

TEXTE

56/2017

# Fluglärmbericht 2017 des Umweltbundesamtes



TEXTE 56/2017

**Fluglärmbericht 2017  
des Umweltbundesamtes**

# Impressum

**Herausgeber:**

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
info@umweltbundesamt.de  
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

**Durchführung der Studie:**

Umweltbundesamt  
Fachgebiet I 3.3 Lärminderung im Verkehr  
Fachgebiet I 3.4 Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen

**Abschlussdatum:**

Mai 2017

**Redaktion:**

Fachgebiet I 3.3 Lärminderung im Verkehr  
Dr. René Weinandy  
Fachgebiet I 3.4 Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen  
Thomas Myck

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Juli 2017

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	11
1 Einleitung.....	13
1.1 Thematische Einführung.....	13
1.2 Gesetzlicher Auftrag und Fokus der Evaluation FluLärmG.....	13
1.3 Erweiterter Fokus des Fluglärmberichtes 2017.....	14
1.4 Vorbereitende Forschungsvorhaben des UBA.....	15
1.5 Entstehungsgeschichte des Gesetzes / Novelle 2007.....	16
1.6 Grundzüge des FluLärmG.....	17
2 Methodik.....	20
3 Darstellung und Bewertung der rechtlichen Rahmenbedingungen.....	21
3.1 Überblick über den rechtlichen Rahmen des FluLärmG und der Fluglärmenschutzverordnungen.....	21
3.2 Das Luftverkehrsgesetz nach der Novellierung 2007.....	22
3.2.1 Die fachplanerische Abwägung und ihre Defizite.....	22
3.2.2 Gestaltungsmöglichkeiten bei der Festsetzung von Flugverfahren.....	23
3.3 Zwischenfazit.....	23
4 Vollzug des Fluglärmgesetzes.....	25
4.1 Festsetzung von Lärmschutzbereichen.....	25
4.2 Umsetzung der 2. Fluglärmenschutzverordnung.....	33
4.3 Umsetzung der 3. Fluglärmenschutzverordnung.....	36
4.4 Beurteilung der Kosten.....	36
4.5 Zwischenfazit.....	37
5 Lärmwirkungsforschung.....	38
5.1 Der aktuelle Stand der Lärmwirkungsforschung.....	38
5.1.1 Darstellung der Wirkungen von Fluglärm auf die Gesundheit und Lebensqualität.....	38
5.1.1.1 Belästigung.....	38
5.1.1.2 Herz-Kreislauf-Erkrankungen.....	40
5.1.1.3 Schlafstörungen.....	43
5.1.1.4 Kognitive Entwicklung von Kindern.....	45
5.1.1.5 Weitere Gesundheitswirkungen.....	46
5.1.2 Erkenntnisse zum Fluglärm von militärischen Flugplätzen.....	46

5.2	Einordnung/Bewertung.....	47
5.2.1	Handlungsempfehlungen .....	50
6	Luftfahrttechnik .....	52
6.1	Lärminderung bei Strahlverkehrsflugzeugen.....	52
6.1.1	Lärminderungspotentiale bei Strahltriebwerken .....	52
6.1.2	Minderung des Umströmungslärms.....	54
6.2	Lärminderung bei Propellerflugzeugen und Hubschraubern.....	55
6.3	Entwicklung der Geräuschemissionen von Luftfahrzeugen .....	56
6.4	Flugbetriebstechnik.....	58
6.4.1	Lärminderungspotenzial neuer Flugverfahren.....	58
6.4.2	Lärmoptimierte Nutzung des Bahnsystems.....	59
6.5	Auswirkungen auf das Regelwerk zur Bestimmung der LSB .....	60
6.6	Zwischenfazit.....	62
7	Entwicklung der Fluglärmbelastung in Deutschland .....	64
8	Akteursbefragung im Rahmen von WERESFLU.....	67
8.1	Zielstellung und Verfahren.....	67
8.2	Ergebnisse der Akteursbefragung .....	68
8.2.1	Vorbemerkung zu den Ergebnissen .....	68
8.2.2	Rückmeldungen zur Festsetzung der LSB .....	68
8.2.3	Rückmeldungen zum passiven Schallschutz .....	69
8.2.4	Rückmeldungen zur Außenwohnbereichsentschädigung .....	70
8.2.5	Rückmeldungen zur übergeordneten Bewertung der Fluglärmenschutzregelungen .....	71
8.3	Zwischenfazit.....	71
9	UBA-Strategie zur Lärminderung im Luftverkehr .....	73
9.1	Handlungsfelder des Fluglärm Schutzes.....	73
9.2	Vorschläge zur Verbesserung und Fortentwicklung des FluLärmG – Stufe 1 .....	73
9.3	Vorschläge zur Verbesserung und Fortentwicklung des FluLärmG – Stufe 2 .....	74
9.3.1	Siedlungssteuerung/Bauverbote .....	74
9.3.2	Anforderungen an passiven baulichen Schallschutz /Erstattungsregeln .....	76
9.4	Wirkung des FluLärmG bezüglich rechtlicher Querbeziehungen.....	81
9.5	Potentiale und Grenzen des Fluglärmgesetzes .....	83
9.6	Aktiver Lärmschutz.....	84
9.6.1	Maßnahmen des aktiven Fluglärm Schutzes .....	84
9.6.2	Möglichkeiten und Grenzen der bottom-up-Anwendung von aktiven Maßnahmen .....	86
9.6.3	Lärmkontingentierung.....	87

9.6.4	Zwischenfazit .....	89
10	Fazit und Handlungsempfehlungen .....	90
11	Quellenverzeichnis.....	93

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lärmschutzbereich für den Verkehrsflughafen Leipzig/Halle (112) .....	26
Abbildung 2: Übersicht über die Festsetzung von Lärmschutzbereichen nach dem novellierten Fluglärmgesetz .....	32
Abbildung 3 Expositions-Wirkungszusammenhang des $L_{DEN}$ Fluglärm und dem Anteil hoch belastigter Personen (aus Meta-Analyse für die Überarbeitung der WHO Richtlinien) .....	40
Abbildung 4 Wirkungsschema zum lärmbedingten Risiko von Herz-Kreislauf- Erkrankungen (aus (94)) .....	41
Abbildung 5 Entwicklung der Geräuschemissionen von Verkehrsflugzeugen (55) .....	57



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung der Lärmschutzbereiche nach dem novellierten Fluglärmgesetz (Stand: 30.04.2017) .....	27
Tabelle 2 Stand der Umsetzung der 2. FlugLSV aufgrund von Rückmeldungen aus den Bundesländern (Stand: März 2017) nach (111) sowie (9) .....	34
Tabelle 3 Wirkungen von nächtlichen Dauerschallpegeln nach (95) .....	44
Tabelle 4 Entwicklung der Geräuschemissionen des Airbus A320 (49); (55) .....	54
Tabelle 5 Entwicklung der Betroffenenzahlen an Großflughäfen in Deutschland in den Jahren 2007 und 2012 nach EU-Umgebungslärmrichtlinie .....	65

## Abkürzungsverzeichnis

<b>1. FlugLSV</b>	Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen)
<b>2. FlugLSV</b>	Zweite Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Flugplatz-Schallschutzmaßnahmenverordnung)
<b>3. FlugLSV</b>	Dritte Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Fluglärm-Außenwohnbereichsentschädigungs-Verordnung)
<b>ADF</b>	Arbeitsgemeinschaft Deutscher Fluglärmkommissionen
<b>ADV</b>	Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen
<b>ALD</b>	Arbeitsring Lärm der Deutschen Gesellschaft für Akustik
<b>AzB</b>	Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen
<b>AzD</b>	Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb
<b>BAR</b>	Board of Airline Representatives in Germany
<b>BDL</b>	Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft
<b>BImSchG</b>	Bundes-Immissionsschutzgesetz
<b>BMUB</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
<b>BT</b>	Bundestag
<b>BUND</b>	Bund für Umwelt und Naturschutz
<b>BVF</b>	Bundesvereinigung gegen Fluglärm
<b>CDO</b>	Continuous Decent Operations
<b>CNOSSOS-EU</b>	Common Noise Assessment Methods in EU
<b>DALY</b>	Disability-adjusted life years
<b>DFS</b>	Deutsche Flugsicherung
<b>DEGA</b>	Deutschen Gesellschaft für Akustik
<b>DES</b>	Datenerfassungssystem
<b>DLR</b>	Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt
<b>EPNL</b>	Effective Perceived Noise Level
<b>FluLärmG</b>	Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm
<b>HYENA</b>	Hypertension and exposure to noise near airports
<b>ICAO</b>	International Civil Aviation Organization
<b>ICBEN</b>	International Commission on the Biological Effects of Noise
<b>LAI</b>	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
<b>LSB</b>	Lärmschutzbereich
<b>LuftVG</b>	Luftverkehrsgesetz

<b>NALS</b>	Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI
<b>NAT</b>	Number Above Threshold-Kriterium
<b>NORAH</b>	Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health
<b>NSZ</b>	Nacht-Schutzzone
<b>PhysE</b>	Ausschuss Physikalische Einwirkungen der LAI
<b>RVO</b>	Rechtsverordnung
<b>SGW</b>	Schutzzonengrenzwerte
<b>SRU</b>	Sachverständigenrat für Umweltfragen
<b>TSZ</b>	Tag-Schutzzone
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt
<b>UVP</b>	Umweltverträglichkeitsprüfung
<b>VCD</b>	Verkehrsclub Deutschland
<b>WERESFLU</b>	Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm
<b>WHO</b>	World Health Organization
<b>WoFIV</b>	Wohnflächenverordnung

## Zusammenfassung

Fluglärm ist seit langem ein gravierendes Umweltproblem, denn viele Menschen sind hohen Lärmbelastungen ausgesetzt, die ihre Gesundheit beeinträchtigen und die Lebensqualität mindern. Der Gesetzgeber hat deshalb schon 1971 ein Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) erlassen. Dieses Gesetz wurde 2007 grundlegend novelliert. Es sieht die Festsetzung von Lärmschutzbereichen an Verkehrsflughäfen, größeren Verkehrslandeplätzen und verschiedenen militärischen Flugplätzen vor. Der Lärmschutzbereich besteht aus zwei Tag-Schutzzonen und einer Nacht-Schutzzone. In der Tag-Schutzzone 1 werden auf Kosten des Flugplatzhalters bauliche Schallschutzmaßnahmen an bestehenden Wohngebäuden erstattet. In der Nacht-Schutzzone trägt der Flugplatzhalter zudem die Aufwendungen für den Einbau von Lüftungseinrichtungen in Schlafräumen. Darüber hinaus wird bei Neu- oder wesentlichen Ausbauprojekten eine finanzielle Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs in der Tag-Schutzzone 1 geleistet.

Nach dem FluLärmG muss die Bundesregierung erstmalig spätestens 2017 und danach spätestens alle zehn Jahre dem Deutschen Bundestag einen Bericht über dieses Gesetz vorlegen. Dabei sollen insbesondere die Schutzzonenwerte des Lärmschutzbereiches unter Berücksichtigung des Standes der Lärmwirkungsforschung und der Luftfahrttechnik bewertet werden. Die Bundesregierung beabsichtigt, über diesen gesetzlich verbindlichen Auftrag hinauszugehen. So sollen nicht nur die Schutzzonenwerte beurteilt, sondern auch weitergehende Lösungsansätze zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm geprüft werden. Zur Vorbereitung des Fluglärmberichtes der Bundesregierung hat das Umweltbundesamt (UBA) den vorliegenden Bericht über die Evaluation des FluLärmG erstellt. Dieser Bericht gliedert sich in zwei wesentliche Arbeitsschritte: Zunächst wird die Entwicklung in den genannten Themenfeldern seit dem Inkrafttreten des FluLärmG im Jahr 2007 dargestellt und diese hinsichtlich der Auswirkungen auf das FluLärmG analysiert. In diese Betrachtung fließen auch die Ergebnisse einer im Auftrag des UBA durchgeführten, umfangreichen Akteursbefragung zum FluLärmG ein. Auf dieser Grundlage werden dann in einem zweiten Schritt konkrete Handlungsempfehlungen des UBA für die Weiterentwicklung des FluLärmG gegeben.

Die Analyse der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik hat gezeigt, dass die Lärmimmission, die durch einen einzelnen Flug verursacht wird, in den vergangenen Jahren durch technischen Fortschritt kontinuierlich reduziert werden konnte. Diese Entwicklung sollte sich daher auch im Ermittlungsverfahren zur Festsetzung von Lärmschutzbereichen (AzD und AzB) widerspiegeln. Das UBA empfiehlt daher, das Ermittlungsverfahren an die Entwicklungen im Flugbetrieb anzupassen. Dies hätte zur Folge, dass dann die Lärmschutzbereiche – gleiche Flugbewegungszahlen vorausgesetzt – kleiner als bisher ausfallen würden. Dementsprechend würden weniger Personen unter den Schutz des FluLärmG fallen. Deshalb ist es wichtig, dass auch weiterhin die Schutzzonengrenzwerte des Lärmschutzbereichs und das Ermittlungsverfahren eine Einheit bilden. Um das bisherige Lärmschutzniveau beizubehalten, empfiehlt das UBA unter Berücksichtigung der aktuellen Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung gleichzeitig die Schutzzonengrenzwerte um 2 dB(A) abzusenken.

Mit diesem ersten Schritt zur Verbesserung der Fluglärmsituation würde den in den vergangenen zehn Jahren erreichten Fortschritten auf dem Gebiet der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik Rechnung getragen. Die aktuellen Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung und die Ergebnisse der Akteursbefragung zeigen jedoch einen deutlich weitergehenden Handlungsbedarf auf, der in einem zweiten, umfangreicheren Schritt erfolgen sollte.

Hierzu bestehen zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten: entweder man verbleibt im Rahmen des bestehenden FluLärmG oder man wählt einen konzeptionell anderen Ansatz. Im ersten Fall empfiehlt sich aufgrund der Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung eine deutliche Absenkung der bestehenden SGW des LSB und einer Verbesserung der geltenden Anforderungen und Erstattungsregelungen zum baulichen Schallschutz an bestehenden Wohngebäuden. Allerdings sind

damit auch Nachteile verbunden. Durch eine deutliche Absenkung der bestehenden SGW würde zwar der Lärmschutzbereich deutlich vergrößert, aber dennoch kaum Wirkung entfalten. So nehmen mit größeren Abstand vom Flugplatz die Fluglärmimmissionen ab, so dass die in entfernteren Wohngebäuden eingebauten Fenster für den Schallschutz ausreichend dimensioniert sind. Die Regelungen des FluLärmG für die Erstattung von Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen würden dementsprechend in den meisten Fällen ins Leere laufen. Hinsichtlich der entstehenden Kosten lässt sich feststellen, dass nach dem aktuellen Vollzugsstand und aller Voraussicht nach auch nach Abschluss des kompletten Vollzuges insgesamt nur ein geringerer Prozentsatz der Erstattungskosten für baulichen Schallschutz entsteht, als in der Folgeschätzung für das FluLärmG 2007 prognostiziert wurde. Mit diesen geringeren Kosten direkt verbunden ist die Folge, dass damit auch weniger Personen durch bauliche Schallschutzmaßnahmen entlastet werden.

Zudem besteht weiterhin ein Grundproblem des FluLärmG, das sich aufgrund seiner Konzeption ergibt. Das FluLärmG sieht grundsätzlich keine Beschränkung der Fluglärmbelastung an einem Flugplatz vor, sondern gibt nur die Belastungssituation in zehn Jahren wider: Nimmt an einem Flugplatz die Fluglärmbelastung zu, vergrößert sich der Lärmschutzbereich, nimmt sie ab, wird der Lärmschutzbereich kleiner. Das FluLärmG bietet also keine Möglichkeit, den Fluglärm zu begrenzen oder zu vermindern.

Aus Sicht des UBA ist somit ein übergeordnetes Konzept erforderlich, welches auch andere rechtliche Rahmenbedingungen, wie beispielsweise das Luftverkehrsgesetz, in einen umfassenden Schutz vor Fluglärm mit einbezieht. Das UBA empfiehlt daher eine grundsätzliche Änderung der Konzeption des FluLärmG, und zwar sollte für die Tagzeit von 6:00 bis 22:00 Uhr eine Lärmkontingentierung eingeführt und während der Nachtzeit von 22:00 bis 06:00 Uhr aus Gründen des präventiven Gesundheitsschutzes kein regulärer Flugbetrieb auf stadtnahen Flughäfen stattfinden. Eine Lärmkontingentierung würde Maßnahmen des aktiven Lärmschutzes begünstigen und die derzeitige Ausrichtung des FluLärmG rein auf passiven Lärmschutz aufheben. Die Lärmkontingentierung hat zudem zwei wesentliche Vorteile gegenüber dem derzeitigen FluLärmG. Sie ermöglicht einerseits dem Flughafen bzw. den Luftverkehrsgesellschaften selbst zu entscheiden, ob sie wenige laute oder mehr lärmarme Flugzeuge einsetzen möchten. Andererseits gibt sie den Flughafenanrainerinnen und -anrainern eine klare Lärmschutzperspektive.

Grundsätzlich ist es auch möglich, eine Lärmkontingentierung sowohl am Tag als auch in der Nacht festzulegen, um nicht vermeidbaren Nachtflugbetrieb durchzuführen. Dies setzt aber voraus, dass ein integriertes Luftverkehrskonzept vorliegt, das sich auch am Lärmschutz der Anwohnerinnen und Anwohner orientiert. Integraler Bestandteil dieses Luftverkehrskonzepts muss daher eine ambitionierte Lärminderungsstrategie sein. Dabei müssen alle Möglichkeiten zur Fluglärminderung soweit wie möglich ausgeschöpft werden. Eine deutliche Minderung der Beeinträchtigungen durch den Fluglärm lässt sich nur durch die abgestimmte Anwendung einer Vielzahl von Einzelinstrumenten erreichen – von der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik über ökonomische Anreize bis zur Verkehrsplanung. Auf dieser Grundlage wäre es aus Lärmschutzsicht akzeptabel, an einem oder sehr wenigen Flughäfen unbedingt notwendigen Nachtflugbetrieb abzuwickeln. Diese Flugplätze mit Nachtflugbetrieb, die die Ausnahme darstellen müssen, sollten in einem möglichst dünnbesiedelten Gebiet liegen, wie z. B. der Parchim International Airport bei Schwerin in Mecklenburg-Vorpommern oder der Flughafen Frankfurt-Hahn in Rheinland-Pfalz.

# 1 Einleitung

## 1.1 Thematische Einführung

Im Jahr 2007 wurde das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) novelliert. „Zweck dieses Gesetzes ist es, in der Umgebung von Flugplätzen bauliche Nutzungsbeschränkungen und baulichen Schallschutz zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm sicherzustellen“ (§ 1 FluLärmG). Mit Hilfe der Baunutzungsbeschränkungen soll der zukünftige Bau von Wohngebäuden und schutzbedürftigen, lärmsensitiven Einrichtungen, wie Schulen, Krankenhäuser, Altenheime in durch Fluglärm belasteten Gebieten verhindert werden. Unter Voraussetzung bestimmter Bedingungen werden in diesen Gebieten die finanziellen Aufwendungen für Verbesserungen des baulichen Schallschutzes (z. B. Einbau von Lärmschutzfenstern und Lüftern) von den Flugplatzhaltern erstattet. Zusätzlich werden bei hoher Fluglärmbelastung durch den Neubau oder die wesentliche Änderung eines Flugplatzes Entschädigungen gezahlt, welche eine Kompensation für die durch den Fluglärm eingeschränkte Nutzbarkeit von Außenwohnbereichs (z. B. Terrassen und Balkone) darstellen.

Gegenüber dem FluLärmG aus dem Jahr 1971 sollte laut Gesetzesbegründung „der Schutz der Menschen vor Fluglärm in der Umgebung der größeren zivilen und militärischen Flugplätze deutlich verbessert und ein tragfähiger Ausgleich der Belange der Luftfahrt einerseits sowie der berechtigten Lärmschutzinteressen der betroffenen Flugplatzanwohner andererseits erreicht werden“ (42).

Mit der Gesetzesnovelle wurde auch eine regelmäßige Überprüfung des FluLärmG eingeführt. Hierzu sieht das Gesetz vor, dass die Bundesregierung spätestens dem Deutschen Bundestag einen diesbezüglichen Bericht erstattet. Die Bundesregierung beabsichtigt in diesem Rahmen „eine umfassende Bewertung der Auswirkungen des novellierten FluLärmG“ vorzunehmen (39). Das Umweltbundesamt (UBA) unterstützt dieses Anliegen der Bundesregierung ausdrücklich, um einen besseren Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm zu erzielen. In dem vorliegenden Bericht wird deshalb eine detaillierte Analyse des FluLärmG sowie weiterer wichtiger Regelungen zum Schutz vor Fluglärm vorgenommen. Dabei fließen auch die Erfahrungen und Änderungsvorschläge von verschiedenen, im Rahmen eines UBA-Forschungsvorhabens befragten Akteure sowie Informationen zum Vollzugsstand des FluLärmG ein. Auf dieser Grundlage erfolgt eine Bewertung der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm mit daraus resultierenden Handlungsempfehlungen.

## 1.2 Gesetzlicher Auftrag und Fokus der Evaluation FluLärmG

Hinsichtlich der regelmäßigen Überprüfung dieses Gesetzes führt § 2 Abs. 3 FluLärmG konkret aus: „Die Bundesregierung erstattet spätestens im Jahre 2017 und spätestens nach Ablauf von jeweils weiteren zehn Jahren dem Deutschen Bundestag Bericht über die Überprüfung der in Absatz 2 genannten Werte unter Berücksichtigung des Standes der Lärmwirkungsforschung und der Luftfahrttechnik.“

Mit den hier angesprochenen Werten sind die abgestuften Schallpegelwerte des Gesetzes gemeint, welche einzelne Schutzzonen innerhalb des in diesem Zuge festzusetzenden Lärmschutzbereichs (LSB) abgrenzen und in diesen bestimmte Rechtsfolgen des FluLärmG auslösen. Diese Schutzzonengrenzwerte (SGW) sind vor allem differenziert nach der Art des Flugplatzes, der Tag- oder Nachtsituation und der Schallpegelhöhe.

Im aktuellen Koalitionsvertrag von CDU, CSU und SPD zur 18. Legislaturperiode wird ebenfalls betont, dass die Werte des Fluglärmgesetzes noch in dieser Legislaturperiode überprüft werden sollen (48).

Zur Erfüllung dieser beiden Aufgaben wird die Bundesregierung den sogenannten Fluglärmbericht 2017 vorlegen, für den das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

(BMUB) federführend zuständig ist, gemäß dessen Ressortverantwortlichkeit für das FluLärmG. Das UBA als nachgeordnete wissenschaftliche Behörde des BMUB unterstützt diesen Prozess.

Nach § 2 Abs. 3 FluLärmG ist bei dieser Evaluation zentral von Interesse, ob die SGW nach aktuellem Erkenntnisstand bestehen bleiben sollten, insbesondere bezüglich zweier Aspekte: der Lärmwirkungsforschung und der Luftfahrttechnik. Es wurde angenommen, dass sich in diesen Themengebieten Veränderungen der Erkenntnislage bzw. der technischen Entwicklung ergeben könnten, die zehn Jahre nach der FluLärmG-Novelle 2007 die Rahmenbedingungen für eine derartige Rechtsetzung deutlich anders ausfallen lassen könnten.

Die SGW des FluLärmG sind das Ergebnis einer politischen Abwägung, die auf den damaligen Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung beruht, aber auch die Grundsätze der Verhältnismäßigkeit und des Bestandsschutzes beachtet. Dabei waren auch die Erstattungs- und Entschädigungskosten für die Flugplatzhalter zu berücksichtigen. Es sollten nicht deutlich mehr (aber auch nicht weniger) Folgekosten entstehen, als im Zuge der Novelle 2007 angenommen wurde.

Die Überprüfung der SGW anhand des Sachstandes der Lärmwirkungsforschung geht zunächst von einer Aktualisierung der diesbezüglichen Studienlage und Expositions-Wirkungs-Funktionen für erhebliche Belästigung und erhöhte Gesundheitsrisiken durch Fluglärm aus. Hieraus abzuleiten ist die Bewertung der grundsätzlichen Größenordnung sowie der Differenzierung dieser SGW vor dem Hintergrund einer möglicherweise veränderten Erkenntnislage gegenüber dem FluLärmG 2007.

Der Bezug der Prüfung der SGW hinsichtlich des Standes der Luftfahrttechnik ist auch deshalb notwendig, da in der Immissionsschutzgesetzgebung (Schutzzonen-) Grenzwerte und das zugehörige Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Belastungshöhe stets eine Einheit bilden. Es ist daher zum einen zu prüfen, ob Weiterentwicklungen der Luftfahrttechnik insbesondere hinsichtlich der Geräuschemissionen der Luftfahrzeuge und möglichen Flugverfahren Fluglärminderungspotentiale erschließen, die eine Senkung der SGW rechtfertigen. Hier spielen die angesprochene Verhältnismäßigkeit und die Kosten für die Flugplatzhalter ebenso eine Rolle sowie die Entwicklung des Flugbetriebs an den einzelnen Flugplätzen. Auf der anderen Seite ist zu untersuchen, inwieweit das Fluglärmberechnungsverfahren des FluLärmG den aktuellen Flugbetrieb hinreichend realistisch abbildet. Es ist zu prüfen, ob in den letzten zehn Jahren neue Luftfahrzeugtypen auf den Markt gekommen sind oder neue Flugverfahren eingesetzt wurden, und/oder dies in den nächsten Jahren zu erwarten ist, welche sich erheblich von denen zum Stand des FluLärmG 2007 unterscheiden.

### **1.3 Erweiterter Fokus des Fluglärmberichtes 2017**

Auch wenn die SGW das zentrale Merkmal des FluLärmG darstellen und nach dem gesetzlichen Auftrag in §2 FluLärmG Abs. 3 im Mittelpunkt der Evaluation stehen, so haben auch andere Inhalte des FluLärmG inklusive dessen untergesetzlichen Regelwerks erhebliche Auswirkungen auf die Fluglärmschutzsituation. Die Fraktion Bündnis 90/Die Grünen hatte im Jahr 2014 eine Kleine Bundestagsanfrage im Vorgriff zur Evaluation des FluLärmG gestellt (39). In dieser wurde u.a. gefragt, ob sich die Bundesregierung auch zu den folgenden Themen des FluLärmG bzw. über das bisherige FluLärmG hinausgehende Aspekte äußern wird:

- ▶ Angemessenheit einer „Unterscheidung zwischen zivilen und militärischen Flugplätzen“
- ▶ „Anspruch auf Erstattung gemäß § 9 FluLärmG (der) für viele Menschen erst mit Beginn des sechsten Jahres nach Festsetzung des Lärmschutzbereichs“ entsteht
- ▶ „Einbeziehung von Maßnahmen zum aktiven Schallschutz“
- ▶ „Aufnahme eines Lärminderungsgebots in das FluLärmG“

Hierzu hatte die Bundesregierung in ihrer diesbezüglichen Antwort (39) grundsätzlich klargestellt, dass mit dem Fluglärmbericht 2017 „eine umfassende Bewertung der Auswirkungen des novellierten FluLärmG“ vorgesehen ist. Somit stehen auch Fragen der Verständlichkeit und Eindeutigkeit der

Rechtsnormen und somit der Rechtssicherheit des Gesetzesvollzuges, des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses, des Anwendungsbereichs des FluLärmG inklusive des untergesetzlichen Regelwerks sowie die tatsächlich erzielte Wirkung des FluLärmG im Fokus.

Bezugnehmend auf die weitergehenden Fragen der BT-Fraktion Bündnis 90/Die Grünen äußert sich die Bundesregierung in der zugehörigen Pressemeldung darüber hinaus noch dahingehend, dass sie grundsätzlich und im Zuge dieser Evaluation „den Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm deutlich verbessern“ möchte. Hierzu sollen zur „Verbesserung der Lärmsituation in der Umgebung von Flughäfen [...] umfassende Lösungsansätze geprüft“ werden. Es wird festgestellt, dass die „Beeinträchtigungen durch Fluglärm [...] nur mit einer Vielzahl von aufeinander abgestimmten Instrumenten abgemildert werden [kann], von der Siedlungsplanung über technische Vorkehrungen an Flugzeugen bis hin zu lärmindernden Ab- und Anflugverfahren“ (22). Mit dieser Erkenntnis und Absichtserklärung weitet die Bundesregierung das Betrachtungsfeld noch deutlich über das FluLärmG selbst hinaus aus. Gerade die nach Grundsätzen des Immissionsschutzes zu präferierenden Maßnahmen an der Schallquelle und der Verringerung der Außenpegelbelastung durch Abstandsvergrößerung zwischen Quelle und Immissionsort werden nicht durch das FluLärmG erfasst. Ohne eine Verringerung des auf ein Grundstück einwirkenden Fluglärm-Außenpegels, und damit der Verbesserung der Nutzbarkeit des Außenwohnbereichs und Geräuschbelastungssituation bei geöffneten Fenstern, sind Wirkungen, wie die Lärmbelastung und Immobilien-Wertminderungen, nur schwer zu reduzieren.

Im Fluglärmbericht 2017 sollen daher auch Regelungen in anderen Rechtsnormen auf ihre Wirkung bzw. ihr Potential zur Fluglärminderung geprüft werden. Hier spielt das Luftverkehrsgesetz (LuftVG9 inklusive dessen untergesetzliches Regelwerk die wichtigste Rolle. Insbesondere von Interesse sind die Änderungen im Luftverkehrsrecht, die im Zuge der FluLärmG-Novelle 2007 mit dem übergeordneten Artikelgesetz zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen vom 1. Juni 2007 (BGBl. I S. 986) (65) mitbeschlossen wurden. In diesen wurde insbesondere festgelegt, dass die SGW des FluLärmG auch bei Planfeststellungen von Flugplätzen zu beachten sind und dass das UBA bei der Festlegung von Flugverfahren zu möglichen Lärmauswirkungen anzuhören ist.

In diesem Sinne ist die Bundesregierung in o.a. Antwort auf die Kleine Anfrage der BT-Fraktion Bündnis 90/Die Grünen der verbreiteten Annahme entgegengetreten, indem sie darauf hinweist, dass und „allein von einer Absenkung der Lärmwerte zur Abgrenzung der Schutzzonen ... keine vollständige Lösung der Lärmprobleme erwartet werden kann“ (39). Es zeigt sich bereits im Vollzug des aktuell gültigen FluLärmG, dass in den Randbereichen der Schutzzonen größtenteils die Anforderungen an den baulichen Schallschutz von den bestehenden Immobilien schon erfüllt werden.

#### **1.4 Vorbereitende Forschungsvorhaben des UBA**

Vor dem Hintergrund dieses von der Bundesregierung erweiterten Fokus des Fluglärmberichtes 2017 hat das UBA zur Vorbereitung zwei Forschungsvorhaben vergeben: Die erste Studie „Evaluation der 2. Fluglärmschutzverordnung“ wurde im Jahr 2015 bearbeitet, abgeschlossen und veröffentlicht (111). In Ergänzung hierzu wurde Anfang 2016 ein weiteres, umfangreicheres Vorhaben zur „Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm“ (Akronym: WERESFLU) durch das UBA vergeben. In diesem stehen nun das FluLärmG selbst sowie das untergesetzliche Regelwerk im Fokus. Es geht aber auch um weitere relevante Regelungen zum Schutz vor Fluglärm in anderen Gesetzen (v. a. LuftVG), insbesondere die Querbezüge zwischen diesen Gesetzen. Das Forschungsvorhaben wird voraussichtlich im Mai 2017 beendet sein; wesentliche Ergebnisse lagen bereits Ende 2016 vor und wurden am 16. Februar 2017 auf einer Informationsveranstaltung des UBA interessierten Akteuren vorgestellt.

Dieses Vorhaben wurde vom Öko-Institut e.V. (Projektleitung) zusammen mit den Unterauftragnehmern GeräuscheRechner und Team Ewen bearbeitet. Zur Einschätzung der Wirkung



dieser Rechtsnormen und zur Vorbereitung der Erarbeitung des geplanten Fluglärmberichts werden in dieser Studie umfangreiche Fakten gesammelt, die Sichtweisen und Veränderungsvorschläge aller relevant beteiligten Kreise ermittelt und die jeweiligen relevanten Auswirkungen abgeschätzt. Der Endbericht dieses Forschungsvorhabens wird voraussichtlich im 3. Quartal 2017 auf der UBA-Website veröffentlicht.

## 1.5 Entstehungsgeschichte des Gesetzes / Novelle 2007

Fluglärm ist seit langem ein gravierendes Umweltproblem, denn viele Menschen sind hohen Lärmbelastungen ausgesetzt, die ihre Gesundheit beeinträchtigen und die Lebensqualität mindern. Der Gesetzgeber hat deshalb schon 1971 ein Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) erlassen. Es sah die Festsetzung von Lärmschutzbereichen an Verkehrsflughäfen mit Fluglinienverkehr und militärischen Flugplätzen mit Strahlflugzeugbetrieb vor. 20 Jahre später hatte das Gesetz seine Schutzfunktion verloren, weil die Lärmschutzbereiche vielfach nur wenig über das Flugplatzgelände hinausreichten. Vor diesem Hintergrund wurde 1997 eine öffentliche Anhörung zum Thema „Fluglärm“ im Verkehrsausschuss des Deutschen Bundestages durchgeführt. In seiner Beschlussempfehlung vom 17.06.1998 regte der Verkehrsausschuss an, dass der Bundestag die Bundesregierung auffordern soll: „... das Ergebnis der Anhörung eingehend zu analysieren und dem Deutschen Bundestag zu Beginn der nächsten Legislaturperiode Vorschläge für Verbesserungen im Bereich des Schutzes vor Fluglärm vorzulegen. ...“. Dabei sollten verschiedene Ziele, wie z. B. die „Modernisierung des Berechnungsverfahrens bei größtmöglicher Harmonisierung mit den Verfahren in anderen Bereichen“, verfolgt werden (41).

Der Bundestag stimmte am 02.09.1998 der Beschlussempfehlung des Verkehrsausschusses zu und leitete damit die Novellierung des FluLärmG von 1971 ein. Die Erarbeitung der Gesetzesnovelle erwies sich jedoch als äußerst schwierig und langwierig, weil deutliche Auffassungsunterschiede zwischen den beteiligten Akteuren bestanden. Dabei standen insbesondere die Kostenfolgen der beabsichtigten Gesetzesnovelle im Fokus der Diskussion, weil ein Erstattungsanspruch für bauliche Schallschutzmaßnahmen an bestehenden Wohngebäuden im Lärmschutzschutzbereich vorgesehen ist. Die Aufwendungen für diese Maßnahmen sollten – wie bereits im FluLärmG von 1971 – vom Flugplatzhalter getragen werden. Erst nach langen und intensiven Beratungen zwischen den Akteuren sowie auf Bundes- und Landesebene konnte im Jahr 2007 das novellierte FluLärmG verabschiedet werden und Inkrafttreten. Das Gesetz wurde in den Jahren 2008 und 2009 durch drei Rechtsverordnungen konkretisiert, um einen bundeseinheitlichen und rechtssicheren Gesetzesvollzug zu ermöglichen.

Gegenüber der vorangehenden Regelung wurden aufgrund neuer Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung und unter Berücksichtigung der relevanten betrieblichen Randbedingungen vor allem deutlich niedrigere Grenzwerte für die Lärmschutzzonen eingeführt. Damit sollten künftig wesentlich mehr Menschen in der Umgebung der größeren Verkehrs- und militärischen Flugplätze Ansprüche auf Schallschutz erhalten. Außerdem wurden durch die vergrößerte Zonen die Siedlungssteuerungseffekte des FluLärmG ausgeweitet, um in den lärmbelasteten Bereichen um die Flughäfen künftigen Lärmkonflikten vorzubeugen.

So wurde beispielsweise der Grenzwert für die Tag-Schutzzone 1 bei bestehenden Verkehrsflugplätzen um 10 Dezibel (dB) auf 65 dB gesenkt. Wird ein Verkehrsflugplatz neu gebaut oder wesentlich ausgebaut, sollte der Anspruch auf baulichen Schallschutz für Wohnungen bereits bei einem fluglärmbedingten Mittelungspegel von 60 dB einsetzen. Dieser Wert wurde auch für künftige Planfeststellungen von Flugplätzen als verbindlich erklärt, um allen Beteiligten frühzeitig Klarheit über den bei Ausbauvorhaben erforderlichen baulichen Schallschutz zu verschaffen. Nach dem alten Fluglärmgesetz von 1971 bestand ein Anspruch auf Schallschutz für Wohnungen erst, wenn der Fluglärm über 75 dB liegt.

Erstmals wurde auch beschlossen, dass für Flughäfen mit relevantem Nachtflugbetrieb Nacht-Schutzzonen (NSZ) festgelegt werden. Ziel dieser Neuregelung war es, die von Nachtfluglärm betroffenen Menschen vor gesundheitsrelevanten Schlafstörungen zu schützen. So ist nun Schallschutz für Schlafräume vorgesehen sowie der Einbau von Lüftern, wenn der nächtliche Fluglärm bei bestehenden Flughäfen einen Mittelungspegel von 55 dB überschreitet oder wenn regelmäßig besonders laute Überflüge stattfinden (Stichwort: NAT-Kriterium). Für wesentliche Ausbauprojekte gilt nun auch für die Nacht ein deutlich strengerer Wert; bis zum Jahr 2010 beträgt der Grenzwert 53 dB, danach 50 dB.

Das FluLärmG 2007 schränkt zudem den Neubau von Wohnungen und schutzbedürftigen Einrichtungen im lärmbelasteten Flugplatzumland weiter ein, um Freiräume zu sichern und dem Entstehen künftiger Lärmkonflikte vorzubeugen. Damit dient die Novelle auch den berechtigten Belangen der Luftverkehrswirtschaft. Mit der Novelle wurde auch erstmalig eine Entschädigung für die Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs durch Fluglärm eingeführt. Dies gilt jedoch ausschließlich bei der Festsetzung eines LSB bei einem neuen oder wesentlich baulich erweiterten Flugplatz und wenn zum Zeitpunkt der Festsetzung Wohnungen errichtet oder deren Errichtung zulässig ist. Auch das Fluglärm-Berechnungsverfahren wurde grundlegend modernisiert.

In unmittelbarem Zusammenhang mit der Gesetzesnovelle wurden auch verschiedene Änderungen im Luftverkehrsrecht vorgenommen, um sowohl den Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm als auch die Rechts- und Planungssicherheit für die Flughafenbetreiber zu verbessern. Insbesondere wurde der § 10 LuftVG dahingehend geändert, dass bei der Planfeststellung von Flughäfen und Landeplätzen die Schutzzonenwerte des Lärmschutzbereichs zu beachten sind. Zudem wurde z. B. festgelegt, dass Verordnungen über die Festlegung von Flugverfahren, die von besonderer Bedeutung für den Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm sind, im Benehmen mit dem UBA zu erlassen sind.

Im Rahmen der Gesetzesnovelle wurde auch eine regelmäßige Überprüfung des FluLärmG eingeführt. Hierzu sieht das Gesetz vor, dass die Bundesregierung spätestens 2017 und danach spätestens alle zehn Jahre dem Deutschen Bundestag einen Bericht erstattet. Darin sollen die gesetzlich festgelegten Werte für die Schutzzonen unter Berücksichtigung des Standes der Lärmwirkungsforschung und der Luftfahrttechnik geprüft werden. Die Bundesregierung beabsichtigt über diesen Prüfauftrag hinauszugehen und „eine umfassende Bewertung der Auswirkungen des novellierten FluLärmG“ vorzunehmen (39). Das UBA unterstützt dieses Anliegen der Bundesregierung ausdrücklich, um einen besseren Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm zu erzielen. In den vorliegenden Bericht wird deshalb eine detaillierte Analyse des FluLärmG vorgenommen. Dabei wird sowohl die Fluglärmentwicklung in den vergangenen zehn Jahren betrachtet als auch auf den aktuellen Stand der Lärmwirkungsforschung und die Fortschritte auf dem Gebiet der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik eingegangen. Zudem fließen die Erfahrungen und Änderungsvorschläge der verschiedenen Akteure in die Untersuchung ein. Auf dieser Grundlage erfolgt eine Bewertung des FluLärmG mit daraus resultierenden Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm.

## **1.6 Grundzüge des FluLärmG**

Das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) hat eine lange Geschichte. Als es 1971 erstmalig im Bundestag verabschiedet wurde, gab es noch keine Regelungen für den Immissionsschutz gegen unerwünschte Geräuscheinwirkungen – oder umgangssprachlich: Lärmschutz. Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), in dem u. a. Regelungen zum Schutz gegen die anderen Lärmarten (v.a. Straßen- und Schienenverkehr) zu finden sind, wurde erst 1974 verabschiedet. Der Fluglärmschutz hatte daher schon immer eine Sonderrolle inne. Während man im Bereich des Schutzes vor Straßen- und Schienenverkehrslärm den Grundsätzen „Vermeiden, Verlagern,

Verbessern“<sup>1</sup> und „aktiv vor passiv“<sup>2</sup> folgt und diese auch im BImSchG verankert hat, ist dies im Fluglärmenschutz anders.

Nach dem FluLärmG sind für folgende Fälle LSB festzusetzen:

- ▶ Verkehrsflughäfen mit Fluglinien- oder Pauschalflugreiseverkehr,
- ▶ Verkehrslandeplätze mit Fluglinien- oder Pauschalflugreiseverkehr und mit einem Verkehrsaufkommen von über 25.000 Bewegungen pro Jahr; hiervon sind ausschließlich der Ausbildung dienende Bewegungen mit Leichtflugzeugen ausgenommen,
- ▶ militärische Flugplätze, die dem Betrieb von Flugzeugen mit Strahltriebwerken zu dienen bestimmt sind,
- ▶ militärische Flugplätze, die dem Betrieb von Flugzeugen mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 20 Tonnen zu dienen bestimmt sind, mit einem Verkehrsaufkommen von über 25.000 Bewegungen pro Jahr; hiervon sind ausschließlich der Ausbildung dienende Bewegungen mit Leichtflugzeugen ausgenommen.

Der LSB besteht aus zwei Tag-Schutzzonen (TSZ) und einer Nacht-Schutzzone (NSZ). Die SGW sind nach verschiedenen Kriterien differenziert. Es wird sowohl zwischen zivilen und militärischen Flugplätzen als auch zwischen bestehenden und neuen oder wesentlichen auszubauenden Flugplätzen unterschieden. Die Werte sind in Form von äquivalenten Dauerschallpegeln für den Tag in der Zeit von 6:00 bis 22:00 Uhr (LAeq, Tag) und für die Nachtzeit von 22:00 bis 6:00 Uhr (LAeq, Nacht) angegeben. Zusätzlich wird für die Festlegung der Nacht-Schutzzone ein Häufigkeits-Maximalpegelkriterium verwendet, das auch als „NAT (Number Above Threshold)-Kriterium“ bezeichnet wird. Dies ist ein in der Lärmwirkungsforschung entwickeltes Ergänzungskriterium zur Berücksichtigung der Auswirkungen von nächtlichem Fluglärm. Die SGW sind Außenpegel, d. h. beschreiben Lärmsituation außerhalb des Gebäudes. Dieser Sachverhalt ist hinsichtlich des Häufigkeits-Maximalpegelkriteriums aus dem FluLärmG nicht ohne weiteres erkennbar, weil die in § 2 aufgeführten Maximalpegel sich auf dem Innenraum beziehen, also Innenpegel sind. Diese Werte müssen jedoch in Zusammenhang mit der Anlage zu § 3 FluLärmG gesehen werden. Darin wird eine Pegeldifferenz zwischen außen und innen von 15 dB für ein zu Lüftungszwecken geöffnetes Fenster in Kippstellung angegeben. Dieser Wert ist zu den in § 2 des Gesetzes genannten Maximalpegeln zu addieren.

Innerhalb der TSZ 1 und der NSZ des LSB auf Kosten des Flugplatzhalters bauliche Schallschutzmaßnahmen an bestehenden Wohngebäuden bis zu einem bestimmten Höchstbetrag erstattet. In der Nacht-Schutzzone werden zudem die Aufwendungen für den Einbau von Lüftungseinrichtungen in Schlafräumen vom Flugplatzhalter getragen. Darüber hinaus wird bei Neu- oder wesentlichen Ausbauvorhaben eine finanzielle Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs in der Tag-Schutzzone 1 geleistet. Weiterhin bestehen im Lärmschutzbereich bauliche Nutzungsbeschränkungen, Siedlungsentwicklung in der Flughafenumgebung zu steuern.

In seiner Fassung von 2007 inkl. des zugehörigen untergesetzlichen Regelwerks stellen sich somit die tatsächlichen Wirkungen des FluLärmG zusammenfassend wie folgt dar:

1. Durch Bauverbote soll verhindert werden, dass Wohnungen und andere schutzbedürftige Einrichtungen in Gebiete errichtet werden, in denen eine hohe Fluglärmbelastung herrscht. Wo dies mehr oder weniger ausnahmsweise dann doch erlaubt ist, haben die Bauherren bestimmte

<sup>1</sup> Der Grundsatz „Vermeiden, Verlagern, Verbessern“ beschreibt die Strategie, dass zuerst versucht wird, die geräuschverursachende Aktivität zu vermeiden, danach diese Aktivität auf möglichst umwelt-/“lärmverträgliche“ Art und Weise zu realisieren (im Themenfeld Lärm z.B. die Verkehrsaktivität von der Nacht in den Tag zu verlagern) und die verbleibende Geräuschemission dann z.B. durch eine andere Betriebsweise (z.B. Geschwindigkeitsreduktion) zu minimieren.

<sup>2</sup> Der „aktiv vor passiv“ Grundsatz beschreibt die Strategie im Immissionsschutz eine gegebene (verbleibende) Geräuschaktivität zuerst an der Quelle (z.B. dem Fahrzeug) und zuletzt am Einwirkungsort (z.B. der Wohnung) zu vermindern. Dazwischen besteht (oftmals) noch die Möglichkeit, das Geräusch auf dem Ausbreitungsweg zu mindern (z.B. durch eine Lärmschutzwand), was je nach Kontext als aktive oder passive Maßnahme verstanden wird.

- bauliche Schallschutzanforderungen zu erfüllen. Die Gebiete, in denen die einzelnen Regelungen gelten, werden nach einer bestimmten Modellierungs- und Schallausbreitungsmethode ermittelt.
2. In bestimmten Fällen, vor allem wenn die Bebauung schon vorher bestanden hat und eine hohe Fluglärmbelastung danach eintritt, werden den Betroffenen Aufwendungen für die Verbesserung des passiven Schallschutzes (z. B. Lärmschutzfenster) von den Flughafensbetreibern erstattet.
  3. Für die durch den Fluglärm eingeschränkte Nutzbarkeit von Außenwohnbereichen (z. B. Terrassen und Balkone) wird bei Neubau oder die wesentliche Änderung eines Flugplatzes eine Entschädigung gezahlt.

Ferner ist im FluLärmG die Überprüfung des bestehenden LSB geregelt, wobei eine Fallunterscheidung getroffen wird. Der LSB ist regelmäßig alle zehn Jahre zu überprüfen und gegebenenfalls neu festzusetzen. Eine vorzeitige Überprüfung ist möglich, wenn sich eine wesentliche Änderung ergibt. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sich der äquivalente Dauerschallpegel an der Grenze der Tag-Schutzzone 1 oder an der Grenze der Nacht-Schutzzone um mindestens 2 dB(A) ändert.

Das FluLärmG regelt somit nur einen Teilbereich innerhalb des Lärminderungsinstrumentariums: vor allem die „Maßnahmen der letzten Wahl“, den sogenannten passiven Lärmschutz (oftmals Lärmschutzfenster). Alle Lärmschutzmaßnahmen, die sinnvollerweise davor ergriffen werden sollten, sind in anderen Gesetzen (v.a. im LuftVG) oder überhaupt nicht geregelt. Dieser Sachlage muss man sich deutlich bewusst sein, wenn man das FluLärmG in seiner Wirkung bewerten möchte.

## 2 Methodik

Das FluLärmG sieht die Festsetzung von LSB an Verkehrsflughäfen, größeren Verkehrslandeplätzen und verschiedenen militärischen Flugplätzen vor. Der Lärmschutzbereich wird auf der Grundlage einer Flugbetriebsprognose berechnet und bildet die zukünftige Fluglärmbelastung an einem Flugplatz ab. Innerhalb des LSB bestehen abgestufte bauliche Nutzungsbeschränkungen und gelten Erstattungsregelungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen an vorhandenen Wohngebäuden. Damit werden im FluLärmG folgende Themenfelder implizit angesprochen:

- ▶ Akustik
- ▶ Lärmwirkungen
- ▶ Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik
- ▶ Fluglärm-Berechnungsverfahren
- ▶ Rechtliche Aspekte
- ▶ Ökonomische Gesichtspunkte
- ▶ Baulicher Schallschutz
- ▶ Siedlungsentwicklung
- ▶ Gesetzesvollzug

Für eine Bewertung des FluLärmG ist daher eine detaillierte Analyse dieser Themenfelder erforderlich. Dies ist eine wissenschaftlich anspruchsvolle Aufgabe, die viele Detailinformationen erfordert. Das UBA hat deshalb zwei Forschungsvorhaben vergeben:

- ▶ Evaluation der 2. Fluglärmschutzverordnung
- ▶ Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm (kurz: WERESFLU).

Die Ergebnisse dieser umfangreichen Forschungsvorhaben sind eine wesentliche Erkenntnisquelle für das UBA zur Bewertung des FluLärmG. Ein wichtiger Bestandteil des Forschungsvorhabens „Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm“ ist eine umfangreiche Befragung von Akteuren, die mit dem Vollzug des FluLärmG befasst sind (siehe hierzu auch Kapitel 8). Anhand eines Online-Formulars wurden die betroffenen Behörden und Institutionen sowie diverse Verbände zu ihren Erfahrungen, Sichtweisen und möglichen Veränderungsvorschläge befragt. Damit liegen wertvolle Informationen insbesondere aus der Vollzugspraxis vor.

Darüber hinaus hat das UBA selbst eine ausführliche Literaturrecherche und -analyse durchgeführt, um die Forschungsergebnisse zu validieren und weitere Erkenntnisse zu gewinnen. Zusätzlich nahmen wir an verschiedenen nationalen und internationalen Fachtagungen teil, um den aktuellen Stand der Forschung in den genannten Themenfeldern zu eruieren. Zudem wurden zahlreiche Fachgespräche mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus unterschiedlichen Fachdisziplinen innerhalb und außerhalb des UBA geführt. Hierdurch konnte die vorliegende fachliche Bewertung des FluLärmG auf eine breite Wissensbasis gestellt werden.

Die Bewertung des FluLärmG gliedert sich in zwei wesentliche Arbeitsschritte: Zunächst wird die Entwicklung in den genannten Themenfeldern seit dem Inkrafttreten des FluLärmG im Jahr 2007 dargestellt und diese hinsichtlich der Auswirkungen auf das Fluglärmgesetz bewertet. In diese Betrachtung fließt auch die Einschätzung der Akteure zum FluLärmG ein. Auf dieser Grundlage werden dann konkrete Handlungsempfehlungen für die Weiterentwicklung des FluLärmG gegeben.

### 3 Darstellung und Bewertung der rechtlichen Rahmenbedingungen

#### 3.1 Überblick über den rechtlichen Rahmen des FluLärmG und der Fluglärmschutzverordnungen

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm im Jahr 2007 wurde das bis dahin seit 1971 unverändert geltende FluLärmG sowie das LuftVG erstmals novelliert, um den gestiegenen Schutzanforderungen vor Fluglärm zu genügen. Das aus dem Jahr 1971 stammende FluLärmG entsprach nicht mehr den aktuellen Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung und wurde aufgrund dessen weder im Bereich des Schallschutzes für die von Fluglärm betroffenen Flugplatzanwohnerinnen und -anwohner noch der zielgerichteten und schutzorientierten Steuerung von Siedlungsentwicklung gerecht. Mit der Novellierung des FluLärmG 2007 sollte „der Schutz der Menschen vor Fluglärm in der Umgebung der größeren zivilen und militärischen Flugplätze deutlich verbessert und ein tragfähiger Ausgleich der Belange der Luftfahrt einerseits sowie der berechtigten Lärmschutzinteressen der betroffenen Flugplatzanwohner andererseits erreicht werden“ (42). Dabei wurde durch verschiedene Instrumente, wie die Modernisierung des Ermittlungsverfahrens für Fluglärm, die deutliche Absenkung der Grenzwerte und die Einführung einer Nacht-Schutzzone der Schutz der Menschen vor Fluglärm in der Umgebung der größeren zivilen und militärischen Flugplätze deutlich verbessert. Im Vordergrund der Novellierung stand der passive Schallschutz, der am Ort der Immissionen ansetzt und vor allem Erstattungsansprüche für bauliche Schallschutzmaßnahmen an hochbelasteten Wohngebäuden und schutzbedürftigen Einrichtungen im Flugplatzumland generiert. Den Ansprüchen auf baulichen Schallschutz bei bereits vorhandenen Wohngebäuden in hochgradig lärmbelasteten Bereichen stehen abgestufte Bauverbote und Baubeschränkungen im Flugplatzumland gegenüber, die einem weiteren Heranwachsen von Wohnbebauung an die Flugplätze vorbeugen sollten (42). Die Novellierung betraf somit auch den Bereich der planerischen Maßnahmen zur Vorbeugung gegen das Entstehen weiterer Nutzungskonflikte im Umfeld der Flugplätze.

Die Modernisierung des Ermittlungsverfahrens für Fluglärm, § 3 Abs. 1 i.V.m. Abs. 2 FluLärmG, wurde durch die Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen – 1. FlugLSV) im Jahre 2008 umgesetzt (121). Die „Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen“ (AzB) und die „Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb“ (AzD) sind technische Regelwerke zur Konkretisierung des Verfahrens zur Berechnung der LSB.

Es folgte im Jahr 2009 die Zweite Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Flugplatz-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 2. FlugLSV), welche die Schallschutzanforderungen zum Schutz gegen Fluglärm für die Errichtung von schutzbedürftigen Einrichtungen und Wohnungen nach § 5 Abs. 1 und 3 des FluLärmG in dem Lärmschutzbereich eines Flugplatzes sowie für die Errichtung von Wohnungen in der Tag-Schutzzone 2 eines Flugplatzes zum Gegenstand hat und damit die Schallschutzverordnung vom 05. April 1974 und die Verordnung zur Änderung des Höchstbetrages der Erstattung von Aufwendungen für Schallschutzmaßnahmen ersetzte.

Der Anwendungsbereich umfasst weiter die Erstattung von Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen an schutzbedürftigen Einrichtungen und Wohnungen, die bei der Festsetzung des LSB errichtet sind oder deren Errichtung nach § 5 Abs. 3 des FluLärmG zulässig ist.

Komplettiert wurden die Rechtsverordnungen durch die Bekanntmachung der Dritten Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Fluglärm-Außenwohnbereichsentschädigungs-Verordnung – 3. FlugLSV) (58), welche die Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs, gestaffelt nach der Stärke der Geräuschbelastung regelt.

Der tatsächliche Anwendungsbereich der 3. FlugLSV ist allerdings gering, da die Entschädigung nur für Grundstücke in Frage kommt, die in der Tag-Schutzzone 1 eines LSB eines neuen oder wesentlich baulich erweiterten Flugplatzes liegen. An Bestandsflugplätzen ist hingegen der Anwendungsbereich nicht eröffnet.

## **3.2 Das Luftverkehrsgesetz nach der Novellierung 2007**

Wesentlicher Bestandteil der Novellierung des FluLärmG war wegen des bestehenden Zusammenhangs auch die Anpassung des LuftVG. Hervorzuheben ist die Konkretisierung in den luftverkehrsrechtlichen Planfeststellungs- und Genehmigungsverfahren, vgl. § 8 LuftVG.

### **3.2.1 Die fachplanerische Abwägung und ihre Defizite**

Durch die Ergänzung des § 8 Abs. 1 LuftVG durch die Sätze 3 und 4 sind zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Fluglärm die jeweils anwendbaren Werte des § 2 Abs. 2 des FluLärmG im Rahmen der fachplanerischen Abwägung zu beachten, vgl. § 8 Abs. 1 S. 3 LuftVG. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass bei der Bewältigung der durch Fluglärm hervorgerufenen Probleme im Rahmen der Abwägung keine anderen als die nach dem FluLärmG maßgeblichen Werte für die LSB zugrunde gelegt werden (42) und zwar für alle luftverkehrsrechtlichen Zulassungsverfahren nach §§ 6 und 8 LuftVG. Damit bedeutet die Regelung, dass mit der Verknüpfung des § 8 Abs. 1 S. 3 LuftVG mit dem § 2 Abs. 2 FluLärmG ein – nun gesetzlich fixiertes – Qualifikationsmerkmal einer absoluten Unzumutbarkeit gekennzeichnet ist (34).

Diese Regelung sollte vor allem Rechtssicherheit schaffen und dem Gedanken der Gleichbehandlung Geltung verschaffen, denn die Bestimmung der Zumutbarkeitsschwelle im Luftverkehrsrecht war vor der Novelle des FluLärmG 2007 heftig umstritten. So ging das Bundesverwaltungsgericht in ständiger Rechtsprechung davon aus, dass § 2 FluLärmG in der Fassung aus dem Jahre 1971 keine Zumutbarkeitsschwelle zu entnehmen sei, diese vielmehr im Einzelfall zu bestimmen sei. Mit der Novellierung des FluLärmG und der damit einhergehenden Anpassung des LuftVG wurde diese Regelungslücke nunmehr geschlossen und eine grundsätzlich abschließende Bestimmung der Zumutbarkeitsschwelle hinsichtlich der Betroffenheit von Wohnungen und schutzbedürftigen Einrichtungen durch Fluglärm – bezogen auf die Verpflichtung, passiven Schallschutz zu gewähren – geschaffen (28).

Damit ist mit der Anpassung des § 8 Abs. 1 LuftVG beispielsweise die Planfeststellungsbehörde im Interesse einer Verbesserung der Rechtssicherheit und der Verfahrensbeschleunigung grundsätzlich der Verpflichtung enthoben, jedenfalls bei der Bestimmung der fachplanungsrechtlichen Zumutbarkeitsgrenze Erkenntnissen der Lärmmedizin und der Lärmwirkungsforschung nachzugehen (29). Eine Festsetzung niedrigerer Werte wird in Fachplanungsverfahren daher am ehesten dann in Betracht kommen, wenn atypische Konstellationen, die das FluLärmG nicht berücksichtigt, ansonsten nicht abwägungsfehlerfrei bewältigt werden könnten (64). Da jedoch die Werte des § 2 Abs. 2 FluLärmG lediglich abwägungserhebliche und nicht abwägungsentscheidende Belange darstellen, die durch die Höhergewichtung anderer Belange, insbesondere des öffentlichen Interesses an der Realisierung eines Flugplatzvorhabens, überwunden werden können, führt die verbindliche Einbeziehung der Werte nicht zu mehr Rechtssicherheit oder einem verbesserten Lärmschutz zugunsten der Betroffenen (89). Nach wie vor ist es die Aufgabe der höchstrichterlichen Rechtsprechung, einen jeweiligen Maßstab für die Zumutbarkeit vorgetragener Fluglärmwirkungen zu entwickeln. Dies bedeutet, dass mit dem Verweis auf § 2 Abs. 2 FluLärmG lediglich ein Teil der für die Gesamtabwägung bedeutsamen Belange definiert ist, weiterhin jedoch alle weiteren abwägungserheblichen Teile wie z.B. der Nachtflugbedarf, einer Gewichtung bedürfen. Diese verschiedenen objektiv zu betrachtenden Gewichtungen müssen nunmehr in einen gerechten Ausgleich gebracht werden, wobei das Gewicht individueller Lärmschutzbelange und das Maß ihrer Zurückstellung notwendig in einer Wechselbeziehung zu dem Gewicht der für die Neuregelung angeführten öffentlichen Verkehrsinteressen steht (35). Mit dem Gewicht der Lärmschutzbelange

steigen die Anforderungen an die Darlegung des Verkehrsbedarfs. Wird die fachplanerische Zumutbarkeitsgrenze gemäß § 2 Abs. 2 FluLärmG überschritten, sind Schutzvorkehrungen, wie z. B. Maßnahmen des passiven Lärmschutzes, Entschädigung, flugbetriebliche Beschränkungen gemäß § 8 Abs. 4 S. 1 LuftVG, erforderlich.

Nach Auffassung des BVerwG und deren Mobilisierung des § 29b Abs. 1 S. 1 LuftVG für einen stärkeren Schutz der Nachtruhe (100) kann insbesondere für die besonders schutzbedürftige nächtliche Kernzeit von 00:00 Uhr bis 05:00 Uhr ein weitgehendes Nachtflugverbot abzuleiten sein. Diese Verpflichtung obliegt auch der Zulassungsbehörde im luftverkehrsrechtlichen Planfeststellungsverfahren. Nur mit besonders gewichtigen Gründen kann der von der höchstrichterlichen Rechtsprechung geforderte „standortspezifische Nachtflugbedarf“ für die Zulassung von Nachtflug – etwa für die Einrichtung eines Express-Frachtflug-Drehkreuzes – begründet werden und können sich dementsprechend die Interessen an einem Nachtflugbetrieb gegenüber den gegenläufigen Interessen der Flughafenanwohner am Schutz ihrer Nachtruhe durchsetzen. (20)

Das vorbeschriebene fachplanerische Abwägungsgebot hat Schutznormcharakter, so dass Betroffene einen Anspruch auf gerechte Abwägung ihrer eigenen privaten Belange haben und die Beachtung des Abwägungsgebotes einer richterlichen Kontrolle zuführen können. (20)

### 3.2.2 Gestaltungsmöglichkeiten bei der Festsetzung von Flugverfahren

Festzuhalten ist, dass nach vorliegender Gesetzeslage sowie nach der inzwischen höchstrichterlich bestätigten Rechtsprechung für die dem Bau eines Flughafens nachgelagerte Festsetzung von Flugverfahren eine Pflicht zur Durchführung einer UVP-Prüfung – selbst, wenn die im vorgelagerten Planfeststellungsverfahren vorgenommene UVP-Prüfung fehlt oder mangels ausreichenden Untersuchungsumgriffs unvollkommen gewesen sein sollte – nicht besteht. (99)

Alle notwendigen UVP-Prüfungen haben umfassend im Planfeststellungsverfahren zu erfolgen. Daher sollte sich die UVP aus Anlass des Baus eines Flughafens räumlich betrachtet auf den gesamten Einwirkungsbereich des Flughafens erstrecken, in dem abwägungserhebliche Auswirkungen des Vorhabens möglich sind. Grundlage der Einbeziehung in die Prüfung ist die prognostische Flugroutenplanung. (30)

Das Planfeststellungsrecht eröffnet allerdings mit verschiedenen Instrumenten Gestaltungsmöglichkeiten. So können im Planfeststellungsbeschluss selbst mit bindender Wirkung für die spätere Festlegung von Flugverfahren bestimmte, besonders schutzbedürftige Gebiete vor Verlärmung geschützt werden. Grundsätzlich ist jedoch bei etwaigen Unzulänglichkeiten der UVP der Planfeststellungsbeschluss anzugreifen, nicht aber die spätere Flugverfahrensfestlegung. (30)

Dass gewöhnlich der Planfeststellungsbeschluss in Bestandskraft erwachsen ist, ändert an dieser Regelung nichts. Erst wenn die Festlegung der Flugverfahren die planungsrechtliche Grundlage konterkariert oder verlässt, ist die Grenze der hinzunehmenden Abweichungen von der prognostischen Planung der Flugverfahren überschritten. In der Rechtsfolge wäre bis zur etwaigen planungsrechtlichen „Nachbesserung“ rechtswidrig, denn es fehlte an der erforderlichen vorgelagerten planerischen Konfliktbewältigung.

### 3.3 Zwischenfazit

Je präziser Vorgaben des jeweils einzuhaltenden Lärmschutzniveaus festgelegt werden, desto genauer kann eine fachplanerische Abwägung erfolgen, ohne jeden Einzelfall gesondert betrachten zu müssen.

Vielfach hat die Rechtsprechung bezogen auf den Einzelfall Regelungslücken geschlossen, wie z.B. die Wahrung der Erholungsfunktion des Außenwohnbereiches kann sich erhöhend auf die Entschädigung für die durch Schutzvorkehrungen nicht ausgleichbare Beeinträchtigung des Außenwohnbereichs auswirken (34) oder das Schutzziel während der Nacht (22:00 bis 06:00 Uhr) ist die Vermeidung von Schlafstörungen, insbesondere von Aufwachreaktionen. (32)



Diese genannte Rechtsprechung steht aber nur beispielhaft für den Handlungsbedarf bei einer Novellierung der rechtlichen Rahmenbedingungen des Fluglärmrechts.

Im Ergebnis und im Sinne ausreichenden Lärmschutzes der betroffenen Bevölkerung muss Ziel der Novellierung insbesondere die Auseinandersetzung mit folgenden Sachverhalten sein:

- ▶ Erhöhung der Rechtssicherheit durch Legaldefinition rechtlicher Anforderungen insbesondere im Hinblick auf präzise Vorgaben zum einzuhaltenden Lärmschutzniveau, höhere Gewichtung des Schutzes vor Fluglärm, Verbesserung des Schutzniveaus zur Nachtzeit zwischen 22:00 und 06:00 Uhr,
- ▶ Festlegung von Lärmgrenzwerten,
- ▶ Verankerung von Lärmminimierungsgeboten,
- ▶ rechtsdogmatische Auseinandersetzung eines Rangverhältnisses zwischen aktivem und passivem Lärmschutz.

Gerade im Hinblick auf die Auseinandersetzung zwischen aktivem und passivem Lärmschutz kann die Grenze nicht in dem heute normierten Anwendungsbereich des FluLärmG in Bezug auf bauliche Nutzungsbeschränkungen und baulichen Schallschutz zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm beschränkt sein. Erforderlich ist ein übergeordnetes Konzept, welches auch andere rechtliche Rahmenbedingungen, wie z. B. das LuftVG, aufgreift.

## 4 Vollzug des Fluglärmgesetzes

### 4.1 Festsetzung von Lärmschutzbereichen

Mit Novellierung des FluLärmG wurde die Zuständigkeit für den Vollzug dieses Gesetzes vom Bund auf die Bundesländer übertragen. Die Festsetzung der LSB erfolgt seitdem durch Rechtsverordnung der jeweiligen Landesregierung. Das BMUB und das UBA unterstützen die jeweils zuständigen Länderbehörden, um einen einheitlichen Gesetzesvollzug zu gewährleisten.

Nach dem novellierten FluLärmG sollte eine erstmalige oder Neu-Festsetzung der LSB bis Ende 2009 erfolgen. Bis zu diesem Termin konnten für die meisten Flugplätze noch keine LSB nach dem novellierten FluLärmG festgesetzt werden. In einer Antwort der Bundesregierung auf eine kleine Anfrage der Fraktion Bündnis90/die Grünen aus dem Jahr 2010 (40) werden die Gründe hierfür genannt. Unter anderem sind Verzögerungen bei der Überprüfung und Validierung der zu erstellenden Fluglärmrechnungsprogramme, die begrenzte Anzahl von der mit der Materie vertrauten Fachleuten, die in kurzer Zeit Anfragen aller großen Flughäfen erhalten haben, angeführt worden. Im militärischen Bereich lag die Verzögerung auch darin begründet, dass die Bundeswehr ihr Stationierungskonzept überarbeitet hatte und es zu Unvorhersehbarkeiten der zukünftigen Nutzung von Flugplätzen kam.

Der LSB wird durch Rechtsverordnung (RVO) der jeweiligen Landesregierung festgesetzt. Dabei ist zu beachten, dass die Landesregierung eine RVO nur für den Teil des LSB erlässt, der innerhalb ihres Bundeslandes liegt. Dementsprechend wurden für Flugplätze, deren LSB über Ländergrenzen reichen, zwei RVO erlassen. So gibt es beispielsweise für den Verkehrsflughafen Bremen eine RVO des Bundeslandes Bremen und eine weitere des Bundeslandes Niedersachsen. Einen Sonderfall bildet der LSB für den Verkehrsflughafen Leipzig/Halle, der in Abbildung 1 dargestellt ist. Dieser Bereich wurde von der Sächsischen Landesregierung per RVO festgesetzt. Die Tag-Schutzzone 1 des LSB reicht knapp in das Gebiet des Bundeslandes Sachsen-Anhalt hinein. Die Nacht-Schutzzone liegt ebenfalls teilweise in Sachsen-Anhalt. Da jedoch die Entschädigungen aus dem Planfeststellungsverfahren für den Flughafen Leipzig/Halle über denen des FluLärmG lagen und es darüber hinaus keine Anspruchsberechtigungen nach FluLärmG im Bundesland Sachsen-Anhalt gab, hat Sachsen-Anhalt keine RVO über einen LSB für diesen Flughafen erlassen.

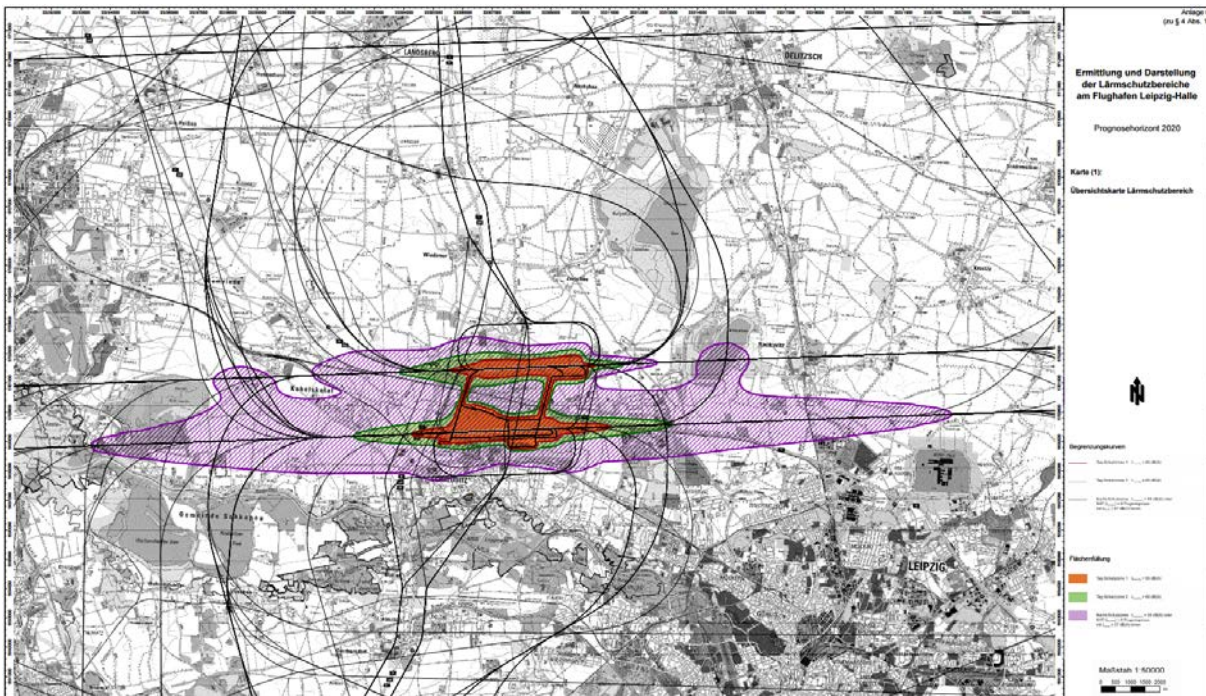


Abbildung 1: Lärmschutzbereich für den Verkehrsflughafen Leipzig/Halle (112)

Sollte bereits eine RVO über einen LSB auf der Grundlage des FluLärmG von 1971 bestehen, wird mit Festsetzung des neuen LSB nach dem novellierten FluLärmG die alte RVO nach Bundesrecht aufgehoben. Dies ist für zahlreiche Flugplätze erfolgt.

Bis zum 30.04.2017 wurde nach Kenntnis des UBA an 49 zivilen und militärischen Flugplätzen das Verfahren zur Festsetzung von LSB nach novelliertem FluLärmG eingeleitet und davon an 41 Flugplätzen mit Erlass einer RVO abgeschlossen. In Tabelle 1 sind diese Flugplätze im Einzelnen aufgeführt. Ergänzend dazu sei folgendes bemerkt: Für den ebenfalls unter das FluLärmG fallenden Flughafen Heringsdorf wurde wegen der geringen Ausdehnung der Fluglärmkonturen kein LSB festgesetzt. Aus ähnlichen Gründen wurde auch für den Flughafen Braunschweig kein LSB ausgewiesen. Weiterhin wurde die im Jahr 2011 erlassene RVO für den militärischen Flugplatz Neubrandenburg-Trollenhagen in 2015 wieder aufgehoben, weil der Flugplatz infolge eines überarbeiteten Stationierungskonzepts nicht mehr genutzt wird. Für den österreichischen Flughafen Salzburg wurden ebenfalls Fluglärmschutzzonen berechnet; eine Festsetzung des LSB auf dem deutschen Hoheitsgebiet steht noch aus. In Abbildung 2 ist der aktuelle Stand der Festsetzung der LSB nach dem novellierten FluLärmG veranschaulicht.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Lärmschutzbereiche nach dem novellierten Fluglärmgesetz (Stand: 30.04.2017)

Flugplatz	Art	ICAO-Ortskennung	RVO vom (Datum)	Anmerkung	Anspruch auf Schallschutz ab dem sechsten Jahr
Baden-Württemberg			Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg		
Friedrichshafen	Verkehrsflughafen	EDNY	20. Dez. 2010		21. Dez. 2015
Karlsruhe/Baden-Baden	Verkehrsflughafen	EDSB	20. Dez. 2010		21. Dez. 2015
Mannheim-City	Verkehrslandeplatz	EDFM	20. Dez. 2010		21. Dez. 2015
Stuttgart	Verkehrsflughafen	EDDS	20. Dez. 2010		21. Dez. 2015
Bayern			Bayrisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr		
Ansbach-Katterbach	Militärischer Flugplatz	ETEB			
Augsburg	Verkehrslandeplatz	EDMA		derzeit § 4 Abs. 1 FluglärmG nicht erfüllt	
Ingolstadt/Manching	Militärischer Flugplatz	ETSI	15. Mai. 2014		16. Mai. 2019
Lechfeld	Militärischer Flugplatz	ETSL			
Memmingen	Verkehrsflughafen	EDJA	06. Nov. 2012		07. Nov. 2017
München	Verkehrsflughafen	EDDM		in Bearbeitung	
Neuburg	Militärischer Flugplatz	ETSN	15. Mai. 2013		16. Mai. 2018
Nürnberg	Verkehrsflughafen	EDDN	09. Sep. 2014		10. Sep. 2019

Flugplatz	Art	ICAO-Ortskennung	RVO vom (Datum)	Anmerkung	Anspruch auf Schallschutz ab dem sechsten Jahr
Salzburg	Verkehrsflughafen	LOWS		in Abstimmung / Auslandsflughafen	
Brandenburg			Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg		
Berlin Brandenburg	Verkehrsflughafen	EDDB	07. Aug. 2013		08. Aug. 2018
Bremen			Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen		
Bremen	Verkehrsflughafen	EDDW	22. Dez. 2009		23. Dez. 2014
Hamburg			Behörde für Umwelt und Energie		
Hamburg	Verkehrsflughafen	EDDH	21. Feb. 2012		22. Feb. 2017
Hessen			Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung		
Frankfurt am Main	Verkehrsflughafen	EDDF	30. Sep. 2011		01. Okt. 2016
Kassel-Calden	Verkehrsflughafen	EDVK	11. Mrz. 2013		12. Mrz. 2018
Mecklenburg-Vorpommern			Ministerium für Wirtschaft, Bau und Tourismus		
Neubrandenburg-Trollenhagen	Flughafen	ETNU	12. Aug. 2011	Aufgehoben am 01. Jun. 2015	-
Heringsdorf	Verkehrsflughafen	EDAH		Kein Lärmschutzbereich, da die Lärmkonturen innerhalb des	-

Flugplatz	Art	ICAO-Ortskennung	RVO vom (Datum)	Anmerkung	Anspruch auf Schallschutz ab dem sechsten Jahr
				Flugplatzgeländes verlaufen	
Lübeck-Blankensee	Verkehrsflughafen	EDHL	15. Jan. 2013	Tag-Schutzzone 2 und Nacht-Schutzzone	16. Jan. 2018
Rostock-Laage	Militärischer Flugplatz	ETNL	26. Mai. 2014		27. Mai. 2019
Niedersachsen			Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz		
Braunschweig	Flughafen	EDVE		wird nicht festgesetzt	-
Bremen	Verkehrsflughafen	EDDW	14. Sep. 2010		15. Sep. 2015
Hannover-Langenhagen	Verkehrsflughafen	EDDV	14. Sep. 2010		15. Sep. 2015
Nordholz	Militärischer Flugplatz	ETMN			
Wittmundhaven	Militärischer Flugplatz	ETNT	04. Aug. 2015		05. Aug. 2020
Wunstorf	Militärischer Flugplatz	ETNW	13. Aug. 2012		14. Aug. 2017
Nordrhein-Westfalen			Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW		
Dortmund	Verkehrsflughafen	EDLW	11. Sep. 2012		12. Sep. 2017
Düsseldorf	Verkehrsflughafen	EDDL	25. Okt. 2011		26. Okt. 2016
Geilenkirchen	Militärischer Flugplatz	ETNG	15. Okt. 2013		16. Okt. 2018

<b>Flugplatz</b>	<b>Art</b>	<b>ICAO-Ortskennung</b>	<b>RVO vom (Datum)</b>	<b>Anmerkung</b>	<b>Anspruch auf Schallschutz ab dem sechsten Jahr</b>
Köln/Bonn	Verkehrsflughafen	EDDK	07. Dez. 2011		08. Dez. 2016
Münster/Osnabrück	Verkehrsflughafen	EDDG	13. Mrz. 2012		14. Mrz. 2017
Niederrhein	Verkehrsflughafen	EDLV	07. Dez. 2013		08. Dez. 2018
Nörvenich	Militärischer Flugplatz	ETNN	11. Jun. 2013		12. Jun. 2018
Paderborn/Lippstadt	Verkehrsflughafen	EDLP	11. Dez. 2012		12. Dez. 2017
Rheinland-Pfalz			Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz		
Büchel	Militärischer Flugplatz	ETSB	27. Jul. 2016		28. Jul. 2021
Frankfurt-Hahn	Verkehrsflughafen	EDFH	27. Jul. 2016		28. Jul. 2021
Ramstein	Militärischer Flugplatz	ETAR	27. Jul. 2016		28. Jul. 2021
Spangdahlem	Militärischer Flugplatz	ETAD	27. Jul. 2016		28. Jul. 2021
Saarland			Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr		
Saarbrücken-Ensheim	Verkehrsflughafen	EDDR	09. Aug. 2011		10. Aug. 2016
Sachsen			Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft		
Dresden	Verkehrsflughafen	EDDC	15. Feb. 2012		16. Feb. 2017
Leipzig/Halle	Verkehrsflughafen	EDDP	15. Feb. 2012		16. Feb. 2017
Schleswig-Holstein			Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume		

<b>Flugplatz</b>	<b>Art</b>	<b>ICAO-Ortskennung</b>	<b>RVO vom (Datum)</b>	<b>Anmerkung</b>	<b>Anspruch auf Schallschutz ab dem sechsten Jahr</b>
Lübeck-Blankenese	Verkehrsflughafen	EDHL	29. Feb. 2012		01. Mrz. 2017
Hamburg	Verkehrsflughafen	EDDH	13. Mrz. 2012		14. Mrz. 2017
Hohn	Militärischer Flugplatz	ETNH	23. Dez. 2016		24. Dez. 2021
Schleswig	Militärischer Flugplatz	ETNS	18. Nov. 2011		19. Nov. 2016
Sylt	Verkehrsflughafen	EDXW	02. Jun. 2010		03. Jun. 2015
Thüringen			Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr		
Erfurt-Weimar	Verkehrsflughafen	EDDE	15. Mai. 2014		16. Mai. 2019



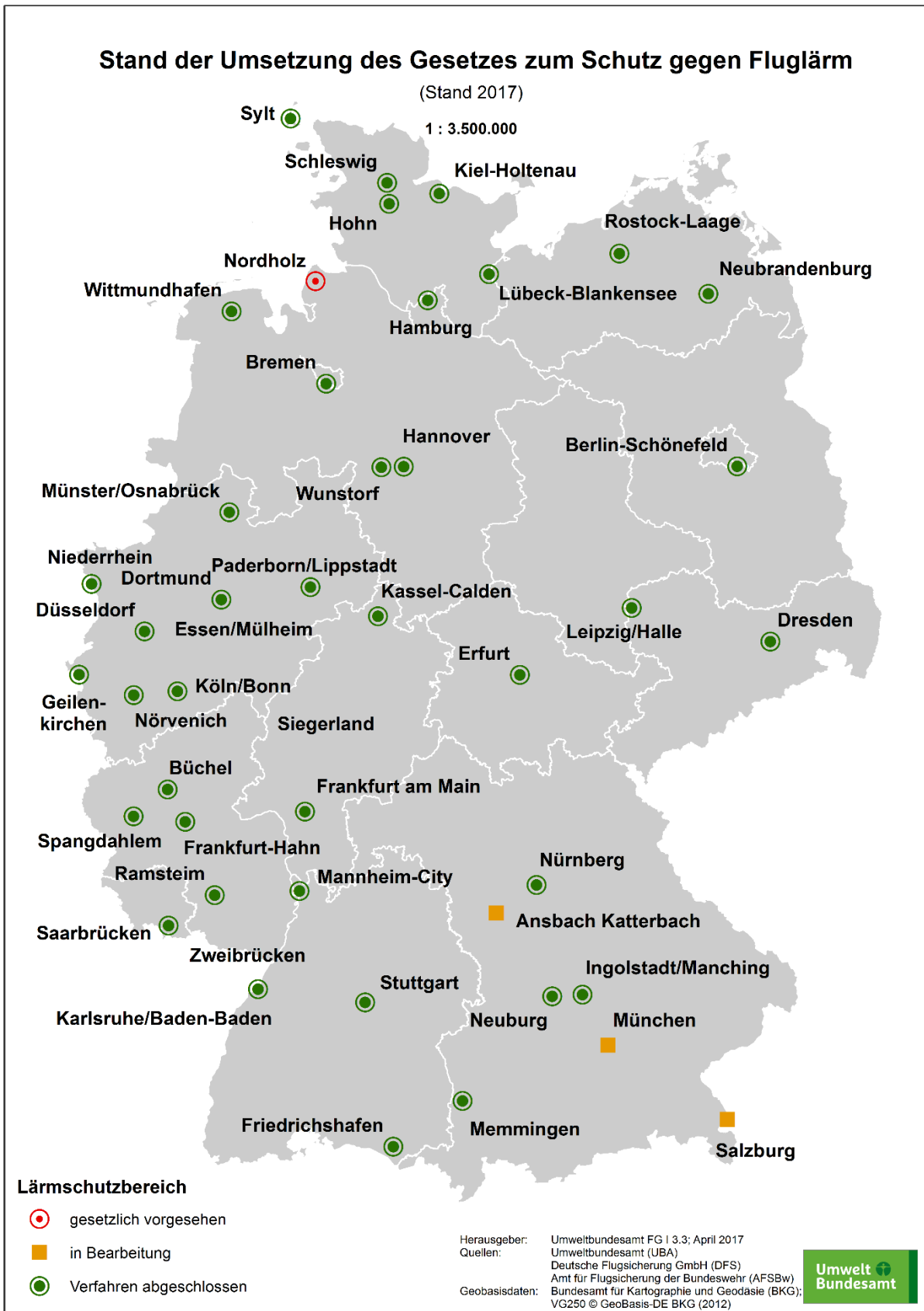


Abbildung 2: Übersicht über die Festsetzung von Lärmschutzbereichen nach dem novellierten Fluglärmgesetz

## 4.2 Umsetzung der 2. Fluglärmenschutzverordnung

Innerhalb des LSB bestehen bauliche Nutzungsbeschränkungen, um die Siedlungsentwicklung in der Flugplatzumgebung zu beeinflussen und so möglichen Lärmkonflikten vorzubeugen. Darüber hinaus werden auf Kosten des Flugplatzhalters die Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen an bestehenden Wohngebäuden in der Tag-Schutzzone 1 und der Nacht-Schutzzone des LSB bis zu einem bestimmten Betrag erstattet. Die dabei zu beachtenden baulichen Schallschutzanforderungen sind in der 2. FlugLSV detailliert geregelt. Der Stand der Umsetzung dieser RVO ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Angaben sind das Ergebnis einer Länderabfrage, die im Rahmen des Forschungsvorhabens „Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm“ (112) durchgeführt wurde. Sie umfassen überwiegend alle LSB, die auf der Grundlage des FluLärmG in einem Bundesland erlassen worden sind. Ausnahmen davon bilden folgende Fälle: Die Angaben für das Bundesland Hessen beziehen sich nur auf den Verkehrsflughafen Frankfurt/Main, bei Niedersachsen auf den Verkehrsflughafen Hannover und im Fall von Mecklenburg-Vorpommern nur auf den LSB für den Flughafen Lübeck.

Zum Vergleich sind in Tabelle 2 die Kosten für bauliche Schallschutzmaßnahmen an Flughäfen angegeben, die die „Arbeitsgruppe (AG) zu den Kostenfolgen der Novelle des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm“ im Jahr 2005 für die Vorbereitung des novellierten FluLärmG geschätzt hatte (42). Es wird deutlich, dass die Anzahl der Anspruchsberechtigten sehr stark zwischen den einzelnen Standorten schwankt. Sowohl nach dem Bericht des Öko-Instituts zur Evaluation der 2. Fluglärmenschutzverordnung (111) als auch nach dem Bericht zur Evaluation des Fluglärmgesetzes (112) liegen die gezahlten Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen deutlich unter den Kosten, die zur Verbreitung des novellierten FluLärmG im Jahr 2005 geschätzt wurden. Gründe dafür liegen zum einen in den durch freiwillige Schallschutzprogramme an Flughäfen bereits erstatteten Kosten, sind aber auch darin zusehen, dass verschiedene Anspruchsberechtigte es ablehnen, sich Lüfter einbauen zu lassen. Weitere Gründe werden im Bericht zur Evaluierung der 2. Fluglärmenschutzverordnung genannt, beispielsweise die schwierige Informationslage. So wissen Anspruchsberechtigte mitunter nicht, dass sie Anträge zu Entschädigungen stellen können. Zudem wird das Antragsverfahren häufig als zu kompliziert und in verschiedenen Punkten als unklar kritisiert. In der Praxis stellt sich zu Beginn des Antragsverfahrens häufig die Frage, welche Kosten schlussendlich erstattet werden und ob der Antragsteller in Vorleistung gehen muss.

Tabelle 2 Stand der Umsetzung der 2. FlugLSV aufgrund von Rückmeldungen aus den Bundesländern (Stand: März 2017) nach (111) sowie (9)

Bundesland	Anspruchsberechtigte		Anzahl der Anträge		Status der Anträge			Erstattungsbeträge		
	Tag-Schutzzone 1	Nacht-Schutzzone	gestellt	erwartet	bewilligt	abgelehnt	zurückgezogen	gezahlt [in 1000 €]	erwartet [in 1000 €]	Für Flughäfen geschätzt im Jahr 2005 [in 1000 €]
Baden-Württemberg	70	4.914	36	k.A.	29	6	0	86,65	25,0	6.590,0
Bayern	246	k.A.	24	90	1	3	5	k.A.	k.A.	59.840,0
Berlin	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0
Brandenburg	200	6.500	200	1.500	0	65	1		20.000,0	0
Bremen	10	2.500	90	k.A.	18	0	3	k.A.	k.A.	5.690,0
Hamburg	1.053	5.489	1.302	k.A.	570	229	434	2.233,0	k.A.	40.000,0
Hessen (nur FRA)	12.500	69.500	10.661	7.500	10.231	2000	250	16.000,0	16.000,0 bis 25.000,0	334.010,0
Mecklenburg-Vorpommern (nur LBC)	0	10	0	0	0	0	0	-	-	
Niedersachsen (nur HAJ)	k.A.	900	111	70	3	27	46	18,16	k.A.	5.690,0
Nordrhein-Westfalen	531	k.A.	181	0	0	3	70	-	-	103.320,0
Rheinland-Pfalz	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
Saarland	0	0	0	0	0	0	0	-	-	
Sachsen	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	500,0
Sachsen-Anhalt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Bundesland	Anspruchsberechtigte		Anzahl der Anträge		Status der Anträge			Erstattungsbeträge		
	Tag-Schutz- zone 1	Nacht- Schutzzone	gestellt	erwartet	bewilligt	abgelehnt	zurück- gezogen	gezahlt [in 1000 €]	erwartet [in 1000 €]	Für Flughäfen geschätzt im Jahr 2005 [in 1000 €]
Schleswig- Holstein	k.A.	6.700	1.300	k.A.	40	k.A.	k.A.	46,40	k.A.	
Thüringen	0	-	3	-	0	0	3	-	-	0

### 4.3 Umsetzung der 3. Fluglärmenschutzverordnung

Die dritte Fluglärmenschutzverordnung regelt die finanzielle Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs innerhalb der Tag-Schutzzone 1 des LSB. Zum Stand der Umsetzung dieser RVO wurden die Länder ebenfalls befragt. Danach haben die Länder Hessen und Schleswig-Holstein Zahlungen geleistet, und zwar für den Flughafen Frankfurt/Main bzw. Lübeck. Konkrete Angaben über die Höhe der gezahlten Entschädigung liegen nur für Hessen vor.

Nach Angaben des Landes Hessen wurden insgesamt 87,41 Mio. € für Entschädigungen nach der dritten Fluglärmenschutzverordnung angesetzt. Dabei wird von 12.500 Antragsberechtigten ausgegangen. Dieser Ansatz entspricht der Kostenschätzung, die zur Verbreitung des novellierten FluLärmG im Jahr 2005 durchgeführt wurde. Von den 87,41 Mio. € wurden bisher 16,2 Mio. € ausgegeben, die sich auf 4.867 Antragsteller verteilen. Es werden weitere Kosten in Höhe von ca. 15 Mio. € erwartet. 633 Anträge wurden abgelehnt, weil die Antragsteller sich außerhalb des Anspruchsgebietes befinden.

### 4.4 Beurteilung der Kosten

Nach dem FluLärmG werden die Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen an bestehenden Wohngebäuden innerhalb der Tag-Schutzzone 1 und der Nacht-Schutzzone durch den Flugplatzhalter bis zu einem bestimmten Höchstbetrag erstattet. In der Nacht-Schutzzone werden zudem die Aufwendungen für den Einbau von Lüftungseinrichtungen in Schlafräumen vom Flugplatzhalter getragen. Darüber hinaus wird bei Neu- oder wesentlichen Ausbauprojekten eine finanzielle Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs in der Tag-Schutzzone 1 geleistet. Die Kostenauswirkungen der Novelle des FluLärmG im Jahr 2007 waren daher bei der Vorbereitung der Gesetzesnovelle ein sehr umstrittener Diskussionspunkt.

Die Kostenfolgen der Gesetzesnovelle sind für die zivilen Flugplätze von einer paritätisch zusammengesetzten Arbeitsgruppe abgeschätzt worden. Der Abschlussbericht der „Arbeitsgruppe zu den Kostenfolgen der Novelle des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm“ vom 21. Februar 2005 schätzt die sich zivilen Flugplatzunternehmer ergebenden Kosten auf 614 Mio. € oder - bei Ausbau der Verkehrsflughäfen Bremen und Köln/Bonn - auf ca. 738 Mio. € (42). Für die militärischen Flugplätze und Luft/Boden-Schießplätze schätzte das UBA die Kosten auf insgesamt 75 Mio. € bis 95 Mio. € (42). Aufgrund dieser Kostenangaben hat der Gesetzgeber im FluLärmG eine zeitliche Streckung der für die Flugplatzhalter resultierenden Kosten vorgesehen. Dazu werden die Tag-Schutzzone 1 und die Nacht-Schutzzone untergliedert. Nur in den jeweils inneren Bereichen entsteht ein Kostenerstattungsanspruch für baulichen Schallschutz bereits zum Zeitpunkt der Festsetzung des Lärmschutzbereichs. Im äußeren Bereich der Tag-Schutzzone 1 eines bestehenden Verkehrsflughafens mit einem äquivalenten Dauerschallpegel für Tagesbewertung ( $L_{Aeq, Tag}$ ) kleiner 70 dB(A) und im äußeren Bereich der Nacht-Schutzzone mit einem äquivalenten Dauerschallpegel für die Nachtbewertung ( $L_{Aeq, Nacht}$ ) kleiner 60 dB(A) entsteht der Erstattungsanspruch in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung erst sechs Jahre nach der Festsetzung des LBS. Für militärische Flugplätze gelten jeweils um 3 dB(A) höhere Werte.

In entsprechender Weise gelten für neue oder wesentlich geänderte Flughäfen in der Tag-Schutzzone 65 dB(A) und in der Nacht-Schutzzone 55 dB(A) bzw. für militärische Flugplätze jeweils um 3 dB(A) höhere Werte.

Vergleicht man die damaligen Kostenschätzungen mit den tatsächlich entstandenen Kosten zeigt sich ein deutlich anderes Bild: So wurden bislang an zivilen und militärischen Flugplätzen insgesamt rund 18,3 Mio. € für bauliche Schallschutzmaßnahmen erstattet. Zu dieser Summe kommen noch 45 Mio. €, die in den nächsten Jahren erwartet werden. Weiterhin wird mit 87,41 Mio. € für die finanzielle Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs gerechnet. Insgesamt sind somit Kosten in Höhe von ca. 151 Mio. € zu erwarten. Damit liegen die tatsächlich entstandenen Kosten

wesentlich niedriger als die im Jahr 2005 geschätzten Kosten, die sich bei den zivilen und militärischen Flugplätzen zusammen auf mindestens 689 Mio. € beliefen. Das UBA hat bei der Vorbereitung des vorliegenden Fluglärmberichts die relevanten Akteure explizit um genaue Kostenangaben gebeten. Soweit hierzu eine Rückmeldung erfolgte, sind diese bei den genannten tatsächlichen Kosten berücksichtigt.

Vor dem Hintergrund der deutlich geringeren Kosten ist auch die im FluLärmG enthaltene zeitliche Kostenstreckung grundsätzlich zu hinterfragen. Zudem ergibt sich aufgrund der recht späten Festsetzung mancher LSB, insbesondere an militärischen Flugplätzen, erst in den kommenden Jahren ein Erstattungsanspruch. So entsteht beispielsweise an den militärischen Flugplätzen Büchel und Ramstein der Regelanspruch erst im Jahr 2021.

#### **4.5 Zwischenfazit**

Zehn Jahre nach Inkrafttreten des novellierten FluLärmG sind für die meisten zivilen und militärischen Flugplätze LSB nach diesem Gesetz festgesetzt. Eine Ausnahme davon bildet der Verkehrsflughafen München, wo die Arbeiten wegen der Diskussion über den Bau einer dritten Start- und Landebahn noch nicht abgeschlossen sind. Aufgrund der im FluLärmG enthaltenen Regelung, dass der Anspruch auf die Erstattung der Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen im Regelfall erst mit Beginn des sechsten Jahres nach Festsetzung des LSB entsteht, sind in zahlreichen Fällen bauliche Schallschutzmaßnahmen noch im Gange oder werden sogar erst in den nächsten Jahren beginnen. Für Flugplätze, über die Angaben über entstandene oder zu erwartende Kosten vorliegen, lässt sich sagen, dass die durch den Flugplatzhalter zu erstattenden Aufwendungen deutlich niedriger liegen als die Kosten, die für die Vorbereitung des novellierten FluLärmG im Jahr 2005 geschätzt wurden – und zwar absolut als auch pro Maßnahme. Es gibt keinen Hinweis, dass die bei der Novellierung des Gesetzes im Jahr 2007 erwartete Höhe der zu erstattenden Aufwendungen an anderen Flugplätzen erreicht oder gar überschritten wurde. Hieraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass die aktuellen Werte der Schutzzonengrenzwerte (SGW) nicht die für die Flugplatzhalter erwartete hohe wirtschaftliche Belastung ergeben haben.

## 5 Lärmwirkungsforschung

### 5.1 Der aktuelle Stand der Lärmwirkungsforschung

Mit der Gesetzesnovelle von 2007 wurde das FluLärmG in verschiedenen Punkten geändert und an die gestiegenen Anforderungen des Lärmschutzes angepasst. Um eine Weiterentwicklung und einen Einbezug von sich verändernden Rahmenbedingungen zu ermöglichen, wurde in §2 Abs. 3 FluLärmG die Pflicht zur Evaluation vor dem Hintergrund des aktuellen Stands der Lärmwirkungsforschung sowie der Luftfahrttechnik festgeschrieben. Im folgenden Kapitel werden relevante wissenschaftliche Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung seit dem Jahr 2007 dargestellt und anschließend hinsichtlich ihrer Implikationen für die Inhalte des FluLärmG bewertet und durch konkrete Handlungsempfehlungen unterlegt.

#### 5.1.1 Darstellung der Wirkungen von Fluglärm auf die Gesundheit und Lebensqualität

Im Einklang mit den Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO) lassen sich verschiedene Wirkungsfelder von Lärm auf den Menschen differenzieren: Hierzu zählen insbesondere die Belästigung, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlafstörungen und die Beeinträchtigung der kognitiven Entwicklung (bei Kindern) (27). Die folgende Betrachtung orientiert sich an diesen Wirkungsfeldern und greift darüber hinaus Ergebnisse zu weiteren Gesundheitswirkungen, wie beispielsweise mentalen Erkrankungen auf. Für eine ausführliche Darstellung relevanter wissenschaftlicher Studien seit 2007 sei an dieser Stelle auch auf WERESFLU verwiesen.

##### 5.1.1.1 Belästigung

Neben den Herz-Kreislauf-Erkrankungen gehört die Beschreibung des Belästigungserlebens der Bevölkerung zu den am intensivsten erforschten Wirkungen des Fluglärms.

Laut WHO ist die Belästigung eine komplexe Reaktion, die primär aus drei Elementen besteht: (a) einer häufig wiederholten Störung von Aktivitäten (wie beispielsweise der Kommunikation mit anderen Menschen, dem Hören von Musik, dem Lesen, Arbeiten oder Schlafen), die Verhaltensanpassungen zwecks Minimierung der Störung nach sich zieht;

(b) eine einstellungs-bezogene Reaktion (Wut oder Ärger über die Störung; oder die negative Evaluation der entsprechenden Lärmquelle);

(c) eine kognitive Reaktion (beispielsweise die Einsicht, dass es kaum eine Möglichkeit gibt, sich gegen die ungewollte Situation zu wehren). Es handelt sich hierbei um eine Stress-Reaktion die auf Grund eines Umwelt-Stressors (Lärm) ausgelöst wird und physiologische, emotionale, kognitive und Verhaltensänderungen nach sich zieht. Sie kann anteilig erinnert und in Form der langfristigen Belästigung verbalisiert werden (vgl. (72)).

Belästigung wird durch ein standardisiertes Fragebogeninstrument erhoben – die so genannte ICBEN-Frage<sup>3</sup>. Diese differenziert die Belästigung einer Person durch eine Lärmquelle auf einer 5-stufigen Skala von „überhaupt nicht“ (1) bis „äußerst“ (5). Berechnet und dargestellt wird der Zusammenhang zwischen der Schallexposition und der Belästigung bzw. Störung der Bevölkerung anhand des Anteils hoch belästigter Personen (sog. Highly Annoyed) pro Lärmpegelstufe. Hieraus resultieren Expositions-Wirkungskurven für unterschiedliche Lärmarten. Eine der relevantesten Darstellungen dieser Art sind die so genannten Miedema-Kurven. Diese aggregieren den Anteil der belästigten Personen pro Pegelklasse aus verschiedenen Kurven der Belästigungsforschung in einer Meta-Analyse und bilden ihn in einer Kurve ab. Die Kurven der jeweiligen Lärmquellen zeigen, dass der Anteil hoch belästigter

<sup>3</sup> ICBEN steht für International Commission on the Biological Effects of Noise. Die Kommission traf 1999 eine Vereinbarung über die Frage zur Erfassung der generellen und quellenspezifischen Lärmbelästigung; diese international vereinheitlichte Frage wird heute oftmals vereinfacht als „die ICBEN-Frage“ bezeichnet. Die Fragestellung ist in mehrere Sprachen übersetzt und international standardisiert worden (ISO/TS 15666).

Personen mit der Geräuschbelastung kontinuierlich und zunehmend stärker ansteigt (90). Die auf Miedema zurückzuführenden Expositions-Wirkungs-Kurven finden derzeit in der europäischen Gesetzgebung im Rahmen der EU-Umgebungslärmrichtlinie Anwendung.

Seit der Novellierung des FluLärmG im Jahr 2007 hat es eine Reihe von umfangreichen Erhebungen an verschiedenen Flughäfen in Europa gegeben, die das Belästigungserleben und die Lebensqualität der Menschen untersuchen. Hierzu zählen unter anderem: Die Lärmstudie 2000, welche das Belästigungserleben am Flughafen Zürich untersucht (24), (25), die internationale HYENA-Studie (6)), in welcher die Belästigung an fünf europäischen Flughäfen erhoben worden ist, sowie die RDF Belästigungsstudie (110) und die NORAH-Studie (109), die in einem zeitlichen Abstand von zehn Jahren am Flughafen Frankfurt/Main durchgeführt worden sind.

Ein Beispiel, an dem sich das Ausmaß der Entwicklung des Belästigungserlebens in Deutschland verdeutlichen lässt sind die Ergebnisse der NORAH-Studie. Diese belegen das Auftreten eines so genannten ‚change-effects‘ durch die Zunahme des Anteils der hoch belästigten Personen um 5% im Pegelbereich zwischen 40-45 dB(A) Dauerschallpegel  $L_{Aeq,06-22}$  Uhr vor und nach Eröffnung der vierten Landebahn Nord-West am Flughafen in Frankfurt in den Jahren 2011 und 2012. Des Weiteren verdeutlichen die Ergebnisse, dass die Belästigung durch Fluglärm insgesamt deutlich angestiegen ist. In einem Querschnittvergleich vier großer deutscher Flughäfen (Frankfurt/Main, Köln/Bonn, Stuttgart, Berlin) zeigt sich ein Erreichen des Anteils von 25% hoch belästigter Personen bei gleichem Dauerschallpegel bei um etwa 10 dB(A) niedrigerem  $L_{DEN}$  im Vergleich zu den EU-Kurven aus dem Jahr 2001, die auf Miedema beruhen (109). Janssen und Kollegen berechneten und aggregierten bereits im Jahr 2009 in einem Review von sieben aktuellen Belästigungs-Studien ähnlich hohe Expositions-Wirkungszusammenhänge für die Lärmbelästigung durch Fluglärm und den  $L_{DEN}$  wie die NORAH-Studie (80).

Die Erhebungen zur Belästigung im Rahmen der HYENA Studie bestätigt ein weiteres häufig berichtetes Phänomen der Lärmbelästigung: die Analysen zeigen, dass das Belästigungserleben hauptsächlich durch die Tageswerte und den Außenpegel (außerhalb der Wohnung) bestimmt werden. Bei Fluglärmpegeln oberhalb von 50 dB(A)  $L_{Night}$  wurden zudem auch höhere Belästigungswerte für die Nacht berichtet (6).

Ein wichtiger Bestandteil des Belästigungsurteils sind darüber hinaus die Tages- und Nachtrandstunden. So zeigt eine Erhebung auf Basis der Daten der Lärmstudie 2000 am Züricher Flughafen, sowie Daten aus der RDF-Belästigungsstudie am Frankfurter Flughafen, dass die Belästigungspotenziale der Tages und Nachtrandstunden (zwischen 21.00 – 22.00 Uhr und 05.00 – 06.00 Uhr) am höchsten sind (24). Vergleichbare Erkenntnisse liefern auch die Ergebnisse der NORAH-Studie zu den selbstberichteten Schlafstörungen. Im Modul zum Belästigungserleben wurden selbstberichtete Schlafstörungen anhand eines Fragen-Index untersucht, welcher aus drei Fragen zum Einschlafen, Durchschlafen und Ausschlafen bestand. Die Analysen zeigen, dass nach Einführung einer Kernruhezeit am Frankfurter Flughafen die selbstberichteten Schlafstörungen insgesamt zwar zurückgehen, dies wird aber vor allem durch einen Rückgang des Störungserlebens beim Durchschlafen gegenüber einer Zunahme des Störungserlebens beim Ausschlafen kompensiert (109).

Alle Studien zeigen übereinstimmend, dass ein erheblicher Teil der Bevölkerung durch Fluglärm (hoch) belästigt wird (109), (6), (80), (25). Im Vergleich zu den aggregierten Miedema-Kurven belegen die wissenschaftlichen Erkenntnisse der letzten zehn bis fünfzehn Jahre darüber hinaus eine Zunahme der Belästigung bei gleicher akustischer Belastung. So ist davon auszugehen, dass Menschen heute bei gleichem energieäquivalentem Dauerschallpegel belästigter sind als noch vor zehn oder fünfzehn Jahren. Im politischen Prozess wird häufig der Wert von 25% hoch belästigter Personen als Grenze für die Zumutbarkeit verwendet. Den aktuellen Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung Rechnung tragend ist der Anteil von 25% hoch belästigter Personen heute bereits bei ca. 10 dB(A) niedrigeren



Fluglärm-Dauerschallpegel  $L_{DEN}$  als noch vor 10 oder 15 Jahren und im Vergleich zu den Miedema-Kurven erreicht.

Auch die WHO hat sich umfassend mit dem Thema Belästigung und Beeinträchtigung durch Fluglärm befasst und im April 2017 erste Teile ihrer wissenschaftlichen Review-Arbeiten für die Überarbeitung der „Community Noise Guidelines“ vorgestellt. Teil der Überarbeitung ist auch eine umfassende Meta-Analyse kontemporärer Belästigungsstudien, sowie eine daraus resultierende aktualisierte Expositions-Wirkungskurve für die Belästigung. Im Einklang mit den bereits dargestellten Ergebnissen, zeigt die Kurve eine deutliche Zunahme des Anteils hoch belästigter Personen bei gleicher akustischer Belastung im Vergleich zu den 15 Jahre alten Miedema-Kurven. (siehe Abbildung 3)

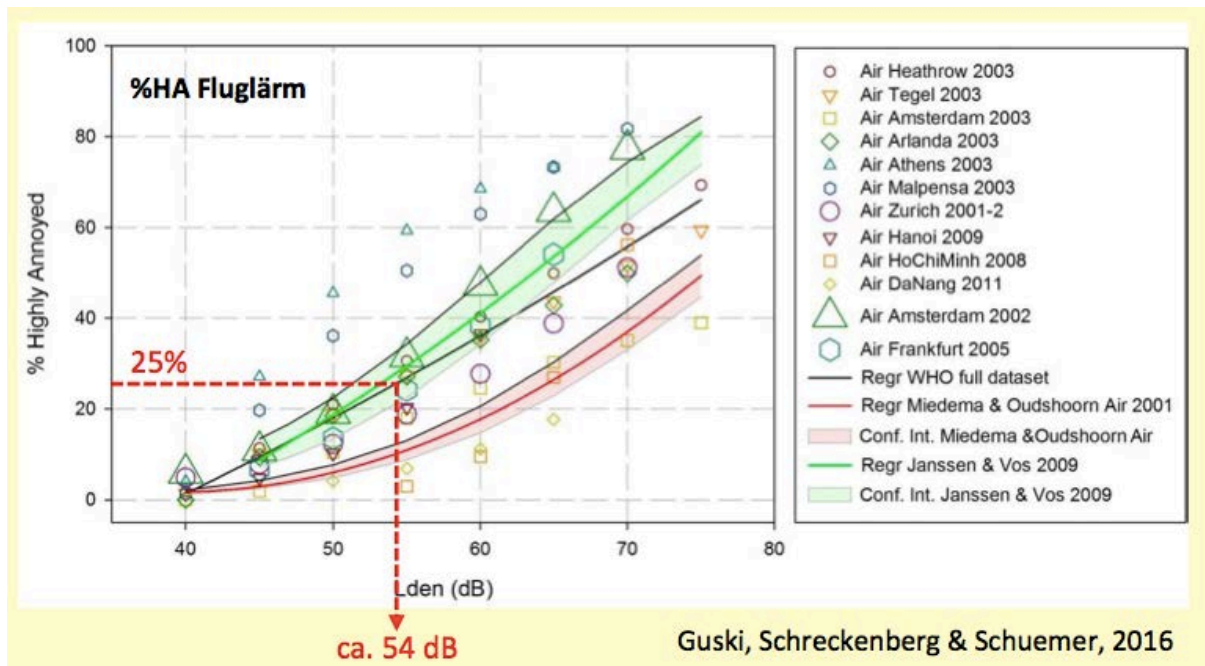


Abbildung 3 Expositions-Wirkungszusammenhang des  $L_{DEN}$  Fluglärm und dem Anteil hoch belästigter Personen (aus Meta-Analyse für die Überarbeitung der WHO Richtlinien)

Die Ursache für den Anstieg der Belästigung ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht abschließend geklärt. Eine These postuliert, dass das Belästigungserleben mit den Verkehrsbewegungshäufigkeiten verknüpft sein könnte und durch eine Zunahme der Verkehrsbewegungen folglich auch die Belästigung stärker gestiegen ist. Studien aus den 1980er Jahren legen bereits nahe, dass nicht unbedingt die Minderung des Dauerschallpegels, sondern auch die Änderung der Häufigkeit der Verkehrsbewegung einen Einfluss auf das subjektive Belästigungsempfinden haben (102). Dies unterstreicht die Relevanz aktiver Lärmschutzmaßnahmen, wie beispielsweise Nachtflugbeschränkungen an Flughäfen.

### 5.1.1.2 Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Lärm stört oder belästigt jedoch nicht nur das subjektive Wohlbefinden und die Psyche sondern beeinflusst auch die körperliche Gesundheit: Durch Lärm werden das Hormonsystem und das autonome Nervensystem aktiviert. Infolgedessen können sich der Blutdruck und die Herzfrequenz verändern und der Stoffwechsel und dessen Regulation beeinträchtigt werden. Biologische Risikofaktoren, wie der Blutzucker oder die Gerinnung des Blutes, können sich verändern und zu Arterienverkalkung und Bluthochdruck bis hin zum Herzinfarkt führen. In Abbildung 1 ist zu sehen, wie Lärm sowohl auf dem direkten als auch auf dem indirekten Pfad Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System nimmt und welche Folgen er haben kann.

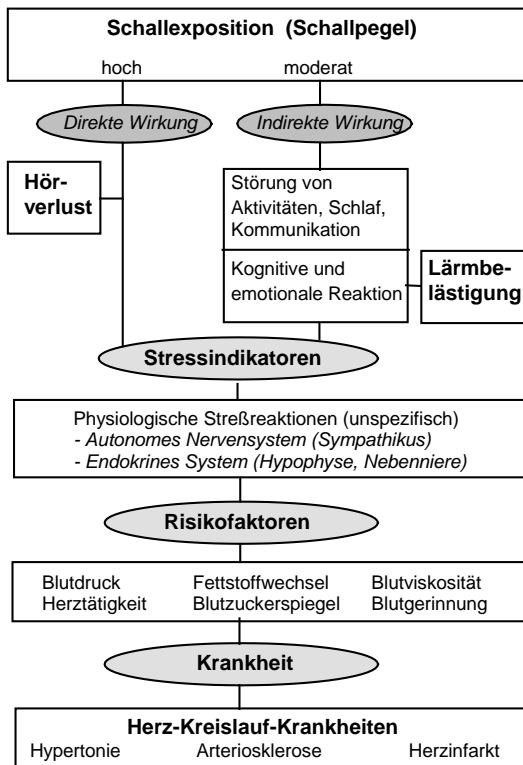


Abbildung 4 Wirkungsschema zum lärmbedingten Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen (aus (94))

Herz-Kreislauf-Erkrankungen gehören zu den am meisten untersuchten Krankheitsbildern. Hierzu zählen Veränderungen des Blutdrucks (Hypertonie und Hypotonie), ischämische Herzkrankheiten, wie Herzinsuffizienz und der Myokardinfarkt, aber auch so genannte Hirninfarkte bzw. Schlaganfälle.

Fluglärm gehört zu den am besten untersuchten Geräuschquellen, welche - neben dem Straßenverkehrslärm - durch eine Mehrzahl der durchgeführten Studien zu den Wirkungen von Verkehrslärm auf das Herz-Kreislauf-System adressiert wird.

Im Einzelnen lassen sich exemplarisch fünf Arbeiten seit der Novellierung des FluLärmG im Jahr 2007 hervorheben: die HYENA Studie (u.a. (81)), die NORAH-Studie (113), die Köln/Bonn-Studie des Umweltbundesamts (67), Blutdruckerhebungen der schwedischen Forschenden-Gruppe um Eriksson und Kollegen (52), (54) und die Review-Arbeiten von Vienneau und Kollegen (122), so wie Kaltenbach und Kollegen (82). So zeigt die an sechs europäischen Flughäfen durchgeführte HYENA-Studie beispielsweise den Zusammenhang zwischen Luft- und Straßenverkehrslärm und der Prävalenz von Hypertonie: Bei einem Anstieg des nächtlichen Fluglärmpegels ( $L_{Night}$ ) von 10 dB(A) stieg das Risiko an Bluthochdruck zu erkranken ab einem Dauerschallpegel über 35 dB(A) um 14 %. Auch für den Straßenverkehr wurde eine Risikoerhöhung von 10 % bei einem Anstieg des Schalldruckpegels um 10 dB(A) gefunden (81).

Auch die Untersuchungen von Eriksson und Kollegen (52), (54) belegt einen Anstieg des Risikos an Bluthochdruck zu erkranken. Eriksson und Kollegen begleiteten ca. 2000 männliche Probanden über einen Zeitraum von zehn Jahren und fanden heraus, dass bei einer Fluglärmexposition von über 50 dB(A) Dauerschallpegel LDEN das Risiko an einer Hypertonie zu erkranken um 19% pro 5 dB(A) stieg.

Reviews und Übersichtsarbeiten zu den Wirkungen von Verkehrslärm im Allgemeinen und Fluglärm insbesondere kommen zu dem Ergebnis, dass es einen signifikanten Anstieg des Risikos an Herz-

Kreislauf-Erkrankungen und insbesondere einen Herzinfarkt zu erleiden, gibt (82); (122); (93); (72). Das systematische Review von Vienneau und Kollegen (122) findet beispielsweise ein gepoolten Risikoanstieg an ischämischen Herzkrankheiten zu erkranken von 6% pro Anstieg des Dauerschallpegels LDEN um 10 dB(A) ab einem Pegel von 50 dB(A). Die strukturierte Übersichtarbeit von Kaltenbach und Kollegen (82) schätzt den Risikoanstieg an einer chronischen arteriellen Hypertonie zu erkranken auf bis zu 20% pro 10 dB(A) Anstieg des Fluglärm Dauerschallpegels ein (ab 50 dB(A) LDEN) und kommt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass ein LDEN von 50 dB(A) nicht überschritten werden sollte, um das Risiko an weiteren Herzkreislaferkrankungen, wie Herzinfarkt und Schlaganfall zu erkranken zu minimieren.

Eine Vielzahl der epidemiologischen Erhebungen untersucht insbesondere den Zusammenhang zwischen Dauerschallpegeln (LDEN, LAeq,24h, LAeq,16h) und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Dass neben dem Dauerschallpegel auch nächtliche Einzelereignisse einen signifikanten Einfluss haben können, verdeutlicht die NORAH Studie: die sekundärdatenbasierte Fallkontroll-Studie fand ein erhöhtes Erkrankungsrisiko einen Schlaganfall zu erleiden bei Menschen, die nächtlichen Maximalpegeln von > 50 dB(A) LA,max,außen bei einem gleichzeitigen Dauerschallpegel von <40 dB(A) LAeq,24h ausgesetzt sind.

Die Studien bestätigen, dass (a) Personen, die stärker durch Fluglärm belastet sind, höhere Blutdruckwerte aufweisen als Menschen, die in ruhigeren Wohngebieten leben; (b) sich das Risiko, an Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu erkranken, ab einem Dauerschallpegel von 50 dB(A) LDEN signifikant erhöht; (c) neben den Dauerschallpegeln (LDEN, LAeq,24h, LNight) auch nächtliche Einzelpegel (LA,max) einen Einfluss auf das Risiko an Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu erkranken signifikant erhöht.

Im Einklang mit diesen Erkenntnissen belegen mehrere Analysen von Krankenkassendaten an Flughäfen in Deutschland, den Niederlanden und Schweden ebenfalls den Zusammenhang zwischen der Fluglärmbelastung und verschreibungspflichtigen Medikamenten für kardiovaskuläre Erkrankungen (52); (70); (61); (118). Am Flughafen Amsterdam-Schiphol wurde beispielsweise bei einem Anstieg des äquivalenten Dauerschallpegels um 10 dB(A) eine Risikoerhöhung von 20 % bis 40 % für die Medikation mit Herz-Kreislauf-Medikamenten festgestellt. Die Erkenntnisse sind jedoch nur eingeschränkt verallgemeinerbar und bedürfen einer umsichtigen Interpretation: Einerseits können sich die Verschreibungsgewohnheiten in den verschiedenen Ländern unterscheiden; andererseits ist die Verschreibung eines Medikaments nur ein indirekter Indikator für eine Erkrankung. Insbesondere die Studienergebnisse beruhend auf Blutdruckuntersuchungen sind nicht in allen Fällen einheitlich und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird durch die Verwendung einer Vielzahl von Methoden zusätzlich erschwert. Dennoch ist es auf Grund der Fülle der Ergebnisse, die durch verschiedene Studien mit unterschiedlichen Designs reproduziert werden, als gesichert zu erachten, dass chronischer Fluglärm den Blutdruck beeinflusst und das Risiko von (insbesondere ischämischen) Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöht. Zu dieser Erkenntnis kommen auch die WHO (95) sowie verschiedene Forschungsgruppen (i.e. (57); (82); (122); (72)).

Anfang der 2000er Jahre wurde davon ausgegangen, dass sich das Risiko, an ischämischen Herzkrankheiten zu erkranken, bei einem äquivalenten Dauerschallpegel von 65 dB(A) für die Tagesbewertung (LAeq,Tag) bzw. 55 dB(A) für die Nachtbewertung (LAeq,Nacht) um 20 %-30 % erhöht (101); (105). Aufgrund neuerer Studien (insbesondere im Bereich des Fluglärms) muss jedoch damit gerechnet werden, dass bereits bei einem LAeq,Tag-Wertebereich ab 55-60 dB(A) und LAeq,Nacht -Wertebereich ab 45-50 dB(A) ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen vorliegt (82); (122); (72); (98).

### 5.1.1.3 Schlafstörungen

Die WHO stellte 2011 in ihrem Bericht über die Krankheitslasten durch Umgebungslärm fest, dass mehr als die Hälfte der jährlich lärmbedingt verlorenen gesunden Lebensjahre in Europa (ca. 900.000 DALYs p.a.) auf Schlafstörungen zurück zu führen sind. Für den Erhalt der psychomotorischen Leistungsfähigkeit und Gesundheit ist ungestörter Schlaf in ausreichender Dauer von zentraler Bedeutung (8). Nicht nur zu Zeiten der Wachphase, sondern auch wenn der Mensch schläft, werden Hormone ausgeschüttet, Proteine aufgebaut oder Gedächtnisinhalte konsolidiert. Diese komplexen physiologischen Prozesse sind notwendig, damit sich der Körper mental und physisch erholen und auf die nächste anstehende Wachphase vorbereiten kann. Treten in der Nacht Geräusche auf, werden diese auch im Schlaf aufgenommen und können situationsbedingt unterschiedliche physiologische Reaktionen zur Folge haben. Dies kann eine Beschleunigung der Herzfrequenz bis hin zu einer vollständigen Wachreaktion sein. Auf diese Weise kann nächtlicher Verkehrslärm den natürlichen Schlafablauf stören und die Erholungsfunktion des Körpers beeinträchtigen (12); (36). Kurzfristig können wiederholte lärmbedingte Störungen den Schlaf fragmentieren und zu dessen Umstrukturierung beitragen. Dies kann einen Verlust von Tief- und Traumschlaf so wie eine Zunahme von oberflächlichen Schlafstadien und Wachzeiten hervorrufen. Infolgedessen treten vermehrt Müdigkeit und eine herabgesetzte Leistungsfähigkeit auf (11); (51). Langfristig ist eine maßgebliche Störung des Schlafs durch eine kontinuierliche Verkehrslärmexposition als Gesundheitsrisiko, vor allem für das Herz-Kreislauf-System, anzusehen (95); (7); (81). Im Einzelnen lassen sich folgende lärmbedingte Störungen des Schlafs identifizieren: Wechsel des Schlafstadiums, Aufwachreaktion, Veränderungen der Schlafstadienverteilung, Verlängerung der Latenzzeiten (insbesondere der Einschlaf Latenz), Verkürzung der Gesamtschlafzeit, Veränderungen der Atemfrequenz, Hormonausschüttung und Durchblutung, so wie vermehrte Körperbewegungen.

Im Rahmen der Night Noise Guidelines for Europe hat die WHO im Jahr 2009 Wirkungsschwellen für die einzelnen lärmbedingten Schlafstörungen angegeben. Hinsichtlich nächtlicher Dauerschallpegel ( $L_{\text{Night, außen}}$ ), lassen sich die Auswirkungen des Lärms auf Menschen außerhalb der Wohnung wie in Tabelle 3 beschrieben zusammenfassen (95).

Tabelle 3 Wirkungen von nächtlichen Dauerschallpegeln nach (95)

$L_{\text{Night, außen}}$	Gesundheitswirkungen
< 30 dB(A)	Keine wesentlichen biologischen Effekte
30-40 dB(A)	Moderate Effekte werden beobachtet (Körperbewegungen, Aufwachreaktionen, selbstberichtete Schlafstörungen, Arousals). Die Intensität der Reaktionen hängen von der Quelle und der Häufigkeit des Auftretens ab. Vulnerable Gruppen (wie beispielsweise Kinder, alte oder erkrankte Menschen) sind empfindlicher.
40-55 dB(A)	Nachteilige Gesundheitseffekte werden messbar in der exponierten Bevölkerung. Viele Menschen müssen ihre Lebensumstände anpassen um mit nächtlicher Lärmbelastung zurechtzukommen. Empfindliche Gruppen sind noch schwerwiegender betroffen.
>55 dB(A)	Die Situation wird für zunehmend gefährlich für die öffentliche Gesundheit. Es treten häufig nachteilige Gesundheitseffekte auf. Ein erheblicher Teil der Bevölkerung ist stark belästigt (highly annoyed) und schlafgestört. Das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen ist erhöht.

Folglich empfiehlt die WHO in den Night Noise Guidelines for Europe, dass die nächtliche Lärmbelastung einen Dauerschallpegel von 40 dB(A) nicht überschreiten sollte, um nachteilige Gesundheitseffekte zu vermeiden. Diese Empfehlung teilt das Umweltbundesamt uneingeschränkt.

Neben dem Dauerschallpegel sind im Kontext nächtlicher Fluglärmbeeinträchtigung insbesondere Einzelschallereignisse und deren Maximalpegel von zentraler Bedeutung. Seit der Novellierung des FluLärmG im Jahr 2007 ist eine Reihe von Studien durchgeführt worden, die sich mit den Wirkungen von Einzelschallereignissen  $L_{A, \text{max}}$  des Fluglärm befassen. Im Einzelnen lassen sich vier Studien exemplarisch hervorheben: die STRAIN-Studie am Flughafen Köln/Bonn (11); (17); (14); (15), die NORAH-Studie am Frankfurter Flughafen, Aktimetrie-Untersuchungen (Bewegungshäufigkeiten) am Züricher Flughafen (23) und eine Laborstudie von Griefahn und Kollegen (71).

Der so genannte ‚Gold-Standard‘ der Erhebung akuter, lärmbedingter Schlafstörungen sind polysomnographische Untersuchungen (95). Die vermutlich umfangreichste Studie, die es dieser Art bislang gegeben hat, ist die STRAIN-Studie, welche in der Umgebung des Verkehrsflughafens Köln/Bonn durchgeführt wurde. Im Rahmen einer Feld- und einer Laborunterstudie ist der Zusammenhang zwischen nächtlichen Maximalpegeln des Fluglärms und verschiedenen Parametern akuter Schlafstörungen – wie beispielsweise der Zunahme der Bewegungshäufigkeit, der Beeinträchtigung der Zahl der nächtlichen Aufwachreaktionen oder die Tagesmüdigkeit untersucht worden. Die umfangreichen Ergebnisse der Studie zeigen unter anderem, dass nächtliche Maximalpegel des Fluglärms mit einer Zunahme an lärmbedingten Aufwachreaktionen (+ 3,5) und oberflächlichen Schlafs (S1 +2 Minuten), sowie einer Abnahme des Tiefschlafs (-5,3) einhergingen. In weiteren Analysen fand die Forschendengruppe einen Zusammenhang zwischen nächtlichem Maximalschalldruckpegel des Fluglärms mit der Tagesmüdigkeit. Zudem waren erste Erhöhungen von Aufwachwahrscheinlichkeiten bereits ab nächtlichen Maximalpegeln von 33 dB(A)  $L_{A, \text{max, innen}}$  zu beobachten (11); (17); (14); (15). Auch die NORAH Studie hat den Zusammenhang zwischen nächtlichem Fluglärm und Veränderungen in der Schlafstruktur bei Menschen im Raum Frankfurt/Main polysomnographisch untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Einführung der Kernruhezeit am Frankfurter Flughafen einen positiven Effekt auf die fluglärm-assoziierte Aufwachwahrscheinlichkeit hatte. So sank die lärmbedingte Aufwachwahrscheinlichkeit von 2,0 vor

Einführung der Kernruhezeit auf 0,8 nach Einführung der Kernruhezeit. Diese niedrige Aufwachwahrscheinlichkeit fand sich jedoch nur für Menschen die zu einem frühen Zeitpunkt ins Bett gingen (zwischen 22.00 -22.30 Uhr) und aufstanden (zwischen 06.00 – 06.30 Uhr). Für Menschen mit einer um eine Stunde späteren Zubettgehzeit betrug die fluglärmbedingte Aufwachwahrscheinlichkeit im Mittel 1,9 mal. Als Erklärung hierfür führen die Forschenden die längere Überschneidungsphase der Schlafzeit mit Wiedereinsetzen des morgendlichen Flugbetriebs an (92).

Die intensive Wirkung von Einzelschallereignissen des Fluglärms in den Morgenstunden bestätigt sich auch in den Ergebnissen der Aktimetrie-Studie von Brink und Kollegen (23). Diese untersuchten den Zusammenhang der morgendlichen Körperbewegungen während des Schlafs mit Maximalpegeln. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass insbesondere die ersten Lärmereignisse am Morgen die stärksten aktimetrischen Reaktionen verursachen. Ein einzelnes Lärmereignis kann ausreichen, um eine vollständige Aufwachreaktion auszulösen, die ein erneutes Wiedereinschlafen erschweren kann. Zudem zeigte sich, dass die Bewegungshäufigkeit mit der Steilheit des Pegelanstiegs assoziiert ist (23).

Der menschliche Körper gewöhnt sich nicht an die Beeinträchtigung durch nächtliche Fluglärmschallereignisse. Dies verdeutlicht eine Studie von Griefahn und Kollegen (71), die in einer Laboruntersuchung den Zusammenhang von Herzfrequenzbeschleunigung und nächtlichen Maximalpegeln des Fluglärms untersucht hat. Griefahn (71) konnte zum Einen zeigen, dass keine Abschwächung der Herzfrequenzreaktion über mehrere Expositionsächte zu verzeichnen war. Des Weiteren ergaben die Analysen, dass die Herzfrequenzbeschleunigung signifikant höher war, wenn sie mit einer Aufwachreaktion einherging.

Die Ergebnisse der Studien belegen die zentrale Bedeutung der Berücksichtigung von Einzelschallereignissen während des Nachtzeitraums für einen umfassenden Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm. Auch die WHO stellt bereits in den Night Noise Guidelines fest, dass eine Erhöhung der Motilität (vermehrte Bewegungen) bereits ab einem Maximalpegel im Innenraum ( $L_{Amax,innen}$ ) von 32 dB(A) objektiv quantifizierbar ist. Für Schlafstadienwechsel, verfrühtes Erwachen am Morgen, Bluthochdruck und Herzinfarkt treten lärmbedingte Wirkungen ab Maximalpegeln im Innenraum ( $L_{Amax,innen}$ ) von 35 dB(A) bis 50 dB(A) auf (95). Diese niedrigen Wirkschwellen der Maximalpegel sind physiologisch plausibel, da erste Reaktionen erkennbar werden sollten, sobald das menschliche Gehör ein Umgebungsgeräusch vom Hintergrundgeräusch differenzieren kann.

Ein Konzept, welches auf den aktuellen Erkenntnissen zu nächtlichen Maximalpegeln des Fluglärms und insbesondere der STRAIN-Studie aufbaut ist, ist das Lärmschutz-Konzept des Flughafens Leipzig/Halle. Dieses Model zum Schutz der Anwohnenden vor nächtlichem Fluglärm legt kein NAT-Kriterium zu Grunde, wie es im Fluglärmenschutzgesetz Anwendung findet, sondern stellt ein wirkungsbasiertes Kriterium auf. Das Schutzkonzept wird definiert über die Anzahl an zulässigen zusätzlichen lärmbedingten Aufwachreaktionen. Die Nachtschutzzone wird mit Hilfe eines entsprechenden Prognoseverfahrens berechnet (17); (18).

#### **5.1.1.4 Kognitive Entwicklung von Kindern**

Die kognitiven Prozesse von Kindern befinden sich in einem Zustand stetiger Weiterentwicklung. Dies macht sie zu einer besonders vulnerablen Gruppe in Bezug auf die Wirkungen von Fluglärm. Grundlegende kognitive Funktionen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Sprachverarbeitung laufen weniger automatisiert ab als bei Erwachsenen und die Möglichkeit kognitive Bewältigungsstrategien anzuwenden ist noch nicht voll ausgeprägt. Dementsprechend zeigen Studien der letzten Jahrzehnte wiederkehrend, dass Lärm die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern beeinträchtigt (77); (119); (115).

Seit Beginn der Arbeiten zur Novellierung des FluLärmG sind darüber hinaus Untersuchungen von Lärmbeeinträchtigungen in Bildungsinstitutionen, in welchen Kinder einen Großteil ihrer institutionalisierten Bildung erfahren, in den Fokus gerückt. Insbesondere sind hier zwei Querschnittsanalysen aus London (RANCH-Studie, 2005) und Deutschland (NORAH-Studie, 2014) zu

nennen. Beide Studien zeigen, dass die Lesekompetenz von Kindern durch einen erhöhten Dauerschallpegel beeinträchtigt wird (83); (115). Insgesamt ist davon auszugehen, dass der Erwerb der Lesekompetenz bei einem Anstieg des Dauerschallpegels um 10 bzw. 20 dB(A) um 1 bzw. 2 Monate verzögert wird (83); (115). Zum jetzigen Zeitpunkt ist unklar, ob und wann die Kinder dieses Defizit wieder aufholen und wie lange sie dafür benötigen.

Die Untersuchungen zu den kognitiven Fähigkeiten von Kindern verdeutlichen die Wichtigkeit der Sensitivität gegenüber vulnerablen Gruppen.

#### 5.1.1.5 Weitere Gesundheitswirkungen

Neben den bereits beschriebenen Wirkdimensionen, hat seit der Novellierung im Jahr 2007 auch eine Reihe von Erhebungen zu weiteren gesundheitlichen Wirkparametern stattgefunden. Hierzu gehören beispielsweise so genannte metabolische Effekte, wie Gewicht, Hüftumfang oder Diabetes (53); (114), aber auch psychische Störungen(67); (66); (113); (21). Insbesondere bei letzteren handelt es sich um Erkrankungen, die bislang in der Lärmwirkungsforschung wenig fokussiert untersucht worden sind, aber seit Novellierung des FluLärmG zunehmend untersucht werden. Neben der NORAH-Studie, lassen sich hier vor allem zwei Forschungsvorhaben des UBA benennen, welche die Auswirkungen von Umgebungslärm bzw. nächtlichem Fluglärm auf u.a. psychische Erkrankungsrisiken untersucht haben (66); (67). Alle Studien weisen auf einen Anstieg psychischer Erkrankungen und vor allem der depressiven Episode bei steigenden Lärmpegeln hin.

Die NORAH-Studie beziffert den Anstieg des Risikos an einer depressiven Episode zu erkranken bei einem Anstieg des Fluglärm Dauerschallpegels  $L_{Aeq,24h}$  um 10 dB(A) auf 8,9%. Mit diesem Wert ist die depressive Episode das Krankheitsbild mit dem höchsten Risikoanstieg pro 10 dB(A) Dauerschallpegel, welches in der Studie untersucht worden ist. Einschränkend ist zu erwähnen, dass die Studie keinen linearen Zusammenhang zwischen Fluglärm und dem Anstieg des Depressionsrisikos zeigt (113). Insgesamt handelt es sich bei den psychischen Störungen um Erkrankungsbilder deren Bedeutung stetig deutlicher wird und daher dringend weiterer Forschungsbedarf besteht. Dies hat auch die WHO erkannt und die Depression nicht nur bereits als gesundheitlichen Endpunkt in den Night Noise Guideline aufgeführt (95), sondern diese explizit als Wirkungsdimension in der Überarbeitung der Community Noise Guidelines berücksichtigt (57).

#### 5.1.2 Erkenntnisse zum Fluglärm von militärischen Flugplätzen

Zu den körperlichen und mentalen Wirkungen von militärischem Fluglärm auf den Menschen gibt es deutlich weniger Untersuchungen, als zu den Auswirkungen von Fluglärm durch zivile Flughäfen. Dennoch lassen sich an dieser Stelle exemplarisch einige Studien skizzieren, die seit Novellierung des FluLärmG veröffentlicht worden sind. Hierzu zählen unter anderem die Studie von Rhee und Kollegen (106) und die Untersuchung von van Poll und Kollegen am militärischen Flugplatz Geilenkirchen (2014, (120)). So untersucht eine Erhebung von Rhee und Kollegen (106), den Zusammenhang zwischen Bluthochdruck-Prävalenz und militärischem Fluglärm durch Hubschrauber und strahlgetriebene Kampfflugzeuge. Die Analysen ergeben einen deutlichen Risikoanstieg für beide Luftfahrzeugarten (OR = 1.62 (CI = 1.02 – 2.59) und OR = 1.23 (CI = 0.87-1.74)).

Die Erhebungen von van Poll und Kolleginnen untersuchen den Einfluss von militärischem Fluglärm auf die Gesundheit der niederländischen Bevölkerung am Militär-Flugplatz Geilenkirchen. In einer Teilstudie der Untersuchung wurde der Einfluss des militärischen Fluglärms auf das Risiko frühzeitig zu versterben (Mortalitätsrisiko) untersucht. Es zeigt sich, dass das Risiko frühzeitig auf Grund eines Schlaganfalls zu versterben in der höchsten Pegelbelastungsstufe (für verschiedene Expositionsmaße) um bis zu 50% erhöht ist (120 Seite 101 ff.). Ein Vergleich mit Mortalitätsrisiken am Flughafen Schiphol in Amsterdam zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mortalitätsrisiken für den zivilen Flughafen und den militärischen Flugplatz in Geilenkirchen. Neben Untersuchungen zum Bluthochdruck und den Mortalitätsrisiken, deuten auch bereits Laboruntersuchungen aus den 1980er

Jahren darauf hin, dass militärischer Fluglärm die Ausschüttung von Stresshormonen erhöhen kann. So zeigte sich ein Anstieg der Konzentration des Stresshormons ACTH in Zusammenhang mit lauten Einzelereignissen mit hoher Anstiegssteilheit, welche charakteristisch für militärischen Fluglärm sind (88).

Auch wenn nicht alle Untersuchungsergebnisse den hohen Qualitätsstandards europäischer oder amerikanischer Untersuchungen genügen, ist davon auszugehen, dass eine chronische Belastung durch Fluglärm eines militärischen Flugplatzes insgesamt ähnlich gravierende Auswirkungen auf das Belästigungserleben und die Gesundheit des Menschen hat wie kontinuierliche Lärmbelastungen durch einen zivilen Flugplatz. Ein möglicher Grund hierfür könnten die Zeit- und Geräuschstruktur an militärischen Flugplätzen sein: häufig fliegen in kurzer Zeit viele und laute Luftfahrzeuge, woraufhin lange Perioden von relativer Ruhe folgen. Hierdurch können die einzelnen Geräusche gut erinnert werden und führen insbesondere bei niedrigem  $L_{DN}$  zu erhöhten Belästigungswirkungen (63).

Zu der Erkenntnis, dass militärischer Fluglärm die Gesundheit des Menschen und insbesondere die körperlichen Stressreaktionen beeinträchtigen kann, kommt auch ein Gutachten der Charité, welches im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (BDL) durchgeführt worden ist. Die Übersichtsarbeit befasst sich auch mit weiteren Themen, wie den Wirkungen von Fluglärm ziviler Flughäfen auf den Schlaf, die Psyche und verschiedenen Erkrankungsrisiken des Menschen. Bezüglich den Schlussfolgerungen und Ergebnisdarstellungen des Gutachtens wird seitens Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern deutlich Kritik geübt – insbesondere was die Interpretation und Darstellungsweise der Ergebnisse der NORAH-Studie betrifft.

## 5.2 Einordnung/Bewertung

Seit Festsetzung der SGW des FluLärmG im Jahr 2007 sind zehn Jahre vergangen. Seither sind sowohl national als auch international zahlreiche neue Studien erschienen, deren Ergebnisse teilweise über Reviews kulminiert und verdichtet werden konnten. Insgesamt ist die Studienlandschaft der Lärmwirkungsforschung divers. Dies gilt sowohl für die Forschungsmethodik, als auch für die qualitativen Standards einiger Studien. So können nicht alle Studien höchsten qualitativen Standards gerecht werden (siehe WERESFLU). Die folgenden übergeordneten Erkenntnisse lassen sich jedoch als gesichert und verallgemeinerbar festhalten:

- ▶ Anstieg der Belästigung. Die Menschen fühlen sich bei gleicher akustischer Belastung heute stärker durch Fluglärm belästigt als noch vor 10-15 Jahren. Im Vergleich zu den Miedema-Kurven, die 2001 in die EU-Gesetzgebung eingegangen sind, ist der Wert von einem Anteil von 25% hoch Belästigter Personen in der Bevölkerung heute bereits bei einem um 10 dB(A) LDEN niedrigeren Dauerschallpegel des Fluglärms erreicht. So sind nach aktuellen Erkenntnissen bereits bei einem Dauerschallpegel von etwa 53 dB(A) LDEN 25% der Fluglärm-Betroffenen Bevölkerung hoch belästigt.
- ▶ Fluglärm führt zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Langfristige, chronische Belastung durch Fluglärm - insbesondere in der Nacht - erhöht das Risiko an ischämischen Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie auch an Bluthochdruck zu erkranken. Einen signifikanter Anstieg des Erkrankungsrisikos ist ab einem Dauerschallpegel von 50 dB(A) LAeq,24h / LDEN und 45 dB(A) LAeq,Nachts nicht auszuschließen.
- ▶ Nächtliche Belastungen durch Fluglärm sind besonders gravierend. Sowohl die Erkenntnisse aus dem Bereich der Herz-Kreislauf-Erkrankungen, als auch Studien zu den Störungen des Schlafs verdeutlichen, dass die nächtliche Belastung durch Fluglärm besonders gravierende Wirkung haben. Darüber hinaus zeigt sich das akute Belastungen in der Nacht höher mit dem Maximalpegel L<sub>Amax</sub> als mit dem Dauerschallpegel L<sub>Night</sub> korrelieren.
- ▶ Tag-/Nachtrandstunden bedürfen besonderen Schutzes. Sowohl Erkenntnisse aus dem Bereich der Schlafstörungen, als auch der Belästigungswirkungen zeigen, dass Menschen besonders



stark in den Tag- und Nachtrandstunden auf Lärmereignisse reagieren. Dies gilt insbesondere für den Zeitraum zwischen 21.00 Uhr bis 22.00 Uhr und 05.00 Uhr-bis 07.00 Uhr am Morgen.

- ▶ Fluglärm beeinträchtigt die kognitive Entwicklung. Chronischer Fluglärm wirkt sich negativ auf die kognitive Entwicklung von Kindern aus. Insbesondere der Erwerb der Lesekompetenz kann durch die chronische Belastung durch Fluglärm verzögert werden.
- ▶ Neuer Risikofaktor: psychische Störungen. Die aktuellen Erkenntnisse zeigen, dass depressive Episoden eine ernstzunehmende Wirkungsdimension sind. Mit 8,9% Risikoanstieg pro 10 dB(A) des Dauerschallpegels  $L_{Aeq,24h}$  ist die Depression die lärmassoziierte Gesundheitsstörung mit dem höchsten Risikoanstieg in der NORAH-Studie.

Vor dem Hintergrund der Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung sind insbesondere folgende Aspekte des bestehenden FluLärmG zu evaluieren:

- ▶ SGW. Inwiefern sind die im Jahr 2007 erlassenen SGW noch zeitgemäß
- ▶ Bestand vs. Ausbau. Inwiefern ist eine SGW-bezogene Unterscheidung zwischen Ausbau- und Bestandsflughäfen wirkungsgerecht.
- ▶ Zivile Flugplätze vs. militärische Flugplätze. Inwiefern ist eine Unterscheidung zwischen zivilen Flugplätzen und militärischen Flugplätzen gerechtfertigt.
- ▶ NAT-Kriterium. Inwiefern ist die Einführung des NAT-Kriteriums wirkungsgerecht.

Bevor auf die einzelnen Aspekte im Detail eingegangen wird, lässt sich einleitend festhalten, dass das FluLärmG nicht auf eine Reduzierung des Lärms an der Quelle abzielt. Das Schutzziel wird dagegen mittels Siedlungsbeschränkung, baulichem Schallschutz sowie Entschädigungsregelungen verfolgt. Der aktive Schallschutz spielt keine Rolle. Beruhend auf den aktuellen Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung, welche feststellen, dass ein Großteil des Belästigungserlebens durch die Fluglärmbelastung im Außenbereich bestimmt wird (6) und das medizinische Wissen, dass passive Schallschutzmaßnahmen sich negativ auf das Gesundheitserleben auswirken (95); (95); (11), ist dies kritisch in Frage zu stellen. Im Sinne der Prävention und dem Schutz der Bevölkerung vor Gesundheitsrisiken kommt dem aktiven Schallschutz eine besondere Bedeutung zu. Es ist daher notwendig, entsprechende Regelungen rechtlich zu verankern.

### Evaluation der Schutzzonengrenzwerte

Aus Sicht der Lärmwirkungsforschung lassen sich grundsätzlich keine eindeutigen Grenz- oder Schwellenwerte ableiten. Die körperlichen und mentalen Wirkungen durch dauerhafte Lärmbelastungen entstehen nicht nach einem „alles-oder-nichts“ Prinzip, die erst auftreten, sobald ein bestimmter Wert an dauerhafter akustischer Belastung überschritten wird. Vielmehr handelt es sich um kontinuierlich steigende Gefährdungspotenziale, die individuell variieren können. Das Setzen von SGW ist daher immer auch eine Zumutbarkeitsentscheidung. Um einen möglichst umfassenden Schutz der Bevölkerung vor langfristigen Beeinträchtigungen durch Fluglärm zu gewährleisten, sind aus Lärmwirkungssicht daher Werte festzulegen, die möglichst am unteren Endpunkt des Wirkkontinuums für die Mehrheit der Bevölkerung liegen.

Die aktuellen Forschungserkenntnisse aus dem Bereich der Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie der Fluglärmbelastung und den mentalen Erkrankungen belegen, dass die SGW des FluLärmG keinen umfassenden Schutz hinsichtlich möglicher gesundheitlicher Auswirkung bieten. Die SGW für die Tag-Schutzzone 1 und 2 liegen bei 60 bzw. 55 dB(A)  $L_{Aeq,Tag}$  für neue oder wesentlich veränderte zivile Flugplätze und jeweils noch einmal um 5 dB(A) höher für bestehende zivile Flugplätze. Ergebnisse aus allen drei Wirkungsbereichen zeigen jedoch übereinstimmend, dass es bereits ab einem Dauerschallpegel von 50 dB(A)  $L_{Aeq,Tag}$  (bzw.  $L_{Aeq,24h} / L_{DEN}$ ) zu einer signifikanten Risikoerhöhung für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (82); (122); (72), hoher Belästigung (109); (80) und mentalen Erkrankungen (113) kommen kann. Entsprechend sind die Tageschutzzonengrenzwerte auf 50 dB(A)

(TSZ1) bzw. 45 dB(A) (TSZ2)  $L_{Aeq,Tag}$  zu senken (für die Unterscheidung zwischen Bestands- und wesentlich umgebauten Flughäfen siehe folgenden Abschnitt).

Auch die SGW für die Nacht sind beruhend auf dem aktuellen Stand der Lärmwirkungsforschung anpassungsbedürftig. Dies gilt sowohl für die derzeit festgelegten Schutzzonengrenzwert des nächtlichen Dauerschallpegels von 55 dB(A)  $L_{Aeq,Nacht}$  für bestehende Flugplätze und 50 dB(A)  $L_{Aeq,Nacht}$  für wesentlich baulich veränderte Flugplätze, als auch für das NAT-Kriterium. So empfiehlt die WHO nach einer umfassenden Analyse der Literatur zu den Störungen des Schlafs eine nächtliche Belastung von 40 dB(A)  $L_{Aeq,Nacht}$  nicht zu überschreiten, um nachteilige Gesundheitseffekte zu vermeiden. Auch aktuelle Arbeiten zu selbstberichteten Schlafstörungen kommen zu dem Ergebnis, dass bereits bei deutlich niedrigeren Werten des Dauerschallpegels  $L_{Aeq,Nacht}$ , als denen, die derzeit im Gesetz festgeschrieben stehen, ein erheblicher Anteil der anwohnenden Bevölkerung hoch schlafgestört ist (109). Um die Gefahr der Beeinträchtigung der Gesundheit durch nächtliche fluglärmbedingte Schlafstörungen zu minimieren, ist der SGW für die Nacht daher auf 40 dB(A)  $L_{Aeq,Nacht}$  zu senken.

### **Unterschiedliche Schutzzonengrenzwert-Bemessung von wesentliche veränderten und Bestandsflughäfen**

Derzeit werden im FluLärmG für neue oder wesentlich veränderte Flugplätze mit einem Malus von -5dB(A) gegenüber Bestandsflugplätzen bemessen. Vor dem Hintergrund des aktuellen Stands der Lärmwirkungsforschung lässt sich eine solche Unterscheidung jedoch wissenschaftlich nicht zufriedenstellend unterlegen. Studien aus dem Bereich der Belästigungsforschung zeigen zwar, dass es bei gleichbleibender akustischer Belastung zu einem Anstieg der Belästigung kommen kann, wenn die betroffenen Personen eine wesentliche Veränderung an der Lärmquelle erwarten (der so genannte „change-effect“). Beruhend auf diesem change-effect ließe sich ggf. argumentieren, dass ein wesentlich veränderter Flugplatz eine gesteigerte Belästigung in der Bevölkerung hervorruft und daher ein höherer Schutzbedarf an wesentlich veränderten Flugplätzen besteht. Ob ein Unterschied im Umfang von 5 dB(A) Berechtigung findet, ist jedoch fraglich. Eine aktuelle Studien zur Belästigung an einem wesentlich geänderten Flughafen findet beispielsweise einen change-effect nach Eröffnung einer Landebahn; dieser ist allerdings gering und nur schwer mit einem Dauerschallpegelunterschied zu beziffern (109). Darüber hinaus ist unklar, wie lange der change-effect anhält und ob es sich um eine vorübergehenden oder bleibenden Anstieg der Belästigung handelt.

Vor dem Hintergrund der akuten körperlichen Auswirkungen lassen sich noch weniger Argumente für eine Andersbehandlung finden. Es gibt keine Erkenntnisse aus dem Bereich der Lärmwirkungsforschung, die nahelegen, dass Menschen, die an einem Bestandsflugplatz leben, erst bei 5 dB(A) lauterem Dauerschallpegel körperliche Reaktionen zeigen. Vielmehr ist anzunehmen, dass unabhängig von der Art des Flugplatzes (Bestand oder Ausbau) vergleichbare physiologische Stressreaktionen auftreten. Des Weiteren legt eine Studie aus dem Bereich der nächtlichen Schlafstörungen nahe, dass bei akuten körperlichen Wirkungen keine Gewöhnungseffekte auftreten (71). Auf Basis der aktuellen Erkenntnisse der Lärmwirkungsstudien bestätigt sich eine unterschiedliche Bemessung von SGW für wesentlich veränderte und Bestandsflugplätzen somit nicht.

### **Unterschiedliche Schutzzonengrenzwert-Bemessung von zivilen und militärischen Flugplätzen**

In der aktuellen Fassung des FluLärmG sind für militärische Flugplätze die SGW um 3 dB(A) höher als für zivile Flugplätze. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass militärischer Fluglärm nicht mit der gleichen Intensität untersucht wird, wie die Wirkungen von Fluglärm durch zivile Flugplätze. Zudem kann auf Grund fehlender Studien auch nicht die gleiche qualitative Güte an Erkenntnissen erzielt werden. Dennoch zeigen die vorhandenen Studien, dass Fluglärm von militärischen Flugplätzen noch stärkere oder vergleichbar starke körperliche und mentale Wirkungen auslöst als Fluglärm von zivilen

Flugplätzen. Europäische und asiatische Studien belegen übereinstimmend, dass militärischer Fluglärm in einem gleich hohen oder höheren Maße Einfluss auf den Bluthochdruck (106) und die Hormonausschüttung haben kann ((120); (63); und insbesondere bei niedrigen Dauerschallpegeln  $L_{Aeq,Tag}$  belästigender wirken kann als Lärm von zivilen Flugplätzen.

Vor diesem Hintergrund ist eine Andersbemessung von militärischen Flugplätzen nicht wirkungsgerecht. Im Sinne des Schutzes der Gesundheit der Anwohnenden an militärischen Flugplätzen sind die SGW an die von zivilen Flugplätzen anzugleichen und auf 50 dB(A)  $L_{Aeq,Tag}$  und 40 dB(A),  $L_{Aeq,Nacht}$  abzusenken.

### **NAT-Kriterium / Maximalpegel-Kriterium**

Die Erkenntnisse aus dem Bereich der Schlafforschung bestätigen, dass nicht nur der Dauerschallpegel ein wichtiger Indikator für die Bemessung der Wirkungen des Fluglärms ist. So stellen sowohl aktuelle Studien (z.B. (71)) als auch die WHO fest, dass akute Wirkungen (wie beispielsweise Aufwachreaktionen) besser mit Maximalpegeln korrelieren als mit Dauerschallpegeln (95). Dies bedeutet einerseits, dass die Einführung eines NAT-Kriteriums im FluLärmG folgerichtig gewesen ist und ein Einzelereignis-bezogener Index unbedingt Bestandteil des Schutzkonzeptes sein sollte. Die Zusammensetzung des Kriteriums aus einer Anzahl von Überflügen und einer Überschreitung des Maximalegels ist wirkungsbasiert jedoch nicht nachvollziehbar. Vielmehr deuten Studien darauf hin, dass es bereits bei geringeren Maximalpegel zu akuten körperlichen Reaktionen (95) und auch langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen kommen kann (113). Auch zeigen Studien zu Aufwachreaktionen am Morgen, dass bereits ein einziges lautes Lärmereignis ausreichen kann, um eine lärmbedingte Aufwachreaktion zu evozieren (z.B. (23)). Aus Sicht der Lärmwirkungsforschung ist ein wirkungsbasiertes Schutzkriterium zu bevorzugen. Ähnlich dem Schutzkonzept, dass am Flughafen Leipzig/Halle implementiert worden ist, sollte das Schutzkonzept des FluLärmG das Ausbleiben einer zusätzlichen lärmbedingten Aufwachreaktion als Schutzziel definieren. Auf diese Weise orientiert sich die Regelung direkt an der Wirkung, die vermieden werden soll. Das Schutzkonzept am Flughafen Leipzig/Halle berücksichtigt darüber hinaus auch, dass der Schlafdruck am Morgen nachlässt und versieht den zweiten Teil der Nacht mit einem Malus von 1,4 dB(A) (19).

Darüber hinaus unterstreichen die aktuellen Erkenntnisse seit der Novellierung des FluLärmG die Wichtigkeit des Schutzes der Tag- und Nachtrandstunden. Erkenntnisse aus dem Bereich der Belästigung (z.B. (23)), der selbstberichten Schlafstörungen (z.B. (109)), als auch der akut gemessenen Schlafstörungen (Müller) verdeutlichen, dass es im Bereich der Tag- und Nachtrandstunden zu vermehrten körperlichen Reaktionen kommt. Folglich sollten die Tag- und Nachtrandstunden für einen umfassenden Schutz der Bevölkerung explizit in einem Schutzkonzept berücksichtigt werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass auch weiterhin Forschungsbedarf für verschiedene Aspekte aus allen Wirkungsbereichen besteht. Zum einen gilt es das Wissen über den Einfluss von metabolischen und mentalen Erkrankungen zu vertiefen. Des Weiteren bedarf es weiterer Erkenntnisse zu den Wirkungen chronischer Fluglärmbelastung auf das Schlafverhalten vulnerabler Gruppen, wie beispielsweise Kindern oder bereits schlafgestörter Menschen. Weiterhin sind insbesondere Langzeitstudien zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Fluglärm auf den Menschen zu initiieren, um den als „biologisch plausibel“ (95) erachteten kausalen Wirkzusammenhang zwischen chronischer Fluglärmbelastung und steigenden Krankheitsrisiken abschließend wissenschaftlich verifizieren zu können.

#### **5.2.1 Handlungsempfehlungen**

Das UBA spricht aus Lärmwirkungssicht daher die folgenden Handlungsempfehlungen aus:

- ▶ Eine Absenkung der SGW auf 40 dB(A)  $L_{Nacht}$  für die NSZ und 50 dB(A)  $L_{Aeq,Tag}$  für die TSZ 1 sowie 45 dB(A)  $L_{Aeq,Tag}$  für die TSZ 2

- ▶ die Auflösung der unterschiedlichen Bewertung der SGW für zivile und militärische Flugplätze, sowie Bestands- und Ausbaufugplätze
- ▶ Die Einführung eines wirkungsbezogenen Maximalpegel-Kriteriums von weniger als einer zusätzlichen Aufwachreaktion in Anlehnungen an das Nachtschutzkonzept des Flughafens Leipzig/Halle
- ▶ die Einführung einer Lärmkontingentierung für die Zeit 06.-22.00 Uhr, um die Fluglärmbelastung am Tage zu begrenzen
- ▶ Aus Gründen des präventiven Gesundheitsschutzes ein Ruhen des regulären Flugbetriebs zwischen 22.00 Uhr und 06.00 Uhr

## 6 Luftfahrttechnik

Die Überprüfung der nach § 2 FluLärmG definierten Werte für die Festsetzung der LSB an den zivilen und militärischen Flugplätzen sieht nach § 2 Abs. 3 FluLärmG explizit auch die Berücksichtigung des Stands der Luftfahrttechnik vor. Dies ist notwendig, da SGW und das Berechnungsverfahren, das samt seiner Datenbasis die Luftfahrttechnik widerspiegelt, für die Bestimmung des LSB stets eine Einheit bilden. Es wird daher nachfolgend analysiert, inwiefern die Entwicklung auf dem Gebiet der Luftfahrttechnik Fluglärminderungspotentiale erschließt, die eine nach den Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung notwendige Senkung der SGW rechtfertigen. In diese Betrachtung werden auch aktuelle Entwicklungen der Flugbetriebstechnik einbezogen, da auch sie einen Einfluss auf Größe und Form des LSB haben. Hierzu wird zunächst die aktuelle Lärminderungstechnik bei zivilen Luftfahrzeugen aufgezeigt. Anschließend wird untersucht, wie sich diese Technik auf die Entwicklung der Geräuschemissionen von Luftfahrzeugen ausgewirkt hat. Dabei wird auf mögliche Lärminderungseffekte durch den Einsatz neuer bzw. nachgerüsteter ziviler Luftfahrzeuge eingegangen. Anschließend wird erläutert, inwiefern diese Entwicklungen im Verfahren zur Ermittlung der LSB (1. FlugLSV mit AzD/AzB) berücksichtigt werden können.

### 6.1 Lärminderung bei Strahlverkehrsflugzeugen

#### 6.1.1 Lärminderungspotentiale bei Strahltriebwerken

Fluglärm entsteht hauptsächlich durch die Triebwerke und die Flugzeugzelle, so dass sich die Lärminderungsbemühungen an der Quelle hierauf konzentrieren. Eine Betrachtung der einzelnen Lärmquellen am Flugzeug (Triebwerke, aerodynamische Geräusche durch Verwirbelungen an Vorflügeln, Landeklappen, Fahrwerk etc.) zeigt, dass der Lärmbeitrag der Triebwerke beim Start gegenüber dem Umströmungslärm dominiert. Bei der Landung kommt dagegen dem Umströmungslärm eine zunehmende Bedeutung zu, weil die Triebwerke in dieser Flugphase mit wesentlich geringerer Leistung als beim Start betrieben werden und dadurch deutlich weniger Lärm verursachen. Der Lärm startender Flugzeuge hat jedoch den größten Einfluss auf die Immissionssituation am Flughafen. Daher sind Minderungsmaßnahmen an den Flugtriebwerken am wirkungsvollsten.

Den größten Einfluss auf die Minderung des Triebwerkslärms hat die kontinuierliche Vergrößerung des Nebenstromverhältnisses. Das ist das Verhältnis des äußeren, kalten Luftstroms zum heißen Luftstrom im Kerntriebwerk. Die Erhöhung des Nebenstromverhältnisses bewirkt eine deutliche Verringerung der Strahlgeschwindigkeit. Da die Schalleistung des Abgasstrahls proportional zur 8. Potenz der Strahlgeschwindigkeit ist, konnte hierdurch eine wesentliche Lärminderung erzielt werden. Moderne Strahltriebwerke haben ein Nebenstromverhältnis von 10 bis 12.

Mit der Erhöhung des Nebenstromverhältnisses ist eine Vergrößerung des Triebwerksdurchmessers verbunden. Dadurch können sich Probleme bei der Triebwerksmontage ergeben, was sich beispielsweise bei der Weiterentwicklung der Mittelstreckenflugzeuge Boeing 737 und Airbus A320 zeigte. Während die älteren CFM56-5B-Triebwerke ein Nebenstromverhältnis von 6 und einen Durchmesser von 1,73 m haben, werden für den neuen Airbus 320neo Leap-X-Triebwerke der Fa. CFM-International oder Pratt & Whitney 1101G-Triebwerke verwendet. Sie haben ein Nebenstromverhältnis von 10 (Leap-X) bzw. 12 (PW1100G) und weisen einen etwas größeren Fandurchmesser auf. Anhand des A320neo soll beispielhaft dargestellt werden, wie sich Geräuschemissionen durch den Einsatz von modernen Triebwerken mit hohem Nebenstromverhältnis reduzieren lassen. Im Jahr 2007 wurde der mit CFM56-5B5/3-Triebwerken ausgestattete Airbus A320 lärmzertifiziert. Dieser unterschritt die drei Lärmgrenzwerte nach Kapitel 3 des Anhangs 16, Band I, zum Luftfahrtabkommen der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation ICAO in der Summe um 16,8 EPNdB (49). Mit der Einführung des Airbus A320neo im Jahr 2016 - wahlweise mit PW1127G-JM- oder LEAP-1A26-Triebwerken - konnte dieser Wert noch einmal um 24 EPNdB unterschritten werden

(siehe Tabelle 4). Dies zeigt die deutlichen Lärminderungserfolge beim Airbus A320 in den vergangenen zehn Jahren, die insbesondere auf die Vergrößerung des Nebenstromverhältnisses der Triebwerke zurückzuführen sind. Die beachtliche Unterschreitung der Lärmzertifizierungswerte wird auch bei anderen mit neuesten Triebwerken ausgestatteten Luftfahrzeugen erzielt (55).

Tabelle 4 Entwicklung der Geräuschemissionen des Airbus A320 (49); (55)

Flugzeugtyp	Triebwerk	Maximale Luftfahrzeugmasse		Seitlicher Lärmmesspunkt [EPNdB]		Startüberflug Lärmmesspunkt [EPNdB]		Anflug Lärmmesspunkt [EPNdB]		Kumulativer Wert gegenüber Kapitel 3 [EPNdB]
		Start [kg]	Landung [kg]	Messwert	Grenzwert	Messwert	Grenzwert	Messwert	Grenzwert	
A320-215	CFM56-5B5/3	70,000	64,500	91,2	96,6	84,2	91,2	95.5	100.3	16,8
A320-251N	LEAP-1A26	70,000	66,300	86.1	96.6	78.8	91.2	92.4	100.3	30,8
A320-271N	PW1127G-JM	70,000	66,300	87.0	96.6	78.6	91.2	92.0	100.3	30,5

Neben der Erhöhung des Nebenstromverhältnisses der Triebwerke gibt es noch zahlreiche weitere Möglichkeiten zur Minderung des Triebwerkslärms. So entstehen an den Einlasskanten der Triebwerke Luftverwirbelungen, die Lärm erzeugen. Durch die Ausstattung des Lufteinlasses mit einem schalldämmenden Material (Acoustic Liners) kann je nach Flugzeugtyp der Lärm merklich gemindert werden. Diese Liners haben eine Wabenstruktur, deren Kammern einseitig verschlossen sind, während auf der anderen Seite ein Lochblech mit Drahtgeflecht aufgesetzt ist. Durch Resonanz- und Reibungseffekte in den Hohlräumen verlieren Schallwellen beim Passieren dieser gelochten Oberfläche viel Energie. Die Schallleistung wird somit deutlich gesenkt und der Lärm gemindert. Durch entsprechende Nachrüstungen an Luftfahrzeugen des Typs Boeing 737 konnte die Geräuschemission bis zu 1,5 dB bei Abflügen und bis zu 2,4 dB bei Anflügen gesenkt werden (3).

Lärm entsteht auch beim Auftreffen der heißen und schnellen Verbrennungsgase aus der Schubdüse des Triebwerks auf den kalten und langsamen Mantelstrom bzw. beim Auftreffen des Mantelstroms und der außerhalb des Triebwerks vorbeiströmenden Luft. Um die Gase besser zu vermischen, werden die Austrittskanten der Schubdüse oder der Gondel sägezahnförmig designt (Chevron-Düse), wodurch eine Senkung der Geräuschemission bis zu 1 dB erzielt werden kann (43).

Ein vielversprechendes Konzept zur Lärminderung mit Hilfe von Gegenschall wird derzeit am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelt. Hierbei werden die besonders störenden Triebwerkstöne am Einlass mittels Druckluft, die adäquaten Gegenschall erzeugt, um bis zu 10 dB gesenkt, was in der menschlichen Wahrnehmung ungefähr einer Halbierung der Lautstärke entspricht. Das Projekt befindet sich in der Vorentwicklungsphase, technisch könnte es schon in der nächsten Triebwerksgeneration in voraussichtlich zehn Jahren realisiert werden (44).

### 6.1.2 Minderung des Umströmungslärms

Das Triebwerk ist jedoch nicht die einzige Lärmquelle am Flugzeug. Auch die Auftriebshilfen, das Fahrwerk sowie diverse Hohlräume an der Flugzeugzelle verursachen Lärm. Diesen Lärmquellen kommt im Anflug eine zunehmende Bedeutung zu, weil dann die Triebwerke nur mit Teillast betrieben werden. Bereits kleine Unebenheiten an der Flugzeugzelle verursachen Luftverwirbelungen, die vor allem die Entstehung tonhaltiger Geräusche begünstigen. Eine wichtige Entwicklung in diesem Zusammenhang sind Wirbelgeneratoren. Diese reduzieren durch die Erzeugung von Längswirbeln

wirkungsvoll Pfeifgeräusche, die durch Luftströmungen an den Tankdruckausgleichsöffnungen verursacht werden. Am Flughafen Frankfurt/Main konnte für den Landeanflug eine Senkung der Geräuschemission um bis zu 3,9 dB(A) messtechnisch nachgewiesen werden. Lufthansa hatte 2013 angekündigt, alle Flugzeuge der Kurz- und Mittelstreckenflotte mit Wirbelgeneratoren nachrüsten zu lassen, Airbus entschied sich, Luftfahrzeuge standardmäßig mit Wirbelgeneratoren auszustatten (3).

In den letzten fünfzehn Jahren hat die Verwendung von gebogenen Flügelspitzen – als Winglets bezeichnet – an den Tragflächenenden zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die abgebogenen Flügelspitzen reduzieren Luftverwirbelungen. Das senkt einerseits den Luftwiderstand, sorgt aber auch dafür, dass weniger Triebwerksleistung benötigt wird. Dies wiederum reduziert einerseits den Kraftstoffverbrauch, andererseits die Geräuschemissionen der Flugzeuge. Mittlerweile werden diese von den Luftfahrzeugherstellern Airbus und Boeing bei einigen Modellen standardmäßig ausgeliefert.

Weitere Lärminderungen an den Tragflächen des Flugzeugs lassen sich durch Vermeiden der beim Ausfahren der Vorflügel entstehenden Spalten erzielen. Indem der Vorflügel durch eine variable Flügel-Vorderkante ersetzt wird, lässt sich das Flügelprofil ohne Entstehung von Spalten anpassen. Ein elastisches aber eine hohe Steifigkeit aufweisendes Material ermöglicht, dass die Haut der Flügelvorderkante zwar gebogen aber nicht gedehnt wird. Auch hier werden Wirbel und damit einhergehender Lärm reduziert. 2012 wurden dazu erfolgreich Tests in einem Windkanal der russischen Luftfahrtforschungseinrichtung TsAGI durchgeführt. Zum Einsatz kommt das neuartige Konzept der „Droop Noise“ beim Airbus A380 und A350 XWB.

Fahrwerke haben eine Vielzahl von Komponenten, die zahlreiche Unebenheiten aufweisen, an denen Luftverwirbelungen entstehen. Im Projekt „Leiser Flugverkehr“ wurde erforscht, wie Fahrwerke sich bestmöglich verkleiden lassen, um turbulenten Strömungen vorzubeugen. Dabei ergab sich ein Lärminderungspotential durch Einsatz von Teilverkleidungen von 5 dB (43).

Neben vielfältigen Maßnahmen zur Minderung der Einzelquellen lässt sich eine Lärminderung aber auch durch neuartige Flugzeugkonstruktionen erzielen. Verschiedene Konzeptstudien sehen Flugzeuge mit unkonventionellen Triebwerksanordnungen vor, bei denen der Triebwerkslärm durch die Leitwerke abgeschattet werden soll. Mit der Realisierung solcher Entwürfe ist jedoch frühestens ab dem Jahr 2035 zu rechnen. Nennenswerte Marktanteile dieser neu konstruierten Flugzeuge sind daher nicht vor 2050 zu erwarten.

## 6.2 Lärminderung bei Propellerflugzeugen und Hubschraubern

Ebenso wie bei den Strahlverkehrsflugzeugen sind auch bei propellergetriebenen Verkehrsflugzeugen und bei leichten Propellerflugzeugen in der Vergangenheit deutliche Fortschritte bei der Lärminderung erzielt worden. So weisen moderne propellergetriebene Verkehrsflugzeuge gegenüber älteren gleichschweren Flugzeugen um ca. 10 dB geringere Lärmwerte auf (55).

Der Propellerlärm wird maßgeblich durch die helikale Blattspitzen-Machzahl bestimmt. Das ist die Geschwindigkeit an der Propellerblattspitze bezogen auf die Schallgeschwindigkeit. Eine Verringerung der helikalen Blattspitzen-Machzahl und damit des Propellerlärms lässt sich z. B. durch eine deutliche Reduzierung der Propellerdrehzahl verbunden mit einer geringen Vergrößerung des Propellerdurchmessers erzielen. Da hierfür die Verwendung von Getrieben oder der Einbau neuer Flugmotoren erforderlich ist, kommt diese Möglichkeit in erster Linie bei der Entwicklung neuer, leichter Propellerflugzeuge in Betracht. Für bestehende, laute Flugzeuge mit Zweiblatt-Propellern ist dagegen eine Umrüstung auf einen kleineren Mehrblattpropeller (z. B. Vierblatt-Propeller) zweckmäßig.

Neben leichten Propellerflugzeugen verkehren an Landeplätzen häufig Hubschrauber. Auch bei Hubschraubern lässt sich durch technische Maßnahmen eine Fluglärminderung erzielen. Die Hubschraubergeräusche werden vor allem vom Triebwerk und den Hubschrauberrotoren erzeugt. Die Geräuschemission der Rotoren kann durch niedrige Blattspitzengeschwindigkeit, Verringerung der



Blattbelastung und aerodynamisch günstiger Auslegung der Rotorblätter gemindert werden. Typisch für den Flugbetrieb mit Hubschraubern ist der bei bestimmten Flugmanövern – insbesondere bei Sinkflügen mit Teilleistung – oder bei hohen Fluggeschwindigkeiten auftretende Impulslärm, das so genannte „Knattern“. Dieses unangenehme Geräusch lässt sich durch technische Maßnahmen am Hubschrauber oder durch Vermeidung dieser Flugmanöver reduzieren.

### 6.3 Entwicklung der Geräuschemissionen von Luftfahrzeugen

In den vorstehenden Ausführungen wurden wesentliche technische Maßnahmen zur Minderung der Geräuschemissionen von Luftfahrzeugen vorgestellt. Es soll nun gezeigt werden, wie sich die Fortschritte auf dem Gebiet der Luftfahrzeug- und Triebwerkstechnik auf die Geräuschemissionen moderner Luftfahrzeuge ausgewirkt haben.

Die zulässigen Geräuschemissionen von neuen Luftfahrzeugen sind international einheitlich im Anhang 16, Band I, zum Luftfahrtabkommen der ICAO geregelt (78). Neben den Lärmgrenzwerten für unterschiedliche Flugzeuge und Hubschrauber enthält diese Vorschrift auch Bestimmungen für die Auswertung der Messergebnisse. Die Lärmpegel für einen bestimmten Luftfahrzeugtyp werden in der Regel als Effective Perceived Noise Level (EPNL) in der Einheit EPNdB angegeben. Die Lärmgrenzwerte für neue Flugzeuge sind im Kapitel 4 dieses Regelwerks festgelegt. Dies ist ein kumulativer Wert, der sich aus der Summe der Lärmpegel an drei genau definierten Lärmmesspunkten ergibt. Der Kapitel-4-Lärmgrenzwert gilt für schwere Propellerflugzeuge und Unterschall-Strahlflugzeuge, die seit dem 01.01.2006 zugelassen werden. Dieser Grenzwert wird jedoch von zahlreichen Flugzeugen deutlich unterschritten. Deshalb wurden auf ICAO-Ebene intensive Diskussionen über eine mögliche Verschärfung des aktuellen Lärmgrenzwertes geführt. Diese haben zum Ergebnis geführt, dass der Kapitel-4-Lärmgrenzwert um 7 dB verschärft und im Kapitel 14 des Anhangs 16, Band I, festgelegt wurde. Dieser Wert gilt für neue Flugzeuge mit einer maximalen Startmasse über 55 t, die ab 31.12.2017 zugelassen werden. Für leichtere Flugzeuge gilt der Kapitel-14-Grenzwert drei Jahre später.

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der Geräuschemissionen anhand der kumulativen Unterschreitungen des Kapitel 3 des ICAO-Anhangs 16, Band I. Regionaljets werden in der Abbildung mit RJ abgekürzt, Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge mit SMR2, zweistrahlige Langstreckenflugzeuge mit LR2, vierstrahlige Langstreckenflugzeuge mit LR4 bezeichnet. (55). Deutliche Unterschreitungen finden sich insbesondere seit 2006 mit Einführung des Airbus A380 sowie der Boeing 787 (2011) und dem A350 (2014). Es ist ein klarer Trend zu erkennen, dass Luftfahrzeuge zunehmend leiser werden. Neueste Verkehrsflugzeuge, wie die Boeing 787-800 oder der Airbus A350-900 unterschreiten bereits die erst ab dem Jahr 2018 gültigen verschärften ICAO-Lärmgrenzwerte. Es ist daher eine weitere Senkung der Lärmgrenzwerte auf internationaler Ebene erforderlich, um den Luftfahrzeug- und Triebwerksherstellern frühzeitig ambitionierte Zielwerte vorzugeben.

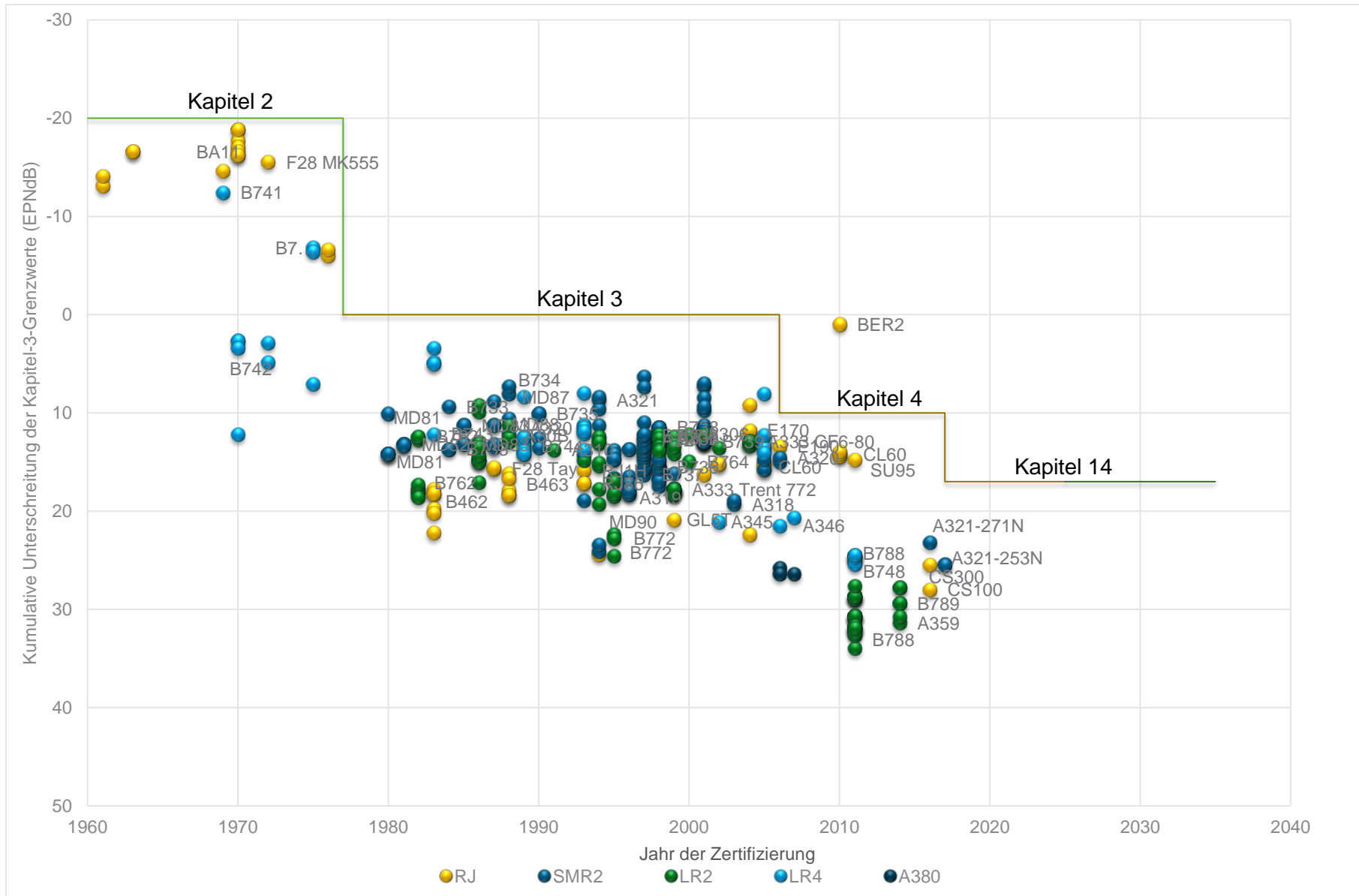


Abbildung 5 Entwicklung der Geräuschemissionen von Verkehrsflugzeugen (55)

Für die Fluglärmsituation an einem Flughafen ist es entscheidend, in welchem Ausmaß lärmindernde Technik in der Flotte umgesetzt wird. Während sich Nachrüstungen oftmals relativ kostengünstig und unkompliziert realisieren lassen, sind Neuanschaffungen von Luftfahrzeugen wesentlich kostenintensiver und der strategischen Ausrichtung der Fluggesellschaft unterworfen.

Flottenerneuerungen werden unterschiedlich stark forciert. Die Lufthansa Group verzeichnet bei ihrer Flotte ein Durchschnittsalter von 11,8 Jahren (37), Air Berlin 7,5 Jahre (1), Condor 17 Jahre (96), TuiFly 9,3 Jahre (97). Bei der größten deutschen Fluggesellschaft, Lufthansa, kamen seit 2007 weit über 100 neue Luftfahrzeuge hinzu, die vor allem der A320-Familie entstammen, aber auch Airbus A380 und Boeing 747-8 sowie in kleinerem Umfang andere Luftfahrzeuge. Lufthansa erwartet bis 2025 die Auslieferung einer Vielzahl weiterer Luftfahrzeuge, darunter 34 Boeing 777x, 4 Boeing 777-300ER, 24 Airbus A350, 7 Flugzeuge der Airbus A320-Familie, 111 Flugzeuge der Airbus A320neo-Familie und 24 Bombardier C Series. Derzeit zählen 617 Luftfahrzeuge zur Flotte der Lufthansa-Group, damit liegen die Neuerwerbungen in der Größenordnung von ungefähr einem Drittel der Konzernflotte (38). Die Flugzeugflotte wird demnach sukzessive durch leisere Modelle ergänzt und erneuert, allerdings gestaltet sich dieser Prozess nur allmählich.

## 6.4 Flugbetriebstechnik

### 6.4.1 Lärminderungspotenzial neuer Flugverfahren

Flugverfahren werden seit vielen Jahren zur Minderung des Fluglärms an Flugplätzen angewendet. Aufgrund zahlreicher Forschungsaktivitäten konnten in den letzten Jahren die bestehenden Verfahren deutlich weiterentwickelt werden. Eine kurze Darstellung der wichtigsten Neuerungen soll in diesem Abschnitt erfolgen.

Bei der Entwicklung und Anwendung von Flugverfahren ist es wichtig, welches Ziel erreicht werden soll. So ist zu entscheiden, ob durch das Verfahren hauptsächlich die Anzahl der von Fluglärm betroffenen Menschen verringert oder die Fluglärmbelastung vermindert werden soll, auch wenn dies möglicherweise mehr Betroffene zur Folge hat. Die Auslegung von Flugverfahren ist darüber hinaus ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren. Im Wesentlichen sind einerseits die Flugbetriebsparameter Flughöhe, Triebwerksschub, Fluggeschwindigkeit und Konfiguration von Klappen und Fahrwerk so zu variieren, dass die Fluglärmimmission in einem größtmöglichen Bereich im Umfeld des Flugplatzes minimal wird. Andererseits ist man bestrebt, Flugverfahren durch Bestimmungen derart festzulegen, dass Siedlungsgebiete möglichst gering betroffen sind.

Eine Lärminderung beim Start lässt sich prinzipiell auf zwei verschiedene Arten erzielen:

4. Durch hohen Triebwerksschub und relativ steilem Steigwinkel wird möglichst schnell gestiegen, um den Abstand zwischen der Emissionsquelle (Luftfahrzeug) und dem Immissionsort am Boden zu vergrößern. Dieses lärmindernde Abflugverfahren wird Steilstartverfahren bezeichnet.
5. Der Triebwerksschub wird während des Steigflugs zeitweilig reduziert. Dies hat eine geringere Geräuschemission, aber auch eine niedrige Flughöhe als das Steilstartverfahren zur Folge. Dieses Flugverfahren wird Cut-Back-Verfahren genannt.

In der Praxis werden Mischformen dieser beiden grundsätzlichen Möglichkeiten angewendet. Der Lärminderungseffekt der Flugverfahren hängt im Wesentlichen von flugsicherungsmaßige Gegebenheiten, Besiedlungsstruktur und Topographie ab, so dass stets eine Einzelfallbetrachtung erforderlich ist. Speziell bei Gebieten, die sich nicht direkt unter der Flugbahn befinden, sondern seitlich versetzt liegen, machen sich Unterschiede der Flughöhe zunehmend weniger bemerkbar, so dass eine Verringerung der Triebwerksleistung hier die effizientere Methode zur Lärminderung ist. Oftmals ist die Frage nach der optimalen Lärminderung beim Abflug daher in erster Linie eine Abwägung, wie Lärm bestmöglich verteilt werden kann.

Ebenso wie beim Start lässt sich auch beim Anflug und der Landung durch Flugverfahren eine Lärminderung erreichen. Hier ist insbesondere der kontinuierliche Sinkflug (Continuous Decent Operations, CDO) zu nennen. Dabei wird die Triebwerksleistung während des Anflugs reduziert - idealerweise sinkt das Flugzeug mit Leerlaufschub - wodurch der Triebwerkslärm gemindert wird. Da aber ein kontinuierlicher Sinkflug mit erheblichen kapazitiven Einschränkungen einhergehen kann, wird dieses lärmindernde Anflugverfahren in der Regel tagsüber nur selten angewendet und häufiger in den Nachtrandstunden bzw. nachts bei geringem Verkehrsaufkommen geflogen.

Um auch bei hohem Verkehrsaufkommen die Luftfahrzeuge im kontinuierlichen Sinkflug landen zu lassen, wurde das Point-Merge-Verfahren entwickelt. Dieses ermöglicht eine flüssige Verkehrsabwicklung im kontinuierlichen Sinkflug durch Führung der Luftfahrzeuge auf Kreisbögen, die an einem bestimmten Sammelpunkt (Point-Merge) eingereicht werden. An den Verkehrsflughäfen Leipzig/Halle und Hannover wird das Verfahren derzeit angewendet, am Flughafen Frankfurt/Main befindet es sich noch in der Entwicklungsphase. Beim CDO- und Point-Merge-Verfahren sind Lärmreduzierungen in einer Entfernung von ca. 18 km bis 55 km von der Landebahn möglich. Im Bereich des Endanflugs, der ca. 18 km vor der Landebahn beginnt, hat das Verfahren keinen Lärminderungseffekt, da die Luftfahrzeuge dem vorgegebenen Leitstrahl des Instrumentenlandesystems folgen.

Durch Anhebung des Gleitwinkels des Instrumentenlandesystems können jedoch Lärminderungen in Gebieten unterhalb der Endanflugbahn erzielt werden. Diese werden aufgrund des etwas steileren Anflugwinkels in größeren Höhen überflogen. Seit 2014 wird auf der Landebahn Nordwest des Frankfurter Flughafens im Regelbetrieb der Anflug mit einem Winkel von  $3,2^\circ$  durchgeführt. Nach Aussagen von Fraport (3) konnte dadurch direkt unterhalb der Endanflugbahn eine Reduktion des Maximalschalldruckpegels von 0,5 dB(A) bis 1,5 dB(A) erreicht werden.

Mit dem Einsatz des Satellitennavigationssystems GBAS (Ground-Based Augmentation System) ergibt sich für entsprechend ausgerüstete Flugplätze und Luftfahrzeuge die Möglichkeit, Siedlungsgebiete gezielt und präziser zu umfliegen. Dafür müssen jedoch zunächst die Randbedingungen von der ICAO festgelegt werden. Das Verfahren wird daher bisher nur an den Flughäfen Bremen und Frankfurt/Main in einer Grundstufe für Präzisionsanflüge erprobt. Zudem ist GBAS derzeit nur in wenigen Flugzeugtypen, wie z. B. Airbus A380 und Boeing 747-800 implementiert, so dass die Möglichkeiten dieses Flugverfahrens zurzeit nur unzureichend genutzt werden können.

Vor Eintritt in den Endanflug befinden sich die Luftfahrzeuge in der Regel in einem horizontalen Zwischenanflug. Dieser erfolgt überwiegend in einer Höhe von 4000 ft (1219 m), am Standort Frankfurt/Main sogar in 5000 ft bzw. 6000 ft (3). Durch die Anhebung der Zwischenanflughöhe um 1000 ft bis 3000 ft, also um ca. 300 m bis 900 m, kann die Fluglärmimmission in im Gegenanflug überflogenen Gebieten zusätzlich reduziert werden.

#### **6.4.2 Lärmoptimierte Nutzung des Bahnsystems**

Eine Minderung des Fluglärms lässt sich auch durch eine lärmoptimierte Nutzung des Bahnsystems erreichen. Die gezielte Nutzung einzelner Start-/Landebahnen für An- bzw. Abflüge und die gezielte Nutzung ausgewählter An- und Abflugrouten kann dazu beitragen, besonders sensible Siedlungsgebiete möglichst wenig zu überfliegen und schlussendlich Lärmpausen in bestimmten Regionen im Flughafenumfeld zu schaffen. Die Nutzung des Start- und Landebahnsystems unter Berücksichtigung von Lärmschutzkriterien wird derzeit vor allem am Flughafen Hamburg praktiziert.

Die beschriebenen flugbetrieblichen Möglichkeiten zur Fluglärminderung unterliegen grundsätzlich gewissen Grenzen und hängen von verschiedenen Randbedingungen ab, dazu zählen insbesondere:

- ▶ die Siedlungsstruktur im Umland des Flugplatzes,
- ▶ das Luftverkehrsaufkommen,
- ▶ Höhen- und Geschwindigkeitsvorgaben der Flugsicherung,

- ▶ die verfügbare Länge der Startrollstrecke,
- ▶ die Luftfahrzeugmasse,
- ▶ die Meteorologie,
- ▶ der technische Ausrüstungsstand der Flugplätze und Luftfahrzeuge,
- ▶ Verkehrsströme benachbarter Flugplätze.

Flugbetriebliche Maßnahmen haben jedoch gegenüber technischen Maßnahmen am Luftfahrzeug den Vorteil, dass sie deutlich schneller realisiert werden können. Sie sind daher ein wichtiges Element einer Strategie zur Minderung des Fluglärms.

## 6.5 Auswirkungen auf das Regelwerk zur Bestimmung der LSB

Im Folgenden soll der Frage nachgegangen werden, ob sich die dargestellten Fortschritte in der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik im Verfahren zur Bestimmung der LSB (AzD und AzB) ausreichend abbilden und berechnen lassen.

Die Festsetzung der LSB erfolgt auf Grundlage der 1. FlugLSV, die einerseits auf die „Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb, AzD“, und andererseits auf die „Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen, AzB“ verweist.

Die AzD dient der standardisierten Erfassung der Daten zur Berechnung der LSB. Die Vorschrift enthält detaillierte Vorgaben über Art und Umfang der zu erhebenden Flugbetriebsdaten. Die Einbeziehung neuer Flugbetriebsverfahren lässt sich in der Regel durch eine geeignete Beschreibung im Datenerfassungssystem realisieren. So bietet die AzD die Möglichkeit, Höhenprofile individuell zu beschreiben. Dadurch können z. B. neue Anflugverfahren in den meisten Fällen abgebildet werden.

Die Berechnung der LSB erfolgt für eine Flugbetriebssituation in zehn Jahren, die detaillierte Prognosedaten erfordert. Um die Prognoseunsicherheiten in Grenzen zu halten, werden hierbei nicht einzelne Luftfahrzeugtypen (z. B. Airbus A 320-200, Boeing 737-800) betrachtet, sondern Luftfahrzeuge mit ähnlichen Geräuschmissionen in Gruppen zusammengefasst, die in der AzD festgelegt sind. Die Definition dieser Gruppen ist einerseits so allgemein gehalten, dass auch zukünftige Luftfahrzeugmuster davon erfasst werden. Andererseits wurde durch geschickte Kriterienwahl erreicht, dass ein Luftfahrzeug stets nur einer einzigen Luftfahrzeuggruppe zugeordnet werden kann und damit eine eindeutige Zuordnung gewährleistet ist. Dies ist eine große Stärke der AzD, die sich sowohl im zivilen als auch militärischen Bereich positiv auswirkt. So können z. B. die neuen Luftfahrzeugmuster Airbus A350 und Boeing 787 der bestehenden AzB-Luftfahrzeuggruppe S 6.2 zugeordnet werden. Ebenso wird das militärische Transportflugzeug Airbus A400M durch die Luftfahrzeuggruppe P-MIL 2 erfasst. Es ist somit auch bei Einführung neuer Luftfahrzeugmuster ein einwandfreier Gesetzesvollzug möglich. Nachteilig ist jedoch, dass die Luftfahrzeuggruppen durch eine zunehmende Anzahl von Luftfahrzeugbaureihen ausgeweitet werden. Dies wird besonders bei der Luftfahrzeuggruppe S 5.2 deutlich. Diese Gruppe ist in der AzD wie folgt definiert: „Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 50 t bis 120 t und einem Triebwerks-Nebenstromverhältnis größer als 3, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen und im Jahr 1982 oder danach gebaut wurden“ (5). Diese Gruppe bestand bei Inkrafttreten des FluLärmG im Jahr 2007 im Wesentlichen nur aus den Luftfahrzeugmustern Airbus A320 und Boeing 737-300. Heutzutage fallen in die Luftfahrzeuggruppe S 5.2 praktisch alle Mittelstreckenflugzeuge, und zwar Airbus A318/A319/A320/A321, Boeing 737-300/400/500/600/700/800/900 sowie Boeing 737-BBJ-Versionen und verschiedene Flugzeuge des Herstellers Embraer. Es erhebt sich daher die Frage, ob diese Entwicklung in den AzB-Luftfahrzeugklassendaten noch sachgerecht abgebildet wird.

Die AzB definiert das Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Fluglärmbelastung. Sie wurde speziell für die Zwecke des FluLärmG konzipiert. In die Berechnung der Fluglärmbelastung nach AzB gehen keine einzelnen Luftfahrzeugmuster ein, sondern Luftfahrzeugklassen, weil sich über einzelne

Luftfahrzeugmuster keine belastbaren Prognoseaussagen treffen lassen. Jede Luftfahrzeuggruppe der AzD besteht aus mindestens zwei Luftfahrzeugklassen, die jeweils akustische und flugbetriebliche Daten enthalten und in der AzB angegeben sind.

In die Fluglärmrechnung gehen insbesondere die Geräuschemissionsdaten der Luftfahrzeuge, die Zahl der Flugbewegungen in den sechs verkehrsreichsten Monaten des Prognosejahres sowie die Verläufe der Ab- und Anflugstrecken und Platzrunden ein. Die von einer Flugbewegung ausgehende Lärmbelastung wird berechnet, indem die Flugbahn in Segmente zerlegt wird, die jeweils einen Beitrag zur Gesamtmission an einem bestimmten Immissionsort liefern. Diese Rechnung wird für sämtliche Flugbewegungen wiederholt, wobei nach Flugbahnen und Luftfahrzeugklassen kategorisiert wird. Zur Ermittlung der LSB muss für alle Immissionsorte in einem Raster von 50 m x 50 m in Umfeld des Flugplatzes entsprechend verfahren werden.

Um die Flugbahn zu ermitteln, wird der aus dem Datenerfassungssystem (DES) zu entnehmende horizontale Verlauf der Flugbahn mit dem vertikalen Verlauf aus den Datenblättern der Luftfahrzeugklassen zusammengeführt. Neben der Höhe wird in dem Fixpunktprofil der Datenblätter außerdem die Geschwindigkeit des Luftfahrzeugs und der Zusatzpegel festgehalten, der die Geräuschemissionen basierend auf der Schubeinstellung repräsentiert. Durch die vordefinierten Werte dieser Parameter im Fixpunktprofil können bspw. Änderungen des Flugverfahrens, der Luftfahrzeugmasse oder der Meteorologie bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden. Bei den Anflügen besteht lediglich die Möglichkeit, den vertikalen Verlauf der Flugbahn anzupassen. Die den Luftfahrzeugklassen zugrundeliegenden Fixpunktprofile haben folglich einen kritischen Einfluss auf die Berechnung der Fluglärmbelastung und sollten dementsprechend regelmäßig der zu erwartenden Flugbetriebspraxis angepasst oder derart flexibler formuliert werden, so dass Änderungen der Flugverfahren im Wesentlichen berücksichtigt werden können.

Die Daten der Luftfahrzeugklassen der AzB sind zuletzt 1999 aktualisiert worden. Derzeit praktizierte Flugverfahren entsprechen daher nur näherungsweise den Flugprofilen der AzB-Luftfahrzeugklassen. Seit Festsetzung der Luftfahrzeugklassen kamen zudem einige neue Luftfahrzeugmuster hinzu. Diese mussten bestehenden Luftfahrzeugklassen zugeordnet werden, weil eine Änderung der AzB ohne eine aufwendige parlamentarische Befassung nicht möglich ist. Dadurch können die neuen Luftfahrzeugmuster nur bedingt akustisch äquivalent angesehen werden. Dies betrifft beispielsweise den Airbus A350 oder die NEO-Luftfahrzeugmuster von Airbus. Formal ist der A 320neo aufgrund seiner Höchststartmasse (MTOM) und seiner Lärmzertifizierung der Luftfahrzeuggruppe S 5.2 zuzuordnen, dieser ist jedoch deutlich leiser als andere Luftfahrzeugmuster derselben Gruppe. Darüber hinaus existieren einige militärische Luftfahrzeuge (z. B. mit Tilt-Rotor), die aufgrund ihrer Bauweise kaum einer geeigneten Luftfahrzeugklasse zuzuordnen sind. Insbesondere die militärischen Luftfahrzeuge C-5 Galaxy und KC-135 sind durch Triebwerksrüstungen wesentlich leiser als sie in den Luftfahrzeugklassendaten der AzB beschrieben sind. Zudem wird zukünftig auch zu klären sein, inwieweit große Drohnen im FluLärmG berücksichtigt werden sollten. Diese Entwicklung ist ebenfalls für das FluLärmG und das zugehörige untergesetzliche Regelwerk relevant, da auch für militärische Flugplätze LSB festzusetzen sind.

Die AzB sollten daher zukünftig weiterentwickelt werden, um sowohl neue Flugverfahren als auch Luftfahrzeugmuster adäquat abzubilden. Eine Aktualisierung wird auch in der AzB selbst empfohlen, insofern zehn Jahre seit der letzten Überprüfung zurückliegen oder besondere Entwicklungen im Luftverkehr dies erforderlich erscheinen lassen (4). In der Praxis ist dies jedoch schwierig umzusetzen, weil das Berechnungsverfahren Bestandteil der 1. FlugLSV ist. Das bedeutet, dass auch kleine Änderungen am Berechnungsverfahren oder den Luftfahrzeugklassen ein aufwendiges parlamentarisches Verfahren erfordern, so dass davon bislang abgesehen wurde. Dieses starre Instrument sollte nach Auffassung des UBA zukünftig gelockert werden, um zeitnah technische Entwicklungen im Berechnungsverfahren umsetzen zu können.

Die AzB hat sich beim Vollzug des FlulärmG sehr bewährt, da sie ein eindeutiges und praktikables Berechnungsverfahren beschreibt. Maßgeblich hat dazu auch beigetragen, dass die Programme für die Berechnung der LSB qualitätsgesichert sein müssen. Damit wird gewährleistet, dass die Berechnungen gemäß dem vom Ordnungsgeber festgelegten Algorithmus durchgeführt werden. Das UBA hat hierfür im Jahr 2008 in Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz und dem DLR ein detailliertes Verfahren zur Überprüfung der AzB-Berechnungsprogramme erarbeitet. Dieser Testflugplatz ist auf der UBA-Internetseite verfügbar. Die korrekte Berechnung dieser Aufgabe ist die Voraussetzung dafür, dass das AzB-Fluglärm-Berechnungsprogramm vom UBA als korrekt eingestuft wird, und damit zur offiziellen Berechnung der LSB verwendet werden kann. Darüber hinaus ist vom Software-Hersteller eine sogenannte Konformitätserklärung nach DIN 45687 abzugeben. Darin bestätigt der Hersteller des AzB-Berechnungsprogramms, dass sein DV-Programm bestimmten grundsätzlichen Anforderungen genügt. Dieses Überprüfungsverfahren ist von fast allen kommerziell verfügbaren AzB-Softwareprodukten erfolgreich absolviert worden. Darüber hinaus besteht eine Datenschnittstelle nach DIN 45687, um einen Datenaustausch zwischen den verschiedenen Berechnungsprogrammen zu ermöglichen.

Mit der derzeitigen Einführung der harmonisierten Berechnungsmethoden, CNOSSOS-EU („Common Noise Assessment Methods in EU“), wird ein weiteres Fluglärm-Berechnungsverfahren speziell für die Lärmkartierung nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie zur Verfügung stehen. Dies wirft die Frage auf, ob dieses Berechnungsverfahren zukünftig auch für die Ermittlung von LSB verwendet werden könnte. Entsprechend den Vorgaben der EU-Umgebungslärmrichtlinie soll CNOSSOS-EU die Fluglärmbelastung für eine Ist-Situation bestimmen, d. h. es zielt auf die Erfassung des Flugbetriebs eines zurückliegenden Jahres ab. In das Berechnungsverfahren gehen daher einzelne Luftfahrzeugmuster ein, welche zusätzlich nach Triebwerken und Ausstattung unterschieden werden. Während für einige alte Luftfahrzeugmuster viele Varianten in der CNOSSOS-EU-Datenbasis aufgelistet sind, fehlen verschiedene moderne Luftfahrzeuge (z. B. A350, NEO-Familie von Airbus, MAX-Version der Boeing 737). Für eine Berechnung nach CNOSSOS-EU sind zudem im Datenerfassungssystem sämtliche Luftfahrzeuge nach ihrer ICAO-Bezeichnung aufzulisten. Das bedeutet, dass je nach Flugplatzgröße für jedes Flugverfahren bis zu 150 Luftfahrzeuge und die Anzahl ihrer Ab- bzw. Anflüge erfasst werden müssen. Darüber hinaus erfordert eine Berechnung nach CNOSSOS-EU detaillierte Kenntnisse über Flugprozeduren, um die geflogenen Profile ermitteln zu können. Derart detaillierte Informationen liegen für Prognosesituationen, auf die das FlulärmG abstellt, nicht vor. Darüber hinaus ist der Berechnungsalgorithmus von CNOSSOS-EU nicht so detailliert wie bei der AzB ausgeführt und bietet Interpretationsspielraum. Aus diesen Gründen kann eine rechtssichere Ermittlung von LSB mit CNOSSOS-EU nicht gewährleistet werden, so dass CNOSSOS-EU als Grundlage für das FlulärmG nicht in Frage kommt.

## 6.6 Zwischenfazit

Zur Minderung des Fluglärms sind Maßnahmen an der Quelle (Luftfahrzeuge) am effektivsten. Wenn insgesamt der Luftverkehr mit einer lärmarmen Luftfahrzeugflotte abgewickelt wird, verringert sich die Fluglärmbelastung an jedem Flugplatz, an dem diese Luftfahrzeuge starten und landen. Die Entwicklungen der Luftfahrzeugtechnik zeigen, dass die Geräuschemissionen seit 2007 bei neu zugelassenen Luftfahrzeugen aber auch bei Bestandsflugzeugen merklich gesenkt werden konnten. Es ist zudem davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren weitere Lärminderungsmöglichkeiten erschlossen werden, so dass Maßnahmen zur Lärminderung an der Quelle auch zukünftig noch ein erhebliches Lärminderungspotenzial bieten. Dieses Potenzial muss angesichts des weiter zunehmenden Luftverkehrs und der damit verbundenen Fluglärmprobleme gehoben werden.

Lärminderungseffekte durch den Einsatz neuer Luftfahrzeugtypen an einem Flugplatz sind schwierig zu prognostizieren, weil sich die Situation von Flugplatz zu Flugplatz unterscheidet. Zudem

ist die Umrüstung der bestehenden Flugzeugflotten auf leisere Flugzeuge ein langwieriger Prozess. Neue Luftfahrzeugtypen können sich unterschiedlich auf die Geräuschsituation im Umfeld eines Flugplatzes auswirken, was von verschiedenen Faktoren abhängt, wie z. B. dem Flottenmix bzw. dem Anteil der eingesetzten neuen Luftfahrzeugtypen und dem Verlauf der An- und Abflugrouten sowie der Besiedlungsstruktur. Auch neue lärmindernde Flugverfahren haben das Potential, weitere Lärmreduzierungen zu erwirken.

Die erzielten Fortschritte auf dem Gebieten der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik sollen in das Verfahren zur Ermittlung der LSB einfließen. Die seit Inkrafttreten des FluLärmG in der Praxis gewonnenen Erfahrungen zeigen, dass sich das Regelwerk zur Ermittlung von LSB grundsätzlich bewährt hat. Aufgrund aktueller Entwicklungen im Luftverkehr, wie der Einführung neuer Luftfahrzeugmuster, und Fortschritten in der Flugbetriebstechnik sollten jedoch die AzD und AzB weiterentwickelt werden. Ein wesentlicher Grundstein ist mit den laufenden Arbeiten an der DIN 45689-1 „Ermittlung von Fluggeräuschmissionen an Flughäfen - Teil 1: Berechnungsverfahren“ bereits gelegt, die vom Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI vorbereitet wird. Dass dieser Norm zugrundeliegende Berechnungsverfahren ist dazu geeignet, die Anforderungen des FluLärmG zu erfüllen und entspricht dem derzeitigen, internationalen Stand der Wissenschaft. Es ist beabsichtigt, die Arbeiten des ersten Teils der Norm bis Ende 2017 abzuschließen. Für eine eventuelle Anwendung der DIN 45689 im Rahmen eines weiterentwickelten FluLärmG fehlt jedoch noch eine solide Datenbasis mit den akustischen und flugbetrieblicheren Daten neuer Luftfahrzeugmuster. Das UBA hat daher für die Aktualisierung des Berechnungsverfahrens nach FluLärmG und die damit verbundene Erarbeitung einer Datenbasis ein Forschungsvorhaben ausgeschrieben, in das auch Erkenntnisse aus der Evaluation des FluLärmG einfließen sollen. Neben der Generierung neuer flugbetrieblicher und akustischer Daten wird auch eine Prüfung sowohl der luftfahrzeugklassenspezifischen Standardabweichung der Emissionsstreuung bei dem NAT-Kriterium als auch der Richtcharakteristik der Triebwerke und ihrer Anbringung angestrebt. Die Arbeiten daran werden voraussichtlich im dritten Quartal des Jahres 2017 beginnen und 2020 abgeschlossen werden.

Die Analyse der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik hat gezeigt, dass die Lärmmission, die durch einen einzelnen Flug verursacht wird, durch kontinuierlichen technischen Fortschritt schrittweise reduziert werden konnte. Wird die AzB unserer Empfehlung folgend den aktuellen Geräuschemissionen der Luftfahrzeuge und den Entwicklungen im Flugbetrieb angepasst, würde dies Auswirkungen auf die Größe und Form der LSB haben. Es ist zu erwarten, dass dann die LSB bei gleichen Flugbewegungszahlen gegenüber den LSB nach derzeitigen Regelwerk kleiner ausfallen würde. Dementsprechend würden weniger Personen unter den Schutz des FluLärmG fallen. Betroffene aus Randgebieten der Schutzzonen des LSB könnten in einen LSB mit niedrigeren SGW gelangen bzw. gänzlich aus dem Anwendungsbereich nach FluLärmG fallen. Deshalb ist es wichtig, dass auch weiterhin die SGW des LSB und das Ermittlungsverfahren für den LSB eine Einheit bilden. Die Berücksichtigung aktueller Entwicklungen auf dem Gebiet der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik in der AzD und AzB muss also mit der aus Lärmwirkungssicht erforderlichen Absenkung der SGW einhergehen, um den Schutz vor Fluglärm in der Flugplatzumgebung für die Anrainerinnen und Anrainer zu gewährleisten.



## 7 Entwicklung der Fluglärmbelastung in Deutschland

Seit Inkrafttreten des novellierten FluLärmG im Jahr 2007 ist das Passagieraufkommen an den deutschen Verkehrsflughäfen stark gestiegen. Während im Jahr 2007 auf rund 164,1 Mio. Passagiere befördert wurden, betrug das Aufkommen im Jahr 2016 rund 201,5 Millionen Passagiere (45). Die Zahl der Flugbewegungen hat dagegen kaum zugenommen und liegt in den letzten Jahren bei ca. 2,1 Mio. Flugbewegungen pro Jahr (46). Diese unterschiedliche Entwicklung ist durch eine höhere Auslastung und dem Einsatz größerer Flugzeuge zu erklären.

Die Anzahl der Flugbewegungen ist eine wichtige Größe für die Ermittlung der Fluglärmbelastung an Flugplätzen. Darüber hinaus kommen der Startmasse des Luftfahrzeugs und der Triebwerksleistung besondere Bedeutung zu, weil die Geräuschemission des Luftfahrzeugs von der Triebwerksleistung abhängt. Die akustischen und flugbetrieblichen Daten der Luftfahrzeuge und die Zahl der Flugbewegungen sind deshalb wesentliche Eingangsgrößen zur Berechnung der Fluglärmbelastung.

Über die Entwicklung der Fluglärmbelastung gibt die EU-Umgebungslärmrichtlinie Aufschluss. Nach dieser Richtlinie soll der Umgebungslärm in Europa vermindert und in bisher ruhigen Gebieten einer Zunahme des Lärms vorgebeugt werden. Dazu soll die Belastung in Lärmkarten erfasst und dann durch konkrete Maßnahmen gemindert werden. Nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie ist der Lärm in der Umgebung von Hauptverkehrsstraßen, Haupteisenbahnstrecken und Großflughäfen sowie in Ballungsräumen zu ermitteln. Dabei wird unter einem Großflughafen ein Verkehrsflughafen mit über 50.000 Flugbewegungen pro Jahr verstanden. Die erste Lärmkartierung erfolgte im Jahr 2007 und wird seitdem alle fünf Jahre wiederholt. Aktuell liegen somit die Kartierungsergebnisse für die Jahre 2007 und 2012 vor. Erfasst wird jeweils die Lärmbelastungssituation des vorangegangenen Kalenderjahres. Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse werden EU-weit einheitliche Kenngrößen verwendet, und zwar der Tag-Abend-Nacht-Lärmindex ( $L_{DEN}$ ) und der Nachtlärmindex ( $L_{Night}$ ). Tabelle 5 zeigt für diese Flughäfen die Anzahl der Personen, die  $L_{DEN}$ -Pegeln von über 55 dB(A) betroffen sind. Zudem ist die Zahl der Personen angegeben, die  $L_{Night}$ -Pegeln von über 50 dB(A) an Flughäfen ausgesetzt sind. Es wird deutlich, dass sich die Fluglärmbelastung an den einzelnen Flughäfen unterschiedlich entwickelt hat. Während zum Beispiel am Verkehrsflughafen Frankfurt/Main die Zahl der Betroffenen stark zurückgegangen ist, stagniert sie am Flughafen Nürnberg und hat am Flughafen Düsseldorf deutlich zugenommen. Die Gründe für diese unterschiedliche Entwicklung an den einzelnen Verkehrsflughäfen sind vielfältig. Sie reichen von flugbetrieblichen Änderungen über der Anwendung von Lärmschutzmaßnahmen bis hin zur Verbesserung bei der Modellierung der Eingabedaten für das Verfahren zur Berechnung der Fluglärmbelastung.

Tabelle 5 Entwicklung der Betroffenzahlen an Großflughäfen in Deutschland in den Jahren 2007 und 2012 nach EU-Umgebungslärmrichtlinie

Großflughafen	$L_{DEN} > 55$ dB(A) 2007	$L_{DEN} > 55$ dB(A) 2012	Änderung $L_{DEN}$ 2012- 2007	$L_{Night} > 50$ dB(A) 2007	$L_{Night} > 50$ dB(A) 2012	Änderung $L_{Night}$ 2012- 2007	Flugbewegungen DESTATIS 2006	Flugbewegungen DESTATIS 2011	Änderung 2012-2007
Berlin-Schönefeld	-	16.100	-	-	6.500	-	-	65.876	-
Berlin-Tegel	251.300	240.500	-10.800	74.000	54.100	-19.900	134.339	161.310	+26.971
Stuttgart	44.200	44.200	0	5.700	5.700	0	144.311	123.968	-20.343
München	7.800	11.300	+3.500	800	3.400	+2.600	391.827	399.439	+7.612
Nürnberg	10.700	10.500	-200	3.800	3.700	-100	62.737	53.631	-9.106
Frankfurt am Main	238.700	197.600	-41.100	107.600	59.800	-47.800	481.336	480.871	-465
Hamburg-Fuhlsbüttel	51.100	54.200	+3.100	5.400	4.500	-900	146.443	141.143	-5.300
Hannover-Langenhagen	26.300	18.300	-8.000	10.500	4.900	-5.600	75.519	68.309	-7.210
Düsseldorf	38.000	48.300	+10.300	7.700	8.500	+800	208.273	216.626	+8.353
Köln/Bonn	78.400	85.000	+6.600	43.600	45.200	+1.600	138.816	117.575	-21.241
Leipzig-Halle	-	12.000	-	-	9.400	-	-	58.772	-
<b>Summe</b>	746.500	738.000	-36.600	259.100	205.700	-69.300	1.783.601	1.887.520	-20.729

Ein Vergleich der Gesamtzahl der Personen, die in den Jahren 2007 und 2012 an den Verkehrsflughäfen  $L_{DEN}$ -Pegeln über 55 dB(A) ausgesetzt waren, lässt sich nur für neun Flughäfen vornehmen, da nur für diese Daten vorliegen. Dabei zeigt sich, dass die Betroffenenzahl im Jahr 2012 für den Tag-Abend-Nacht-Lärmindex um ca. 5 % gegenüber dem Jahr 2007 zurückgegangen ist und somit etwas weniger Menschen von diesen Pegelwerten betroffen waren als im Jahr 2007. Ein deutlich stärkerer Rückgang der Betroffenenzahl ergab sich für die Nachtzeit, und zwar um ca. 20 % gegenüber dem Jahr 2007. Dies ist vor allem in der wesentlichen Verringerung der Betroffenenzahl am Flughafen Frankfurt/Main begründet, die eine Folge des im Jahr 2011 eingeführten Nachtflugverbots von 23 bis 5 Uhr ist. Allerdings fallen unter die EU-Umgebungslärmrichtlinie nur die elf verkehrsreichsten deutschen Flughäfen. Kleinere Verkehrsflughäfen, wie z. B. Bremen, Dresden oder Erfurt, werden von der Richtlinie nicht erfasst, obwohl auch dort Fluglärmprobleme bestehen. Ebenso werden Landeplätze nicht berücksichtigt, an denen zum Teil ein erheblicher Flugbetrieb mit kleineren Propellerflugzeugen und Motorseglern stattfindet. Zudem fehlen in der Zusammenstellung die Personen, die von der Fluglärmbelastung an militärischen Flugplätzen betroffen sind. Die Gesamtzahl der in Deutschland vom Fluglärm betroffenen Menschen liegt somit höher.

Weiterhin ist anzumerken, dass nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie grundsätzlich nur  $L_{DEN}$ -Pegel über 55 dB(A) bzw.  $L_{Night}$ -Pegel von über 50 dB(A) betrachtet werden. Würden dagegen kleinere Pegelwerte verwendet werden, würde dies zu deutlich größeren Fluglärmkonturen und wegen der zunehmenden Besiedlungsdichte auch zu deutlich höheren Betroffenenzahlen führen. So sind aus Sicht des UBA für die Nachtzeit Fluglärmbelastungen beachtenswert, die einen  $L_{Aeq, Nacht}$  von 40 dB(A) erreichen oder überschreiten. Dieser Wert wird auch von der Weltgesundheitsorganisation WHO empfohlen. Einen Pegelwert von  $L_{Aeq, Nacht}$  von 40 dB(A) hat das UBA beispielsweise bei der lärmfachlichen Bewertung der Flugverfahren für den neuen Berliner Flughafen BER zugrundegelegt. Danach waren allein nachts rund 90.000 Personen von Fluglärmpegeln von mindestens 40 dB(A) betroffen.

Aufgrund der vorstehenden Ausführungen lässt sich sagen, dass sich seit 2007 die Fluglärmbelastung an den Verkehrsflughäfen unterschiedlich entwickelt hat. Positiv hervorzuheben ist die Entwicklung der Nachtfluglärmsituation am Flughafen Frankfurt/Main. Dort hat sich die Zahl der von  $L_{Night}$ -Pegeln über 50 dB(A) betroffenen Menschen im Jahr 2012 um 44 % gegenüber dem Jahr 2007 verringert. Dies ist vor allem auf das 2011 eingeführte Nachtflugverbot von 23 bis 5 Uhr zurückzuführen. Damit wurde ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung getan, weil ungestörter und ausreichend langer Schlaf ist für die geistige und körperliche Erholung von essentieller Bedeutung ist. Im Mittel werden jedoch acht Stunden ungestörter Schlaf benötigt. Das UBA empfiehlt daher ein Ruhen des regulären Flugbetriebes für stadtnahe Flughäfen von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr.

## 8 Akteursbefragung im Rahmen von WERESFLU

### 8.1 Zielstellung und Verfahren

Im Zuge der FluLärmG-Novelle 2007 wurde die Aufgabe des Vollzuges vom Bund auf die Länder übertragen. Somit sind BMUB bzw. UBA nicht mehr unmittelbar in die Praxis des Gesetzesvollzuges involviert und es ist umso wichtiger, die maßgeblichen Akteure in der Evaluation des FluLärmG einzubeziehen.

In der vom UBA vergebenen Studie zur 2. FlugLSV wurden von den Forschungsnehmenden bereits einige Akteure an einzelnen Flughafen-Standorten zu verschiedenen Aspekten befragt. Diese Beiträge sowie aus diesen entwickelte Änderungsempfehlungen sind in dieser Studie dokumentiert und wurden auszugsweise auch in das darauffolgende Forschungsvorhaben „Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm“ (Akronym: WERESFLU) wieder aufgenommen (112).

In WERESFLU wurde nun eine möglichst umfassende, repräsentative Auswahl an Akteuren zu folgenden Aspekten befragt:

6. Erfahrungen im praktischen Gesetzesvollzug (Verständlichkeit der Regelungen, Aufwand-Nutzen-Verhältnis etc.)
7. bewertende Einschätzungen der Wirkungen des FluLärmG
8. mögliche Änderungsvorschläge zu den rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm
9. Ermittlung eines möglichst aktuellen und umfassenden Standes des Gesetzesvollzugs

Als relevante Akteure wurden diejenigen Institutionen einbezogen, die mit der Anwendung und dem Vollzug des FluLärmG betraut sind, als Bundesverband die Belange der Fluglärm-Betroffenen sowie der Luftverkehrswirtschaft vertreten oder die aufgrund ihrer Aufgabenstellung das Thema Fluglärmschutz zum Ziel haben. Von den Akteuren, die zur Ausfüllung eines hierfür von den Forschungsnehmenden erarbeiteten Online-Formulars gebeten wurden, haben sich insbesondere die folgenden geäußert:

- ▶ mit dem Vollzug des FluLärmG federführend zuständigen Landesministerien in allen betroffenen Bundesländern m.d.B. andere relevante Behörden einzubinden,
- ▶ Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen e. V. (ADV),
- ▶ Board of Airline Representatives in Germany e.V. (BARIG),
- ▶ Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V. (BDL),
- ▶ Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS),
- ▶ Ausschuss Physikalische Einwirkungen (PhysE) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft<sup>4</sup> für Immissionsschutz (LAI)<sup>5</sup>,
- ▶ Arbeitsgemeinschaft Deutscher Fluglärmkommissionen e. V. (ADF),
- ▶ Arbeitsring Lärm (ALD) der Deutschen Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA),
- ▶ Bundesvereinigung gegen Fluglärm e. V. (BVF),
- ▶ Bund für Umwelt und Naturschutz e.V. (BUND),
- ▶ Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD).

<sup>4</sup> Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) ist ein Arbeitsgremium der Umweltministerkonferenz (UMK).

<sup>5</sup> Der Ausschuss soll sich mit sämtlichen Fragen, bei denen physikalischen Gesetzmäßigkeiten dominieren, beschäftigen. Dies sind Lärmbekämpfung, Erschütterungen, Elektromagnetische Felder sowie Lichtimmissionen.

## 8.2 Ergebnisse der Akteursbefragung

### 8.2.1 Vorbemerkung zu den Ergebnissen

Bei der folgenden Darstellung der wichtigsten Ergebnisse dieser Befragung wird unterschieden zwischen Anträgen zur Klarstellung der Gesetzes- bzw. Verordnungstexte, um einen rechtssicheren, einheitlichen Vollzug sicherzustellen, und Änderungen dieser Rechtsnormen, die auf verbesserte materielle und formelle Maßgaben abzielen. Strukturiert sind die folgenden Unterkapitel nach den hauptsächlichen Regelungsinhalten der ersten, zweiten und dritten FlugLSV, wobei die übergeordneten Maßgaben hierzu jeweils im FluLärmG zu finden sind. Die anschließende übergeordnete Bewertung der Wirkung der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm geht über das FluLärmG im engeren Sinne hinaus.

Die ausführliche Auswertung der Akteursbeiträge findet sich im WERESFLU. Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass sich die Vertreter der Luftverkehrswirtschaft (BDL, ADF, DFS) in einer gemeinsamen Stellungnahme übergeordnet geäußert und auch eine detaillierte Bewertung der Vorschläge aus der UBA-Studie zur 2. FlugLSV verfasst haben. In diesen Positionspapieren wird das FluLärmG in seiner aktuellen Form als grundsätzlich bewährt begrüßt, keine erheblichen Änderungsvorschläge vorgebracht (bis auf eine Überarbeitung der AzB/AzD) und die Vorschläge des Öko-Instituts zur 2. FlugLSV größtenteils abgelehnt. Somit wird grundsätzlich kein Bedarf für eine erneute Novellierung des FluLärmG und seiner Rechtsverordnungen gesehen. Die Siedlungssteuerungsfunktion des FluLärmG wird zwar als kaum wirksam kritisiert, dies solle jedoch durch stringenterer raumplanerische Regelungen außerhalb des FluLärmG verbessert werden.

Die folgenden Änderungs- und Klarstellungsempfehlungen stammen somit von den anderen Akteursgruppen, wobei sich auch die Behördenvertreter – aus dem Umwelt- wie auch dem Verkehrsressort – mehrheitlich kritisch zum FluLärmG äußern.

### 8.2.2 Rückmeldungen zur Festsetzung der LSB

Zum Verfahren zur Ermittlung der LSB, welches im FluLärmG und in der 1. FlugLSV (inkl. AzD/AzB) geregelt ist, wurden die folgenden Empfehlungen zur Klarstellung und Änderungsvorschläge geäußert.

#### Klarstellungs-Empfehlungen:

- ▶ Präzisierung des Verfahrens zur Bereitstellung der Daten gemäß AzD, z. B. auch zur Auskunftspflicht der einzelnen Datenlieferanten
- ▶ Klarstellung der Beschreibung der Instrumentenflugstecken
- ▶ Umgang mit Unsicherheiten in der Prognose der Streuung der Nutzungsanteile der Bahnbetriebsrichtung („Sigma-Regelung“)
- ▶ Präzisierung nach welchem Verfahren die Neufestsetzung eines LSB aufgrund des 2-dB-Kriteriums geprüft werden soll und ob dies auch bei einer Abnahme um 2 dB gilt
- ▶ Zählung der Platzrunden für die Anzahl der Flugbewegungen
- ▶ Umgang mit Ansprüchen auf Erstattung von Schallschutzkosten bei Veränderungen des LSB (Problem des zeitlichen Auseinanderfallens).

#### Änderungsvorschläge:

- ▶ Erweiterung und Modifizierung der zu erfassenden Schallquellen (Triebwerksprobeläufe, Rollverkehr, militärische Übungsgebiete, Streckenverläufe leiser 50 dB, etc. )
- ▶ Andere Regelung zur Berücksichtigung der Streuung der Nutzungsanteile je Bahnbetriebsrichtung (z. B. „100/100-Regel“ oder quasi „lautester Monat“)

- ▶ Ermittlung der Geräuschbelastung für die lauteste Nachtstunde statt Mittelung über acht Stunden (Vorbild: TA Lärm), vor allem bei starker nächtlicher Ungleichverteilung
- ▶ Prüfung der Änderung nach § 5 FluLärmG mit NAT-Kriterium
- ▶ Verzicht auf einer Neufestsetzung des LSB („2 dB-Kriterium“) bei kleinräumiger Änderung, da diese Regelung sogar als Hemmnis für aktiven Schallschutz wirken kann<sup>6</sup>
- ▶ Leichtere Anpassungsmöglichkeit von AzB/AzD bzgl. neuer Luftfahrzeugtypen und Flugverfahren.

### 8.2.3 Rückmeldungen zum passiven Schallschutz

Der passive Schallschutz ist im FluLärmG und in der 2. FlugLSV geregelt. Da zu diesem Themenkomplex bereits umfangreiche Problemanalyse vorgenommen und Änderungsvorschläge diesbezüglichen Studie des Öko-Instituts erarbeitet worden sind, wurden die Akteure in dieser Befragung zuerst befragt, inwiefern sie sich diesen Aussagen anschließen können. In der überwiegenden Mehrheit der Antworten werden die in der Vorstudie identifizierten Probleme bestätigt. Auch die dort vorgeschlagenen Änderungen bzw. Klarstellung und Auslegungshinweise werden in einer großen Zahl der Rückmeldungen unterstützt. Es wurden jedoch auch noch weitere Aspekte angesprochen und weitere Änderungsvorschläge unterbreitet. Vor allem wurden die folgenden Klarstellungs-Empfehlungen und Änderungsvorschläge geäußert.

#### Klarstellungs-Empfehlungen:

- ▶ Definition des Begriffs Schlafräum als schützenswerter Aufenthaltsraum
- ▶ Interpretation und Anwendung des 8-dB-Abschlags zur Anrechnung von vorhergehenden Erstattungen aufgrund anderen Schallschutzprogramme
- ▶ Definition der maßgeblichen Raumnutzung im Rahmen der Erstattungsregelung
- ▶ Bezug der Wohnflächenermittlung auf welche Räume der Wohnung
- ▶ Berücksichtigung einer zukünftig zu erwartenden Raumnutzung
- ▶ Erstattungsfähigkeit der Gutachterkosten als „Nebenleistung“, sofern es zu Erstattung von Hauptleistungen kommt
- ▶ Klarstellungen der akustischen Anforderungen an Belüftungseinrichtungen, wie z. B. hinsichtlich des Eigengeräusches sowie den Einfluss auf das Schalldämmmaß der Wand.

#### Änderungsvorschläge:

- ▶ Verfeinerung der bisherigen Abstufung der erforderlichen Schalldämm-Maße in 5 dB Stufen, z. B. in 1-dB-Stufen
- ▶ Prüfung, des Anknüpfungspunktes zur DIN 4109 (1989) als bislang berücksichtigter Stand der Schallschutztechnik
- ▶ Untersuchung, ob eine Berücksichtigung der Bauteilalterung sinnvoll möglich ist
- ▶ Harmonisierung der Maßstäbe des Schallschutzniveaus zur Nachrüstung des Baubestands und zur Einhaltung der Anforderungen beim Neubau, d. h. Streichung der bisherigen Abschläge von 3 dB bzw. 8 dB
- ▶ Einführung einer Irrelevanzschwelle für das Schutzniveau des nachträglichen baulichen Schallschutzes, um die Anwendungspraxis zu vereinfachen
- ▶ Überprüfung und Verbesserung der bisherigen Höchstkostengrenze

<sup>6</sup> Dies wurde auch von der Luftverkehrswirtschaft moniert, und der Vorschlag unterbreitet, dies nur auf die TSZ 1 und NSZ zu beziehen, sofern die Änderung geschlossene Wohnsiedlungsgebiete betrifft.

- Erhöhung, um den realen Kosten vor allem für akustische Dachsanierungen Rechnung zu tragen; es sind allein Fälle auszuschließen, in denen die baulichen Schallschutzmaßnahmen einer umfassenden Gebäudesanierung gleichkämen
  - volle Anrechnung von Wohnflächen unterhalb von Dachschrägen im Gegensatz zu § 4 der Verordnung zur Berechnung der Wohnfläche (Wohnflächenverordnung - WoFlV)
- ▶ Kostenerstattung und akustische als auch Lüftungstechnische Anforderungen an Be- und Entlüftungsanlagen aufgrund einer Lüftungsplanung
  - ▶ sensorgesteuerte Lüfter, damit diese mit geringstmöglichem Eigengeräusch laufen
  - ▶ Erstattungs-fähigkeit für alternative Belüftung, z. B. zeitgesteuerte Fensterschließsysteme gegen Fluglärm morgens um 05:00 Uhr
  - ▶ Ermöglichung des Verzichts auf den Einbau eines schallgedämmten Lüfters durch den Eigentümer ohne die Einschränkung des Verlusts der Aufwendungen zum baulichen Schallschutz
  - ▶ planerische Kopplung von Schall- und Wärmeschutzmaßnahmen, die in der Ausführungsplanung als integrierte Lösung eingehen und entsprechende Berücksichtigung bei der Kostenerstattung sowie eventuell weiterer Förderung
  - ▶ Vereinheitlichung der Art der betroffenen Räume für erstattungsfähige Lüfter im Abgleich mit der 24. BImSchV, z. B. für Räume mit sauerstoffverbrauchenden Energiequellen (Kamine)
  - ▶ Gewährleistung der akustischen Qualität der baulichen Schallschutzmaßnahmen
    - Einführung einer parallel zur Durchführung der baulichen Schallschutzmaßnahmen obligatorischen nicht-akustischen Qualitätssicherung, die die erforderliche Wirksamkeit im eingebauten Zustand sicherstellt
    - Wartung und nicht-akustische Überprüfung der baulichen Schallschutzmaßnahmen im Nachgang (z.B. alle 5 Jahre), um eine nachhaltige Wirksamkeit zu gewährleisten.
  - ▶ Vereinfachung des Antragsverfahrens, z. B. durch Mitwirkung der Bauämter
  - ▶ Ermittlung der Schallschutzanforderungen auf Grundlage der Innenpegel anstatt Bauteilanforderungen an Außenteile
  - ▶ Ermittlung der Schallschutzanforderungen anhand der VDI 2719 (1987)
  - ▶ Erstattung der Stromkosten für den Betrieb der Belüftung

Die Anzahl der Veränderungsvorschläge zur 2. FlugLSV sind besonders zahlreich und vielfältig. Darum sei für weiterführende Ausführungen ausdrücklich auf die diesbzgl. UBA-Studie zur 2. FlugLSV verwiesen (111).

Im Rahmen dieses Fragenblocks wurden die Vollzugsbehörden zudem gebeten, Auskünfte zum Vollzugsstand bezüglich des passiven Schallschutzes zu geben. Die Ergebnisse sind in Kapitel 4.2 dargestellt.

#### **8.2.4 Rückmeldungen zur Außenwohnbereichsentschädigung**

Zur Außenwohnbereichsentschädigung, welche im FluLärmG und in der 3. FlugLSV geregelt ist, wurden vor allem folgende Punkte genannt:

##### **Allgemeine Einschätzung/Kritik:**

- ▶ Anwendungsbereich ist nicht angemessen
- ▶ Entschädigungspauschalen sind zu niedrig
- ▶ Klärung von Vollzugsfragen und die vorgesehene Erstellung von Verkehrswertgutachten ist sehr aufwändig und unverhältnismäßig

- ▶ Entschädigungszahlungen können nur die ultima ratio sein

#### **Änderungsvorschläge:**

- ▶ Anwendungsbereich erweitern auf zivil und militärische Bestandsflugplätze und die Tag-Schutzzone 2
- ▶ Erhöhung Entschädigungssumme, Verkehrswertermittlung vereinfachen (nach Vorbild der sogenannten „Frankfurter Lösung“ (75))
- ▶ Alternativ: Entschädigung als jährliche Zahlung

#### **8.2.5 Rückmeldungen zur übergeordneten Bewertung der Fluglärmenschutzregelungen**

Neben dieser Vielzahl von Beiträgen zu detaillierten Aspekten und Regelungen des FluLärmG wurden folgende grundsätzliche Einschätzungen und Kritikpunkte geäußert:

- ▶ Grundverständnis: das FluLärmG liefert einen Beitrag (v.a. durch passiven Schallschutz), aber keine vollständige Lösung der Fluglärmproblematik
- ▶ FluLärmG vermag (Außenpegel-)Lärmbelastung nicht zu begrenzen
- ▶ Verpflichtung zum aktiven Schallschutz fehlt, auch in gesetzlichen Regelungen außerhalb des FluLärmG
- ▶ FluLärmG sollte in einen gesetzlichen Rahmen eingebettet sein, der eine klare Handlungs- und Prüfungsabfolge wie das BImSchG enthält (vom Trennungsgebot über Minimierungsgebot zwischen Quelle und Empfänger und Passiven Schallschutz bis zur Entschädigung für „Restbetroffenheit“)
- ▶ Kritik am bisher unzureichendem und verspätetem Vollzug
- ▶ Differenzierung zwischen zivilen und militärischen Flugplätzen, Bestands- und Neu-/Ausbaufällen ist nicht gerechtfertigt
- ▶ Stand der Lärmwirkungsforschung und Luftfahrttechnik werde im aktuelle FluLärmG nicht ausreichend berücksichtigt
- ▶ Forderung nach Erhöhung des Schutzniveaus durch Senkung der SGW und „100/100“-Regel
- ▶ stärkere, eventuell andere Berücksichtigung von Einzelschallereignissen (z.B. Aufwachreaktions-Kriterien)
- ▶ Keine zeitliche Verzögerung zwischen LSB-Festsetzung und Anspruchsentstehung
- ▶ Probleme werden auch gesehen mit dem Querbezug der SGW des FluLärmG zur Lärmaktionsplanung und der Interpretation als Unzumutbarkeitsschwelle, da für diese Anwendungsbereiche die Pegelwerte des FluLärmG als zu hoch angesehen werden
- ▶ Regelungen der Siedlungssteuerung sind sehr unzureichend
- ▶ außerhalb der LSB bestehen auch Fluglärmprobleme, wofür das FluLärmG keine Handhabe bietet.

### **8.3 Zwischenfazit**

Die Akteursbefragung im Rahmen von WERESFLU hat sowohl wichtige Erfahrungen aus der Vollzugspraxis wie auch Einschätzungen der Wirkung des FluLärmG von diversen beteiligten Kreisen deutlich gemacht. Seitens der Luftverkehrswirtschaft wurde größtenteils kein Änderungsbedarf am bisherigen FluLärmG gesehen. Von den Fluglärm-Betroffenen wurden viele Forderungen genannt, die schon im Prozess der Erarbeitung des FluLärmG 2007 und der zugehörigen Rechtsverordnungen vorgebracht wurden. Es hat sich aus der Abfrage zum Vollzustand nun aber gezeigt, dass viele Befürchtungen hinsichtlich einer zu ambitionierten Ausgestaltung des FluLärmG 2007 unbegründet waren. Die Gesetzesfolgekosten bleiben aller Voraussicht nach erheblich hinter den prognostizierten zurück, verbunden mit geringeren Zahlen an durchgeführten passiven Schallschutzmaßnahmen und



entsprechenden geringeren Lärmentlastungen für die Betroffenen. Somit erscheinen weitergehende Ideen zur Verschärfung des FluLärmG gegenüber dem aktuellen Stand berechtigt.

Aus der Vielzahl der Änderungsvorschläge sind vor allem zwei Themenfelder hervorzuheben:

- ▶ Breite Zustimmung in allen Kreisen findet eine Überarbeitung der AzD/AzB inklusive der Aktualisierung der modellierten Luftfahrzeugtypen und Flugverfahren.
- ▶ Die Siedlungssteuerung wird von nahezu allen Kreisen als wenig effektiv kritisiert. Gleichzeitig wird aber von der Mehrzahl der Akteure auch Verständnis für die Lage der betroffenen Kommunen in Siedlungsbeschränkungsbereichen aufgebracht, die zumindest bezüglich der Aufrechterhaltung ihrer kommunalen Funktionen (z. B. Angebot an Kindergarten-Plätzen) in einen Zielkonflikt getrieben werden.

Insgesamt waren dem UBA die Mehrheit der Problemfelder, Positionen und Änderungsvorschläge bekannt und entsprechen auch vielfach unseren Vorstellungen. Einige Problemsituationen wurden jedoch durch die Akteursbefragung erst vollumfänglich deutlich. Vor allem aus dem Bereich des Verkehrsflughafens Frankfurt/Main wurden einige Probleme aber auch Lösungsvorschläge deutlich gemacht und erläutert (z.B. das vereinfachte Verkehrswertermittlungsverfahren zur 3. FlugLSV, über das FluLärmG hinausgehende Verbesserungen des Lärmschutzes, die von allen beteiligten Kreisen dort als notwendig erachtet wurden oder die Problematik einer LSB-Neufestsetzung bei sinkenden Verkehrszahlen). Die folgenden Einschätzungen und Vorschläge des UBA zur Verbesserung des Fluglärmschutzes berücksichtigen die Problemanalysen und Änderungsvorschläge der Akteure, auch wenn viele Details hier nicht weiter vertieft werden können. Bei einer möglichen Novellierung des FluLärmG können und sollten viele dieser vorgebrachten Gesichtspunkte nochmals diskutiert werden. Zum Vollzug des FluLärmG an militärischen Flugplätzen gingen aus den Befragungen keine Erkenntnisse hervor, was auch der speziellen Sachlage geschuldet ist (z.B. gibt es kaum Betroffenenvertretungen oder FLK an militärischen Flugplätzen). Dieses Themenfeld wäre im Falle einer Novellierung des FluLärmG nochmals vertieft zu betrachten.

## 9 UBA-Strategie zur Lärminderung im Luftverkehr

### 9.1 Handlungsfelder des Fluglärmschutzes

Die Fluglärmsituation in Deutschland wird von unterschiedlichen, teilweise gegenläufigen Trends geprägt. Beispielhaft genannt sei hier einerseits die tendenzielle Abnahme der Geräuschemission von neu auf den Markt kommenden Luftfahrzeugtypen gegenüber vergleichbaren älteren Luftfahrzeugen und andererseits der vermehrte Einsatz größerer Luftfahrzeugtypen vor allem an größeren Verkehrsflughäfen. Was die Seite der Lärmbetroffenen betrifft, so weist die Studienlage in der Tendenz darauf hin, dass bei denselben Schallpegeln höhere Lärmwirkungen zu erwarten sind und dass vor allem die lärmsensitiven Nachtzeiten eine wichtige Rolle spielt (vgl. Kap.5). Es besteht also weiterhin ein hoher Bedarf an Aktivitäten zur Fluglärminderung.

Neben den vorgelagerten Instrumenten der Verkehrsvermeidung und der Verlagerung des Kurzstreckenluftverkehrs auf umweltschonendere Verkehrsmittel (insbes. die Bahn) lassen sich die Handlungsfelder zur Fluglärminderung grundsätzlich in fünf Kategorien einteilen:

1. Reduzierung der Geräuschemissionen am Luftfahrzeug,
2. lärmindernde Flugverfahren,
3. raumplanerische Maßnahmen<sup>7</sup>,
4. passiver Schallschutz und
5. Betriebsbeschränkungen.

Bei bodengebunden Schallquellen würde zudem noch die Möglichkeit der Pegelminderung auf dem Ausbreitungsweg (z.B. durch Lärmschutzwände) in Frage kommen, was im Fluglärmschutz bis auf wenige Ausnahmen nicht möglich ist.

In diesem Zusammenhang spielt aber auch die zeitliche Komponente eine wichtige Rolle. Während lärmindernden Flugverfahren und passiver Schallschutz in relativ kurzer Zeit von ein bis drei Jahren umgesetzt werden können, dauert die Entwicklung und Marktdurchdringung neuer leiserer Flugzeug oftmals 20 bis 30 Jahre. Raumplanerische Maßnahmen können kurzfristig wirken (wenn z.B. über die Zulässigkeit eines einzelnen Bauvorhabens entschieden wird), aber die Entwicklung von neuen Baugebieten dauert viele Jahre und bestehende Stadtstrukturen sind oftmals das Ergebnis von Siedlungstätigkeiten von mehreren Generationen und damit sehr beständig und kaum mehr veränderbar. In bestehenden Hochbelastungssituationen können Betriebsbeschränkungen hingegen relativ kurzfristig Entlastungen ermöglichen, wenn nicht gar die einzigen Lösungen dieser Problemlage sein. Wenn aber der Flugbetrieb durch eine Genehmigung mit hoher Bestandskraft geregelt ist, wie es der Regelfall ist, so ist dessen Beschränkung wiederum mehr oder weniger schwer möglich. Andererseits gebietet das Vorsorgeprinzip teilweise weitgehende kurzfristige Beschränkungen (z.B. der nächtlichen Fluglärmbelastung), wenn andere Lärmschutzmaßnahmen keine oder erst in weiter Zukunft wirkende Verbesserung erwarten lassen.

### 9.2 Vorschläge zur Verbesserung und Fortentwicklung des FluLärmG – Stufe 1

Die Maßnahmen der ersten Stufe können entweder als Veränderung mit geringstmöglicher Eingriffstiefe oder zeitlich erster, relativ kurzfristig realisierbarer Schritt verstanden werden, dem dann mittelfristig die tiefgreifenden Änderungen der zweiten Stufe folgen können. Wichtigste Maßnahme in diesem Fall wäre die Aktualisierung der Berechnungsvorschrift AzD/AzB, was auch nahezu von allen Akteuren der WERESFLU-Befragung einschließlich der Luftverkehrswirtschaft als dringend notwendig erachtet wird. Aus fachlicher Sicht bietet sich als neues Berechnungsverfahren

<sup>7</sup> Mit raumplanerische Maßnahmen sind nach diesem Verständnis Planung der Siedlungsstruktur gemeint. Planungen zur räumlichen Lage neuer Verkehrsinfrastruktur /Flugplätze wären gemäß Trennungsgebot des BImSchG an die erste Stelle zu setzen.

die DIN 45689 an, welche insbesondere noch durch aktualisierte Geräuschemissions- und Flugleistungsdaten für neue Luftfahrzeugbaumuster, Überprüfung und ggf. Weiterentwicklung der Klassenbildungen und Modellierung von neuen Flugverfahren ergänzt werden müsste. In diesem Zuge sollte auch die Flugwege-Modellierung anhand von Radarspuraufzeichnungen geprüft und ggf. ermöglicht und geregelt werden.

Mit diesen Maßnahmen wird vor allem eine realistischere Abbildung des Flugbetriebs erreicht, was tendenziell zu etwas kleineren LSB führen dürfte. Durch die Möglichkeit der Radarspurnutzung und der Erhöhung der Maßnahmensensitivität durch das DIN 45689-Modell wären AzD/AzB auch deutlich besser für Fluglärmrechnung von Ist-Situationen bzw. Varianten geeignet.

In der Praxis unterschiedlich ausgelegte und erläuterungsbedürftige Fluglärm-Regelungen, wie sie z. B. bei der WERESFLU-Befragung genannt wurden, können teilweise in der neuen Berechnungsvorschrift aufgegriffen werden.

Es ist jedoch zu beachten, dass die SGW und das Ermittlungsverfahren (AzD und AzB) für den LSB stets eine Einheit bilden. Eine alleinige Änderung des Ermittlungsverfahrens würde zu einer Verschlechterung des Lärmschutzniveaus führen. Durch die vorgesehene Aktualisierung der Luftfahrzeug-Datenbasis würden die Geräuschemissionen moderner Luftfahrzeuge entsprechend dem Stand der Luftfahrttechnik verringert und damit der LSB kleiner werden. Um das bisherige Lärmschutzniveau beizubehalten, sollten gleichzeitig die SGW um 2 dB(A) abgesenkt werden, um den Fortschritten in der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik zu entsprechen.

### **9.3 Vorschläge zur Verbesserung und Fortentwicklung des FluLärmG – Stufe 2**

In einer weiteren Stufe wären zusätzlich die Regelungen zum passiven Schallschutz innerhalb des FluLärmG sowie die weiteren Rechtsfolgen der Siedlungssteuerung und der Außenwohnbereichsentschädigung zu verbessern. Dies würde, wie von den Fluglärm-Betroffenen so wie auch vielen, mit dem Vollzug des FluLärmG betrauten Landesbehörden gefordert, zumindest die Möglichkeiten des FluLärmG in seinem bisherigen Reglungsrahmen ausschöpfen. Materiell wäre durch einen wirkungsvollen passiven Schallschutz und optimale Belüftung zumindest ein deutlich besserer Schutz des Schlafes vor Fluglärm möglich, wenn auch Lärmauswirkungen, die vom Außenpegel abhängen, sich dadurch nicht reduzieren lassen. In diesem Zuge könnten auch die Lärmschutzzonen, in denen bestimmte Rechtsfolgen wirksam werden, vor allem bezüglich Lärmwirkungserkenntnissen geprüft und ggf. erweitert werden.

Eine Verbesserung der Siedlungssteuerungseffekte wurde in der WERESFLU-Befragung von allen Akteursgruppen angemahnt und sollte auch mit einer Verschärfung der passiven Maßnahmen einhergehen, was zu Lasten der Flughafenbetreiber ginge. Auch nach den allgemeinen Prinzipien des Immissionsschutzes wäre die raumplanerische Konfliktvermeidung die Maßnahme der ersten Wahl, auch wenn diese in der durch Bestandssituationen geprägten Praxis nur in Einzelfällen zur Anwendung kommen kann. Dennoch gibt es auch Regelungen für Bestandssituationen, die in der Praxis sich als realitätsfern, einseitig und letztendlich wirkungslos gezeigt haben (v.a. hinsichtlich der lärmsensitiven Einrichtungen). Bei einer Verschärfung der Bauverbote wäre aber auch eine angemessene Kompensation für die betroffenen Ortschaften vorzusehen. Eine grundlegende Gesetzesnovelle birgt darüber hinaus das Potential den Gesetzesvollzug in einigen Punkten praktikabler und rechtsicherer zu gestalten.

Im Einzelnen sollten folgenden Änderungen am bestehenden FluLärmG vorgenommen werden:

#### **9.3.1 Siedlungssteuerung/Bauverbote**

Die Siedlungssteuerung ist eine der herausragenden Rechtsfolgen des FluLärmG, welche dieses auch vom Bereich des Schutzes vor Straßen- und Schienenverkehrslärm unterscheidet. So sinnvoll eine vorbeugende Verhinderung von neuen Wohnbaugebieten in durch Fluglärm hochbelasteten Bereichen

auch ist, so schwierig stellt sich die Situation in Bestandsfällen dar. Hierzu wird in der WERESFLU-Befragung von vielen Akteuren aus der Praxis berichtet, dass Kommunen unter ausgiebiger Nutzung der Ausnahmeregelung des FluLärmG viele Wohnbautätigkeiten zulassen und so die Siedlungssteuerung de facto ins Leere läuft. Vereinzelt wird auch berichtet, dass selbst neue Wohnbaugebiete in LSB ausgewiesen worden sind. Eine Verschärfung dieser Regelungen erscheint aus Immissionsschutzsicht geboten.

Es stellt sich aber die Frage, ob die Unterbindung der Bautätigkeit der richtige Weg zur Verhinderung von zunehmenden Lärmkonflikten ist. In einer dynamischen Gesellschaft sind regelmäßig Bautätigkeiten erforderlich, um Immobilien an die demografische Entwicklung anzupassen und/oder einen erhöhten pro-Kopf-Wohnflächenbedarf zu entsprechen. Statt diese notwendigen Bautätigkeiten einzuschränken, die nicht zwangsläufig zu einer Erhöhung der Betroffenen führen, sollte vielmehr geprüft werden, ob stattdessen die Anzahl der im Siedlungsbeschränkungsbereich wohnenden Personen begrenzt werden kann (eventuell jeweils bezogen auf einzelnen Kommunen). Ob bei derartig zulässigen Neubautätigkeiten dann die Bauherrin oder der Bauherr für die Kosten erhöhten baulichen Schallschutz aufkommen sollte, wäre noch zu klären.

Nach erster Einschätzung würden hierfür auch Fragen der Rechtfertigung oder Änderung der Ausnahmetatbestände innerhalb von Ortschaften obsolet. Theoretisch wäre nach dem Prinzip der Personenbegrenzung aber auch eine Umsiedelung von einer hochbetroffenen Siedlung in der Nachtschutzzone des LSB in ein weniger stark belastetes Gebiet innerhalb der Tag-Schutzzone denkbar. Sofern jedoch jegliche Ausweisung von Neubauwohngebieten innerhalb eines LSB verhindert werden soll, könnte dies weiterhin ausdrücklich verboten werden und müsste dann strenger kontrolliert werden.

Wenn man zu der Einschätzung gelangt, dass in den Siedlungsbeschränkungsgebieten kein weiterer Zuzug stattfinden soll, weil hier aufgrund hoher Fluglärmbelastung ungesunde Wohnverhältnisse herrschen, so trifft dies grundsätzlich auch auf die Bestandsnutzung zu. Somit wäre konsequenterweise auch eine Absiedlungsnotwendigkeit gegeben. Auch wenn dies in Flugplatz-Erweiterungsfällen teilweise durchgeführt wird, so werden – praktikabler Weise – nur kleinere Dörfer in unmittelbarer Nähe zum Flugplatz abgesiedelt. In der Praxis der Bestandsituationen würde dies in vielen Fällen, wie z.B. am Verkehrsflughafen Hamburg, eine zu große Anzahl an Personen/Immobilien betreffen, als dass dies realistisch wäre.<sup>8</sup>

Aus dieser Erwägung heraus kann man ableiten, dass grundsätzlich in diesen Gebieten bestmöglicher passiver Schallschutz zu gewähren ist. Zudem sind Änderungen des Flugbetriebs sehr kritisch zu betrachten, wenn diese eine Mehrbelastung zur Folge haben. Aber auch, dass ein striktes Wohnungsneubauverbot ohne gleichzeitige Absiedlungsprogramme kann dann weniger fundiert begründet werden kann.

Schutzbedürftige Einrichtungen wie Schulen, Kindergärten dürfen nach dem FluLärmG grundsätzlich nicht in einer Tag-Schutzzone 1 und 2 des LSB errichtet werden; Krankenhäuser, Altenheime, Erholungsheime und ähnliche Einrichtungen im gesamten LSB nicht. Die zuständigen Behörden können jedoch Ausnahmen zulassen, „wenn dies zur Versorgung der Bevölkerung mit öffentlichen Einrichtungen oder sonst im öffentlichen Interesse dringend geboten ist“ (§ 5 Abs. 1 FluLärmG). Auch hier besteht in dynamischen Gesellschaften ein zunehmendes Bedürfnis für derartige Bautätigkeiten, allein schon durch den gesetzlichen Auftrag zur Schaffung von genügend Kinderbetreuungsplätzen und dem Bedarf an mehr Altenheimen durch die zunehmend älter werdende Gesellschaft. Somit wird von Kommunen zwangsläufig die Errichtung solcher schutzbedürftiger Einrichtungen unter Berufung auf diesen Ausnahmetatbestand zugelassen.

---

<sup>8</sup> In unmittelbarer Nähe zur Start-/Landebahn sind – zumindest bezüglich der Landungen – in der Regel keine Entlastungen durch andere Flugverfahren möglich.

Wenn also mit der Siedlungssteuerung des FluLärmG nur erreicht werden kann, dass zwar Neubaugebiete verhindert werden, die Bestandsortschaften aber nahezu unverändert bleiben, so muss zumindest deren stadtplanerische Funktion gesichert bleiben. Hierfür wäre es zumindest erforderlich, dass lärmsensitive Einrichtungen wie Schulen, Kindergärten, die der Daseinsvorsorge dienen und in der Nähe der Wohngebiete liegen sollten, auch in LSB errichtet werden dürften. Dies muss dann aber mit bestmöglichem passivem baulichen Schallschutz (inkl. Belüftungseinrichtungen) einhergehen. Hier kann auch schwerlich analog zu der Situation bei der Errichtung von Wohnungen in TSZ 2 argumentiert werden, dass die erhöhten Schallschutzkosten von der Bauherrin oder vom Bauherren zu tragen sind, da bei diesen Einrichtungen eine alternative Errichtung außerhalb des LSB faktisch nicht möglich bzw. nicht sinnvoll wäre.

Bei anderen Einrichtungen wie Krankenhäusern und Erholungsheimen wäre ein weiterer Abstand zur Wohnbebauung innerhalb des LSB vertretbar.

In diesem Kontext wäre grundsätzlich zu prüfen, inwiefern eine Kompensation für Kommunen für die mehr oder weniger starke Einschränkung ihrer kommunalen Planungshoheit geschaffen werden kann. Hier bestehen z.B. im Regionalfond des Forums Flughafen und Region gute Ansätze, die bundesweit gesetzlich (§ 60) einheitlich so geregelt werden könnten.

Es kann somit festgestellt werden, dass die Siedlungssteuerung im FluLärmG 2007 verbesserungsbedürftig ist. Ein ausgereiftes Konzept für eine bessere Siedlungssteuerung liegt noch nicht vor. Die Idee der Begrenzung der Personen innerhalb einer bestimmten Zone statt der Unterbindung der Bautätigkeit erscheint eine diskussionswürdige Alternative zu sein. Ob die Siedlungssteuerung besser außerhalb des FluLärmG zu regeln wäre, wie es die Luftverkehrswirtschaft vorschlägt, wäre in diesem Zusammenhang zu prüfen. Dies würde gegebenenfalls Vorteile hinsichtlich einer Gesamtraumplanung unter Berücksichtigung anderer erheblicher Lärmquellen/Verkehrsinfrastrukturen bieten. Um eine redundante Doppelregulierung zu vermeiden, wäre aber auch in diesem Fall eine Streichung der Siedlungssteuerungsregelungen im Zuge einer zukünftigen FluLärmG-Novellierung erforderlich.

### **9.3.2 Anforderungen an passiven baulichen Schallschutz /Erstattungsregeln**

Zu diesem Themenfeld liegen umfangreiche Analysen und Verbesserungsvorschläge aus dem UBA-Gutachten zur 2. FlugLSV vor (111), die durch die Akteursbefragung in WERESFLU mit Ausnahme der Luftverkehrsseite unterstützt und in weiteren Aspekten ergänzt wurden (vgl. Kap. 8).

Zunächst wurden einige Klarstellungsbedarfe zum Verfahren und Begriffsdefinitionen erkannt, die unabhängig von materiellen Veränderungen für einen einheitlichen effizienten Vollzug sinnvollerweise vorgenommen werden sollten. Ob hierfür die 2. FlugLSV neu erlassen werden müsste, dies durch ein offizielles Rundschreiben des Ordnungsgebers klargestellt werden kann oder eine Handlungsanweisung des PhysE der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) ausreicht, kann noch nicht eingeschätzt werden. Es werden in dieser 2. Stufe aber auch noch weitere Änderungen empfohlen, die nur durch eine Ordnungsänderung realisiert werden können.

Des Weiteren wurden in der Studie des Öko-Instituts zur 2. FlugLSV (111) zahlreiche materielle Veränderungen vorgeschlagen, die grundsätzlich das Schutzniveau nicht beeinflussen, sondern vielmehr Verfahrensvereinfachungen oder eine höhere Zielgenauigkeit bei der Dimensionierung des Schallschutzes bieten oder eine Harmonisierung mit analogen Regelungen im BImSchG bzw. der 24. BImSchV darstellen. Dies sind allgemein erstrebenswerte Verbesserungen, die auch von verschiedenen Akteuren der WERESFLU-Befragung begrüßt werden. Die Luftverkehrsseite lehnt dagegen diese Vorschläge fast durchgängig ab und argumentiert mit einer weiteren Verkomplizierung des Verfahrens, welches auch ein Grund für die geringe Akzeptanz der passiven Lärmschutzmaßnahmen sei.

Unabhängig von der Frage, ob diese Änderungsvorschläge (z. B. eine feinere Differenzierung der Schallschutzanforderungsklassen in 1 dB statt 5-dB-Schritte) tatsächlich auf Unmut der Betroffenen stoßen würde, ist das Ansinnen nach Verfahrensvereinfachung sicherlich begrüßenswert, wie die Einführungen von Irrelevanz- und Mindestverbesserungsschwellen (111). Mit diesen würde zumindest darauf hingewirkt, dass bei Durchführung einer Maßnahme zur passiven Schallschutzverbesserung der bzw. die Begünstigte mit dieser zufrieden ist und eine Verbesserung der Situation wahrnimmt. Zudem ist inzwischen die DIN 4109 überarbeitet worden, auf deren Grundlage in der Fassung 1989 die 2. FlugLSV konzipiert worden ist. Entsprechend wäre auch die 2. FlugLSV anzupassen, was zudem noch weitere Harmonisierungspotentiale bietet, wie die Definition der schutzbedürftigen Räume oder des 3-dB-Zuschlages für Freifeldpegel.

Das Ansinnen, die Akzeptanz der Maßnahmen zu erhöhen, ist auf jeden Fall eine ganz zentrale, wie dies auch in der WERESFLU-Befragung häufig angemerkt wurde. Wie in dem Rücklauf der Erhebung zum Vollzugsstand in WERESFLU erkennbar, bleibt das FluLärmG weit hinter den Erwartungen und Zielen zurück, mit denen der Bundestag das Gesetz im Jahr 2007 beschlossen hatte (vgl. Kap. 4). Dass beträchtlich weniger Geld abfließt, als in der Kostenschätzung zur Novelle 2007 prognostiziert, hängt insbesondere von den folgenden drei Tatsachen ab:

1. Die Anzahl der grundsätzlich Anspruchsberechtigten ist erheblich geringer,
2. es werden von deutlich weniger Personen Anträge gestellt als berechtigt wären und/oder
3. die durchgeführten Maßnahmen sind deutlich kostengünstiger als angenommen.

Diese Tatsachen können keinesfalls als ein Zeichen geringerer Fluglärmbelastung und einer höheren Kosteneffizienz bei der Durchführung der Maßnahmen interpretiert werden, wie aus der WERESFLU-Befragung deutlich wird. Es ist vielmehr zu vermuten, dass die geringen Mittelabflüsse unmittelbar mit geringerer baulicher Verbesserung des passiven Schallschutzes verbunden sind. Um dies zu ändern und den politischen Wille nachzukommen, wie er sich in der Kostenfolgenannahme zum FluLärmG 2007 manifestiert, sind tiefgreifende Verbesserungen in den drei oben genannten Themenfeldern zu prüfen und ggf. umzusetzen.

### **Zu 1. – Erhöhung der Anzahl der Anspruchsberechtigten**

Um die Anzahl der Anspruchsberechtigten zu erhöhen, ist es naheliegend, die SGW zu senken und damit eine Ausdehnung der LSB zu bewirken. Zwar würde dies zu einer Erhöhung der „theoretisch“ Anspruchsberechtigten bzgl. Erstattungen für passive Schallschutzmaßnahmen gemäß FluLärmG führen, in der Praxis würden dies mit großer Sicherheit aber nicht zu erheblich mehr Maßnahmen führen, weil die bereits eingebauten Fenster die Schallschutzanforderungen in der Regel erfüllen würden. Somit interessieren hier vielmehr die Möglichkeiten, die zu einer Erhöhung der Anspruchsberechtigten führen, die in Folge dann höchstwahrscheinlich auch passive Lärmschutzmaßnahmen durchführen und finanzieren lassen können.

Hierzu werden in der Praxis recht unterschiedliche Einschätzungen gemeldet: auf der einen Seite gibt es Gebiete außerhalb des LSB-Erstattungsgebiets, in denen eine hohe Fluglärmbelastung gemeldet und die Forderung aufgestellt wird, dass das Erstattungsgebiet auch dieses Gebiet einschließen müsste (z.B. Mainz bzgl. des Flughafens Frankfurt/Main). Im Gegensatz dazu gibt es auch LSB in denen kaum Anspruchsberechtigte ermittelt wurden (z.B. Flughafen Lübeck). Es stellt sich daher die Frage, ob in diesem Fall ein großer Aufwand zur Datenerhebung, Prognoseerstellung, Fluglärmrechnung, LSB-Festsetzung etc. berechtigt ist. Zum anderen würde hier ein größerer Lärmschutz die Anzahl der Anspruchsberechtigten auch nicht erhöhen.

Ein Ansatz für die bessere Passgenauigkeit der Gebietsabgrenzung besteht in der Prüfung, ob die hierfür relevanten Kriterien im FluLärmG geeignet sind, die Gebiete mit der höchsten Fluglärmbelastung zu ermitteln, für die sinnvollerweise passive Schallschutzaufgaben festgelegt und

ggf. Erstattungen gelten sollten. Im FluLärmG bestimmen neben den SGW das Ausmaß der Schutzzonen vor allem die Sigma-Regelung, das NAT-Kriterium sowie das Mittelungsverfahren über verschiedene Zeitbereiche, wie die 8h-Nacht oder die sechs verkehrsreichsten Monate des Prognosejahres. Wenn es Gebiete gibt, die man hier aus aktueller Lärmwirkungsicht zusätzlich in den LSB aufnehmen sollte, so würde dadurch die Anzahl der Anspruchsberechtigten sinnvoll erhöht. Als Beispiel sei die Nachtschutzzone aus dem Planfeststellungsbeschluss des Verkehrsflughafens Leipzig/Halle genannt, die aufgrund eines anderen Abgrenzungskriteriums (des AWR-Maximalpegelkriteriums der DLR) ein deutlich größeres Gebiet als der LSB nach FluLärmG umfasst.

Aber auch innerhalb des LSB würden veränderten Ermittlungskriterien (neben den SGW-Pegelwerten) andere, für die Dimensionierung des passiven Schallschutzes anzusetzende Immissionspegel zur Folge haben. Vor allem seltenere Belastungssituationen (z. B. nur ein bis zwei Stunden in der Nacht oder zwei bis drei Monate im Jahr) könnten dadurch höher gewichtet werden. In diesem Kontext wäre zu prüfen, inwieweit die Dimensionierung eines passiven Schallschutzes auf einen gemittelten Dauerschallpegel noch den intendierten Schutz (z.B. Verhinderung hoher Einzelschallpegel im Gebäudeinneren für einen ungestörten Schlaf und Kommunikation) gewährleisten kann.

Um hier eine praktikable untere Kappungsgrenze zu ziehen, erscheinen Regelungen aus dem BImSchG und dessen untergesetzlichem Regelwerk beachtenswert. Für den gewerblichen Immissionsschutz gibt es den Ausnahmetatbestand der „selteneren Ereignisse“, nach denen der Schallschutz sich nicht an einem absoluten „worst case“ bemessen muss, sondern einige wenige Überschreitungen im Jahr davon ausgenommen sind. In ähnlicher Weise könnten Fluglärm-Expositionssituationen unberücksichtigt bleiben, die nur wenige Tage im Jahr auftreten (z.B. im Falle von Start-/Landebahnsanierungen), so dass in dieser Zeit übermäßig belastete Gebiete nicht mit erhöhtem Schallschutz ausgestattet werden müssten.

Die Dimensionierung des Schallschutzes für die Schlafräume auf die lauteste Nachtstunde, statt einen 8h-Dauerschallpegel würde den Schutz für Flugbetriebssituationen erhöhen, in denen – wie oftmals üblich – der Flugverkehr nur in wenigen Stunden der Nacht stattfindet. Damit könnte erreicht werden, dass der passive Schallschutz so dimensioniert wird, dass auch in diesen Stunden ein gesunder Schlaf möglich ist.

## **Zu 2. - Erhöhung der Anzahl der Anträge**

Die Gründe, weshalb einzelne Anspruchsberechtigte keine Anträge nach 2. FlugLSV gestellt haben, sind nicht umfassend bekannt oder pauschal zu benennen. Dennoch gibt es einige Hinweise hierzu aus den Rückmeldungen zur WERESFLU-Befragung: Zum einen aus den Einschätzungen vor allem von den Betroffenenverbänden und den Vollzugsbehörden, zum anderen aus den Zahlen zum Vollzugsstand.

Vor allem kann festgestellt werden:

- a) An Flughafen-Standorten, an denen vor der FluLärmG-Novelle im Jahr 2007 ein Schallschutzfensterprogramm durchgeführt wurde (entweder freiwillig oder gemäß Planfeststellungsbeschluss), bestehen nur noch geringe Zahlen an Anspruchsberechtigten und Antragsstellern.
- b) Die meisten Ansprüche (teilweise das 5- bis 30-fache) beziehen sich auf die Nachtschutzzone,
- c) Die größte Diskrepanz zwischen Anspruchsberechtigten und gestellten Anträgen besteht hinsichtlich des Nachtschutzes.

Die Berücksichtigung von Leistungen vorangegangener Schallschutzprogramme an einzelnen Flugplätzen wurde bei der Gesetzesnovelle 2007 allgemein anerkannt und im FluLärmG verankert. Die 2. FlugLSV hat zur Konkretisierung dieser Anerkennung einen 8-dB-Malus festgeschrieben (§ 5 Abs. 3 der 2. FlugLSV). Nach diesem werden Aufwendungen für weitere bauliche Schallschutzmaßnahmen nach dem FluLärmG erst erstattet, wenn die zu erzielenden Bauschalldämm-Maße der früheren

Schallschutzmaßnahmen um mehr als 8 dB unter den Bauschalldämm-Maßen für die Errichtung baulicher Anlagen nach § 3 liegen. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass diese Klausel dafür verantwortlich ist, dass ein Großteil der theoretisch Anspruchsberechtigten durch den 8-dB-Malus herausfallen, also dort keine schalltechnische Verbesserung der Gebäudehülle vorgenommen und finanziert wird. Ein wichtiges Indiz für diese Feststellung ist auch die Tatsache, dass oftmals ein Vielfaches der Anspruchsberechtigten in der Nacht-Schutzzone wohnt.<sup>9</sup> Wo also keine Berücksichtigung vorheriger Zonen bzw. Leistungen erfolgt – die Nachtschutzzone wurden erstmalig nach FluLärmG 2007 ausgewiesen – und der 8 dB-Malus nicht greift, gibt es viel mehr Anspruchsberechtigte. Um dies weitergehend nachzuprüfen, müsste man detaillierten Einblick in den Vollzug erhalten und/oder ein Monitoring einführen, nach dem diese Tatbestände von den Vollzugsbehörden registriert und regelmäßig gemeldet werden müssten. Ein derartiges Monitoring könnte, ähnlich wie die regelmäßigen Berichte der Flugplätze über die Auswertung der Fluglärmmessanlagen, im Zuge einer potentiellen Novellierung des FluLärmG eingeführt werden. Eine wirkungsvolle Maßnahme zur Erhöhung der Anzahl der tatsächlich Anspruchsberechtigten und der durchgeführten bauakustischen Maßnahmen, wäre also die Aufhebung dieser 8-dB-Klausel.

Dass die größte Diskrepanz zwischen Anspruchsberechtigten und gestellten Anträgen hinsichtlich des Nachtschutzes besteht, weist vor allem darauf hin, dass von vielen Betroffenen/Anspruchsberechtigten die angebotenen Schallschutzmaßnahmen als wenig attraktiv empfunden werden und darum entweder kein Antrag auf Durchführung und Erstattung der Maßnahme gestellt wird oder dieser zurückgezogen wird, wenn Art und Umfang dieser Maßnahme offensichtlich wird. Auch wenn bei den Vollzugsbehörden unserer Kenntnis nicht aufgeschlüsselt wird, aus welchen Gründen Anträge zurückgezogen wurden oder ob diese sich auf die Tag-Schutzzone oder Nacht-Schutzzone beziehen, so geht aus der WERESFLU-Befragung hervor, dass die Nichtdurchführung von passiven Lärmschutzmaßnahmen in überwiegend die Nachtschutzfälle betrifft. Dabei ist die Antragsquote besonders gering, wenn nur Anspruch auf einen Lüfter besteht.

### **Zu 3. Erhöhung der Kosten pro Maßnahme**

Wie in Tabelle 2 in Kapitel 4 dargestellt, fallen die Kosten für Lärmschutzmaßnahme deutlich geringer aus, als dies in der Kostenschätzung zur Gesetzesnovelle 2007 veranschlagt wurde. Neben den o. a. Maßnahmen, die dazu beitragen sollen, die Zahl der Anträge zu erhöhen, ist zu prüfen, wie die Erstattung pro Lärmschutzmaßnahme erhöht werden können, um einen qualitativ besseren Schallschutz zu erzielen.

Wenn es nun in der Nacht-Schutzzone des LSB größtenteils zu Lüfter-Maßnahmen kommt, wären die bauakustischen Anforderungen zu überprüfen und dahingehend zu ändern, dass nachts auch tatsächliche Verbesserungen des Schallschutzes der Gebäudehülle ergriffen werden. Teilweise wird zwar die Verbesserung der nächtlichen Belüftung begrüßt, aber der übliche kostengünstige Wand-durchdringende Lüfter abgelehnt. Wenn nun auch alternative höherwertige Lüftungseinrichtungen im Rahmen der Erstattung nach 2. FlugLSV akzeptiert werden würden, wie z. B. zentrale Belüftungsanlage, zeitgesteuerte Fensterschließer, würden mit großer Sicherheit deutlich seltener auf diesen Anspruch verzichtet und so auch mehr Mittel abfließen.

Auch in der Tag-Schutzzone des LSB würde der Mittelabfluss erhöht, wenn anstelle einer geringfügigen bauakustischen Dämmung eines Rollladenkastens Fenster einer höheren Schallschutzklasse eingebaut werden würden.

Neben der allgemeinen Erhöhung der bauakustischen Anforderungen sind in der Studie des Öko-Instituts zur 2. FlugLSV zahlreiche Vorschläge enthalten, wie darüber hinaus eine Verbesserung des

<sup>9</sup> Eine Ausnahme stellt der Flughafen Leipzig/Halle dar, wo der Flugbetrieb nachts die größte Belastung verursacht und aber im Planfeststellungsbeschluss bereits ein ambitioniertes Nachtschutzkonzept festgeschrieben wurde.



baulichen Schallschutzes erreicht werden kann, der mit wenn auch geringen Kostensteigerungen verbunden ist. Beispielsweise wird dort eine Mindestverbesserungsklausel empfohlen, die besagt, dass ein Bauteil (z. B. ein Rollladenkasten) z. B. mindestens um 5 dB zu verbessern wäre, auch wenn rechnerisch nur eine Verbesserung um z.B. 2 dB erforderlich wäre. Auch wird eine Nachkontrolle und ggf. einfache Nachbesserung der erfolgten Maßnahmen empfohlen, was geringfügig kostensteigernd wirkt, aber die Wirkung und Akzeptanz der Maßnahmen verbessert.

Ein Grund für die relativ geringen Kosten pro Maßnahme stellt auch die Höchstkostenregelung nach §4 Abs. 4 der 2. FlugLSV dar. Oftmals wäre für die bauakustische Ertüchtigung von ausgebauten Dachgeschossen deutlich höhere Mittel erforderlich, als nach dieser Regelung erstattet würden. Wie auch aus der WERESFLU-Befragung hervorgeht, sehen die Betroffenen in solchen Fällen häufig von einer Durchführung und Erstattungs-Beantragung ab, da sie selbst den hohen verbleibenden Eigenanteil an diesen Kosten nicht tragen können bzw. wollen. In diesen Fällen kann nicht mit der Verhinderung von „Luxussanierungen“ argumentiert werden, sondern vielmehr verlangt das Verursacherprinzip, dass auch diese Maßnahmen durchgeführt und vom Flugplatzhalter vollständig zu erstatten sind. Hier wäre zu prüfen, ob für den Tatbestand der bauakustischen Dachsanierungen ein eigener höherer Maximalkostensatz festgesetzt werden kann. Vorschläge aus der Studie zur 2. FlugLSV, die Wohnfläche unter Dachschrägen voll anzurechnen, würde auch zu einer höheren Erstattungssumme führen und ließe höherer Durchführungsquoten erwarten.

Auch wenn mit den o.a. Änderungen der bauliche Schallschutz und die Siedlungssteuerungseffekte des FluLärmG erheblich verbessert werden kann, so stellen diese - insbesondere der bauliche Schallschutz und erst recht Außenwohnbereichsentschädigungen - aus Immissionsschutzsicht nur als ultima ratio Maßnahmen dar. Die Erkenntnis, dass bauliche Schallschutzmaßnahmen am schutzbedürftigen Gebäude keinen Einfluss auf den auf das Grundstück einwirkenden Außenpegel haben und die meisten Lärmwirkungen (v.a. die Belästigung) vom Außenpegel abhängen, erfordert auch Maßnahmen zur Reduktion des Außenpegels außerhalb des FluLärmG und damit Maßnahmen zum aktiven Lärmschutz.

Aufgrund der vorstehenden Ausführungen kann festgestellt werden, dass die Regelungen zum passiven Schallschutz im FluLärmG 2007 verbesserungsbedürftig sind. Insbesondere könnte und sollten mit den oben geschilderten Maßnahmen die Anzahl der grundsätzlich Anspruchsberechtigten und die Antragsquote gesteigert werden sowie die Qualität der durchgeführten Lärmschutzmaßnahmen erhöht werden.

### **Außenwohnbereichsentschädigung**

Bei der Außenwohnbereichsentschädigung handelt es sich um keine Lärmschutzmaßnahme im eigentlichen Sinne, da dadurch keine Pegelminderung erreicht wird. Dennoch dient sie den Zielen des FluLärmG im Hinblick auf die Reduktion der erheblichen Nachteile und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm (§ 1 FluLärmG).

Dadurch dass gemäß 3. FlugLSV die Entschädigung vom Wert der Immobilien abhängig gemacht wird, wirkt diese wie eine allgemeine Entschädigung für die Wertminderung der Immobilie durch den Fluglärm. Da die Entschädigung aber das Vorhandensein eines (nutzbaren) Außenwohnbereichs voraussetzt, ist diese allgemeine Wertminderungs-Ausgleichwirkung nicht für alle Wohnungen/Häuser gegeben. Eine konzeptionelle Überlegung wäre somit, diese Wertminderungskompensation (eventuell in verminderter Höhe) auch für Wohnungen zu gewähren, die keinen Außenwohnbereich aufweisen, da auch für diese Gebäude eine Wertminderung durch hohe Fluglärmbelastung entsteht.

Ein wesentliches Ziel der Außenwohnbereichsentschädigung ist die Befriedung der Situation der durch Fluglärm betroffenen Personen. Hierzu sind zwei Aspekte von Belang: die Entschädigungshöhe sowie die Abgrenzung der berechtigten Personen bzw. Immobilien. Durch den Anwendungsbereich

der 3. FlugLSV, wonach die Entschädigung nur für Grundstücke in Frage kommt, die in der Tag-Schutzzone 1 eines LSB eines neuen oder wesentlich baulich erweiterten Flugplatzes liegen, gibt es hierzu (fast ausschließlich) am Flughafen Frankfurt/Main Erfahrungen. Aus dieser Region wurde einerseits berichtet, dass die 3. FlugLSV dafür kritisiert wird, dass die Höhe der Pauschalen als zu niedrig empfunden wird, um den Kaufpreisverlust auszugleichen. Auf der anderen Seite führt dies dazu, dass nicht nur in Ausnahmefällen, sondern sehr häufig die Entschädigungsbemessung auf Grundlage von Verkehrswertgutachten (§ 6 3. FlugLSV) beantragt wird, was zu einem unverhältnismäßigen Aufwand-Nutzen-Verhältnis führt.

Hieraus abzuleiten wäre also zum einen, dass die Höhe der Entschädigungspauschalen zu prüfen wäre, eventuell auch deren Regions-/Flughafenstandortspezifische Differenzierung. Wenn dadurch von den Betroffenen die Pauschalen als angemessen angesehen werden würden, ließen sich auch viele aufwändige Verkehrsgutachten ersparen.

Um diese hohe Anzahl an Verkehrsgutachten zu vermindern, wurde am Flughafen Frankfurt/Main ein vereinfachtes Wertermittlungsverfahren entwickelt. Es wäre zum anderen zu prüfen, ob dieses im Zuge einer FluLärmG- bzw. FlugLSV-Novelle für den bundesweiten Vollzug in dieser Form gesetzlich eingeführt werden könnte (DA).

Was die Anzahl der Begünstigten betrifft, so wurde in der WERESFLU-Befragung von vielen Akteuren bemängelt, dass diese Entschädigung nur für diesen engen Anwendungsbereich gilt und eine Ausweitung auf Bestandsflugplätze und die TSZ 2 gefordert. Dies wird untermauert mit den Argumenten, dass

- ▶ somit eine Ungleichbehandlung zwischen „Neu- und Altbetroffenen“ beseitigt werden könnte und
- ▶ die Nutzbarkeit der Außenwohnbereiche für Kommunikationszwecke bereits bei Dauerschallpegeln ab ca. 55-60 dB(A) eingeschränkt sei, was dem Pegelbereich der TSZ 2 entspricht.

Die Ausweitung bzgl. der TSZ 2 wäre neu zu bewerten, wenn durch Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung die TSZ 1 in diese Pegelbereiche ausgeweitet werden würde. Die Gleichbehandlung der Betroffenen aus Bereichen eines Bestands- oder Ausbauflugplatzes ist aus Sicht der Lärmwirkungsforschung wie auch allgemeinen Gleichbehandlungsgrundsätzen anzuraten. Da die Kosten des Vollzuges des FluLärmG weit hinter den Erwartungen zurückbleiben, ist die Entstehung höherer Kosten durch die Entschädigung des Außenwohnbereichs auch nicht negativ zu werten.

Zwischenfazit: Auch wenn mit den o.a. Änderungen die Rechtsfolgen des FluLärmG innerhalb des bisherigen Regelungsrahmen erheblich verbessert werden können, so stellen diese - insbesondere der bauliche Schallschutz und erst recht die Außenwohnbereichsentschädigungen - aus Immissionsschutzsicht nur ultima ratio Maßnahmen dar. Die Erkenntnis, dass passive bauliche Schallschutzmaßnahmen nur den Innenpegel reduzieren, die Belästigungswirkung und Immobilien-Wertminderungen aber vom Außenpegel abhängen, lässt auch Maßnahmen zur Reduktion des Außenpegels außerhalb des FluLärmG sinnvoll bzw. notwendig erscheinen.

## 9.4 Wirkung des FluLärmG bezüglich rechtlicher Querbeziehungen

Tatsächlich wurden mit der Fluglärm-Gesetzesnovelle 2007 neben der Änderung der Rechtsfolgen des FluLärmG im engeren Sinne (Siedlungsbeschränkung und passiver Schallschutz) auch noch weitere Gesetzesänderungen vorgenommen, die teilweise in juristischen Kreisen als noch bedeutsamer als die Änderungen zum Siedlungsbeschränkung und passiver Schallschutz angesehen werden. Vor allem wurden Querbezüge des FluLärmG zu folgenden Rechtsbereichen eingeführt bzw. durch die Gerichte hergestellt:

1. zur Planfeststellung oder luftfahrtrechtlicher Genehmigung von Flugplätzen (§ 13 FluLärmG),
2. zur lärmfachlichen Bewertung von Flugverfahren (§ 32 LuftVG) und
3. zur Lärmaktionsplanung nach der Umgebungslärmrichtlinie (§ 14 FluLärmG).

Wie bereits dargestellt, fasst die Bundesregierung den Auftrag zur Evaluation des FluLärmG in 2017 weiter auf, so dass also in einem zweiten Schritt, nach den Rechtsfolgen des FluLärmG im engeren Sinne (Siedlungsbeschränkung und passiver Schallschutz), die auch Wirkungen dieser Querbeziehungen des FluLärmG zu evaluieren sind.

Während vor der Novelle 2007 bei Planfeststellung oder luftfahrtrechtlicher Genehmigung von Flugplätzen jeweils einzeln die Maßstäbe erörtert und verhandelt wurde, welche aus Sicht der Lärmwirkungsforschung für immissionsschutzbezogene Regulierungen heranzuziehen seien, wurde dies mit dem FluLärmG 2007 beendet. Die Regelungen des FluLärmG zu den Anforderungen und Erstattungen von passiven Schallschutz, und zur Außenwohnbereichsentschädigung sind nun bei diesen Zulassungsverfahren als Mindestanforderung zu beachten (§ 13 FluLärmG). Hiermit wurde einerseits Rechtsicherheit geschaffen, aber andererseits de facto eine materielle Verschlechterung des passiven Lärmschutzes. Auch wenn theoretisch weitergehende Regelungen möglich sind, so müssen diese nun umso fundierter und nachdrücklicher gegenüber den Interessen der Flughafennutzer begründet und durchgesetzt werden. Dies zeigt sich beispielsweise an dem ersten Planfeststellungsbeschluss seit der Novelle des FluLärmG: dem des größten deutschen Verkehrsflughafens Frankfurt/Main, der mit den vorgesehenen Regelungen zum passiven Schallschutz und der Außenwohnbereichsentschädigung genau die Anforderungen des FluLärmG umsetzt – aber eben auch nicht darüber hinausgeht<sup>10</sup>. Die zuletzt vor der FluLärmG-Novelle erlassenen Planfeststellungsbeschlüsse zur Änderung wichtiger Flughäfen (v.a. Leipzig/Halle LEH und Berlin-Schönefeld BER) wiesen ambitioniertere Schutzkonzepte und -niveaus auf. Wenn also bei zukünftigen Flughafenaus-/neubau-Planfeststellungen das Lärmschutzniveau nicht hinter das der jüngeren Vergangenheit zurückfallen soll, wäre schon aus dieser Erwägung heraus das FluLärmG zu novellieren.

Ein weiterer Diskussionspunkt rankt um die Frage, inwieweit die SGW des FluLärmG nun auch einen (abschließenden) Maßstab für die Bewertung von anderen, vorwiegend aktiven Maßnahmen zum Lärmschutz bilden. Teilweise wird juristisch argumentiert, dass in Bereichen unterhalb dieser Pegelwerte grundsätzlich keine Notwendigkeit für Fluglärm-Minderungsmaßnahmen bestehen – insbesondere auch nicht bezüglich aktiver Maßnahmen –, da das FluLärmG hier auch keinen Handlungsbedarf mehr sieht (siehe Kap. 3). Neben der Bewertung von Nachtflugregelungen oder möglichen Flughafen-Ausbauvorhaben trifft dies insbesondere vielfach bei der Festlegung von Flugverfahren zu.

Die Beachtlichkeit der SGW des FluLärmG für die lärmfachliche Bewertung von Flugverfahren rührt zwar nicht aus Rechtsnormen her, wurde aber durch Gerichte in mehreren diesbezüglichen Urteilen so gesehen. Entsprechend würde – bei unveränderter gefestigter Rechtsauffassung – eine Änderung der SGW des FluLärmG auch bei der Flugverfahrensfestlegung erhebliche Auswirkungen haben. So würde die sogenannte „Zumutbarkeitsschwelle“, also der Pegelwert, ab der eine Geräuschbelastung als relevant zu bewerten ist, auf einen niedrigeren Wert gesenkt (z. B. statt bisher 55 dB für den  $L_{pAeq, Tag}$  auf 50 dB). Dies hätte zur Folge, dass bei der lärmfachlichen Bewertung von Flugverfahren, auch Menschen in niedrigeren Pegelklassen zu berücksichtigen sind. Was dies im Einzelnen für materielle Auswirkungen zur Folge hätte, kann hier noch nicht abgeschätzt werden. Bei Verwendung üblicher Expositions-Wirkungs-Funktionen führt dies jedoch im Allgemeinen zu einer de facto Höhergewichtung vieler „moderat-betroffener“ Personen gegenüber wenigen „Hochbetroffenen“. Insgesamt wird dadurch aber die Anzahl der Lärmbetroffenen bei unveränderter pegelbezogener

<sup>10</sup> Diese wurden aber im Nachhinein im Rahmen des Forums Flughafen und Region in einzelnen Punkten verbessert, da im allgemeinen Konsens erkannt wurde, dass das Schutzniveau des FluLärmG nicht ausreicht.

Belastungssituation erhöht. Dies verleiht einerseits diesem Problemfeld berechtigterweise ein höheres Gewicht, und steht andererseits auch im Einklang mit den Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung zu einer gestiegenen Lärmbelastungsreaktion bereits bei niedrigeren Pegeln (vgl. Kap.5).

Dies steht auch in direkter Verbindung mit der Beachtlichkeit der SGW des FluLärmG für die Lärmaktionspläne im Rahmen der Umgebungslärmrichtlinie, die auch für Großflughäfen<sup>11</sup> aufgestellt werden, um den Umgang mit dort potentiell bestehenden Lärmproblemen und Lärmauswirkungen zu regeln. § 14 FluLärmG regelt seit der Novelle 2007 das Verhältnis des FluLärmG zur Lärmaktionsplanung nach § 47 d BImSchG und definiert die Schutzziele hierfür. Danach sind die jeweils anwendbaren Werte des § 2 Abs. 2 FluLärmG für die Lärmaktionsplanung zu beachten. Der unbestimmte Rechtsbegriff der „Lärmprobleme und Lärmauswirkungen“ § 47 d Abs. 1 BImSchG ist dadurch abschließend definiert. Damit ist der Fluglärm der einzige Bereich bei der Lärmaktionsplanung, in dem bundesweit einheitliche und bindende Vorgaben existieren. Dies ist im Vergleich zu Straßenverkehrs-, Schienenverkehrslärm- und Industrielärm positiv zu bewerten. Nachteilig ist, dass diese Werte für eine umfassende Lärminderungsplanung zu hoch sind und damit im Einzelfall nicht mit den Qualitätszielen eines anspruchsvollen Lärmaktionsplans in Einklang gebracht werden können.

Entsprechend § 47 d Abs. 6 BImSchG in Verbindung mit § 47 Abs. 6 BImSchG sind Maßnahmen zur Lärminderung in den Lärmaktionsplänen auf der Basis vorhandener Rechtsvorschriften durchzusetzen. Bei der Lärmaktionsplanung an Flughäfen beschränkt sich die Planung daher regelmäßig auf die Umsetzung des Maßnahmenkonzepts aus dem FluLärmG (74). Mit § 29 Abs. 1 Sätze 2 und 3 LuftVG ist zwar eine weitergehende grundsätzliche Eingriffsbefugnis zum Schutz vor Fluglärm vorhanden, diese steht in der tatsächlichen Anwendung jedoch vor hohen Hürden und stellt in der praktischen Umsetzung offensichtlich kein wirksames Instrument dar. So wird die Lärmaktionsplanung an den Großflughäfen München und Nürnberg von den zuständigen Behörden als nicht notwendig erachtet, da das FluLärmG als nationales Fachrecht den Fluglärmschutz bereits abdecke. Eine weitergehende Öffnungsklausel im § 14 FluLärmG könnte die Lärmaktionsplanung an Großflughäfen daher stärken, indem die Werte des § 2 Abs. 2 FluLärmG dann nur klar definiert als Mindestanforderungen zu verstehen wären. Die Frage der geeigneten vorhandenen Rechtsvorschriften für die Anordnungen von weitergehenden Maßnahmen bliebe davon jedoch unberührt und offen.

## 9.5 Potentiale und Grenzen des Fluglärmgesetzes

Von zentraler Bedeutung für das FluLärmG, wie auch den Fluglärmschutz im Allgemeinen, sind die Ziele des FluLärmG. In § 1 werden diese wie folgt definiert: „In der Umgebung von Flugplätzen sind durch bauliche Nutzungsbeschränkungen und baulichen Schallschutz zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor

- ▶ Gefahren,
- ▶ erheblichen Nachteilen und
- ▶ erheblichen Belästigungen durch Fluglärm sicherzustellen.“

In diesem Zusammenhang sind auch die Erläuterungen zum Entwurf des FluLärmG von Interesse. Hierzu wird dort ausgeführt: „Mit der Novelle des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm soll entsprechend der Koalitionsvereinbarung der Schutz der Menschen vor Fluglärm in der Umgebung der größeren zivilen und militärischen Flugplätze deutlich verbessert und ein auf Dauer tragfähiger Ausgleich der Belange der Luftfahrt einerseits sowie der berechtigten Lärmschutzinteressen der betroffenen Flugplatzanwohner andererseits erreicht werden.“ (42)

<sup>11</sup> Ein Großflughafen" ist ein Verkehrsflughafen mit einem Verkehrsaufkommen von über 50 000 Bewegungen pro Jahr, wobei mit "Bewegung" der Start oder die Landung bezeichnet wird.

Es werden also Qualitätsziele des Fluglärmschutzes formuliert, die durch die diesbezüglichen Rechtsfolgen des FluLärmG, insbesondere Maßnahmen des passiven Schallschutzes und der Siedlungssteuerung erreichen werden sollen. Nun ist es aber aus wissenschaftlich-fachlicher Sicht fraglich, inwieweit diese Maßnahmen zur Erreichen dieser Ziele geeignet sind oder zumindest zur Annäherung an diese beitragen können. Wenn auch unbestreitbar eine Verbesserung des Schlafes in geschlossenen Räumen durch (hochqualitativen) passiven Schallschutz möglich ist, so ist vor allem die erhebliche Belästigung nach aktuellem Sachstand der Lärmwirkungsforschung größtenteils vom Außenpegel abhängig (vgl. Kap. 5). Auch Nachteile durch Fluglärm, wie die Wertminderung von Immobilien und Grundstücken, korrelieren fast ausschließlich mit dem Außenpegel. Ob eine Immobilie mit mehr oder weniger effektiven Schallschutzfenstern ausgestattet ist, ändert das Ausmaß der Wertminderung nur noch marginal.<sup>12</sup> Inwiefern negative Gesundheitsauswirkungen sich durch passiven Schallschutz vermindern lassen, ist schwierig zu sagen, da sich fast alle epidemiologischen Studien auf Außenpegel beziehen. Vor diesem Hintergrund sollten im Zuge des Fluglärmberichts 2017 laut Bundesregierung „umfassende Lösungsansätze ... zur Verbesserung der Lärmsituation“ geprüft werden (39), womit auch Bezug auf die Frage der BT-Fraktion Bündnis 90/Die Grünen zur möglichen „Einbeziehung von Maßnahmen zum aktiven Schallschutz“ genommen wurde. Auch in der Befragung im Rahmen WERESFLU wurde von vielen Akteure angemerkt, dass diese eine Verbesserung des Fluglärmschutzes auch außerhalb des FluLärmG für dringend notwendig erachten.

Um also die auf betroffene Grundstücke mit lärmsensitiver Bebauung einwirkenden Fluglärmpegel zu begrenzen, sind vielmehr Maßnahmen in ganz anderen Handlungsfeldern gefragt. Zwar kann die Siedlungssteuerung, wie sie auch grundsätzlich im FluLärmG verortet ist, unter bestimmten Voraussetzungen tatsächlich eine effektive Fluglärminderung bewirken, aber in der Praxis ist dies selbst bei einer optimierten Ausgestaltung nur begrenzt möglich. Die Verhinderung der Ausweisung von Baugebieten zur Wohnnutzung in hoch Fluglärm-belastete Gebiete ist sicher ein sinnvolles und wirksames Mittel – dies betrifft jedoch nur Einzelfälle. Im Regelfall bestehen Siedlungen wie auch Flugplätze schon viele Jahre bzw. Jahrzehnte und sind in ihrer Lage und baulicher Nutzung wenig bis nicht veränderlich. Eine räumliche Trennung von Immissionsort (Wohnimmobilie oder lärmsensitive Einrichtung) und Schallquelle (Luftfahrzeug) kann und muss daher vielmehr von der Ausgestaltung der Flugverfahren ausgehen.

Wenn also die Fluglärm-bezogene Siedlungssteuerung optimal ausgestaltet ist – im Rahmen des FluLärmG oder in anderen insbes. raumplanerischen Normen – und der Flugbetrieb an sich nicht grundsätzlich in Frage gestellt werden soll, sind zur Erreichung der o. g. Ziele im Fluglärmschutz Maßnahmen des aktiven Schallschutzes anzuwenden.

## 9.6 Aktiver Lärmschutz

### 9.6.1 Maßnahmen des aktiven Fluglärmschutzes

Als sogenannte aktive Maßnahme 13 im Fluglärmschutz sind Maßnahmen zu verstehen, die den auf ein schützenswertes Grundstück einwirkenden Schallpegel vermindern. Akustisch kann diese Reduktion

1. am Luftfahrzeug selbst ansetzen (Triebwerks- und Zellenumströmungsgeräusch),
2. an der Betriebsweise (z. B. Fluggeschwindigkeit, Schubleistung, Klappenkonfiguration, etc.) und damit eng verbunden das Profil des Start- oder Landeverfahrens,
3. die Möglichkeit Ortschaften mehr oder weniger weit zu umfliegen,

<sup>12</sup> Hierfür bietet die AußenwohnbereichsentschädigungsV zumindest einen geeigneten Ansatz, auch wenn diese in der aktuellen Ausgestaltungsform nur einen Bruchteil der in der Praxis vorkommenden Fälle betrifft und laut FluLärmG bzw. Rechtsverordnung nur die Beeinträchtigung der Außenwohnbereiche im Fokus hat.

<sup>13</sup> Es besteht keine eindeutige Definition für aktive Maßnahmen im Immissionschutz. Die Differenzierung zwischen aktiven und passiven Maßnahmen ist im Themenfeld Fluglärm eine andere wie im Straßenverkehrslärm oder Industrieanlagenlärm.

4. in Ausnahmefällen auch an der Immissionsminderung durch Schallschirme oder Absorptionsfläche auf dem Ausbreitungsweg und
5. an der Beeinflussung der Menge, Art und Zeitpunkt der Verkehrs- bzw. Schallereignisse.

Die technischen Möglichkeiten zur Minderung der Geräuschemission am Luftfahrzeug sind in Kapitel 6 näher beschrieben, ebenso die durch Flugverfahren. Diese Maßnahmen sind also vor allem in der o. a. Handlungsfeldern 1 und 2 angesiedelt.<sup>14</sup> Schallschirme wären entweder (weit gefasst) unter („passiven“) baulichen Schallschutz zu subsumieren oder als neue eigenständige Kategorie zu verstehen. Als Schallschirme sind entweder Schallschutzwände oder auch geschlossene hohe Flughafengebäude gegen den sogenannten Bodenlärm oder auch Schallschutzgebäude oder Wände zur Durchführung von Triebwerksprobeläufe geeignet. Bei Fluglärm im engeren Sinne, also bei dem von fliegenden Luftfahrzeugen ausgehenden Geräusch, kann ein Schallschirm nur beim Rollverkehr am Boden und nahe am Flugplatz angesiedelter niedriggeschossiger Wohnbebauung eine Wirkung entfalten.

Die o.a. akustischen Ansätze eins bis vier beeinflussen den Flugbetrieb grundsätzlich nicht: es kann beispielsweise unverändert ein Mittelstrecken-Jet von Berlin nach Paris fliegen, wenn auch möglicherweise ein Typ mit leiseren Triebwerken und unter Nutzung eines lärmarmen Flugverfahrens. Der fünfte akustische Ansatz zielt hingegen auf die Veränderung des Flugbetriebs selbst ab. Es soll demnach weniger Flugbewegungen durchgeführt werden, die Art des eingesetzten Luftfahrzeuges beeinflusst werden (v.a. dessen Kapazität/Größenkategorie)<sup>15</sup> und der Zeitpunkt des Verkehrs-bzw. Schallereignis möglichst so gewählt werden, dass dieses die geringste Störwirkung verursacht (v.a. Verschiebung von nächtlichen Flügen in den Tag). Während in den oberen vier Ansätzen die Belastung in Form eines Dauerschallpegels durch die Reduktion der Höhe der einzelnen Schallereignisse vermindert wird, so führt der fünfte Ansatz auch zu einer Minderung durch weniger Ereignisse im entsprechenden Betrachtungszeitraum (tags, nachts, eventuell abends).

Um diese Potentiale des aktiven Lärmschutzes zu heben, stehen verschiedene Instrumente zur Verfügung:

- a) Ambitionierte Lärmzulassungsanforderungen für neu zuzulassende Luftfahrzeug-Baumuster,
- b) finanzielle Förderung der Entwicklung leiserer Luftfahrzeug-Baumuster oder Nachrüstungsoptionen,
- c) ökonomische Anreize für den Einsatz leiserer Luftfahrzeug-Baumuster oder lärmschutzmotivierter Nachrüstung, v.a. durch lärmabhängige Start- und Landeentgelte, eventuell auch entsprechend differenzierte Luftverkehrssteuer/Ticketabgabe,
- d) kontinuierliche Weiterentwicklung von lärmindernder An- und Abflugverfahren und deren sachgerechte zielführende Lärmbewertung,
- e) Prüfung der Möglichkeiten zur Reduzierung des Bodenlärms an Flugplätzen (auch außerhalb/nach der Erteilung einer luftfahrtrechtlichen Genehmigung), insbes. Durchführung von Triebwerksprobeläufen in geeigneten Schallschutzhallen bzw. -anlagen,
- f) Erlass von Benutzervorteilen und/oder ordnungsrechtlichen Betriebsbeschränkungen, vor allem zur Reduktion der Zahl nächtlicher Starts und Landungen.

Bei der Frage mit welchen Instrumenten, diese akustischen Effekten bewirkt werden können, ist festzustellen, dass diese nicht streng abgrenzbar sind, sondern oftmals über die o.a. fünf Grenzen der

<sup>14</sup> Lärmschutzwände wären entweder (weit gefasst) unter („passiven“) baulichen Schallschutz zu subsumieren oder als neue eigenständige Kategorie zu verstehen.

<sup>15</sup> Diese Maßnahme zielt weniger auf die aktive Größenbegrenzung ab, sondern versucht vielmehr darauf hinzuweisen, dass oftmals die Fluglärmbelastung zunimmt, wenn bei selber Flugbewegungszahl kleinere Flugzeugtypen durch größere ersetzt werden.

akustischen Kategorisierung hinauswirken. Insbesondere Lärmentgelte stellen Anreize für den aktuellen Einsatz von leiseren Luftfahrzeuge dar,<sup>16</sup> können eventuell auch eine lärmindernde Flugverfahrensnutzung bewirken bzw. belohnen, beeinflussen die Motivation neue leisere Luftfahrzeuge zu entwickeln und können bei sehr restriktiver Ausgestaltung auch zu einer Verlagerung der Transportleistung vom Luft- auf den Schienenverkehr führen.

Die oben genannten Instrumente sind größtenteils im LuftVG geregelt - mehr oder weniger konkret und effektiv. Somit wären zu einer erheblichen Verbesserung des Fluglärmschutzes auch diese Regelungen zu prüfen.

Darüber hinaus existiert noch das übergreifende Instrument der EU-Umgebungslärm-Richtlinie, welches grundsätzlich auch aktive Maßnahmen einschließt. Dieses ist in seiner Wirkung jedoch sehr eingeschränkt, da die betroffenen Kommunen selbst nur indirekt im Rahmen der Mitarbeit in Fluglärmkommissionen auf eine Fluglärmmentlastung ihrer Ortschaft hinwirken können.

### **9.6.2 Möglichkeiten und Grenzen der bottom-up-Anwendung von aktiven Maßnahmen**

Auch wenn diese Handlungsfelder einige Potentiale zur Fluglärminderung eröffnen und teilweise auch schon zu deutlichen Entlastungen geführt haben, so existiert dennoch kein übergeordnetes, zielorientiertes Rahmeninstrument, um die vielfältigen Lärmschutzmaßnahmen zu koordinieren und optimieren. Für die Anwendung dieser Maßnahmen sind zudem unterschiedliche Akteure verantwortlich. Somit kann nicht sichergestellt werden, dass ein gesetztes Ziel, wie das Erreichen einer akzeptablen Fluglärmsituation, zu einem bestimmten Zeitpunkt auch tatsächlich erreicht wird. Beispielsweise ist es ungewiss, ob durch eine bestimmte Erhöhung der lärmabhängigen Start- und Landeentgelte der angestrebte vermehrte Einsatz von lärmarmen Luftfahrzeugen zu einem bestimmten Zeitpunkt eintritt. Ist dies nicht der Fall, muss nachjustiert werden. Auf der anderen Seite können diese Entgelte auch so stark erhöht worden sein, dass die Anzahl der Flugbewegungen mehr als nötig zurückgeht. Zudem könnte es auch sein, dass gleichzeitig geänderte Flugverfahren eine Lärminderung bewirken und sich dieses Ziel durch weniger restriktive Maßnahmen einfacher und schneller realisieren ließen. Es ist also eine Über- oder eine Untersteuerung bezüglich des gesetzten Zieles möglich. Dies ist bei fast allen Bottom-up-Ansätzen der Fall.

Diese Unsicherheiten können durch einen Top-Down-Ansatz in Form einer Lärmkontingentierung vermieden werden. Dabei kann einerseits die maximal zulässige Lärmbelastung als „Lärmobergrenze“/Kontingent festgelegt werden, die auf eine Person oder ein Grundstück dauerhaft einwirken darf. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein Lärmindex als Produkt aus der Anzahl der Betroffenen in einzelnen Pegelklassen mit einer Lärmbewertungszahl pro Pegelklasse verwendet werden. Ein solcher Lärmindex wird beispielsweise am Verkehrsflughafen Frankfurt/Main eingesetzt, um die Lärmentwicklung in der Region und die Wirkung einzelner Minderungsmaßnahmen zu ermitteln. Derzeit wird diskutiert, ob dieser auch als Kenngröße für die Einführung einer Lärmobergrenze verwendet werden kann und soll.

Besonders beim Neu- oder Ausbau von Verkehrsflughäfen treten Konflikte zwischen dem Lärmschutzanspruch der betroffenen Bevölkerung und dem von den Betreibern des Flughafens gesehenen Bedarf an einer Kapazitätserweiterung zu Tage. Bei diesbezüglichen Verhandlungen – zumeist Planfeststellungsverfahren – wird als Kompromiss oftmals die Zusage getroffen: „trotz Luftverkehrswachstum wird es insgesamt nicht lauter“. Eine Lärmkontingentierung kann diese Absichtserklärung instrumentalisieren.

In Bestandssituationen, in denen ebenfalls eine übermäßige Lärmbelastung für die betroffenen Kommunen bestehen kann, ist die nachträgliche Einführung einer Lärmkontingentierung nach

---

<sup>16</sup> Beispielsweise kann dies zu einer Verlagerung eines Fluges von einem dicht besiedelten Flugplatz zu einem dünn besiedelten führen, wenn (sinnvollerweise) an dem dicht besiedelten höher Lärmentgelte erhoben werden als an dem dünn besiedelten.

derzeitiger Rechtslage rechtlich schwierig. Dennoch wäre zu prüfen, inwiefern dies geändert werden kann, da eine derartige übermäßige Lärmbelastung aus Immissions- bzw. Gesundheitsschutzsicht nicht akzeptiert werden kann.

### 9.6.3 Lärmkontingentierung

#### Prinzip und Vorteile der Lärmkontingentierung

Zentraler Inhalt einer Lärmkontingentierung ist die Festsetzung eines bestimmten Lärmschutzzieles bei gleichzeitiger Liberalisierung des Einsatzes der Einzelinstrumente. Dieses Prinzip ist in ähnlicher Form im CO<sub>2</sub>-Emissionshandel der europäischen Klimaschutzpolitik etabliert. Als wichtigsten Vorteil gewährleistet dieses Instrument eine hundertprozentige Zielerreichung. Hierfür ist es entscheidend, dass das angestrebte Ziel zwar ambitioniert, aber dennoch realistisch (erreichbar) ist. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ermöglicht diese Strategie zudem den optimalen Einsatz der Finanzmittel, da – als Folge der diesbezüglichen Liberalisierung – zuerst die effizientesten Instrumente ergriffen werden. Im Luftverkehr erscheint die Realisierung dieses Top-down-Ansatzes durchaus machbar. Dafür spricht, dass der Luftverkehr von relativ wenigen Akteuren – vor allem Flughafen- und Luftverkehrsgesellschaften – bestimmt wird. Zudem ist die Zahl der Verkehrsereignisse relativ gering und der Flugbetrieb insgesamt überwiegend streng reglementiert.

Für die Erforderlichkeit und Realisierbarkeit dieser Strategie spricht auch, dass viele Flughafen-Planfeststellungen schon ähnliche Regelungen enthalten. Oftmals wird als Kompromiss zwischen den Interessen der Luftverkehrswirtschaft und den Lärmbetroffenen eine Art der Belastungsdeckelung angestrebt. Dabei wurden früher oftmals Begrenzungen der Flugbewegungszahlen vorgenommen oder Lärmpegel an bestimmten Immissionsorten in der Flugplatzumgebung vorgegeben, die nicht überschritten werden durften. Diese Vorgehensweisen werfen jedoch einige Probleme auf. So ist z.B. die Flugbewegungskontingentierung, wenn überhaupt, nur indirekt in der Lage, die Lärmbelastung zu begrenzen. Selbst bei gleicher Flugbewegungszahl kann die Lärmbelastung (in Abhängigkeit von der Luftfahrzeugmasse und damit dem erforderlichen Triebwerksschub) durch den vermehrten Einsatz schwererer Luftfahrzeuge steigen. Zudem widerspricht dies dem grundsätzlichen Ziel der Umweltpolitik, nicht einzelne durchaus gewünschte Aktivitäten zu reglementieren, sondern deren potentielle negative Umweltauswirkungen.

#### Ermittlung der Belastung und Konfliktanalyse

Als erster Schritt wird die Lärmsituation an einem Flughafen anhand der Betroffenenzahlen in einzelnen Pegelklassen bestimmt. Hierfür wird auf der Grundlage der Flugbetriebsdaten des betrachteten Flughafens die Schallausbreitung mit einem etablierten Berechnungsverfahren ermittelt und die Ergebnisse mit der Bevölkerungsverteilung verschnitten. Es bietet sich vor allem aufgrund der Datenverfügbarkeit an, immer das letzte zurückliegende Jahr zu Grunde zu legen. Wichtig ist, dass ein möglichst realitätsnahes Flugbetriebsmodell verwendet wird, um auch kleinere Änderungen im Flugbetrieb und Wirkungen von Lärminderungsmaßnahmen abbilden zu können. Anschließend wird die Anzahl der vom Fluglärm betroffenen Personen möglichst in 1-dB-Pegelklassen bestimmt und mit einer Expositions-Wirkungs-Funktion gewichtet, die möglichst alle relevanten Lärmwirkungen bewertet. Zudem sollten die konkreten ortsbezogenen Belastungen ermittelt werden. Dieses zweite Kriterium leitet sich vor allem aus dem Grundrechtsanspruch nach GG Art 2 (2) sowie dem Grünbuch der Europäischen Kommission zur Lärmschutzpolitik ab, in der jeweils der Schutz des (objektiven) Individuums hervorgehoben wird. Damit soll ausgeschlossen werden, dass die Entlastung vieler „moderat belasteter“ Personen mit einer noch höheren Lärmbelastung von einigen wenigen bereits hochbelasteten Personen einhergeht.

Als Lärmindikatoren sind sowohl LA<sub>eq</sub> als auch wirkungsbezogene Kenngrößen wie das Aufwachkriterium des DLR oder Maximalpegelkriterien denkbar. Als Zeitbetrachtung bietet sich eine



Differenzierung nach Tag (06:00 bis 22:00 Uhr) und Nacht (22:00 bis 06:00 Uhr) an. Es können aber auch der LDEN, die lauteste Nachtstunde und auch unterschiedliche Modelle zur Berücksichtigung der wechselnden Bahnbetriebsrichtungen verwendet werden.

Die ermittelte Lärmbelastung wird im zweiten Schritt mit den Lärmschutzziele verglichen (Konfliktanalyse). Diese Ziele können relativer oder absoluter Natur sein. Im Sinne der bereits angesprochenen Forderung „es darf nicht lauter werden“ wäre festzusetzen, dass diese beiden Lärmindikatoren gegenüber dem derzeitigen Zustand nicht zunehmen dürfen. Eine andere Option bestünde darin, eine maximal akzeptable, absolute Lärmbelastung zu definieren, die bis zu einem bestimmten Stichtag zu erreichen bzw. nicht mehr zu überschreiten wäre. Im Sinne einer Gleichbehandlung der deutschen Flughäfen wie auch der betroffenen Personen wäre ein absolutes Ziel zu präferieren.

### **Festsetzung der Minderungsanforderungen**

Im Falle einer absoluten Zielsetzung sind grundsätzlich drei Verhältnisse zwischen Ist- und Soll-Lärmbelastung möglich:

1.  $Ist \leq Soll$ : keine Minderungsaktion erforderlich, Fluglärm darf – zumindest bei  $Ist < Soll$  – noch zunehmen.
2.  $Ist > Soll$ : Liegt nur eine geringfügige Überschreitung vor, so kann z. B. festgesetzt werden, dass im darauffolgenden Jahr das Soll-Ziel erreicht werden muss.
3.  $Ist \gg Soll$ : Ist das Ziel kurzfristig nicht erreichbar, kann z. B. kulant-pragmatisch festgesetzt werden, dass dieses mittelfristig zu erfüllen und diesem schrittweise jährlich anzunähern ist.

Dadurch kann es auch zu – aus Lärmschutzsicht positiven – Umverteilungen von Luftverkehrsaufkommen zwischen Flughäfen kommen – von Flughäfen mit erheblichem Lärmproblem zu Flughäfen mit keinem oder nur geringen Lärmproblem.

Für die Einhaltung dieser Ziele wäre die Flughafengesellschaft oder die zuständige Landesluftfahrtbehörde verantwortlich.

Um steuernd auf das flughafenbezogene Gesamtkontingent einzuwirken, wird dieses in Einzelkontingente oder Zertifikate gestückelt, die auf einzelne Flugbewegungen bezogen sind. Diese können nach ähnlichen Kriterien gestaffelt sein, wie die meisten Start- und Landeentgeltsysteme:

- ▶ Geräuschemission des Luftfahrzeugs und ggf. Flugverfahren/-profil,
- ▶ verursachte Lärmbetroffenheit: Anzahl der Personen in bestimmten Pegelklassen, Tag/Nacht-Situation, etc.

Hieraus ergibt sich die anteilige „Lärmlast“ jedes Fluges. Diese ist bei der Durchführung des Fluges zu begleichen, in dem man dieses „Lärmzertifikat“ erwirbt, welche aber im Unterschied zu den herkömmlichen Lärmertgelten in ihrem Preis nicht wie üblich festgelegt wird. Neben dem Immissionsanteil des Fluges am Gesamtkontingent ist hierfür die Soll/Ist-Situation entscheidend: Je höher diese Überschreitung ausfällt, desto höhere Preise für die Lärmzertifikate ergeben sich im Wechselspiel von Angebot und Nachfrage durch Versteigerung.

### **Handlungsmöglichkeiten der Akteure im Konfliktfall**

Im Konfliktfall ( $Ist > Soll$  bzw.  $Ist \gg Soll$ ) hat der für die Lärmkontingentierung verantwortliche Akteur (Flughafengesellschaft oder Landesluftfahrtbehörde) folgende Handlungsmöglichkeiten:

- ▶ Lärmdifferenzierte Verknappung des Kontingents an erlaubten Flügen → erhöhter Preis pro Flug;

- ▶ Optimierung des Bahnnutzungskonzeptes und der Flugverfahren in Zusammenarbeit mit der DFS → gleiche Anzahl/Art der Flüge bei weniger Lärmbetroffenen;
- ▶ Betriebszeitenregelungen → Verlagerung von Flügen in weniger lärmsensitive Tageszeiten;
- ▶ Siedlungssteuerung in Zusammenarbeit dem jeweiligen Bundesland → Verhinderung von erheblichem Zuzug in fluglärmbelastete Gebiete;
- ▶ Umsiedelung und/oder Nachtflugbeschränkungen.

Die Luftverkehrsgesellschaften haben die folgenden Handlungsmöglichkeiten:

- ▶ Einsatz von lärmarmen Luftfahrzeugtypen;
- ▶ Nutzung lärmindernder Flugverfahren;
- ▶ Verschiebung von Flügen in weniger lärmsensitive Tageszeiten, vor allem von der Nacht in den Tag;
- ▶ Verlagerung der Flüge von einem „teuren, lauten“ zu einem „günstigeren, lärmarmen“ Flughafen;
- ▶ Streichung von Flugverbindungen bei gleichzeitiger Erhöhung der Auslastung der verbleibenden Flüge.

Hierfür sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen, inklusiven den Regelungen zu den Lärmentgelten und zur Siedlungssteuerung, entsprechend weiterzuentwickeln.

#### **9.6.4 Zwischenfazit**

Die bei Verhandlungen zu Flughafenerweiterungen oftmals getätigte Aussage „trotz Luftverkehrswachstum soll es insgesamt nicht lauter werden“ lässt sich durch eine Fluglärmkontingentierung instrumentalisieren. Dieses Kontingent („Lärmobergrenze“) kann als ein Index aus dem Produkt der Anzahl der Betroffenen in einzelnen Pegelklassen mit einer Lärmbewertungszahl pro Pegelklasse ausgedrückt werden. Auch bei einem Bestandsflughafen kann ein derartigerer Fluglärmindex ermittelt werden. Wenn man die maximale lärmbelastungsbezogene Kapazität eines Flughafens anhand dieses Index feststellt, so kann dieser mit dem Bestandslärm-Index verglichen und daraus ein Lärminderungserfordernis abgeleitet werden. Diesbezügliche Fortschritte sollten beispielsweise jährlich überprüft werden und die Flughafengesellschaft verpflichtet werden, das Lärmkontingent nicht zu überschreiten bzw. einen zu hohen Bestandslärmindex schrittweise auf dieses Maß zu reduzieren. Das Gesamtfluglärmkontingent kann dann auf die einzelnen An- und Abflüge aufgeteilt werden. Für jeden Flug ist dann ein „Lärmzertifikat“ zu erwerben, je nach Anteil dieses Lärmbeitrags an der Gesamtbelastung an diesem Flughafen. Angebot und Nachfrage sowie der Fluglärm-Problemdruck an diesem Flughafen bestimmen den Zertifikatspreis.

Für Fluglärm Betroffene hat dieses Rahmeninstrument den Vorteil, dass es eine gesicherte Zielerreichung gewährleistet. Für die Luftverkehrswirtschaft ist es vorteilhaft, weil sie die freie Wahl der Einzelmaßnahmen hat und zuerst die effektivsten und effizientesten anwenden kann. Zudem wird dadurch nicht der Luftverkehr selbst, sondern seine negative Lärmwirkung beschränkt. Die Lärmkontingentierung ist somit eine wichtige Strategie für eine wirksame Fluglärminderung in Deutschland.

## 10 Fazit und Handlungsempfehlungen

Durch die Novellierung des FluLärmG im Jahr 2007 wurden gegenüber dem FluLärmG aus dem Jahr 1971 erhebliche Fortschritte erzielt. Dies sind insbesondere folgende Punkte:

- ▶ Deutliche Erweiterung des Anwendungsbereichs
- ▶ Größere LSB aufgrund abgesenkter SGW
- ▶ Differenzierung zwischen Tag- und Nachtbelastung durch Ausweisung von zwei Tag-Schutzzonen und einer Nacht-Schutzzone
- ▶ Erstattung der Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen durch den Flugplatzhalter in TSZ 1 und der NSZ
- ▶ finanzielle Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs innerhalb der Tag-Schutzzone 1 des LSB bei Neu- und Ausbaufugplätzen
- ▶ Anwendung eines modernen Fluglärm-Berechnungsverfahrens, das praxisgerecht und durch Testaufgaben qualitätsgesichert ist.

Diese positiven Lärmschutzaspekte werden jedoch zukünftig nicht ausreichen, um die Fluglärmsituation in der Umgebung ziviler und militärischer Flugplätze mit hoher Fluglärmbelastung zu verbessern. So zeigt die im vorliegenden Bericht vorgenommene Evaluation des novellierten FluLärmG vielfältigen Handlungsbedarf auf. Insbesondere hat sich gezeigt, dass die im Zuge der Novelle 2007 getroffenen Neuregelungen nicht zu der angestrebten Verbesserung der Fluglärmsituation geführt haben. Erkennbar wird dies schlussendlich an der Tatsache, dass nach dem aktuellen Vollzugsstand und aller Voraussicht nach auch nach Abschluss des kompletten Vollzuges insgesamt nur ein geringerer Prozentsatz der Erstattungskosten für baulichen Schallschutz entsteht, als in der Folgeschätzung für das FluLärmG 2007 prognostiziert wurde. Mit diesen geringeren Kosten direkt verbunden ist die Folge, dass damit auch weniger Personen durch bauliche Schallschutzmaßnahmen entlastet werden. Zudem ist aus Sicht der Lärmwirkungsforschung eine Vereinheitlichung und Absenkung der Pegelwerte für die verschiedenen Flugplatzarten geboten: auf 50/40 dB(A)  $L_{eq,Tag/Nacht}$  bei gleichzeitiger Einführung eines wirkungsbezogenen Maximalpegel-Kriteriums für die Nacht. Mit den Fortschritten in der Luftfahrttechnik lassen sich ebenfalls – wenn auch geringere – Absenkung der Pegelwerte begründen.

Die aktuellen Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung und die Ergebnisse der Akteursbefragung zeigen jedoch einen deutlich weitergehenden Handlungsbedarf auf, der in einem zweiten, umfangreicheren Schritt erfolgen sollte. Hierzu bestehen zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten: entweder man verbleibt im Rahmen des bestehenden FluLärmG oder man wählt einen konzeptionell anderen Ansatz. Im ersten Fall empfiehlt sich zur Verbesserung des Schutzes der Bevölkerung vor Fluglärm in der Flugplatzumgebung eine zweistufige Vorgehensweise:

1. Aktualisierung des Fluglärm-Berechnungsverfahrens und Klarstellungen der FluLärmG-Regelungen, insbesondere durch:
  - ▶ Überprüfung und Weiterentwicklung des Fluglärm-Berechnungsverfahrens (AzB) inklusive der Ergänzung der Luftfahrzeug-Datenbasis sowie entsprechende Überarbeitung der Regelungen zur Datenerhebung (AzD)
  - ▶ Diesbezügliche Klarstellungen und Auslegungshinweise zum FluLärmG und der zugehörigen FlugLSV in Anleitungstexten außerhalb gesetzlicher Normen

Dabei ist jedoch zu beachten, dass die SGW und das Ermittlungsverfahren (AzD und AzB) für den LSB stets eine Einheit bilden. Eine alleinige Änderung des Ermittlungsverfahrens würde zu einer Verschlechterung des Lärmschutzniveaus führen. Durch die vorgesehene Aktualisierung der Luftfahrzeug-Datenbasis würden die Geräuschemissionen moderner Luftfahrzeuge entsprechend dem

Stand der Luftfahrttechnik verringert und damit der LSB kleiner werden. Um das bisherige Lärmschutzniveau beizubehalten, sollten gleichzeitig die SGW um 2 dB(A) abgesenkt werden.

Mit diesem ersten Schritt zur Verbesserung der Fluglärmsituation würden den in den vergangenen zehn Jahren erreichten Fortschritten auf dem Gebiet der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik Rechnung getragen. Die aktuellen Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung und die Ergebnisse der Akteursbefragung zeigen jedoch einen deutlich weitergehenden Handlungsbedarf auf, der in einem zweiten umfangreichen Schritt erfolgen soll:

1. Grundlegende Novellierung des FluLärmG und der zugehörigen FlugLSV unter Beibehaltung des bisherigen Regelungsrahmens, insbesondere durch:
  - ▶ Verschärfung und Weiterentwicklung der SGW und damit tendenziell Vergrößerung der LSB
  - ▶ Verbesserung der grundlegenden Maßstäbe zur LSB Berechnung (Sigma-Regelung, NAT, etc.)
  - ▶ Verbesserung der Anforderungen und Erstattungsregelungen bzgl. des passiven Schallschutzes
  - ▶ Ausweitung des Anwendungsbereichs der 3. FlugLSV und Erhöhung der Erstattungsbeträge
  - ▶ Verschärfung der Bauverbote bei gleichzeitiger Kompensation für die betroffenen Kommunen
  - ▶ Erhöhung der Rechtssicherheit durch Legaldefinition rechtlicher Anforderungen insbesondere im Hinblick auf präzise Vorgaben zum einzuhaltenden Lärmschutzniveau, höhere Gewichtung des Schutzes vor Fluglärm, Verbesserung des Schutzniveaus zur Nachtzeit zwischen 22:00 und 06:00 Uhr
  - ▶ Verankerung von Lärmminimierungsgeboten
  - ▶ rechtsdogmatische Auseinandersetzung eines Rangverhältnisses zwischen aktivem und passivem Lärmschutz

Allerdings sind mit den vorgeschlagenen grundlegenden Änderungen des FluLärmG auch Nachteile verbunden. Durch eine deutliche Absenkung der bestehenden SGW würde zwar der Lärmschutzbereich deutlich vergrößert, aber dennoch kaum Wirkung entfalten. So nehmen mit größerem Abstand vom Flugplatz die Fluglärmimmissionen ab, so dass die in entfernteren Wohngebäuden eingebauten Fenster für den Schallschutz ausreichend dimensioniert sind. Die Regelungen des FluLärmG für die Erstattung von Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen würden dementsprechend in den meisten Fällen ins Leere laufen. Zudem besteht weiterhin ein Grundproblem des FluLärmG, das sich aufgrund seiner Konzeption ergibt. Das FluLärmG sieht grundsätzlich keine Beschränkung der Fluglärmbelastung an einem Flugplatz vor, sondern gibt nur die Belastungssituation in zehn Jahren wider: Nimmt an einem Flugplatz die Fluglärmbelastung zu, vergrößert sich der Lärmschutzbereich, nimmt sie ab, wird der Lärmschutzbereich kleiner. Das FluLärmG bietet also keine Möglichkeit, den Fluglärm zu begrenzen oder zu vermindern.

Aus Sicht des UBA ist somit ein übergeordnetes Konzept erforderlich, welches auch andere rechtliche Rahmenbedingungen, wie beispielsweise das Luftverkehrsgesetz, in einen umfassenden Schutz vor Fluglärm mit einbezieht. Das UBA empfiehlt daher eine grundsätzliche Änderung der Konzeption des FluLärmG, und zwar sollte für die Tagzeit von 6:00 bis 22:00 Uhr eine Lärmkontingentierung eingeführt und während der Nachtzeit von 22:00 bis 06:00 Uhr aus Gründen des präventiven Gesundheitsschutzes kein regulärer Flugbetrieb auf stadtnahen Flughäfen stattfinden. Eine Lärmkontingentierung würde Maßnahmen des aktiven Lärmschutzes begünstigen und die derzeitige Ausrichtung des FluLärmG rein auf passiven Lärmschutz aufheben. Die Lärmkontingentierung hat zudem zwei wesentliche Vorteile gegenüber dem derzeitigen FluLärmG. Sie ermöglicht einerseits dem Flughafen bzw. den Luftverkehrsgesellschaften selbst zu entscheiden, ob sie wenige laute oder mehr lärmarme Flugzeuge einsetzen möchten. Andererseits gibt sie den Flughafenanrainerinnen und -anrainern eine klare Lärmschutzperspektive.

Grundsätzlich ist es auch möglich, eine Lärmkontingentierung sowohl am Tag als auch in der Nacht festzulegen, um nicht vermeidbaren Nachtflugbetrieb durchzuführen. Dies setzt aber voraus, dass ein

integriertes Luftverkehrskonzept vorliegt, das sich auch am Lärmschutz der Anwohnerinnen und Anwohner orientiert. Integraler Bestandteil dieses Luftverkehrskonzepts muss daher eine ambitionierte Lärminderungsstrategie sein. Dabei müssen alle Möglichkeiten zur Fluglärminderung soweit wie möglich ausgeschöpft werden. Eine deutliche Minderung der Beeinträchtigungen durch den Fluglärm lässt sich nur durch die abgestimmte Anwendung einer Vielzahl von Einzelinstrumenten erreichen – von der Luftfahrt- und Flugbetriebstechnik über ökonomische Anreize bis zur Verkehrsplanung. Auf dieser Grundlage wäre es aus Lärmschutzsicht akzeptabel, an einem oder sehr wenigen Flughäfen unbedingt notwendigen Nachtflugbetrieb abzuwickeln. Diese Flugplätze mit Nachtflugbetrieb, die die Ausnahme darstellen müssen, sollten in einem möglichst dünnbesiedelten Gebiet liegen, wie z. B. der Parchim International Airport bei Schwerin in Mecklenburg-Vorpommern oder der Flughafen Frankfurt-Hahn in Rheinland-Pfalz.

## 11 Quellenverzeichnis

1. airberlin. Geschäftsbericht 2015. Hrsg. London2016. 182 S.
2. Aktive Schallschutzmaßnahmen : leiser fliegen. Hrsg. Fraport AG - Frankfurt Airport Services Worldwide. Frankfurt a.M.2016.
3. Aktive Schallschutzmaßnahmen: höher fliegen. Hrsg. Fraport AG - Frankfurt Airport Services Worldwide. Frankfurt a.M.2016.
4. Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) vom 19.11.2008 (BAnz. Nr. 195a vom 23.12.2008), AzB(2008).
5. Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD) vom 19.11.2008 (BAnz. Nr. 195a vom 23.12.2008), AzD(2008).
6. Babisch, W, et al. Annoyance due to aircraft noise has increased over the years - results of the HYENA study. Environment international : a journal of environmental science, risk & health. 2009;35(8):1169-1176.
7. Babisch, W, Van Kamp, I. Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. Noise & Health. 2009;11(44):161-168.
8. Banks, S, Dinges, DF. Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. Journal of Clinical Sleep Medicine. 2007;3(5):519-528.
9. Barth, R, Brohmann, B, Arps, H, Hochfeld, C. Kostenfolgen der Novelle des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm : Dokumentation der Ergebnisse. Darmstadt; Berlin: Öko-Institut; 2005 21. Februar 2005.
10. Basner, M. Nocturnal aircraft noise exposure increases objectively assessed daytime sleepiness. Somnologie. 2008;12(2):110-117.
11. Basner, M, Glatz, C, Griefahn, B, Penzel, T, Samel, A. Aircraft noise: Effects on macro- and microstructure of sleep. Sleep Medicine. 2008;9(4):382-387.
12. Basner, M, Griefahn, B, van den Berg, M. Aircraft noise effects on sleep: mechanisms, mitigation and research needs. Noise & Health. 2010;12(47):95-109.
13. Basner, M, Isermann, U, Samel, A. Die Ergebnisse der DLR-Studie und ihre Umsetzung in einer lärmmedizinischen Beurteilung für ein Nachtschutzkonzept. Zeitschrift für Lärmbekämpfung. 2005;52(4):109-123.
14. Basner, M, Samel, A. Effects of nocturnal aircraft noise on sleep structure. Somnologie. 2005;9(2):84-95.
15. Basner, M, Samel, A. Nocturnal Aircraft Noise Effects. Noise & Health. 2004;6(22):83-93.
16. Basner, M, Samel, A. Schlafphysiologische Bewertung nächtlicher Flugbetriebsbeschränkungen vor dem Hintergrund aktueller Urteile des Bundesverwaltungsgerichts. Lärmbekämpfung: Zeitschrift für Akustik, Schallschutz und Schwingungstechnik. 2007;3(2):86-94.
17. Basner, M, Samel, A, Isermann, U. Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study. The Journal Of The Acoustical Society Of America. 2006;119(5):2772-2784.
18. Basner, M, Siebert, U. Markov-Prozesse zur Vorhersage fluglärmbedingter Schlafstörungen. Somnologie. 2006;10(4):176-191.
19. Basner, M, Siebert, U. Markov processes for the prediction of aircraft noise effects on sleep. Medical Decision Making. 2010;30(2):275-289.
20. Beck'scher Online-Kommentar VwVfG mit VwVG und VwZG. München: C.H.Beck; 2017 34. Auflage, Stand: 01.01.2017. [https://beck-online.beck.de/Dokument?vpath=bibdata%2Fkomm%2Fbeckok\\_34\\_bandvwvfg%2Fcont%2Fbeckok.htm&pos=2&hlwords=on](https://beck-online.beck.de/Dokument?vpath=bibdata%2Fkomm%2Fbeckok_34_bandvwvfg%2Fcont%2Fbeckok.htm&pos=2&hlwords=on).
21. Beutel, ME, et al. Noise annoyance is associated with depression and anxiety in the general population- the contribution of aircraft noise. Public Library of Science. 2016;11(5).
22. Mehr Schutz vor Fluglärm [Pressemitteilung]. Berlin, 03. September 2014 2014.
23. Brink, M, Lercher, P, Eisenmann, A, Schierz, C. Influence of slope of rise and event order of aircraft noise events on high resolution actimetry parameters. Somnologie. 2008;12(2):118-128.
24. Brink, M, Rometsch, R, Wirth, K, Schierz, C. Lärmstudie 2000. Der Einfluss von abendlichem und morgendlichem Fluglärm auf Belästigung, Befindlichkeit und Schlafqualität von Flughafenwohnern : Schlussbericht zur Feldstudie (Teile 2-A und 2-B). Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich : Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften; 2007 Dezember 2007.
25. Brink, M, Wirth, K, Rometsch, R, Schierz, C. Lärmstudie 2000. Zusammenfassung. Teil 1: Die Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Flughafens Zürich (Bevölkerungsbefragungen der Jahre 2001 und 2003). Teil 2: Der Einfluss von abendlichem und

morgendlichem Fluglärm auf Belästigung, Befindlichkeit und Schlafqualität von Flughafenanwohnern (Feldstudie). Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich : Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften; 2005 November 2005.

26. Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 55 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist, BImSchG(2013).
27. Burden of disease from environmental noise : quantification of healthy life years lost in Europe. Hrsg. World Health Organization. Copenhagen2011.
28. BVerwG, Beschluss vom 01.04.2009 - 4 B 61/08. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht. 2009:910.
29. BVerwG, Beschluss vom 17.02.2015 - 4 B 55.14. BeckRS. 2015.
30. BVerwG, Beschluss vom 19.12.2013 – 4 C 14.12. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht. 2014.
31. BVerwG, Urteil vom 04.04.2012 - 4 C 8/09. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht. 2012:1314.
32. BVerwG, Urteil vom 9.11.2006 - 4 A 2001/06. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht. 2007:445.
33. BVerwG, Urteil vom 13.10.2011 – 4 A 4001.10. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht. 2011:432.
34. BVerwG, Urteil vom 16.03.2006 -- 4 A 1075/04. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht - Beilage. 2006(1).
35. BVerwG, Urteil vom 20. 4. 2005 - 4 C 18/03 (VGH München). Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht. 2005:933.
36. Dang-Vu, T, McKinney, SM, Buxton, OM, Solet, JM, Ellenbogen, JM. Spontaneous brain rhythms predict sleep stability in the face of noise. Current Biology. 2010;20(15):R626-R627.
37. Deutsche Lufthansa. Balance : das Wichtigste zum Thema Nachhaltigkeit in der Lufthansa Group. Hrsg. Köln2016. 117 S.
38. Deutsche Lufthansa. Geschäftsbericht 2016. Hrsg. Köln2017. 196 S.
39. Deutscher Bundestag. (2014). *Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Stephan Kühn (Dresden), Matthias Gastel, Markus Tressel, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN - Drucksache 18/2314 : Umsetzung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm*. Berlin.
40. Deutscher Bundestag. (2010). *Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Winfried Hermann, Dr. Anton Hofreiter, Bettina Herlitzius, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN - Drucksache 17/3279 : Stand der Umsetzung von Verordnungen zum Fluglärmgesetz*. Berlin.
41. Deutscher Bundestag. (1998). *Beschlußempfehlung und Bericht des Ausschusses für Verkehr (15. Ausschuß) a) zu dem Antrag der Abgeordneten Albert Schmidt (Hitzhofen), Gila Altmann (Aurich), Ulrike Höfken, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN - Drucksache 13/6346 : Novellierung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm b) zu dem Antrag der Abgeordneten Monika Ganseforth, Elke Ferner, Wolfgang Behrendt, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der SPD - Drucksache 13/7498 : Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm*. Berlin.
42. Deutscher Bundestag. (2006). *Entwurf eines Gesetzes zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen 02. 02. 2006 (BT-Drucksache 16/508)*.
43. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Das Projekt Leiser Flugverkehr - LFKV : Ein interdisziplinäres Projekt der Vorsorgeforschung im HGF-Verbund Göttingen2004 [[http://www.dlr.de/as/desktopdefault.aspx/tabid-192/402\\_read-11273](http://www.dlr.de/as/desktopdefault.aspx/tabid-192/402_read-11273). Abgerufen am 13. April 2017].
44. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Mit Hochdruck gegen Fluglärm: Druckluft mindert Triebwerksgeräusche deutlich Göttingen2015 [Aktualisiert am 27. Februar 2015; [http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10204/296\\_read-12869/#/gallery/18779](http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10204/296_read-12869/#/gallery/18779). Abgerufen am 13. April 2017].
45. Deutschland. Statistisches Bundesamt. Luftverkehr auf allen Flugplätzen 2007. Hrsg. Wiesbaden2008. 363 S.
46. Deutschland. Statistisches Bundesamt. Luftverkehr auf Hauptverkehrsflughäfen 2016. Hrsg. Wiesbaden2017. 524 S.
47. Deutschland. Umweltbundesamt. Lärmfachliche Bewertung der Flugrouten für den Verkehrsflughafen Berlin Brandenburg (BER) für die Benachteiligung nach §32 Luftverkehrsgesetz. Hrsg. Dessau-Roßlau2012.
48. *Deutschlands Zukunft gestalten : Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD ; 18. Legislaturperiode*. (2014). Rheinbach.
49. Direction générale de l'aviation civile. Noise Certification Database Issy-les-Moulineaux2017 [Aktualisiert am 22. März 2017; <http://noisedb.stac.aviation-civile.gouv.fr/>. Abgerufen am 19. April 2017].
50. Dobrzynski, W. Minderung des Umströmungslärms. Leiser Flugverkehr : Abschlussbericht. Göttingen: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR); 2004. p. [14].
51. Elmenhorst, E-M, et al. Effects of nocturnal aircraft noise on cognitive performance in the following morning: dose-response relationships in laboratory and field. International archives of occupational and environmental health. 2010;83(7):743-751.

52. Eriksson, C, Bluhm, G, Hilding, A, Östenson, C-G, Pershagen, G. Aircraft noise and incidence of hypertension - gender specific effects. *Environmental research*. 2010;110(8):764-772.
53. Eriksson, C, Hilding, A, Pyko, A, Bluhm, G, Pershagen, G, Östenson, C-G. Long-term aircraft noise exposure and body mass index, waist circumference, and type 2 diabetes: a prospective study. *Environmental health perspectives*. 2014;122(7):687-694.
54. Eriksson, C, Rosenlund, M, Pershagen, G, Hilding, A, Östenson, C-G, Bluhm, G. Aircraft noise and incidence of hypertension. *Epidemiology*. 2007;18(6):716-721.
55. European Aviation Safety Agency. EASA Approved Noise Levels Köln[2017] [<https://www.easa.europa.eu/document-library/noise-type-certificates-approved-noise-levels#group-easa-downloads>]. Abgerufen am 19. April 2017].
56. European Aviation Safety Agency, European Union. European Environment Agency. European Aviation Environmental Report. Luxembourg: Publications Office; 2016. ISBN 978-92-9210-197-8.
57. European Commission. Noise in Europe, 24. April 2017 Brüssel2017 [<https://webcast.ec.europa.eu/noise-in-europe-ienk>]. Abgerufen am 02. Mai 2017].
58. Fluglärm-Außenwohnbereichsentschädigungs-Verordnung vom 20. August 2013 (BGBl. I S. 3292), 3 FlugLSV(2013).
59. Flugplatz-Schallschutzmaßnahmenverordnung vom 8. September 2009 (BGBl. I S. 2992), 2 FlugLSV(2009).
60. Forum Flughafen und Region. Kriterienkatalog Regionalfonds Kelsterbach[2017] [<http://www.forum-flughafen-region.de/themen/passiver-schallschutz/kriterien-regionalfonds>]. Abgerufen am 19. April 2017].
61. Franssen, EAM, van Wiechen, C, Nagelkerke, NJDD, Leuret, E. Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. *Occupational and Environmental Medicine*. 2004;61(5):405-413.
62. Gan, WQ, Davies, HW, Koehoorn, MW, Brauer, M. Association of long-term exposure to community noise and traffic-related air pollution with coronary heart disease mortality. *American Journal of Epidemiology*. 2012;175(9):898-906.
63. Gelderbloom, F, Gjestland, T, Granøien, ILN, Taraldsen, G. The impact of civil versus military aircraft noise on noise annoyance. 43rd International Congress on Noise Control Engineering: Improving the World Through Noise Control, INTERNOISE 2014; 2014 16.-19. November 2014; Melbourne.
64. Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2550), FluLärmG(2007).
65. Gesetz zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen vom 1. Juni 2007 (BGBl. I S. 986), FluLärmSchutzVerbG(2007).
66. Greiser, C, Greiser, E. Umgebungslärm und Gesundheit am Beispiel Bremen. Forschungsbericht. Musweiler ; Dessau-Roßlau: Epi.Consult GmbH ; Deutschland. Umweltbundesamt; 2014 März 2014. FKZ 3710 61 170.
67. Greiser, E, Greiser, C. Risikofaktor nächtlicher Fluglärm : Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn. 2010 März 2010. Report No.: Förderkennzeichen 3708 51 101 UBA-FB 001339.
68. Greiser, E, Greiser, C. Risikofaktor nächtlicher Fluglärm : Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn ; Anlagenband. Dessau: Deutschland. Umweltbundesamt; 2010 März 2010. Report No.: Förderkennzeichen 3708 51 101 UBA-FB 001339.
69. Greiser, E, Greiser, C, Janhsen, K. Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigungen. Forschungsbericht. Bremen ; Dessau-Roßlau: Epi.Consult GmbH ; Deutschland. Umweltbundesamt; 2006. FKZ 20551100.
70. Greiser, E, Greiser, C, Janhsen, K. Night-time aircraft noise increases prevalence of prescriptions of antihypertensive and cardiovascular drugs irrespective of social class—the Cologne-Bonn Airport study. *Journal of Public Health*. 2007;15(5):327-337.
71. Griefahn, B, Bröde, P, Marks, A, Basner, M. Autonomic arousals related to traffic noise during sleep. *Sleep*. 2008;31(4):569-577.
72. Guski, R, Basner, M, Brink, M. Gesundheitliche Auswirkungen nächtlichen Fluglärms: aktueller Wissensstand (Literaturauswertung). Literaturstudie. Bochum: Ruhr-Universität Bochum. Fakultät für Psychologie; 2012 27. September 2012.
73. Guski, R, Schreckenber, D, Schuemer, R. The WHO evidence review on noise annoyance 2000 – 2014. INTER-NOISE 2016 - 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering: Towards a Quieter Future; 2016 August 21, 2016; Hamburg.
74. Heinrichs, E, Kumsteller, F, Rath, S, Seidel, P, Gurok, S. Lärmbilanz 2015 : wissenschaftlich-technische Unterstützung bei der Datenberichterstattung zur Lärmaktionsplanung. Dessau-Roßlau; 2016. Report No.: 30558 UBA-FB 002296.
75. Hessen. Ministerium für Wirtschaft, VuL. Bauliche Schallschutzmaßnahmen - Regionalfonds 2011 [[https://rp-darmstadt.hessen.de/iri/RPDA\\_Internet?cid=8e3ee90b593c939faab2229c5aac6152](https://rp-darmstadt.hessen.de/iri/RPDA_Internet?cid=8e3ee90b593c939faab2229c5aac6152)]. Abgerufen am 13. April 2017].



76. Huss, A, Spoerri, A, Egger, M, Rösli, M. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology*. 2010;21(6):829-836.
77. Imhof, M, Klatte, M. Hören und Zuhören als Voraussetzung und Ergebnis von Unterricht und Erziehung. Weinheim: Juventa; 2011. 32 S.
78. International Civil Aviation Organization. Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation : Environmental protection. 7. Auflage. Montreal2014.
79. International Organization for Standardization. Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys : Technical Specification ISO/TS 15666. Hrsg. Genf2003. V, 15 S.
80. Janssen, SA, Vos, H. A comparison of recent surveys to aircraft noise exposure response relationships. TNO Reports. Den Haag: Netherlands. Organisation for applied scientific research TNO; 2009. TNO-034-DTM-2009-01799.
81. Järup, L, et al. Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environmental health perspectives*. 2008;116(3):329-333.
82. Kaltenbach, M, Maschke, C, Heß, F, Niemann, H, Führ, M. Health impairments, annoyance and learning disorders caused by aircraft noise : synopsis of the state of current noise research. *International Journal of Environmental Protection*. 2016;6(1):15-46.
83. Klatte, M, Bergström, K, Spilski, J, Mayerl, J, Meis, M. Wirkungen chronischer Fluglärmbelastung auf kognitive Leistungen und Lebensqualität bei Grundschulkindern. Endbericht. Kelsterbach; 2014 04. November 2014.
84. Lindmaier, J. Gutachten zur Evaluation der 2. Fluglärmschutzverordnung zum Fluglärmschutzgesetz. Fortschritte der Akustik : DAGA 2016, 42 Jahrestagung für Akustik; 2016 March 14-17, 2016; Aachen.
85. Lindmaier, J, Myck, T, Weinandy, R. Perspektiven der Fluglärminderung in Deutschland - Lärmkontingentierung. Fortschritte der Akustik - DAGA 2015; 41 Jahrestagung für Akustik; 2015 March 16 - 19, 2015; Nürnberg.
86. Luftverkehrs-Ordnung vom 29. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1894), die durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. März 2017 (BGBl. I S. 683) geändert worden ist, LuftVO(2015).
87. Luftverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 698), das durch Artikel 4 des Gesetzes vom 23. Februar 2017 (BGBl. I S. 298) geändert worden ist, LuftVG(2007).
88. Marth, E, Gallasch, E, Fueger, GF, Möse, JR. Fluglärm: Veränderung biochemischer Parameter. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene : Serie B, Umwelthygiene, Krankenhaushygiene, Arbeitshygiene, präventive Medizin*. 1988;185:498-508.
89. Mechel, F. Der Fluglärmschutz nach der Gesetzesnovelle 2007. *Zeitschrift für Umweltrecht*. 2007;18(12):561-567.
90. Miedema, HME, Oudshoorn, CGM. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental health perspectives*. 2001;109(4):409-416.
91. Mühlbacher, M, Eulitz, C, Möhler, U. Konzepte für die Prognose tieffrequenter Schalle. Fortschritte der Akustik : DAGA 2016, 42 Jahrestagung für Akustik; 2016 March 14-17, 2016; Aachen.
92. Müller, U, et al. Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld : Fluglärm und nächtlicher Schlaf. Endbericht. Kelsterbach; 2015 29. September 2015.
93. Münzel, T, Gori, T, Babisch, W, Basner, M. Cardiovascular effects of environmental noise exposure. *European Heart Journal*. 2014;35(13):829-836.
94. Myck, T, Vogelsang, BM. Weiterentwicklung der „Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen, AzB“. Fortschritte der Akustik : DAGA 2016, 42 Jahrestagung für Akustik; 2016 March 14-17, 2013; Aachen.
95. Night noise guidelines for Europe. Hrsg. World Health Organization. Copenhagen2009.
96. Noack, T. Planespotters Condor Berlin2017 [Aktualisiert am 18. März 2017; <https://www.planespotters.net/airline/Condor>. Abgerufen am 18. April 2017].
97. Noack, T. Planespotters TUIfly Berlin2017 [Aktualisiert am 18. April 2017; <https://www.planespotters.net/airline/TUIfly>. Abgerufen am 18. April 2017].
98. Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Klimaschutz, U, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz,. (2012). *Kernaussagen im Fachgespräch vom 16.11.2012 über gesundheitliche Auswirkungen von Fluglärm unter besonderer Berücksichtigung des Nachtfluglärms*. Düsseldorf.
99. OVG Berlin-Brandenburg, Urteil vom 09.04.2014 – OVG 6 A 8.14. 2014.
100. Paetow, S. Lärmschutz in der aktuellen höchstrichterlichen Rechtsprechung. *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht*. 2010.
101. Passchier-Vermeer, W, Passchier, W. Noise exposure and public health. *Environmental health perspectives*. 2000;108(Suppl. 1):123-131.

102. Penn-Bressel, G. Subjektive Wirksamkeit von Lärmschutzmaßnahmen. Fortschritte der Akustik, 14 DAGA 1988; 1988; Braunschweig.
103. Quehl, J. Nachtfluglärm, Belästigung und Schlaferleben. Somnologie. 2005;9(2):76-83.
104. Quehl, J, Basner, M. Annoyance from nocturnal aircraft noise exposure: Laboratory and field-specific dose-response curves. Journal of Environmental Psychology. 2006;26(2):127-140.
105. Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. Umwelt und Gesundheit : Risiken richtig einschätzen ; Sondergutachten. Stuttgart: Methler-Poeschel; 1999.
106. Rhee, MY, Kim, HY, Roh, S-C, Kim, HJ, Kwon, HJ. The effects of chronic exposure to aircraft noise on the prevalence of hypertension. Hypertension Research. 2008;31(4):641-647.
107. Rössli, M. (2015, 25. November 2015). Externer Kommentar : chronische Erkrankungen und Lärmexposition. [Vortrag im Rahmen der ICANA 2015]
108. Samel, A, Basner, M. Extrinsische Schlafstörungen und Lärmwirkungen. Somnologie. 2005;9(2):58-67.
109. Schreckenber, D, et al. Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld : Wirkungen von Verkehrslärm auf die Belästigung und Lebensqualität. Endbericht. Kelsterbach; 2015 30. September 2015.
110. Schreckenber, D, Meis, M. Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens : Gutachten. Endbericht. Bochum: ZEUS GmbH : Zentrum für angewandte Psychologie, Umwelt- und Sozialforschung; 2006 30. August 2006.
111. Schulze, F, Schütte, S, Lieber, T, Arps, H. Evaluation der 2. Fluglärmschutzverordnung. Forschungsbericht. Darmstadt; Freiburg; Hildesheim; 2015. Report No.: 48034; 60112/13 UBA-FB 002267.
112. Schütte, S, Brohmann, B, Brunn, C, Keimeyer, F, Scherf, C-S, Arps, H. Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm : Forschungsvorhaben zur Evaluation des Fluglärmschutzgesetzes. Dessau-Roßlau: Öko-Institut; Büro GeräuscheRechner; team ewen; 2017 [in Druck]. Report No.: 3715 54 102 0.
113. Seidler, A, Wagner, M, Schubert, M, Dröge, P, Hegewald, J. Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld : sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung. Endbericht. Kelsterbach; 2015 09. Oktober 2015.
114. Sørensen, M, et al. Long-term exposure to road traffic noise and incident diabetes: A cohort study. Environmental health perspectives. 2013;121(2):217-222.
115. Stansfeld, SA, et al. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. Lancet. 2005;365(9475):1942-1949.
116. Swift, H. A review of the literature related to potential health effects of aircraft noise : PARTNER project 19 final report. West Lafayette: Purdue University; 2010 July 2010. Report No.: PARTNER-COE-2010-003.
117. Thierbach, R, Weinandy, R, Myck, T. Aircraft noise protection strategy in Germany. 22nd International Congress on Acoustics; 2016 September 5-9, 2016; Buenos Aires.
118. Van Kamp, I, Houthuijs, D, Van Wiechen, C, Breugelmans, ORP. Environmental noise and cardiovascular diseases: Results from a monitoring programme on aircraft noise. 35th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, INTER-NOISE 2006; 2006 03.-06. Dezember 2006; Honolulu, Hawaii.
119. Van Kempen, EEMM, Van Kamp, I, Lebre, E, Lammers, J, Emmen, H, Stansfeld, SA. Neurobehavioral effects of transportation noise in primary schoolchildren: a cross-sectional study. Environmental health. 2010;9(1):13.
120. Van Poll, R, et al. Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen (Desk Research) I : Hoofdrapportage: samenvatting, conclusies en aanbevelingen Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen. Bilthoven: Nederlands. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn an Sport; 2014. RIVM Rapport 630028011/2014.
121. Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen vom 27. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2980), die durch Artikel 72 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist, 1 FlugLSV(2008).
122. Vienneau, D, Schindler, C, Perez, L, Probst-Hensch, N, Rössli, M. The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis. Environmental research. 2015;138:372-380.
123. Vogelsang, BM, Myck, T. Vorschlag zur Kennzeichnung der Beeinträchtigung in der Umgebung von Flugplätzen. Fortschritte der Akustik : DAGA 2016, 42 Jahrestagung für Akustik; 2016 March 14-17, 2016; Aachen.
124. Weinandy, R, Myck, T, Thierbach, R. Land-use planning at airports in Germany. 43rd International Congress on Noise Control Engineering: Improving the World Through Noise Control, INTERNOISE 2014; 2014 November 16-19, 2014; Melbourne.
125. Zeisler, A. Public participation at measures to reduce noise in Germany. 43rd International Congress on Noise Control Engineering – Internoise 2014; 2014 November 16-19, 2014; Melbourne.