersuchung

Da das Jahr 2018 einbezogen werden soll, erscheint es sinnvoll, die Analyse jeweils auf die ersten Jahreshälften seit 2011 einzugrenzen, um Vergleichbarkeit sicher zu stellen. Da die Nordwest-Landebahn im Herbst 2011 in Betrieb genommen wurde, bestand in der ersten Jahreshälfte noch der ursprüngliche Betrieb. Mit den uns zur Verfügung stehenden FANOMOS-Daten der Jahre 2011, 2016, 2017 und der ersten Hälfte 2018 ergeben sich für die verschiedenen Tagesstunden die folgende Mittelungspegel des Fluglärms nach der AzB [2] am Messort in Bad Homburg:

Tabelle 2-1: Mittelungspegel berechnet nach AzB [2] für jeweils die ersten Halbjahre für verschiedene Zeitbereiche im Tagesverlauf für Bad Homburg, Augusta-Allee 8

Zeitspanne	Mittelungspegel Monate Januar bis Juni				Zeile/Bewegungen
	2011 dB(A)	2016 dB(A)	2017 dB(A)	2018 dB(A)	
6-22 Uhr	42.1	40.6	41.2	43.5	1 / alle
22-6 Uhr	27.1	27.8	28.1	29.5	2 / alle
6-22 Uhr	28.8	33.2	32.9	33.5	3 / Landung
6-22 Uhr	41.9	39.7	40.5	43.0	4 / Start
22-6 Uhr	26.4	26.7	26.6	27.8	5 / Landung
22-6 Uhr	21.9	20.9	22.8	24.5	6 / Start
22-23 Uhr	30.8	32.2	33.7	34.6	7 / alle
5-6 Uhr	32.3	34.8	34.3	35.7	8 / alle
23-24 Uhr			21.2	26.1	9 / alle
4-5 Uhr			11.0	20.3	10 / alle

Sowohl im Mittelungspegel für den Tag von 6 bis 22 Uhr als auch in dem für die Nacht (22-6 Uhr) ist ein im statistischen Sinne signifikanter Pegelanstieg seit 2011 zu erkennen, der mehr als 1 dB beträgt, obwohl seit dem 30.10.2011 das Nachtflugverbot für die Zeit von 23 bis 5 Uhr gültig ist. Die Anhebung bei den Landungen (Zeile 3) beträgt tagsüber 4 dB und für die Starts (Zeile 4) 1 dB, wobei die Entwicklung bei den Landungen zwischen 2016 und 2018 weitgehend konstant ist. Ähnlich verhält es sich mit den Landungen nachts (22-6 Uhr), wobei der Anstieg ca. 1 dB beträgt. Die Anhebung bei den Starts (Zeile 6) liegt seit 2011 bei mehr als 2 dB, wobei die Zunahme im ersten Halbjahr 2018 rund 50% gegenüber 2017 entsprechend 1.6 dB beträgt. Für die nächtlichen Randstunden zwischen 22 und 23 Uhr (Zeile 7) und 5 und 6 Uhr (Zeile 8) beträgt der Anstieg jeweils 3 dB für die ersten Halbjahre 2017 und 2018. Für die Randstunde 23-24 Uhr beträgt der Anstieg zwischen 2017 und 2018 5 dB und für die Stunde zwischen 5 und 6 Uhr 9 dB. Die dargestellten Pegelanstiege bestätigen die Wahrnehmungen der Bevölkerung. Andererseits stellt sich bei nächtlichen Mittelungspegeln unter 30 dB(A) die Frage, inwieweit deren Pegelanhebungen bei Hintergrundpegeln nachts zwischen 36 und 40 dB(A), wie sie an der Messanlage in der Augusta-Allee 8 gemessen werden, wahrgenommen werden können. Das kann anhand der Messwerte der Anlage näher analysiert werden.

3 Ergebnisse der Messanlage

Seit 2013 stehen Messungen zur Verfügung, die außer für 2018 jeweils für das ganze Jahr ausgewertet wurden:

Tabelle 3-1: Gemessene Fluglärmmittelungspegel [2], Bad Homburg, Augusta-Allee 8

Zeit	2013 dB(A)	2014 dB(A)	2015 dB(A)	2016 dB(A)	2017 dB(A)	2018 dB(A)
6-22 Uhr	40.1	39.8	39.4	40.0	39.6	41.5
22-6 Uhr	27.7	27.7	29.4	29.2	30.4	30.5
18-22 Uhr	38.8	38.1	38.1	38.3	38.4	40.8
22-23 Uhr	33.3	33.9	33.9	34.0	33.8	36.6
5-6 Uhr	29.9	29.3	29.3	31.6	30.4	31.4

Tagsüber liegt der Mittelungspegel 2 dB unter den berechneten Werten für 2018 (siehe Tab. 2-1 Zeile 1). Für die Nachtzeit beträgt die Differenz 1 dB (siehe Tab. 2-1 Zeile 2). Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Hintergrundpegel tagsüber Werte bis zu 46 dB erreicht und damit von der Messanlage leisere Flugzeuge nicht erkannt werden können. Bei Hintergrundpegeln von 40 dB und weniger, wie sie nachts auftreten, verbessert sich die Erkennungsrate und die Abweichung wird kleiner gegenüber dem Tag. Der gemessene Pegelanstieg um 3 dB nachts (22-6 Uhr) zwischen 2013 und 2018 bestätigt die berechneten Pegelanstiege nach Tabelle 2-1. Dabei wird dies besonders deutlich für die Zeit von 22 bis 23 Uhr, wo der Anstieg etwas mehr als 3 dB beträgt. Damit stellt sich die Frage nach der Ursache für diese Pegelanstiege insbesondere in den Randstunden. Die Zahl der Flugbewegungen lag in Frankfurt im Jahr 2011 bei 487.000 und 2017 etwas niedriger bei 467.000. In dB ausgedrückt hätte eine Pegelminderung von 0.18 eintreten müssen! Dies legt nahe, die Anzahl der durch die Messanlage erfassten Flugereignisse näher zu betrachten. Dabei fallen die Tagesrandstunden auf:

Tabelle 3-2: Anzahl aller gemessenen Flugereignisse

Zeit	2013	2014	2015	2016	2017	2018
18-22 Uhr	2.034	2.254	2.463	2.763	2.744	3.032
22-23 Uhr	384	412	416	444	544	520
23-5 Uhr	346	308	445	477	537	530
5-6 Uhr	181	141	154	214	214	194

Obwohl die Anzahl der Flugbewegungen am Frankfurter Flughafen nicht zugenommen hat, ist in den Abendstunden von 18 bis 22 Uhr ein Anstieg der erfassten Flugereignisse um 50% zu verzeichnen, zwischen 22 und 23 Uhr beträgt die Zunahme 35% und für die Kernnacht (23-5 Uhr) 50%. Lediglich zwischen 5 und 6 Uhr erscheint der Anstieg insignifikant.

Dieser Befund legt nahe, die Anzahl der Flüge über Bad Homburg anhand der Flugspuren näher zu bestimmen, da in die Berechnung des Fluglärms im Prinzip alle Flugereignisse einbezogen werden, auch solche die 50 km entfernt sind.

4 Bewegungszahlen

Zu diesem Zweck wurden in einer weiteren Auswertung nur Flugbewegungen erfasst, deren Flugbahn den auf den Boden projizierten Abstand von einem Kilometer zur Messanlage an einem Punkt unterschritten, wie in Abbildung 4.1 dargestellt ist:

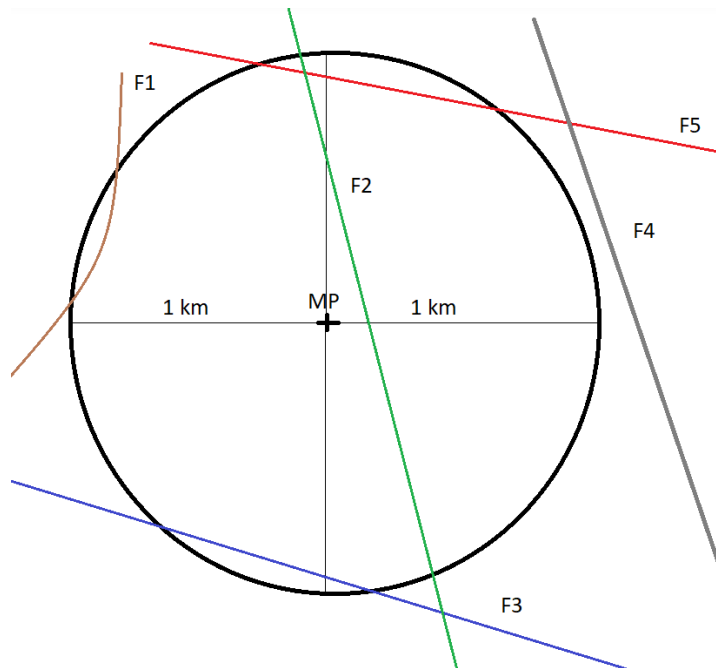


Abbildung 4.1: Messort MP mit 1 km Radius. F1, F2, F3 und F5 werden erfasst.

Das Resultat anhand der FANOMOS-Daten zwischen 22 und 23 Uhr ist in Tabelle 4-1 aufgeschlüsselt nach den Flugzeugtypen der AzB [2] dargestellt, wobei das erste Halbjahr 2018 in diese Analyse wegen der erst viel später zur Verfügung gestellten FANAMOS-Daten für 2018 nicht einbezogen wurde.

Tabelle 4-1: Anzahl der erfassten Flüge zwischen 22 und 23 Uhr, jeweils das erste Halbjahr auf der Basis der FANAMOS-Daten, Typenbezeichnung nach AzB [2]

	2011	2016	2017
Typ nach AzB	Anzahl	Anzahl	Anzahl
P1.4-L	-	1	-
P2.1-L	1	-	-
P5.1-S	1	-	1
P5.1-L	-	5	2
P5.2-L	25	134	126
P5.2-S	61	137	220
S6.1-L	2	12	8
S6.1-S	-	2	10
S6.2a)-S	5	5	7
S6.2a/b)-L	13	14	21
S6.3-S	-	2	-
S7a)-S	7	12	6
S7a/b)-L	5	3	4
S8a)-S	-	1	7
Summe	120	328	412

Im Jahr 2011 wurden insgesamt im ersten Halbjahr 120 Flugzeuge in dem genannten Zylinder mit dem Radius von 1 km gefunden, danach stieg der Wert 2016 auf 328 und 2017 auf 412 an. Diese Analyse zeigt unmittelbar, dass sich die Anzahl der Flugbewegungen über Bad Homburg in dieser Stunde mehr als verdreifacht hat. Wenn der Flottenmix der Überflüge sich nicht verändert hätte, wäre der Pegel um ca. 5 dB angestiegen. Tatsächlich liegt der Anstieg bei 3 dB, wie der Tabelle 2-1 entnommen werden kann.


Der geringere Anstieg erklärt sich dadurch, dass sich der relative Anteil der lauten Flugzeuge vom Typ S6.2 und S7 2011 mit 30 von 120 entsprechend 25% auf 34 von 328 entsprechend 10% und 2017 auf 45 von 412 auf 11% reduziert hat. Das bedeutet, dass durch den höheren Anteil leiserer Flugzeuge der Anstieg um 2 dB auf 3 dB reduziert wurde. Die Verdreifachung der Anzahl der Flugbewegungen in der Stunde zwischen 22 und 23 Uhr erklärt auch die Anstiege in der folgenden Stunde nach Tabelle 2-1 Zeile 9. Diese legt die gleiche Ursache für die in Tabelle 2-1 (Zeilen 8 und 10) dargestellten Erhöhungen in der Kernnacht morgens für 2018 im Vergleich zu 2017 nahe.

5 Zusammenfassung

Ausgehend von den vorliegenden FANAMOS-Daten und den Messungen kann festgestellt werden, dass die Beobachtungen aus der Bevölkerung sich anhand dieser Daten bestätigen, dass seit Eröffnung der Nordwest Landebahn in Bad Homburg eine deutliche Zunahme der wahrnehmbaren Flugereignisse eingetreten ist, obwohl die Gesamtbewegungszahlen gegenüber 2011 am Frankfurter Flughafen nahezu unverändert sind. Die Erhöhung in der Randstunde 22 bis 23 Uhr liegt in der Größenordnung vom Fünffachen gegenüber 2011 und ist auf das seit Oktober 2011 gültige Nachtflugverbot zwischen 23 und 5 Uhr und die Änderung der Anflüge (siehe Anhang I Abb. I.5) zurückzuführen, obwohl die Flugbewegungen in den Randstunden auf 137 begrenzt sind. Dieser Befund legt nahe, dass die Streuung der Flugrouten zugenommen hat

Bezüglich der Höhe der Fluglärmbelastung ist festzustellen, dass die Grenzwerte für Fluglärm Zone 2 nach [2] von 55 dB(A) tagsüber um 10 dB unterschritten sind und der Nachtgrenzwert von 50 dB(A) um nahezu 20 dB. Die Anzahl der Maximalpegel von Flugereignissen nachts von 68 dB(A) und mehr, entsprechend einem Innenpegel bei gekipptem Fenster von 53 dB(A) und mehr, lag 2013 bei 0.48 pro Nacht und ist 2017 auf 0.39 pro Nacht abgesunken. Der Grenzwert nach [1] für die Zone 2 liegt bei 6 solchen Ereignissen im Mittel pro Nacht. Bei Straßenverkehr wird nach der 16. BImSchV [3] bei Kurgebieten von 5 dB niedrigeren Grenzwerten ausgegangen. Würde das auf Bad Homburg für den Fluglärm übertragen, dann wären die Grenzwerte tagsüber um 5 dB und nachts um 15 dB unterschritten. Dasselbe gilt für die Reduzierung der Anzahl der Überschreitungen der Schwelle von 68 dB(A) für Einzelereignisse nachts, wenn deren Anzahl um den Faktor 3 entsprechend 5 dB auf 2 Ereignisse reduziert würde.

Erstellt durch:



Dr. Dietrich Kühner
Projektleiter

Geprüft durch:



Dipl.-Ing. Dominic Hemmer
Stellvertretend Fachlich Verantwortlicher

6 Literaturverzeichnis

[1] Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm, 01.06.2007.

[2] Umweltbundesamt, Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen, 05/2007.

[3] Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV, 12.06.1990.

Anhang I

Exemplarische Flugrouten bei Betriebsrichtung West und Ost 2010 und 2017

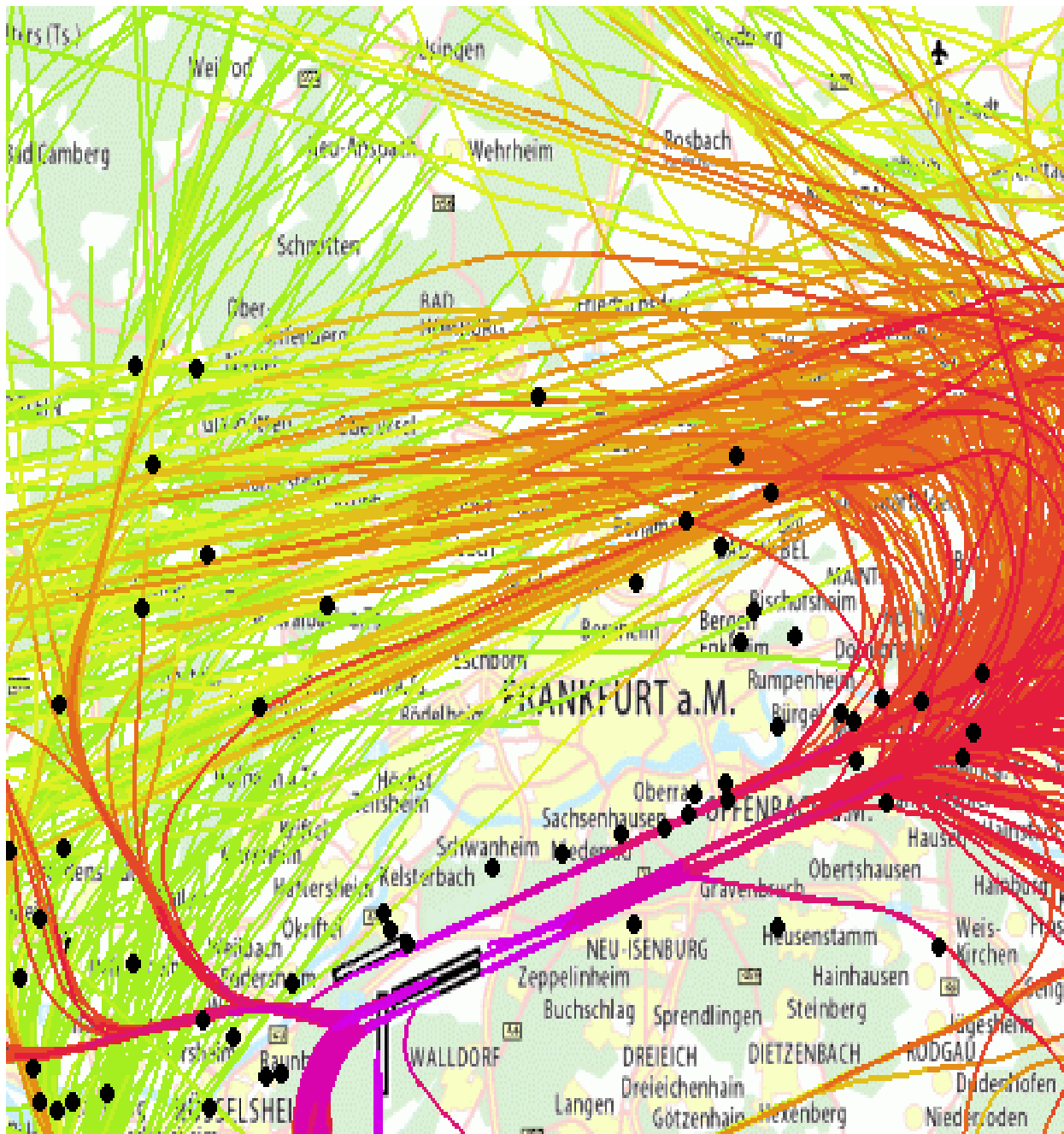


Abb. I.1: DLFD 3.9.2010 BR-25 West, Westwetterlage

Höhenangaben über NN [ft]:



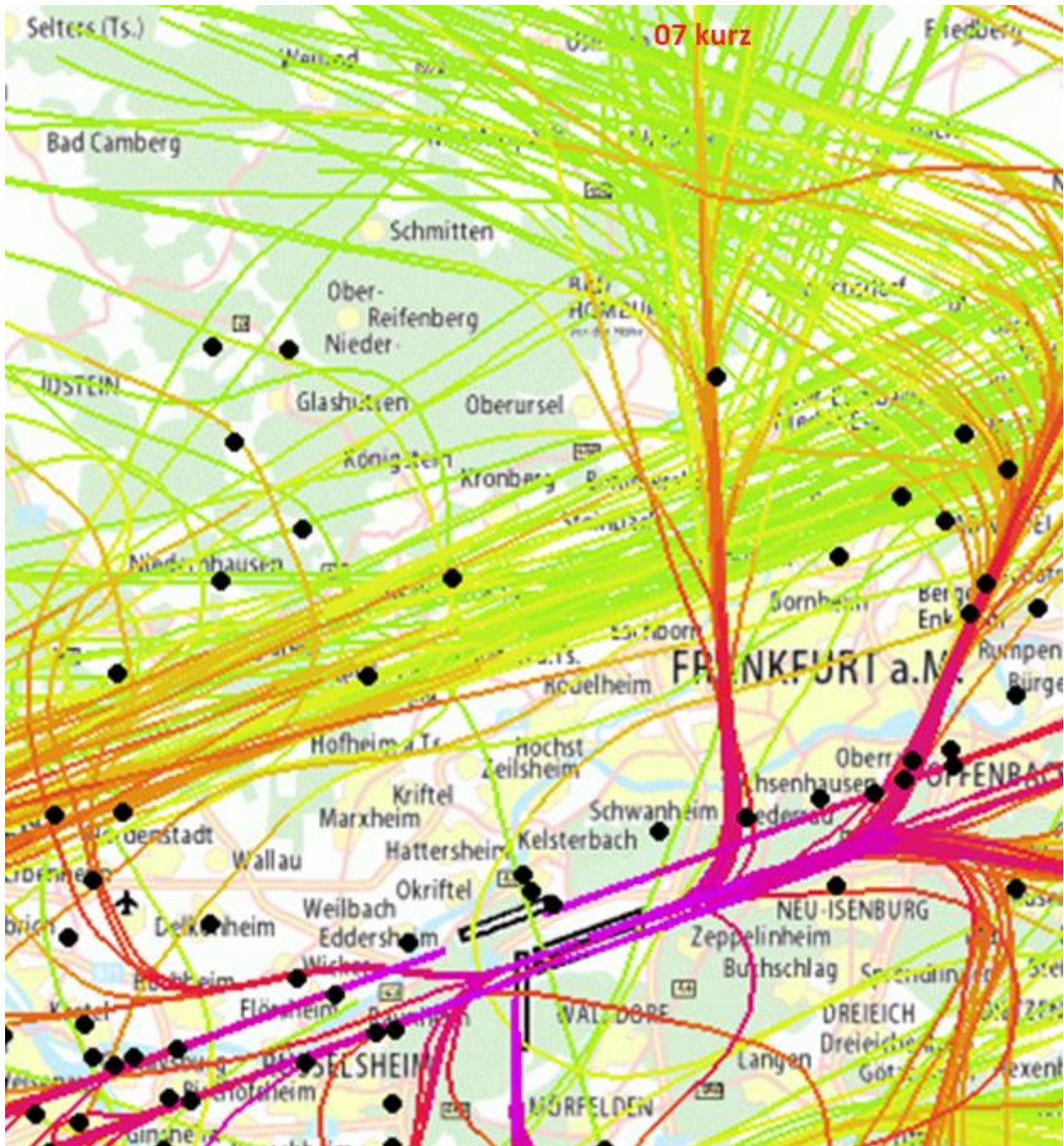


Abb. I. 2: DLFD 2.9.2010 BR-07 Ost, Ostwetterlage

Höhenangaben über NN [ft]:



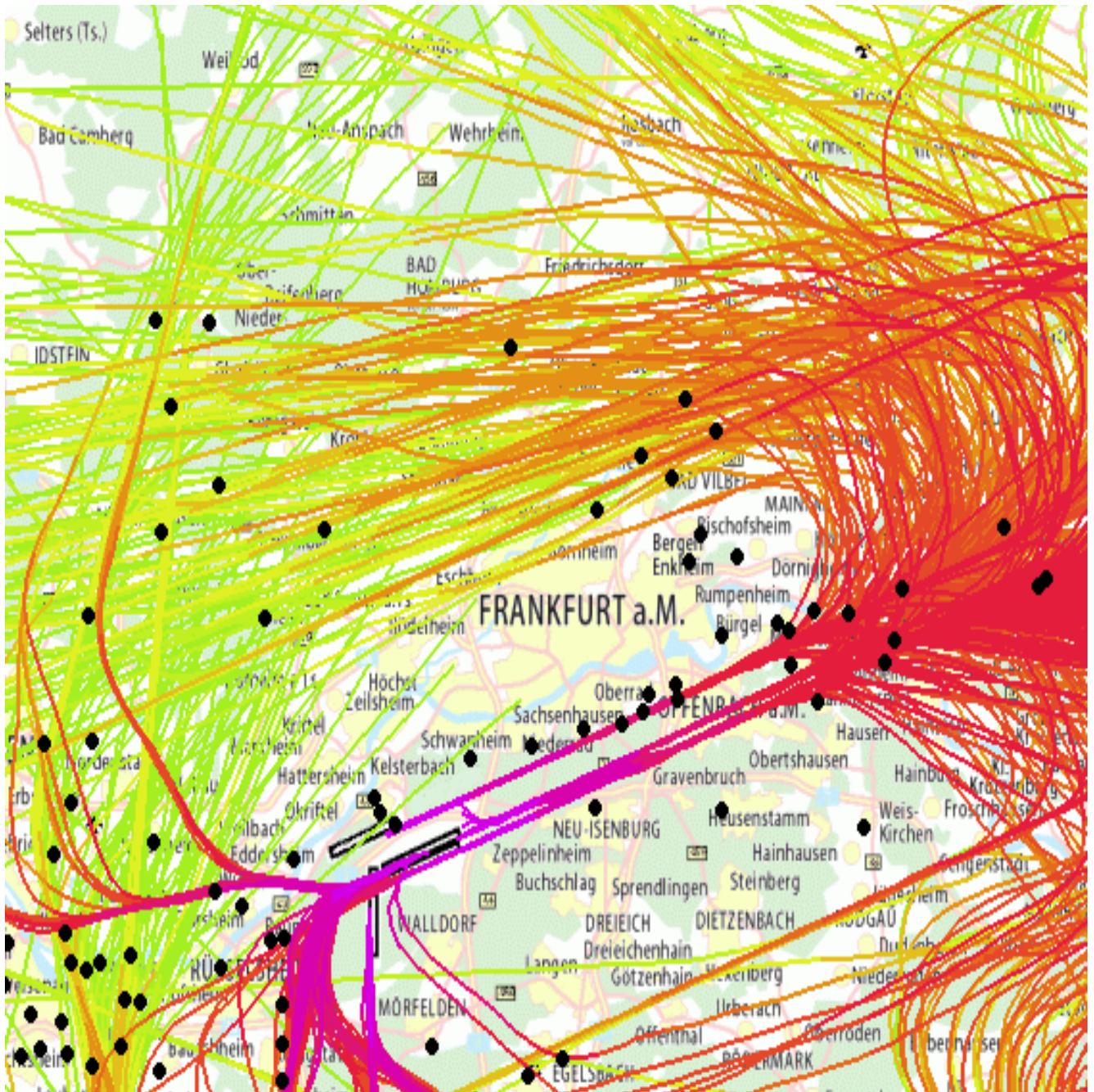


Abb. I.3: 7.5.2018 DLFD BR-25 West, Westwetterlage

Höhenangaben über NN [ft]:



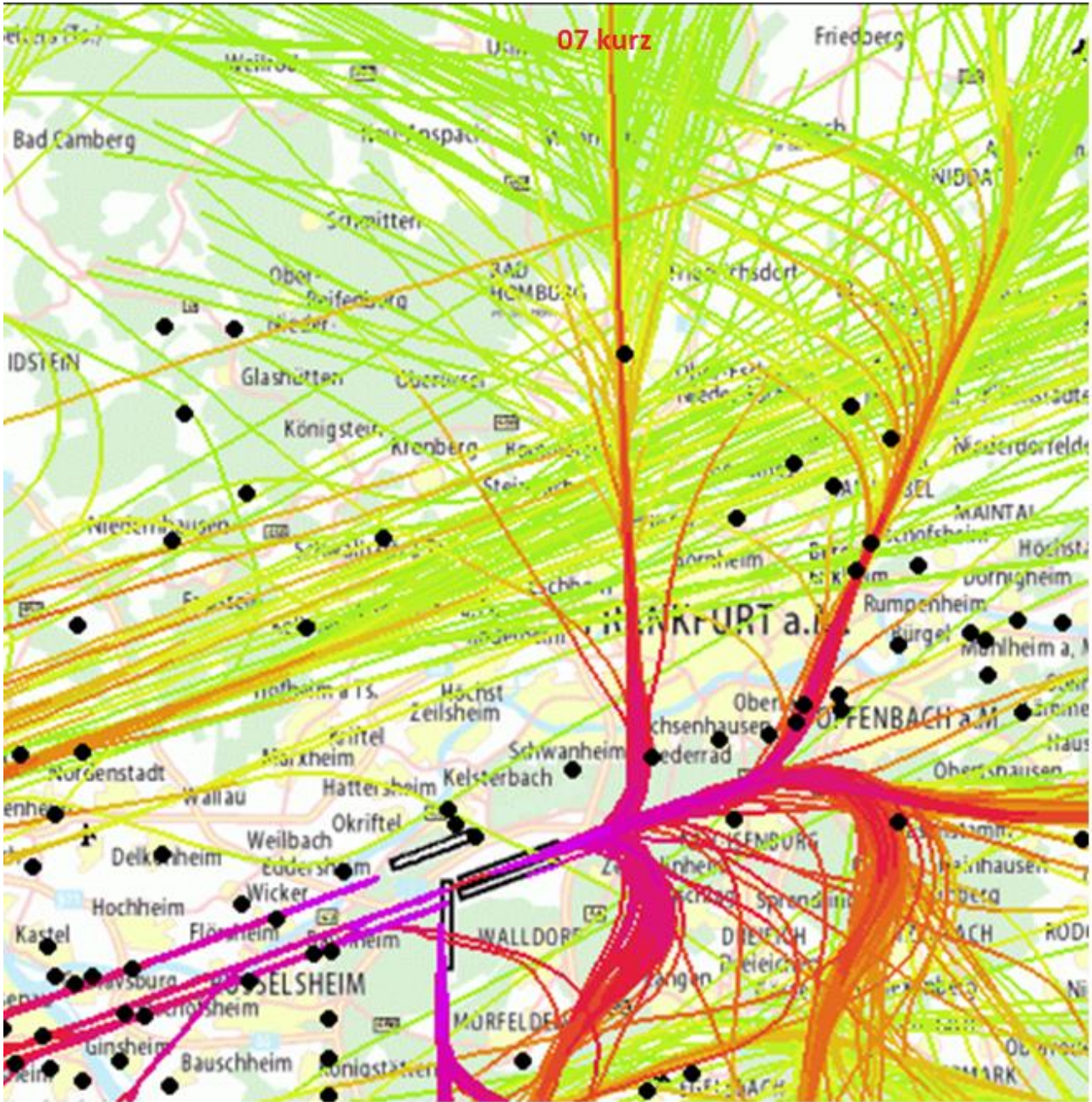


Abb. I.4: 15.5.2018 BR-07 Ost, Ostwetterlage

Höhenangaben über NN [ft]:



Die DFS zeigt die in Abb. I.5 und I.6 mit Pfeil dargestellten Flugrouten dynamisch als die genutzten Routen an:

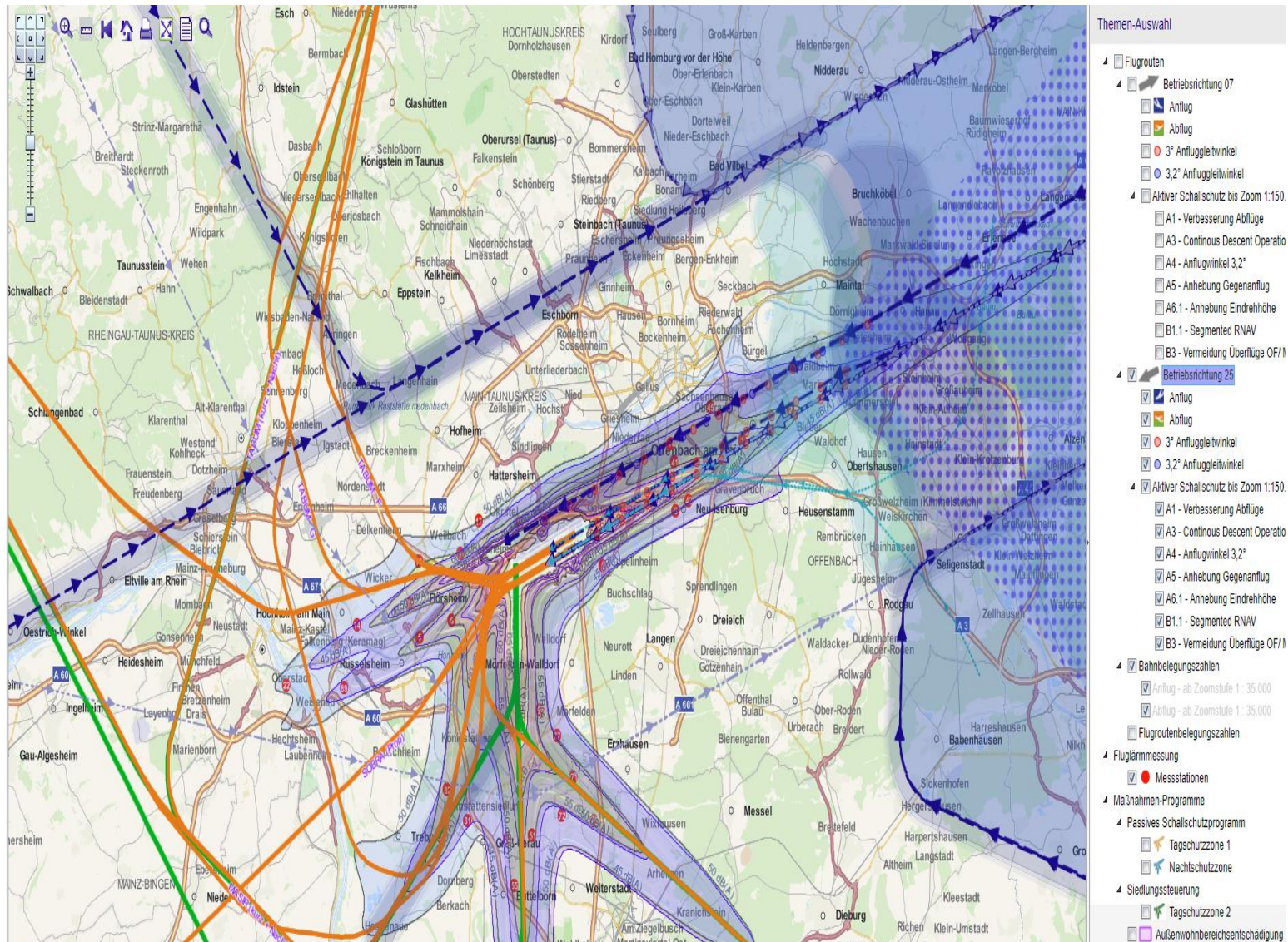


Abb. I.5: BR 25 West (siehe: WEB Seite FRAPORT, FRA MAP), Westwetterlage

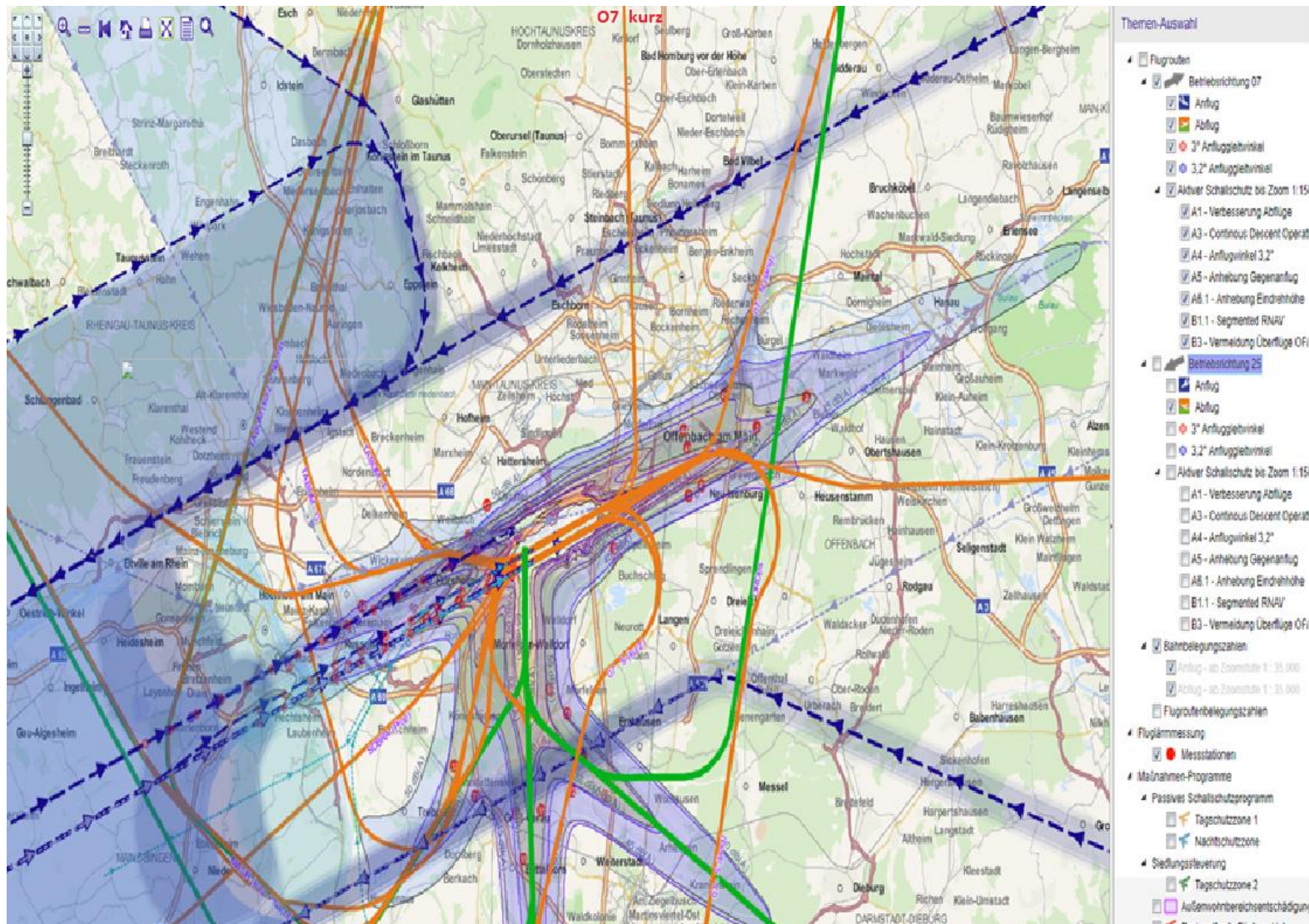


Abb. I.6: BR07 Ost (siehe: WEB Seite FRAPORT, FRA MAP), Ostwetterlage

Anhang II

Beschreibung der Messstation

7 Messgeräte und Auswertelgorithmen

7.1 Automatische deBAKOM-Schallmessstationen

Die Messungen wurden mit mobilen Messstationen des Typs deBAKOM 2000M durchgeführt. Die Stationen sind mit einem ausfahrbaren Mast ausgerüstet, an dessen Spitze sich ein Mikrofon mit Kugelcharakteristik, ein Windmesser (Windgeschwindigkeit und Windrichtung), ein Temperaturfühler, ein Regensensor und ein Feuchtigkeitssensor befinden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick:

Messstation	Messkarte Typ	Dynamik dB	Zeitbewertung	Ereigniszählung
deBAKOM 2000M	Sinus M971	80	schnell(analog)	ja, t=125 ms

Die Messkarte wird üblicherweise mit der Frequenzbewertung „A“ in der Zeitbewertung „schnell“ (125 ms Integrationszeit) betrieben. Für die Ereigniszählung stehen die nicht-integrierten Pegel (Abtastrate 80 Hz) zur Verfügung, so dass insbesondere sehr kurze Ereignisse zuverlässig gezählt werden können.

Der Auswerterechner verfügt über eine netzunabhängige Uhr. Als externes Speichermedium dient ein Festplatten-Laufwerk. Die Anlage arbeitet rund um die Uhr ohne Unterbrechung. In der Zeit von 21.55 bis 22.00 Uhr wird die Justierung der Anlage mit elektronischen Signalen geprüft. Die vom der Messkarte gelieferten Pegel (DC) werden fortlaufend gespeichert und für die üblicherweise stündlich erfolgenden Berechnungen (Mittelungen, Zählung der lauten Ereignisse) bereitgehalten.

Messstation	Pegelaufzeichnung	Spektr Grundfrequenz	Spektr Anzahl/h	Klassenbreite
deBAKOM 2000M	kontinuierlich	2 oder 4 kHz	17800 kontinuierl.	1 dB

Die Spektren werden aus jeweils 0.2 Sekunden langen Abschnitten des mit 16 bit Auflösung digitalisierten, A-bewerteten Schallsignals (AC) berechnet und in bis zu 110 Klassen aufsummiert.

Die Auswertung der Spektren erfolgt am Ende jeder Stunde. Unter einem Spektrum ist die Darstellung des Schallpegels über die Frequenz, die hier schmalbandig mit 5 bzw. 10 Hz Bandbreite aufgelöst wird, zu verstehen.

Die Stationen werden in regelmäßigen Intervallen (typischerweise ca. 2 Wochen) überprüft und mittels eines Kalibrators und eines geeichten Schallpegelmessers kalibriert.

8 Messgrößen

8.1 Pegel

Stündlich werden folgende Pegel und meteorologischen Größen bestimmt:

L_{AFm} (L_{eq}):	Mittelungspegel nach DIN 45641 des A-bewerteten Signals.
L_{AF95} (L_{95}):	Pegel, der 95 % der Stunde überschritten ist. Dieser Pegel wird häufig als Hintergrundgeräuschpegel bezeichnet.
L_{AF90} (L_{90}):	Pegel, der 90 % der Stunde überschritten ist.
$L_{AF50, 10}$ ($L_{50,10}$):	Pegel, der 50, 10 % der Stunde überschritten ist.
L_{A1} (L_{01}):	Pegel, der 1 % der Stunde überschritten ist. Dieser Pegel wird auch als Spitzenpegel bezeichnet.
WG:	Mittlere Windgeschwindigkeit (Vektormittel).
WR:	Mittlere Windrichtung als Vektormittel.
Temp:	Mittlere Temperatur.
Volt:	Kontrollanzeige der Versorgungsspannung.
Over:	Anzahl der aufgetretenen Übersteuerungen des Messverstärkers.
Feucht:	Relative Feuchte in %.
Reg:	Anteil der Messzyklen mit Regenmeldung pro Stunde in %.
Zahl:	Anzahl der Messzyklen.
Datum:	Uhrzeit und Tagesdatum. Es ist die Stunde angegeben, bis zu deren Beginn gemessen wurde; das Ergebnis des Stationstests wird mit „***“ markiert.

Bei der Interpretation der Messdaten sind insbesondere die Werte Windgeschwindigkeit, Regen und Zahl zu beachten. Bei mittleren Windgeschwindigkeiten von mehr als 2.5 m/s kann eine Erhöhung der Schalldruckpegel durch Strömungsgeräusche am Mikrofon auftreten. Zahl gibt die Anzahl der durchlaufenen Messzyklen wieder. Der Regenzähler zählt die Messzyklen mit Niederschlag bzw. Tau und Nebel und kann daher maximal den Wert von Zahl erreichen.

8.2 Einzelereignisse

Am Ende jeder Stunde wird der im Speicher mit einer Integrationszeit von 35 ms abgelegte Pegelverlauf auf laute Ereignisse untersucht. Überschreitet der gemessene Pegel (Integrationszeit siehe Abschnitt 1) einen vorgebbaren Schwellenwert (z.B. 60 dB(A)), so wird ein Ereignis angenommen. Je nach Schnelligkeit des (momentanen) Pegelanstiegs (deBAKOM 2000M: maximale Anstiegsgeschwindigkeit für Pegeländerung um 1000 dB/s) wird es als „schnelles“ oder „langsames“ Ereignis klassifiziert. Die Ereignisse werden nach ihren Spitzenpegeln in 10 Klassen von 5 dB Breite oberhalb der Schwelle einsortiert. In Anlehnung an das 5-Sekunden-Taktverfahren der TA-Lärm wird davon ausgegangen, dass jedes Ereignis für 5 Sekunden Pegel bestimmend ist, d.h. tritt mehr als ein schnelles Ereignis in einem Takt auf, wird nur das Ereignis erfasst, das innerhalb von 2 s nach Überschreiten des Schwellenwertes den höchsten Pegel erreicht.

Um zwischen den eigentlichen Schlägen und Knallen, wie sie von Sprengbetrieben oder Artillerieübungen herrühren, und im Prinzip ähnlichen Geräuschen - wie z.B. das Knattern eines Hubschraubers - unterscheiden

zu können, wurden zwei Zusatzkriterien eingeführt, die klassenweise (deBAKOM 1000 „S1“- und „S2“-Ereignisse) für alle schnellen Ereignisse einer Stunde ermittelt werden:

1. Tritt das Pegelmaximum später als 3/8 Sekunden nach dem Überschreiten des Schwellenwertes auf, so wird der Zähler „pos“ um 1 erhöht. Diese Ereignisse werden bei der Messstation deBAKOM 2000M als „S2“-Ereignisse im Protokoll ausgegeben.
2. Unterschreitet der Pegel innerhalb von 2 Sekunden nach Auslösung den Schwellenwert und ist 1 nicht erfüllt, wird der Zähler „S“ um 1 erhöht. Diese Werte werden bei der Messstation deBAKOM 2000M mit „S1“ bezeichnet.
3. Wird die Pegelschwelle überschritten, ohne dass die Pegelanstiegsgeschwindigkeit den Schwellenwert überschreitet, dann liegt ein langsames Ereignis vor. Das Ereignis wird im Protokoll mit „L“ bezeichnet.

Die Anzahl der Schallereignisse der Kategorie „Schlag/Knall“ ist damit geringer als die Gesamtzahl (S1 + S2) der schnellen Ereignisse:

$$s - \text{pos} < \text{Anzahl Schläge} < s < \text{Anzahl schneller Ereignisse.}$$

Auf diese Weise können laute Schallereignisse gezählt und identifiziert werden, so dass Verfälschungen der Messungen, z.B. durch lokale Schallquellen wie Rasenmäher oder Pkw, vermieden werden.

8.3 Spektren

Aus den klassenweise aufsummierten Spektren werden am Ende jeder Nachtstunde Perzentilspektren, z.B. 95, 90, 50, 10 oder 01 und deren integrierte Pegel S_{95} , S_{50} oder S_{10} , S_{01} , und die der Mittelungspegel berechnet und abgespeichert. Unter dem 95-Spektrum ist die Summe aller Spektren aus 5 % der ruhigsten Zeitabschnitte der Stunde zu verstehen, dividiert durch die Anzahl der in dieser Zeit gemessenen Spektren. Das S_{95} -Spektrum kann somit als Spektrum des Hintergrundgeräusches angesehen werden. der S_{95} -Pegel ist der Mittelungspegel über die Zeit, in der der 95%-Wert unterschritten ist. Das 50- und 1-Spektrum sind entsprechend definiert und enthalten demnach alle Anteile bis auf die Spektren der 50 % bzw. 1 % lautesten Zeitabschnitte. Das Spektrum des Mittelungspegels entspricht in dieser Notation dem S_0 -Spektrum, das alle gemessenen Spektren in der Summe beinhaltet.

8.4 Zeitverläufe

Die Pegelzeitverläufe können wahlweise mit 0.125 oder 1000 s Integrationszeit mit bis zu 100 Werten pro Sekunde aufgezeichnet werden. Der Pegelzeitverlauf entspricht damit der Zeitbewertung „schnell“/„langsam“. Die Pegelverläufe werden auf der Festplatte fortlaufend abgespeichert. Damit stehen von lauten Ereignissen die zeitlichen Pegelverläufe für weitere Analysen zur Verfügung.

8.5 Tonaufzeichnung

Des Weiteren kann bis zu 160 Stunden der Schalldruck mit 10240 Hz aufgezeichnet werden. Erfahrungsgemäß ist aufgrund der hohen Schallabsorption für Frequenzen oberhalb von 4 kHz (80 dB pro 100 m) die Frequenzbandbreite von 0 bis 4 kHz ausreichend, um das Geräusch nahezu frei von Abweichungen gegenüber der Realität wiedergeben zu können.

9 Auswertung und Mittelung

Die stundenweise ermittelten Daten der gesamten Messzeit werden im Labor zusammengefasst und gemittelt; einige Stunden werden auch einer ausführlichen Untersuchung unterworfen. Die gemessenen Stundendaten werden jeweils nur bei kleinen (vektor-)gemittelten Windgeschwindigkeiten und weniger als 10 % Regenmeldungen pro Stunden weiterverwendet. Zudem kann die Auswertung von weiteren Parametern, wie z.B. der Temperatur oder der Windrichtung, abhängig gemacht werden.

9.1 Mittelungs- und Perzentilpegel

Die Mittelungen der Pegel werden nach VDI 3723 Bl. 1 durchgeführt. Durch energetische Mittelung über jeweils gleiche Tagesstunden ergibt sich der Tagesgang der Pegel. Das Kenngrößenfeld der Hintergrund-, Mittelungs- und Spitzenpegel (H, M, S) mit ihren 90%-, 50%- und 10%-Perzentilen sowie dem Energie gemittelten Pegel (m) wird für Tages- und Nachtzeit getrennt errechnet. Ferner werden Diagramme der Summenhäufigkeit des L_{1-} , L_{eq-} und L_{95-} -Pegels erstellt.

Aus dem Tagesgang der Pegel kann nach [Kühner, D., Erkennung und Klassierung von Geräuschquellen, Forschungsbericht Nr. 105 02 101, Mai 1983, Umweltbundesamt Berlin] der Anteil konstant emittierender Quellen (Gewerbe) und der des Verkehrslärms abgeschätzt werden.

9.2 Mittelung der Spektren

Während der Nachtzeit von 22.00 bis 6.00 Uhr bzw. während der Tageszeit werden Spektren jeweils innerhalb von Zeitabschnitten von 2 bzw. 4 Stunden Dauer energetisch gemittelt. Zusätzlich werden die Spektren auch über den ganzen Nachtzeitraum gemittelt und graphisch dargestellt. Anhand der Spektren kann die Tonhaltigkeit der einwirkenden Quellen abgelesen und nach [DIN 45681 E, Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlags für die Beurteilung von Geräuschimmissionen, beurteilt werden; bei bekannten Emissionsspektren kann ferner auf die Emittenten zurück geschlossen werden. Differenzspektren (z.B. eq-Spektrum - 90-Spektrum) dienen der Unterscheidung gewerblicher und anderer Schallquellen.

9.3 Mustererkennung

Ausgehend von den Tonaufzeichnungen können charakteristische spektrale Eigenschaften genutzt werden, um mit Methoden der Mustererkennung insbesondere intermittierend auftretende Geräusche ihrer Herkunft zuzuordnen, z.B. Eisenbahnvorbeifahrt, Überflug oder Vorbeifahrt eines Staplers, das Brennen einer Fackel etc.. Ausgehend von den kontinuierlich registrierten Mustern können dann deren Anteile für die Gesamtmesszeit bestimmt werden.