

Wirkungs- und ereignisbezogene Kriterien zur Definition von Nachtschutzzonen an Flughäfen

Dirk Schreckenber¹, Bettina Brohmann², Christoph Brunn², Julia Kuhlmann¹, Manfred Liepert³, Silvia Schütte²

¹ ZEUS GmbH, 58093 Hagen, E-Mail: schreckenber@zeusgmbh.de, kuhlmann@zeusgmbh.de

² Öko-Institut e.V., 64295 Darmstadt, E-Mail: b.brohmann@oeko.de, c.brunn@oeko.de, s.schuette@oeko.de

³ Möhler + Partner Ingenieure AG, 86153 Augsburg, E-Mail: manfred.liepert@mopa.de

Einleitung

Nächtlicher Fluglärm ist mit stressbedingter Gesundheitsbeeinträchtigung assoziiert, u.a. mit Herz-Kreislauf- und psychischen Erkrankungsrisiken. Deshalb, und aufgrund der regenerativen und leistungsfähigkeitserhaltenden Funktion des Schlafs ist der Bevölkerungsschutz vor nächtlichem Fluglärm besonders bedeutend.

Das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm definiert Lärmschutzbereiche an zivilen sowie militärischen Flugplätzen für den Tag und die Nacht. An seit 2011 neuen oder wesentlich erweiterten (bzw. bestehenden) zivilen Flugplätzen lauten die Abgrenzungswerte für die Nachtschutzzone $L_{Aeq,Nacht,au\ddot{a}u\ddot{e}n} = 50$ dB(A) (bzw. 55 dB(A)) und $L_{Amax,innen} = 6 * 53$ dB(A) (bzw. $6 * 57$ dB(A)). Das hier genannte Häufigkeits-Maximalpegelkriterium ist ein ereignisbezogenes Maß. Daneben haben sich an einzelnen deutschen Flughäfen andere ereignisbezogene Kriterien zur Abgrenzung von Nacht-Schutzzonen (Leipzig/Halle) oder zum Lärmmonitoring bzw. zur Planung aktiver Lärminderungsmaßnahmen (Frankfurt/Main) etabliert.

Das Umweltbundesamt hat ein Vorhaben beauftragt, dessen Ziel die Analyse vorhandener Beurteilungsverfahren zum nächtlichen Fluglärm an Flughäfen ist. Insbesondere ereignisbezogene Kenngrößen sollen hinsichtlich ihrer Eignung zur wirkungsgerechten Definition eines Nachtschutzgebiets und als Auslösekriterium für eine Schallschutzmaßnahmenregelung betrachtet werden. Die Bewertung der Abgrenzungskriterien erfolgt nach aktuellem Stand der Lärmwirkungsforschung, unterstützt durch Befragungen zur Fluglärmwirkung unter Akteur:innen sowie Anwohnenden und der Re-Analyse von Lärmwirkungsdaten der NORAH-Studie.

Das Forschungsvorhaben ist zum Zeitpunkt dieser Veröffentlichung noch nicht abgeschlossen. In diesem Beitrag wird das Konzept der Studie, Ergebnisse der bisher stattgefundenen Arbeiten und die vorgesehenen weiteren Schritte dargestellt.

Forschungsfrage und Aufgabenstellung

Ausgangspunkt ist die Frage, ob im Sinne der Auswahlgerechtigkeit einzelne Modelle für die Abgrenzung der Nachtschutzzone bei gleichem Finanzvolumen besser geeignet sind, Betroffene im Umfeld eines Flughafens mit Nachtflugbetrieb für die Einbeziehung in eine Nachtschutzzone auszuwählen, für die dies unter Wirkungsaspekten besser begründet ist als bei anderen Modellen. Ein besonderer Fokus soll hierbei auf einzelereignisbezogene Kenngrößen zur Abgrenzung

eines Nachtschutzgebiets gelegt werden. Entsprechend beinhaltet das Forschungsvorhaben die folgenden Aufgaben: (1) Identifikation und Auswahl von Abgrenzungskriterien, insbesondere solcher, die auf einzelereignisbezogenen Kenngrößen beruhen. (2) Auswahl von drei Flughäfen, an denen jeweils unterschiedliche einzelereignisbezogene Kenngrößen angewendet werden. Dabei geht es nicht darum, dass es sich um eine Schutzgebietsdefinition im Sinne des Fluglärmschutzgesetzes (FluLärmG) handelt, mit dem Ziel der Beschränkung von Wohnungserrichtungen zum Schutz der Bevölkerung sowie der Definition eines Rechtsanspruchs auf Erstattung der Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen. Die identifizierten Kenngrößen können auch zur Abgrenzung von Betrachtungsgebieten für andere Zwecke, wie einem Lärmmonitoring oder einem Maßnahmenranking, entwickelt worden sein. (3) Prüfung der Kriterien und deren Eignung im Sinne der Auswahlgerechtigkeit als Auslösekriterium für die Festlegung von baulichen Schallschutzmaßnahmen an Wohngebäuden.

Warum ein ereignisbezogenes Kriterium zur Bewertung des Nachtfluglärms?

Nächtlicher Fluglärm ist mit stressbedingter Gesundheitsbeeinträchtigung assoziiert [1], vor allem, da es kaum möglich ist, sich nachts während des Schlafs einer an das Ohr gelangende Geräuschbelastung bewusst zu entziehen. Deshalb, und weil der Schlaf allein für seine regenerative Funktion schützenswert ist, ist der Schutz der Bevölkerung vor gesundheitsbeeinträchtigenden nächtlichen Fluglärm von besonderer Bedeutung. Vier Stufen der Wirkung des nächtlichen Fluglärms lassen sich nach [2] unterscheiden: (1) Akute Reaktionen, die eine unmittelbare, direkte Störung durch ein Geräuschereignis beinhalten; (2) Lärmeffekte über einen ganzen Nachtzeitraum, die eine Aggregation akuter Reaktionen innerhalb einer Nacht darstellen; (3) Nacheffekte am darauffolgenden Tag, die aus den Lärmwirkungen von (1) und (2) resultieren und (4) chronische Effekte, die als Langzeitfolgen von (1) bis (3) auftreten können.

Zu den akuten Reaktionen der Störung durch ein Geräusch während des nächtlichen Schlafs zählen physiologische Aufwachreaktionen (AWR) und oft damit einhergehende Herzfrequenzbeschleunigungen oder Übergänge vom Tiefschlaf in den Leichtschlaf [3]. Die Lärmexposition, die zu diesen AWR führt, lässt sich durch den Nachtdauerschallpegel $L_{Aeq,Nacht}$ kaum beschreiben, da sehr verschiedene Geräuschsituationen unterschiedlicher Anzahl zum gleichen $L_{Aeq,Nacht}$ führen [4]. Entsprechend liegen in der Lärmwirkungsforschung in Bezug

auf die lärmbedingten Störungen des Schlafs Expositions-Wirkungsbeziehungen vor, bei denen die Wahrscheinlichkeit lärmbedingter *AWR* zu ereignisbezogenen Maximalpegeln in Beziehung gesetzt werden (für Fluglärm u.a.: [3]). Der $L_{Aeq,Nacht}$ eignet sich hingegen eher für eine summarische Bewertung der Lärmwirkungen während der Nacht und korreliert deshalb entsprechend etwa in einem Maße mit selbstberichteten Schlafstörungen, wie es der $L_{Aeq,Tag}$ oder ein auf 24 Stunden bezogener gewichteter bzw. ungewichteter Gesamttages-Dauerschallpegel mit der Lärmbelastigung tut.

Im FluLärmG ist die Nacht-Schutzzone für zivile Flugplätze durch die Abgrenzungskriterien $L_{Aeq,Nacht,außen} = 50$ dB(A) und $L_{Amax,innen} = 6 * 53$ dB(A) für seit 2011 neue oder wesentlich baulich erweiterte zivile Flugplätze und $L_{Aeq,Nacht,außen} = 55$ dB(A) und $L_{Amax,innen} = 6 * 57$ dB(A) für bestehende zivile Flugplätze definiert. Dabei stellt das Häufigkeits-Maximalpegelkriterium $6 * 53$ dB(A) bzw. 57 dB(A) ein einzelereignisbezogenes Maß dar, auch bezeichnet als *NAT*-Kriterium (*NAT* = *Number Above Threshold*). Die Nacht-Schutzzone liegt innerhalb des Gebietes, das durch die Umhüllenden der Kontur des $L_{Aeq,Nacht}$ und des $NAT_{53,Nacht}$ bzw. $NAT_{57,Nacht}$ begrenzt wird.

NAT-Werte haben in Bezug auf eine wirkungsbezogene Beschreibung der Lärmexposition allerdings den Nachteil, dass aus ihnen die Anzahl der einen bestimmten Maximalpegelwert überschreitenden Ereignisse hervorgeht, aber nicht, um wieviel Dezibel diese Ereignisse über dem Maximalpegelschwellenwert liegen. Im Hinblick auf lärmbedingte *AWR* aber dürfte es einen Unterschied machen, ob eine schlafende Person mit Maximalpegelwerten von zum Beispiel $6 * 55$ dB oder $6 * 80$ dB oder $6 * 100$ dB überflogen wird. Zwar begrenzt das $L_{Aeq,Nacht}$ -Kriterium die möglichen Häufigkeits-Maximalpegelkombinationen, dennoch bleibt, dass die gleichen *NAT*-Werte zu sehr unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten von *AWR* führen können. Außerdem finden Fluggeräusche, die Maximalpegel unterhalb des *NAT*-Kriteriums generieren, keine Berücksichtigung, obwohl sie dennoch Schlafstörungen hervorrufen können.

Ein anderes ereignisbezogenes Kriterium ist die Anzahl der zusätzlichen, fluglärmassoziierten *AWR*. Grundlagen hierfür sind eine Expositions-Wirkungsfunktion zur mittleren Wahrscheinlichkeit einer physiologischen *AWR* durch den Maximalpegel eines Fluglärmereignisses und die Maximalpegel- und Bevölkerungsverteilung in der Flughafenregion. Das Schutzgebiet umfasst dann solche Wohngebiete in der Flughafenregion, innerhalb der im Mittel mit einer zur Abgrenzung festgelegten Mindestanzahl zusätzlich durch Fluglärm hervorgerufenen *AWR* zu rechnen ist [5].

Vorgehen in vier Arbeitspaketen

Das Forschungsvorhaben wird in vier Arbeitspaketen (AP) durchgeführt:

AP 1: Zunächst werden in Flughafenregionen implementierte Abgrenzungskriterien für Nachtschutzgebiete recherchiert und für die weitere Untersuchung ausgewählt. Dazu gehört eine Internetrecherche zu den an deutschen Flughäfen implementierten Nachtflug- und Nachtschutzregelungen und hierbei verwendeten Abgrenzungskriterien. Ergänzt wird die

Recherche um eine Analyse der wissenschaftlichen Fachliteratur zu ereignisbezogenen Kriterien, die für die Definition von Nacht-Schutzzonen, ob im Sinne des FluLärmG oder für andere Zwecke (Lärmmonitoring, Maßnahmenranking), verwendet werden bzw. verwendbar sind.

AP 2: Basierend auf den Rechercheergebnissen in AP 1 wird eine für eine vergleichende Betrachtung geeignete Auswahl von drei Flughäfen getroffen und die Immissionsituation bezüglich der ausgewählten Kenngrößen bestimmt.

AP 3: An den ausgewählten drei Flughafenstandorten finden Befragungen von Anwohnenden in Untersuchungsgebieten zum Nachtflug und seinen Wirkungen, zur Wohnzufriedenheit und zu passiven Schallschutzmaßnahmen statt. Die Befragungsdaten werden mit den adressgenau berechneten Ausprägungen der untersuchten Abgrenzungskriterien zusammengefügt und Expositions-Wirkungsanalysen zugeführt. Ergänzt wird dies durch qualitative Befragungen von Akteur:innen an den untersuchten Flughafenstandorten sowie überregional.

AP 4: Im vierten Arbeitspaket werden die Resultate zusammengetragen, die Kriterien in Bezug auf ihre Auswahlgerechtigkeit hin bewertet und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

AP 1: Abgrenzungskriterien für Nachtschutzgebiete

Die Recherchen in AP 1 gliedern sich in zwei Aspekte: (1) Recherche von freiwilligen und gesetzlich erforderlichen Schallschutzprogrammen an deutschen Flughäfen, verwendete Abgrenzungskriterien für Nachtschutzgebiete und Betrachtungsgebiete für ein Monitoring bzw. eine Maßnahmenbewertung zum nächtlichen Fluglärm und (2) die Recherche und Auswertung nationaler und internationaler Fachliteratur zu – für die Abgrenzung von Nachtschutzgebieten geeignete – ereignisbezogenen Kriterien. Die Rechercheergebnisse dienen der Auswahl von Flughafenstandorten sowie der in AP 2 und AP 3 zu untersuchende Abgrenzungskriterien.

Eine Übersicht über zeitliche Nachtflugbeschränkungen an verschiedenen Flughäfen in Deutschland zeigt Abbildung 1. Für das Vorhaben sind nicht alle Flughäfen gleichermaßen relevant, da die Recherche insbesondere auch Grundlage der Standortauswahl in AP 2 sein soll. Es wurden daher solche Flughafenstandorte in die Recherche einbezogen, die zum einen über Nachtflugbewegungen verfügen und die hinsichtlich ihrer Größe vergleichbar erscheinen, um deren Nachtschutzkriterien im Anschluss vergleichend darstellen zu können.

Bis auf zwei Ausnahmen sind Nachtschutzgebiete an deutschen Flughäfen nach den FluLärmG-Kriterien definiert. Eine Ausnahme betrifft den Verkehrsflughafen Leipzig/Halle. Dort wird seit dem Planfeststellungsbeschluss 2004, zum Ausbau des Flughafens, neben dem *NAT*-Kriterium $1 * 80$ dB, ein auf die Zahl von *AWR* basierendes Abgrenzungskriterium angewandt ($AWR \geq 1$). Mit diesem *AWR*-Kriterium wird eine Kontur definiert, die ein Gebiet einschließt, in dem eine oder mehr zusätzliche fluglärmbedingte *AWR* auftreten. Die Zahl der *AWR* wird hierbei auf Basis einer Expositions-Wirkungsfunktion der DLR-Nachtfluglärmstudie am Köln/Bonner Flughafen errechnet [5].

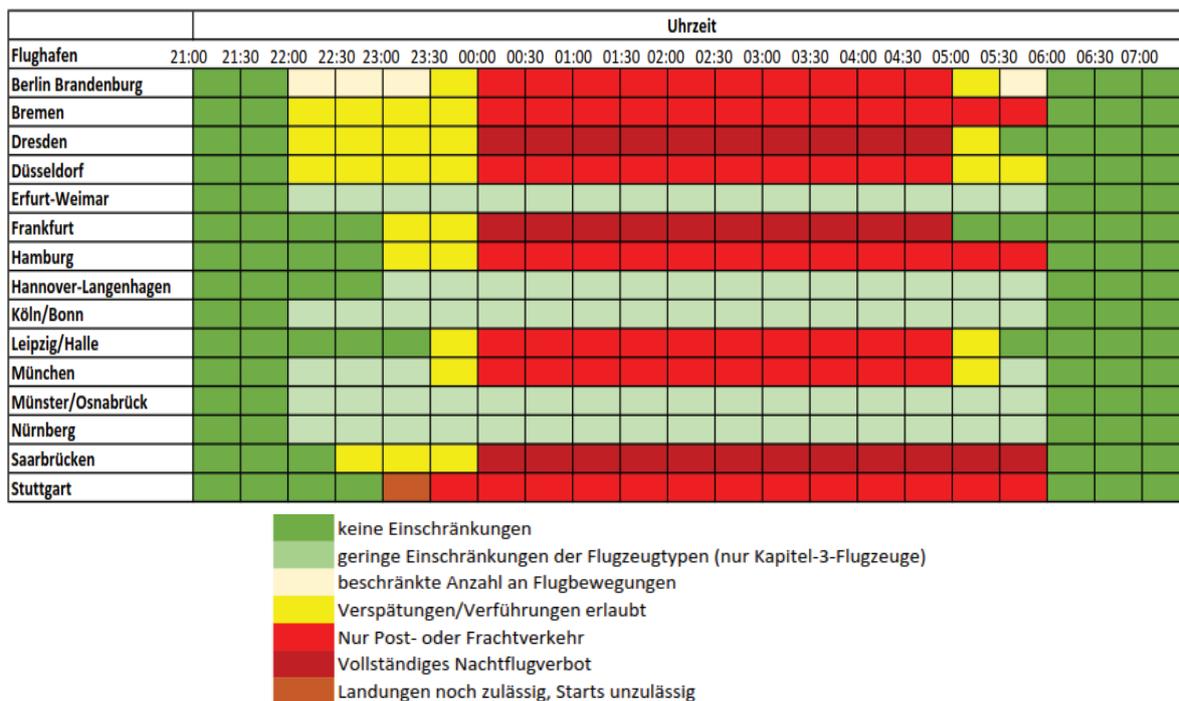


Abbildung 1: Übersicht über zeitliche Nachtflugbeschränkungen an verschiedenen Flughäfen in Deutschland.

Die zweite Ausnahme betrifft den Flughafen Frankfurt/Main. Hier wird zusätzlich der Frankfurter Nachtindex (FNI) berechnet, dessen Ergebnis (sog. Indexpunkte) auf der berechneten Zahl der AWR beruht. Bis 2018 diente die Zahl der AWR neben einer akustischen Abgrenzung (Hochbetreffenegebiet) zur Gebietsabgrenzung (Nachtindexgebiet; Gebiet, in dem die Wahrscheinlichkeit einer fluglärminduzierten AWR 75 % oder mehr beträgt) [6]. Die Expositions-Wirkungsbeziehung beruhte, wie auch am Flughafen Leipzig/Halle, auf der DLR-Nachtfluglärmstudie am Flughafen Köln/Bonn [3].

In der Literaturanalyse wurde der Wissensstand der Lärmwirkungsforschung zur Frage recherchiert, ob es weitere Evidenz und Hinweise auf – insbesondere ereignisbezogene – Kenngrößen bzw. Kombinationen von Kenngrößen gibt, die als wirkungsrelevantes Abgrenzungskriterium für ein Nacht-schutzgebiet an einem Flughafenstandort geeignet sind. Die Recherche ergab im Wesentlichen, dass Wirkungen des nächtlichen Fluglärms (Schlafstörungen, Erkrankungsrisiken) vor allem mit folgenden Kenngrößen in Beziehung gesetzt werden: Mit dem nächtlichen Dauerschallpegel (L_{night} , $L_{Aeq,Nacht}$), mit einem mittleren Maximalpegel, NAT-Kriterien sowie spezifische Indikatoren wie dem Intermittency Ratio (IR), dass die Ereignishaftigkeit eine Lärmexposition unabhängig vom L_{Aeq} beschreibt.

Alles in allem wurden im Rahmen von AP 1 die in Tabelle 1 dargestellten drei Abgrenzungskriterien für die weiteren Schritte der Untersuchung ausgewählt.

Tabelle 1: Untersuchte Kriterien für eine Nachtschutzgebietsabgrenzung an Flughäfen

Kenngröße	Bestehende zivile Flugplätze	Neue oder wesentlich baulich erweiterte zivile Flugplätze	Quelle / Standort
$L_{Aeq,Nacht}$	55 dB(A)	50 dB(A)	FluLärmG/ u.a. Köln/ Bonn
L_{Amax}	6 * 57 dB(A) (innen)	6 * 53 dB(A) (innen)	
AWR		≥ 1	Leipzig/ Halle
$L_{AMax, außen}$		1 * 80 dB(A)	
AWR		$\geq 0,75$	Frankfurt a.M. (FNI)

AWR = zusätzlich, fluglärminduzierte Aufwachreaktion

AP 2: Standortwahl und Immissionsermittlung

Für die Auswahl der zu untersuchenden Flughafenstandorte wurden die folgenden Kriterien festgelegt:

- Vorhandensein einzelereignisbezogener Kriterien für die Abgrenzung von Schutzgebieten nachts (Kriterien nach FluLärmG und Kriterien für andere Zwecke).
- Vorhandensein einer relevanten Fluglärmbelastung innerhalb des Nachtzeitraums (22-06 Uhr).
- Vergleichbarkeit oder bewusste Unterschiedlichkeit der Auswahl hinsichtlich der zeitlichen Dichte der Flüge, der möglichen zeitlichen Ausdehnung der Nachtruhe bzw. der Art der Flüge (Passagier-/Frachtflüge) – je nachdem, welche ereignisbezogenen Kriterien verglichen werden.

Ausgewählt wurden schließlich die Flughafenstandorte Frankfurt/Main, Köln/Bonn, Leipzig/Halle. An jedem dieser

Flughäfen werden Nachtschutzgebiete nach allen drei ausgewählten Kriterien berechnet. Für jede Adresse der in AP 3 befragten Anwohnenden wird der erreichte Wert für jedes Kriterium ($L_{Aeq,Nacht}$, $L_{Amax,außen}$, AWR für eine durchschnittliche Nacht einer Person) bestimmt.

AP 3: Befragungen an ausgewählten Flughäfen

An den Untersuchungsflughäfen sowie überregional werden mittels eines halbstandardisierten Fragebogens verschiedene Akteur:innen befragt. Als Akteur:innen werden befragt: Immissionsschutz-/Genehmigungsbehörden, Flughafen-, Luftverkehrsgesellschaften; Fluglärmschutzkommissionen, Fluglärmschutzinitiativen, kommunale und Landesvertreter, Beteiligte in Dialogforen und einschlägige Arbeitskreise. Es sind 5 – 10 Befragungen pro Flughafenstandort vorgesehen. Die Inhalte umfassen Meinungen und Erfahrungen zu ereignisbezogenen Kenngrößen zur Abgrenzung von Nachtschutzgebieten und Hinweise zu etwaigen Schallschutzprogrammen.

An den Flughäfen Leipzig/Halle und Köln/Bonn werden in Wohngebieten, in denen eine oder mehrere der drei Abgrenzungskriterien erfüllt sind, Anwohnende befragt, die per Zufall aus dem örtlichen Melderegister gezogen und in einem persönlichen Schreiben kontaktiert und zur Befragungsteilnahme eingeladen wurden. Die Befragung findet wahlweise schriftlich-postalisch oder online statt. Es sind 100 auswertungsfähige Fragebögen pro Flughafen vorgesehen. Die Inhalte umfassen Angaben zu Wohnbedingungen, -zufriedenheit, Ortsbindung, Fluglärmelastigung nachts (Intensität, Aspekte, Bewältigung), Störungen nachts (psycho-vegetativ, Schlafqualität), baulichen Schallschutz (Anspruch, Inanspruchnahme, Zufriedenheit), Einstellungen zur Quelle, zu Verantwortlichen, zur prozeduralen Fairness v. Entscheidungsprozessen, Lärmempfindlichkeit und Soziodemographie.

Am Flughafen Frankfurt/Main wird auf eine Befragung verzichtet, da hier bestehende vergleichbare Befragungsdaten zur Fluglärmwirkung aus der NORAH-Studie in deutlich höherem Umfang ($N = 9.244$) als 100 Personen zur Verfügung stehen. Die Befragung fand 2011, vor Einführung des Nachtflugverbots und Eröffnung der Landebahn Nordwest, statt.

Die Befragungsdaten werden mit den pro Adresse berechneten Werten für die Kriterien L_{Aeq} , L_{Amax} und AWR verknüpft und Zusammenhänge zwischen diesen Werten und den Befragungsangaben analysiert. Dabei wird geprüft, welche für die Abgrenzung von Nachtschutzkriterien untersuchten Kenngrößen am stärksten mit den berichteten Wirkungen des nächtlichen Fluglärms und mit den Bewertungen des passiven Schallschutzes zusammenhängen.

AP 4: Ableitung von Handlungsempfehlungen

Die Ergebnisse der Recherchen zu den genutzten Kriterien zum Schutz vor nächtlichem Fluglärm sowie der Befragungen und akustischen Berechnungen werden zusammengeführt und im Hinblick auf Auswahlgerechtigkeit bewertet. Bewertungsleitend sind die Erkenntnisse zu Vor- und Nachteilen der verschiedenen Abgrenzungskriterien, dem Abgleich dieser Erkenntnisse mit den Befragungsangaben, einer Prüfung

der Sensibilität der Kriterien für die Wirkung nächtlichen Fluglärms und der mit den Kriterien verknüpften Ansprüchen.

Danksagung

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. Mathias Basner, Basner Research Consulting LLC, für die wissenschaftliche Beratung. Dem Umweltbundesamt sei für die Beauftragung und Finanzierung des Forschungsvorhabens unter der Forschungskennziffer FKZ 3720561020 gedankt.

Literatur

- [1] Guski, R., Basner, M. & Brink, M.: Gesundheitliche Auswirkungen nächtlichen Fluglärms: aktueller Wissensstand (Literaturauswertung). Schlussbericht im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Fakultät für Psychologie der Ruhr-Universität Bochum, 2012
- [2] Porter, N.D., Kershaw, A.D. & Ollerhead, J.B.: Adverse effects of night-time aircraft noise. R&D report 9964. Civil Aviation Authority, London/UK, 2000
- [3] Basner M., H. Buess, D. Elmenhorst, A. Gerlich, N. Luks, H. Maaß, L. Mawet, E.W. Müller, U. Müller, G. Plath, J. Quehl, A. Samel, M. Schulze, M. Vejvoda, J. Wenzel, U. Nachtfluglärmwirkungen (Band 1): Zusammenfassung. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln
- [4] Basner, M., Müller, U., Griefahn, B. Practical guidance for risk assessment of traffic noise effects on sleep, *Applied Acoustics* 71 (2010), 518-22
- [5] Basner, M., Isermann, U. & Samel, A.: Die Umsetzung der DLR-Studie in einer lärm-medizinischen Beurteilung für ein Nachtschutzkonzept. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 52 (2005), 109-123
- [6] Expertengremium Aktiver Schallschutz des Forums Flughafen und Region Frankfurt: Erstes Maßnahmenpaket Aktiver Schallschutz am Flughafen Frankfurt/Main. Forum Flughafen & Region / Gemeinnützige Umwelthaus GmbH, Rüsselsheim, 2010
- [7] Schreckenberger, D., Faulbaum, F., Guski, R., Ninke, L., Peschel, C., Spilski, J. & Wothge, J.: Wirkungen von Verkehrslärm auf die Belästigung und Lebensqualität. In Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hg.), NORAH: Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld (Bd. 3). Umwelthaus gGmbH, Kelsterbach, 2015. URL: https://www.norah-studie.de//de/publikationen.html?file=files/norah-studie.de/Downloads/NORAH_Bd3_M1_Endbericht_151031.pdf