



Forum Flughafen
und Region

Frankfurter Fluglärmindex 2.0 (FFI 2.0)

Dokumentation

Autoren

AG Index des Forums Flughafen und Region Frankfurt

(Mitglieder: Prof. Dr. Jan Wörner, Regine Barth, Alexander Braun, Christoph Brunn, Dr. Michael Charalambis, Katharina Diergarten, Olaf Glitsch, Daphne Goldmann, Dr. Ullrich Isermann, Thomas Jühe, Dr. Ralf Knöll, Matthias Lochmann, Christa Michel, Dr. Uwe Müller, Dr. Gerd Saueressig, Thomas Schäfer, Dr. Dirk Schreckenberger, Ingo Tontsch, Sascha Wichmann, Anja Wollert)

Durchführung der Schallimmissionsberechnungen

Gemeinnützige Umwelthaus GmbH, Alexander Braun

Herausgeber

Forum Flughafen und Region / Gemeinnützige Umwelthaus GmbH

Gemeinnützige Umwelthaus GmbH

Rüsselsheimer Straße 100 | 65451 Kelsterbach

Tel.: +49 (0) 61 07 - 98 868 0

Fax: +49 (0) 61 07 - 98 868 - 19

www.umwelthaus.org

Redaktion und Gestaltung

Mann beißt Hund – Agentur für Kommunikation GmbH | Hamburg

www.mann-beisst-hund.de


Fachliche Koordination

Öko-Institut e. V. | www.oeko.de

Stand

Mai 2019

Zeichenerklärung

 Klickbarer Verweis auf weiterführende Informationen im Internet

↪ Dieser Begriff ist im Glossar ab Seite 39 erklärt

Inhalt

3	1 — Vorwort
5	2 — Einführung
5	2.1 — Grundlagen eines Fluglärmindex
7	2.2 — Die Entwicklung des Frankfurter Fluglärmindex im Überblick
8	2.3 — Aktualisierung des Frankfurter Fluglärmindex
11	3 — Grundlagen des FFI 2.0
17	4 — Berechnung & Auswertung des FFI 2.0
17	4.1 — Das Vorgehen in der Übersicht
18	4.2 — Frankfurter Tagindex (FTI) 2.0
18	4.2.1 — Schritt Eins: Die akustische Abgrenzung der Auswertungsgebiete & Berechnung der Dauerschallpegel in Ein-Dezibel-Schritten
21	4.2.2 — Schritt Zwei: Die Auswertung der Betroffenenanzahl
23	4.2.3 — Schritt Drei: Die Auswertung der Lärmwirkung (Anzahl der Hochbelästigten)
27	4.2.4 — Schritt Vier: Die Ermittlung von Indexwerten
28	4.3 — Frankfurter Nachtindex (FNI) 2.0
28	4.3.1 — Schritt Eins: Die akustische Abgrenzung der Auswertungsgebiete & Berechnung der Maximalpegelverteilung
32	4.3.2 — Schritt Zwei: Die Auswertung der Betroffenenanzahl
32	4.3.3 — Schritt Drei: Die Auswertung der Lärmwirkung (Anzahl zusätzlicher Aufwachreaktionen)
35	4.3.4 — Schritt Vier: Die Ermittlung von Indexwerten
37	5 — Kommunikation des FFI 2.0
39	6 — Weiterentwicklung des FFI 2.0
41	Glossar
45	Literaturhinweise
46	Anhang I — FFI 2.0 - Monitoring- & Maßnahmenindex in der Übersicht
48	Anhang II — Beispielhafte Darstellung von Betrachtungsgebieten des FFI 2.0



1 — Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

seit zehn Jahren arbeitet das Forum Flughafen und Region (FFR) unter anderem daran, geeignete Maßnahmen des aktiven Schallschutzes zu identifizieren und zu bewerten, um den Fluglärm bzw. die Betroffenheit in der Rhein-Main-Region zu reduzieren. Schallschutz ist eines der zentralen Arbeitsfelder des FFR, in dem wir in den letzten Jahren wichtige Schritte vorangekommen sind. Jeder lärmindernden Maßnahme liegt eine fachliche Abwägung zugrunde, die klare und nachvollziehbare Kriterien benötigt. Ein solches Instrument haben wir bereits vor einigen Jahren mit dem Frankfurter Fluglärmindex (FFI) geschaffen. Dabei reicht es uns nicht, auf bloße Pegelwerte zu schauen, sondern wir beziehen die individuell empfundene Belästigung der Menschen mit ein. Insbesondere die Erkenntnisse aus der [NORAH-Studie](#) des FFR haben es nötig gemacht, den FFI zu aktualisieren.

Ich freue mich, dass wir im FFR gemeinsam eine weiterentwickelte Version des Index erarbeitet haben, in die unter anderem neue Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung, ein erweitertes Indexgebiet und einige Hinweise aus dem Konsultationsverfahren zur Schallschutzmaßnahme „Laterale Optimierung AMTIX kurz“ eingeflossen sind.

Um die Weiterentwicklung kenntlich zu machen und diese vom bisherigen Index unterscheiden zu können, heißt diese aktualisierte Version [↔ „Frankfurter Fluglärmindex 2.0“ \(FFI 2.0\)](#). Mit diesem überarbeiteten Instrument können wir auf Basis aktueller Erkenntnisse abwägen, wie sich eine Schallschutzmaßnahme lokal auswirkt und sich die Belastungen in der Region verteilen. Außerdem können wir damit noch verlässlicher beobachten, wie sich die Fluglärmbelastung und das subjektive Lärmempfinden der Bevölkerung entwickelt.

Ich bedanke mich bei allen, die mit ihrer hervorragenden fachlichen Expertise an dem neuen Index mitgearbeitet haben. Unser Ziel bleibt es, den Flugverkehr so leise wie möglich zu machen!

Prof. Dr. Jan Wörner

Mitglied des FFR-Vorstands



2 — Einführung

2.1 — Grundlagen eines Fluglärmindex

Ein Fluglärmindex dient als Bewertungsinstrument von Fluglärm, das nicht nur auf reine Belastungsgrößen – also Dauerschall- oder Maximalpegel – abstellt, sondern diese Bewertung anhand von Wirkungsgrößen vornimmt. Damit gibt ein Fluglärmindex nicht nur Auskunft über die Entwicklung der Lärmbelastung an einem Standort, sondern auch über die dadurch auf die in der Umgebung des Flughafens wohnende Bevölkerung verursachte Fluglärmwirkung.

Um diese ermitteln zu können, werden Informationen zur Lärmbelastung benötigt. Darüber hinaus sind aber auch sogenannte [↔ Dosis-Wirkungs-Beziehungen](#) nötig. Sie beschreiben den Zusammenhang zwischen der akustischen Belastung (zum Beispiel dem [↔ Dauerschallpegel](#)) und der Wirkung (zum Beispiel den Anteil [↔ Hochbelästigter](#)).

Ein Index kann allerdings nicht über sämtliche Wirkungen von Fluglärm Auskunft geben. Um handhabbar zu bleiben und Komplexität zu reduzieren, beschränkt er sich daher auf bestimmte wichtige Aspekte der [↔ Lärmwirkung](#). Welche dies sind, kann sich je nach Ausgestaltung des Index unterscheiden. Der Frankfurter Fluglärmindex bezieht sich auf zwei solche Aspekte: die durch Fluglärm hervorgerufene Belästigungswirkung am Tag sowie die zusätzlichen, durch Fluglärm verursachten, [↔ Aufwachreaktionen](#) der in der Umgebung des Flughafens wohnenden Bevölkerung in der Nacht. Wenn im Folgenden auf (Flug-)Lärmwirkung Bezug genommen wird, sind damit also diese beiden Wirkungsaspekte gemeint.¹ Damit wird nicht unterstellt, dass es keine anderen Wirkungen von Fluglärm gibt. Diese werden aber für den [↔ Frankfurter Fluglärmindex 2.0](#) nicht betrachtet.

> Auswertung in drei Schritten

Das Vorgehen bei der Auswertung eines Fluglärmindex untergliedert sich in mehrere Schritte, die sich in Details voneinander unterscheiden können, vom Prinzip aber gleich sind:

1. Die Abgrenzung des genauen Auswertungsgebiets (im Falle des FFI 2.0 beispielsweise auf Basis akustischer Kriterien) und die Bestimmung der genauen Lärmbelastung innerhalb dieses Gebiets (im Fall des FFI 2.0 beispielsweise anhand des Dauerschallpegels am Tag und der Maximalschallpegelverteilung in der Nacht).
2. Die Ermittlung der Betroffenenanzahl innerhalb des Auswertungsgebiets, idealerweise kleinteilig heruntergebrochen, um eine möglichst genaue Zuordnung der Bevölkerung vornehmen zu können (im Fall des FFI 2.0 beispielsweise auf Parzellen von 50 Metern x 50 Metern).
3. Die Ermittlung der Fluglärmwirkung mithilfe von Dosis-Wirkungs-Beziehungen, die Auskunft darüber geben, bei welchem Pegel welche Wirkungen anzunehmen sind (im Fall des FFI 2.0 beispielsweise der Prozentsatz Hochbelästigter am Tag bzw. die Wahrscheinlichkeit zusätzlicher Aufwachreaktionen in der Nacht). Die Anzahl der Betroffenen wird in einem mit einem bestimmten Lärmpegel belasteten Gebiet mit den entsprechenden Prozentsätzen aus der Dosis-Wirkungs-Beziehung multipliziert. Daraus ergibt sich ein Wert für die untersuchte Fluglärmwirkung. Dieser Vorgang wird für das gesamte zu betrachtende Auswertungsgebiet durchgeführt und die Werte aufsummiert. So ergibt sich ein Gesamtwert für das ganze Auswertungsgebiet.

¹ Genauere Ausführungen zur Lärmwirkung erfolgen in den entsprechenden Abschnitten weiter unten.

Die oben beschriebene Bestimmung der Lärmbelastung erfolgt auf Basis von Berechnungen. Einen Index mithilfe von Lärmmessungen zu erstellen, würde Messungen in der gesamten Fläche erfordern. Dies ist für das Gebiet, das der FFI 2.0 beurteilen soll, nicht durchführbar. Zum anderen basieren auch die Dosis-Wirkungs-Beziehungen aus demselben Grund auf berechneten Lärmbelastungen – so bleiben in beiden Fällen die Methoden vergleichbar.

► Die zwei Aufgaben des Fluglärmindex

Das Instrument Fluglärmindex wird im Wesentlichen auf zwei Arten verwendet:

1. Zum einen kann der Index die Entwicklungen der Lärmbelastung und Lärmwirkung im Verlauf der Zeit darstellen. Er dient also dem Fluglärmmonitoring. Der diesem Verwendungszweck dienende Index wird im FFI 2.0 auch als **Monitoringindex** bezeichnet. Der Monitoringindex wird jährlich berechnet. Die Ausgangsfrage des Monitorings ist: Wie hat sich die Situation im Vergleich zum rückwirkend berechneten Referenzjahr 2007 verändert? 2007 ist das Jahr, in dem der Planfeststellungsbeschluss zum Ausbau des Frankfurter Flughafens erging. Alle weiteren Jahre werden als Abweichung von diesem Referenzjahr dargestellt. So ermöglicht der FFI 2.0 die Ermittlung von Zu- und Abnahmen der Lärmbelastung/-wirkung im Verlauf der Zeit in der Region sowie den Vergleich von Lärmbelastungen in unterschiedlichen Gebieten.
2. Zweitens ist ein Fluglärmindex ein zentrales Instrument, um den Effekt von Maßnahmen des aktiven Schallschutzes abzuschätzen und zu bewerten. Im Gegensatz zum Monitoringindex, der einen jährlichen Rückblick auf die vergangene Lärmwirkung bietet, geht es hier also um eine vorausschauende Betrachtung einer möglichen lärmrelevanten Maßnahme. Der diesem Zweck dienende Index wird im FFI 2.0 deshalb als **Maßnahmenindex** bezeichnet. In vergleichenden Szenarien mit und ohne Berücksichtigung der zu prüfenden Schallschutzmaßnahme(n) wird deren potenzielle Auswirkung identifiziert. Diese Lärmbewertung wird in Frankfurt dann, neben anderen Kriterien, zur Entscheidung herangezogen, ob eine aktive Schallschutzmaßnahme durch das [Expertengremium aktiver Schallschutz \(ExpASS\)](#) zur Umsetzung empfohlen wird.

Trotz der unterschiedlichen Verwendungsarten eines Fluglärmindex unterscheiden sich die methodischen Voraussetzungen hierfür nur in wenigen Punkten. So kann sich der Monitoringindex etwa auf eine existierende Datenbasis bezüglich Flugverkehrs, Flottenmix, Betriebsrichtungsverteilung etc. stützen, da er Fluglärmbelastungen und Lärmwirkungen rückblickend beschreibt. Der Maßnahmenindex hingegen blickt in die Zukunft. Deshalb müssen hier prognostische Annahmen getroffen werden. Diese Dokumentation stellt zunächst jeweils die gemeinsamen Methoden dar, und geht am Ende der folgenden Kapitel noch einmal kurz auf die Unterschiede zwischen dem Monitoringindex und dem Maßnahmenindex ein.

► Grenzen von Fluglärmindizes

Der Vorteil eines Fluglärmindex ist somit, dass er komplexe Informationen zusammenfassend darstellt und so ein Hilfsmittel bietet, um die Fluglärmentwicklung sowie Maßnahmen zur Lärmvermeidung objektiv zu beurteilen. Dennoch haben Fluglärmindizes auch Nachteile: So sollen Indizes die zu beschreibenden Effekte – hier also die Fluglärmwirkung – möglichst einfach, in einer einzigen Kennzahl oder wenigen Kennzahlen, beschreiben. Gleichzeitig gehen durch diese Vereinfachung vielfältige Informationen verloren – und die Zahlen zu interpretieren kann umso komplexer werden. Um einen Index zu bilden, müssen außerdem Setzungen vorgenommen werden: etwa, welches Gebiet betrachtet wird und wie eine hohe gegenüber einer niedrigen Belastung gewichtet wird. Aus wissenschaftlichen Erkenntnissen sind solche Setzungen nicht oder nicht immer direkt ableitbar und somit oftmals Gegenstand von Kritik. Andererseits sind sie unerlässlich, um Fluglärmindizes als praktisch anwendbare Instrumente nutzen zu können.

2.2 — Die Entwicklung des Frankfurter Fluglärmindex im Überblick

Die Überlegungen zu einem Lärmindex haben ihren Ursprung im Regionalen Dialogforum (RDF) im Rahmen des sogenannten Anti-Lärm Pakets. Damals wurde der Index auf die Studie „Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens“ von Schrecken-berg und Meis (2006) aufgesetzt. Die Untersuchung war vom RDF als Teil der Arbeiten des Projektteams „Ökologie und Gesundheit“ beauftragt worden. Der Anti-Lärm-Pakt enthielt einen Frankfurter Index für 24 Stunden und einen zusätzlichen Nachtindex, der auf Wahrscheinlichkeiten für zusätzliche Aufwachreaktionen basierte. Diese wurden in der Schlafstudie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zu Fluglärmbelastungen am Flughafen Köln-Bonn 2005 ermittelt. In einer gemeinsamen Erklärung der hessischen Landesregierung, des RDF und der Luftfahrtseite vom 12.12.2007 befürworteten alle Unterzeichner ein „Monitoring der Wirkung der Maßnahmen [des aktiven Schallschutzes] z. B. in Form eines geeigneten Fluglärmindex.“

Aufgrund einer Anforderung im Planfeststellungsbeschluss wurde gegen Ende des RDF eine wissenschaftliche Bewertung der beiden Indizes in Auftrag gegeben. Daraus resultierte die Studie „Wissenschaftliche Bewertung der im Rahmen des Ausbauverfahrens Frankfurter Flughafen entwickelten Vorschläge für einen oder mehrere Fluglärmindizes für das Regionale Dialogforum“ von Basner, Schrecken-berg, Thomann (2008). Die Gutachter bestätigten die Eignung der Indizes im Grundsatz, plädierten aber für eine getrennte Ausweisung eines Tag- und Nachtindex.

› Arbeitsgruppe Index

Im FFR wurde der Index daraufhin im ExpASS innerhalb der „Arbeitsgruppe Index“ weiterentwickelt. Sie wurde von Dr. Mathias Basner, einem der Autoren des Gutachtens, geleitet. Der Auftrag der Arbeitsgruppe war es, Empfehlungen zur Ausgestaltung eines oder mehrerer wirkungsbezogener Fluglärmindizes zu erarbeiten.

Die Empfehlungen der Arbeitsgruppe sollten einerseits wissenschaftlich fundiert sein und andererseits den Zwecken des Fluglärmindex, also dem Monitoring und der Bewertung von Schallschutzmaßnahmen, dienen. Die Gruppe einigte sich im Kern auf folgende Empfehlungen:

- Die Schaffung eines Fluglärmindex zum Monitoring und zur Prüfung aktiver Schallschutzmaßnahmen wurde als möglich erachtet.
- Der FFI sollte nicht alleiniges Instrument zur Beurteilung der Fluglärmwirkungen in der Umgebung des Frankfurter Flughafens sein. Weitere Kriterien sollten herangezogen werden.
- Das im Rahmen des Fluglärmschutzgesetzes genutzte Standardverfahren (↔ AzB 08), sollte als Berechnungsverfahren für den FFI genutzt werden.
- Die Trennung der Beurteilungszeiträume sollte entsprechend der gesetzlichen Definition für Tag (06 – 22 Uhr) und Nacht (22 – 06 Uhr) erfolgen.
- Für den Beurteilungszeitraum Tag (06 – 22 Uhr), sollte der Wirkungsbezug durch eine in der Frankfurter Belästigungsstudie (Schrecken-berg & Meis 2006) erhobene ↔ Dosis-Wirkungs-Beziehung hergestellt werden.
- Für den Beurteilungszeitraum Nacht (22 – 06 Uhr), sollte der Wirkungsbezug durch die Dosis-Wirkungs-Beziehung der Köln-Bonner Studie des DLR zur Ermittlung der zusätzlich durch Fluglärm hervorgerufenen EEG-Aufwachreaktionen hergestellt werden.
- Zusätzlich wurde empfohlen, am Tag nur Gebiete zu berücksichtigen, in denen ein ↔ Dauerschallpegel von 53 dB erreicht oder überschritten wird. Für die Nacht wurde empfohlen, nur Gebiete zu berücksichtigen, in denen im Mittel mit mindestens 0,75 zusätzlichen durch Fluglärm verursachten Aufwachreaktionen zu rechnen ist.
- Es wurde betont, dass – trotz der genannten Abgrenzungskriterien – auch außerhalb dieser Berechnungsgebiete ↔ Lärmwirkungen auftreten.

› Überarbeitung des Index

Basierend auf den Empfehlungen der Arbeitsgruppe und in Abwägung der Vor- und Nachteile sowie der geplanten Nutzungszwecke des Index, verabschiedete der [Koordinierungsrat des FFR](#) dann am 06.11.2009 den Frankfurter Fluglärmindex getrennt in einen Index für den Tag (Frankfurter Tagindex, FTI) und einen Index für die Nacht (Frankfurter Nachtindex, FNI). Ebenfalls wurde beschlossen, den Index nach einigen Jahren einer Evaluierung zu unterziehen.

Seit 2009 war der FFI unverändert in Anwendung und diente dem regelmäßigen Monitoring sowie der Beurteilung aktiver Schallschutzmaßnahmen durch das FFR. Zehn Jahre nach Schaffung des Frankfurter Fluglärmindex hat das FFR den Index nun aktualisiert. Erneut wurde hierfür vom Koordinierungsrat eine „AG Index“ eingesetzt, geleitet von Prof. Dr. Jan Wörner, dem neutralen Vorstand des FFR. Bei der Zusammensetzung der AG wurde von Anfang an auf eine möglichst breite Besetzung geachtet. Diese bezog explizit auch Expertinnen und Experten außerhalb des FFR mit ein.

Während sich der FFI als Monitorings- und Bewertungsinstrument in den zehn Jahren seiner Nutzung grundsätzlich bewährt hat, sollte geprüft werden, wo Aktualisierungen notwendig und angebracht sind. Auch hier ging es um wissenschaftlich fundierte und zugleich an die praktische Nutzbarkeit angepasste Empfehlungen.

Auf Basis der Empfehlungen der AG Index wurde der aktualisierte „Frankfurter Fluglärmindex nach NORAH (FFI 2.0)“ dann am 29.03.2019 vom Koordinierungsrat des FFR verabschiedet.

2.3 — Aktualisierung des Frankfurter Fluglärmindex

Vor fast zehn Jahren haben sich die beteiligten Akteure am Flughafenstandort Frankfurt entschlossen, im Rahmen des FFR zu kooperieren und gemeinsam wirkungsvolle Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm zu entwickeln. Innerhalb des FFR arbeiten seitdem Vertreterinnen und Vertreter der Fluggesellschaften, des Flughafenbetreibers und der Flugsicherung, der betroffenen Kommunen, der Landesbehörden sowie unabhängige Wissenschaftler und Sachverständige fortwährend daran, weitere Möglichkeiten der Lärminderung zu identifizieren, zu prüfen und umzusetzen.

Eine wesentliche Voraussetzung dieser Arbeit ist das Wissen darüber, wie der Fluglärm in der Region verteilt ist, wie er sich von Jahr zu Jahr verändert und welche Faktoren die Veränderungen beeinflussen. Nur so haben die am Lärmschutz arbeitenden Expertinnen und Experten Ansatzpunkte, Maßnahmen zum Schallschutz zu entwickeln. Außerdem haben natürlich die in der Region lebenden Menschen einen Anspruch darauf zu erfahren, wie sich die Lärmeinwirkungen des Flugverkehrs und die daraus resultierenden [Lärmwirkungen](#) entwickeln und welche Regionen um den Flughafen besonders davon betroffen sind. Das FFR möchte mit dem Index den Fluglärm betroffenen jährliche Informationen bereitstellen, die auf der Belästigungswirkung sowie den zusätzlichen durch Fluglärm verursachten [Aufwachreaktionen](#) basieren und die eine differenzierte Betrachtung von Änderungen in einzelnen Regionen erlauben.

Um diese Informationen kompakt bereitzustellen, wurde bereits vor über zehn Jahren ein Indexkonzept vorgeschlagen. Daraus resultierte im Jahr 2009 der sogenannte Frankfurter Fluglärmindex (FFI). Seitdem gibt es jährliche Informationen darüber, wie sich die Belastungen seit 2007 entwickelt haben. Der Index wird auch zur Bewertung aktiver Schallschutzmaßnahmen genutzt.

› Gründe für die Überarbeitung: neue Daten und Erkenntnisse

Anfang 2019 hat das FFR den Index einer Revision unterzogen und beschlossen, ihn zu aktualisieren. Dies geschah einerseits, um neue wissenschaftliche Erkenntnisse in den Index einfließen zu lassen. So gibt es mit der [NORAH-Studie](#) inzwischen aktuellere und auf den Standort Frankfurt bezogene wissenschaftliche Erkenntnisse zu Lärmwirkungen. Andererseits sollten die Erfahrungen aus den zehn Jahren Anwendung und Nutzung des FFI in dessen Überarbeitung einfließen. Zusätzlichen Input lieferte das im Jahr 2018 begonnene [Konsultationsverfahren der Schallschutzmaßnahme „Laterale Optimierung AMTIX kurz“](#). Mehrere Diskussionen mit den beteiligten Akteuren betrafen die Ausgestaltung des FFI. Kernforderungen an den Index aus der Konsultation waren, wie dem [Bericht zur Beteiligung der Öffentlichkeit](#) entnommen werden kann (Seite 23):

- Der FFI sollte anhand neuer Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung (z. B. NORAH-Studie) kontinuierlich weiter entwickelt und bei Entscheidungen berücksichtigt werden.
- Von besonders hohen Lärmpegeln (z. B. auch [Dauerschallpegeln über 55 dB\(A\)](#)) betroffene Menschen müssen in der Abwägung besonders gewichtet werden.
- Verschiedene Werte sollten in einer differenzierten Abschätzung einbezogen werden. Wichtig ist, dass die Kriterien klar, transparent und nachvollziehbar sind – und dass die darauf basierende Abwägung fair und ebenfalls transparent erfolgt.

Das Ergebnis der Aktualisierung des FFI liegt vor und wird in dieser Dokumentation beschrieben. Der neue Index wird [„Frankfurter Fluglärmindex 2.0“ \(FFI 2.0\)](#) heißen, um ihn vom bisherigen Index unterscheiden zu können. Wie der FFI 2.0 ausgestaltet ist, wird auf den folgenden Seiten detailliert erläutert.



3 — Grundlagen des FFI 2.0

Der aktualisierte Frankfurter Fluglärmindex nach NORAH (FFI 2.0) ist – wie schon die ältere Version – getrennt in einen Index für den Tag ([↪ Frankfurter Tagindex nach NORAH, FTI 2.0](#)) und einen Index für die Nacht ([↪ Frankfurter Nachtindex nach NORAH, FNI 2.0](#)). In den nächsten Kapiteln werden die Berechnungen und Auswertungen für den FTI 2.0 und den FNI 2.0 jeweils getrennt voneinander detailliert Schritt für Schritt beschrieben.

Einige Parameter, die dieser Auswertung zugrunde liegen, gelten jedoch für beide Indizes. Diese gemeinsamen Grundlagen werden vorab dargestellt.

Tabelle 1 fasst zunächst jedoch die Unterschiede zwischen dem bisher genutzten FFI, und dem künftig zu nutzenden FFI 2.0 bzgl. dieser allgemeinen Grundlagen zusammen.

Tabelle 1

FFI vs. FFI 2.0 – allgemeine Grundlagen

Allgemeine Grundlagen	FFI	FFI 2.0
Berechnungsverfahren	Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) 08	Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) 08 mit modifizierten Luftfahrzeugklassen nach Lärmobergrenze (LOG) (siehe Tabelle 2)
Datengrundlage	Datenerfassungssystem (DES)	Datenerfassungssystem (DES)
Betrachteter Zeitraum Verkehrsdaten	6 verkehrsreichste Monate	6 verkehrsreichste Monate
Betriebsrichtungsverteilung	<i>Gebietsabgrenzung:</i> Standardisierte Verteilung + 3-Sigma <i>Auswertung innerhalb der Gebiete:</i> Realverteilung (FFI _{Monitoring}) Standardisierte Verteilung (FFI _{Maßnahmen})	Realverteilung (FFI 2.0 _{Monitoring}) Standardisierte Verteilung (FFI 2.0 _{Maßnahmen})

► **Berechnungsverfahren**

Die für die Auswertungen relevanten akustischen Belastungen, also Dauerschall- und ↪ Maximalschallpegel, werden auf Grundlage von Berechnungen ermittelt – und nicht etwa mithilfe von Messungen. Zum einen liefern nur Berechnungen flächendeckende Daten, während Messungen nur punktuell Informationen zu ↪ Schallpegeln an bestimmten Orten geben können. Zum anderen dient der Index sowohl dem Monitoring als auch der Maßnahmenbewertung. Da letzteres vorausschauend erfolgt, sind Lärm-messungen hier nicht möglich.

Als Berechnungsverfahren wird grundsätzlich das im Rahmen des Fluglärmschutzgesetzes vorgeschriebene Standardverfahren „Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen“ (↪ AzB) 08 angewendet. Allerdings wird die akustische Datenbasis teilweise angepasst, um in der AzB 08 nicht abgebildete Aspekte von Flottenmodernisierungen berücksichtigen zu können. So sind neuere Entwicklungen bislang nicht in der AzB berücksichtigt, etwa die lärmreduzierende Wirkung der ↪ Wirbelgeneratoren in der A320-Familie. Gleiches gilt zum Beispiel auch für die gegenüber älteren Flugzeug-

Tabelle 2
Übersicht: Zu- und Abschläge entsprechend der Lärmobergrenze (LOG)

Quelle
 Gemeinsamer Monitoring-Bericht zur Lärmobergrenze im Betriebsjahr 2017, Seite 7

Typ	AzB-Gruppe	Start (dB)	Landung (dB)
Mit Wirbelgenerator ausgerüstete A319, A320, A321	S 5.2	0,0	-1,5
A320neo	S 5.2	-2,5	-1,5
A321neo	S 5.2	-2,0	-1,5
BCS1 bzw. A220-100	S 5.2	-4,0	0,0
A350-900	S 6.1	-4,0	0,0
B787-8	S 6.1	-4,5	-0,5
B787-9	S 6.1	-3,0	-0,5
B747-8	S 7	-2,0	+0,5
A380-800	S 8	-2,0	0,0

typen geringeren Schallemissionen moderner Flugzeuge – etwa die der B747-8 gegenüber der B747-400 oder die Schallemissionen des A320neo gegenüber dem A320. Dieser technologische Fortschritt wird in den kommenden Dekaden das höchste Potenzial zur Lärminderung bieten. Um solche Unterschiede zu berücksichtigen, wird bei der Berechnung des FFI 2.0 künftig das auch bei der Berechnung der Lärmobergrenze (LOG) verwendete Verfahren genutzt: Für verschiedene Flugzeugmuster gibt es Zu- oder Abschläge bei den Lärmemissionen, um die in der AzB 08 nicht berücksichtigten Unterschiede in die eine oder andere Richtung darzustellen (siehe Tabelle 2). Das genaue Vorgehen sowie die Begründung der einzelnen Zu- und Abschläge sind im [Monitoringbericht zur Lärmobergrenze](#) detailliert beschrieben. Beispiele sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Gleichzeitig wurde bereits bei der Verabschiedung des FFI 2.0 festgelegt, dass dieser spätestens alle fünf Jahre überprüft wird. Dabei geht es insbesondere darum, ob es Aktualisierungen der AzB gibt, die künftig zu berücksichtigen sind, und ob das hier beschriebene Verfahren angepasst werden muss.

► Flugbetriebliche Daten

Die der Berechnung zugrunde gelegten flugbetrieblichen Daten werden auf Basis eines **Datenerfassungssystems** (↔ DES) bereitgestellt. Dieses enthält Informationen darüber,

- welche Flugzeuge am Standort Frankfurt im Einsatz sind,
- wie viele Flugbewegungen stattfinden,
- welche Start- und Landebahnen genutzt werden,
- wie die einzelnen Flugrouten verlaufen,
- wie sie belegt sind und
- in welchem Korridor um die jeweilige Flugroute die Flüge stattfinden.

Alternativ zu einem DES könnten auch Flugspuraufzeichnungen (↔ „Fanomos-Daten“) genutzt werden. Die AG Monitoring & Lärmberechnung des Expertengremiums Aktiver Schallschutz im FFR hat sich, auch unter Hinzuziehung externer Experten, wiederholt mit der Qualität dieser Daten beschäftigt und einen Abgleich zwischen den erstellten Datenerfassungssystemen sowie Flugspuren (Fanomos-Daten) der Deutschen Flugsicherung (DFS) durchgeführt. Dabei konnten keine nennenswerten qualitativen Unterschiede zwischen den Flugspuraufzeichnungen und den am Standort Frankfurt gut gepflegten Datenerfassungssystemen festgestellt werden. Daher wurde entschieden, bei der bisherigen Nutzung von Datenerfassungssystemen zu bleiben. Um die hohe Qualität der flugbetrieblichen Daten auch weiterhin zu gewährleisten, wird zukünftig im Abstand von fünf Jahren ein Abgleich der Streckenbeschreibungen und Korridorbreiten mit den Flugspuren (Fanomos-Daten) der DFS erfolgen, um zu prüfen, ob es einer Aktualisierung bedarf.

Betrachtet wird jeweils der **Verkehr der sechs verkehrsreichsten Monate (6vM)** des Jahres, das sind in aller Regel die Monate Mai bis Oktober. Das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm zieht ebenfalls diesen Betrachtungszeitraum heran. Dadurch wird das im Vergleich zum Winter deutlich höhere Verkehrsaufkommen der Sommermonate genutzt, so dass die auf dieser Basis ermittelte Belastungssituation eine konservative Überschätzung bedeutet. Eine mögliche Alternative hierzu wäre die Berücksichtigung aller zwölf Monate, um eine auf das gesamte Jahr bezogene Darstellung zu wählen. Für beides lassen sich jeweils Argumente dafür und dagegen finden. Das bereits im FFI genutzte Vorgehen wird im FFI 2.0 beibehalten, weil in anderen Zusammenhängen ermittelte Fluglärmbelastungen üblicherweise ebenfalls die sechs verkehrsreichsten Monate unterstellen.

Aus den Verkehrsdaten ergibt sich außerdem die ↔ Betriebsrichtungsverteilung. Am Standort Frankfurt wird zwischen Ostbetrieb („↔ Betriebsrichtung 07“) und Westbetrieb („↔ Betriebsrichtung 25“) unterschieden. Da Flugzeuge bei West- bzw. Ostbetrieb aus unterschiedlichen Richtungen landen und in unterschiedliche Richtungen starten müssen, ist die geflogene Betriebsrichtung einer der zentralen Einflussfaktoren für die lokale Verteilung der Lärmbelastung. Auch die Menge und Verteilung der Abflüge auf der Startbahn 18 West auf die verschiedenen Abflugstrecken unterscheidet sich je nach Betriebsrichtung.

Die Betriebsrichtung kann auf unterschiedliche Arten berücksichtigt werden: Zum einen kann die in einem Jahr tatsächlich geflogene – also reale – Betriebsrichtungsverteilung genutzt werden, etwa in der rückblickenden Betrachtung des Monitoringindex. Zum anderen können auch – in der „standardisierten“ Betriebsrichtungsverteilung – die durchschnittlichen prozentualen Anteile der Betriebsrichtungsverteilung für einen bestimmten Zeitraum (zum Beispiel über mehrere Jahre) angenommen werden, etwa für die vorausschauende Betrachtung des Maßnahmenindex.

Im Gegensatz zum bislang genutzten FFI erfolgt im FFI 2.0 darüber hinaus kein sogenannter „3-Sigma-Zuschlag“ auf die standardisierte Betriebsrichtungsverteilung mehr.

Die 3-Sigma-Regelung wird in der ↔ AzB verwendet, um langjährigen Schwankungen der Betriebsrichtungsverteilung bei der auf einer Prognose beruhenden Berechnung der Lärmschutzbereiche in Form eines Zuschlages Rechnung zu tragen. Dieser ortsabhängige Zuschlag wird auf der Basis einer mehrjährigen Analyse der Verteilung der sogenannten „bahnbezogenen Betriebsrichtungen“ ermittelt. In der Anwendung des FFI hat sich in der Vergangenheit aber gezeigt, dass der Sigma-Zuschlag die Bewertung und Interpretation der Indexberechnungen deutlich erschwert. Aufgrund der Zuschläge ist oftmals nicht mehr eindeutig zu unterscheiden, ob Veränderungen der Indexwerte durch den Sigma-Zuschlag selbst oder durch andere Faktoren verursacht wurden. Da die Bewertung der Veränderungen aber eine der zentralen Aufgaben des Index ist, fällt der Sigma-Zuschlag im FFI 2.0 weg und es wird die reale oder standardisierte Betriebsrichtungsverteilung berücksichtigt.

Aufgrund der regelmäßig überarbeiteten Datenerfassungssysteme werden umgesetzte aktive Schallschutzmaßnahmen jeweils ab dem Zeitpunkt der Umsetzung in den Berechnungen berücksichtigt – soweit dies mit vertretbarem Aufwand möglich ist.

Monitoring- vs. Maßnahmenindex

Wie oben beschrieben wird zwischen zwei Anwendungen des Index mit unterschiedlichen Zielstellungen unterschieden: einerseits dem Fluglärmmonitoring (Monitoringindex, rückblickende Betrachtung) und andererseits der Maßnahmenbewertung (Maßnahmenindex, vorausschauende Betrachtung). Mit diesen Anwendungen gehen zum Teil auch unterschiedliche grundlegende methodische Vorgehen einher.

Bei der Rückberechnung des Monitoringindex für die Jahre 2007 bis 2018 werden die oben dargestellten Zu- und Abschläge für einzelne Flugzeugtypen erst ab dem Jahr 2015 berücksichtigt. Der Grund: Die für jedes Jahr bestehenden Datenerfassungssysteme müssen überarbeitet werden, um die neuen Flugzeugtypen je nach Verkehrsaufkommen gesondert berücksichtigen zu können. Da dies einen hohen Aufwand darstellt, vor 2015 aber kaum hiervon betroffene (neue) Flugzeuge am Standort Frankfurt geflogen sind, erscheint es sinnvoll, dieses Vorgehen erst ab 2015 konsequent zu nutzen.

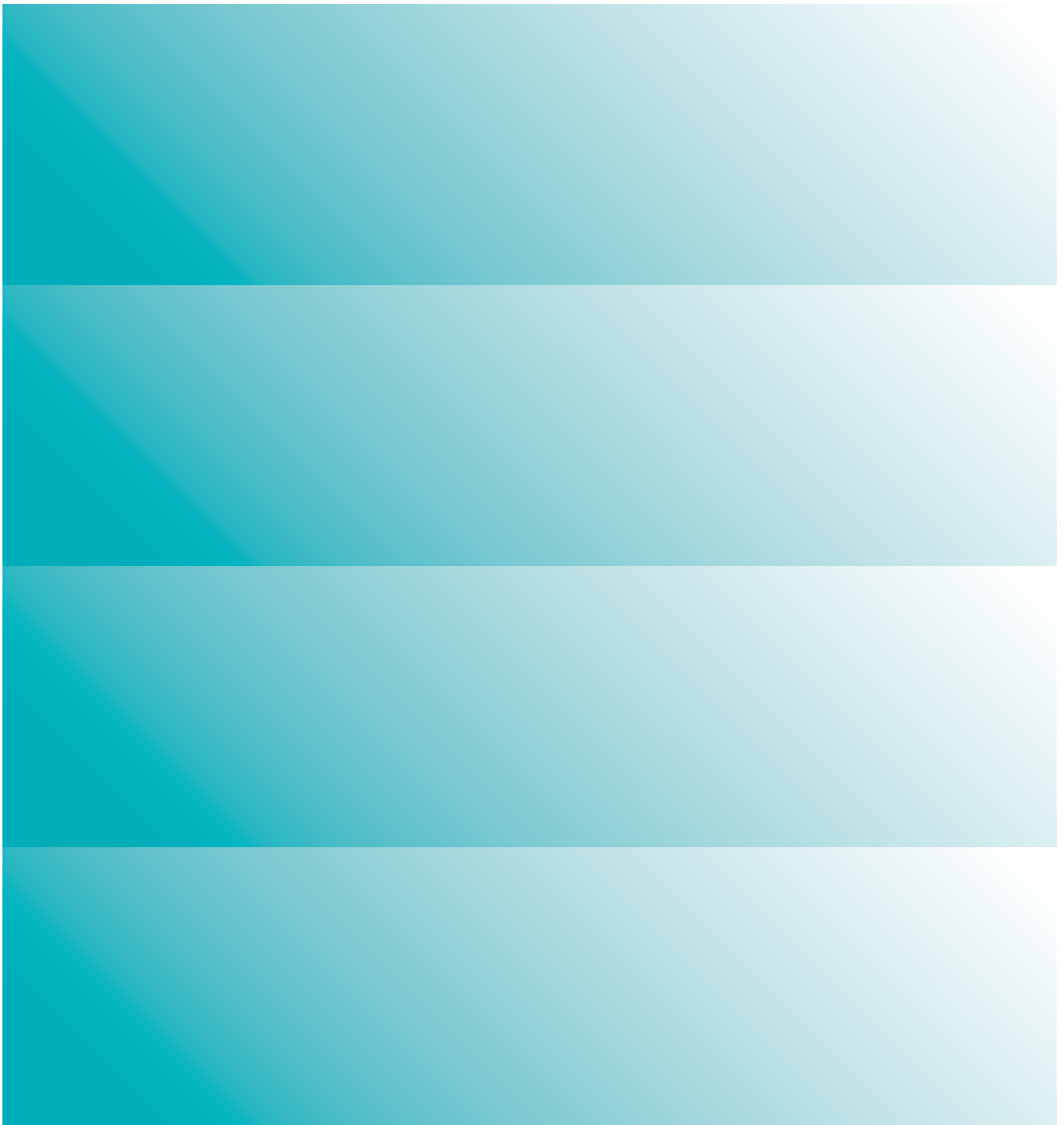
Da der **Monitoringindex** im Rückblick Auskunft über die Fluglärmwirkung eines bestimmten Jahres geben soll, werden für diesen immer die für den jeweiligen Zeitraum gültigen Daten genutzt: für das Monitoring des Jahres 2018 also auch die Daten von 2018.

Der **Maßnahmenindex** hingegen soll eine künftige Umsetzung und Entwicklung abschätzen. Eine alleinige Nutzung der Verkehrsdaten oder der **Betriebsrichtungsverteilung** eines bestimmten vergangenen, Jahres würde hierfür zu kurz greifen, da sich beides von Jahr zu Jahr ändert. Gleichzeitig ist die exakte künftige Entwicklung aber nicht bekannt. Deshalb wird mit Szenarien gearbeitet. Diese werden im Einzelfall durch das **Expertengremium Aktiver Schallschutz** festgelegt und begründet.

Als Ausgangspunkt der Bewertung wird hinsichtlich des Luftverkehrs regelmäßig die aktuellste verfügbare Datenbasis genutzt, um einen möglichst aktuellen Referenzwert zu haben. Im März 2019 beispielsweise wären dies die Verkehrsdaten bzw. das **DES** von 2018. Zusätzlich werden mögliche Zukunftsszenarien gebildet, die die weitere Entwicklung abbilden sollen. Hierfür kann etwa die Verkehrsmenge auf einen Wert angehoben werden, der in einem bestimmten Jahr erwartet wird, oder es werden Änderungen im Flugzeugmix unterstellt. Welche Annahmen für eine Maßnahmenbewertung genau getroffen werden, hängt von der spezifischen Maßnahme ab und wird für jeden Fall einzeln entschieden.

Auch die genaue Betriebsrichtungsverteilung für künftige Jahre ist nicht bekannt. Daher wird für die Maßnahmenbewertung das langjährige Mittel der Betriebsrichtungsverteilung genutzt, die sogenannte „standardisierte Betriebsrichtungsverteilung“. Diese ergibt sich als Mittelwert der Betriebsrichtungsverteilungen der gesamten zwölf Monate der letzten zehn Jahre – zum Zeitpunkt der Beschlussfassung des FFI 2.0 also von 2009 bis 2018. Für den Tag ergibt dies eine standardisierte Betriebsrichtungsverteilung von 69 % West- und 31 % Ostbetrieb; für die Nacht 70 % West- und 30 % Ostbetrieb.

Über eine künftige Aktualisierung der standardisierten Betriebsrichtungsverteilung für die Maßnahmenbewertung entscheidet die AG Monitoring & Lärmberechnung des Expertengremiums Aktiver Schallschutz, wenn sie die zu betrachtenden Szenarien einer Maßnahmenprüfung festlegt.



4 — Berechnung & Auswertung des FFI 2.0

4.1 — Das Vorgehen in der Übersicht

Auf Basis der in Kapitel 3 dargestellten übergeordneten Verfahren und Datengrundlagen wird die Berechnung und Auswertung der eigentlichen Indexwerte durchgeführt. Dies erfolgt getrennt für den Tag (Tagindex, FTI 2.0) und für die Nacht (Nachtindex, FNI 2.0). Unabhängig davon, ob Tag oder Nacht betrachtet werden, sind dabei vier wesentliche Schritte voneinander zu unterscheiden:

Schritt 1

Festlegung der Auswertungsgebiete

Zunächst werden die Auswertungsgebiete auf der Basis vorab festgelegter akustischer Kriterien ermittelt. Dazu werden am Tag Konturen von Dauerschallpegeln für die Tagzeit und in der Nacht Konturen von Dauerschallpegeln für die Nacht genutzt. Lediglich die Gebiete innerhalb dieser Konturen werden bei den weiteren Auswertungen berücksichtigt. Neben der Abgrenzung der Gebiete, werden auch die Pegel innerhalb der Gebiete dB(A) berechnet.

Schritt 2

Ermittlung der betroffenen Personen

Anschließend wird ermittelt, wie viele Betroffene innerhalb der Auswertungsgebiete wohnen und wie sie sich lokal verteilen. Zusammen mit den Informationen aus Schritt 1 ergibt sich so, wie viele Personen in Gebieten mit welcher Lärmbelastung wohnen.

Schritt 3

Auswertung der Lärmwirkungen

Ziel des Index ist eine wirkungsbezogene Aussage und keine reine Auszählung von Fluglärm betroffener Personen. Daher wird anschließend die Wirkung des Fluglärms ausgewertet – in Verbindung mit den zuvor generierten Informationen (wie viele Personen in Gebieten mit welcher Lärmbelastung wohnen) und mithilfe sogenannter ↪ Dosis-Wirkungs-Beziehungen. Für den Tag wird ausgewertet, wie viele sogenannte ↪ Hochbelästigte in den Betrachtungsgebieten leben. Für die Nacht wird ausgewertet, wie viele durch Fluglärm zusätzlich verursachte ↪ Aufwachreaktionen sich ergeben. Dies sind die zentralen Ergebnisse der Indexberechnungen.

Schritt 4

Umrechnung in Indexpunkte

Die Ergebnisse, wie viele Hochbelästigte im Betrachtungsgebiet leben und wie viele Aufwachreaktionen sich nachts ergeben, werden in Indexpunkte umgerechnet. Die so ermittelten Indexwerte können sowohl für das gesamte Betrachtungsgebiet als auch einzelne Kommunen oder Stadtteile ausgewiesen werden.

Im Folgenden werden die genauen Vorgehensweisen innerhalb dieser vier Schritte sowohl für den FTI 2.0 als auch den FNI 2.0 ausführlich erläutert.

4.2 — Frankfurter Tagindex (FTI) 2.0

4.2.1 — Schritt Eins: Die akustische Abgrenzung der Auswertungsgebiete & Berechnung der Dauerschallpegel in Ein-Dezibel-Schritten

Um nicht das gesamte Gebiet rund um den Flughafen gleichförmig zu betrachten, sondern von Anfang an die unterschiedlichen Lärmbetroffenheiten in der Region zu berücksichtigen, wurden bereits im FFI verschiedene akustisch – also anhand von Pegeln – definierte Betrachtungsgebiete festgelegt. Diese orientierten sich am \rightarrow Dauerschallpegel am Tag ($L^*_{Aeq,06-22}$)². Der Tag ist definiert als Zeitraum von 6 bis 22 Uhr. Dieses Vorgehen wird auch im FFI 2.0 beibehalten. Konkret festgelegt wurden folgende Betrachtungsgebiete:

- Das \rightarrow Hochbetroffenengebiet mit einem Dauerschallpegel zwischen 6 und 22 Uhr von mindestens 60 dB(A);
- Das Tagindexgebiet 1 mit einem Dauerschallpegel zwischen 6 und 22 Uhr von mindestens 55 dB(A);
- Das Tagindexgebiet 2 mit einem Dauerschallpegel zwischen 6 und 22 Uhr von mindestens 50 dB(A);
- Das erweiterte Kontrollgebiet mit einem Dauerschallpegel zwischen 6 und 22 Uhr von mindestens 48 dB(A).

Sinn dieser Betrachtungsgebiete ist es, unterschiedlich lärmbelastete Gebiete in der Bewertung und Abwägung miteinander vergleichen und die höher lärmbelasteten Gebiete gegenüber den weniger lärmbelasteten Gebieten gesondert gewichten zu können. Daher werden Gebiete mit unterschiedlichen Pegeln einzeln ausgewertet und können so in der Abwägung und Beurteilung isoliert voneinander betrachtet und miteinander in Bezug gesetzt werden.

Die Werte, die die Gebiete definieren, wurden für den FFI 2.0 zum Teil angepasst (wie in Tabelle 3 ersichtlich). Damit wird im Wesentlichen $\&$ Erkenntnissen aus der Lärmwirkungsforschung Rechnung getragen, die zeigen, dass die gleichen \rightarrow Lärmwirkungen³ heute bereits bei geringeren Pegeln auftreten. Gleichzeitig sollen auch Wertungen des Bundesgesetzgebers besondere Berücksichtigung finden.

Tabelle 3
FTI vs. FTI 2.0: akustische Abgrenzung der Auswertungsgebiete

Auswertungsgebiete	FFI	FFI 2.0
Hochbetroffenengebiet	$L_{Aeq,06-22} \geq 60 \text{ dB(A)}$	$L^*_{Aeq,06-22} \geq 60 \text{ dB(A)}$
Tagindexgebiet 1	$L_{Aeq,06-22} \geq 53 \text{ dB(A)}$	$L^*_{Aeq,06-22} \geq 55 \text{ dB(A)}$
Tagindexgebiet 2		$L^*_{Aeq,06-22} \geq 50 \text{ dB(A)}$
Erweitertes Kontrollgebiet	$L_{Aeq,06-22} \geq 50 \text{ dB(A)}$	$L^*_{Aeq,06-22} \geq 48 \text{ dB(A)}$

² Das Sternchen in der Formel weist darauf hin, dass es sich hierbei um eine Vereinheitlichung der Pegelbenennung handelt.

³ Auf den Zusammenhang des FFI 2.0 mit der Lärmwirkung wird in Kapitel 4.2.3 näher eingegangen.

Das Hochbetroffenengebiet wurde bereits im alten FFI in Analogie zur Tag-Schutzzone 1 gemäß Fluglärm-schutzgesetz §2 (2) festgelegt. Da diese Setzung bislang nicht verändert wurde, wird das Hochbetroffenengebiet auch im FFI 2.0 weiterhin durch einen Dauerschallpegel von mindestens 60 dB(A) gekennzeichnet.

Zusätzlich wurde im FFI 2.0 das sogenannte „Tagindexgebiet 1“ aufgenommen, mit einem Dauerschallpegel von mindestens 55 dB(A). Dies entspricht der „Tag-Schutzzone 2“ des Fluglärm-schutzgesetzes. Zudem wird damit auch Forderungen aus der öffentlichen Konsultation der lateralen Optimierung AMTIX kurz nachgekommen, neben Tagindex und Hochbetroffenengebiet weitere „Pegelscheiben“ zu betrachten.

› Werte des Tagindex- und Kontrollgebiets abgesenkt

Die Werte zur Definition des Tagindexgebiets und des Kontrollgebiets wurden im FFI 2.0 abgesenkt – Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung folgend: Bei Schaffung des FFI wurden Werte von etwa 25 % durch Fluglärm → Hochbelästigte als Relevanzschwelle angenommen. Entsprechend wurde die Definition des Tagindexgebiets auf diesen Wert abgestellt. In der damals verwendeten → Dosis-Wirkungs-Beziehung wurde der Wert von 25 % Hochbelästigten durch Fluglärm in etwa bei einem Dauerschallpegel von 53 dB(A) erreicht. In der → NORAH-Studie wurden diese Werte aber bereits bei deutlich niedrigeren Pegeln festgestellt: Betrachtet man die entsprechende Dosis-Wirkungs-Beziehung (siehe Schritt 3), werden Werte von etwa 25 % Hochbelästigten am Standort Frankfurt nun bereits bei Dauerschallpegeln um 43 dB(A) erreicht. Dem liegt unter anderem eine weiter gefasste Definition von Hochbelästigten zu Grunde. Dennoch sind die höheren Belästigungswerte bei gleichem Pegel auch auf größere Sensibilität der lokalen Bevölkerung gegenüber Fluglärm zurückzuführen, die teilweise durch den Ausbau des Flughafens begründet sind.

Andererseits führt eine zunehmende Größe von Betrachtungsgebieten durch geringere Abgrenzungswerte zu höheren Unsicherheiten. Das liegt unter anderem daran, dass der beabsichtigte Zweck der → AzB 08 zunächst in der Berechnung der Lärmschutzbereiche lag: Sie wurde daher für Gebiete innerhalb von 25 Kilometern um den Flughafen entwickelt. Deshalb wurden unter anderem die in der AzB 08 unterstellten Emissionspegel und Flughöhenverläufe der Flugzeuge in weiter entfernten Streckenabschnitten nur in grober Näherung ermittelt. Da sich aufgrund der Verkehrsmenge in Frankfurt auch noch in sehr weit vom Flughafen entfernt liegenden Gebieten relevante Fluglärmbelastungen ergeben, können die Unsicherheiten in Dauerschallpegelbereichen (tagsüber) unter 50 dB(A) im Raum Frankfurt im ungünstigsten Fall bis zu 5 dB(A) betragen.

Diese Betrachtungen zur Relevanz von Fluglärmpegeln für die Lärmwirkung auf der einen Seite und zu den Unsicherheiten, die am Standort Frankfurt mit Lärmpegeln unterhalb von 50 dB(A) einhergehen, auf der anderen Seite, leiteten die Setzung der Abgrenzungswerte des Tagindex- und des Kontrollgebiets.

Nach intensiven Diskussionen hat sich die AG Index dazu entschieden, das Tagindexgebiet 2 sowie das erweiterte Kontrollgebiet durch abgesenkte Dauerschallpegel von mindestens 50 bzw. 48 dB(A) zu beschreiben. Das Kontrollgebiet soll eine vorsorgliche Prüfung ermöglichen, ob sich unterhalb der eigentlichen Indexgebiete ggf. unerwartete Effekte ergeben. Außerdem ermöglicht es Kommunen, die am Rand des Indexgebiets liegen, ebenfalls eine Abschätzung der dortigen Fluglärmwirkungen zu erhalten. In Orientierung an die im Fluglärmgesetz in § 4 Abs. 5 enthaltene Wertung, dass man insbesondere bei 2 dB(A) oder mehr von einer „wesentlichen“ Abweichung ausgeht, wurde daher eine Setzung vorgenommen, dieses erweiterte Kontrollgebiet um 2 dB(A) niedriger als das Tagindexgebiet 2 zu definieren. Dabei ist klar, dass es auch außerhalb der hier definierten Betrachtungsgebiete – also auch unterhalb eines Dauerschallpegels von

48 dB(A) – Belastungen durch Fluglärm gibt. Diese können aber nicht mehr sinnvoll in die Bewertung aufgenommen werden.

> **Detaillierte Berechnungen innerhalb der Auswertungsgebiete**

Um die so festgelegten Gebiete und die innerhalb der Gebiete herrschenden Lärmbelastungen zu identifizieren, werden Lärmberechnungen erstellt. Diese basieren auf den in Kapitel 3 dargestellten Berechnungsverfahren und Datengrundlagen (Informationen zu Flugbewegungszahl, Flottenmix, Bahnen- und Routennutzung der sechs verkehrsreichsten Monate, ↪ Betriebsrichtungsverteilung, Berücksichtigung aktiver Schallschutzmaßnahmen, soweit dies mit vertretbarem Aufwand möglich ist). Berechnet werden Dauerschallpegelkonturen für den Tag in Ein-Dezibel-Schritten. Anhand dieser Informationen, können die oben genannten Betrachtungsgebiete dann als sogenannte Lärmkonturen auf Karten dargestellt werden.

Für die weiteren Schritte wichtig zu beachten ist dabei, dass innerhalb der Betrachtungsgebiete unterschiedliche Pegel auftreten. Die Betrachtungsgebiete grenzen sich mit einem Dauerschallpegel von mindestens 48, 50, 55 und 60 dB(A) ab. Innerhalb der identifizierten Gebiete steigt der Pegel zum Flughafen hin in der Regel weiter an. Im Tagindexgebiet 2 beispielsweise (mindestens 50 dB(A)), kommen auch Dauerschallpegel von über 50 dB(A) vor. Durch die Berechnung der Pegel in Ein-Dezibel-Schritten ist über die reine Abgrenzung der Betrachtungsgebiete hinaus also bekannt, wo innerhalb der Gebiete welcher Pegel herrscht.

Monitoring- vs. Maßnahmenindex

Im Vorgehen bei der akustischen Abgrenzung und der Berechnung der Betrachtungsgebiete sowie der innerhalb dieser Gebiete herrschenden Lärmbelastung gibt es keine Unterschiede zwischen Monitoring- und Maßnahmenindex.

Allerdings spielt es für die Bewertung aktiver Schallschutzmaßnahmen mithilfe des Maßnahmenindex eine wichtige Rolle, wie die verschiedenen Betrachtungsgebiete gegeneinander abgewogen werden. Um diese Abwägung objektiv nachvollziehbar zu machen, wurden vom FFR entsprechende Kriterien erarbeitet, nach denen die Bewertung zu erfolgen hat.

4.2.2 — Schritt Zwei: Die Auswertung der Betroffenenzahl

Der erste Schritt diente dazu, die zu betrachtenden Gebiete rund um den Flughafenstandort zu identifizieren und die Pegelkonturen in Ein-Dezibel-Schritten zu ermitteln. Im zweiten Schritt wird anschließend die Anzahl der in diesen Gebieten von Fluglärm betroffenen Personen bestimmt. Dies bildet wiederum die Basis, um in Schritt 3 die Lärmwirkung bestimmen zu können.

Zur Identifikation der Betroffenenanzahl wird ausgewertet, wie viele Personen innerhalb der jeweiligen Konturen bzw. Betrachtungsgebiete wohnen. Diese Auswertung erfolgt für jedes Betrachtungsgebiet (→ Hochbetroffenengebiet, Tagindexgebiet 1, Tagindexgebiet 2, Kontrollgebiet) separat. Die Unterschiede im Vorgehen zwischen dem bisher genutzten FTI und dem künftig zu nutzenden FTI 2.0 sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Grundlage der Auswertung bilden Bevölkerungsstrukturdaten, die Auskunft darüber geben, wo wie viele Personen in der Region wohnen. Um bezüglich der Bevölkerungsdaten möglichst große Transparenz herzustellen, werden hierfür künftig soweit möglich behördliche Daten genutzt. Die Bevölkerungsdaten selbst stammen dabei vom statistischen Landesamt Hessen. Dieses schreibt die Daten auf Basis des Mikrozensus 2011 – etwa auf Basis von Todesfällen und Geburten in den jeweiligen Kommunen – quartalsweise fort und hält so seine Daten aktuell. Auch wenn der Mikrozensus bereits vor einigen Jahren erhoben wurde, können die daraus generierten Gesamtinwohnerzahlen von Gemeinden als aktuell angesehen werden. Vergleiche der AG Index mit kommunalen Daten haben dies bestätigt. Da die Nutzung kommunaler Daten – im Vergleich zur Nutzung der Daten des statistischen Landesamtes – darüber hinaus mit erheblichem Mehraufwand verbunden wäre, wurde entschieden, für den FFI 2.0 die Daten des Landesamtes zu nutzen.

Tabelle 4

FTI vs. FTI 2.0 – Auswertung der Betroffenenzahl

Betroffenenzahl	FFI	FFI 2.0
Bevölkerungsstrukturdaten	Kommerzielle Daten	Daten des stat. Landesamtes, aktualisiert durch kommerziellen Anbieter
Genutztes Raster	125m x 125m	50m x 50m

Die Rasterdaten des Mikrozensus werden zusätzlich durch einen kommerziellen Anbieter mithilfe aktuellerer Daten zu Gemeindeeinwohnerzahl, Hausumringen – also georeferenzierten (amtlichen) Hausgrundrissen – und Haushaltsanzahl (nicht amtlich, ermittelt aus Zustelldaten der Post) aktualisiert. So wird eine öffentlich weitgehend nachvollziehbare und gleichzeitig möglichst genaue geografisch zugeordnete (georeferenzierte) Beschreibung der Bevölkerungsstruktur für die Auswertungen erzeugt.

Diese Datengrundlage wird genutzt, um zu ermitteln, wie viele Personen innerhalb der beschriebenen Konturen bzw. Betrachtungsgebiete wohnen. Die Bevölkerungsstrukturdaten liegen in einem Raster von 50 Metern x 50 Metern vor. Dies ist die mit Blick auf die Verfügbarkeit der Bevölkerungsstrukturdaten kleinstmögliche Auflösung. So wird eine möglichst genaue lokale Zuordnung der Lärmbetroffenen gewährleistet. Das Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ist somit die Zahl der in den beschriebenen Betrachtungsgebieten wohnenden Gesamtbevölkerung.

Ein weiteres Ergebnis von Schritt 2 sind Informationen über die lokale Zuordnung der Wohnbevölkerung zu verschiedenen Pegelkonturen. Sie werden in Rasterpunkten von 100 Metern x 100 Metern ermittelt. In Verbindung mit den Informationen zu den Pegeln in Ein-Dezibel-Schritten (Schritt 1), können die Betroffenen so konkreten Pegeln innerhalb der genannten Gebiete zugeordnet werden. Leben in einer Kommune beispielsweise 1.000 Personen innerhalb des Betrachtungsgebietes, wird für diese 1.000 Personen ermittelt, in welchen Pegelkonturen sie genau leben. So könnte es sein, dass Teile der Kommune in der Dauerschallpegelkontur von 50dB(A) liegen, näher am Flughafen liegende Teile der Kommune haben aber einen ↪ Dauerschallpegel von 53dB(A). Dann wird jeweils für beide Pegelkonturen ermittelt, wie viele Personen innerhalb der Konturen in der Kommune leben. Dies ist die Grundlage, um im nächsten Schritt die Lärmwirkungen zu bestimmen.

Monitoring- vs. Maßnahmenindex

Der **Monitoringindex** hat zum Ziel, die Effekte flugbetrieblicher Veränderungen (Bewegungszahl, Flottenmix, genutzte Routen etc.) über die Zeit hinweg aufzuzeigen. Um diese Aussagen nicht mit Veränderungen in den Bevölkerungsdaten zu vermischen, sollen diese daher konstant gehalten werden. Im Falle der Bevölkerungsdaten werden für den Monitoringindex deshalb die zum Zeitpunkt der Index-Beschlussfassung verfügbaren Daten verwendet – in diesem Fall also die Bevölkerungsdaten von 2018. Dies gilt sowohl für die Berechnung zurückliegender Jahre (2007-2017) als auch für künftige Berechnungen (ab 2019.). Wie oben beschrieben, sollen die Bevölkerungsdaten gerade nicht jährlich angepasst werden, um Veränderungen der Berechnungsergebnisse aufgrund dieser Einflussgröße auszuschließen.

Bei der Bewertung von Maßnahmen hingegen werden mithilfe des Maßnahmenindex jeweils zwei Szenarien miteinander verglichen: eines mit und eines ohne Umsetzung der jeweiligen Maßnahme. Diese Szenarien werden für jede Maßnahme neu gebildet. Ausschlaggebend ist, dass in den verschiedenen Szenarien jeweils die gleichen Annahmen getroffen werden.

Für den **Maßnahmenindex** werden die Bevölkerungsdaten alle zwei Jahre ab 2018 aktualisiert, um Abschätzungen auf einer möglichst aktuellen Datenbasis vorzunehmen. Für die Prüfung einer bestimmten Maßnahme werden dann immer die jeweils aktuellsten Daten genutzt. Wird eine Maßnahme etwa ab dem Jahr 2023 geprüft, werden also die Bevölkerungsdaten von 2022 genutzt. Dies erfolgt für alle in der Maßnahmenprüfung betrachteten Szenarien gleichermaßen.

4.2.3 — Schritt Drei: Die Auswertung der Lärmwirkung (Anzahl der Hochbelästigten)

Ziel des FFI 2.0 ist es, wie bereits im alten FFI, Aussagen über die Lärmwirkung auf die im Umfeld des Flughafens wohnende Bevölkerung zu treffen. In Schritt 3 der Auswertung erfolgt daher der Übergang von den akustischen Kenngrößen zur Lärmwirkung. Am Tag (6-22 Uhr) soll mit dem Index die Anzahl der hoch fluglärmbelästigten Personen ermittelt werden, auch „Hochbelästigte“ oder „Highly Annoyed“ (HA) genannt.

„Erhebliche Belästigung“ ist eine national und international breit etablierte rechtliche und wissenschaftliche Bewertungsgröße beim Lärmschutz. Eine solche Belästigung zu vermeiden ist zentrales Schutzziel im Immissions- und Lärmschutzrecht und wird explizit in verschiedenen Vorschriften des Luftverkehrsgesetzes, des Immissionsschutzgesetzes und in den grundlegenden Zielsetzungen des Fluglärmschutzgesetzes genannt. Auch die Europäische Union (EU) und die Internationale Zivilluftfahrtorganisation ICAO nutzen „Hochbelästigte“ bzw. „Highly Annoyed“ als zentrale Bewertungskategorie, wenn es um die Abschätzung von Lärmwirkungen geht. Die EU schreibt ihren Mitgliedsstaaten vor, die Anzahl der Hochbelästigten regelmäßig bei Lärmkartierungen zu ermitteln. Der Begriff der Belästigung wird auch in der Lärmwirkungsforschung regelmäßig benutzt. Es ist bekannt, dass sich Lärmbelästigung auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität auswirkt. Der Prozentsatz von Hochbelästigten in Abhängigkeit von einem Pegel (in der Regel einem Dauerschallpegel) ist somit eine wichtige nach wissenschaftlichen Kriterien ermittelte Größe, mit der sich abschätzen lässt, wie Lärm auf Menschen wirkt. Der Prozentsatz der Hochbelästigten wird mithilfe von Befragungen ermittelt. Dabei wird untersucht, wie viele Personen sich bei einem bestimmten Pegel zum Beispiel auf einer fünfstufigen Skala als vom Lärm „stark“ oder „äußerst“ gestört oder belästigt einstufen. Diese Erkenntnisse werden in sogenannte Dosis-Wirkungs-Beziehungen übersetzt, die Auskunft darüber geben, wie groß der Anteil Lärmbelästigter bei welchem Pegel ist.

> NORAH-Studie liefert neue Daten für das Rhein-Main-Gebiet

Im FFI wurden die Erkenntnisse der RDF-Belästigungsstudie (Schreckenber & Meis 2006) zu Dosis-Wirkungs-Beziehungen genutzt. Mittlerweile gibt es für den Standort Frankfurt neuere Erkenntnisse zur Belästigung aus der 2015 vorgestellten NORAH-Studie. Dort wurde die Fluglärmbelästigung gemäß der Empfehlungen der „International Commission on Biological Effects of Noise“ (ICBEN) mit folgender Frage erhoben: *„Wenn Sie einmal an die letzten 12 Monate dort bei Ihnen denken: Wie stark haben Sie sich – alles in allem genommen – durch Lärm vom Flugverkehr gestört oder belästigt gefühlt? Haben Sie sich (1) überhaupt nicht, (2) etwas, (3) mittelmäßig, (4) stark, (5) äußerst gestört oder belästigt gefühlt?“* (Fields et al. 2001)

Eine Person wird gemäß den ICBEN-Empfehlungen dann als Hochbelästigt definiert, wenn sie auf der fünfstufigen Belästigungsskala die Stufe 4 (stark) oder 5 (äußerst) angegeben hat.

Im Rahmen der NORAH-Studie wurden so mehrere Dosis-Wirkungs-Beziehungen, auf Basis verschiedener Teilstudien und mithilfe unterschiedlicher Modelle, ermittelt:

- eine Panelstudie mit 3.508 Personen, wiederholt befragt in den Jahren 2011, 2012 und 2013, die in allen Erhebungsjahren teilnahmen;
- eine Studie mit einer 2013 neu rekrutierten Stichprobe von 2.400 zuvor nicht befragten Personen,
- ein Basismodell, in dem ausschließlich der Dauerschallpegel als Einflussgröße zur Abschätzung des Anteils Hochbelästigter verwendet wurde.
- ein erweitertes Modell, in dem neben dem Dauerschallpegel die Faktoren Befragungsmodus, Geschlecht, Alter, Wohndauer, Hauseigentum, sozio-ökonomischer Status, Migrationshintergrund, Lärmempfindlichkeit, Luftverkehr (bewertet als nützlich, bequem, umweltschädigend), Dauerschallpegel für Straßen- und Schienenverkehrslärm, sowie Interaktionsterm Befragungsmodus multipliziert mit Alter berücksichtigt wurden.

Je nachdem welcher Erhebungszeitpunkt (2011, 2012, 2013), welche Erhebungsmethodik (wiederholte Befragung oder Neubefragung) und welche Erklärungsmodelle (Berücksichtigung nur des Fluglärm Dauer-schallpegels oder weiterer Faktoren) genutzt werden, ergeben sich Unterschiede in den daraus folgenden Dosis-Wirkungs-Beziehungen. Das machte es notwendig zu entscheiden, auf welche dieser Grundlagen eine Dosis-Wirkungs-Beziehung für den FTI 2.0 gestellt werden sollte. Um diese Entscheidung zu treffen, wurden zunächst Kriterien festgelegt:

- Die Dosis-Wirkungs-Beziehung sollte auf möglichst aktuellen Daten beruhen.
- Kurzfristige Reaktionen, die durch die Veränderung des Flugverkehrs nach Inbetriebnahme der Landebahn Nordwest und Einführung des Flugverbots zwischen 23 und 5 Uhr auftraten, sollten soweit wie möglich abgeklungen sein.
- Mögliche erhebungsbedingte Einflüsse auf die Belästigungsurteile der Befragten, etwa aufgrund der häufigen Auseinandersetzung mit dem Thema Flugverkehr und Fluglärm durch wiederholte Befragungen, sollten minimiert sein.
- Die Dosis-Wirkungs-Beziehung sollte möglichst einfach sein, um den Aufwand der jährlichen Ermittlung zu minimieren und die Nutzbarkeit des FTI 2.0 zu gewährleisten.
- Die Dosis-Wirkungs-Beziehung sollte so gewählt sein, dass der mögliche „Fehler“ durch die Festlegung einer bestimmten (und somit Ablehnung der anderen) Dosis-Wirkungs-Beziehung möglichst gering ausfällt.

Legt man diese Kriterien zugrunde, führt dies zur Auswahl einer Dosis-Wirkungs-Beziehung, die auf den Daten der neurekrutierten Studienteilnehmer aus dem Jahr 2013 basiert und lediglich den durch den Flugverkehr hervorgerufenen Dauerschallpegel berücksichtigt. So werden die aktuellsten in NORAH erhobenen Daten aus dem Jahr 2013 genutzt. Argumente dafür:

- Bei den drei Erhebungen in 2011, 2012 und 2013 liegt nahe, dass 2013 die Reaktionen auf Veränderungen im Flugverkehr aufgrund der vorausgegangenen Änderungen eher geringer geworden sind.
- Durch die Verwendung von Daten der Befragung der Neurekrutierten wird versucht, die Einflüsse der Befragungsmethodik klein zu halten.
- Und die Fokussierung auf den Dauerschallpegel vereinfacht das Erhebungsverfahren deutlich.
- Legt man die möglichen Dosis-Wirkungs-Beziehungen für 2013 zu Grunde, ist auch der mögliche Fehler durch die getroffene Auswahl am geringsten: Wie der Blick auf Abbildung 1 zeigt, liegt die Dosis-Wirkungs-Beziehung für Neurekrutierte aus 2013, die nur den Dauerschallpegel berücksichtigt, in etwa mittig von allen Kurven für 2013.

Gleichzeitig bleibt auch festzuhalten, dass alle hier betrachteten Dosis-Wirkungs-Beziehungen nahe beieinander liegen und größere Unterschiede somit unabhängig von der Auswahl der Kurve ohnehin auszuschließen sind. Daher wurde entschieden, für die Dosis-Wirkungs-Beziehung des FTI 2.0 das Basismodell der Neurekrutierten 2013 zu verwenden (Abbildung 2).

Die zugehörige Formel lautet:

$$p(HA) = \frac{e^{(-8,85699 + 0,17853 * L^*_{Aeq,16h})}}{1 + e^{(-8,85699 + 0,17853 * L^*_{Aeq,16h})}} * 100$$

Abbildung 1

Dosis-Wirkungs-Beziehungen nach NORAH für 2013

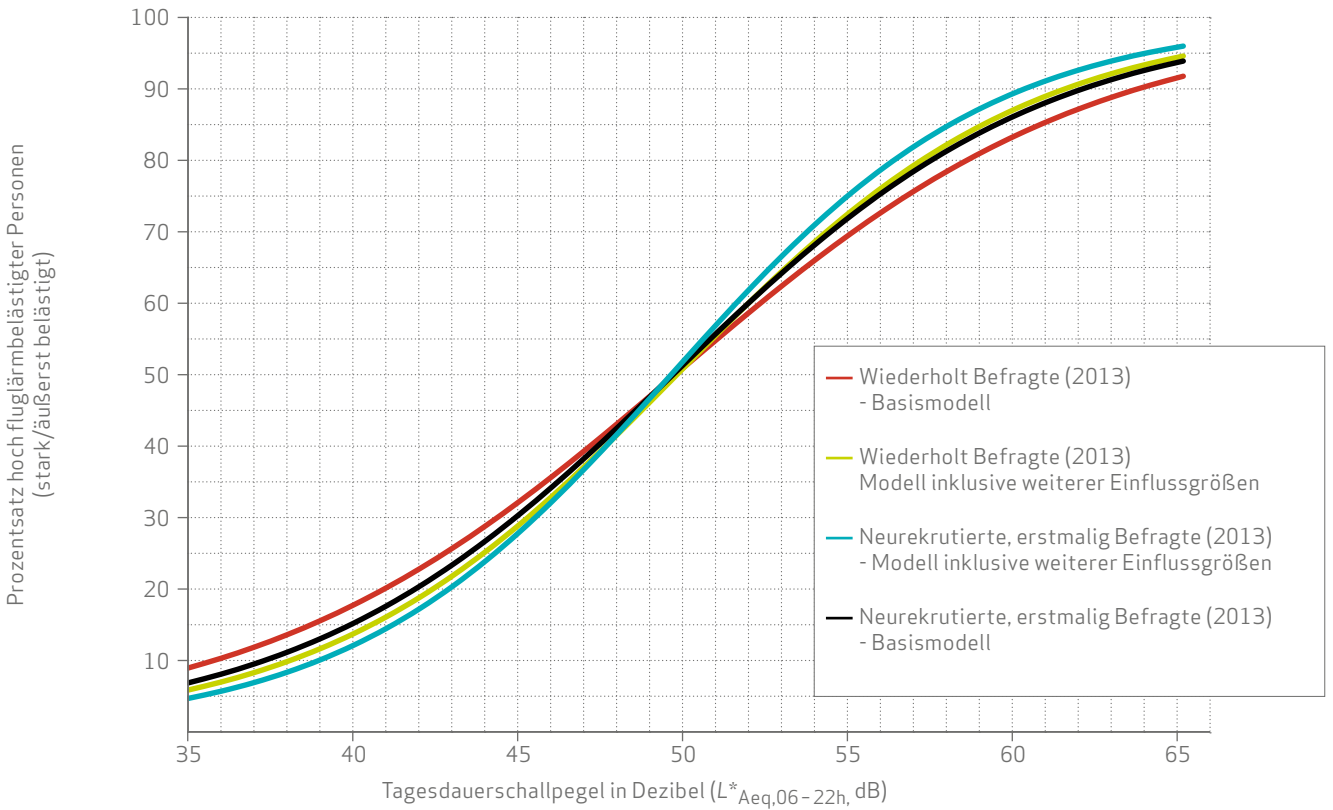
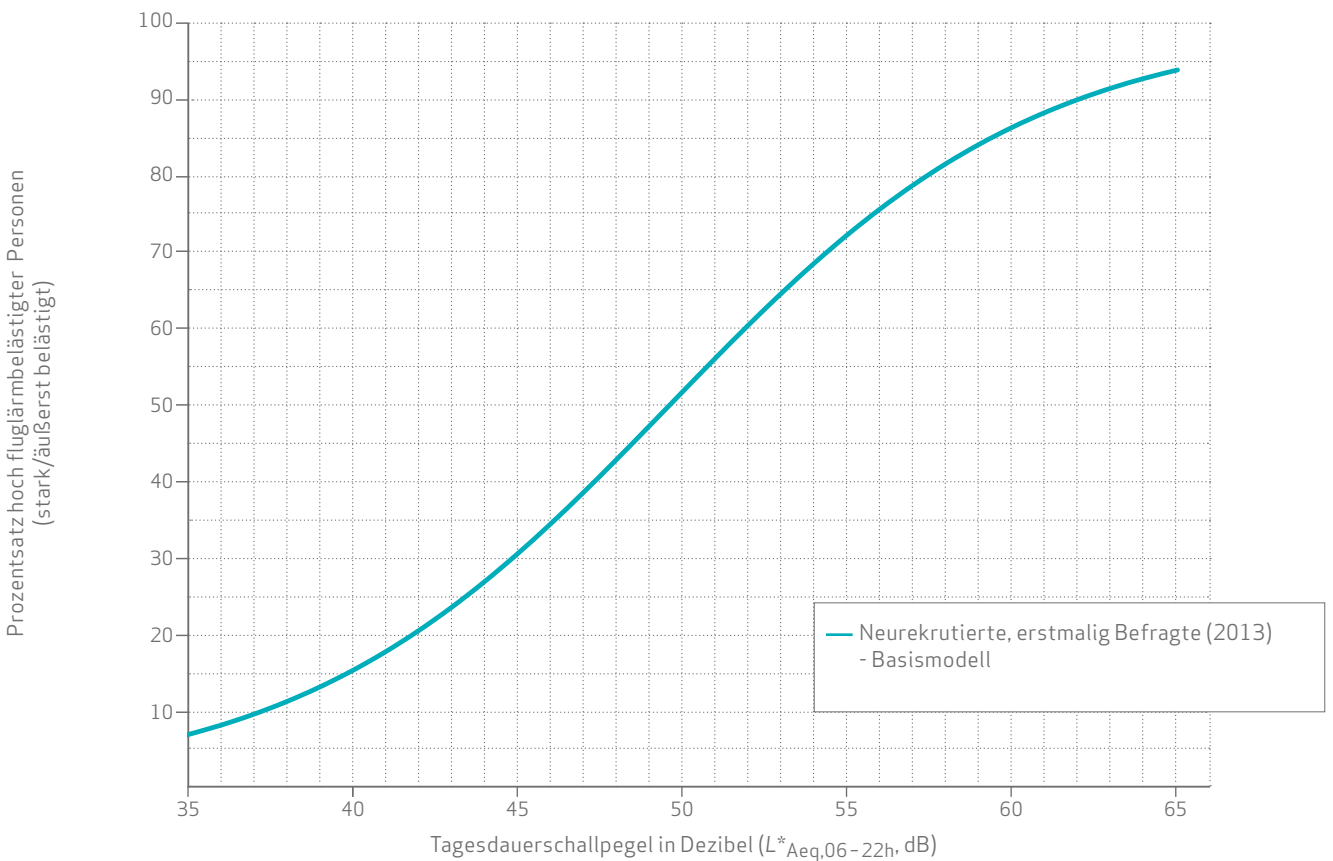


Abbildung 2

Dosis-Wirkungs-Beziehung FTI 2.0



In den Schritten 1 und 2 wurden Informationen zur lokalen Verteilung der Lärmbelastung und der in der Region wohnenden Bevölkerung berechnet bzw. ausgewertet. Auf diese Ergebnisse kann nun die gewählte Dosis-Wirkungs-Beziehung angewendet werden, um die Anzahl der Hochbelastigten zu ermitteln. Dazu wird die Anzahl der in einer Pegelkontur lebenden Personen (siehe Schritt 2), mit dem jeweiligen Anteil Hochbelastigter (prozentualer Belastigungswert gemäß Dosis-Wirkungs-Beziehung) für den entsprechenden Dauerschallpegel (Schritt 1) in zum Beispiel einer Gemeinde multipliziert.

Indem diese Auswertung für alle innerhalb der Betrachtungsgebiete liegenden Gebiete durchgeführt wird, können die Werte aufsummiert werden und geben so Auskunft, wie viele Hochbelastigte in den jeweiligen Gebieten insgesamt leben. Da diese Informationen kleinräumig ermittelbar sind, können auch Werte für einzelne Kommunen und Stadtteile ausgewiesen werden.

Beispielrechnung

Wohnen beispielsweise 1.000 Personen in einer Gemeinde innerhalb einer Kontur mit einem Dauerschallpegel von 52 dB(A), gelten 60 % von ihnen als Hochbelastigte – gemäß der oben dargestellten Dosis-Wirkungs-Beziehung des FTI 2.0. Entsprechend würden für diese Gemeinde 600 Hochbelastigte innerhalb dieser Pegelkontur ermittelt.

Tabelle 5
FTI vs. FTI 2.0 – Lärmwirkung

	FFI	FFI 2.0
Betrachtete Wirkung	Belästigung: Anzahl durch Fluglärm Hochbelastigter	Belästigung: Anzahl durch Fluglärm Hochbelastigter
Dosis-Wirkungs-Beziehung	RDF-Studie 2006	NORAH-Studie 2015
Wirkung zugrunde liegendes akustisches Kriterium	Äquivalenter Dauerschallpegel für den Tag	Äquivalenter Dauerschallpegel für den Tag

4.2.4 — Schritt Vier: Die Ermittlung von Indexwerten

Im vierten Schritt werden die in Schritt 3 ermittelten absoluten Zahlen von Hochbelästigten in sogenannte Indexpunkte umgerechnet.

Monitoring- vs. Maßnahmenindex

Im Vorgehen zur Auswertung der Lärmwirkung gibt es keine Unterschiede zwischen Monitoring- und Maßnahmenindex.

Das Referenzjahr 2007 bildet die Basis für die Umrechnung der ermittelten Absolutzahlen der Lärmwirkung in Indexpunkte. 2007 war das erste Jahr, für das der Frankfurter Fluglärmindex berechnet wurde. Auch der FTI 2.0 wird deshalb rückwirkend bis 2007 berechnet. Der für dieses Referenzjahr ermittelte Wert des Tagindexgebiets 2 steht für 100 Indexpunkte. Entsprechend lässt sich der Wert eines einzelnen Indexpunktes ableiten: Er beträgt ein Prozent der Werte für das Tagindexgebiet 2 in 2007.

Um eine einheitliche Darstellung zu gewährleisten, gilt diese Setzung eines Wertes für einen Indexpunkt für sämtliche Betrachtungsgebiete und alle Indexberechnungen am Tag, sowohl im Monitoring- als auch im Maßnahmenindex, und wird nicht verändert.

Rechnerisch ergibt sich der Index somit als:

$$\text{Anzahl Indexpunkte} = \frac{\text{Anzahl Hochbelästigte im Auswertungsgebiet}}{\text{Anzahl Hochbelästigte im Tagindexgebiet 2 (2007)}} \times 100$$

Die so ermittelten Indexwerte können sowohl für das gesamte Betrachtungsgebiet als auch einzelne Kommunen oder Stadtteile ausgewiesen werden.

4.3 — Frankfurter Nachtindex (FNI) 2.0

4.3.1 — Schritt Eins: Die akustische Abgrenzung der Auswertungsgebiete & Berechnung der Maximalpegelverteilung

Der [Frankfurter Nachtindex 2.0](#) berücksichtigt ausschließlich die Nacht. Diese ist definiert als Zeitraum von 22 bis 6 Uhr. Zu beachten ist hierbei, dass am Standort Frankfurt lediglich in den Nachtrandstunden von 22 bis 23 Uhr und von 05 bis 06 Uhr in beschränktem Umfang regulärer Flugbetrieb stattfinden darf. Darüber hinaus sind Verspätungsflüge unter bestimmten Voraussetzungen bis Mitternacht möglich (und in absoluten Ausnahmefällen wie Notfällen oder Vermessungsflügen auch danach). Der für die Fluglärmbelastungen maßgebliche Luftverkehr konzentriert sich also im Wesentlichen auf diese beiden Nachtrandstunden: von 22 bis 23 und von 5 bis 6 Uhr. Trotzdem fließt der gesamte Zeitraum von 22 bis 6 Uhr in die Berechnungen ein.

Wie am Tag, so werden auch für die Nacht verschiedene Betrachtungsgebiete voneinander abgegrenzt. So können in der Bewertung Regionen mit unterschiedlicher Lärmbelastung miteinander in Beziehung gesetzt und gegeneinander abgewogen werden.

Tabelle 6

FNI vs. FNI 2.0 - akustische Abgrenzung der Auswertungsgebiete

Auswertungsgebiete	FFI	FFI 2.0
Hochbetroffenengebiet	$L_{Aeq,22-06} \geq 53 \text{ dB(A)}$ & $NAT_{22-06} \geq 72 \text{ dB(A)}$	$L^*_{Aeq,22-06} \geq 50 \text{ dB(A)}$ & $NAT_{22-06} \geq 68 \text{ dB(A)}$
Nachtindexgebiet	$AWR_{22-06} \geq 75 \%$	$L^*_{Aeq,22-06} \geq 45 \text{ dB(A)}$
Erweitertes Kontrollgebiet		$L^*_{Aeq,22-06} \geq 43 \text{ dB(A)}$

Für den FNI 2.0 wurden folgende Gebietsabgrenzungen festgelegt:

- Das Hochbetroffenengebiet mit einem Dauerschallpegel zwischen 22 und 6 Uhr von mindestens 50 dB(A) und/oder mehr als sechs Fluglärmereignissen mit Maximalschallpegeln von mindestens 68 dB(A).
- Das Nachtindexgebiet mit einem Dauerschallpegel zwischen 22 und 6 Uhr von mindestens 45 dB(A).
- Das erweiterte Kontrollgebiet mit einem Dauerschallpegel zwischen 22 und 6 Uhr von mindestens 43 dB(A).

Das Hochbetroffenengebiet orientiert sich, wie auch im FTI 2.0, an der Setzung des Fluglärmenschutzgesetzes. Dieses sieht vor, dass für Flughäfen, die ab dem 01.01.2011 gebaut oder wesentlich baulich erweitert wurden, andere Nacht-Schutzzonen gelten als für Flughäfen, die bis zum 31.12.2010 gebaut oder erweitert wurden (§2 (2)). Während sich die Abgrenzung des Hochbetroffenengebiets im FNI am Wert bis zum 31.12.2010 orientierte, wurde dies nun für den FNI 2.0 aktualisiert. Die Abgrenzung der Betrachtungsgebiete im FNI 2.0 erfolgt mit Außenpegeln, während das Fluglärmenschutzgesetz von Innenpegeln ausgeht. Deshalb liegen die für den FNI 2.0 festgelegten Werte für das Maximalpegelkriterium 15 dB(A) über den Werten des Fluglärmenschutzgesetzes. Laut Anlage zu §3 Fluglärmenschutzgesetz ist der Innenpegel um 15 dB(A) niedriger anzusetzen als der Außenpegel.

Das Abgrenzungskriterium für das Hochbetroffenengebiet des FNI 2.0 lautet demnach $L^*_{Aeq,22-06} \geq 50$ dB(A) & $NAT_{22-06} \geq 6$ 68 dB(A). NAT steht für „Number above threshold“ – also die Überschreitungshäufigkeit eines Schwellenwerts. Bei diesem Kriterium geht es darum, ob ein festgelegter Maximalschallpegel (hier 53 dB(A)) mit einer bestimmten Häufigkeit (hier: mehr als sechs Mal) überschritten wird. Dadurch kann das Hochbetroffenengebiet der Nacht grundsätzlich auch Gebiete enthalten, in denen der Dauerschallpegel weniger als 50 dB(A) beträgt, die aber aufgrund des Maximalschallpegelkriteriums in das Betrachtungsgebiet fallen. NAT-Werte können aus einer gemessenen oder berechneten Maximalpegel-Häufigkeits-Verteilung bestimmt werden. Dies berücksichtigt den Umstand, dass der Dauerschallpegel zwar am Tag ein gutes Maß für die Belästigung darstellt, während für das Aufwachen in der Nacht nach Erkenntnissen von Schlafstudien überwiegend die jeweiligen Einzelfluglärmereignisse und deren Maximalschallpegel relevant sind.

› Neue Methode zur Bestimmung des Nachtindexgebiets

Die Abgrenzung des Nachtindexgebiets wird künftig, anders als bisher im FFI, nicht mehr auf Basis der Wahrscheinlichkeit zusätzlicher ↪ Aufwachreaktionen vorgenommen, sondern wie am Tag mithilfe eines Dauerschallpegelkriteriums. Die Abgrenzung des Nachtindexgebiets im FFI durch Aufwachreaktionen hatte zwei Ziele: Zum einen sollte mittels direktem Wirkungszusammenhang des Abgrenzungskriteriums sichergestellt werden, dass alle Gebiete um den Flughafen, in denen es zu mindestens einer zusätzlichen Aufwachreaktion kommt, in der Auswertung enthalten sind (für Details hinsichtlich der Fluglärmwirkung in der Nacht siehe Kapitel 4.3.3); zum anderen sollte das Betrachtungsgebiet der Nacht eine ähnliche Ausdehnung wie das Betrachtungsgebiet des Tages haben, um die dort identifizierten Gebiete mit entsprechender Fluglärmbelastung nicht zu vernachlässigen. Die praktische Erfahrung mit dem FFI in den letzten Jahren hat aber gezeigt, dass die Ausdehnung des Nachtindexgebiets in westlicher Richtung im Vergleich mit dem Tagindexgebiet systematisch kleiner ist. Aus Sicht der AG Index fanden damit wesentlich durch Fluglärm belastete Gebiete in den Auswertungen keine Berücksichtigung. Die künftige Abgrenzung des FNI 2.0 mithilfe des Dauerschallpegels soll dieses Problem lösen. Entsprechend wurde das Nachtindexgebiet des FNI 2.0 auf einen Dauerschallpegel von mindestens 45 dB(A) zwischen 22 und 6 Uhr festgelegt. Da eine solche Definition das Betrachtungsgebiet insgesamt vergrößert, ist auch weiterhin die Berücksichtigung von Gebieten mit mindestens einer zusätzlichen Aufwachreaktion gegeben.

Auch für die Nacht wurde zusätzlich ein Kontrollgebiet in die Betrachtung aufgenommen. Wie am Tag liegt der Wert des Kontrollgebiets – mit einem Dauerschallpegel von mindestens 43 dB(A) zwischen 22 und 6 Uhr – 2 dB(A) unter dem Wert des Indexgebiets.

Auf Basis von Lärmberechnungen werden Betrachtungsgebiete identifiziert. Innerhalb der Gebiete werden dann die lokalen Maximalpegelverteilungen berechnet. Diese werden für die Auswertung der ↪ Lärmwirkung in Schritt 3 benötigt. Anders als am Tag basiert die Lärmwirkung in der Nacht nicht auf dem für die Abgrenzung genutzten Dauerschallpegel, sondern auf Maximalpegeln. Da es bei der betrachteten Wirkung in der Nacht um Aufwachreaktionen der betroffenen Bevölkerung geht (siehe Schritt 3), ist hier außerdem der Pegel im Innenraum, also am Ohr des Schlafers, relevant. Dementsprechend werden von den zunächst ermittelten Maximalpegeln, da es Außenpegel sind, die bereits oben erwähnten 15 dB(A) abgezogen. Auf diese Weise sind innerhalb der Betrachtungsgebiete jeweils die Maximalpegelverteilungen im Innenraum bekannt. Sie bilden die Voraussetzung der weiteren Auswertungen.

Monitoring- vs. Maßnahmenindex

Zwischen Monitoring- und Maßnahmenindex ergeben sich bei der Abgrenzung der Betrachtungsgebiete keine Unterschiede in den Anwendungsfeldern des FNI 2.0. Es werden jeweils die gleichen Gebiete betrachtet. Auch die Ermittlung von Maximalpegeln ist in beiden Fällen zunächst identisch.

Bei der Umwandlung der ermittelten Maximalpegel in entsprechende Innenraumpegel ergibt sich allerdings ein wesentlicher Unterschied: Da der Monitoringindex möglichst gut die tatsächliche Situation abbilden soll, wird für dessen Berechnung der Anspruch auf passiven Schallschutz nach Fluglärm-schutzgesetz berücksichtigt. Deshalb werden bei der Umwandlung von Außen- zu Innenpegeln für den Monitoringindex nicht pauschal 15 dB(A), sondern in einigen Fällen auch 30 dB(A) von den Maximalpegeln abgezogen, um die Effekte von umgesetztem passivem Schallschutz zu berücksichtigen. Dabei wird noch einmal unterschieden zwischen dem Nachtschutzgebiet von 2001/2002 und der 2011 festgelegten Nachtschutzzone des Lärmschutzbereichs. Während im Nachtschutzgebiet 2001/2002 relativ hohe Nutzungsquoten von passivem Schallschutz festzustellen sind, fallen diese in der Nachtschutzzone von 2011 deutlich geringer aus, wobei die Umsetzungs- und Antragsfristen noch nicht abgelaufen sind. Dieser Unterschied in der Nutzung passiven Schallschutzes soll sich auch im Vorgehen des **Monitoringindex** widerspiegeln:

- Im Nachtschutzgebiet von 2001/2002 erfolgt der Abzug von 30 dB(A) pauschal für alle Wohngebäude.
- Für Gebiete, die darüber hinaus durch den 2011 festgelegten Lärmschutzbereich Anspruch auf passiven Schallschutz in der Nacht haben, wird - unter Nutzung einer Auswertung des Umsetzungsstands zum 31.12.2018 durch das Regierungspräsidium Darmstadt - zum Zwecke der Berechnung pauschal angenommen, dass für 25 Prozent der Betroffenen Schallschutz umgesetzt wurde. Für diese pauschal angenommenen 25 Prozent wird ebenfalls ein Abschlag von 30 dB(A) vom Maximalpegel vorgenommen. Für die restlichen 75% der Betroffenen bleibt es bei einem Abzug von 15 dB(A). Sollten künftig neue Erkenntnisse zu höheren Nutzungsquoten im Lärmschutzbereich vorliegen, kann diese Annahme entsprechend angepasst werden.

Für den **Maßnahmenindex** erfolgt keine Berücksichtigung des passiven Schallschutzes. Da dies sowohl für das Ausgangsszenario als auch das Szenario unter Berücksichtigung der zu prüfenden aktiven Schallschutzmaßnahme gilt, ergeben sich hieraus keine Auswirkungen auf die Maßnahmenbewertung. Damit werden Betroffene, die in einem Schallschutzgebiet leben, bei der Bewertung mit denen gleich gestellt, die nicht in einem solchen Gebiet leben.

4.3.2 — Schritt Zwei: Die Auswertung der Betroffenenzahl

Das Vorgehen hinsichtlich der Auswertung der Betroffenenzahl entspricht der des FTI 2.0 (Kapitel 4.2.2). Als Ergebnis der Auswertung ergeben sich für die in Schritt 1 identifizierten Betrachtungsgebiete Informationen über die Anzahl der betroffenen Bevölkerung. Auf dieser Basis kann im nächsten Schritt die Auswertung der Lärmwirkung erfolgen.

4.3.3 — Schritt Drei: Die Auswertung der Lärmwirkung (Anzahl zusätzlicher Aufwachreaktionen)

Auch für die Bewertung der Nacht, soll die Fluglärmwirkung im Vordergrund stehen. Anders als am Tag wird für den FNI 2.0 nicht das Ausmaß der Belästigung in der Nacht, sondern die Anzahl der zusätzlich durch Fluglärm verursachten EEG-Aufwachreaktionen ermittelt. So wird die möglichst unmittelbare Wirkung des Fluglärms auf den Schlaf berücksichtigt, dessen Qualität wiederum die Gesundheit beeinflussen kann.

EEG-Aufwachreaktionen bezeichnen Aufwachreaktionen, die im Hirnstrombild erkennbar sind. Sie sind klinisch für die Schlafqualität von Bedeutung, obwohl sich Schlafende nicht immer daran erinnern können. In einer ruhigen, nicht von Fluglärm gestörten Nacht treten laut einer Studie des DLR (Basner et al. 2006) im Durchschnitt etwa 24 sogenannte „spontane“ EEG-Aufwachreaktionen auf. Diese spontanen Aufwachreaktionen treten zu vom Körper vorgesehenen Zeitpunkten auf und sind physiologisch sinnvoll. Für den Nachtindex wird berechnet, wie viele „zusätzliche fluglärminduzierte“ EEG-Aufwachreaktionen im Durchschnitt pro Nacht im Beurteilungszeitraum auftreten. Anders als die oben beschriebenen spontanen Aufwachreaktionen treten die durch Fluglärm verursachten Aufwachreaktionen in der Regel zu Zeitpunkten auf, an denen sie Schlafzyklen vorzeitig unterbrechen. Deshalb sind sie schädlich für die Schlafqualität. Somit ist ein 1:1-Vergleich der Anzahl von spontanen und fluglärmbedingten zusätzlichen Aufwachreaktionen auch nicht angebracht. Die zusätzlichen fluglärmbedingten Aufwachreaktionen bilden den Bewertungsmaßstab des FNI 2.0.

Tabelle 7

FFI vs. FFI 2.0 – Lärmwirkung Nacht

	FFI	FFI 2.0
Betrachtete Wirkung	Anzahl zusätzlicher durch Fluglärm verursachter EEG-Aufwachreaktionen	Anzahl zusätzlicher durch Fluglärm verursachter EEG-Aufwachreaktionen
Dosis-Wirkungs-Beziehung	Köln/Bonner Feldstudie 2001/2002	NORAH-Studie 2015
Wirkung zugrunde liegendes akustisches Kriterium	Maximalschallpegel	Maximalschallpegel

Um von der Anzahl und den ↪ Maximalschallpegeln der Überflüge auf das Auftreten zusätzlicher Aufwachreaktionen schließen zu können, sind Erkenntnisse über den genauen Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und ↪ Lärmwirkung notwendig – also die ↪ Dosis-Wirkungs-Beziehung. Im Fall des Nachtindex stellt die Dosis-Wirkungs-Beziehung also den Zusammenhang her zwischen dem Maximalschallpegel und der Häufigkeit von Fluglärmereignissen einerseits und den Aufwachwahrscheinlichkeiten andererseits. Während die Ermittlung der Aufwachreaktionen im Nachtindex des FFI auf Erkenntnissen der Köln/Bonner Feldstudie 2001/2002 des DLR basierte, wird dies für den FNI 2.0 künftig auf der Grundlage der Erkenntnisse der ↪ NORAH-Studie für den Standort Frankfurt erfolgen.

Im Rahmen der NORAH-Studie ↪ wurden am Standort Frankfurt 2011, 2012 und 2013 Messungen zur Schlafqualität und zur Lärmbelastung im Schlafzimmer durchgeführt. Die Messungen der Schlafqualität in den Jahre 2011 und 2012 basierten auf der sogenannten Polysomnografie, mit der unter anderem die Gehirnaktivität, die Herzfrequenz und die Muskelanspannung gemessen werden können. Mithilfe dieser Informationen kann ausgewertet werden, welche Schlafphasen ein Mensch in der Nacht durchläuft und wie viele Aufwachreaktionen stattfinden. Da polysomnografische Untersuchungen sehr aufwändig sind, wurde in NORAH auf Grundlage der Daten aus 2011 und 2012 eine neue, weniger aufwändige Messmethode entwickelt, die dann für die Messungen 2013 genutzt wurde. Wie am Tag, liegen also auch für die Nacht für die drei Untersuchungsjahre unterschiedliche Daten vor, aus denen grundsätzlich Erkenntnisse über eine Dosis-Wirkungs-Beziehung abgeleitet werden können. Da die Daten aus 2011 noch vor Eröffnung der Landebahn Nordwest erhoben wurden und die Daten aus 2013 auf einer neuartigen Messmethode basieren, entschied sich die AG Index, die Auswertung der Lärmwirkung im FNI 2.0 künftig auf Basis der NORAH-Daten von 2012 durchzuführen.

Um eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zu generieren, mussten in den polysomnografischen Messdaten der NORAH-Studie zunächst die spontanen von den durch Fluglärm verursachten Aufwachreaktionen unterschieden werden – für die Fluglärmwirkung sind nur letztere interessant. Um die von Fluglärm verursachten Aufwachreaktionen identifizieren zu können, wurde parallel zur Schlafqualität auch die Lärmbelastung im Schlafzimmer aufgezeichnet. So konnte überprüft werden, wann Aufwachreaktionen zeitlich mit entsprechenden Fluglärmereignissen zusammenhängen.

Um wissenschaftlich genau die spontanen Aufwachreaktionen von Anwohnern zu bestimmen, sind Messdaten derselben Anwohner aus Nächten mit und ohne Fluglärm nötig. Nur so lassen sich Werte für unbelastete „Referenz-Nächte“ erzeugen, auf deren Basis die dargestellte Überprüfung stattfinden kann. Für die Erhebungen in Frankfurt stellte dies ein Problem dar: Es gab in den untersuchten Zeiträumen keine Nächte ohne Fluglärm. Das Vorhaben konnte daher nicht umgesetzt werden.

Um dennoch abschätzen zu können, wie viele der gemessenen Aufwachreaktionen spontan waren und wie viele zusätzlich durch Fluglärm verursacht wurden, mussten Annahmen getroffen werden, ab welchem Unterschied zwischen Maximalschallpegel und Hintergrundpegel ein Fluglärmereignis zu einer zusätzlichen Aufwachreaktion führt. Hierfür wurde davon ausgegangen, dass Maximalschallpegel unterhalb oder bei nur geringer Überschreitung des statistischen Mittelwerts des Hintergrundpegels nicht zu Aufwachreaktionen führen. Frühere Schlafstudien zeigen, dass ab einer Überschreitung des gemittelten Hintergrundpegels durch ein Fluglärmereignis um 3 dB(A) zusätzliche fluglärmbedingte Aufwachreaktionen auftreten können. Mit diesen Annahmen konnten die Daten aus NORAH 2012 hinsichtlich der zusätzlichen durch Fluglärm verursachten Aufwachreaktionen ausgewertet und eine entsprechende Dosis-Wirkungs-Beziehung abgeleitet werden.

Deren Formel lautet wie folgt:

$$\% \text{Aufwachwahrscheinlichkeit (fluglärminduziert)} = -0,019082 * L^*_{ASmax_innen} + 0,002443 * L^*_{ASmax_innen}^2 - 2,012754$$

Um die oben beschriebene Umwandlung von Außen- in Innenpegel durch die Abzüge von 15 bzw. 30 dB(A) in der Formel zu berücksichtigen, wird diese wie folgt angepasst:

$$\%AW = -0,019082 * (L^*_{ASmax_au\beta en} - \Delta L) + 0,002443 * (L^*_{ASmax_au\beta en} - \Delta L)^2 - 2,012754$$

Dabei ist $\Delta L = 15$ dB wenn kein passiver Schallschutz berücksichtigt wird (Maßnahmenindex) und $\Delta L = 30$ dB, wenn er berücksichtigt wird (Monitoringindex).

Nachdem in den Schritten 1 und 2 bereits die Betrachtungsgebiete identifiziert und sowohl die lokalen Maximalpegelverteilungen als auch die Zahl der in den Gebieten wohnenden Bevölkerung ermittelt und räumlich zugeordnet wurden, kann in Verbindung mit der genannten Dosis-Wirkungs-Beziehung die eigentliche Lärmwirkung ausgewertet werden. Hierzu werden zunächst die Aufwachwahrscheinlichkeiten innerhalb der Betrachtungsgebiete in 5 %-Schritten ermittelt – basierend auf den ermittelten Maximalpegeln (Schritt 1). Diese Wahrscheinlichkeiten werden dann mit den im jeweiligen Raster wohnenden betroffenen Personen multipliziert (Schritt 2). Summiert man diese Ergebnisse auf, so ergibt sich die Anzahl aller zusätzlich durch Fluglärm verursachten Aufwachreaktionen in diesem

Raster. Wie die Zahl der [Hochbelästigten](#), so kann damit die Anzahl der zusätzlichen Aufwachreaktionen sowohl für die Betrachtungsgebiete insgesamt, als auch für einzelne Kommunen oder Stadtteile ausgewertet werden.

Monitoring- vs. Maßnahmenindex

Im Vorgehen zur Auswertung der Lärmwirkung gibt es keine Unterschiede zwischen Monitoring- und Maßnahmenindex.

4.3.4 — Schritt Vier: Die Ermittlung von Indexwerten

Das Vorgehen hinsichtlich der Ermittlung von Indexwerten entspricht dem des FTI 2.0. Für den FNI 2.0 basiert die Umrechnung auf den absoluten Zahlen der zusätzlichen durch Fluglärm verursachten Aufwachreaktionen.

Der für 2007 ermittelte Wert des Nachtindexgebiets steht entsprechend für 100 Indexpunkte. Ein Indexpunkt beträgt ein Prozent der Werte für 2007. Auch im FNI 2.0 gilt die Setzung eines Wertes für einen Indexpunkt für sämtliche Betrachtungsgebiete und alle Indexberechnungen der Nacht, sowohl im Monitoring- als auch im Maßnahmenindex, und wird nicht verändert.

Rechnerisch ergibt sich der Index somit als:

$$\text{Anzahl Indexpunkte} = \frac{\text{Anzahl Aufwachreaktionen im Auswertungsgebiet}}{\text{Anzahl Aufwachreaktionen im Nachtindexgebiet (2007)}} \times 100$$

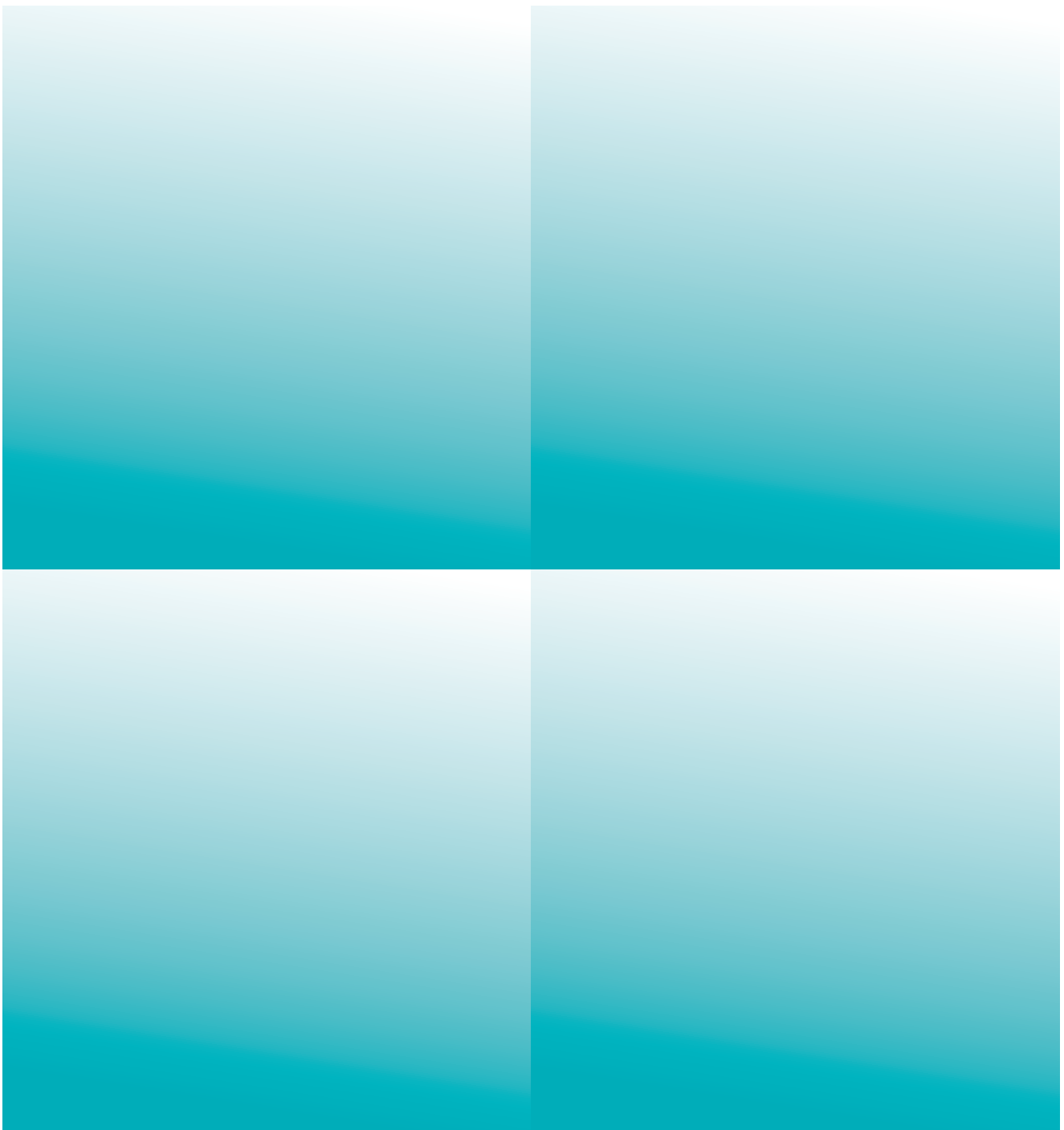


5 — Kommunikation des FFI 2.0

Kommuniziert werden die in Schritt 4 für FFI 2.0 und FNI 2.0 jeweils dargestellten Indexwerte in Form von Indexpunkten. Während der Maßnahmenindex anlassbezogen zur Bewertung einzelner Maßnahmen berechnet wird, erfolgt die Berechnung des Monitoringindex jährlich. Wie oben beschrieben, wird der FFI 2.0 rückwirkend bis 2007 berechnet und vergleichend mit der bisherigen Berechnung des FFI für die Jahre 2007 bis 2016 dargestellt. Ab dem Jahr 2017 werden dann, zur Reduktion der Komplexität, nur noch die Werte des FFI 2.0 ausgewiesen.

Zusätzlich zu den Werten für die gesamten Betrachtungsgebiete werden die Indizes auch auf Ebene der Kommunen dargestellt und können gegebenenfalls auch für Teilgebiete, zum Beispiel für einzelne Stadtteile oder Gemarkungen, ausgewiesen werden.

Einmal jährlich stellen die Vorsitzenden des FFR die Ergebnisse gemeinsam mit der Geschäftsführung des Umwelthauses im Konvent und in einem Pressegespräch öffentlich vor. Zusätzlich wird regelmäßig (zum Beispiel alle drei Jahre) die Entwicklung der Indizes pro Kommune dargestellt. Die jeweiligen Berichte des aktuellen Jahres sowie aller Vorjahre und die auf Basis des bisherigen FFI ermittelten Monitoringberichte können auf der Website des Umwelthauses abgerufen werden, sobald sie verfügbar sind.



6 — Weiterentwicklung des FFI 2.0

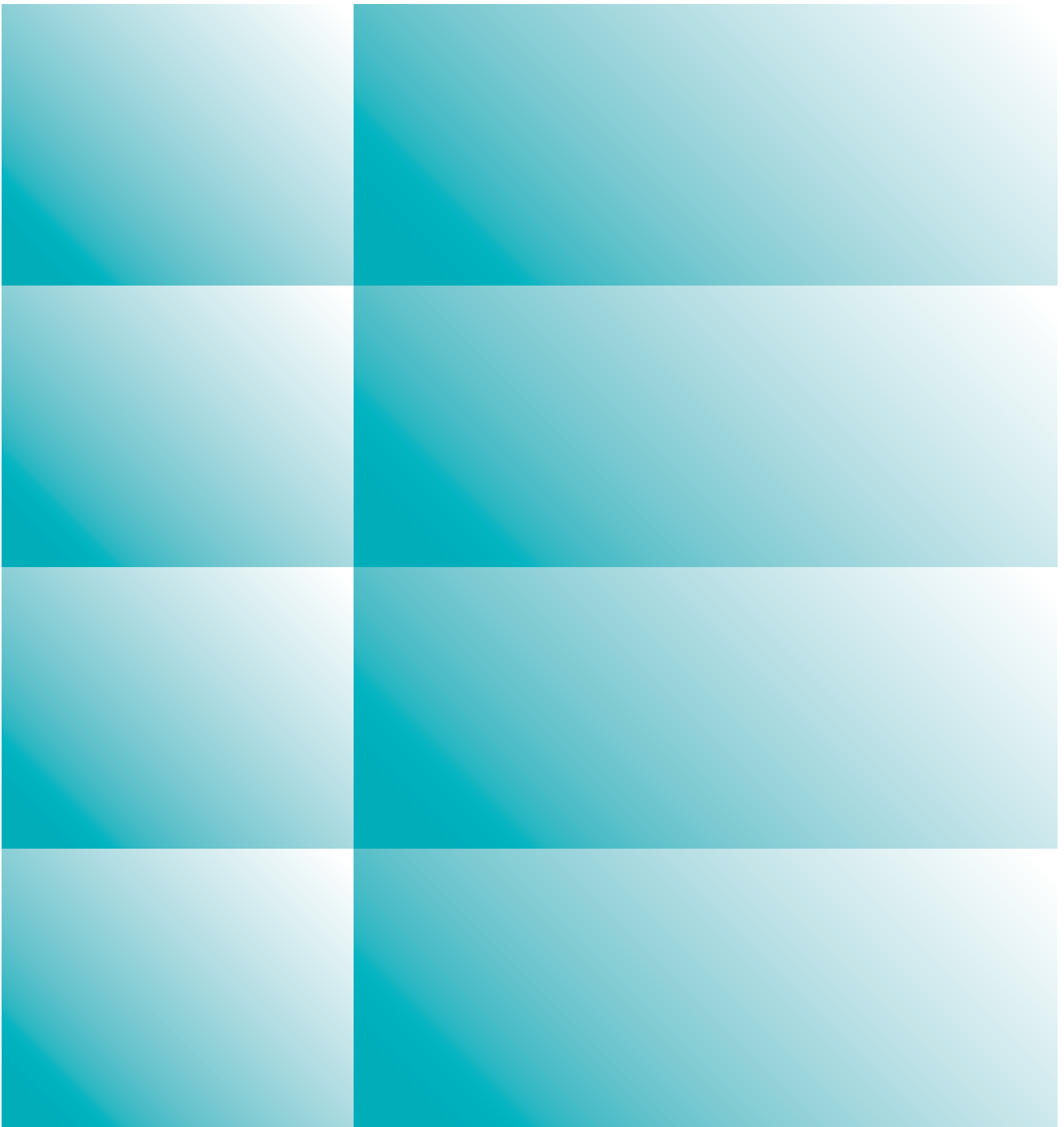
Seit 2009 wird am Standort Frankfurt ein Fluglärmindex genutzt. Dieses Instrument hat sich sowohl für das jährliche Monitoring der Entwicklung, als auch für die Bewertung aktiver Schallschutzmaßnahmen bewährt. Entsprechend sollte der Index auf Basis neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse und der Praxiserfahrungen der letzten zehn Jahre überarbeitet werden, ohne die grundlegende Art des Index zu verändern.

Die in diesem Dokument dargestellten Anpassungen im FFI 2.0 erfüllen den Anspruch, einerseits neuen Informationen Rechnung zu tragen, andererseits aber auch weiterhin praktischen Nutzen zu entfalten und als Instrument für die regelmäßige Arbeit des ↪ Expertengremiums Aktiver Schallschutz (ExpASS) anwendbar zu sein. Auch die Erfahrungen der öffentlichen Konsultation bezüglich der Schallschutzmaßnahme „Laterale Optimierung AMTIX kurz“ zeigen, dass nur durch vereinfachende Annahmen und begründete Setzungen die Komplexität auf ein verständliches Maß begrenzt werden kann. In diesem Spannungsfeld wurden die vorgenommenen Veränderungen sorgfältig abgewogen und als geeignet für die künftige Nutzung des FFI 2.0 betrachtet.

Um mit dem FFI 2.0 auch zukünftigen wissenschaftlichen und politischen Entwicklungen Rechnung zu tragen, soll der Index spätestens fünf Jahre nach seiner Entwicklung überprüft werden. Dabei geht es etwa darum herauszufinden, ob

- neue, signifikant abweichende Bevölkerungsdaten vorliegen, so dass auch die Bevölkerungsdaten für den Monitoringindex angepasst werden sollten,
- relevante Änderungen in den Annahmen zur Gebietsabgrenzung bzw. der Umsetzungsquote des passiven Schallschutzes vorliegen,
- neue ↪ Dosis-Wirkungs-Beziehungen vorliegen, die für den Standort Frankfurt Anwendung finden können,
- sich Veränderungen beim Vergleich der Flugspuren mit den im DES beschriebenen Flugstrecken ergeben,
- eine neue ↪ AzB bzw. AzD in Kraft getreten ist.

Sollten sich in diesen oder anderen Bereichen relevante Veränderungen ergeben, kann der Index erneut angepasst werden.



Glossar

3-Sigma Zuschlag

Die 3-Sigma-Regelung wird in der [AzB](#) verwendet, um langjährigen Schwankungen der [Betriebsrichtungsverteilung](#) bei der auf einer Prognose beruhenden Berechnung der Lärmschutzbereiche in Form eines Zuschlages Rechnung zu tragen. Dieser ortsabhängige Zuschlag wird auf der Basis einer mehrjährigen Analyse der Verteilung der sogenannten „bahnbezogenen Betriebsrichtungen“ ermittelt.

Aufwachreaktion

s. EEG-Aufwachreaktion

AzB/AzB 08

Die „Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen“, kurz AzB, ist das Berechnungsverfahren, mit dem die Lärmschutzbereiche nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 01.06.2007 ermittelt werden müssen. Die AzB ist zusammen mit der „Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb“ (AzD) in der ersten Durchführungsverordnung des Fluglärmgesetzes (1. FlugLSV) veröffentlicht. Ist von AzB 08 die Rede, ist damit die aktuelle Version von 2008 gemeint.

Betriebsrichtung/ Betriebsrichtungsverteilung

Mit diesem Begriff bezeichnen Flughäfen die Richtung, in die Flugzeuge landen und starten. Da Landungen und Starts gegen den Wind stattfinden, der Wind aber gelegentlich dreht, gibt es am Flughafen Frankfurt zwei verschiedene Betriebsrichtungen: 25 und 07. Bei Westwind gilt Betriebsrichtung 25 – die Flugzeuge

landen und starten also nach Westen. Betriebsrichtung 07 hingegen gilt bei Ostwind, die Starts und Landungen erfolgen dann nach Osten. Die Betriebsrichtungsverteilung gibt die zeitlichen Anteile der Betriebsrichtung wieder. Der Flughafen Frankfurt arbeitet zu etwa 70 Prozent mit Betriebsrichtung 25 (Westbetrieb).

Dauerschallpegel

Der „A-bewertete Äquivalente Dauerschallpegel“ ist ein Lärmbewertungsmaß für die durchschnittliche Lärmbelastung in einem bestimmten Zeitraum. Er wird in Dezibel, abgekürzt dB(A), angegeben. Der Dauerschallpegel berücksichtigt Häufigkeit, Dauer und Maximalpegel der einzelnen Schallereignisse innerhalb eines Beurteilungszeitraums. Beispielsweise ist der Dauerschallpegel – kurz: L_{Aeq} – der einen [3-Sigma-Zuschlag](#) enthält, die Basis für die Festlegung von Lärmschutzbereichen nach dem Fluglärmgesetz. Er wird getrennt für den Tag (6 – 22 Uhr) und die Nacht (22 – 6 Uhr) ermittelt. Diese Berechnung ist aber nicht mit dem Dauerschallpegel $L^*_{Aeq, Tag}$ zu verwechseln, der zur Ermittlung des FTI 2.0 verwendet wird und keinen 3-Sigma-Zuschlag enthält. Um eine Verwechslung zu vermeiden, ist dieser mit einem Stern gekennzeichnet.

DES/AzD

Das Datenerfassungssystem (DES) enthält Angaben zum Flugplatz, den An- und Abflugkorridoren sowie der Anzahl der Flugbewegungen, aufgeschlüsselt nach den in der [AzB](#) definierten Luftfahrzeugklassen. Das DES ist in der AzD („Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb“), die Teil der ersten Durchführungsverordnung des Fluglärmgesetzes (1. FlugLSV) ist, beschrieben.

Dosis-Wirkungs-Beziehung

Funktionaler Zusammenhang zwischen einer Dosis bzw. einem Umgebungseinfluss (hier Lärm, und zwar [↪ Dauerschallpegel](#) bzw. Maximalpegel) und deren/ dessen Wirkung auf den Menschen (hier der Grad der Lärmbelästigung bzw. die lärmbedingte Aufwachwahrscheinlichkeit).

EEG-Aufwachreaktion

Wechselt ein Schlafender von einem tieferen ins leichteste Schlafstadium oder wacht vollständig auf, sprechen die Schlafforscher des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) von einer Aufwachreaktion. Aufwachreaktionen wurden zum Beispiel in der sogenannten DLR-Schlafstudie sowie in der [↪ NORAH-Studie](#) unter anderem mit dem Hirnstrombild (EEG) identifiziert. Auch in ruhiger Umgebung erleben Schlafende etwa 20- bis 30-mal in der Nacht eine solche Aufwachreaktion. Meistens erinnern sie sich am nächsten Morgen nicht daran. Die in den Studien ermittelten [↪ Dosis-Wirkungs-Beziehungen](#) geben an, wie hoch die Wahrscheinlichkeit für eine zusätzliche durch Fluglärm hervorgerufene EEG-Aufwachreaktion in Abhängigkeit von der Höhe des Maximalpegels ist. Die Wahrscheinlichkeit zusätzlicher Aufwachreaktionen ist der in den Frankfurter Nachtindex einfließende Parameter zur [↪ Lärmwirkung](#).

Expertengremium Aktiver Schallschutz (ExpASS)

Das ExpASS ist ein sachorientiertes Arbeitsgremium im Forum Flughafen und Region (FFR). Es ist mit Vertretern von Institutionen und Kommunen besetzt, deren Fachkenntnisse und Erfahrungen notwendig sind,

um lärmreduzierende Maßnahmen zu entwickeln. Die Mitarbeit in dem Gremium ist freiwillig – eine gesetzliche Verpflichtung dazu gibt es nicht. Der Hessische Ministerpräsident beruft die Mitglieder. Die jeweiligen Institutionen haben ein Vorschlagsrecht.

Fanomos (Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System)

Mit diesem Flugspuraufzeichnungssystem können Verläufe einzelner Flugspuren von an- und abfliegenden Luftfahrzeugen dargestellt und ausgewertet werden. Da es auf Radardaten basiert, dient es auch als wichtiges Hilfsmittel bei Fluglärmbeschwerden und Ordnungswidrigkeitsverfahren.

Frankfurter Fluglärmindex 2.0 (FFI 2.0)

Der vom Forum Flughafen und Region (FFR) entwickelte Frankfurter Fluglärmindex 2.0 errechnet die Fluglärmbelastung tagsüber ([↪ Frankfurter Tagindex, FTI 2.0](#)) und nachts ([↪ Frankfurter Nachtindex, FNI 2.0](#)) im Gebiet rund um den Frankfurter Flughafen. Er berücksichtigt die gesamte An- und Abflugsituation auf Grundlage der sechs verkehrsreichsten Monate eines Jahres. Der Frankfurter Fluglärmindex basiert auf [↪ Dosis-Wirkungs-Beziehungen](#), die im Rahmen der [↪ NORAH-Studie](#) ermittelt wurden.

Frankfurter Tagindex nach NORAH (FTI 2.0)

Index, der die Anzahl der durch eine vorgegebene Fluglärmbelastung in einem festgelegten Gebiet (Indexgebiet) lebenden hochbelästigten Personen wiedergibt. Der FTI 2.0 wird auf Basis der an einem Ort

auftretenden ↪ Dauerschallpegel für den Tag und der aus der ↪ NORAH-Studie erhaltenen ↪ Dosis-Wirkungs-Beziehung ermittelt.

Frankfurter Nachtindex nach NORAH (FNI 2.0)

Index, der die Anzahl der durch eine vorgegebene Fluglärmbelastung in einem festgelegten Gebiet (Indexgebiet) zusätzlichen durch Fluglärm hervorgerufenen ↪ Aufwachreaktionen wiedergibt. Der FNI 2.0 wird auf Basis der an einem Ort in der Durchschnittsnacht ermittelten Maximalpegelverteilung und der aus der NORAH-Studie erhaltenen ↪ Dosis-Wirkungs-Beziehung ermittelt.

Hochbelästigte (Highly Annoyed, HA)

Der Prozentsatz von Hochbelästigten ist eine wichtige Größe, mit der sich die ↪ Lärmwirkung auf Menschen beziffern lässt. Er kann über eine ↪ Dosis-Wirkungs-Beziehung einem Lärmbeurteilungsmaß (in der Regel einem ↪ Dauerschallpegel) zugeordnet und damit über eine Lärmberechnung ermittelt werden. Der „Prozentsatz HA“ ist der in den ↪ Frankfurter Tagindex 2.0 einfließende Parameter zur Lärmwirkung.

Hochbetroffene

Das ↪ Expertengremium Aktiver Schallschutz hat zur besonderen Beurteilung der Entlastungswirkung von Maßnahmen für sehr stark von Lärm betroffene Personen jeweils für Tag und Nacht ein Gebiet definiert, das lärmbezogen als „hoch betroffen“ zu betrachten ist, bzw. in dem die dort lebenden Personen aufgrund der Lärmbelastung als Hochbetroffene anzusehen sind.

Am Tag sind dies Personen, die in Gebieten mit einem ↪ Dauerschallpegel von mindestens 60 dB(A) leben. In der Nacht zählen dazu alle Personen, die in Gebieten mit einem Dauerschallpegel von mindestens 50 dB(A) leben und/oder an deren Wohnort es mindestens sechsmal pro Nacht zu Überschreitungen von Maximalpegeln von mindestens 68 dB(A) kommt

Koordinierungsrat des FFR

Der ↪ Koordinierungsrat gestaltet die Arbeit des Forums Flughafen und Region (FFR). Zu seinen Aufgaben gehören an erster Stelle die Beratung und die abschließende Beschlussfassung über die Arbeiten des Forums Flughafen und Region und seiner Gremien. Den Vorsitz im Koordinierungsrat hat der dreiköpfige Vorstand des Forums Flughafen und Region.

Lärmwirkung

Körperliche oder psychische Reaktion eines Menschen auf Lärm. Dabei ist zu beachten, dass Menschen sehr unterschiedlich auf Lärm reagieren. Die hier angenommenen Lärmwirkungen basieren auf wissenschaftlichen Untersuchungen, in die eine Vielzahl von Studienteilnehmern einbezogen war; daraus wurden gemittelte Werte gebildet. Eine konkrete Person könnte empfindlicher oder weniger empfindlich reagieren.

Maximalschallpegel

Der „A-bewertete Maximalschallpegel“ $L_{A,max}$ ist der höchste während eines Einzellärmereignisses auftretende Wert des A-bewerteten Schalldruckpegels. Er ist der wichtigste Fluglärm beschreibende Parameter: Zusammen mit der Dauer des Lärmereignisses und der

Häufigkeit geht er in den „Äquivalenten ↪ Dauerschallpegel“ ein, auf dem der FTI 2.0 basiert. Zusammen mit der Häufigkeit von Fluglärmereignissen bestimmt er die Anzahl fluglärminduzierter ↪ Aufwachreaktionen, die als zur Bestimmung des FNI 2.0 heran gezogen werden.

Schallpegel

Wert L , der eine Schallfeld-Kenngröße (in der Regel Druck, Leistung oder Intensität) beschreibt. Schallpegel sind das logarithmierte Verhältnis einer solchen Größe zu einem Bezugswert (zum Beispiel dem Schalldruck an der Hörschwelle) und werden in Dezibel (dB) angegeben. Das menschliche Ohr kann einen Pegelbereich von 0 dB (Hörschwelle) bis etwa 120 dB (Schmerzschwelle) auflösen. Um dem Gehörempfinden angepasst zu sein, werden Schallpegel in der Regel frequenzbewertet. Bei Fluglärm wird in Deutschland die sogenannte A-Bewertung verwendet. Der A-bewertete Schalldruckpegel wird durch $L_{p,A}$ abgekürzt. Es ist gebräuchlich (aber nicht normenkonform), den A-bewerteten Schallpegel in dBA oder dB(A) auszudrücken.

NORAH-Studie

NORAH steht für „Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health“. In der NORAH-Studie wurden von 2011 bis 2015 die langfristigen Wirkungen von Verkehrslärm auf Gesundheit, Lebensqualität und die kindliche Entwicklung im Rhein-Main-Gebiet untersucht. Sie ist die umfangreichste Untersuchung zu den Auswirkungen von Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm, die es in Deutschland bisher gegeben hat.

Wirbelgenerator

Bei der parallelen Überströmung von Hohlräumen können darin Schwingungen angeregt werden – das heißt die Luft im Hohlraum bewegt sich periodisch auf und ab und erzeugt dabei einen Ton, der umso tiefer ist, je größer das Volumen des Hohlraumes ist. Solche Töne können sehr störend wirken. Das ist auch der Fall bei der Überströmung der Tankdruckausgleichsöffnungen im Flügel des Airbus A320. Stört man nun die Überströmung, so kann der Ton nicht mehr entstehen. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat sogenannte Wirbelgeneratoren entwickelt, die vor der Öffnung montiert werden und die Anströmung stören. Derartige Wirbelgeneratoren erzeugen zwar selbst Geräusche, die aufgrund der geringen Abmessungen durch die übrigen Umströmungsgeräusche am Flügel verdeckt werden.

Literaturhinweise

Basner, M., Samel, A., Isermann, U. (2006): Aircraft noise effects on sleep: application of the results of a large polysomnographic field study, *Journal of Acoustical Society of America*, 119(5,1), S. 2772-84

Fields, J. M., DeJong, R. G., Gjestland, T., Flindell, I. H., Job, R. F. S., Kurra, S., et al. (2001): Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: Research and a recommendation. *Journal of Sound and Vibration*, 242(4), S. 641-679.

Schreckenberg, D. und Meis, M. (2006). Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens. Gutachten im Auftrag des Regionalen Dialogforums Flughafen Frankfurt. Endbericht. Bochum, Oldenburg: AG Fluglärmwirkung.

Die 2015 vorgestellte NORAH-Studie im Internet:
laermstudie.de

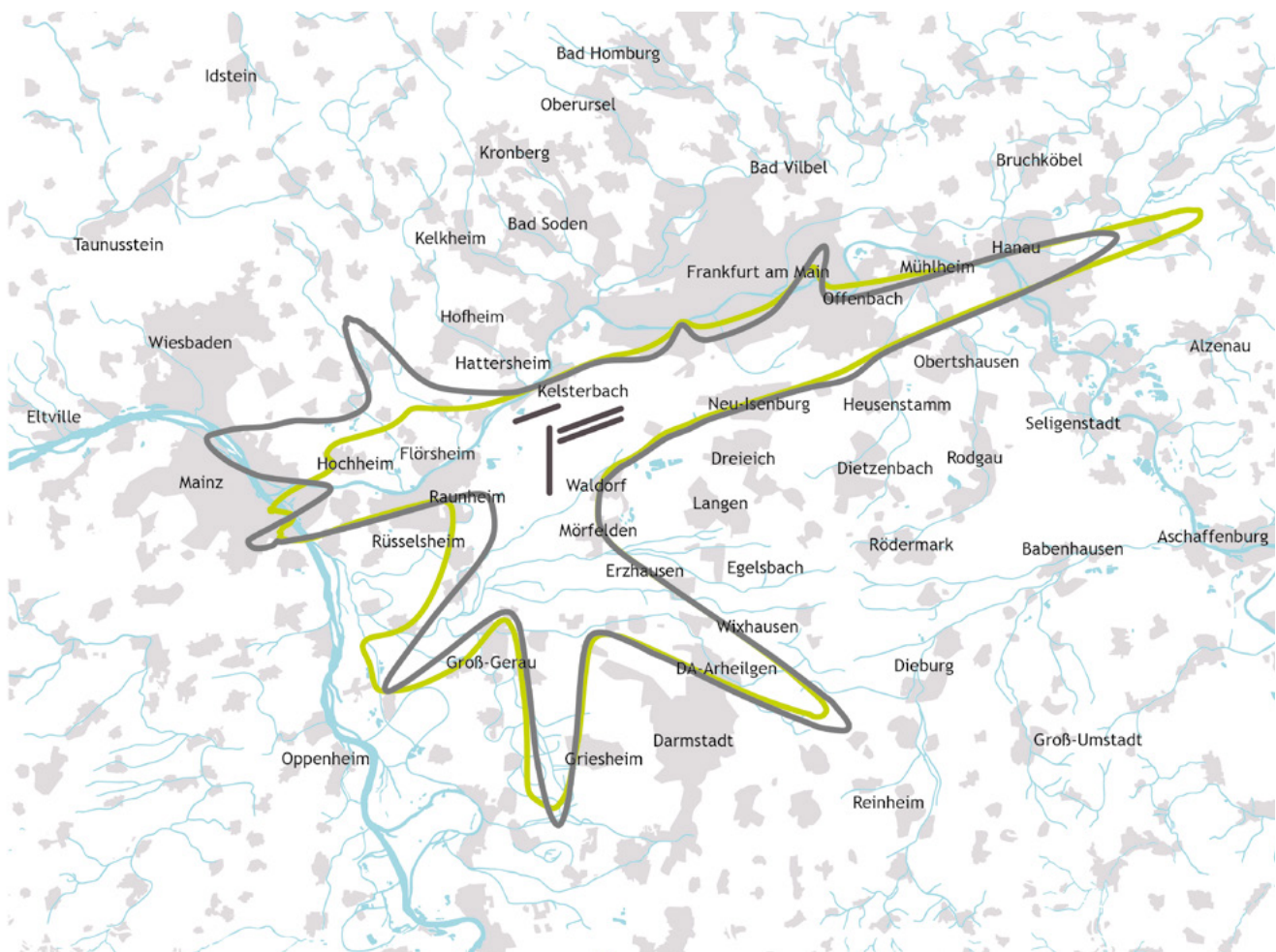
Anhang I – FFI 2.0 – Monitoring- & Maßnahmenindex in der Übersicht

		Tag	Nacht
Monitoringindex	Abgrenzung	60 dB(A), $L^*_{Aeq06-22}$ (Hochbetroffenengebiet) 55 dB(A), $L^*_{Aeq06-22}$ (Tagindexgebiet 1) 50 dB(A), $L^*_{Aeq06-22}$ (Tagindexgebiet 2) 48 dB(A), $L^*_{Aeq06-22}$ (erweitertes Kontrollgebiet)	50 dB(A), $L^*_{Aeq22-06}$ und NAT 6 x 68 dB(A) (Hochbetroffenengebiet) 45 dB(A), $L^*_{Aeq22-06}$ (Nachtindexgebiet) 43 dB(A), $L^*_{Aeq22-06}$ (erweitertes Kontrollgebiet)
	Dosis- Wirkungs- Beziehung	EW-Kurve NORAH 2013, nach IC BEN $\frac{e^{(-8,85699 + 0,17853 * L^*_{Aeq,16h})}}{1 + e^{(-8,85699 + 0,17853 * L^*_{Aeq,16h})}} * 100$	EW-Kurve NORAH 2012 $\%AW = -0,019082 * (L^*_{ASmax} - \Delta L) + 0,002443 * (L^*_{ASmax} - \Delta L)^2 - 2,012754.$ Dabei ist $\Delta L = 15$ dB wenn kein passiver Schallschutz berücksichtigt wird und $\Delta L = 30$ dB, wenn er berücksichtigt wird.
	Betriebs- richtungs- verteilung	Realverteilung, kein 3-Sigma	Realverteilung, kein 3-Sigma
	Bevölkerungs- daten	2017, Quelle: stat. Bundesamt & infas360	2017, Quelle: stat. Bundesamt & infas360
	Passiver Schallschutz	Keine Berücksichtigung	30 dB(A) Abzug von Maximalpegeln für alle Betroffenen im Nachtschutzgebiet 2001/2002; Im Lärmschutzbereich 2011 zur Zeit 30 dB (A) Abzug für 25 Prozent der Betroffenen
	Flugzeug- gruppen	Modifikation entsprechend LOG	Modifikation entsprechend LOG
	Daten- grundlage	OTSD-Routenbeschreibung 06-22 Uhr in der jeweils aktuellsten Fassung	OTSD-Routenbeschreibung 22-06 Uhr in der jeweils aktuellsten Fassung

		Tag	Nacht
Maßnahmenindex	Abgrenzung	Wie Monitoringindex	Wie Monitoringindex
	Dosis-Wirkungs-Beziehung	Wie Monitoringindex	Wie Monitoringindex
	Betriebsrichtungsverteilung	Standardisierte Betriebsrichtungsverteilung auf Basis der 12 Monate der letzten 10 Jahre, 2009 bis 2018 (AG Monitoring entscheidet über Aktualisierungen bei späteren Maßnahmenprüfungen), kein 3-Sigma	Standardisierte Betriebsrichtungsverteilung auf Basis der 12 Monate der letzten 10 Jahre, 2009 bis 2018 (AG Monitoring entscheidet über Aktualisierungen bei späteren Maßnahmenprüfungen), kein 3-Sigma
	Bevölkerungsdaten	Aktualisierung alle 2 Jahre in geraden Jahren, Quelle: stat. Bundesamt & infas360	Aktualisierung alle 2 Jahre in geraden Jahren, Quelle: stat. Bundesamt & infas360
	Passiver Schallschutz	<i>Keine Berücksichtigung</i>	<i>Keine Berücksichtigung</i>
	Flugzeuggruppen	Modifikation entsprechend LOG	Modifikation entsprechend LOG
	Datengrundlage	OTSD-Routenbeschreibung 06 - 22 Uhr in der jeweils aktuellsten Fassung	OTSD-Routenbeschreibung 22 - 06 Uhr in der jeweils aktuellsten Fassung
Darstellung der Indizes	Die Darstellung der Indizes erfolgt in Indexpunkten. Die Indexpunkte werden jeweils mit folgender Fußnote versehen:		
		<ul style="list-style-type: none"> ➔ FTI 2.0: „Rechnerisch ermittelte „Highly Annoyed“ (HA) innerhalb des genannten Abgrenzungsgebiets. ➔ Ein Indexpunkt (IP) steht hier für [1 % der Summe des Referenzjahres] HA und ist als Vergleichswert anzusehen.“ 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ FNI 2.0: „Rechnerisch ermittelte „Aufwachreaktionen“ (AWR) innerhalb des genannten Abgrenzungsgebiets. ➔ Ein Indexpunkt (IP) steht hier für [1 % der Summe des Referenzjahres] AWR und ist als Vergleichswert anzusehen.“

Anhang II — Beispielhafte Darstellung von Betrachtungsgebieten des FFI 2.0

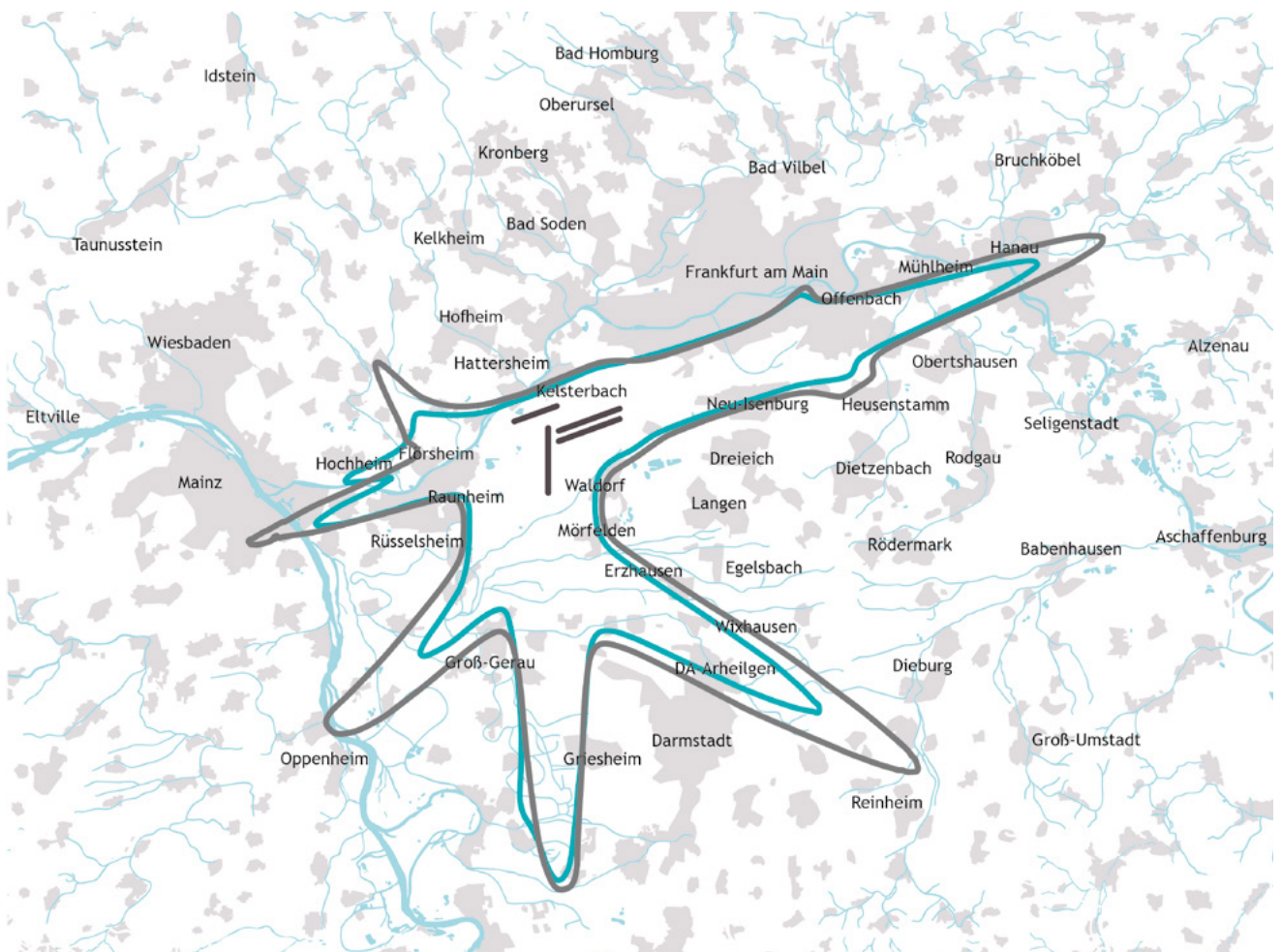
Abbildung 3
Tagindexgebiet 2 ($L^*_{Aeq,06-22} \geq 50 \text{ dB(A)}$) - 2007 & 2017
im Vergleich



□ Frankfurter Tagindexgebiet (FTI) 2007

□ Frankfurter Tagindexgebiet (FTI) 2017

Abbildung 4
 Nachtindexgebiet ($L^*_{Aeq,22-06} \geq 45 \text{ dB(A)}$) - 2007 & 2017
 im Vergleich



□ Frankfurter Nachtindexgebiet (FNI) 2007

□ Frankfurter Nachtindexgebiet (FNI) 2017

