

gonnen werden (vgl. dazu: BVerwG vom 05.03.1997, Az.: 1 A 5.96, S. 7; BVerwG vom 18.06.1997, Az.: 11 A 79.95, S. 15).

## 9.8 Gesamtabwägung

Die Schienenanbindung ist wesentlich für die Erschließung des im vorgesehenen Maße ausgebauten Flughafens mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Die neue Schienenanbindung berücksichtigt in ihrem Verkehrskonzept die zum Flughafen Berlin-Schönefeld erstellte Luftverkehrsprognose und die verkehrs- und umweltpolitische Forderung der Landesentwicklungsplanung, einen Anteil des öffentlichen Verkehrs am gesamten Verkehrsaufkommen von 50 % anzustreben. Aus dem prognostizierten Passagieraufkommen für den Flughafen ergibt sich, dass dessen Schienenanbindung ein wichtiges Element zur bedarfsgerechten und umweltfreundlichen Verkehrsbedienung in einem integrierten Gesamtverkehrssystem bildet. Neben der funktionalen Straßenerschließung soll die Anbindung des Flughafens an den öffentlichen schienengebundenen Nah- und Fernverkehr eine attraktive und umweltfreundliche Alternative zum motorisierten Individualverkehr sein.

Die konzipierte Schienenanbindung erfüllt die Anforderungen an eine bedarfsgerechte Anbindung des Hauptaufkommensgebietes Berlin, der Landeshauptstadt Potsdam und der sonstigen Zentren mit oberzentralen Funktionen des Landes Brandenburg an den neuen Flughafen und an das übergeordnete Schienennetz, nämlich die Dresdener Bahn und die Görlitzer Bahn über den Berliner Außenring als verteilendes Netzelement.

Die Planfeststellungsbehörde beurteilt die festgestellte Trassenführung der Fern-, Güter- und Regionalbahnanbindung sowie der S-Bahnanbindung als ausgewogen und angemessen.

Die Planfeststellungsbehörde hat sich davon überzeugt, dass mit dem Antrag bereits diejenigen baulichen Anlagen des vorbeugenden Brand- und Katastrophenschutzes für die Schienenanbindung festgestellt werden, die für ein den Flughafen einschließendes und umfassendes Sicherheitskonzept erforderlich sind.

## 10 Lärm

Alle Schallereignisse, die der Mensch als unangenehm und störend empfindet, werden als Lärm bezeichnet. Schallereignisse sind Töne, Klänge oder Geräusche. Als Geräusch werden im Unterschied zu Ton und Klang unperiodische Schwingungen bezeichnet, die keine exakt bestimmbare Tonhöhe aufweisen, Frequenzen und Stärke der Geräusche ändern sich in der Zeit. Geräusche werden durch einen Schallpegel beschrieben. Der höchste Schallpegel, der während eines Schallereignisses (z. B. eines Überfluges) auftritt, wird als Maximalpegel  $L_{max}$  bezeichnet. Der mittlere Maximalschallpegel ist der arithmetische oder logarithmische Mittelwert aller in Betracht kommenden Maximalpegel.

Schall stellt physikalisch eine sich im Raum ausbreitende Schallwelle dar. Die wichtigste Grundgröße zur Beschreibung der Schalleigenschaft ist der Schalldruck. Je höher der Druck ist, desto lauter ist der Schall. Da der Schalldruck normalerweise über einen großen Druckbereich variieren kann ( $10^{-5}$  bis  $10^2$  Pascal), wird er im logarithmischen Maßstab in Dezibel (dB) angegeben. Der Druck der Schallwelle nimmt mit der Entfernung ab, pro Entfernungsverdopplung mindern sich die Schallpegel um 6 dB.

Die Schallwahrnehmung hängt nicht nur vom Schalldruck, sondern auch von der Tonhöhe, der Schwingungsfrequenz der Schallwellen ab. Wahrnehmbar sind Frequenzen von 16 bis 20.000 Schwingungen pro Sekunde (Herz). Um eine hörgerechte Schallbewertung vorzunehmen, wird der Schalldruck in Ab-

hängigkeit von der Frequenz korrigiert. Der Schall wird bei tiefen Frequenzen abgewertet, bei hohen Frequenzen verstärkt. Der mit der Frequenzbewertung „A“ versehene Schallpegel stellt eine ausreichende Annäherung an die menschliche Lautstärkeempfindung dar. Eine Zu- bzw. Abnahme um 10 dB wird als Verdopplung bzw. Halbierung der Lautstärke empfunden. Alle im Planfeststellungsverfahren verwendeten Schallpegel sind mit der für Verkehrsgeräusche gebräuchlichen Frequenzbewertung „A“ versehen (A-bewerteter Schalldruckpegel  $L_{pA}$ ). Alle Schallpegel werden daher mit der Maßbezeichnung dB(A) gekennzeichnet, um deutlich zu machen, dass es sich um A-bewertete Pegelwerte handelt.

Neben der A-Bewertung ist für Fluglärm noch der „Perceived Noise Level“ PNL gebräuchlich. Er berechnet sich aus einem vorgegebenen Frequenzspektrum des Geräuschs nach einem in der ISO-Norm 3891 definierten Verfahren. Der auf der Basis eines tonkorrigierten PNL ermittelte „Effective Perceived Noise Level“ EPNL in EPNdB ist die maßgebliche Beurteilungsgröße im Rahmen der Lärmzulassung von Flugzeugen nach ICAO Anhang 16.<sup>122</sup> Vermindert man den EPNdB-Wert um 13 dB erhält man näherungsweise den entsprechenden dB(A)-Wert.

Die Beschreibung längerfristiger, im Schallpegel schwankender Geräusche, erfolgt durch den Mittelungspegel  $L_m$  oder den energieäquivalenten Dauerschallpegel  $L_{eq(3)}$ , beide Kennwerte sind identisch definiert. Da der Halbierungsparameter  $q=3$  (Energieäquivalenz, Äquivalenzparameter  $k=10$ ,  $q = k \cdot \lg(2)$ ) verwendet wird, entspricht eine Erhöhung des Dauerschallpegels um 3 dB einer Verdopplung der Einwirkzeit oder einer Verdopplung der Lärmereignisse.

Die Berechnungen der Lärmbelastungen stellen auf Dauerschallpegel und Maximalpegel ab. Alle verwendeten Zeitangaben beziehen sich - soweit nicht anders vermerkt- auf die Ortszeit.

## 10.1 Fluglärm

Der Fluglärm stellt die Auswirkung dar, die in der Umgebung eines Flugplatzes zumeist die größten Probleme aufwirft. Anders als im Bereich Straße und Schiene sind für die Zulassung von Flugplätzen und deren Änderung durch den Gesetzgeber bisher keine Grenzwerte für die Unzumutbarkeit von Lärmeinwirkungen festgelegt worden. Das BImSchG nimmt in § 2 Abs. 2 Satz 1 Flugplätze von den Regelungen ausdrücklich aus, damit gelten die auf seiner Grundlage erlassenen Verwaltungsvorschriften wie die TA Lärm und die Rechtsverordnungen, die für Schienen- und Straßenlärm erlassen wurden (16. und 24. BImSchV), nicht für den hier betrachteten Ausbau der Flughafenanlage. Der Gesetzgeber wollte durch unterschiedliche Regelungen bewusst der Verschiedenartigkeit der Emissions- und Immissionsituation in den Verkehrsbereichen Rechnung tragen<sup>123</sup>. Es steht auch fest, dass die in diesen Vorschriften und anderen technischen Regelwerken (VDI-Richtlinie 2058, DIN 18005 usw.) verwendeten Grenz- oder Orientierungswerte für die Beurteilung von Geräuschimmissionen mangels Vergleichbarkeit mit den Auswirkungen von Fluggeräuschen und aufgrund anderer Zielsetzung nicht herangezogen werden können.<sup>124</sup>

Das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (Fluglärmschutzgesetz, FlugLSG) aus dem Jahr 1971 ist für die Zulassung von Flugplätzen und deren Änderung nicht maßgebend, das es als Siedlungsplanungs- und Entschädigungsgesetz ausschließlich raumordnungspolitische Zielsetzungen verfolgt. Es ist nicht

---

<sup>122</sup> Isermann, U. (2004) in Ziekow (Hrsg.): Praxis des Fachplanungsrechts. Düsseldorf, Werner Verlag: 642.

<sup>123</sup> Wysk, P. (2004) in Ziekow (Hrsg.): Praxis des Fachplanungsrechts. Düsseldorf, Werner Verlag: 628.

<sup>124</sup> Quaas, M. (1991): Der Schutz vor unzumutbarem Fluglärm in der Planfeststellung. NVwZ 1991, 16.

dazu bestimmt, Aussagen über die individuelle Zumutbarkeit von Fluglärm zu treffen. In der Rechtsprechung wird daher auch eine direkte Anwendbarkeit des FlugLSG als Zumutbarkeitsmaßstab für die Bewertung von Fluglärm in Fachplanungsverfahren verneint. Allerdings hat der Gesetzgeber in den Regelungen des Gesetzes deutlich gemacht, dass im Lärmschutzbereich bei einem Dauerschallpegel  $L_{eq(4)}$  von über 75 dB(A) eine Wohnbebauung ausgeschlossen ist und bei einem  $L_{eq(4)}$  über 67 dB(A) Schallschutzmaßnahmen an Wohnungen notwendig sind. Ferner sind empfindliche Einrichtungen wie Krankenhäuser, Altenheime, Erholungsheime und Schulen besonders geschützt und dürfen im Lärmschutzbereich nicht errichtet werden.

Der Deutsche Bundestag hat am 2. September 1998 die Bundesregierung mit der Beschlussempfehlung in der Drucksache 13/11140 aufgefordert, Vorschläge für Verbesserungen im Bereich des Schutzes vor Fluglärm vorzulegen. Dabei sollen folgende Ziele erreicht werden:

- eine Modernisierung des Berechnungsverfahrens bei größtmöglicher Harmonisierung mit den Verfahren in anderen Bereichen (Straße, Schiene),
- eine Verbesserung des Gesamtschutzniveaus (Zumutbarkeitsgrenzen, Schutzzonen, Schutzauflagen, Eingriffsschwellen, Bewertungsverfahren),
- eine stärkere Gewichtung von Lärmereignissen in empfindlichen Zeiten (Nachtlärmproblematik),
- eine Bewertung des zivilen und des militärischen Flugverkehrs und
- eine bessere Bürgerbeteiligung.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) hat im Mai 2000 ein Eckpunktepapier vorgelegt, das unter Berücksichtigung der oben genannten Ziele erstmals Vorstellungen zur Novellierung der Fluglärmgesetzgebung enthielt. In der letzten Legislaturperiode wurde schließlich ein Referentenentwurf für ein „Gesetz zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen“ vom BMU vorgelegt, der innerhalb der Bundesregierung abgestimmt werden sollte. Es kam jedoch bisher zu keiner Einigung zum Gesetzentwurf. Der neueste bekannte Entwurf datiert vom 22.06.2004 und wurde vom BMU an die Länder und Verbände zur Anhörung verteilt.

Der Referentenentwurf sieht eine Ergänzung des FlugLSG um Immissionsschutzregelungen für den Neu- und Ausbau von Flugplätzen im Anschluss an die Genehmigung nach § 6 LuftVG vor. Künftig soll der äquivalente Dauerschallpegel wie bei der Straße und der Schiene mit dem Halbierungsparameter  $q = 3$  (Energieäquivalenz, Äquivalenzparameter  $k = 10$ ,  $L_{eq(3)}$ ) und nicht mehr wie bisher mit  $q = 4$  (Äquivalenzparameter  $k = 13,3$ ,  $L_{eq(4)}$ ) ermittelt werden. Das hat den Vorteil, dass die berechneten Belastungen besser vergleichbar mit denen anderer Verkehrsträger sind. Die Fluglärmbelastung ist ferner getrennt für jede Betriebsrichtung am Flughafen unter Ansatz aller Starts bzw. Landungen des Flugplatzes in dieser einen Richtung zu berechnen (100-%-Regelung) und nicht wie bisher mit dem prozentualen Anteil, der üblicherweise in den sechs verkehrsreichsten Monaten eines Jahres in dieser Richtung durchgeführten Starts bzw. Landungen (Realverteilung). Insofern sollen die Schutzzonen zukünftig als Umhüllende der für jede Betriebsrichtung getrennt berechneten Konturen ausgewiesen werden. Der Referentenentwurf sieht für Flugplätze nunmehr einen Lärmschutzbereich vor, der aus jeweils zwei Tag- und Nachtschutzzonen besteht. Der Lärmschutzbereich ist an Verkehrsflughäfen und Verkehrslandeplätzen nach Erteilung der Genehmigung nach § 6 LuftVG festzusetzen, bei Verkehrslandeplätzen nur, soweit Fluglinien- oder Pauschalreiseverkehr durchgeführt wird und mehr als 25.000 Flugbewegungen pro Jahr stattfinden.

Für bestehende Flugplätze wird zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken und zur Vermeidung erheblicher Belästigungen durch Fluglärm ein Grenzwert (Dauerschallpegel) von  $L_{eq(3,Tag)}$  von 65 dB(A) außen für die Tag-Schutzzone 1 festgelegt (Schutzzone 1 bisher  $L_{eq(4)}$  75 dB(A)). Zum Schutz vor relevanten Beeinträchtigungen des Nachtschlafes wird ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Nacht)}$  von 55 dB(A) außen als Grenzwert festgelegt. Ferner dürfen nächtliche Maximalpegel  $L_{max}$  von 57 dB(A) in Schlafräumen, bei zu Lüftungszwecken gekippten Fenstern, nicht regelmäßig (nicht mehr als durchschnittlich sechsmal pro Nacht) überschritten werden. Die Nacht-Schutzzone 1 ergibt sich als Umhüllende der beiden nach diesen Kriterien ermittelten Konturen. In der Tag- bzw. Nacht-Schutzzone 1 besteht grundsätzlich ein Bauverbot für neue Wohnungen, bei vorhandenen Wohnungen besteht Anspruch auf Erstattung der Kosten für den Einbau der notwendigen Schallschutzeinrichtungen, einschließlich Belüftung in der Nacht.

Für die Tag-Schutzzone 2 gilt als Grenzwert der Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 60 dB(A) außen, die Nacht-Schutzzone 2 umfasst das Gebiet in dem der fluglärmbedingte Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Nacht)}$  einen Wert von 50 dB(A) außen übersteigt bzw. die nächtlichen Maximalpegel  $L_{max}$  in Innenräumen, bei zu Lüftungszwecken gekippten Fenstern, regelmäßig (nicht mehr als durchschnittlich viermal pro Nacht) den Wert von 55 dB(A) überschreiten. Hier dürfen Wohnungen nur neu errichtet werden, wenn diese auf Kosten des Bauwilligen mit erhöhtem Schallschutz ausgestattet sind.

Für neue und baulich wesentlich zu erweiternde Flugplätze gelten nach Erteilung der luftrechtlichen Genehmigung für den Dauerschallpegel  $L_{eq(3)}$  um 5 dB(A) strengere Werte, der fluglärmbedingte Maximalpegel  $L_{max}$  darf dann 53 dB(A) in der Nacht-Schutzzone 1 bzw. 52 dB(A) in der Nachtschutzzone 2 nicht regelmäßig überschreiten. Neu und baulich wesentlich zu erweiternde Flugplätze sind die, die nach Inkrafttreten des Gesetzes eine Genehmigung für eine neue Start- und Landebahn erhalten oder eine bauliche Erweiterungen erhalten, die zu einer Erhöhung der Flugbewegungen um 30 % oder zu einer Erhöhung des Tag-Dauerschallpegels an der Grenze des Tag-Schutzgebietes 1 oder zu einer Erhöhung des Nacht-Dauerschallpegels an der Grenze des Nacht-Schutzgebietes 1 führen. Die strengeren Anforderungen für diese Flugplätze werden vom BMU damit begründet, dass beim Neubau oder der wesentlichen Erweiterung durch bessere Optimierungsmöglichkeiten im Bereich des Lärmschutzes, insbesondere durch das Zusammenwirken von aktiven und passiven Maßnahmen, ein im Vergleich zu einem bestehenden Flugplatz verbessertes Lärmschutzniveau erreicht werden kann. Bei einem neuen oder baulich wesentlich erweiterten Flugplatz kann der Eigentümer eines in der Tag-Schutzzone 1 gelegenen Wohngrundstücks eine angemessene Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs in Geld verlangen.

Die Berechnungen erfolgen mit Ausnahme der Umstellung auf den Halbierungsparameter  $q=3$  (Energieäquivalenz) grundsätzlich wie bisher, die Pegelverläufe von Fluglärmereignissen werden durch deren Maximalpegel und die Einwirkdauer beschrieben. Für die Bestimmung der Maximalpegel in Innenräumen wird vom BMU weiterhin ein Wert von 15 dB(A) für die Pegeldifferenz außen und innen zugrunde gelegt, da nach den vorliegenden Erkenntnissen dieser Wert für die erzielbare Dämmwirkung bei einem zu Lüftungszwecken gekippten Fenster typisch ist.

Die Verkehrsminister der Länder haben auf der VMK-Sitzung am 27./28.09.2000 in Frankfurt am Main im Rahmen der Befassung mit dem Flughafenkonzept des Bundes eigene Vorstellungen zur Verbesserung im Bereich des Fluglärmschutzes formuliert. Danach soll das bisherige System des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm als Siedlungsplanungs- und Entschädigungsgesetz beibehalten, jedoch mit deutlich verbesserten Schutzziele versehen werden. Der Grenzwert für die Schutzzone 1 soll um 8 dB(A) von 75 dB(A) auf 67 dB(A) (Dauerschallpegel) außen und für die Schutzzone 2 um 5 dB(A) von 67 dB(A) auf 62 dB(A) (Dauerschallpegel) außen gesenkt werden. Den Ländern soll es weiterhin möglich sein, eine dritte Zone (Planungszone, Siedlungsbeschränkungsbereich) mit weitergehenden Regelungen auszuweisen.

Daneben ist es nach Auffassung der VMK erforderlich, für den Bau und die wesentliche Änderung von Flughäfen Regelungen im Luftverkehrsrecht zum Fluglärmenschutz zu treffen. Es werden Grenzwerte für unzumutbare Fluglärmbelastungen definiert sowie Tag- und Nachtschutzgebiete vorgeschlagen, in denen der Flugplatzunternehmer die Pflicht hat, Erstattungen von Aufwendungen für Schallschutzmaßnahmen vorzunehmen (Tagschutzgebiet  $L_{eq(3)}$  65 dB(A) außen, Nachtschutzgebiet Umhüllende  $L_{eq(3)}$  55 dB(A) außen und Kontur von 6 nächtlichen Pegeln über 75 dB(A) außen). Diese Forderungen unterstützt auch der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (SRU), er fordert in seinem neuesten Umweltgutachten 2004 auch im Interesse der Rechtssicherheit für Drittbetroffene durch eine Luftverkehrslärmenschutzverordnung entsprechend der 16. BImSchV die geltende Schutzauflagenvorschrift des § 9 Abs. 2 LuftVG zu konkretisieren und damit auch den Zustand permanenter „Nothilfe“ in Form von singulären Konkretisierungsbeiträgen der Rechtsprechung zu beenden.<sup>125</sup>

Parallel zu den Bemühungen der Bundesregierung einer Novellierung der Fluglärmgesetzgebung hat der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) im Mai 1997 eine „Leitlinie zur Beurteilung von Fluglärm durch die Immissionsschutzbehörden der Länder“ beschlossen. Sie enthält Orientierungswerte für die raumordnerische und städtebauliche Planung. Der LAI schlägt vor, Siedlungsbeschränkungsbereiche festzusetzen und dafür die Orientierungswerte der DIN 18005 heranzuziehen. Die LAI-Leitlinie ist für die Bestimmung von Zumutbarkeitsgrenzen in der Planfeststellung nicht heranzuziehen. Auch die DIN 45643 regelt nur das Ermittlungsverfahren für Fluglärmbelastungen, sie bestimmt jedoch keine Richt- oder Grenzwerte.<sup>126</sup>

In Ermangelung gesetzlicher Regelungen werden im Planfeststellungsbeschluss der abwägungserhebliche Fluglärm und die rechtlichen Zumutbarkeitsgrenzen beim Fluglärm auf der Grundlage der wissenschaftlich anerkannten Lärmwirkungsforschung und der Rechtsprechung bestimmt.

Zum Fluglärm zählen alle Geräusche der den Flughafen anfliegenden und vom Flughafen abfliegenden Luftfahrzeuge und die auf dem Flughafengelände erzeugten Geräusche (Bodenlärm), soweit sie mit dem Flugbetrieb in Zusammenhang stehen. Nicht nur das Flugzeug in der Luft, sondern auch die Geräusche des Rollverkehrs auf dem Boden, die der Hilfstriebwerke und Triebwerksprobeläufe und des Verkehrs mit Kraftfahrzeugen und Geräten auf dem Flughafen können belastend sein. Diese Geräusche werden von den Anwohnern dem Flughafen zugeordnet und als flughafenbedingter Lärm bewertet. Nahezu alle Lärmwirkungsuntersuchungen – ob Belästigung oder gesundheitsrelevante Effekte, ob Kommunikations- oder Erholungsstörung – nutzen für die Ableitung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen die Gesamtheit des Lärms von einem Flughafen.

#### 10.1.1 Vereinbarkeit des Ausbauvorhabens mit den Belangen des Fluglärmenschutzes

Das Ausbauvorhaben ist mit den Belangen des Fluglärmenschutzes vereinbar. Die Belange der Betroffenen, der Träger öffentlicher Belange und Fachbehörden sind in die Abwägung der Planfeststellungsbehörde eingegangen. Durch Auflagen zum Flugbetrieb und durch Schallschutzauflagen zu Lasten der Träger des Vorhabens ist sichergestellt, dass Auswirkungen des Vorhabens das zulässige Maß nicht

---

<sup>125</sup> Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) (2004): Umweltgutachten 2004. Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Band 1: 501

<sup>126</sup> Dolde, K.P. (2002): Rechtliche Aspekte des Fluglärmenschutzes. In: Ziekow, J. (Ed.) (2003): Bewertung von Fluglärm - Regionalplanung - Planfeststellungsverfahren. Schriftenreihe der Hochschule Speyer. Band 158: 37-57. Berlin: Duncker & Humblot.

übersteigen. Soweit die Fluglärmwirkungen unter dem zulässigen Maß bleiben, sind sie zumutbar, da die für das Vorhaben sprechenden Belange überwiegen.

Die Planfeststellungsbehörde hat die durch das Ausbauvorhaben verursachten Fluglärmwirkungen ermittelt und die hierzu vorgelegten Unterlagen der Träger des Vorhabens sorgfältig geprüft. Es bestehen keine Zweifel an der korrekten Ermittlung und Darstellung der Fluglärmbelastungen. Die anerkannten Methoden der Wissenschaft haben Anwendung gefunden. Die Planfeststellungsbehörde hat überprüft, ob Planungsalternativen bestehen und ob die Lage der neuen südlichen Start- und Landebahn hinsichtlich einer minimalen Lärmwirkung in der bewohnten Umgebung des Flughafens ausreichend optimiert ist.

Die verfügbaren Betriebsbeschränkungen und angeordneten Schutzauflagen minimieren die Fluglärmbelastung in der Umgebung des ausgebauten Flughafens auf ein zumutbares Maß. Soweit bauliche Schutzmaßnahmen nicht möglich sind (Schutz der Außenwohnbereiche) bzw. der Fluglärm das gesundheitlich zumutbare Höchstmaß übersteigt, hat die Planfeststellungsbehörde die Träger des Vorhabens zu Entschädigungsleistungen bzw. zur Übernahme der betroffenen Grundstücke verpflichtet. Die verfügbaren Betriebsbeschränkungen stellen sicher, dass unnötiger Fluglärm vermieden wird und in der Nacht von 22.00 bis 06.00 Uhr keine lauten Strahlflugzeuge verkehren. Als laut stuft die Planfeststellungsbehörde alle Strahlflugzeuge ein, deren Summe der Lärmzulassungsmesswerte nach ICAO Anhang 16, Kapitel 3 nicht mindestens 10 EPNdB (Effective Perceived Noise, EPN) unter der Summe der für sie maßgeblichen Grenzwerte liegt. Die angeordneten Schutzauflagen stellen sicher, dass im Rauminnern der Aufenthaltsräume bei geschlossenen Fenstern tagsüber ein ungestörter Aufenthalt und eine ungestörte Kommunikation möglich ist. In den Schlafräumen sichern die verfügbaren Schutzauflagen in der Nacht einen störungsfreien Schlaf bei ausreichender Belüftung und eine ungestörte Kommunikation. Da das Schutzniveau auf die Gewährleistung ungestörter Kommunikation und störungsfreien Schlafs bei relativ niedrigen Pegeln gerichtet ist, stellen die Regelungen insgesamt auf jeden Fall sicher, dass keine erheblichen Belästigungen und erst recht keine negativen gesundheitlichen Auswirkungen des Fluglärms, die erst bei höheren Pegeln auftreten können, zu befürchten sind. Das Lärmschutzkonzept stellt nicht allein auf Zumutbarkeitsgrenzen sondern auch auf Vorsorgewerte ab, insofern musste das Interesse am Flugverkehr gegenüber dem Interesse der Flughafenanwohner an der so definierten gesundheitsbezogenen Lebensqualität zurückstehen.

Unter Berücksichtigung des ermittelten Sachverhalts und der vorgetragenen Argumente von Einwendern und Fachbehörden einschließlich der Träger öffentlicher Belange kommt die Planfeststellungsbehörde im Hinblick auf den Lärm zu dem Ergebnis, dass der Flughafenausbau nach Maßgabe der von ihr verfügbaren Beschränkungen und festgesetzten Schutzauflagen im Übrigen wie beantragt planfestgestellt werden kann.

Weitergehende, aus Lärmgründen erhobene Einwendungen gegen das Vorhaben waren ebenso zurückzuweisen, wie Forderungen nach weitergehenden Betriebsbeschränkungen oder Schallschutzmaßnahmen.

#### 10.1.2 Lärmwirkungen und Zumutbarkeitsgrenzen

Grundlage für die Entscheidung der Planfeststellungsbehörde, ob und in welcher Höhe Fluglärm nicht mehr unerheblich und damit entscheidungsrelevant ist und ab wann er unzumutbar ist (Zumutbarkeitsgrenze), sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Lärmmedizin und der Lärmpsychologie zu den Lärmwirkungen. Außerdem hängt die Beurteilung, wo genau die Grenze zwischen den nur einfachrechtlich unzumutbaren Beeinträchtigungen und einer Gesundheitsgefahr verläuft, ebenfalls wesentlich von den Erkenntnissen der jeweiligen Fachwissenschaft ab. Der insoweit entscheidungsrelevante Lärm

im Bereich der einfach-rechtlichen bis zur verfassungsrechtlichen Zumutbarkeitsgrenze, ab der die Geräuscheinwirkungen gesundheitsgefährdend sind und das Eigentum schwer und unerträglich beeinträchtigt wird, kann in der fachplanerischen Abwägung nicht überwunden werden,<sup>127</sup> sondern ist nach Maßgabe von § 9 Abs. 2 LuftVG i. V. m. § 74 Abs. 2 VwVfGBbg zu kompensieren. Wenn, wie für den Fluglärm, Grenzwerte für die einfach-rechtliche Zumutbarkeitsschwelle durch den Gesetz- oder Verordnungsgeber normativ nicht bestimmt sind, obliegt es der Planfeststellungsbehörde, die Schwelle unter Heranziehung des fachwissenschaftlichen Erkenntnisstandes zu konkretisieren.

Die Träger des Vorhabens haben auf Anforderung der Planfeststellungsbehörde das nach § 40 Abs. 1 Nr. 10 b LuftVZO erforderliche Gutachten eines medizinischen Sachverständigen über die Auswirkung des Fluglärms auf die Bevölkerung zweigeteilt als Gutachten M 8, „Medizinisches Gutachten über die Auswirkungen des Fluglärms auf die Bevölkerung der Umgebung des Flughafens Schönefeld“ und als Gutachten M 9, „Medizinisches Gutachten über die Auswirkung der Flughafengeräusche auf die Bevölkerung“, beide vom 17.02.2000 und von Prof. Dr. med. Dr. phil. Gerd Jansen erarbeitet, mit den Antragsunterlagen vorgelegt. Die medizinische Beurteilung der mit dem Ausbauprojekt verbundenen Fluglärmbelastungen erfolgte vor allem im Hinblick auf Gesundheitsgefährdungen, erhebliche Belästigungen und Kommunikationsstörungen sowie unter dem Gesichtspunkt lärmbedingter Schlafstörungen.

Grundlage für die Erkenntnisse der Planfeststellungsbehörde ist ferner eine von ihr eingeholte gutachterliche Stellungnahme von Univ.-Prof. Dr. med. Klaus Scheuch, der Bewertungen und Empfehlungen zu Einwendungen und Stellungnahmen auf der Grundlage eines in den Jahren 2000 bis 2002 von den Autoren B. Griefahn, Dortmund; G. Jansen, Düsseldorf; K. Scheuch, Dresden; M. Spreng, Erlangen ausgearbeiteten Schutzkonzeptes bei wesentlichen Änderungen oder Neuanlagen von Flughäfen/Flugplätzen (im Weiteren „Fluglärm-synopse“ genannt) erarbeitet hat.<sup>128</sup> Gleichzeitig dient die Stellungnahme des Lärmmediziners Prof. Scheuch der Überprüfung der Aussagen der Gutachten M 8 und M 9.

Die Fluglärm-synopse definiert auf der Grundlage von mehr als 900 Literaturstellen Begrenzungswerte und Eckwerte für Geräuschimmissionen in der Umgebung von Flughäfen. Andere Lärmforscher sprechen von Effekt-, Eingriffs- und Handlungsschwellen. Die Fluglärm-synopse geht dabei von drei abgestuften Begrenzungswerten aus. Die Abstufung erfolgt auf der Basis der mit den Werten verbundenen Lärmwirkungen und der wissenschaftlichen Sicherheit der Erkenntnisse der Wirkungsketten. Bei Erreichen des „kritischen Toleranzwertes“ sind Gesundheitsgefährdungen und/oder -beeinträchtigungen nicht mehr auszuschließen, die wissenschaftliche Begründung der Lärmwirkung ist vorhanden oder es besteht ein ausreichender, wissenschaftlich begründeter Verdacht. Überschreitungen dieses Wertes zwingen nach Auffassung der Verfasser zu Lärm-minderungsmaßnahmen. Der „präventive Richtwert“ stellt einen Vorsorgewert dar, dessen wissenschaftliche Begründung plausibel ist. Bei dessen Einhaltung sind Gesundheitsgefährdungen weitgehend ausgeschlossen, Beeinträchtigungen und Störungen können insbesondere bei sensiblen Gruppen auftreten. Der „Schwellenwert“ definiert einen Wirkungsbereich, wo physiologische und psychologische Veränderungen nachgewiesen wurden, eine wissenschaftliche Prognose über Langzeiteffekte jedoch nicht möglich ist. Aus diesen Werten ergibt sich kein unmittelbarer Handlungsbedarf, Belastungen in diesem Bereich sind nicht entscheidungsrelevant. Die grund-

---

<sup>127</sup> Halama, G., Stüer, B., (2003): Lärmschutz in der Planung. NVwZ 2003, Heft 2: 137,144.

<sup>128</sup> Griefahn, B., Jansen, G., Scheuch, K., Spreng, M. (2002): Fluglärmkriterien für ein Schutzkonzept bei wesentlichen Änderungen oder Neuanlagen von Flughäfen/Flugplätzen. Zeitschrift für Lärmbekämpfung (ZfL) 49(5): 171–175.

sätzliche Herangehensweise der Fluglärmsynopse zur Beschreibung des fluglärmbezogenen Handlungsbedarfs in der Umgebung von Flughäfen wird auch aus rechtlicher Sicht gestützt.<sup>129</sup>

Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) greift in seinem Gutachten von 2002<sup>130</sup> die Werte des Umweltbundesamtes (UBA) auf.<sup>131</sup> Hier werden energieäquivalente Dauerschallpegel für Belastungsbereiche im Sinne von Schwellen angegeben, unterhalb derer spezifische Wirkungen mit großer Wahrscheinlichkeit nicht auftreten. Ferner werden Grenzwerte im Sinne der 16. BImSchV vorgeschlagen, die, teilweise aus präventivmedizinischer Sicht, möglichst eingehalten werden sollten. Die behandelten Lärmwirkungen umfassen Vermeidung von Hörschäden, Vermeidung gesundheitlicher Beeinträchtigungen, Vermeidung von erheblichen Belästigungen im Sinne des BImSchG und Beeinträchtigungen und die Vermeidung von Kommunikationsstörungen. Die angegebenen Werte für Dauerschallpegel außen entsprechen denen in dem aktuellem Referentenentwurf des BMU zur Novellierung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm. Der SRU ist jedoch der Auffassung, dass der Dauerschallpegel nicht ausreicht, alle Wirkungen zu erfassen und empfiehlt zusätzlich die Betrachtung der Maximalschallpegel für die Bewertung der Fluglärmereignisse.

In Einwendungen und Stellungnahmen werden die lärmmedizinischen Gutachten M 8 und M 9 kritisiert. Gefordert wird, die lärmmedizinischen Gutachten wegen schwerwiegender Mängel und Zweifel an der Neutralität und Sachkunde des Gutachters einer sorgfältigen Qualitätsbegutachtung durch weitere neutrale Wissenschaftler und Praktiker zu unterwerfen, bzw. ganz zu verwerfen. Die Gutachten erfüllten nicht die Anforderungen an gerichtliche Sachverständigengutachten. Es würden Lärmpegel zugelassen, die nach dem aktuellen Stand der Lärmwirkungsforschung zu Gesundheitsgefährdungen führten.

Die Planfeststellungsbehörde hat die vorliegenden Gutachten M 8 und M 9 sowie ergänzende Stellungnahmen überprüft. Sie hat keine Zweifel an deren Geeignetheit. Anhand der Gutachten M 8 und M 9 sowie der gutachterlichen Ausführungen in den Erörterungsterminen, der Einwendungen und Stellungnahmen, der von der Planfeststellungsbehörde eingeholten fachlichen Stellungnahmen und von Auswertungen wissenschaftlicher Veröffentlichungen und Vorträge zu den Auswirkungen von Lärm hat die Planfeststellungsbehörde die nachstehenden Erkenntnisse gewonnen.

#### 10.1.2.1 Allgemeines

Durch den Lärm kann das körperliche, seelische und soziale Wohlbefinden beeinträchtigt werden. Zu unterscheiden sind daher physische, psychische und soziale Lärmwirkungen. Einer besonderen Betrachtung bedürfen besondere Personengruppen (Kranke, Kinder, alte, behinderte und besonders lärm sensible Menschen) und Einrichtungen für solche Personen. Die Lärmreaktionen sind nicht nur von der Höhe des Schallpegels abhängig, sondern werden auch durch individuelle Empfindlichkeiten und die Umgebungsbedingungen beeinflusst.

Breiten Raum nimmt im gesamten Planfeststellungsverfahren die Diskussion über den Begriff Gesundheit ein. Dazu hat das Gutachten M 8 ausführlich Stellung bezogen. In Einwendungen und Stellungnahmen wird gefordert, für die Ableitung der für den Gesundheitsschutz und die Gesundheitsvorsorge

---

<sup>129</sup> Dolde, K.-P. (2003): Fluglärmkriterien für ein Schutzkonzept bei wesentlichen Änderungen oder Neuanlagen von Flughäfen/Flugplätzen - Rechtliche Beurteilung. Teil 1, ZfL 50(3), Teil 2, ZfL 50(4).

<sup>130</sup> SRU (2002): Umweltgutachten 2002 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen, Deutscher Bundestag, Drucksache 14/8792

<sup>131</sup> Ortscheid, J., Wende, H. (2000): Fluglärmwirkungen. Berlin: Umweltbundesamt



notwendigen Maßnahmen und Festlegungen solle vom Gesundheitsbegriff der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization, WHO) ausgegangen werden. Danach sei neben dem physischen auch das psychische und soziale Wohlbefinden zu berücksichtigen. Die 1989 beschlossene Europäische Charta „Umwelt und Gesundheit“, nach der jeder Mensch Anspruch auf eine Umwelt habe, die ein höchstmögliches Maß an Gesundheit und Wohlbefinden ermögliche, ergänze die WHO-Gesundheitsdefinition insofern, als hier die Erkenntnisse über die Auswirkungen der Umwelt auf die Gesundheit der Menschen in die Diskussion eingebracht würden. Zur Umsetzung des Vorsorgeprinzips sollten wirtschaftliche Erwägungen gegenüber dem Gesundheitsschutz nur einen nachgeordneten Stellenwert einnehmen. In Stellungnahmen wird weiter ausgeführt, dass insbesondere in Anbetracht der bevorstehenden jahrzehntelangen Nutzung eines Flughafens die Anwendung des Vorsorgeprinzips besonders notwendig sei. Im Vordergrund stünden bei Fluglärm nicht die direkten physischen Wirkungen, sondern Störungen und Belästigungen, die nach § 3 BImSchG „schädliche Umweltwirkungen“ darstellten, wenn sie erheblich sind. Anhaltende erhebliche Störungen und Belästigungen würden das psychische Wohlbefinden beeinträchtigen und könnten zu „gesundheitsgefährdendem Disstress“ führen. Folglich werde gefordert, die Anwohner des Flughafens sowohl vor direkten gesundheitlichen Gefährdungen als auch vor erheblichen Störungen und Belästigungen zu schützen.

Die WHO-Definition der Gesundheit als „vollkommenes physisches, psychisches und soziales Wohlbefinden und nicht nur als Abwesenheit von Krankheit“ (1946) ist als politischer Rahmen für die Ableitung von konkreten Schutzziele anwendbar. Wirtschaftliche Erwägungen haben gegenüber dem Gesundheitsschutz einen nachgeordneten Stellenwert. Das Vorsorgeprinzip greift immer dann, wenn erhebliche Störungen, erhebliche Belästigungen oder Gesundheitsgefährdungen oder Erkrankungen durch Lärm nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden können. Zu diesen Fragen äußert sich der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen in dem Sinne, "dass die Anwendung von Vorsorgezielwerten notwendig ist", dem schließt sich die Planfeststellungsbehörde grundsätzlich an. Die Europäische Kommission hat im Jahr 2000 eine Mitteilung zur Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips veröffentlicht,<sup>132</sup> hiernach soll sich das Vorsorgeprinzip nicht nur auf den Umweltschutz allgemein, sondern auch auf die Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze beziehen. Das Vorsorgeprinzip ist immer dann anzuwenden, wenn die wissenschaftlichen Daten nicht ausreichen, nicht schlüssig genug oder nicht fundiert genug sind und eine wissenschaftliche Vorabschätzung zeigt, dass gesundheitlich nachteilige Auswirkungen nicht nachgewiesen, aber auch nicht auszuschließen sind. Die Maßnahmen, die zu ergreifen sind, müssen im Verhältnis zum angestrebten Schutzniveau stehen sowie diskriminierungsfrei und auf andere Maßnahmen abgestimmt sein.

Krankheit ist ein regelwidriger, körperlicher und/oder geistiger Zustand, der eine Behandlung notwendig macht und/oder zur Arbeitsunfähigkeit führen kann. Gesundheit wäre dann als das Nichtvorhandensein von Krankheit zu verstehen. Doch bereits die WHO definierte die Gesundheit als einen Zustand vollkommenen körperlichen, psychischen und sozialen Wohlbefindens und nicht allein als das Fehlen von Krankheiten und Gebrechen. Diese Zielvorstellung politischen Handelns macht deutlich, dass Gesundheit und Krankheit nicht nur als Alternativen aufzufassen sind. Das Schutzgut Gesundheit besteht nicht nur in der Vermeidung von Krankheit, sondern beinhaltet auch den Erhalt der Fähigkeit zur Bewältigung von Umwelтанforderungen und damit zur Entwicklung und Erhaltung physischer, psychischer und sozialer Funktionen.

---

<sup>132</sup> Bulletin EU 1/2-2000 (2000): 1.4.60 Mitteilung der Kommission über die Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips. EU-Kommission.

### 10.1.2.2 Physische Lärmwirkungen

Unter den physischen Lärmwirkungen werden die Einflüsse verstanden, die zu Lärmschwerhörigkeit und Hörverlust führen können, die Schlafstörungen oder physiologische Reaktionen hervorrufen.

#### 10.1.2.2.1 Lärmschwerhörigkeit

Die Einwendungen und Stellungnahmen konzentrieren sich auf das Auftreten einer Lärmschwerhörigkeit durch Fluglärm generell und auf entsprechende Pegelgrenzen zur Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit. Die Angabe "Unterhalb von äquivalenten Dauerschallpegeln von 80 dB(A) werden keine Lärmschwerhörigkeiten mehr beobachtet." sei unrichtig und auch unpräzise. Ohne Angabe der täglichen und der langfristigen Einwirkungsdauer sei die Belastung nicht definiert. Im übrigen würden Schwerhörigkeiten bei genügend langer Exposition bereits ab einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3)}$  von 75 dB(A) auftreten, die Zumutbarkeitsgrenze liege bei einem Maximalpegel  $L_{max}$  von 103 dB(A) in Verbindung mit einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3)}$  von 69 dB(A). Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen SRU formuliere auf Seite 160 des Sondergutachtens vom 31.8.1999: "Für ständige (24-stündige) Lärmbelastung gelten 70 bis 75 dB(A) als Schwelle für Schwerhörigkeit."

Die Träger des Vorhabens führen dazu aus, eine durch Lärm verursachte Schwerhörigkeit beginne dann, wenn eine Hörverlustsenke bei 3.000 Hz von 40 dB(A) vorliegt (isolierte Hochtosenke). Bei Dauerschallpegeln  $L_{eq(3)}$  von 90 dB(A) und täglich 8-stündiger Einwirkung finde man nach 10 Berufsjahren bei 5 % der Exponierten derartige Befunde. Bei einem  $L_{eq(3)}$  von 85 dB(A) betrage dieses „Risiko“ 1 %. Betriebe mit einem  $L_{eq(3)}$  über 80 dB(A) werden als Lärmbetriebe bezeichnet. Nach Dieroff<sup>133</sup> seien bei Beurteilungspegeln von 80 bis 90 dB(A) in Einzelfällen Gehörschäden bei langfristiger Exposition möglich. Lärmbelastungen unter einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3)}$  von 85 dB(A) seien allgemein nicht gehörfährend, dieser Grenzwert stelle die kritische Intensität dar. Werde er unterschritten, sei eine lärmbedingte und dazu gar entschädigungspflichtige Hörschädigung nicht zu erwarten. Dieroff führe dazu aus<sup>134</sup>: „Die heute nach ISO 1999 geltende kritische Intensität von 85 dB(A) kann nach unseren Kenntnissen und Erfahrungen als ein sicherer Grenzwert angesehen werden, der auch einen gewissen „Sicherheitsabstand“ einschließt.“

Diesen Ausführungen der Träger des Vorhabens kann aus Sicht der Planfeststellungsbehörde gefolgt werden. Die kausalen Beziehungen zwischen Lärm und Krankheit für Schäden am Ohr sind wissenschaftlich erwiesen. Das trifft für die Lärmschwerhörigkeit in der Arbeit sowie für die mechanische Zerstörung von Teilen des Hörorgans durch Lärm hoher Intensität zu. Lärmschwerhörigkeit durch Arbeit als mögliche Berufskrankheit ist eine Innenohrschwerhörigkeit mit charakteristischen Merkmalen, die wie oben dargestellt bei einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3)}$  von 85 dB(A) während der Schicht und bei einer Einwirkung über einen Zeitraum von etwa 10 Jahren bei etwa 1 % der Arbeitnehmer auftritt. Unter präventiven Gesichtspunkten sollte nach neueren Erkenntnissen ein  $L_{eq(3)}$  von 80 dB(A) in einer Arbeitsschicht (8-Stunden) unterschritten werden. Seitens der EU wurde kürzlich eine neue Lärmschutzrichtlinie für den Arbeitsbereich herausgegeben.<sup>135</sup> Sie orientiert die präventiven Maßnahmen am Schutz des Gehörs. Diese EU-Lärmschutzrichtlinie formuliert einen oberen Auslösewert bei einem achtstündigen

<sup>133</sup> Dieroff, H.G. (1994): Lärmschwerhörigkeit. 3. Auflage. Jena: G. Fischer Verlag.

<sup>134</sup> Dieroff (1994): 250.

<sup>135</sup> EU (2003): Richtlinie 2003/10/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 06.02.2003 über Mindestvorschriften zum Schutz vor Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm).

Dauerschallpegel  $L_{eq(3,8h)}$  von 85 dB, der zur Aufstellung von Lärminderungsprogrammen, Kennzeichnung, Nutzung von Gehörschutzmitteln verpflichtet sowie einen unteren Auslösewert von  $L_{eq(3,8h)}$  von 80 dB(A), der die Informationspflicht, Schutzunterweisung, Anspruch auf Gesundheitsüberwachung und Angebot von Gehörschutz beinhaltet.

Nach dem Umweltbundesamt (UBA) sind auf der Grundlage militärischen Fluglärms bleibende Minderungen der Hörfähigkeit bei Belastungen, die einen 24-stündigen Dauerschallpegel  $L_{eq(3,24h)}$  von 70 dB(A) übersteigen und einem häufigeren Einwirken von Maximalpegeln  $L_{max}$  von 115 dB(A) unter Berücksichtigung einer Anstiegssteilheit von unter 60 dB(A) pro Sekunde bzw. 105 dB(A) mit hohen Anstiegssteilheiten ab 60 dB(A) pro Sekunde zu befürchten.<sup>136</sup> Bei extremen Belastungen durch niedrige Direktüberflüge von militärischen Strahlflugzeugen wurden früher in seltenen Fällen bleibende Hörschwellenanhebungen beschrieben. Seit im Jahr 1990 die Tiefflugmindesthöhe in der Bundesrepublik Deutschland von 75 m auf 300 m angehoben wurde, sind solche Effekte nicht zu erwarten.

Relevante schnelle Anstiege der Schallbelastung sind im zivilen Luftverkehr nicht zu erwarten, so dass auch Einzelpegel im Flughafenumfeld keine Lärmschwerhörigkeit hervorrufen. Die Planfeststellungsbehörde folgt den Ausführungen der EU zum Arbeitsschutz und sieht eine Gesundheitsgefährdung (Gehörschädigung) bei jahrelangem Einwirken eines  $L_{eq(3,24h)}$  von 80 dB(A) als gegeben. Belastungen hinsichtlich der Beeinträchtigung des Gehörs müssen nach derzeitigem Erkenntnisstand überhaupt erst betrachtet werden, wenn ein  $L_{eq(3,24h)}$  von 70 dB(A) überschritten wird.

Unter präventiven Gesichtspunkten darf aus der Sicht der Planfeststellungsbehörde zur Gewährleistung des Schutzziels Vermeidung von Hörschäden über einen Zeitraum von 24-Stunden ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,24h)}$  von 75 dB(A) nicht überschritten werden, höhere Belastungen sind nicht zumutbar. Der Wert entspricht dem präventiven Richtwert der Fluglärmsynopse. Derart hohe Pegel sind nur auf dem Flughafengelände anzutreffen.

#### 10.1.2.2.2 Schlafstörungen

Verkehrslärmbedingte Störungen des Nachtschlafes werden von vielen Menschen als die einschneidendste Wirkung empfunden und stellen neben der Belästigung die am häufigsten genannte Beeinträchtigung dar. Durch die Zunahme des Flugverkehrs und die zunehmende Ausdehnung auch auf die Nacht ist in den letzten zwei Jahrzehnten eine erhebliche Zunahme der Nachtflugbewegungen zu beobachten. Deshalb hat sich die Lärmwirkungsforschung in den letzten Jahren zunehmend dieser Problematik zugewandt. Man unterscheidet im Schlaf verschiedene Zustände, neben dem Wachzustand den leichten Schlaf (Schlafstadium S1 und S2), den Tiefschlaf (Schlafstadium S3 und S4) und den Traumschlaf (REM-Schlaf). Der nächtliche Fluglärm kann zu Veränderungen der Schlafstruktur führen. Bei normalem Schlafverhalten folgt auf eine Tiefschlafphase regelmäßig eine Traumphase (REM). In der Regel treten in der 1. Nachthälfte längere Tiefschlafphasen auf und die nachfolgenden REM - Phasen stellen sich als sehr kurz dar. Diese REM - Phasen werden jedoch im weiteren Verlauf der Nacht immer länger, während die Tiefschlafphasen immer kürzer werden. In der zweiten Nachthälfte treten Tiefschlafphasen nur selten auf, so dass die subjektive Reaktionsbereitschaft (Reagibilität) auf Geräusche in diesem Zeitraum etwas größer ist. Diese Reagibilität steigt mit zunehmenden Alter an.<sup>137</sup>

---

<sup>136</sup> Ortscheid und Wende (2000): 9.

<sup>137</sup> Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt (1982): Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm. ZfL 29: 13-16.

Das Gutachten M 8 geht vom Aufwachen als Kriterium für lärmbedingte Schlafstörungen aus. Danach führt das lärmbedingte Aufwachen in Verbindung mit einem verzögerten Wiedereinschlafen zu einer Gesundheitsbeeinträchtigung, weil es durch die Verkürzung der Gesamtschlafzeit eines Menschen zu einer mangelnden Entmüdung des Organismus kommt. Als Kriterium für die gesundheitliche Beeinträchtigung wird als Indikator die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen Aufwachen und dem einwirkenden Schallpegel herangezogen. Der Nullpunkt dieser Dosis-Wirkung-Beziehung liegt bei einem Maximalpegelwert  $L_{\max}$  von 60 dB(A). Der Wert ist statistisch ermittelt, die Standardabweichung beträgt 7 dB(A), so dass individuelles Aufwachen bei Werten zwischen 53 und 67 dB(A) auftreten kann. Bedeutung für die Lärmwirkung hat jedoch nur das erinnerbare Aufwachen. Während des zyklischen Schlafablaufes wacht jeder Mensch kurz auf und dies auch ohne Lärm. Dieses Aufwachen ist jedoch nicht in jedem Fall erinnerlich. Im Gutachten M 8 wird deshalb eine Belastung von 6 Ereignissen mit Maximalpegeln  $L_{\max}$  von 60 dB(A) am Ohr des Schlafers als Kriterium dargestellt, bei dessen Einhaltung eine Gesundheitsbeeinträchtigung nicht zu erwarten ist. Häufige Nachtflugereignisse unterhalb dieser Schwelle sollten nach Auffassung der Träger des Vorhabens durch einen Dauerschallpegel  $L_{\text{eq}(3)}$  von 55 dB(A) außen begrenzt werden. Weitere Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Nachtfluglärm wie z. B. Belastungen durch signifikant erhöhte Stresshormonausschüttungen treten nach Aussagen des Gutachters nicht auf.

Die Einwendungen konzentrieren sich im Wesentlichen auf die Folgen der Schlafstörungen, die Parameter zur Beurteilung einer Gesundheitsbeeinträchtigung, die Notwendigkeit der Festlegung unterschiedlicher Begrenzungswerte im Verlaufe der Nacht, sie kritisieren die in den Gutachten M 8 und M 9 angewandten Grenzwerte für die nächtliche Fluglärmbelastung, die Berechnung des Innenraumpegels und das damit zusammenhängende Schall-Dämmmaß.

Aufgrund von Schlafmangel werden durch die Einwender von Leistungsminderungen über chronische körperliche Erkrankungen wie Herzleiden, Schlaganfall, und Krebs bis hin zu psychischen Erkrankungen befürchtet. Wer chronisch übermüdet sei, hätte ein viermal höheres Risiko depressiv zu werden. Bei Menschen, die regelmäßig weniger als 6 Stunden schlafen, erhöhe sich das Sterblichkeitsrisiko um 30 %.

Einwendungen und Stellungnahmen führen aus, die Annahme des lärmmedizinischen Gutachters Janzen, bei Einhaltung des Kriteriums  $6 \times 60$  dB(A) Maximalpegel am Ohr des Schlafers sei eine Gesundheitsbeeinträchtigung nicht zu erwarten, entspreche nicht dem letzten Stand der Lärmwirkungsforschung. Sie könne folglich keine tragfähige Grundlage für eine Planfeststellung sein. Der Gutachter würde mit dieser Annahme bestreiten, dass es Gesundheitsbeeinträchtigungen unterhalb der Aufwachschwelle gibt, er negiere also die von anderen Wissenschaftlern seit längerem festgestellten lärmbedingten Schlafstörungen als Beeinträchtigung des körperlichen Wohlbefindens. Der Einzelschallpegel von 60 dB(A) würde zu hoch angesetzt, da er nur auf die Aufwachschwelle abstellt. Er stehe damit u. a. in Widerspruch zu anderen Ausbauprojekten, z. B. am Flughafen Hahn, wo mit Einzelschallpegeln am Ohr des Schlafers von 55 dB(A), teilweise sogar 52 dB(A), gearbeitet wurde. Die genannte Aufwachschwelle von 60 dB(A) müsse ferner relativiert werden, da erst bei 20 dB(A) über dem Grundgeräusch eine Aufwachreaktion erfolgt. In der Zeit von 1 bis 6 Uhr solle ein Maximalpegel von 40 dB(A) bei Kurzzeitmittelungspegeln von 30 dB(A) - innen am Ohr des Schlafenden betrachtet - nicht überschritten werden. In der Zeit von 22 bis 1 Uhr seien Maximalpegel von maximal 55 dB(A) - unabhängig von der Anzahl derartiger Überflugereignisse - zulässig bei einem auf die 8 Stunden der Nacht bezogenen "Mittelungspegel" von 32 dB(A) - wenn davon ausgegangen werden könne, dass in dem darauffolgenden Zeitraum von 1 bis 6 Uhr ein absolutes Nachtflugverbot eingehalten würde.

Momentanpegel von mehr als 60 dB(A) am Ohr würden bereits zu abnormalen körperlichen Reaktionen bei der Atmung, beim Herzrhythmus, bei den Gehirnströmen (Elektroenzephalogramm, EEG), bei der

Schweißbildung sowie beim Hormonspiegel führen und es ergäbe sich eine rasch zunehmende Aufwachhäufigkeit. Die Festlegung  $6 \times 75$  dB(A) als "zulässige Maximalpegelbelastung nachts" außen sei nicht sachgerecht, da sie ohne Berücksichtigung des Übergangsbereichs eine diskrete Aufweckschwelle festlege, sie Spitzenpegel nicht begrenze, die Dämmwirkung von gekippten Fenstern überschätze, die individuelle und zeitliche Streuung der Aufweckschwelle nicht berücksichtige. Der Nacht-Lärmschutzbereich sei aus den höchstzulässigen Innenraumpegeln für Schlafräume unter Annahme einer Dämmwirkung für ein gekipptes Fenster von 15 dB(A) hergeleitet. Die ungestörte Nachtruhe sei wegen ihres unmittelbaren Einflusses auf die Gesundheit ein Schutzgut mit außerordentlich hohem Stellenwert. Während einer Außenlärmbelastung durch Aufenthalt in Räumen ausgewichen werden könne, sei dies in einem unzureichend geschützten Raum nicht möglich. Nach allgemeinem Erkenntnisstand würden Schlafstörungen bei einem Dauerschallpegel für die Nachtzeit (22.00-06.00 Uhr)  $L_{eq(3)}$  von 32 dB(A) bzw. bei einer Häufigkeit von 6 Einzelereignissen des Maximalpegels  $L_{max}$  von 52 dB(A) beginnen. Es wird von Einwendern darauf hingewiesen, dass bezüglich der menschlichen Gesundheit nicht von Gefahrenabwehr, sondern von der Anwendung des Vorsorgeprinzips ausgegangen werden müsse. Vorbeugender Gesundheitsschutz bedeute ein Bündel von Maßnahmen mit dem Ziel, Gesundheitsgefahren gar nicht erst eintreten zu lassen. Nach Auffassung anderer Lärmwirkungsforscher sei die Aufwachschwelle zu hoch angesetzt. Die Schlafforscherin Griefahn habe die Aufwachgrenze bei Maximalpegeln von 55 dB(A) ermittelt. Danach seien bereits bei einer Überschreitung von  $2 \times 60$  dB(A) bzw.  $6 \times 55$  dB(A) im Innenraum Schallschutzmaßnahmen zu ergreifen. Andere Lärmwirkungsforscher gingen davon aus, dass schon ein einzelnes Überflugeignis von 42 dB(A) zu vegetativen Reaktionen im Schlaf führe. Das Schutzkriterium solle sich an Maximalpegeln um 48 dB(A) im Innenraum orientieren. In der Forschung lägen die festgestellten Schwellen für verkehrslärmbedingte Schlafbeeinträchtigungen mehrheitlich bei einem äquivalenten Dauerschallpegel im Schlafräum zwischen 45 und 55 dB(A) am Ohr des Schläfers, während die Effektschwellen für Sofortreaktionen, vor allem Aufwachreaktionen, den Studien zufolge bei 60 dB(A) lägen. Ein ungestörter Schlaf bewirke Gesundheit, Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit, Optimismus, Erfolge. Sobald ein Ungleichgewicht in diesem System auftrete, könnten gesundheitliche Beeinträchtigungen auftreten. Wiederholte oder andauernde Schallreize im Schlaf würden eine Aktivierung des Nervensystems bewirken und zu einer Verkürzung der Tiefschlafzeiten verbunden mit einer Störung der Schlafperiodik führen. Weiterhin sei durch Studien zu lärmbedingten Aufwachreaktionen, Schlafstörungen und Cortisolfreisetzungen belegt, dass ein nächtlicher Maximalpegel von 52 - 53 dB(A) als Beginn für vegetative Beeinträchtigungen anzusehen sei.

Es wird ferner die Berücksichtigung verschiedener Regelwerke gefordert. Die Festsetzung des Innenraumpegels bei einem Wert  $L_{eq(3)}$  von 30 dB(A), ab dem ein ungestörter Schlaf gesichert sei, leite sich ab aus der DIN 4109, in der für Schlafräume  $L_{eq(3)} < 25$  dB(A) und aus der VDI 2719, in der für Schlafräume in allgemeinen Wohngebieten ein  $L_{eq(3)}$  von 25 - 30 dB(A) genannt ist.

Die Planfeststellungsbehörde merkt hierzu an: Die Richtlinien DIN 4109 und VDI 2719 dienen dazu, die Schalldämmung von Bauwerken zu planen. Der Zweck liegt nicht darin, aus den dort empfohlenen Werten für Innenräume Grenzwerte für zulässige Außenbelastungen abzuleiten.

Ein wesentliches Problem – wie auch die Einwendungen und Stellungnahmen zeigen – ist die Verwendung der Art und Interpretation von Wirkungs- oder Effektparametern durch Schalleinwirkungen im Zusammenhang mit dem Schlaf.

Diese unterschiedlichen Effektparameter von Schalleinwirkung auf den Schlaf kann man einteilen in

- Reaktionen im Schlaf: Änderung der Schlafstadien und der Tiefe der Stadien, Körperbewegungen, vegetative und hormonelle Veränderungen;

- Schlafablaufstörungen: Einschlaf- und Durchschlafstörungen, Verminderung des Gesamtschlafes, nichterinnerbares Aufwachen, erinnerbares Aufwachen;
- subjektive Wirkungen: Bewertung der Schlafqualität, Belästigungen, Folgen eines gestörten Schlafes für das Befinden, die Leistung und das Verhalten.

So vielfältig die Parameter in der Schlafwirkungsforschung sind, so unterschiedlich sind auch die Ergebnisse. Im Auftrag des Umweltbundesamtes wurden 35 Studien zu nächtlichen Lärmwirkungen untersucht.<sup>138</sup> Auf diese Literaturstudie wurde auch bei den Einwendungen und Stellungnahmen Bezug genommen. Die Hauptergebnisse dieser Studien zur Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm sind in Kurzfassung in der nachstehenden Tabelle dargestellt.<sup>139</sup> Es werden Schlafveränderungen anhand unterschiedlicher Indikatoren dargestellt, insbesondere ob und in welchem Ausmaß überhaupt Veränderungen festgestellt wurden. Den Studien lagen unterschiedliche Untersuchungsbedingungen zugrunde.

Indikator der Schlafveränderung	Anzahl Studien	gleichgerichtete Veränderung [%]	Anteil signifikante Veränderung [%]
subjektive Schlafqualität	25	84 *	64
Dauer der Wachphase	14	93 *	64
Leistungstests	10	80 *	50
Dauer des REM – Schlafes	18	78 *	50
Körperbewegungen	16	50 *	50 (Erhöhung) 20 (Verringerung)
Dauer des Tiefschlafes	21	52 *	33
Schlafstadienlatenz	22	50 *	32
Aufwachreaktion	13	77 *	23
Dauer des Leichtschlafes	14	69 *	21
Gesamtschlafzeit	13	69	15

\* unterschiedliche Parameter angewandt

Der Anteil tatsächlich signifikanter Veränderungen des Schlafs bei Lärmeinwirkungen ist in diesen Publikationen gering. Hinzu kommt, dass teilweise wenige Nächte untersucht worden sind, eine Reihe dieser Arbeiten reine Laboruntersuchungen umfassen, die akustischen Rahmenbedingungen und die Parameter unterschiedlich waren. Der Zeitpunkt der Lärmeinwirkung in der Nacht, der einen unterschiedlichen Einfluss auf die Wirkung hat, wurde nur in wenigen Beiträgen berücksichtigt. Individuelle Eigenschaften spielen eine untergeordnete Rolle, teilweise wurden nur Lärmsensible ausgewählt.

In vielen Fällen sind signifikante Veränderungen von Arousal-Reaktionen (d. h. kurze EEG- und EMG-Aktivierungen), als Schlafstörungen, angegeben. Solche Reaktionen können im normalen Schlaf etwa 20 mal pro Stunde und bis zu 500 - 700 mal pro Nacht auftreten. Arousals, die länger als 15 Sekunden dauern, können zu Aufwachreaktionen führen. Diese Wachphasen sind auch im ungestörten Schlaf ohne Fluglärm relativ häufig, im Rahmen der DLR-Studie „Leiser Flugverkehr“ fand man eine durchschnittliche Anzahl von  $24,4 \pm 9,3$  Aufwachreaktionen pro Nacht und Person, die aber meist am Mor-

<sup>138</sup> Maschke, C., Ising, H., Hecht, K. (1997): Schlaf – nächtlicher Verkehrslärm – Streß – Gesundheit. Teile I und II. Bundesgesundheitsblatt 1,3.

<sup>139</sup> Scheuch, K. (2004): Special Assessment of aircraft noise effects during night by the Council of Experts for Environmental Questions of FRG. Noise and Health, im Druck.

gen nicht erinnerbar sind.<sup>140</sup> Erinnerungsbare wache Phasen müssen mindestens 3 bis 4 Minuten dauern. Entscheidend ist, ab wann eine gesundheitliche Gefährdung beginnt.

Trotz dieser Schwierigkeiten werden aus der oben genannten Literaturübersicht von 35 Studien, wobei nur 5 sich speziell mit Fluglärm sowie 2 mit Straßen- und Fluglärm beschäftigen, Effektschwellen für Schlafstörungen abgeleitet, die für den äquivalenten Dauerschallpegel bei 35 bis 45 dB(A) und für den Maximalpegel bei 45 bis 55 dB(A) liegen.

Einige deutsche Wissenschaftler vertreten die Auffassung, dass durch nächtlichen Verkehrslärm Cortisol (und teilweise Katecholamine) ansteigen würden und über die Wirkungen des Cortisols die Gefährdung der Gesundheit resultiere, was auch in den Einwendungen eine wichtige Rolle spielt. Die Aufwachreaktion im Labor oder Schlafzimmer lässt sich im Experiment unmittelbar dem einwirkenden Schall zuordnen. Der Verlauf der Cortisol-Konzentration über die Nacht kann jedoch verschiedene Ursachen haben, in die auch andere Wirkungsmechanismen eingehen. Es liegen hierzu sehr unterschiedliche Ergebnisse vor und es hat in den letzten Jahren auch ein erheblicher Wissenschaftsstreit zur Rolle des Cortisols bei der Festlegung von Begrenzungswerten für Verkehrslärm stattgefunden. Nach dem gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Forschung und praktischen Erkenntnisse ist zu schließen, dass der Parameter „Cortisol-Konzentration“ nicht zum entscheidenden Kriterium für die Festlegung einer Gesundheitsgefährdung durch Lärm herangezogen werden kann. Dieser Auffassung schlossen sich inzwischen auch die Wissenschaftler, die entsprechende Untersuchungen durchgeführt haben, für die nächtliche Lärmbelastung an: „Nach dem heutigen Stand des Wissens ist der Nachweis einer nächtlichen chronischen Stresssituation allein mit Hilfe von Stresshormonen als problematisch anzusehen. Die Aussagekraft des Indikators „veränderte Stresshormone“ für chronischen Lärmstress muss ohne Vereinheitlichung der Datenerhebung als eingeschränkt eingestuft werden.“<sup>141</sup>

Damit sind auch die von den Einwendern aufgeführten, auf der Grundlage von Cortisol-Untersuchungen beruhenden Grenz- und Orientierungswerte nicht haltbar. Auch in der DLR-Studie „Leiser Flugverkehr“ erbrachten die Untersuchungen im Feld, d. h. in den Wohnungen der Lärmbetroffenen, keinerlei Auswirkungen des Lärms, weder vom Pegel noch von der Häufigkeit auf Ausschüttungen der Stresshormone Cortisol, Adrenalin und Noradrenalin.<sup>142</sup>

In anderen Untersuchungen wurde auf der Grundlage von Cortisol-Untersuchungen ein Modell für zulässige Pegelhäufigkeiten in einer Nacht aufgestellt.<sup>143</sup> Trotz der vorher genannten Einschränkungen ist das Resultat Kombination von Häufigkeit und Pegeln in einer guten Übereinstimmung zu Modellen, die auf der Grundlage des Aufwachens erstellt worden sind. So sind nach diesem physiologischen Modell bei einem Maximalpegel  $L_{\max}$  von 60 dB(A) acht Überflüge, bei einem Pegel von 55 dB(A) elf Überflüge, bei einem Pegel von 50 dB(A) 14 Überflüge und bei einem Pegel von 40 dB(A) 23 Überflüge zulässig.

---

<sup>140</sup> Basner et al. (2001): Nachtfluglärmwirkungen – eine Teilauswertung von 64 Versuchspersonen in 832 Schlafabornächten. Forschungsbericht 2001-26. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., Köln.

<sup>141</sup> Maschke, C., Hecht, K. (2003): Literaturrecherche über geeignete Parameter einer Längsschnittuntersuchung zum Einfluss von Fluglärm auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Bericht Nr. 54 083/1.Müller-BBM. Darmstadt: Druck Öko-Institut e.V..

<sup>142</sup> Basner, M., Buess, H., Elmenhorst, D., Gerlich, A., Luks, N., Maaß, H., Mawet, L., Müller, E.-W., Müller, U., Plath, G., Quehl, J., Samel, A., Schulze, M., Vejvoda, M., Wenzel, J. (2004): Nachtfluglärmwirkungen. Band 1. Zusammenfassung. Forschungsbericht 2004-07/D. Köln: DLR.

<sup>143</sup> Spreng, M. (2003): Lärminduzierte nächtliche Cortisolausschüttung und tolerable Überflüge. In: Bartels KH, Ising H (Hrsg) Nachtfluglärmproblematik. Berlin: Schriftenreihe Verein WaBoLu, Nr.111: 75-90.

Die Fluglärmsynopse leitet aus diesem Modell den präventiven Richtwert für eine noch tolerable nächtliche Fluglärmbelastung von 13 x 53 dB(A) ab, damit wird eine zusätzliche lärmbedingte Aufwachreaktion gerade noch vermieden und der Cortisol-Spiegel im Normbereich gehalten. Auch die DLR-Studie „Leiser Flugverkehr“ bestätigt das Modell indirekt. Sie findet für den Maximalpegelwert 50 dB(A) eine lärminduzierte zusätzliche Aufwachreaktion mit einer Wahrscheinlichkeit von 7,3 %. In einer Nacht werden also bei exakt 13 Lärmereignissen mit einem  $L_{\max}$  von 50 dB(A) im Rauminnern im Mittel weniger als eine (genau 0,95) zusätzliche Aufwachreaktionen durch den Fluglärm hervorgerufen.

Es wird von Wissenschaftlern auch vertreten, dass die Cortisol-Konzentration der ersten Nachthälfte zum Nachweis schallbedingter Wirkungen besonders geeignet sei, da dies die Erholungsfunktion des Schlafes beeinträchtigen und langfristig eine Gesundheitsgefahr darstellen könne. Dabei wird auf bestimmte Untersuchungen verwiesen, die insbesondere den Nachweis der Wirkungen von Tagbelastungen auf diesen Cortisol-Spiegel im ersten Teil der Nacht verdeutlichten. Die Autoren dieser Studie haben jedoch explizit in ihrer Veröffentlichung darauf hingewiesen, dass daraus nach der bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnis nicht auf die Anwendbarkeit für die nächtliche Lärmeinwirkung zu schließen ist<sup>144</sup>.

Begrenzungswerte für den Verkehrslärm in der Nacht beruhen ausschließlich auf experimentellen Kurzzeituntersuchungen über höchstens mehrere Wochen im Labor oder im Wohnbereich. Aufgrund der unmittelbaren Reaktionen auf den Schall in einer Nacht und den Verlauf dieser Reaktionen über den Untersuchungszeitraum werden Schlussfolgerungen abgeleitet. Auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungen gibt es bisher keinerlei Möglichkeiten, Langzeiteffekte eines gestörten Schlafes in die Beurteilung der schallbedingten Nachtlärmstörungen einzubeziehen. Schutzziele müssen daher möglichst präventiv ausgelegt werden.

Die ungünstige und negative Wirkung von Schlafmangel und von Schlafstörungen ist hinreichend bekannt. Langzeituntersuchungen haben auch gezeigt, dass der menschliche Organismus in Abhängigkeit von der Schallpegelhöhe in der Lage ist, Schlafdefizite zu kompensieren bzw. nach etwa 2 bis 3 Wochen Einwirkzeit Gewöhnungstendenzen zu entwickeln. Eine regelmäßige Schlafzeitverkürzung ist jedoch nicht zu befürchten, wenn die lärmmedizinisch definierten Aufwachkriterien Beachtung finden.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik hat am 16.03.2004 in Köln die Abschlusspräsentation des Projektes „Leiser Flugverkehr“ durchgeführt<sup>145</sup>. Seit dem 5. Juli 2004 liegt der zusammenfassende Projekt-Abschlussbericht vor. Im Mai 2004 wurde die Zusammenfassung des Forschungsberichtes 2004-07/D der DLR zu dieser Untersuchung<sup>146</sup> zur Verfügung gestellt. Das Hauptarbeitspaket „Fluglärmwirkungen“ hatte zum Ziel, die Wirkungen von Nachtfluglärm auf den Schlaf des Menschen an einem großen Versuchspersonenkollektiv zu untersuchen und wissenschaftlich fundierte Nachtfluglärmkriterien für eine Bewertung dieser Wirkungen zu entwickeln.

Aus den Informationen ist zu entnehmen, dass in den Laboruntersuchungen bei einer Gesamtschlafzeit von 7 Stunden und 24,5 Minuten in den Nächten mit Fluglärm der Schlaf lediglich um 1,8 Minuten kür-

---

<sup>144</sup> Born, J., Fehm, H.L. (2003): The Neuroendocrine Recovery Function of Sleep. *Noise & Health* 7: 25-37.

<sup>145</sup> Samel, A., Basner, M., Maaß, H., Müller, U., Quehl, J. (2004): Hauptarbeitspaket „Fluglärmwirkungen“. Abschlusspräsentation Projekt „Leiser Flugverkehr“, 16. März 2004. Köln: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR).

<sup>146</sup> Basner et al. (2004)



zer war, der Tiefschlaf war um 4,1 Minuten nicht signifikant reduziert. Dabei wurde in den weniger lauten Lärnächten ein Anstieg der Tiefschlafanteile bis zu 7,7 Minuten festgestellt. Diese Zunahme trat bei Maximalpegeln  $L_{\max}$  von 55 dB(A) und geringen Häufigkeiten von 4 bis 16 Lärmereignissen pro Nacht auf. Erhöhte Tiefschlafanteile in wenig lärmbelasteten Nächten deuten darauf hin, dass eine Kompensation von Tiefschlafdefiziten aus vorausgegangenen Nächten möglich ist. Zweifelsohne spielen die erinnerbaren Aufwachreaktionen die entscheidende Rolle bei gesundheitlichen Beeinträchtigungen.

In dem lärmmedizinischen Gutachten M 8 wird von der besonderen Bedeutung von Aufwachreaktionen für die Festlegung von Begrenzungswerten (Dosis-Wirkung-Beziehung) ausgegangen. Diese Herangehensweise stützt der Gutachter auf eigene Untersuchungen und die anderer. Eine mögliche Gesundheits- und Leistungsbeeinträchtigung und damit auch Befindensstörungen durch schallbedingte Lärmeeinflüsse bewirken Aufwachreaktionen in Abhängigkeit von der Zahl der Lärmereignisse. In den Gutachten wurde im Wesentlichen von der Maximalpegelhäufigkeit als Kriterium ausgegangen. Die Maximalpegel haben nach Auffassung der Lärmmediziner insbesondere für das Aufwachen, aber auch für andere Effekte in der Nacht eine größere Bedeutung als andere Pegelwerte. Dies wird nunmehr auch durch die multidisziplinäre Studie der DLR gestützt, in der bei insgesamt 128 Probanden in je 13 aufeinander folgenden Nächten mit Maximalpegeln zwischen 50 und 80 dB(A) sowie äquivalenten Dauerschallpegeln zwischen 31,2 und 52,6 dB(A) keine wesentliche Abhängigkeit von den Dauerschallpegeln der nächtlichen Reaktionen, sondern von der Maximalpegelhäufigkeit beschrieben wurden.

In den Gutachten M 8 und M 9 wird davon ausgegangen, dass ein Maximalpegel von 60 dB(A) im Innenraum regelmäßig (durchschnittlich 6 Ereignisse pro Nacht) einzuhalten ist, um fluglärmbedingte Schlafstörungen zu vermeiden. Nach dem physiologischen Modell<sup>147</sup>, das aus Cortisol-Untersuchungen abgeleitet wurde, sind nicht 6 x 60 dB(A), sondern sogar 8 x 60 dB(A) im Innenraum zulässig. Ab Außenwerten von 6 Lärmereignissen mit einem Maximalpegel  $L_{\max}$  von 75 dB(A) ist dann, bei einer Schallpegeldifferenz außen und innen bei gekipptem Fenster von 15 dB(A), mit Gesundheitsbeeinträchtigungen durch lärmbedingtes Aufwachen zu rechnen. Aus präventiver Sicht soll nach Auffassung des Lärmmediziners als Eckwert für Lärminderungsmaßnahmen generell der Innenraum-Maximalpegel von 55 dB(A) am Tag und in der Nacht gelten.

Die Gutachten M 8 und M 9 gehen für die Nacht vom Schallpegel am Ohr des Schlafers aus. Dies ist grundsätzlich zu unterstützen. Die Kritik von Einwendungen beruht vor allem auf der angesetzten Schallpegeldifferenz außen und innen unter Berücksichtigung eines gekippten Fensters von 15 dB(A). Es wird angeführt, dass eine solche Differenz nur 6 bis 10 dB(A) betragen könne. Die Annahme, dass als Dämmwert bei gekipptem Fenster 15 dB(A) zu berücksichtigen ist, begründet sich auf der Aussage in der VDI 2719 Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, 1987, Punkt 10.2 Lüftung über Fensteröffnungen: „Da Fenster in Spaltlüftungsstellung nur ein bewertetes Schalldämm-Maß  $R_w$  von ca. 15 dB erreichen ...“.

Der angesetzte Dämmwert kann immer nur eine Durchschnitts- und Hilfsgröße darstellen, da die Dämmung von vielen Faktoren abhängt, so z. B. von der Schallcharakteristik, der Schalleinwirkung auf das Haus/Fenster, der Fenstergröße, der Spaltbreite, der Raumcharakteristik und -ausstattung, der Bauart des Fensters. Berechnungen zeigen Schallpegeldifferenzen von 12 bis 18 dB(A). In der kürzlich erfolgten Veröffentlichung der DLR-Studie „Leiser Flugverkehr“ wurden in jeweils 9 Nächten bei 64 Personen

---

<sup>147</sup> Spreng, M. (2002): Cortical excitation, cortisol excretion, and estimation of tolerable nightly over-flights. *Noise & Health* 4: 39-46

zu Hause eine mittlere Pegeldifferenz von 28 dB(A) bei geschlossenen, von 18 dB(A) bei gekippten und von 13,5 dB(A) bei vollständig geöffneten Fenstern zwischen Außenpegeln und Innenpegeln am Ohr des Schläfers gemessen<sup>148</sup>. Auch die Autoren der Fluglärmynopse, der SRU und das BMU gehen von einer Dämmwirkung bei gekipptem Fenster von 15 dB(A) aus. Im Rahmen des Mediationsverfahrens zum Ausbau des Flughafens Frankfurt wurde ebenfalls eine Differenz von 15 dB(A) angenommen, nicht, wie in manchen Einwendungen aufgeführt, von 10 dB(A). Die Planfeststellungsbehörde hält eine Schallpegeldifferenz zwischen außen und innen bei gekipptem Fenster von 15 dB(A) für sachgerecht (vgl. Abschnitt C.II.10.1.4.2 „Ermittlung der Fluglärmbelastung, Einwendungen“, ab Seite 593).

Auch in der Untersuchung der DLR ist die Aufwachwahrscheinlichkeit, d. h. der Wechsel in das Schlafstadium S1 oder Wachzustand, von der Kombination Häufigkeit und Maximalpegel abhängig. Die ersten mitgeteilten Ergebnisse des Projektes „Leiser Flugverkehr“ zeigen einen erheblichen Unterschied der Wirkungen von Lärm in den üblichen Wohnbereichen gegenüber Laboruntersuchungen, die bisher in der Lärmwirkungsforschung hauptsächlich für die Ableitung von Begrenzungswerten verwendet wurden. Insoweit werden frühere Untersuchungen bestätigt.<sup>149</sup> So zeigten sich im Labor Aufwachwahrscheinlichkeiten bei Maximalpegeln von 45 dB(A) und 80 dB(A) von 13,3 % bzw. 71,5 %, im Feld (im Schlafzimmer) bei Maximalpegeln von 27,1 dB(A) und 73,2 dB(A) dagegen Aufwachwahrscheinlichkeiten von 7,7 % bzw. 18,4 %. In der normalen Wohnumgebung verläuft die Beziehung von Aufwachwahrscheinlichkeit und auch anderen Wirkungen des Lärms zu den einwirkenden Schallpegeln erheblich flacher. Dies unterstreicht die erheblichen Gewöhnungsprozesse, die in gewohnten häuslichen Umgebungen ablaufen, weshalb auch der Nachweis von langfristigen Wirkungen schwierig ist. In dem DLR-Projekt „Leiser Flugverkehr“ wird von einem Hintergrundpegel mit 27,1 dB(A) ausgegangen, was dem in der Feldstudie gefundenen Median entspricht. Bei Maximalpegeln von 27,1 dB(A) wurde trotzdem eine Aufwachwahrscheinlichkeit von 7,7 % gefunden, die bei 40 dB(A) bei ungefähr 9 % liegt, bei 60 dB liegt diese etwa zwischen 13 % und 14 %. Bei Maximalpegeln oberhalb von rund 33 dB(A) am Ohr des Schläfers überschreitet die unter Fluglärm beobachtete Aufwachwahrscheinlichkeit die spontane Aufwachwahrscheinlichkeit ohne Fluglärmwirkung. Zur Vermeidung einer zusätzlichen, durch Fluglärm bedingten Aufwachreaktion wären im Labor noch 13 Überflüge mit einem  $L_{max}$  von 50 dB(A) oder auch 4 Ereignisse mit einem  $L_{max}$  bis zu 80 dB(A) zulässig. In den Felduntersuchungen liegen die Aufwachschwellenwerte, wie die Untersuchung der DLR zeigt, deutlich höher, 29 Überflüge mit einem  $L_{max}$  von 50 dB(A), 17 Überflüge mit 60 dB(A) oder 11 Überflüge mit 70 dB(A) führen zu genau einer fluglärmbedingten zusätzlichen Aufwachreaktion. Bei hohen Maximalpegeln (65 - 80 dB(A)) besteht die Gefahr, dass die Aufwachdauer nach einer spontanen Aufwachreaktion durch Fluglärmwirkungen verlängert wird, die Gefahr einer erinnerbaren Aufwachreaktionen und damit einer Schlafstörung steigt an. Das Wachbewusstsein setzt erst bei Aufwachreaktionen mit einer Dauer von mindestens vier Minuten ein. An diese Wachphasen erinnert sich dann der Betroffene am nächsten Tag und bestimmt seine Einschätzung zur Schlafqualität und -quantität. Schlaftiefenwechsel und Arousals (kurze EEG- und EMG-Aktivierungen) werden dagegen nicht erinnert. Ferner zeigt die Studie, dass Fluggeräusche in der zweiten Nachthälfte aufgrund der längeren spontanen Aufwachdauer mit einer etwas höheren Wahrscheinlichkeit im Wachzustand erlebt werden als in der ersten Nachthälfte. Das verminderte Schlafbedürfnis in den Morgenstunden führt zu niedrigen Weckschwellen und zu Einschlafstörungen, die durch Flugge-

---

<sup>148</sup> Basner et al. (2004)

<sup>149</sup> Pearsons, K.S., Barber D.S., Tabachnick B.G., Fidell, S. (1995): Predicting noise-induced sleep disturbance. *Journal of the Acoustical Society of America* 97(1): 331-338.

Hume, K., Whitehead, C. (2003): Sleep disturbance due to introduced aircraft noise. In: de Jong, R.G., Houtgast, T., Franssen, E.A.M., Hofman, W. (Editors): *Proceedings of the 8th International Congress on Noise as a Public Health Problem*: 199-200.

räusche verstärkt werden können. Schutzkriterien müssen deshalb das generelle Auftreten von Aufwachreaktionen insbesondere im Hinblick auf die zweite Nachthälfte regulieren und damit die Anzahl erinnerbarer Aufwachreaktionen beschränken. Einen möglichen Ansatz für eine solche Regelung bietet die Fluglärmsynopse, die für den präventiven Richtwert in der ersten Nachthälfte bis zu acht Lärmereignisse mit einem Maximalpegel  $L_{\max}$  von 56 dB(A) zulässt, in der zweiten Nachthälfte fünf Lärmereignisse mit einem Maximalpegel  $L_{\max}$  von 53 dB(A).

Werte in der Richtlinie der WHO<sup>150</sup> wie auch des Interdisziplinären Arbeitskreises für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt<sup>151</sup>, die auch in den Einwendungen angeführt wurden, mit Maximalpegeln von 40 dB(A) stellen keine Grenzwerte der Belastbarkeit dar, sie weisen eine äußerst präventive Zielvorstellung aus, die einen sicheren Bereich umschreibt, in dem auch andere Effekte in der Nacht kaum noch lärmbedingt auftreten.

So ist der in den lärmmedizinischen Gutachten verwendete Grenzwert von maximal 6 zulässigen Überflügen mit einem Maximalpegel von 60 dB(A) im Rauminnern unter dem Aspekt der Vermeidung möglicher Gesundheitsgefährdungen auch aufgrund anderer Untersuchungen nicht abzulehnen. Er zwingt bei Überschreitungen zum Handeln, da dann die Möglichkeit gesundheitlicher Beeinträchtigungen nicht abzuweisen ist und weitere negative Wirkungen wahrscheinlich sind. Infolgedessen definiert die Fluglärmsynopse hier den kritischen Toleranzwert.

Zahlreiche Arbeiten zur Lärmwirkungsforschung fordern die Begrenzung des maximalen Innenpegels auf 55 dB(A).<sup>152</sup> Von der Fluglärmsynopse wird ein Wert von 53 dB(A) als präventiver Richtwert gefordert, höhere Schwellenwerte nennen andere Studien.<sup>153</sup> Die laborexperimentellen ermittelten Schwellenwerte liegen somit zwischen 53 und 60 dB(A), die in Felduntersuchungen ermittelten Schwellenwerte fallen nach anderen Untersuchungen<sup>154</sup> sogar um 2 dB(A) höher aus. Unterhalb der Schwellen kommt es zu keinen störenden Einflüssen auf den Nachtschlaf.

---

<sup>150</sup> Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D.H. (1999): Guidelines for community noise. Geneva: World Health Organization.

<sup>151</sup> Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt (1982).

<sup>152</sup> Health Council of the Netherlands (HCN) (1991): Gezondheidsraad: Commissie Slaapver storing en vliegtuiglawaai en slaap. Vliegtuiglawaai en slaap. Den Haag: Gezondheidsraad, publikatie 1191/5.

Eberhardt, J.L. (1987): The influence on sleep of noise and vibrations caused by road traffic. Akademisk avhandling. Lund: bloms Boktryckerie AB.

Öhrström, E. (1999): Sleep disturbances caused by road traffic noise. J Acoust Soc Am 105: 1218.

Maschke im lärmmedizinischen Gutachten zum Planfeststellungsverfahren Vorfeld 2 Flughafen Hamburg, Band 23, Kapitel 16.

<sup>153</sup> Osada, Y., Ogawa, S., Ohkubo, C., Miyazaki, K. (1974): Experimental study on the sleep interference by train noise. Bull Inst Publ Health 23: 171-177.

Öhrström, E., Rylander, R. (1990): Sleep disturbance by road traffic noise - a laboratory study on number of noise events. J Sound Vib 143: 93-101.

Muzet, A., Ehrhart, J., Eschenlauer, R., Lienhard J.P. (1980): Modifications vegetatives entrainees par le bruit au cours du sommeil. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Comité Bruit et Vibration. Convention no 76.22.

<sup>154</sup> Fidell, S., Pearsons, K., Howe, R., Tabachnick, B., Silvati, L., Barber, D.S. (1994): Noise-induced sleep disturbance in residential settings. Armstrong Laboratory, Air Force Material Command, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio 45433-6573, AL/OE-TR-1994-0131.

Pearsons, K.S., Barber D.S., Tabachnick B.G., Fidell, S. (1995): Predicting noise-induced sleep disturbance. J Acoust Soc Am 97: 331-338.

Vernet, M. (1983): Comparison between train noise and road noise annoyance during sleep. J Sound Vib 87:331-335.

Ferner sind Überschreitungen des Innenpegels begrenzt zulässig, ohne dass es zu einem fluglärmbedingten Aufwachen kommt. Dafür können die oben aufgeführten Werte in Abhängigkeit von den Maximalpegeln des physiologischen Modells oder die der DLR herangezogen werden. Das lärmmedizinische Gutachten M 8 geht von 6 zulässigen Ereignissen aus.

Nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde ist die Aufwachreaktion als Kriterium für die Beurteilung möglicher Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Schlafstörungen geeignet (Dosis-Wirkung-Beziehung). Erste Reaktionen sind ab einem Maximalpegel von 40 dB(A) am Ohr des Schläfers zu beobachten. Wegen der neueren Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung, wird abweichend vom Gutachten M 8 unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse die einfach-rechtliche Zumutbarkeitsgrenze, ab der mögliche Schlafstörungen nicht mehr auszuschließen sind, bei einem Maximalpegel  $L_{\max}$  von 55 dB(A) am Ohr des Schläfers festgelegt. Dieser Wert soll im Innenraum regelmäßig (durchschnittlich nicht mehr als 6 Ereignisse pro Nacht mit 55 dB(A) im Rauminnern) eingehalten werden. Das entspricht unter Berücksichtigung der oben angeführten Schallpegeldifferenz außen und innen einem Außenlärm von 6 Lärmereignissen mit einem Maximalpegel  $L_{\max}$  von 70 dB(A). Bei Überschreitung dieses Wertes sind Schallschutzmaßnahmen durchzuführen. Damit ist auch der präventive Richtwert der Fluglärmsynopse für die Gesamtnacht mit abgedeckt (13 mal 53 dB(A) innen), der höhere Belastungen zulässt. Ausschlaggebend für die Festlegung einer möglichst geringen Zahl von Flugereignissen zur Nachtzeit mit niedrigen Maximalpegeln deutlich unter 60 dB(A) im Rauminnern sind die Erkenntnisse der DLR-Studie „Leiser Flugverkehr“, die zur Vermeidung erinnerbarer Aufwachreaktionen die zahlenmäßige Begrenzung lauter Lärmereignisse zur Nachtzeit fordert. Ziel war es, weniger als zwei zusätzliche, durch Fluglärm hervorgerufene Aufwachreaktion zuzulassen. Eine Gesundheitsgefährdung kann - so auch die Fluglärmsynopse - bei Werten, die über einem Maximalpegel von 60 dB(A) im Rauminnern liegen und der durchschnittlich sechsmal in der Nacht auftritt, nicht mehr ausgeschlossen werden, diese Belastungen sind zu vermeiden.

Zur Berücksichtigung der Tatsache, dass nach den Ergebnissen der Fluglärmsynopse und der DLR-Studie in der zweiten Nachthälfte Aufwachreaktionen eher auftreten können, ist grundsätzlich eine Zweiteilung der Nacht derart zu prüfen, dass in der zweiten Nachthälfte nicht oder deutlich weniger mit geringeren Maximalpegeln geflogen wird.

Maximalpegelhäufigkeiten und die damit verbundenen Schlafstörungen durch Aufwachreaktionen sind die entscheidenden Kriterien für die Wirkungen des Fluglärms in der Nacht. Der energieäquivalente Dauerschallpegel spielt eine geringere Rolle. Er ist jedoch bedeutungsvoll für das Wiedereinschlafen nach dem Aufwachen, insbesondere in den frühen Morgenstunden bzw. im letzten Schlafdrittel.<sup>155</sup> Es ist anerkannt, dass zu Beginn der Nacht das Schlafbedürfnis am größten und spontane Wachphasen sowie Aufwachreaktionen durch externe Reize seltener sind als gegen Ende der Nacht.<sup>156</sup> Der Dauerschallpegel wird deshalb als zusätzliches Kriterium zur Begrenzung von Störungen herangezogen. In der Literatur angegebene Begrenzungswerte mit Hilfe des Dauerschallpegels variieren erheblich und liegen auch überwiegend für den Straßenverkehr vor. Die Angaben bewegen sich meist zwischen 32 und 45 dB(A) in Innenräumen. Der Wert, ab dem Reaktionen erwartet werden können, liegt bei einem  $L_{\text{eq}(3,\text{Nacht})}$  von 30 dB(A) innen. Ein Dauerschallpegel  $L_{\text{eq}(3,\text{Nacht})}$  von 40 dB(A) im Rauminnern ist nach der Fluglärmsynopse unter dem Gesichtspunkt eines kritischen Toleranzwertes handlungszwingend, ein  $L_{\text{eq}(3,\text{Nacht})}$  von 35 dB(A) ist unter präventiven Gesichtspunkten grundsätzlich in den Bereichen mit entsprechend hohen Schallpegelhäufigkeiten vorzusehen. Um die Störungen des Nachtschlafs zusätzlich

---

<sup>155</sup> Basner (2001)

<sup>156</sup> Griefahn (1988): Schlafverhalten und Straßenverkehrslärm. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 5: 119-120,

zu begrenzen, legt die Planfeststellungsbehörde daher für die Nacht einen Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Nacht)}$  von 35 dB(A) im Rauminnern als Grenze fest. Unter Berücksichtigung einer Pegeldifferenz außen und innen von 15 dB(A) ergibt sich ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Nacht)}$  von 50 dB(A) außen als Auslöser für notwendige Schallschutzmaßnahmen, die durchschnittlich und langfristig wirkende Belastungen begrenzen sollen. Das Dauerschallpegelkriterium ergänzt das oben dargestellte Pegel-Häufigkeits-Kriterium 6 mal 70 dB(A) außen und sorgt für eine zusätzliche zahlenmäßige und lärmwirkungsorientierte Begrenzung der Lärmereignisse zu Nachtzeit unterhalb des Pegel-Häufigkeits-Kriteriums. Erste Untersuchungen der DLR zeigen, dass innerhalb einer Lärmkontur mit einem Dauerschallpegel von 50 dB(A) weniger als zwei zusätzliche Aufwachreaktionen auftreten.

#### 10.1.2.2.3 Mögliche pathophysiologische und pathologische Reaktionen

Zweifelsohne ist Lärm wie auch andere Belastungen, die auf den Menschen einwirken, ein unspezifischer Stressor, der bestimmte Anpassungsmechanismen auslöst. Da diese ebenfalls unspezifische Merkmale haben, können vielfältige Wirkungen auftreten. Als krankheitsauslösende Mechanismen werden häufig Stressvorgänge genannt. Die im Rahmen eines Stressgeschehens ausgelösten vegetativen, hormonellen Stoffwechsel-, immunologischen, motorischen Veränderungen sind Ausdruck der Aktivitäten des Lebewesens, mit seinen Umwelanforderungen fertig zu werden. Sie dienen daher der Mobilisation und der Vorbereitung des zielgerichteten Handelns. Sie sind zunächst einmal Ausdruck eines gesunden Lebens. Bei Überbeanspruchung, Unabgestimmtheit, mangelnden Gegenregulationsmöglichkeiten des Individuums können sie unter bestimmten Voraussetzungen auch krank machende Bedeutung erlangen. Die durchaus unterschiedlich beantwortete Frage in der Lärmwirkungsforschung ist, ob Schall eine solche krank machende Veränderung dieser Prozesse erzeugen kann. Voraussetzung für die Bejahung einer Kausalität zwischen Lärm und Krankheit ist deshalb auch der Nachweis der entsprechenden pathophysiologischen Mechanismen.

Einer der in Verdacht stehenden Mechanismen bedient sich der sogenannten Stresshormone Cortisol und Katecholamine (Adrenalin und Noradrenalin) mit ihren vielfältigen Wirkungen im Organismus als Indikator. Häufig werden auch Stoffwechseleränderungen, die mit Hormonen und dem Vegetativum zusammenhängen können, als solche pathophysiologischen Mechanismen insbesondere für Herz-Kreislauf-Erkrankungen benannt. Deshalb ist auch hier wieder die Frage, ob Lärm solche pathophysiologischen Mechanismen kausal auslösen kann, die auch längerfristig bestehen bleiben und schließlich zu einer definierten Krankheit führen.

#### 1) Bluthochdruck, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und andere Erkrankungen

Eine Vielzahl von Einwendern befürchtet die konkrete Gesundheitsgefährdung und die Entstehung von Krankheiten für Lärmbetroffene im Umfeld von Flughäfen. Die Einwendungen beziehen sich insbesondere auf

- die Verursachung oder/und Verschlimmerung verschiedenster Erkrankungen, wobei im Vordergrund die Herz-Kreislauf-Erkrankungen stehen,
- die im Verfahren durch die Gutachten M 8 und M 9 empfohlenen Begrenzungswerte, dabei speziell auf das sogenannten Jansen-Kriterium 19 x 99 dB(A), das auch bei anderen Einwendungsinhalten angegriffen wird,
- den Infraschall und seine Wirkungen,

- die Kombination mit Schadstoffen und anderen Einwirkungen aus dem Flughafenbetrieb.

Einwendungen und Stellungnahmen führen an, das Infarktisiko im Herz-Kreislauf-System steige ab einem Dauerschallpegel von 65 - 70 dB(A) an, insbesondere bei älteren Menschen und Bluthochdruck-Patienten. Ähnliche Einwendungen werden auch von anderen Einwendern mit noch niedrigeren Schallpegeln gemacht. Infolge lärmbedingter Störungen vor allem durch Fluglärm komme es zu einem erhöhten Risiko bei Patienten mit Herzfehlern, mit Herzerkrankungen, arterieller Hypertonie, Angina pectoris und zu einer Verschlimmerung von Herzrhythmusstörungen. Befürchtet wird ferner eine mögliche Gefährdung und systematische Schädigung infolge energiereichen Infraschalls (1 Hz und darunter; Interferenzfrequenz bei Flugzeugmotoren) durch Beeinträchtigung des Herz-Kreislauf-Systems (Beklemmung, Atemnot und Herzschmerzen).

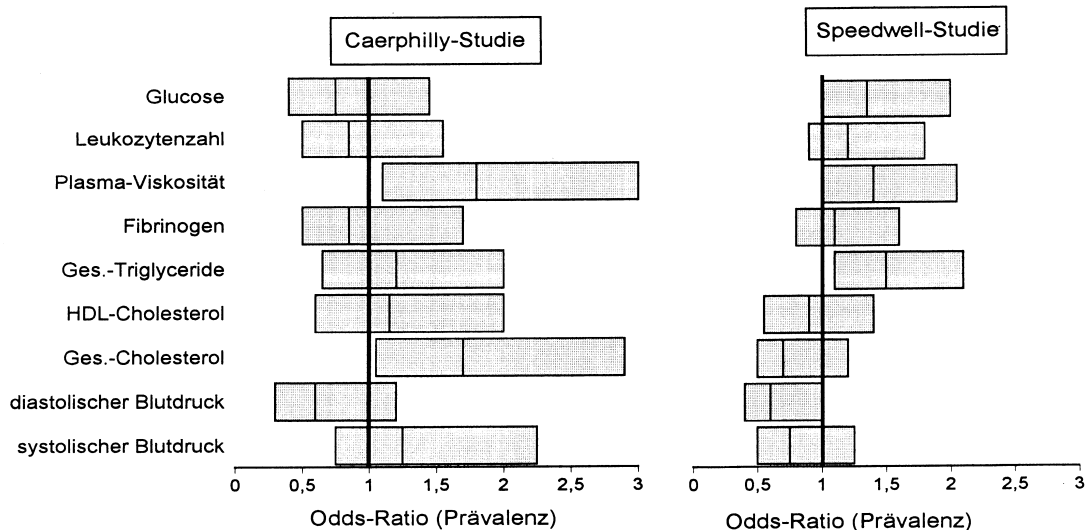
Für verschiedene Krankheiten, vor allem mit allergischen, psychischen/neurologischen und psychosomatischen Krankheitsbildern und Geschwulstkrankheiten, werden nachteilige Auswirkungen des Vorhabens (Lärm, Schadstoffe, Angstreaktionen, Einschränkung der Raumlüftung) auf den bestehenden Krankheitszustand und es werden Neuerkrankungen befürchtet, z. B. Allergien: Pollenallergie, Kreuzallergien, Hausstauballergie, Milchzuckerallergie, allergische Konjunktivitis, Asthma, Heuschnupfen (*Rhinitis allergica*) und andere allergische Krankheitsbilder. Ferner komme es zu Angstzuständen bei Überflügen aufgrund traumatischer Erlebnisse (z. B. im Zusammenhang mit Kriegserlebnissen), chronischen somatoformen Störungen mit Unruhezuständen, Depressionen, Klaustrophobie bei geschlossenen Fenstern und Raumlüftern, Fluchträume, erhöhter Suizidgefahr.

Der im lärmmedizinischen Gutachten M 8 genannte "Grenzwert für (vegetative) Übersteuerung  $19 \times L_{\max} = 99 \text{ dB(A)}$ " sei in der Lärmwirkungsforschung seit Jahrzehnten heftig umstritten und seine wissenschaftlich exakte Ermittlung werde von verschiedenen Spezialisten des Fachgebietes angezweifelt. Neuauswertungen des zugrundeliegenden Datenmaterials würden zu niedrigeren Übersteuerungskriterien führen. Die Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung hätten Gerichte zu der Entscheidung bewogen, die enteignungsrechtliche Zumutbarkeitsschwelle bereits bei 17maliger Überschreitung von Spitzenpegeln von mehr als 90 dB(A) am Tage anzusetzen. In den Einwendungen wurden auch Kombinationswirkungen als belastend angeführt, z. B. von Lärm und Schadstoffen.

Die Planfeststellungsbehörde ist zu folgenden Erkenntnissen gelangt. Die akuten, unmittelbaren Einwirkungen unter Lärmbelastungen gehen meist in die gleiche Richtung wie ein atherogenes, gefäßwandveränderndes Risiko. Es kann zu Veränderungen der Viskosität des Blutes, der Zusammenballungsfähigkeit der Thrombozyten, zur Erhöhung von Cholesterolemie und anderen Fettstoffwechselparametern, zur Erhöhung des Fibrinogens und der Glukose im Blut, auch zu Elektrolytveränderungen u. a. kommen. All diese Veränderungen werden auch durch andere, aktivitätserhöhende Einflussfaktoren ausgelöst. Solche Stoffwechselveränderungen werden als Risikofaktoren, oder besser als Risikoindikatoren für Herz-Kreislaufkrankungen bezeichnet, da sie ein Risiko anzeigen, aber offen lassen, wodurch dieses erzeugt wird.

Ihre Bedeutung für langfristige Veränderungen unter anhaltendem, ständig wiederkehrendem Lärm mittlerer Pegel ist jedoch weitgehend unklar. So ist es nicht verwunderlich, dass eindeutige, statistisch signifikante, wiederholbare Wirkungen von Lärm auf diese Parameter bei Langzeitexponierten

kaum nachzuweisen sind. Die Speedwell- und Caerphilly-Studien<sup>157</sup> sind standardisierte Lärmwirkungsstudien in vergleichbaren Gegenden (vgl. Abbildung unten) und dienen dafür als Beispiel. Es wurden klinisch-chemische und vegetative Veränderungen in Abhängigkeit von der Lärmbelastung ( $L_{eq}$  von 51 bis 55 dB(A) im Vergleich zu 66 bis 70 dB(A)) in den Wohngebieten untersucht. Es zeigten sich hinsichtlich aller Parameter bis auf die Plasma-Viskosität keine signifikant einheitlichen Veränderungen, obwohl die Methodik weitgehend identisch war. Die Odds Ratios, Maß für das Risiko, für Glucose, Leukozytenzahl, Fibrinogen, HDL-Cholesterol, Gesamt-Cholesterol, systolischer Blutdruck weisen in beiden Studien sogar entgegengesetzte Tendenzen auf.



Beim Umweltlärm besteht wie in anderen Bereichen mit geringen Belastungsdosen zunehmend das Problem, dass die Ansprüche an das Verständnis komplexer physiologischer und pathophysiologischer Prozesse ebenso steigen wie die Rolle des Individuums und des Individuellen. Für den Einzelnen lassen sich Wirkungen nicht prognostisch vorhersagen. Deshalb ist es von grundlegender Bedeutung für die Lärmwirkungsforschung,

- keine isolierte Lärmwirkungsbewertung vorzunehmen, ohne diese in die gesamte Belastungsforschung und deren Ergebnisse einzuordnen,
- keine isolierte Parameterdiskussion als Risiko zu führen, sondern sie einzuordnen in das gesamte Wirkungsgefüge einer Anpassung oder Fehlanpassung.

Zweifelsohne kann Lärm zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen, auch wenn die Mechanismen nicht bekannt sind bzw. nur vermutet werden. Zum Problem der weitgehend fehlenden statistischen Signifikanz empirischer Ergebnisse zu den Beziehungen zwischen Lärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen stellt der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) in seinem Sondergutachten zu Umwelt und Gesundheit fest: „Den dargestellten Studien mangelt es wegen zu geringer Fallzahlen in den Gruppen mit hoher Lärmexposition an ausreichender Teststärke; die Ergebnisse sind statistisch nicht signifikant. ... Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann daher nicht ab-

<sup>157</sup> Babisch, W., Ising, H., Elwood, P.C., Sharp, D.S., Bainton, D. (1993): Traffic noise and cardiovascular risk: the Caerphilly and Speedwell studies, second phase. Risk estimation, prevalence, and incidence of ischemic heart disease. Archives of Environmental Health. 48:406-413.

schließlich dazu Stellung genommen werden, ob Umweltlärm bei der Entstehung von ischämischen Herzkrankheiten eine mitverursachende Rolle spielt.“<sup>158</sup> Als Schwellenwert für mögliche lärmbedingte Infarktrisiken gibt der SRU dennoch einen Dauerschallpegel von 65 dB(A) an.

Zusätzliche Faktoren wie soziale Schicht, genetische familiäre Belastung, Ernährungsgewohnheiten, Verhaltensweisen, Bewegungsmangel, Diabetes mellitus, Rauchen, Übergewicht stellen weit aus signifikantere Einflussfaktoren für eine ischämische Herzkrankheit als Lärm dar. Nach einer Studie sind mittlerweile rund 177 Risikofaktoren identifiziert worden, denen eine mitverursachende Rolle bei der Genese von kardiovaskulären Erkrankungen zugeschrieben wird.<sup>159</sup> Lärm kann, wie alle anderen Belastungen, in dem unspezifischen Stressgeschehen einer multifaktoriellen Genese von Herz-Kreislauf-Erkrankungen eine Rolle spielen. So kommen nahezu alle wissenschaftlichen Übersichtsarbeiten heute zur Aussage, dass eine Kausalbeziehung zwischen Umweltlärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen wissenschaftlich nicht bewiesen ist.

Das Umweltbundesamt hat Anfang des Jahres 2004 den Forschungsbericht 297 61 003 „Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myocardinfarkt - Ergebnisse der „NaRoMI“-Studie“ veröffentlicht<sup>160</sup>. Es wurden teilweise signifikante Beziehungen zwischen Lärm und Herzinfarkt bei Patienten in Krankenhäusern festgestellt. Letztendlich führt auch diese Studie dazu, dass die Evidenz der Beziehungen zwischen Lärm und Herzinfarkt zwischen „begrenzt“ und „hinreichend“ einzustufen ist.

Im Vordergrund bisheriger Untersuchungen standen Herz-Kreislauf-Erkrankungen unter Lärmeinfluss. Weiterhin werden psychische Störungen, psychiatrische Behandlungen, Medikamentenverbrauch, Schwangerschaftsbeeinflussung einschließlich Auswirkungen auf Geburtsparameter, Tinnitus (Ohrgeräusche), aber auch Krebs, allergische Erkrankungen, vorzeitige Sterblichkeit u. a. diskutiert.

Die zu psychiatrischen Erkrankungen, Medikamentenverbrauch in lärmbelasteten Wohnbereichen vorliegende Literatur ist weit verstreut und uneinheitlich. In einer Zusammenfassung kommt Stansfeld<sup>161</sup> zu dem Ergebnis, dass es keine gesicherten Beziehungen, beispielsweise zwischen Lärm und psychiatrischen Erkrankungen gibt. Es ist auch nicht bewiesen, dass Lärm über die Belästigung zu einem erhöhten Medikamentenverbrauch, insbesondere zu einem erhöhten Schlafmittelverbrauch führt. Ebenfalls konnte die Beziehung zwischen Lärmbelastung und häufigerem Arztbesuch nicht zwingend nachgewiesen werden.

Dagegen sind die subjektiven Beschwerdekongstellationen oder die über Fragebögen erfassten Angstsituationen sehr viel enger mit dem Lärmerleben bzw. mit der erlebten langfristigen Lärmbelastung in einen Zusammenhang zu bringen. Entsprechend des Kausalitätsbedürfnisses des Menschen werden subjektive Befindensbeeinträchtigungen häufiger äußeren Einwirkungen zugeordnet. Es widerspiegeln sich auch gewisse Grundeinstellungen und Beantwortungstendenzen in solchen

---

<sup>158</sup> SRU (1999): Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Umwelt und Gesundheit. Risiken richtig einschätzen. Deutscher Bundestag, Drucksache 14/2300: 174.

<sup>159</sup> Omura, Y., Lee, A.Y., Beckmann, S.L., Simon, R., Lorberboym, M., Duvvi, H., Heller, S.I., Ulrich, C. (1996): 177 cardiovascular risk factors, classified in 10 categories, to be considered in the prevention of cardiovascular diseases: an update of the original 1982 article containing 96 risk factors. *Acupunct Electrother Res* 21: 21-76.

<sup>160</sup> Reihe WaBoLu-Hefte des Umweltbundesamtes, Nr. 02/04.

<sup>161</sup> Stansfeld, S.A. (1992): Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. *Z. Psychologica Medicine Suppl.* 22: 1-44.



Fragebögen zur Wertung äußerer Einflüsse und zur Wertung des Befindens wieder. Aus Schweden ist bekannt, dass psychische Erkrankungen zum Nachbarschaftslärm in einer engeren Beziehung stehen, jedoch nicht zu anderen Lärmquellen.<sup>162</sup>

Bei den Erkrankungen durch Lärm wird auch manchmal die Entstehung von Krebs durch Lärm diskutiert. Ein ursächlicher Zusammenhang ist beim gegenwärtigen Kenntnisstand zur Pathogenese von Cancerogenität unwahrscheinlich. Zusammenhänge zwischen Durchblutung (die durch Lärm beeinflusst werden kann) und Stoffwechsel einerseits und krebsrelevanter Zellentartung andererseits lassen sich nur theoretisch herstellen, weil Lärm auf die Durchblutung wirkt. Der unspezifische Reiz „Lärm“ ist allerdings vergleichsweise schwach, so dass ein Zusammenhang höchst unwahrscheinlich ist.

In den Einwendungen wurden weitere mögliche Gesundheitsschäden genannt. So wird auf eine verringerte Lebenserwartung unter Lärmeinwirkung hingewiesen. Eine Übersichtsarbeit kommt zur Schlussfolgerung, dass, wenn überhaupt Unterschiede der Lebenserwartung um Flughäfen festgestellt wurden, andere Faktoren dafür ursächlich waren und nicht der Lärm.<sup>163</sup> Bei Nachuntersuchungen in dem Bereich, der von den Einwendern zitiert wurde, bestätigten sich diese Ergebnisse auch nicht. An anderen Flughäfen zeigte sich unter Berücksichtigung der möglichen weiteren Einflussfaktoren ebenfalls keine kausale Beziehung zwischen Lärm und Lebenserwartungsverkürzung. Dies trifft ebenfalls auf berufliche Lärmeinwirkungen mit einem deutlich höheren Pegel zu.

Erkrankungen wie Alzheimer, Autismus, Epilepsie, Parkinson, Multiple Sklerose, Augenerkrankungen wie Glaukom, Erkrankungen der Wirbelsäule und Gelenke, Knochen, Arthrose, Morbus Bechterew, Spondylose, geriatrische Erkrankungen sind nicht auf Lärm zurück zu führen. Lärm spielt bei nahezu allen diesen Erkrankungen auch keine Rolle in einem multikausalen Geschehen. Keinerlei Beziehungen gibt es auch zur Zeugungsfähigkeit und zur Fruchtbarkeit.

Bei den Erkrankungen sind auch Kombinationseffekte von Lärm mit den Luftschadstoffen durch den Flugbetrieb zu diskutieren, wie das von Einwendern getan wurde. Es gibt sehr wenige Untersuchungen, die einen solchen Effekt untersuchen. Das liegt einmal daran, dass die oben genannten Plausibilitätskriterien kaum zutreffen und die Luftschadstoffkonzentrationen durch Flugverkehr relativ gering sind.

In einer Studie wird von ärztlichen Diagnosen chronischer Haut- und Atemwegserkrankungen bei über 400 Kindern berichtet.<sup>164</sup> Danach soll die Ausprägung der Symptome der erkrankten Kinder nicht nur von der Höhe der Belastungen durch Luftschadstoffe, sondern auch von der Höhe der Lärmbelastungen abhängen, wobei die Höhe der jeweiligen Belastungen von den Autoren nicht gemessen, sondern von den Eltern und von den Kindern wie auch die ärztlichen Diagnosen erfragt wurden. Die Autoren dieser Studie empfehlen, dieser Frage erst noch gezielt nachzugehen.

---

<sup>162</sup> Grotvedt, L. (1990): Neighbour Noise Annoyance and Psychiatric Diseases. *Environment International*, Vol. 16: 543–546.

<sup>163</sup> Morell, S., Taylor, R., Lyle, D. (1997): A review of health effects of aircraft noise. *Aust. N. Z. J. Public Health* 21: 221-236.

<sup>164</sup> Ising, M., Lange-Asschenfeldt, H., Lieber, G.F., Weinhold, H., Eilts, M. (2003): Auswirkungen langfristiger Expositionen gegenüber Straßenverkehrs-Immissionen auf die Entwicklung von Haut- und Atemwegserkrankungen bei Kindern. Schriftenreihe d. Vereins f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V. 112, Berlin: Eigenverlag Verein WaBoLu.

In den Gutachten M 10 und M 11 werden die zu erwartenden Schadstoffkonzentrationen durch die Veränderung des Flugbetriebes dargestellt. Die Konzentrationen am Flughafen Schönefeld sind aus umweltmedizinischer Sicht gering. Der pathophysiologische Mechanismus der in Frage kommenden Schadstoffe ist ein anderer als der durch Schall ausgelöste. Kombinationseffekte über immunologische Wirkmechanismen lassen sich bisher nicht wissenschaftlich nachweisen.

Man kann heute zusammenfassend sagen, dass die Gegenregulationsmechanismen organischer Funktionen erheblich wirksamer und anpassungsfähiger sind als angenommen. Dies trifft für Gesunde zu. Eine Gefährdung resultiert nicht aus einer isolierten Betrachtung einer Reaktion des Organismus oder einer isolierten Betrachtung einer Belastungsform, z. B. des Lärms, sondern es müssen zusätzlich weitere Komponenten als Risikofaktoren oder –konstellationen hinzukommen. Zweifelsohne kann Lärm zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen, auch wenn die Mechanismen derzeit nicht genau bekannt sind.

Wie oben angeführt, sind die Kenntnisse zu umweltbedingten Lärmwirkungen bei bestimmten Risikogruppen, wie Kranke und Ältere aber auch Kinder, unzureichend. Deshalb ist dies unter präventiven Gesichtspunkten auch bei Bewertungsgrenzen zu berücksichtigen, so müssen für den Fluglärm Begrenzungswerte unter dem Gesichtspunkt der Verhütung des Entstehens lärmbedingter Erkrankungen festgelegt werden. Dabei braucht es keine unterschiedlichen Werte für verschiedene Erkrankungen zu geben, da die unspezifischen Mechanismen weitgehend übergreifend sind.

Die von der Planfeststellungsbehörde definierte Grenze für den nächtlichen Fluglärm deckt nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde auch die Vorbeugung des Entstehens von Erkrankungen mit ab.

Auch ohne Einbezug der besonders kritischen Nachtbelastung wird die Annahme, dass Lärm tagsüber bei permanenter Einwirkung eines Dauerschallpegels  $L_{eq(3,Tag)}$  von mehr als 70 dB(A) zur Genese von Herz-Kreislauferkrankungen beiträgt, von der Planfeststellungsbehörde mitgetragen und als Grenzwert der Gesundheitsgefährdung festgelegt. Der Niederländische Gesundheitsrat (HCN)<sup>165</sup> betrachtet den Nachweis einer Risikoerhöhung für Herz-Kreislauferkrankungen durch Verkehrslärm bei einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3)}$  von 70 dB(A) als hinreichend. Als Schwellenwert für lärmbedingtes Infarktrisiko empfiehlt der SRU einen Dauerschallpegel von 65 dB(A).<sup>166</sup> Eine mögliche gesundheitliche Gefährdung ist bei einem  $L_{eq(3,Tag)}$  von 70 dB(A) nicht mehr auszuschließen, unter präventiven Gesichtspunkten sollte jedoch ein  $L_{eq(3,Tag)}$  von 65 dB(A) eingehalten werden. Diese Werte werden auch von den Verfassern der Fluglärmsynopse für das Schutzziel Vermeidung von Gesundheitsschäden und Krankheiten vorgeschlagen. Die Angabe eines berücksichtigungsfähigen Schwellenwertes ist aufgrund der geringen wissenschaftlichen Erkenntnisse derzeit nicht möglich.

Die Planfeststellungsbehörde schließt sich den Auffassungen an, insbesondere ist bei einem Dauerschallpegel von 70 dB(A) tagsüber die Grenze zur Gesundheitsgefahr überschritten und damit eine schwere und unerträgliche Belastung eines Wohngrundstücks erreicht (verfassungsrechtliche Zumutbarkeitsgrenze). Bei dauerhaften Belastungen dieser Größenordnung ist ein gesundes Wohnen dann nicht mehr möglich und ein Übernahmeanspruch gegeben. Wo sich Menschen dauerhaft

---

<sup>165</sup> HCN (1999): Committee on the Health Impact of large Airports. Public health impact of large airports. The Hague: Health Council of the Netherlands (HCN). Publication no 1999/14E.

<sup>166</sup> SRU (1999): 174

aufhalten können, z. B. in Aufenthaltsräumen, sollten aus präventiven Gründen die Werte einen Dauerschallpegel von 65 dB(A) tagsüber nicht überschreiten.

Nahezu ausschließlich wird in der epidemiologischen Literatur zur Beziehung zwischen Schall und Krankheit der äquivalente Dauerschallpegel verwendet. Doch auch der Maximalpegel kann zu vegetativen Veränderungen mit Störungspotenz führen. Von hohen Schallpegeln über 115 dB(A) ist diese Wirkung weitgehend gesichert. Auch in den Gutachten M 8 und M 9 werden Maximalpegelhäufigkeiten als Gefährdungskriterium verwandt. In den Einwendungen wird sehr häufig das im lärmmedizinischen Gutachten M 8 aufgeführte Lärmgefährdungsgebiet kritisiert, das durch die Fläche charakterisiert wird, in der mehr als 19 Lärmereignisse mit einem Maximalpegel  $L_{\max}$  von 99 dB(A) (19 x 99 dB(A)) auftreten.

Durch akute Schallbelastungen kommt es im Lärmgefährdungsgebiet bei diesen Pegeln zu vegetativen Übersteuerungen, wodurch die Schwelle zur Gesundheitsgefährdung überschritten wird. In der gutachterlichen Stellungnahme des MAGSF zu den lärmmedizinischen Gutachten M 8 und M 9 „Ausbau Flughafen Schönefeld“<sup>167</sup> sowie in der daraus resultierenden Veröffentlichung<sup>168</sup> wird die Ableitung des Kriteriums vehement kritisiert. Eine Auseinandersetzung mit diesen Argumentationen erfolgte daraufhin in einer Veröffentlichung des lärmmedizinischen Gutachters.<sup>169</sup> Von Belang ist diese wissenschaftliche Auseinandersetzung hier nicht, da dieses sogenannte Lärmgefährdungsgebiet weder im Ist-Zustand noch in den prognostizierten Verkehrsfällen besiedelte Gebiete in der Umgebung des Flughafens trifft.

Die Bestimmung von Kriterien für schädigende Maximalpegel von Fluglärmereignissen am Tag zwischen 6 und 22 Uhr ist äußerst schwierig, da vielfältige Schallereignisse auf den Menschen einwirken und die Prozesse auf Einzelereignisse auch schwierig zu erforschen sind. In anderen Untersuchungen wird ausgeführt, dass ein Maximalpegel  $L_{\max}$  von 90 dB(A) für die Übersteuerungsvermeidung plausibel ist, sofern er selten überschritten wird. Es wird definiert, dass tagsüber maximal 25 Ereignisse, die unter Berücksichtigung einer Einwirkzeit von im Mittel 23 Sekunden als selten (1 % von 16 Stunden) bezeichnet werden können, mit einem Maximalpegel von 90 dB(A) zulässig sind, um vegetative Übersteuerungen zu vermeiden.<sup>170</sup> Das für den Flughafen Frankfurt-Hahn festgelegte Kriterium von 17 x 90 dB(A) ist dagegen willkürlich postuliert, was man nur unter dem Gesichtspunkt, dass der Übersteuerungs- und damit Gefährdungswert erheblich unterschritten werden soll, rechtfertigen kann.

Um Gesundheitsgefährdungen bei längerfristiger Einwirkung zu vermeiden, sollte daher unter präventiven Gesichtspunkten angestrebt werden, dass in Wohngebieten eine Pegelhäufigkeit von 25 Fluglärmereignissen mit einem Maximalpegel von 90 dB(A) pro 16-Studentag nicht überschritten wird. Die Lärmkontur mit einem Dauerschallpegel von 70 dB(A), die hier der Abgrenzung zu einer

---

<sup>167</sup> Maschke, C., Hecht, K. (2000): Gutachterliche Stellungnahme zu den lärmmedizinischen Gutachten M 8 und M 9 „Ausbau Flughafen Schönefeld“. Hohenneueendorf: UBICOM Gesellschaft für Telekommunikation mbH.

<sup>168</sup> Maschke, C., Hecht, K., Wolf, U., Feldmann, J. (2001): 19 x 99 Dezibel (A) – Ein gesicherter Befund der Lärmwirkungsforschung? Bundesgesundheitsblatt 44:137-148.

<sup>169</sup> Scheuch, K., Jansen, G. (2002): Präventivmedizinische Überlegungen zu Fluglärm-Orientierungswerten für Einzelschallereignisse am Tag. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 49 (1): 7-12.

<sup>170</sup> Spreng, M. (2003): Lärmmedizinisches Gutachten C 8. Verlängerung der Start-/Landebahn des Flughafens Frankfurt-Hahn. www.hahnplus.de

Gesundheitsgefahr dient, deckt für das Endausbauszenario 20XX auch diesen Bereich der hohen Maximalpegel mit ab.

## 2) Cortisol-Ausschüttung

Viele Einwendungen und Stellungnahmen beziehen sich bei der Risikobetrachtung von Lärm auf die Rolle von Cortisol und die Katecholamine bei der Krankheitsentstehung. Insbesondere in den neunziger Jahren haben in Deutschland die umfangreichen Untersuchungen sowie auch Publikationen und die davon abgeleiteten Begrenzungswerte bei Fluglärm für wissenschaftliche Auseinandersetzungen gesorgt.

Es ist zuerst die Frage zu beantworten, ob es bei Lärmeinwirkungen, insbesondere bei alltäglichem, immer wiederkehrendem Lärm, zu entsprechenden nachweisbaren Hormonveränderungen kommt. Die Ergebnisse zu schallbedingten Wirkungen auf die Nebennierenrinde (Cortisol) und das Nebennierenmark (Katecholamine) sind äußerst unterschiedlich. In der unten stehenden Tabelle sind Ergebnisse von Untersuchungen zu Hormonveränderungen bei Einwirkung von Industrie- und Verkehrslärm aufgeführt, bei denen die Katecholamine Adrenalin (A) und Noradrenalin (NA) und das Nebennierenrindenhormon Cortisol (oder dessen Derivate) bestimmt wurden. Die Studien sind von ihrem wissenschaftlichen Ansatz her sehr verschieden, es handelt sich um Labor- und um Felduntersuchungen; es wurden die Auswirkungen von Arbeits- oder von Verkehrslärm untersucht, Zeitdauer und Pegel der Lärmbelastung waren dabei unterschiedlich. Die Untersuchungen fanden teilweise tags, teilweise nachts statt. Bestimmungen der Hormone erfolgten aus dem Blut oder aus dem Urin. Die Tabelle sagt nur etwas darüber aus, ob unter Lärm überhaupt eine Wirkung festgestellt wurde.

Autoren	Jahr	Bedingungen	dB(A)	Katecholamine		
				A	NA	Cortisol
Osada et. al.	1969	Straße, Industrielärm	L <sub>max</sub> = 60	=	=	∅
Atherley et. al.	1970	Fluglärm/Schreibmaschine, 7 Stunden an 3 Tage	95	∅	∅	↓
Slob et. al.	1973	9-17 Uhr an 2 Tagen, Urin	80	(↑)	=	=
Brandenberger et. al.	1977	8 Pers. 2h versch. Lärm, Labor	84 - 105	∅	∅	=
Manninen und Aro	1979	Arbeitslärm, Tagesverlauf, 292 Pers.	>85	↓	↑	∅
Lundberg und Franckenhaeuser	1979	Labor, 50min, mit und ohne Kontrolle	70 - 105	=	=	=
Follenius et. al.	1980	10-12 Uhr alle 30 sec.	45 und 99	=	=	(↑)
Ising et. al.	1980	7 h psych. Belastung und Lärm	80 zu 50	↑	=	∅
Sato et. al.	1980	Kont./Kurzzeitlärm, Labor	100	∅	∅	=
Rai	1981	Arbeitslärm	80 - 107	∅	∅	↑
Iwamoto et. al.	1981	Labor	100 / 90	=	=	=
Andsen et. al.	1982	Industrie, 20 min.	40 / 90	=	=	=
Ising	1983	4 Tage 8.00 - 14.30 Uhr Verkehrslärm	50 / 60	=	↑	∅
Bolm-Audorff	1985	Arbeitslärm, epidemiol.	83 - 97	∅	∅	=
Babisch	1986	Straßenlärm	51 - 70	∅	∅	↓
Cavatorta et. al.	1987	Industrielärm	bis 96	(↑)	(↑)	=
Cavorta et. al.	1987	Straßenlärm	51 - 70	∅	∅	=
Iwamoto et. al.	1988	15 min. Labor	60 - 100	∅	∅	=
Fruhstorfer et. al.	1990	9-21 Uhr, Industrie 2. und 3. Tag	85	(↑)	↓	=
Ising et. al.	1990	Überfluglärm, 1min	105 bzw. 125	=	=	=
Maschke	1992	16 Nächte; 16/ 32/ 64 mal	55/ 65/ 75	∅	∅	∅
Curio und Michalak	1992	Fluglärm	105 bzw. 125	=	=	=
Schulte und Otten	1993	Tiefflug und ohne Tiefflug	> 105	∅	∅	∅
Carter et. al.	1994	50LKW/Fluglärm 4 Nächte	L <sub>max</sub> = 72	=	=	∅

Dugue et. al.	1994	Labor, Industrielärm 30 min	85	∅	∅	(↓)
Carter et. al.	1995	Herzpatienten, 4 Nächte	65 – 72	=	=	∅
Evans et. al.	1995	Kinder ruhiges und lautes (Fluglärm), Wohngebiet	59 / 68	∅	∅	=
Maschke et. al.	1995	Fluglärm	29 - 45	∅	∅	∅
Melamed + Bruhis	1996	Arbeitslärm	55 / 65	∅	∅	∅
Sudo et. al.	1996	Arbeitslärm	71–75/93-100	(↑)	(↑)	(↑)
Babisch et. al.	1996	Verkehrslärm/Wohnung	45 - 75	=	∅	∅
Luong et. al.	1996	Industrielärm	71–75/93-100	(↑)	(↑)	=
Ising	1998	Straßenlärm, 2 Nächte	45 / 53 - 69	=	∅	∅
Miki et. al.	1998	2 Nachmittage, psychisch und Lärm	90	(↑)	=	=
Evans et. al.	1998	Kinder, Fluglärm	53 / 62	∅	∅	=
Kastka et. al.	1999	Fluglärm, Anwohner	35 – 76	∅	∅	=
Ising	1999	Fluglärm	56/70 //max. 90 - 100	=	=	=
Braun	1999	Straßenlärm beim Öffnen der Fenster	45 / 53 - 69	∅	∅	↑
Harder et. al.	1999	Fluglärm, nachts	L <sub>eq</sub> 42, L <sub>max</sub> 65	∅	∅	(↑) (↓)
Evans et. al.	2000	Verkehrslärm, Kinder	50 bis max 57 60 / max 74	=	=	(↑)
Evans und Johnson	2000	Bürogeräusche	L <sub>eq</sub> 55 max. 65	↑	=	=
Basner et. al.	2001	64 Vpn., 832 Schlafabornächte	L <sub>max</sub> 50- 80 L <sub>eq</sub> 30→57	=	=	=
Haines et. al.	2001	Kinder, Schulen	< 57 / > 66	∅	∅	=
Siegmann et al.	2001	Impulslärm	137-168	↓	(↑)	∅

↑↓ signifikante Veränderung

(↑↓) nichtsignifikante Veränderung

= Gleichbleiben

∅ nicht untersucht

A = Adrenalin

NA = Noradrenalin

Von den 29 Studien mit Adrenalinbestimmung zeigten 6 eine signifikante, 6 eine nichtsignifikante Steigerung, wobei 8 eine Lärmeinwirkung mit Pegeln über 80 dB(A) aufwiesen, 1 nachts durchgeführt wurde und 2 zusätzlich psychische Belastungen forderten. 17 Studien beschrieben ein Gleichbleiben oder Absinken des Adrenalins. Ähnlich waren die Ergebnisse für Noradrenalin: 8 signifikante und 4 nichtsignifikante Erhöhungen, 17 Untersuchungen zeigten ein annäherndes Gleichbleiben des Noradrenalins.

Fast alle Untersuchungen mit Veränderungen der Katecholamine waren 'akute' Untersuchungen bis zur Dauer einer Arbeitsschicht. Wurden Untersuchungen an mehreren Tagen durchgeführt, kam es meist nach anfänglichem Anstieg zu einem Abfall.

Von den 34 Studien mit Cortisol-Bestimmung unter Lärm führten 6 zu einer signifikanten und 4 zu einer nichtsignifikanten Erhöhung, 21 beschrieben ein weitgehendes Gleichbleiben, 3 eine Senkung des Cortisols. Von den 10 Steigerungen waren 4 Studien mit Lärm über 80 dB(A).

Zusammenfassend ist die Frage, ob es bei alltäglichen, immer wiederkehrenden Einwirkungen von Verkehrsgeräuschen zu relevanten Hormonveränderungen kommt, mit dem gegenwärtigen Wissensstand nicht zu bejahen. Weitere Untersuchungen zu hormonellen Langzeitwirkungen von Lärm unter kontrollierten Bedingungen vor allem unter üblichen Lebensverhältnissen sind zweifellos erforderlich. In der bereits zitierten Studie „Leiser Flugverkehr“ der DLR, der bisher umfangreichsten Feldstudie mit Untersuchungen von Hormonen bei nächtlichem Flugverkehr und dem entsprechenden Lärmeinspielen, wurden auch keinerlei wesentliche Effekte auf die Ausschüttung von Cortisol und Katecholamine festgestellt.

Bei diesem Erkenntnisstand erübrigt sich nahezu die zweite wichtige Frage, welche pathophysiologische Bedeutung evtl. auftretende Veränderungen hormoneller Parameter unter chronischer, alltäglicher Schalleinwirkung haben. Eine Hypothese in der Lärmwirkungsforschung ist, dass die durch chronische Lärmeinwirkung hervorgerufenen Cortisol-Erhöhungen pathophysiologische, krankmachende Bedeutung haben. Lärm ist ein Stressor, deshalb ist diese Frage nur unter Einbeziehung auch anderer Stressuntersuchungen möglich.

Zweifelsohne ist eine Hypercortisolämie, eine andauernde Erhöhung des Cortisol-Spiegels im Blut, ein pathologischer Zustand. Eine akut produzierte Hypercortisolämie, z. B. durch Pharmaka, bewirkt sofortige Einflüsse auf die Regulation der Lipolyse (Anstieg von Glycerol und freien Fettsäuren im Blut).

Über Wochen und Monate vorgenommene Tierversuche mit verschiedenen Belastungen ohne massive, durch Pharmaka induzierte Cortisol-Erhöhungen zeigten dagegen bisher uneinheitliche Ergebnisse. Es überwiegt das Gleichbleiben oder sogar die Abnahme des Cortisols in Belastungsphasen. Noch uneinheitlicher sind die Untersuchungen bei Menschen mit chronischem Stress. Man fand bei Arbeitslosigkeit als Modell für chronischen Stress keine Unterschiede in der Gesamtkonzentration von Cortisol und dessen Reaktivität auf alltägliche Stressoren, jedoch ein anderes Tagesprofil.<sup>171</sup> Bestimmte stressrelevante Erkrankungen wie das chronische Erschöpfungssyndrom, das „Burnout“-Syndrom, bestimmte chronische Schmerzzustände sind aber mit einer Verminderung des Cortisols und einer geringeren Reaktivität auf Belastungen verbunden.<sup>172</sup>

Häufig wird bei der Erklärung krankmachender Prozesse die Cortisol-Wirkung auf die Immunfunktion in den Mittelpunkt gestellt. Untersuchungen kommen zu der Feststellung, dass die Rolle der Glucocorticoide, z. B. des Cortisols „zumindes was endogenes Cortisol in physiologischen Konzentrationen betrifft ... nicht als immunsuppressiv (Unterdrückung der Immunantwort) sondern als notwendige Voraussetzung für eine koordinierte Immunantwort einzustufen“ ist.<sup>173</sup> Es ist also wichtig, zwischen einer Wirkung des Cortisols als physiologischer Gegenregulation u. a. gegen überschießende immunologische Antworten und einer krankhaften sowie durch Pharmaka ausgelösten Immunsuppression zu unterscheiden. Die Hypophysen-Hypothalamus-Nebennierenrindenachse (HHN) mit Cortisol-Ausscheidung wird auch durch krankheitsbedingte Entzündungsparameter aktiviert. Mindestens 10 verschiedene Zytokine lösen eine endokrine Reaktion aus und erlauben dadurch den Tieren das Überleben. Das Immunsystem wirkt nicht nur auf die HHN-Achse, sondern auch auf Cortex und limbisches System.<sup>174</sup>

Andererseits wird den Glucocorticoiden eine Bedeutung im Alterungsprozess zugewiesen.<sup>175</sup> Erhöhte Glucocorticoide bei älteren Ratten würden sich toxisch auf bestimmte Nervenzellen im Hippocampus auswirken, die wiederum diese erhöhte Glucocortikoid-Ausscheidung unterhalten. Beim

---

<sup>171</sup> Ockenfels, M. (1995): Der Einfluß von chronischem Streß auf die Cortisolkonzentration im Speichel. Münster/ New York: Waxmann.

<sup>172</sup> Heim, C., Ehlert, U., Hellhammer, D.H. (2000): The potential role of hypoCortisolism in the pathophysiology of stress-related bodily disorders. *Psychoneuroendocrinology* 25:1–35.

<sup>173</sup> Wilckens, T. (1995): Chronischer Stress - Interaktion von Nebennierenfunktion und Zytokinsekretion. In: Allolio B, et al., *Nebenniere und Stress*. Stuttgart/ New York: Schattauer, 119-129.

<sup>174</sup> Schauenstein, K. et al. (2001): The role of the autonomic nervous system in the immune neuroendocrine dialogue. *Mens sana in corpore sana and vice versa*. *Int J Hyg Environ Health* 204: 75–79.

<sup>175</sup> McEwen, B.S. (1998): Stress, Adaptation, and Disease. *Ann N Y Acad Sci* 840: 33-44.

Menschen ist das bisher nicht nachzuweisen. Auch die tatsächlich vorhandenen Unterschiede der Cortisol-Reaktionen mit dem Altern, insbesondere bei über 70-jährigen, sind noch unklar hinsichtlich ihrer pathogenen Bedeutung.<sup>176</sup>

Eine deutlich zu hohe oder zu niedrige Ausscheidung von Cortisol (Hyper- bzw. Hypocortisolismus) stellen ernste Krankheitsbilder dar (Cushing-Syndrom, Morbus Addison). Solche hohen Cortisol-Spiegel treten jedoch als belastungsbedingte Veränderungen nicht auf. Deshalb ist aus den Wirkungen solch hoher Cortisol-Spiegel nicht auf gleiche Effekte wie bei Niveauverschiebungen im Normbereich zu schließen.

Die Interpretation, dass Lärm zu Cortisol-Erhöhungen und diese zu Krankheit führen, ist eine Betrachtungsweise, die zur Einseitigkeit in der Erkenntnisgewinnung geführt hat. Dies wird als 'linearkausaler Monopolismus'<sup>177</sup>, als 'Forschungsreduktionismus' oder 'paradigmatische Krise im Stressbereich' bezeichnet.

Die psychoneuroimmunologischen Forschungen verdeutlichen ganz besonders, dass nicht eine einzelne Veränderung aus einem in seiner ganzen Komplexität erst wenig erfassten homöostatischen Netzwerk herausgerissen und interpretiert werden kann. In der Medizin ist insoweit ein Durchbruch zu verzeichnen, der eine gänzlich andere Herangehensweise der Interpretation belastungsbedingter Veränderungen zum Inhalt hat.<sup>178</sup> Von der Sichtweise nebeneinander und unabhängig voneinander funktionierender Systeme gehen der gegenwärtige Forschungsschwerpunkt und die weitere Entwicklung zu einer integrativen Sichtweise miteinander funktionierender Systeme aus.

Zum anderen sind Katecholamin- oder Cortisol-Reaktionen sehr selten 'generalisiert', die verschiedenen Organe können sehr unterschiedlich auf den gleichen Stimulus reagieren, verschiedene Stimuli haben verschiedene Aktivationsmuster. Deshalb führt die simple Interpretation einzelner Parameter zu erheblich falschen Aussagen.<sup>179</sup> Es trifft nicht nur für die Bewertung der Folgen von Lärm zu, dass Risikobewertung die dynamischen und prozessorientierten Interaktionen zu berücksichtigen hat, sonst besteht unser Leben nur noch aus diskutierten, nicht mehr überschaubaren aber tatsächlich kaum vorhandenen Gefährdungen.

Aus dem bisher Dargelegten und aus weiteren Untersuchungen ist zu schließen, dass der Parameter „Cortisol-Konzentration“ beim gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Forschung und praktischen Erkenntnisse nicht zum entscheidenden Kriterium für die Festlegung einer Gesundheitsgefährdung durch Lärm herangezogen werden kann.

---

<sup>176</sup> Dodt, C., Kern, W., Born, J., Fehm, H.L. (1995): Alterseinflüsse auf die Regulation der ACTH- und Kortisolsekretion. In: Allolio B, et al, (eds): Nebenniere und Streß. Stuttgart: Schattauer Verlag, 1-8.

<sup>177</sup> Hennigsen, P. (1993): Psychoneuroimmunologische Forschung in der Psychosomatik. Psychosom. und Psychol. 43: 348-355

<sup>178</sup> Solomon, G.F. (1993): Whith Psychoneuroimmunology? A New Era of Immunology. Psychosomatic Medicine and of Neuroscience. Brain Rev 7: 352-366.

<sup>179</sup> Hjemdahl zitiert bei Theorell, T. (1994): Current issues relating to psychological concepts in cardiovascular epidemiology. Stress Medicine 10: 247-253.

Das Umweltgutachten 2004 des SRU stellt unter Hinweis auf die DLR-Studie „Leiser Flugverkehr“ fest, dass ein Zusammenhang zwischen einer nächtlichen Lärmbelastung und der Ausscheidung von Stresshormonen im Urin nicht gefunden wurde.<sup>180</sup>

Für die Schallwirkungen am Tag lassen sich nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde sowohl aus der Cortisol-Konzentration als auch aus dem Katecholamin-Spiegel keinerlei Rückschlüsse auf Gefährdungen ziehen, da Lärm vergleichsweise zu anderen Belastungsfaktoren einen sehr geringen Einfluss ausübt.

### 10.1.2.3 Psychische Lärmwirkungen

Psychische Lärmwirkungen sind weitestgehend Belästigungen, die durch Störungen der Ruhe und Entspannung, der Konzentration und Informationsverarbeitung sowie durch Verärgerung und Wut, Aufschrecken und Angst, das Gefühl von Nervosität und Spannung bei den Betroffenen gekennzeichnet sind. Damit können die Geräusche das psychische Wohlbefinden in unmittelbarer, aber auch in mittelbarer Weise beeinträchtigen. Auch Schlaf- und Kommunikationsstörungen, die in eigenen Abschnitten behandelt werden, können zu Belästigungen führen.

#### 10.1.2.3.1 Belästigung

Die Belästigung ist neben der Schlafstörung die häufigste unangenehme Auswirkung von Verkehrslärm. Für die lärmmedizinische Betrachtung spielt sie eine entscheidende Rolle. Nach einer repräsentativen Umfrage des Umweltbundesamtes<sup>181</sup> sind 37,4 % der Bevölkerung durch Straßenverkehrslärm wesentlich belästigt, 17,2 % durch Nachbarschaftslärm, 14,8 % durch zivilen und militärischen Fluglärm, 12,1 % durch Schienenverkehrslärm und 11,8 % durch Industrie-/Gewerbelärm. Völlig frei von Lärmbelästigungen leben nach der Befragung lediglich 20,8 % der Bevölkerung.

Im Folgenden werden die Belästigungen behandelt, die tagsüber anzutreffen sind. Die erheblichen Belästigungen zur Nachtzeit werden durch Begrenzungswerte für die Vermeidung von Schlafstörungen und den Kommunikationsschutz aufgefangen.

Die Einwendungen und Stellungnahmen lassen sich folgenden Problembereichen zuordnen. Sie äußern sich zu

- den zur Beurteilung herangezogenen Begrenzungswerten zur Reduzierung und Vermeidung von Belästigung,
- der Verwendung von Korrekturparametern der wissenschaftlich gefundenen Beziehungen zwischen Schallparametern und Belästigung,
- den unterschiedlichen Schallkriterien als Begrenzungswerte für Belästigungseinschränkungen,
- den Belästigungen aus verschiedenen Verkehrschallquellen.

---

<sup>180</sup> SRU (2004): 483.

<sup>181</sup> Ortscheid, J., Wende, H. (2002): Lärmbelästigung in Deutschland. Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage. Z. Lärmbekämpfung 49(2): 41-45.



Einwendungen und Stellungnahmen zweifeln die Aussagen der lärmmedizinischen Gutachten M 8 und M 9 an. Da die Einteilung der Schutzgebiete in Gebiete mit Gesundheitsbeeinträchtigung/-gefährdung, erheblicher lärmbedingter Belästigung und einfacher lärmbedingter Belästigung basierend auf dem lärmmedizinischen Gutachten erfolge, soll nach Auffassung der Einwender auf der Grundlage präziser wissenschaftlicher Daten und weiterer objektiver Informationen sowohl das lärmmedizinische Gutachten als auch die Schutzgebietsausweisung neu überarbeitet werden.

Eine vorgenommene statistische Auswertung der nach 1980 publizierten Studien zeige, dass für Fluglärm der Beginn der erheblichen Belästigung bei einem Dauerschallpegel von 59 dB(A) tags liege. Dieser Wert sei zu unterschreiten. Empfohlen werde von den Einwendern die Einhaltung eines Immissionswertes unter 55 dB(A). Das UBA habe für neue oder wesentlich geänderte Flughäfen für den Dauerschallpegel festgestellt: „Bei Fluglärmbelastungen unterhalb von 55 dB(A) tags...sind Beeinträchtigungen weitgehend ausgeschlossen. Bei Fluglärmbelastungen von 55 dB(A) tags werde die Grenze zur erheblichen Belästigungen erreicht. Rechtsfolgen seien: Sicherstellung ausreichenden baulichen Schallschutzes gemäß Nutzung. Keine neuen schutzwürdigen Einrichtungen.“ „Bei Fluglärmbelastungen von 60 dB(A) tags... sind aus präventivmedizinischer Sicht Gesundheitsbeeinträchtigungen zu befürchten“. Im Eckpunktepapier zur Novellierung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm werde ebenfalls die Absenkung auf 55 dB(A) für die Schutzzone 2 gefordert.

Die in den Planungsunterlagen verwendeten Dauerschallpegel spiegeln nach Auffassung der Einwender als Durchschnittswerte auch nicht das wahre Lärmempfinden der Menschen wider. Als Beispiel könnten die gegenwärtig den Flughafen Schönefeld zur Landung anfliegenden Flugzeuge genannt werden, die bereits jetzt vielfach als Lärmelast empfinden würden und damit als Stressfaktor anzusehen seien. Diese Flugbewegungen sollten nach dem Ausbau von Schönefeld auf das 10-12fache steigen. Die Einwender führen weiter an, eine stete Belästigung, die als Stressfaktor angesehen werde und somit den Wert der Wohnung enorm herabsetze, werde vom Interdisziplinären Arbeitskreis zu Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt ab einem Mittelungspegel von 30-35 dB(A) tags und 25-30 dB(A) nachts innerhalb der Wohnung angenommen. Eine Belästigung im Außenwohnbereich solle tagsüber bei einem Mittelungspegel von 50 - 55 dB(A) beginnen. Bereits die geringste Belästigungswirkung entwerte das Grundstückseigentum erheblich. Somit sei die Zumutbarkeitsgrenze des Planantrages, der von 55/65 dB(A) nachts/tags ausgehe, falsch bemessen.

Einwendungen und Stellungnahmen heben darauf ab, dass der zu schützende Personenkreis bei luftverkehrsrechtlichen Planfeststellungen in der Regel durch die Ausweisung von Lärmgrenzlinien bzw. -schutzgebieten bestimmt werde. Die vorgeschlagene Festlegung des Tag-Lärmschutzbereichs durch die Träger des Vorhabens folge dabei nicht neueren lärmmedizinischen Erkenntnissen, nach denen der Grenzwert für die erhebliche Belästigung bei einem äquivalenten Dauerschallpegel von 60 dB(A) in Verbindung mit einem Maximalpegel von 83 dB(A) angegeben werde (vgl. Umweltbundesamt, Fluglärm, Qualitätsziele: Schutz und Vorsorge, Oktober 1999). Der Wert von 60 dB(A) entspreche auch den Empfehlungen des Länderausschusses für Immissionsschutz (vgl. LAI-Leitlinie). Auch das Mediationsverfahren zum Ausbau des Flughafens Frankfurt rekurriere auf diesen Wert. Der Dauerschallpegel von 60 dB(A) sei bei der Planfeststellung des Flughafenausbaus Erfurt im Hinblick auf die schutzwürdigen Einrichtungen ebenfalls zu Grunde gelegt. Starke Belästigungen durch Fluglärm träten nicht erst über einem Dauerschallpegel von 62 dB(A) tagsüber auf, sondern bereits ab 55 dB(A).

Auch die Belästigungswerte und Vorsorgewerte werden nach Auffassung der Einwender mit zweifelhafter Begründung von den Trägern des Vorhabens zu hoch angesetzt. Während eine EU -Studie, die in dem Lärmgutachten M 8 erwähnt werde, bei einem Dauerschallpegel von ca. 63 dB(A) ca. 40 % highly annoyed (HA) feststelle, gehe der Gutachter erst von einem sicheren Beginn von erheblicher Belästigung ab einem "Richtwert" von ca. 65 dB(A) aus. Damit widerspreche er nicht nur dieser älteren Unter-

suchung, sondern auch neueren Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung. Belastungen, bei denen sich mehr als 20 bis 25 % der Betroffenen wesentlich belästigt fühlten, seien als nicht mehr akzeptabel anzusehen. In mehreren wissenschaftlichen Untersuchungen werde eine Korrelation zwischen der Zahl der Überflüge und der Belästigungswirkung aufgestellt (NAT-Kriterium). Im Frankfurter Mediationsverfahren habe sich gezeigt, dass bei steigenden Bewegungszahlen und gleichbleibenden Mittelungsspegeln die Belästigungsreaktionen signifikant ansteigen. Die dort festgestellte Belästigungsreaktion weise z. T. weit über 50 % HA aus.

In Stellungnahmen werden aus umweltmedizinischer Sicht tolerable Belastungswerte gefordert, die gemäß 16. BImSchV unter einem Dauerschallpegel von 59 dB(A) (nachts 49 dB(A)) liegen müssten. Fluglärm sei mehr belästigend als Straßenverkehrslärm gleichen Pegels, die im Gutachten M 8 genannten Dauerschallpegel von 62 dB(A) bzw. 65 dB(A) seien daher zu hoch bemessen.

Die Träger des Vorhabens führen hierzu aus, dass die genannten Immissionswerte nach der 16. BImSchV nur für Belastungen mit Straßenverkehrslärm und nicht für Fluglärm gelten würden. Selbst wenn man sie aber für Fluglärm als Immissionswerte fordern würde, stimme die Forderung nicht mit den neuesten Untersuchungsergebnissen überein. In vergleichenden Untersuchungen von Flug- und Straßenverkehrslärm in den Umgebungen der Flughäfen Genf und Zürich sei nachgewiesen, dass bei gleichen Belastungspegeln dem Fluglärm ein mittlerer Lästigkeitsbonus von 2,4 dB(A) zuzuschreiben sei.<sup>182</sup> Danach sei der im Gutachten M 8 geforderte  $L_{eq(3,Tag)}$  von 62 dB(A) für den Beginn erheblicher und unzumutbarer Belästigungen auch unter Berücksichtigung der 16. BImSchV als nicht zu hoch bemessen anzusehen.

Das Gutachten M 8 setzt sich mit der Immissionswertfindung auseinander und kommt zu der Folgerung, dass oberhalb von 65 dB(A) die erhebliche Belästigung überproportional zunimmt, unterhalb von 62 dB(A) weisen die Belastungswerte 20 % oder weniger Belästigte auf. Die Träger des Vorhabens gehen davon aus, dass Belästigungen im Bereich eines Dauerschallpegels  $L_{eq(3)}$  von 50 - 55 dB(A) beginnen und bei 55 dB(A) mit Sicherheit zu erwarten sind. In den Gutachten M 8 und M 9 wird ausgeführt, dass als ein entscheidendes Merkmal für zu treffende Maßnahmen nur erhebliche Belästigungen anzusehen seien.

Die Planfeststellungsbehörde folgt dem Ansatz eines Fluglärmbonus nicht. Der niederländische Gesundheitsrat (HCN) hatte in der Vergangenheit Daten veröffentlicht, nach denen im Vergleich zum Straßenverkehrslärm ein Malus von 5 dB(A) zu berücksichtigen sei. In Anlehnung an das Umweltbundesamt<sup>183</sup> sollten deshalb zunächst weitere Untersuchungen und Analysen erfolgen, um eine Erklärung für diese abweichenden Ergebnisse zu finden.

Auch nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) ist zwischen Belästigung und erheblicher Belästigung zu unterscheiden, wobei letztere vermieden werden muss. Es ist anerkannt, dass eine Null-Belästigung wie auch ein Null-Anteil an erheblichen Belästigungen in der Gesellschaft nicht zu realisieren ist. Das liegt daran, dass es bei allen erfragten Belastungsfaktoren eine Grundgesamtheit mit negativen Angaben gibt, dass bei Fragebogenerhebungen eine Tendenz zur Bewertung in der Mitte einer Skalierung existiert, dass Betroffenheit in Abhängigkeit von einer Vielfalt situationsbedingter und per-

---

<sup>182</sup> Oliva, C., Hüttenmoser, C. (2000): Die Abhängigkeit der Schallbewertung vom Geräuschkontext. Z. f. Lärmbekämpfung 2(47): 47-56.

<sup>183</sup> Ortscheid und Wende (2000): 24

sönlicher Einflussfaktoren eine unterschiedliche Wertigkeit der Belästigung hervorruft, wodurch insgesamt eine erhebliche Breite von Antworttendenzen zu verzeichnen ist.

Erhebungen zur erheblichen Belästigung werden auf der Grundlage von Fragebögen mit unterschiedlicher Belästigungs-Skalierung durchgeführt. Nach Rohrmann<sup>184</sup> ist erheblich belästigt, wer auf einem Fragebogen in der Skalierung bei über 78 % seine Zuordnung trifft. Erheblich belästigt ist dann jemand, der sich auf einer 10stufigen Skala zwischen 8-10 einordnet. Eine zweite Festlegung besteht darin, welcher Anteil erheblich Belästigter zu akzeptieren ist. Dieser Anteil wird zwischen 10 und 35 % diskutiert, teilweise in Abhängigkeit von der Skalierung der Fragebögen bis zu 50 %. In den letzten Jahren hat sich ein Anteil von 25 % erheblich Belästigter jedoch als Standard herausgebildet.

Eine Untersuchung im Umfeld des Züricher Flughafens stellte in den leisen Gegenden einen überdurchschnittlich hohen Anteil erheblich Belästigter und in den lauterer Fluglärmgegenden einen erheblichen Anteil nicht Belästigter fest.<sup>185</sup> Dies wird auch damit begründet, dass es einen bestimmten Anteil erheblich Belästigter durch alle Belastungen einschließlich Lärm gibt, die Erfassungsmethoden nicht unabhängig von der Gesamtsituation nur Pegel-Belästigungs-Beziehungen erfassen, menschliches Leben auch einen bestimmten Schallpegelbereich braucht und erzeugt.

Bei der Ableitung von Schallpegel-Belästigungs-Beziehungen ist zu beachten, dass wissenschaftlich nur ein geringer Teil der Varianz in der Belästigung mit dem einwirkenden Lärm erklärt werden kann. In der oben genannten Lärmstudie sind das im Umfeld des Flughafens Zürich 15 %, d. h. 85 % der angegebenen Belästigung durch Fluglärm wird nicht durch die Höhe des Schallpegels bestimmt.

In den Einwendungen wird oft eine Stellungnahme im Auftrag der Berliner Gesundheitsverwaltung aufgegriffen, in welcher auch zahlreiche andere Belästigungsstudien angeführt sind.<sup>186</sup> Aus den Untersuchungen von Hede (1982), der EG-Studie (Diamond et al. 1986), Gjestland (1990) und Oliva (1993, 1998) lasse sich ein Grenzwert für tolerierbare Belastungen bei einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 61 dB(A) festmachen. Überprüft man die kritischen Werte für erhebliche Belästigung in den vier angeführten Studien, so ergeben sich für Hede 68 dB(A), EG-Studie 59 dB(A), Gjestland 64 dB(A), Oliva 61 dB(A), nach arithmetischer Mittelung resultiert jedoch ein Wert von 63 dB(A) und nicht von 61 dB(A). Es ist zu vermuten, dass bei der Mittelung der Wert von Hede (68 dB(A)) nicht einbezogen wurde. Unter Berücksichtigung einer Verstärkung des Belästigungsempfindens von 1,5 dB(A) in 20 Jahren, soll zur Vermeidung erheblicher Belästigungen nach der Stellungnahme tagsüber ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 59,5 dB(A) (mit dem Hede-Wert 61,5 dB(A)) nicht überschritten werden.

Wie oben dargestellt, wird in Stellungnahmen eingebracht, dass sich der Anteil der Belästigten durch Fluglärm bei gleichem Pegel in den letzten 20 Jahren erhöht habe, weshalb ein Abzug von den Dosis-Wirkungs-Beziehungen von zusätzlich 1,5 dB(A) für die Zukunft zu erfolgen habe. Es wird an dem Gutachten M 8 bemängelt, dass keine Prognose über die zu erwartende "erhebliche Belästigung" für die unterschiedlichen Verkehrsszenarien gegeben werde, weil unterstellt werde, ..."dass die Bevölkerung in sieben oder mehr Jahren auf Fluglärm noch genauso reagieren wird wie vor zehn Jahren."

---

<sup>184</sup> Rohrmann, B. (1984): Psychologische Kriterien zur Erheblichkeit von Belästigungen. Europäische Hochschulschriften, Peter Lang Verlag, Reihe 39, Band I: 139-149.

<sup>185</sup> Wirth, K. (2004): Lärmstudie 2000 – Die Belästigungssituation im Umfeld des Flughafens Zürich. Abhandlung zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät der Universität Zürich.

<sup>186</sup> Guski, R. (2000): Stellungnahme zu den medizinischen Gutachten M 8 und M 9 bezüglich des Ausbaus des Flughafens Schönefeld. Bochum: Ruhr-Universität.

Eine andere umfangreiche Untersuchung<sup>187</sup> kommt jedoch zu dem Schluss, dass sich in dem Zeitraum von 1971 bis 1991 die Belästigungsreaktion an den Flughäfen Genf und Zürich nicht wesentlich geändert hat und dass die Beziehung zwischen dem Mittelungspegel und Belästigungsreaktion unterhalb von 63 dB(A) in der Schweiz annähernd konstant geblieben ist.

Vorhersagen über Belästigungsentwicklungen können nur durch Extrapolation aus bisherigen Verläufen gewonnen werden. Die oben zitierte Stellungnahme der Berliner Gesundheitsverwaltung verfährt ebenfalls so.<sup>188</sup> Aus den Erhebungen des UBA (Abb. 4-5 der Stellungnahme) geht z. B. hervor, dass der Trend der Belästigung für die vom Fluglärm "stark Belästigten" von 1984 bis 1989 auf 20 % anstieg, seit 1990 kann dann bis 1998 ein Abfall auf 5 % festgestellt werden. Die "nicht so stark Belästigten" steigen ebenfalls von 1984 bis 1991 von 26 % auf 40 % an und zeigen von da ab eine gleich bleibende, eher leicht abfallende Tendenz (36 % in 1994). In der Besprechung zu dieser Abbildung 4-5 findet sich auf S. 26 unten die Aussage "... dass wir das Problem zu stark vereinfachen, wenn wir annehmen, die Belästigung durch Fluglärm habe generell zu- oder abgenommen."

Ein weiteres Argument, das auch in den Einwendungen eine Rolle spielte, ist das der so genannten Überschussreaktion.<sup>189</sup> Bei Veränderungen des Fluglärms z. B. durch den Flughafenausbau käme es – möglicherweise länger andauernd – zu Überschussreaktionen in der Bevölkerung an Belästigungen. Um dieser Überschussreaktion entgegen zu wirken, müssten ebenfalls die Dosis-Wirkungs-Beziehungen nach unten korrigiert werden. Bisherige Erkenntnisse zu solchen Überschussreaktionen sind sehr widersprüchlich, der Autor kommt selbst zu der Einschätzung, dass dies eine Hypothese ist. In der Literatur gibt es nur vereinzelte Angaben, die auch noch unterschiedliche Ergebnisse geliefert haben. Es wurden bei den Untersuchungen z. B. keine Kontrollgruppen einbezogen. Die zur Grundlage verwendeten Belästigungswerte befanden sich teilweise im Streubereich, Aussagen zur Dauer eines Überschusseffektes sind nicht möglich. So kommt auch der Autor zu der Feststellung, „in Ermangelung weiterer Daten zu diesem Problem erscheint es unangebracht, diese Ergebnisse bei der Prognose der in einem wesentlich geänderten Flughafen zu erwartenden Belästigung ohne Vorsichtsmaßnahmen zu berücksichtigen“. Aufgrund der bisher wenig gesichert erscheinenden Aussagen verfolgt die Planfeststellungsbehörde diesen Ansatz nicht weiter.

Wenn vom UBA festgestellt wird, dass Fluglärmbelastungen außen mit einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 55 dB(A) als Grenze zur erheblichen Belästigung (aus Lärmwirkungssicht) zu betrachten sind<sup>190</sup>, so stimmt dies nicht mit den in der Literatur und von Psychologen gefundenen Werten überein. UBA wie auch SRU reklamieren hier politische Entscheidungen, da Ziel- und Grenzwerte sich wissenschaftlich nicht definitiv bestimmen lassen.<sup>191</sup> Der SRU hält an seinen früheren Vorschlägen aus dem Jahr 1999 fest und führt aus: „Das Umwelthandlungsziel der Bundesregierung von 65 dB(A) Außenpegel bei Tag kann nur ein Nahziel für den vorbeugenden Gesundheitsschutz und den Schutz gegen erhebliche Belästigungen darstellen. Es muss durch mittelfristige Ziele – 62 dB(A) als Präventionswert und 55 dB(A) als Vorsorgezielwert – ergänzt werden. Für die Nachtzeit sind kurzfristig ein Außenwert von 55 dB(A), mittelfristig ein Wert von 52 dB(A) und langfristig ein Vorsorgezielwert von 45 dB(A) anzustreben.“

---

<sup>187</sup> Oliva, C. (1998): Belastungen der Bevölkerung durch Flug- und Straßenlärm. Berlin: Dunker und Humblodt.

<sup>188</sup> Guski (2000):26-29

<sup>189</sup> Guski R, (2003): Neuer Fluglärm gleich alter Fluglärm? Z Lärmbekämpfung 50(1):14-25.

<sup>190</sup> Ortscheid und Wende (2000): 31

<sup>191</sup> SRU (2004): 505

Im lärmmedizinischen Gutachten M 8 wird vorgeschlagen, einen Grenzwert für erhebliche Belästigung mit der Möglichkeit der Gesundheitsbeeinträchtigung bei Überschreitung eines  $L_{eq(3,Tag)}$  von 65 dB(A) zu verwenden. Als präventiver Wert wird 62 dB(A) empfohlen, der zu Handlungen der Schallminderung Anlass geben sollte. Die Werte leiten sich aus wissenschaftlichen Untersuchungen ab und beziehen sich auch auf den SRU. Im Mediationsverfahren Flughafen Frankfurt/Main wird ein Alarmwert als  $L_{eq(3,Tag)}$  von 65 dB(A) im stufenweisen Schutzkonzept zur Vermeidung gesundheitlicher Schäden angegeben, der nicht überschritten werden soll. Ein Schwellenwert als  $L_{eq(3,Tag)}$  von 62 dB(A) solle zur Vermeidung erheblicher Belästigungen nicht überschritten werden und ein Vorsorgewert als  $L_{eq(3,Tag)}$  von 60 dB(A) solle aus Vorsorgegründen als Obergrenze angestrebt werden.

Es wurde eingewandt, dass nicht der energieäquivalente Dauerschallpegel, sondern die Häufigkeit der Maximalschallpegel der Überflüge bei der Beurteilung von Belästigungen Verwendung finden sollte. Im Auftrag der Mediationsgruppe Flughafen Frankfurt/Main wurde in einer Studie ein NAT 70 - Kriterium (NAT, number of events above threshold) angeführt, d. h. die Anzahl der Überschreitung eines Maximalpegels  $L_{max}$  von 70 dB(A) am Tag oder in der Nacht. Für den Tag gilt ein Wert, bei dem eine erhebliche Belästigung beginnt, von 60 x 70 dB(A). Die bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnisse zeigen, dass bei dieser Anzahl von Flugereignissen auch der Dauerschallpegel ein adäquates Maß ist, zumal er zusätzlich die unterschiedlich langen Geräuscheinwirkungszeiten berücksichtigt. In der Schweizer Lärmstudie<sup>192</sup> wurde herausgefunden, dass die Belästigung nahezu gleich mit dem  $L_{eq}$ , dem NAT 70, dem  $L_{DN}$  und dem  $L_{DEN}$  korreliert. Der Einzelpegel ist auch erheblich von situativen Einflüssen abhängig, die Belästigung sollte jedoch als eine übergreifende Beeinträchtigung erfasst werden. All dies spricht für die Verwendung des Dauerschallpegels  $L_{eq}$  als dem in der Wissenschaft anerkannten Maß bei Belästigungen.

Der öfters genannte  $L_{eq(3,Tag)}$  von 55 dB(A) ist als Schwellenwert für Belästigung anzusehen. Dies heißt nicht, dass nicht auch unterhalb dieses Pegels Belästigungen auftreten können. In Untersuchungen zeigte sich bei Verwendung des Dauerschallpegels für einen ganzen Tag  $L_{eq(3,24h)}$  schon ab 40 dB(A) ein Anstieg des Belästigungsgrades, der jedoch zwischen 55 und 65 dB(A) sich nicht mehr fortsetzte, nahezu gleich blieb. Demnach wurde in diesem Bereich auch keine Dosis-Wirkungs-Beziehung gefunden. Zwischen 55 und 65 dB(A) wurde auf einer 10-stufigen Antwortskala zur Belästigung ein Durchschnittswert von 5 angegeben. Ab 70 dB(A) stieg die Belästigung wieder deutlich an.

In der Fluglärmsynopse wurde als kritischer Toleranzwert für erhebliche Belästigung ein  $L_{eq(3,Tag)}$  von 65 dB(A) empfohlen. Dieser Wert zwingt dazu, Maßnahmen zu ergreifen. Seitens der Autoren dieser Synopse wird ein präventiver Richtwert von 62 dB(A), der grundsätzlich einzuhalten ist, angesetzt. Dies entspricht weitgehend auch der präventiven Orientierungen im Gutachten M 8. Als Schwellenwert wird in der Synopse ein  $L_{eq(3,Tag)}$  von 55 dB(A) angegeben, dies heißt jedoch nicht, dass in diesem Bereich bereits die erhebliche Belästigung gegeben wäre. Die Planfeststellungsbehörde schließt sich dieser Auffassung an.

Im Sinne eines Vorsorgewertes wird zur Vermeidung erheblicher Belästigungen unter lärmmedizinischen Aspekten tagsüber von der Planfeststellungsbehörde ein  $L_{eq(3,Tag)}$  von 62 dB(A) außen als Grenze angenommen.

---

<sup>192</sup> Wirth (2004)

#### 10.1.2.3.2 Leistungsminderung

Neben Lästigkeitsempfindungen und Aktivitätssteigerungen tragen Kommunikationsstörungen (vgl. nächsten Abschnitt) ebenfalls zur Beeinflussung der Leistung durch Lärmbelastung bei. Die Möglichkeit der Leistungsminderung durch Lärm wird in den Einwendungen und Stellungnahmen meist im Zusammenhang auch mit anderen negativen Wirkungen des Lärms genannt.

Die zur Problematik Lärm und Leistung vorliegenden Untersuchungsergebnisse betreffen eine Reihe von lärmbeeinflussbaren Funktionsbereichen: Vigilanz und selektive Aufmerksamkeit, Lesen, Gedächtnis, komplexe Informationsverarbeitung, sensomotorische Steuerung u. a.

Da jede anspruchsvolle Tätigkeit mit Konzentration auf die wesentlichen Informationsinhalte verbunden ist, bedeutet eine Störung der Konzentration sowie der Vigilanz und der selektiven Aufmerksamkeit eine Verschlechterung der Leistungen. Die zur Lösung mit der Arbeitsaufgabe benötigten Wissensbestände müssen in der Regel aus dem Gedächtnis abgerufen werden, um zu einem angemessenen und fehlerfreien Resultat zu gelangen. Dies gilt für eine Vielzahl von Tätigkeiten, nicht nur im Büro oder im Unterricht.

Die Mechanismen der Leistungsbeeinflussung durch Schall sind unterschiedlich. Durch Schall werden auch Bewältigungsmechanismen ausgelöst, die dazu führen, dass das Leistungsergebnis selbst nicht ungünstiger zu sein braucht, möglicherweise der Aufwand jedoch zur Erreichung dieses Ergebnisses steigt. Zum anderen kann Schall auch durch seinen Verdeckungseffekt und damit die Ausblendung von intermittierenden Störgeräuschen zu einer Leistungsverbesserung führen.

Zur Frage der Leistungsminderung durch Lärm wird auch in den Abschnitten zur Kommunikation, zur Belästigung, zur Arbeit sowie zu den schutzbedürftigen Personen und Bereichen, insbesondere den Schulen und Kindertagesstätten, eingegangen. Zusätzliche Begrenzungswerte für die Vermeidung von Leistungsminderungen ergeben sich nicht, die anderen Lärmbegrenzungswerte zur Vermeidung erheblicher Belästigung wie auch zur Verminderung von Kommunikationsstörungen decken diesen Bereich mit ab.

#### 10.1.2.4 Soziale Lärmwirkungen

Die durch den Lärm hervorgerufene Störung des privaten Lebensbereichs kann zu Veränderungen im sozialen Gefüge führen, die Betroffenen verändern das Wohnverhalten, verlegen Schlafräume, halten die Fenster eher geschlossen, verzichten auf die Nutzung von Balkon oder Terrasse, halten sich weniger im Freien auf. Ferner können sich Auswirkungen auf das Lern- und Arbeitsverhalten ergeben.

##### 10.1.2.4.1 Kommunikationsbeeinträchtigungen

Die Einwendungen und Stellungnahmen zu den Kommunikationsstörungen hängen sehr eng mit der Problematik Belästigung und den besonders schutzbedürftigen Bereichen, insbesondere den Schulen, zusammen. Sie beziehen sich auf die Kriterien zur Bewertung der Kommunikation, auf Grenz- und Beurteilungswerte und auf die Kommunikation in bestimmten Bereichen.

Ab einem Maximalpegel  $L_{max}$  von 55 dB(A) sei mit Kommunikationsstörungen zu rechnen, ab 60 dB(A) mit akuten Reaktionen unabhängig von der Affektlage und ab 75 dB(A) seien deutliche Verschiebungen der physiologischen Gleichgewichtslage zu verzeichnen. Das Zusammenwirken von Störpegel, Sprechpegel und Satzverständlichkeit sei im Antrag unklar dargestellt. Störungen der Kommunikation seien

dann weitestgehend zu vermeiden, wenn im Innenraum der äquivalente Dauerschallpegel am Tage (06.00 Uhr bis 22.00 Uhr) 35 dB(A) und der Maximalpegel 55 dB(A) nicht überschreitet. Diese Forderung deckt sich mit den entsprechenden Angaben der DIN 4109 und der VDI 2719. Die Einhaltung dieser Werte müsse bei geschlossenem Fenster gesichert werden. Die Nichtüberschreitung des Innenwertes  $L_{\max}$  von 55 dB(A) sei ein von der Planung und Rechtsprechung anerkannter Wert. Die genannten Werte sollen auch für die ungestörte Kommunikation in Wohn- und Aufenthaltsräumen in schutzbedürftigen Einrichtungen Gültigkeit haben. Dies gelte sowohl für Kindertagesstätten und Schulen, in denen der Sprachpegel sich vom Grundgeräuschpegel deutlich absetzen muss, als auch in Alten- und Pflegeheimen, in denen der Grundgeräuschpegel selbst störend und kommunikationsbehindernd sei. Für schwerhörige Personen und Kleinkinder seien höhere Anforderungen an die akustischen Bedingungen zu stellen, um eine gute Sprachverständlichkeit zu erreichen.

Kommunikationsbeeinträchtigungen betreffen das Hören und Verstehen, das Sprechen und auch den Spracherwerb. Störungen der Kommunikation können zu Informationsverlusten, Fehlinformationen, Verlängerung der Kommunikationsdauer, Zunahme der Hör- und Sprechanstrengung führen. Die Güte einer Kommunikation ist abhängig von den Eigenschaften der Kommunizierenden und den Bedingungen, unter denen Kommunikation abläuft. Zu den Eigenschaften der Kommunizierenden gehören neben dem Hörvermögen u. a. der Sprachpegel, die Sprachfrequenz, die Sprachverständlichkeit (Mutter- oder Fremdsprache). Beeinflussende Bedingungen sind z. B. die Raumbeschaffenheit, der Sprecher-Hörer-Abstand, Pegel sowie Frequenz und Zeitcharakteristik eines Störgeräusches. Die Sprechpegel richten sich nach Situation und Bedingungen. Es werden, gemessen in 1 m Abstand, folgende Werte des Sprechpegels erreicht: ruhig (Privatbereich) 48 dB, ruhig/normal (Privatbereich) 54 dB, normal 60 dB, angehoben 66 dB, laut 72 dB, sehr laut 78 dB, Schreien 84 dB, maximales Schreien 90 dB.<sup>193</sup>

In diesen verschiedenen Situationen verhalten sich die Kommunikationspartner den jeweiligen Umgebungsbedingungen angepasst. Wenn die Sprache angehoben wird und lautes Sprechen bis Schreien mit Pegelwerten oberhalb von 70 – 80 dB erforderlich ist, findet man bei einer Analyse auch im Frequenzspektrum eine Verschiebung sowie ein Abflachen der Sprachmelodie und der Sprachdynamik. Dadurch kommt es zu verzerrter Sprache mit Einschränkungen für die Sprachverständlichkeit. Diese reduziert sich um etwa 15 – 40 % bei Anstieg des Sprechpegels um 10 dB. Zur Kompensation des Abstandes zwischen Signal (Sprechen) und Störgeräusch müsste das Signal noch um etwa 5 dB lauter sein, damit diese extrem laute Sprache mit gleicher Sprachverständlichkeit aufgenommen und wie die normal gesprochene Sprache verstanden wird. Ebenso ist in solchen Situationen ein Absinken der Sprechgeschwindigkeit um etwa 20 % zu bemerken, wodurch zwar bei geringen und mittleren Sprechlautstärken bessere Erkennung möglich ist, jedoch bei lauter Sprache durch Veränderung der zeitlichen Wortstruktur und in Folge der Artikulationsänderungen die Unterscheidungsmöglichkeit im allgemeinen negativ beeinflusst wird. Solche Störungen sind besonders bedeutsam für Hörgestörte oder Hörgeräte-träger.

Die Ableitung von empfohlenen Begrenzungswerten gegen Störungen der Kommunikation resultiert aus experimentellen wie auch Felduntersuchungen. Experimentelle Untersuchungen haben den Nachteil, dass sie nicht die üblicherweise vorhandene Lebenssituation simulieren können, in der auch die für die Kommunikation notwendigen Anpassungsvorgänge ablaufen. Der Vorteil ist, dass die Bedingungen standardisiert verändert werden können. Felduntersuchungen, meist Befragungen, in den wenigsten Fällen Verhaltens- und Handlungsanalysen, erfassen neben Kommunikationsbeeinträchtigungen häufig auch andere Störungen und Belästigungen. Die Störwirkung durch Fluglärm wird gegenüber Straßen-

---

<sup>193</sup> Spreng (2003): 95

lärm als höher eingeschätzt. Das liegt vor allem an dem intermittierenden Charakter und psychischen Bewertungen.

Für das Schutzziel Kommunikation wird zwischen Innen- und Außenpegel unterschieden. Für Außenwohnbereiche können die für den Innenraum geltenden Begrenzungswerte nicht herangezogen werden, weil hier Freifeldbedingungen herrschen, die im Inneren nicht gegeben sind. Auch kann an die Sprachqualität im Außenwohnbereich nicht der strenge Maßstab angelegt werden, der für den Innenraum notwendig ist.

Von Spreng<sup>194</sup> werden verschiedene tolerable Innengeräuschpegel für gutes bis sehr gutes Sprachverstehen aufgestellt. Es wird dabei unterschieden zwischen enger Kommunikation (1 m Abstand) mit einem Kommunikationspegel von 57 dB(A), einer familiären Kommunikation in 4 m Abstand mit Normal-/angehobener Stimme und einem Kommunikationspegel von 63 dB(A) sowie einer schulischen Kommunikation im 10-Meter-Abstand mit angehobener Stimme bei einem Kommunikationspegel von 69 dB(A). Spreng gibt für diese Kommunikationsformen Signalstörverhältnissbereiche an. Diese liegen je nach der Art von Personengruppen zwischen 6 und 31 dB. Deshalb werden für die unterschiedlichen Personengruppen auch unterschiedliche mittlere tolerable Innengeräuschpegel angesetzt. Aus Feldstudien an Flughäfen, die in verschiedenen Ländern von 1980 bis 1998 durchgeführt wurden, ergibt sich ein Tagesmittlungspegel von  $L_{eq(3,Tag)}$  von 60,2 dB(A), bei dem etwa 30 % der Betroffenen stark gestört sind.<sup>195</sup>

Fluglärm ist im Allgemeinen im Gegensatz zu Straßenlärm intermittierend. Das hat für die Kommunikation bestimmte Vorteile, es können jedoch auch sehr hohe Maximalpegel bei sehr lauten Flugzeugen auftreten. In experimentellen Untersuchungen wurde ihre Bedeutung für Kommunikationsstörungen untersucht. Epidemiologische Untersuchungen zu Maximalpegeln und ihren bleibenden Störeffekten liegen dagegen kaum vor. Störeffekte für Radio/TV-Konsum resultieren bei einem Maximalpegel  $L_{max}$  von 75 dB(A) und für das Telefonieren bei einem  $L_{max}$  von 78,5 dB(A).<sup>196</sup> Bei Sprachpegeln über 20 dB ist bei gewohnter Sprache eine 50prozentige Sprachverständlichkeit gegeben, wenn die gesprochenen Sätze 8 dB unter dem Störgeräuschpegel liegen. Um eine achtzig- bis neunzigprozentige Satzverständlichkeit zu gewährleisten, ist der Signal-/Störgeräusch-Abstand mindestens bei 0 bis plus 3 dB anzusetzen.<sup>197</sup> Bei schwierigen Texten, Fremdsprachen, ungewohnten Sprachpartnern verringert sich die Verständlichkeit deutlich auf 50 bis 70 %. Die DIN 33410 nimmt für den Arbeitsbereich eine ausreichende Sprachverständlichkeit an, wenn in Innenräumen ein Maximalpegel von 60 dB(A) bzw. 54 dB(A) für Abstände von 1 bis 4 Metern eingehalten ist und in diesem Abstand eine ruhig/normale Sprache mit einem Sprechpegel von 57 dB bzw. eine normale bis angehobene Sprache von 63 dB vorausgesetzt wird. Die Effekte von Maximalpegeln sind jedoch erheblich von situativen Effekten abhängig, so dass für Begrenzungswerte auf den Dauerschallpegel zurückgegriffen wird.

Die Verfasser der Fluglärmsynopse definieren einen Schwellenwert für Kommunikationsstörungen bei einem  $L_{eq(3,Tag)}$  von 35 dB(A) innen. Hier treten auch nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde

---

<sup>194</sup> Spreng, M. (1994): Beeinträchtigung der Kommunikation durch Lärm. Forschungsbericht 105 01 213/06, Berlin: Umweltbundesamt.

<sup>195</sup> Griefahn, B., Felscher-Suhr, U., Höger, R., Jedrusik, P., Müller, J.I.f., Schreckenber, D. (2001): Erarbeitung von Fluglärmkriterien für ein Schutzkonzept. Abschlussbericht. Dortmund: Institut für Arbeitsphysiologie. In: Spreng (2003): 97

<sup>196</sup> Rylander, R., Björkman, M., Ahrlin, U., Sörensen, S., Berglund, K. (1980): Aircraft noise contours: Importance of overflight frequency and noise level. J. of Sound and Vibration 69 (4): 583-595.

<sup>197</sup> Spreng (1994)



erste leichte Kommunikationsstörungen auf. Ein präventiver Tages-Richtwert (außen) für befriedigende Kommunikation ist in der Fluglärmsynopse bei einem  $L_{eq(3,Tag)}$  von 59 dB(A) und ein präventiver Richtwert  $L_{eq(3,Tag)}$  von 40 dB(A) innen (für gute Kommunikation) definiert. Auch der Arbeitskreis für Lärmwirkungsforschung beim Umweltbundesamt empfahl bereits 1985 einen Innengeräuschpegel von 40 dB(A) für gutes bis sehr gutes Sprachverständnis bei familiärer Kommunikation. Der kritische Toleranzwert zur Vermeidung von Kommunikationsstörungen liegt nach der Fluglärmsynopse bei einem  $L_{eq(3,Tag)}$  von 62 dB(A).

Für eine gute Kommunikation im Innenraum tagsüber im Abstand von vier Metern ergibt sich aufgrund der vorhandenen Untersuchungsergebnisse bei normalem/angehobenem Sprechpegel als Richtwert für Kommunikationsstörungen ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 40 dB(A), was bei geschlossenen Fenstern je nach Güte der Fenster einem Außenpegel von 64 bis 74 dB(A) entspricht. Für den Zeitraum mit hohen Anforderungen an die Kommunikationsgüte ist das Schließen der Fenster aus der Sicht der Planfeststellungsbehörde zumutbar. Um mindestens eine gute bis sehr gute Sprachverständlichkeit bei zwei Meter Abstand zu gewährleisten, muss ein Innenwert mit einem  $L_{eq(3,Tag)}$  von 45 dB(A) eingehalten werden.<sup>198</sup> Das entspricht bei einem gekippten Fenster einem Außenpegel von 60 dB(A). Die Planfeststellungsbehörde legt daher im Bereich des allgemeinen Lärmschutzes einen Dauerschallpegel von 60 dB(A) außen als Grenze zur Vermeidung von Kommunikationsstörungen fest. Die Maximalpegel dürfen im Rauminnern einen Wert von 55 dB(A) nicht übersteigen. Für empfindliche Personengruppen gelten teilweise andere Werte, die in den nachfolgenden Abschnitten behandelt werden.

Für die Kommunikationsstörungen im Außenwohnbereich können weniger strenge Anforderungen aufgestellt werden, da hier auch andere, nicht zu vermeidende Störungen einwirken. Der Fluglärm wirkt nicht permanent ein, es sind Lärmpausen vorhanden. Andererseits kann durch Stimmhebung die Störung teilweise kompensiert werden. Auch ist die Nutzung des Außenwohnbereichs beschränkt, das Wohnen im Freien (Terrassen- und Balkonnutzung) ist aus klimatischen und meteorologischen Gründen jahreszeitlich stark eingeschränkt. Störpegel für den Außenwohnbereich zu einer noch tolerierbaren Nutzung liegen bei einem Dauerschallpegel von etwa 68 dB(A).<sup>199</sup> Das Umweltgutachten 1996 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen hält Kommunikationsbeeinträchtigungen bei einem Dauerschallpegel von mehr als 65 dB (A) im Außenwohnbereich nicht mehr für akzeptabel.<sup>200</sup>

Für den Außenwohnbereich ist die Festlegung höherer Grenzen als für den Innenwohnbereich angemessen. Die Planfeststellungsbehörde legt die Grenze der einfach-rechtlichen Zumutbarkeit von Kommunikationsbeeinträchtigungen im Außenwohnbereich bei einem Dauerschallpegel von 65 dB(A) fest.

#### 10.1.2.4.2 Beeinträchtigung der Erholungsfunktion

Unerwünschter Lärm kann die Erholung beeinträchtigen. Zum anderen werden gerade in der Erholung lärmintensive Bereiche und Aktivitäten gesucht, so dass es nicht um den Schallpegel an sich geht, sondern die Erholungsaktivitäten im Zusammenhang mit einer Freizeitsituation zu sehen sind.

---

<sup>198</sup> Spreng (2003): 102-103

<sup>199</sup> Lazarus, H. (1990): New techniques for describing and assessing speech communication under conditions of interference. In: Berglund, B., Lindvall, T. (eds.) (1990): Noise as a Public Health Problem – Part I. Stockholm: Swedish Council Building Research: 197-226.

<sup>200</sup> SRU (1996): Umweltgutachten 1996 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Zur Umsetzung einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. BT-Drucksache 13/4108: 193.

Die Einwendungen und Stellungnahmen richten sich vor allem auf folgende Problembereiche:

- die lärmbedingte Störung der Erholung an sich, im Wohnumfeld, Terrassen und Gärten,
- die lärmbedingte Einschränkung der Nutzung von Erholungsgebieten,
- die lärmbedingte Einschränkung und Beeinträchtigung von speziellen Erholungsaktivitäten, Vereinsaktivitäten u. a.,
- die Festlegung von Grenz- und Orientierungswerten gegen die negativen Einflüsse von Fluglärm auf die Erholung.

Da Erholung mit Kommunikation und Erhalt der Gesundheit von den Einwendern in Verbindung gebracht wird, ergeben sich auch hier Überschneidungen zu den anderen Abschnitten. Die Einwender befürchten aufgrund der Lärmbelastungen einen Verzicht auf den Aufenthalt im Freien, eine Verlagerung von Freizeitaktivitäten in weniger lärmbelastete Bereiche, eine Verlagerung des Tourismus in andere Randbereiche Berlins und einen nachteiligen Strukturwandel durch Wegzug wirtschaftlich besser gestellter Personen als Eigentümer, Mieter oder Pächter. Befürchtet werden eine Beeinträchtigung der Orientierung zu Wasser, der Steuerung von Wettkämpfen des Wassersports mit akustischen Signalen sowie Einschränkungen bei der Erholungsnutzung des Flughafenumfeldes. Bei einer hohen Anzahl von über 20 Überflügen in der Stunde seien keine ausreichenden Erholungsphasen zwischen einzelnen Fluglärmereignissen gegeben. Zur Beurteilung der Verlärmung von Erholungsgebieten seien deshalb auch weitere Planungs-, Grenz- und Orientierungswerte heranzuziehen, wie z. B. die DIN 18005, die für die städtebauliche Planung für Park-, Friedhofs- und Kleingartenanlagen einen Orientierungswert von 55 dB(A) vorsieht.

Nach Ansicht der Planfeststellungsbehörde ist die DIN 18005 keine geeignete Beurteilungsgrundlage für Fluglärm.

Im Antrag wurde zunächst die Schwelle für die Erheblichkeit der Auswirkungen auf die Erholungsfunktion bei einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 62 dB(A) festgelegt. Bereiche mit einer hohen Erholungsfunktion, die innerhalb der 62 dB(A) - Lärmkontur liegen, wurden als erheblich beeinträchtigt bewertet. Im ursprünglichen LBP wurde eine multifunktionale Kompensation für diese Beeinträchtigungen des Schutzgutes Landschaft vorgesehen. Der Wert von 62 dB(A) wurde im Anhörungsverfahren von Trägern öffentlicher Belange kritisiert. Als Ergebnis des Anhörungsverfahrens zeigte sich, dass hier der Wert für eine erhebliche Belästigung aus dem lärmmedizinischen Gutachten übernommen wurde, ohne eine eigene Bewertung der Erholungsverminderung durch Verlärmung innerhalb der UVS vorzunehmen.

Aufgrund der Ergebnisse des Anhörungsverfahrens haben die Träger des Vorhabens eine neue Darstellung der durch Verlärmung der Erholungsfunktion verursachten Beeinträchtigungen innerhalb der UVS vorgelegt. Für die Abgrenzung des Bereichs, in dem Auswirkungen auf die Erholungsnutzung zu betrachten sind, wird von den Trägern des Vorhabens nunmehr der in der aktuellen lärmmedizinischen Diskussion vorgeschlagene präventive Richtwert für das Schutzziel Erholung/Rekreation von  $L_{eq(3,Tag)}$  57 dB(A) herangezogen. Die in der ergänzten Fassung des LBP dargestellten Beeinträchtigungen des Schutzgutes Landschaft werden allerdings nicht mehr als kompensationspflichtige Eingriffe angesehen (vgl. dazu Kapitel Naturschutz und Landschaftspflege).

Insgesamt sind Untersuchungen unter dem Aspekt der Festlegung von Grenz- oder Schwellenwerte für Erholungsbeeinträchtigungen durch Fluglärm sehr selten. Die Störungen von Ruhe und Erholung korrelieren mit dem Lärmpegel geringer, als das für die Belästigung und Kommunikationsstörung zutrifft. Das liegt u. a. daran, dass die Erholungszeiten sich auf bestimmte Tagesabschnitte konzentrieren und der Mittelungspegel die Schallbelastung am gesamten Tag widerspiegelt. Werden nur die Mittelungspegel in den Abendstunden verwandt, so ergeben sich engere Beziehungen zur Erholungsstörung, insbesondere in den Wohngebieten. Störungen der Erholung durch Lärm in den Abendstunden sind am häufigsten. Schutzziele, wie Vermeidung von Krankheiten, Belästigung und Schlafstörungen, beinhalten stets Annahmen zu längerfristigen Wirkungen. Bei der Interpretation von Ergebnissen der Lärmwirkungsfor-schung zur Ableitung von Begrenzungswerten wird dann davon ausgegangen, dass die Betroffenen ständig in solchen Bereichen leben. Bei der Nutzung von Erholungsgebieten sowie von Erholungsaktivi-täten ist die Situation jedoch anders. Sie werden zeitweilig aufgesucht bzw. durchgeführt. Deshalb ist ein Schluss auf die Beeinträchtigung der Erholung auf der Basis der Dosis-Wirkungs-Beziehungen für längerfristig einwirkende Störungen nicht möglich. Wissenschaftliche Erkenntnisse liegen ansonsten nicht vor. Ebenso gibt es nahezu keine Erkenntnisse zur Beeinträchtigung von bestimmten Erholungs-aktivitäten durch Fluglärm.

Die empfundene Störung der Erholung in Erholungsgebieten und bei Erholungsaktivitäten hängt erheb-lich von der Art der Aktivitäten ab und zeigt auch Unterschiede bei gleichen Pegeln in unterschiedlichen Bereichen.<sup>201</sup> Dosis-Wirkungs-Beziehungen lassen sich jedoch schwierig nachweisen.<sup>202</sup> In einer Studie wurden auf der Grundlage einer Befragung zur Störung der Erholung bei Tagespegeln zwischen 50 und 55 dB(A) etwa 10 % gestörte Personen, bei 60 dB(A) etwa 20 % und bei 65 dB(A) etwa 30 % gefun-den.<sup>203</sup>

Trotz dieser sehr unzureichenden wissenschaftlichen Datenlage sollte auch das Schutzziel Erholung in die Betrachtung einbezogen werden. Hierfür kommen nur Dauerschallpegel und keine Maximalpegel in Frage. Maximalpegel in ihrer Störung sind erheblich von den situativen Gegebenheiten und der ausge-übten Aktivität abhängig. Deswegen lassen sich keine pauschalen Orientierungen ableiten. Erholungs-aktivitäten im Innenraum werden durch die Begrenzungswerte für die Reduzierung erheblicher Belästi-gung und der Realisierung einer guten Kommunikation berücksichtigt. Deshalb sollten nur für den Au-ßenraum zusätzliche Begrenzungswerte vor allem in erholungsbezogenen Gebieten zur Bewertung herangezogen werden.

Erholungsaktivitäten sind deutlich eingeschränkt, wenn tagsüber die Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  einen Wert von 64 dB(A) überschreiten. Bis zu diesem Wert sind etwa 25 bis 30 % der Betroffenen in den Erholungsaktivitäten gestört.<sup>204</sup> Erstrebenswert unter präventiven Gesichtspunkten wäre nach der Flug-lärmsynopse für die spezielle Problematik der Erholung ein  $L_{eq(3,Tag)}$  von 57 dB(A) . Der Schwellenwert liegt nach der Fluglärmsynopse bei 50 dB(A). Schaut man sich die Ergebnisse der oben angeführten

---

<sup>201</sup> Anderson, G.S., Horonjeff, R.D., Menge, C.W., Miller, N.P., Robert, W.E., Rossano, C., Sanchez, G., Baumgartner, R.M., McDonald, C. (1993): Dose-Response Relationships Derived from Data Collected at Grand Canyon, Haleakala and Ha-waii Volcanoes National Parks. Technical Report PB94-151941, Washington:NTIS.

<sup>202</sup> Fidell, S., Silvati, L., Howe, R., Pearsons, K.S., Tabachnick, B., Knopf, R.C., Gramann, J., Buchanan, T. (1996): Effects of aircraft overflights on wilderness recreationists. Journal of the Acoustical Society of America, 100, 2909-2918.

<sup>203</sup> Gjestland, T., Liasjo, K., Granoien, I., Fields, J.M. (1990): Response to noise around Oslo Airport Fornebu. ELAB-RUNIT Report No. STF40 A90189. Trondheim.

<sup>204</sup> Spreng (2003): 107

Studie von Gjestland an, sind ca. 8 % der Erholungssuchenden unabhängig vom Pegel immer gestört. Für einen Dauerschallpegel von 62 dB(A) ergeben sich dann ca. 15 % gestörte Personen.

Nach allgemeinen Erkenntnissen ist der Erholungswert der Landschaft und damit die Erholungsnutzung ab einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 57 dB(A) grundsätzlich gemindert. Die Planfeststellungsbehörde nimmt bezüglich des Schutzes der Erholung tagsüber als Grenze für den Erholungswert der Landschaft und die Erholungsnutzung, einen  $L_{eq(3,Tag)}$  von 62 dB(A) an. Hier können etwa 10 bis 15 % von Personen angenommen werden, die bei Befragungen eine Erholungsstörung angeben. Bei solchen Pegeln ist auch die Verhältnismäßigkeit gewahrt gegenüber anderen Schalleinflüssen während einer Erholungstätigkeit. Der Schutz vor Beeinträchtigungen der Erholungsfunktion ist durch den Schutz vor erheblichen Belästigungen abgedeckt, insofern erübrigt sich die Festlegung einer Grenze in den Nebenbestimmungen.

#### 10.1.2.4.3 Beeinträchtigung der Berufsausübung

Die Einwendungen und Stellungnahmen zur Beeinträchtigung der Arbeitstätigkeit durch Fluglärm konzentrieren sich auf

- die Beeinträchtigung von Arbeitstätigkeiten im Freien,
- die Beeinträchtigung der Heimarbeit,
- die Beeinträchtigung bestimmter Arbeitsfunktionen durch erhöhten Schall,
- die Gefährdungen innerhalb der Arbeitstätigkeit, die mit dem Fluglärm im Zusammenhang stehen können,
- die zusätzlichen gesundheitlichen Schäden durch den Fluglärm.

Die Berufsausübung im Freien würde durch eine vermehrte tägliche Lärm- und Luftschadstoffbelastung bis zu 8 Stunden beeinträchtigt, es entstünden Ängste wegen des erhöhten Unfallrisikos, der langfristig eintretenden Gesundheitsschäden, vornehmlich Gehör- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen ab Lärmpegeln über 50 dB(A) bedeuteten eine gegenüber dem Normalbürger um das Mehrfache gesteigerten Erkrankungsgefahr, langfristig erfolge aus arbeitsmedizinischer Sicht eine Gefährdung der Berufsausübung. Nachteilige Auswirkungen des Vorhabens, insbesondere Konzentrationsstörungen und nachlassende Leistungsfähigkeit aufgrund von Fluglärm, seien vor allem für Personen zu befürchten, die geistig-schöpferischen Tätigkeiten mit einem hohen Anteil an Heimarbeit nachgingen.

Zur Frage der langfristigen Gesundheitsschäden - vornehmlich im Gehör- und Herz-Kreislauf-Bereich, ist in den Gutachten M 8 und auch M 9 Stellung genommen worden. Die Feststellung, dass Schallpegel über 50 dB(A) eine gesteigerte Erkrankungsgefahr am Arbeitsplatz bewirken, kann nicht akzeptiert werden. Danach wären fast alle Industriearbeitsplätze gesundheitsschädlich. Bekannt ist, dass oberhalb von 85 dB(A) bei 8-stündiger täglicher Einwirkung nach 10 Jahren Zeichen einer Lärmschwerhörigkeit auftreten und dass bei Einzelschallpegeln von 90 - 99 dB(A), die häufiger (20 bis 25 mal) einwirken, möglicherweise eine Gefahr der Übersteuerung vegetativer Funktionen besteht. Insofern kann der Schlussfolgerung von Einwendungen, dass langfristig aus arbeitsmedizinischer Sicht eine Gefährdung der Berufsausübung vorliegt, nicht gefolgt werden. Die Aussagen im Gutachten M 8 sind nach Angaben des Verfassers nicht ausschließlich aus Ergebnissen von Lärmbelastungen im Berufsleben oder bei der Arbeit gewonnen worden. Vielmehr liegen der Beurteilung und der Ableitung von Kriterien sowohl exper-

rimentelle als auch epidemiologische Untersuchungen bei Fluglärmbelastungen zugrunde, wobei nicht nur auf die eigenen Untersuchungen des Gutachters, sondern auf die allgemeine Fachliteratur, insbesondere auf die neueste Literatur Bezug genommen worden ist.

Auswirkungen von Schall auf psychische Funktionen sind im Labor vielfältig untersucht worden. Es kann zu Verschlechterungen des Kurzzeitgedächtnisses, zur Bevorzugung einfacher Verarbeitungsstrategien und bestimmter Routinen, zur Veränderung von Bewältigungsstrategien, zur Minderung der Selbstkontrolle und zur Reduktion der Leistungsmotivation kommen. Außerdem wird die Anstrengung zur Erreichung eines Zieles möglicherweise erhöht. Dabei hängen die Lärmwirkungen von der Art des Anforderungsprofils ab. Die negativen Auswirkungen von Schalleinwirkungen sind insbesondere bei Tätigkeiten vorhanden, die einen geringen Routineanteil haben und bei Personen mit geringerer Übung oder bei Neueinarbeitungen. Führt Lärm zu Misserfolgen, kann auch die Arbeitszufriedenheit eingeschränkt sein.

Kriterien für die Beurteilung von Fluglärmwirkungen in der und auf die Arbeitstätigkeit gibt es nicht. Auch die Fluglärmsynopse nimmt eine solche Bewertung nicht vor. Einige für die Reduzierung von Umweltlärm relevante Verordnungen legen unterschiedliche Immissionsgrenzwerte nach Art der zu schützenden Nutzung fest, wobei auch Gewerbe-/Industriegebiete einbezogen werden, so etwa die Verkehrslärm-Schutzverordnung (16. BImSchV), die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm, die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), die Verordnung zum Schutz vor Sportlärm (18. BImSchV). Nach TA Lärm wird zwischen Gewerbegebieten und Industriegebieten unterschieden, wobei bei letztgenannten Gebieten höhere Immissionswerte zulässig sind. Diese Regelungen für Umweltlärm dienen vordergründig der Vermeidung von Störungen der Arbeitstätigkeit durch externe Einflüsse. Sie gelten aber nicht für den hier betrachteten Fluglärm.

Die Zielrichtungen von Vorschriften zur Minderung von Schallpegeln bei der Arbeitstätigkeit sind unterschiedlich. So sprechen Unfallverhütungsvorschriften Gefährdungen durch Lärm (UVV Lärm) an, insbesondere Beeinträchtigungen der Gesundheit im Sinne einer Gehörgefährdung oder solche, die zu einer erhöhten Unfallgefahr führen. Beurteilungspegel in diesem Sinne sind ein  $L_{eq(3,8h)}$  von 85 dB(A) für 8 Stunden sowie Maximalpegel von 130 dB(A). Derart hohe Lärmbelastungen treten im Umfeld des Flughafens nicht auf.

Die zweite Zielrichtung von Begrenzungen der Schalleinwirkung in der Arbeitstätigkeit ist die Wahrnehmung akustischer Signale, von Warnrufen oder von Gefahr ankündigenden Geräuschen (§ 12 UVV Lärm), wobei hier nur festgelegt ist, dass der Arbeitgeber diese Wahrnehmung 'in ausreichendem Maße' sichern muss. Entsprechende konkrete Hinweise sind in der DIN EN 457 'Sicherheit von Maschinen, akustische Gefahrensignale' und DIN 33404 'Gefahrensignale für Arbeitsstätten', Teil 3 zu finden.

Eine dritte Zielrichtung der Lärminderungsverpflichtung des Arbeitgebers ist in der Arbeitsstättenverordnung, die derzeit novelliert wird, aufgeführt. Neben dem Gesundheitsschutz mit dem gleichen Beurteilungspegel von 85 dB(A), der bis zu 5 dB(A) überschritten werden kann, wird zusätzlich die Tätigkeitserfüllung in den Mittelpunkt von Beurteilungskriterien gestellt. Der Arbeitgeber hat nach der Arbeitsstättenverordnung auch die „von außen einwirkenden Geräusche“ zu berücksichtigen. Prinzipiell kann man von der Vorstellung ausgehen, dass Fluglärm außerhalb des Flughafengeländes die Beurteilungspegel, die nach den Unfallverhütungsvorschriften und der Arbeitsstättenverordnung genannt werden, im Rauminnern nicht überschreitet.

Insgesamt gelten diese Beurteilungspegel sowohl für den intern erzeugten Lärm durch Betriebseinrichtungen als auch für den von außen einwirkenden Schall, jedoch nicht unmittelbar für den durch die Mitarbeiter erzeugten Lärm.

Bei der Betrachtung der Wirkungen von Fluglärm auf Personen am Arbeitsplatz ergeben sich jedoch einige Schwierigkeiten.

- Der äquivalente Dauerschallpegel bei der Arbeitstätigkeit gilt für 8 Stunden ohne Tag-Nacht-Unterschiede, die Beurteilungskriterien für Fluglärm werden für 16 Stunden am Tage und 8 Stunden in der Nacht berechnet.
- Relevante Maximalpegelbeurteilungen in der Arbeitstätigkeit spielen keine Rolle, 130 dB(A) werden durch Fluglärm nicht erreicht. Bei der Verkehrslärmschutzverordnung wird für den Einzelpegel eine seltene Überschreitung des Grenzwerts für den Dauerschall um 30 dB(A) bzw. 20 dB(A) als zulässig angesehen. Dies wäre auch für die Beurteilung von Fluglärm heranzuziehen.
- Die Beurteilungskriterien für die Arbeit betreffen den unmittelbaren Arbeitsplatz, der Fluglärm wird pauschal außen berechnet. Relevant für die Beurteilung sind bei den zu erwartenden Fluglärmpegeln insbesondere geistige Tätigkeiten bzw. einfache mechanisierte Bürotätigkeiten oder vergleichbare Tätigkeiten, die nahezu ausschließlich in Innenräumen stattfinden, so dass für die Beurteilung auch der Innenraumpegel herangezogen wird.

Für Arbeiten im Innenraum lassen sich demnach indirekt Beurteilungskriterien für die Einwirkung von Fluglärm ableiten.

Für den Außenraum ist die Situation etwas anders. Die Beurteilungspegel der Arbeitsstättenverordnung legen nicht fest, wo die entsprechende Arbeitstätigkeit durchzuführen ist. Es ist nur anzunehmen, dass Tätigkeiten mit überwiegend geistiger Arbeit üblicherweise nicht im Freien ausgeübt werden, Beurteilungspegel von 70 dB(A) vordergründig für „einfache oder überwiegend mechanisierte Bürotätigkeiten und vergleichbare Tätigkeiten“ gelten, was demnach auch nicht im Freien zu erwarten ist. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass außen ein kritischer Toleranzwert von 65 dB(A) und ein anzustrebender präventiver Richtwert von 62 dB(A) unter dem Gesichtspunkt der Vorsorge gegen Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. der Reduzierung erheblicher Belästigungen Anwendung finden sollten; damit wird eine weitgehend ungestörte Arbeit im Außenraum gewährleistet.

Zunehmend spielt in unserer Wirtschaft Heimarbeit eine Rolle, wie auch in den Einwendungen angemahnt. Für die Heimarbeit sind Innenpegel anzusetzen. Der zur Reduzierung erheblicher Belästigung als kritischer Toleranzwert angesetzte  $L_{eq}$  von 65 dB(A) würde in Analogie zur Arbeitsstättenverordnung eine überwiegend geistige Arbeit ermöglichen, da bei einer Dämmwirkung von 15 dB(A) bei angekipptem Fenster im Innenraum 50 dB(A) im Durchschnitt vorhanden wären. Damit wäre der Beurteilungspegel bereits unterschritten. Da zur Vermeidung erheblicher Belästigungen empfohlen wird, einen präventiven Richtwert von 62 dB(A) außen zu verwenden, ist im Innenraum für die Erfüllung der Arbeitstätigkeit keine Störung zu erwarten. Für den Sonderfall, dass Heimarbeit überwiegend geistiger Art im Freien an einzelnen Tagen des Jahres angestrebt wird, gibt es nicht die Notwendigkeit, hier eine zusätzliche generelle Regelung zu schaffen.

Für Maximalpegelbegrenzungen aufgrund der Art der Arbeitstätigkeit gibt es keine Regelwerke. In der Richtlinie VDI 2058 sind lediglich auf den Mittelungspegel bezogene Spitzenpegel genannt. Wenn diese den Mittelungspegel am Tage um 30 und in der Nacht um 20 dB(A) überschreiten, bedarf diese akusti-

sche Belastung einer besonderen Beurteilung. Die Anstiegssteilheit und die Maximalpegel von Zivilflugzeugen sind nicht so, dass Schreckreaktionen zu erwarten sind, auch außen trifft das zu.

Seitens der EU wurde kürzlich – wie bereits oben erwähnt - eine neue Lärmschutzrichtlinie für den Arbeitsbereich herausgegeben (EU Lärm 86/188/EWG 2003). Sie orientiert die präventiven Maßnahmen am Schutz des Gehörs. Hinsichtlich anderer Erkrankungen heißt es: „Der derzeitige wissenschaftliche Erkenntnisstand über etwaige Folgen von Lärm für die Gesundheit und die Sicherheit reicht nicht aus, um exakte, jegliche Gefährdung ... erfassende Expositionsgrenzen festzulegen, insb. hinsichtlich der extraauralen Lärmwirkungen“. Es wird eine untere Auslöseschwelle formuliert, die bei einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3)}$  von 80 dB(A) liegt. Die anderen Begrenzungswerte für Lärmwirkungskomplexe, die insbesondere für die Wohnbevölkerung ausgerichtet sind, liegen deutlich darunter, so dass es auch für den Außenbereich des Arbeitens und Wohnens keine negative Beeinträchtigung gibt. Eine negative Beeinträchtigungen der Arbeitstätigkeit ist bei deren Einhaltung nicht zu erwarten.

Die Planfeststellungsbehörde sieht hier keine Notwendigkeit, zusätzliche Begrenzungswerte festzulegen.

#### 10.1.2.4.4 Beeinträchtigungen bei der Nutzung besonderer Einrichtungen

Die Beeinträchtigung der Nutzung besonderer Einrichtungen durch Fluglärm ist eng mit der Beeinträchtigung der Erholungsfunktion, der Berufsausübung sowie der Kommunikation verknüpft. Die lärmbedingte Beeinträchtigung besonderer Personengruppen und empfindlicher Einrichtungen wird gesondert weiter unten behandelt. Spezielle Untersuchungen zur Beeinträchtigung religiöser Handlungen sowie der Anwesenheit auf Friedhöfen konnten nicht gefunden werden. Deshalb sind indirekt Schlussfolgerungen aus den Beurteilungswerten für Kommunikation und Erholung zu ziehen.

Die Träger des Vorhabens haben die Auswirkungen des Ausbauvorhabens lärmphysikalisch ermittelt und lärmmedizinisch bewerten lassen. Nach Maßgabe der lärmmedizinischen Beurteilung liegt dann eine unzumutbare Lärmbeeinträchtigung vor, wenn tagsüber in Wohngebieten ein äquivalenter Dauerschallpegel von 62 dB(A) überschritten wird. Eine Beeinträchtigung durch Fluglärm setzt voraus, dass die Betroffenen den Einwirkungen länger ausgesetzt sind, was bei religiösen Handlungen in der Regel nicht der Fall ist. So finden zwar Begräbnishandlungen auf Friedhöfen im Freien statt, aufgrund der kurzen Verweildauer der Teilnehmer sind jedoch die anfallenden Geräuschereignisse zumutbar.

Die auch von den Kirchengemeinden vorgetragenen Befürchtungen, ihre religiösen Aktivitäten würden durch Geräuschmissionen beeinträchtigt, entbehren der sachlichen Fundierung. Aufgrund der vorliegenden Gutachten und der aufgeführten Beurteilungsmaßstäbe kann nicht davon ausgegangen werden, dass seelsorgerische und liturgische Handlungen sowie Konfirmanden- und Religionsunterricht, welche in geschlossenen Räumen stattfinden, durch Fluglärm nennenswert behindert oder gar verhindert würden. Soweit im Einzelfall die im Rauminnern auftretenden Lärmbelastungen Kommunikationsstörungen hervorrufen können, die geeignet wären, die religiösen Handlungen zu behindern, ist diesen Anforderungen durch die Begrenzungswerte für Kommunikationsschutz Rechnung getragen. Die Notwendigkeit zur Festsetzung gesonderter Begrenzungswerte ist deshalb nicht gegeben.

#### 10.1.2.5 Besondere Personengruppen

In der Bevölkerung gibt es besonders schutzbedürftige Gruppen von Menschen, dazu zählen kranke, pflegebedürftige, behinderte und ältere Menschen sowie Kinder, woraus sich eine Reihe besonders schutzbedürftiger Bereiche ergibt. Hierzu zählen Kindertagesstätten, Schulen, Altenheime, Pflegeheime

und Krankenhäuser. Einige Untersuchungen über Lärmwirkung in diesen Gruppen liegen vor, so dass es gerechtfertigt ist, Begrenzungswerte für Fluglärmbelastungen in diesen Bereichen festzulegen.

Die Begrenzungswerte zur Vermeidung von Gesundheitsbeeinträchtigungen in diesen Bereichen werden ausschließlich unter präventiven Gesichtspunkten angegeben, d. h. sie liegen deutlich unterhalb der Gefährdungsschwelle.

#### 10.1.2.5.1 Kranke Menschen

In den letzten zwei Jahrzehnten gab es kaum wissenschaftliche Untersuchungen, die sich mit der Wirkung von Fluglärm auf Kranke oder auf Bereiche mit überwiegend kranken Menschen beziehen. Im Vordergrund standen epidemiologische Untersuchungen zur Belästigung oder zur Rolle von kausalen Faktoren in der Entstehung von Krankheiten. Die Ableitung von Begrenzungswerten erfolgt daher aus Analogieschlüssen. Untersuchungen zur besonderen Belästigung von Kranken gibt es kaum, auf die stärkeren Einschränkungen von Schwerhörigen und Hörgeräteträgern wurde im Kommunikationskapitel hingewiesen.

Im Vordergrund der folgenden Betrachtungen steht daher bei den Kranken die Verhinderung von Verschlechterungen einer Erkrankung sowie die Beeinträchtigung der Heilungs- und Regenerationsprozesse durch Fluglärmwirkungen. Bei Erkrankten liegen regelwidrige pathophysiologische Zustände und Behandlungsbedürftigkeiten vor. Die Anpassungsfähigkeit an Umweltbelastungen und veränderte Umweltbedingungen ist eingeschränkt. Kranke in Krankenhäusern sind häufig an einen Platz gebunden und haben damit keine Ausweichmöglichkeiten. Bei leichteren Erkrankungen ist diese Empfindlichkeit deutlich niedriger. Da in Krankenhäusern Leicht- bis Schwerstkranke aufgenommen sind, werden die Schwerstkranken als Maßstab herangezogen.

Nach wissenschaftlichen Untersuchungen weisen Schwerstkranke (schwerste Hirnverletzung) gegenüber gesunden Menschen eine um 30 bis 32 dB(A), Schwerkranke (Hirnverletzte) eine um etwa 21 bis 24 dB(A) und leicht erkrankte (Neurotiker) eine um 11 dB(A) erhöhte Empfindlichkeit auf.<sup>205</sup> Die Reaktionen wurden bei kranken Menschen schon bei geringen Belastungen ausgelöst und waren stärker als bei gesunden.

Das Gutachten M 8 geht bei einem gesunden Menschen von dem kritischsten Fall, dem Übersteuerungswert von  $L_{\max}$  87 dB(A) in der Nacht aus. Da bezüglich der rechtlichen Zumutbarkeit Schwerstkranke betrachtet werden, ist der Wert um 32 dB(A) zu mindern. Die Übersteuerung setzt dann bereits bei einem Maximalpegel von 55 dB(A) ein. Um diesen Gefährdungswert deutlich zu unterschreiten, wird vom Gutachter eine weitere Absenkung des Pegels um 10 dB(A) für erforderlich gehalten. Der zulässige Maximalpegel für Räume, in denen sich Schwerstkranke aufhalten, beträgt dann 45 dB(A).

Die Fluglärmsynapse legt präventive Begrenzungswerte für den Innenraumbereich von Krankenhäusern getrennt nach Tag und Nacht fest. Der Dauerschallpegel  $L_{\text{eq}(3,\text{Tag})}$  soll aus präventiver Sicht tagsüber nicht mehr als 36 dB(A) im Innenraum betragen. Für die Nacht wird ein Wert von 30 dB(A) innen als Dauerschallpegel vorgeschlagen. Der Maximalpegel  $L_{\max}$  darf tagsüber einen Wert von 45 dB(A) und nachts von 40 dB(A) nicht übersteigen. Diese Werte stehen im Einklang mit den Forderungen der WHO-

---

<sup>205</sup> Griefahn, B. (1982): Grenzwerte vegetativer Belastbarkeit. Z. f. Lärmbekämpfung 29: 131-136.



Studie von Berglund.<sup>206</sup> Das Gutachten M 8 führt dazu aus, dass die im Auftrag der WHO erstellte Studie Werte vorschlägt, die weit unterhalb der bisher ermittelten Schwellenwerte für physiologische und psychische Reaktionen liegen.

Bei der Festlegung von Zumutbarkeitsgrenzen ist zunächst aus präventiven Gründen von Schwerstkranken auszugehen, obwohl in Krankenhäusern alle Krankheitskategorien immer gleichzeitig zu finden sind. Mit Hilfe des oben von Spreng definierten Kriteriums 25 x 90 dB(A) zur Vermeidung vegetativer Übersteuerungen ergibt sich unter Berücksichtigung der erhöhten Empfindlichkeit für Schwerstkranken von 30 bis 32 dB(A) und dem Schalldämmmaß von 15 dB(A) außen/innen (gekipptes Fenster) für den Tag ein tolerierbarer Maximalpegelbereich von 43 bis 45 dB(A). Für Schwerkranke, die eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Gesunden von 21 bis 24 dB(A) aufweisen, ergibt sich ein Pegelbereich von 51 bis 54 dB(A) als Beginn der Übersteuerung. Für Leichtkranke und einer um 11 dB(A) erhöhten Empfindlichkeit ein Pegel von 64 dB(A).

Die Planfeststellungsbehörde legt auf der Grundlage der Wirkungskriterien für Schwerstkranken in Krankenhäusern als einfach-rechtliche Zumutbarkeitsgrenze im Rauminnern einen Maximalpegel von 45 dB(A) fest. Dieser Wert verhindert die Übersteuerung bei kranken Menschen ausreichend, um die Heilungsprozesse nicht negativ zu beeinflussen. Gleichzeitig werden Schlafstörungen durch einen Maximalpegel, der 10 dB(A) unter dem des Schutzziels für den nächtlichen Fluglärm liegt, weitestgehend vermieden. Dabei ist zu beachten, dass Schwerstkranken heute häufig auf Intensivstationen mit Klimaanlage untergebracht sind, so dass dann ein geöffnetes oder gekipptes Fenster für die Ermittlung des zulässigen Außenpegels keine Berücksichtigung findet. Für die sechs verkehrsreichsten Monate errechnet sich nach dem Verkehrsszenario 20XX unter Berücksichtigung des zulässigen Maximalpegels von 45 dB(A) für den Innenbereich der Krankenhäuser ein maximaler Dauerschallpegel von 42 dB(A) tags und 35 dB(A) nachts. Nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde ist es erforderlich, für kranke Menschen einen ausreichenden Innenschutz auch hinsichtlich der Dauerbelastung zu gewähren. Die Grenze für kranke Menschen in Krankenhäusern wird daher aus präventiven Gründen tagsüber auf einen Dauerschallpegel von 38 dB(A) und für die Nacht auf 32 dB(A) im Rauminnern festgelegt.

Die oben gemachten Aussagen gelten auch für Rehabilitationseinrichtungen und Pflegeheime, in denen kranke und behinderte Menschen vollstationär versorgt werden. Diese Personen müssen denen in Krankenhäusern gleichgestellt werden.

#### 10.1.2.5.2 Alte Menschen und lärmsensible Personen

Die Einwendungen und Stellungnahmen heben auch auf die besondere Schutzbedürftigkeit von älteren Menschen und lärmsensiblen Personen ab.

Spezielle Untersuchungen zur Fluglärmwirkung bei Älteren über 60 Jahren liegen kaum vor. Aufgrund von anderen Belastungsuntersuchungen ist auf eine Veränderung der physiologischen Reaktivität insbesondere im Kreislaufbereich, aber auch im hormonellen Bereich zu schließen. Im Allgemeinen reagiert der Ältere nicht so stark auf Belastungen mit Veränderungen des Blutdrucks oder der Herzfrequenz, wenn keine pathologische Störung vorliegt. Dies ist jedoch bei den Älteren häufiger der Fall. Zum anderen kommt es zur Einschränkung der Leistungsfähigkeit der Sinnesorgane, u. a. auch des

---

<sup>206</sup> Berglund, B., Lindvall, T. (Eds.) (1995): Community noise. Archives of the Centre of Sensory Research, 2(1), Stockholm University and Karolinska Institute: 1-195.

Hörorgans und der Hörfähigkeit vor allem für hohe Töne. Bei den Lärmwirkungsuntersuchungen u. a. zur Festlegung von Beurteilungsgrenzen werden auch Ältere mit einbezogen. Ergebnisse zu Lärmwirkungen für Wohngegenden beruhen daher auch auf deren Angaben, so dass für Wohngegenden unter Berücksichtigung der übrigen Begrenzungswerte keine besondere Betrachtung erforderlich ist.

Einer differenzierteren Beurteilung bedürfen dagegen Altenheime. Hierbei ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen den Bereichen, in denen Ältere konzentriert wohnen, z. B. in Seniorenwohntentren sowie betreuten Wohnanlagen, und den Pflegeheimen. Der Handlungsbedarf bei pflegebedürftigen Menschen ist bereits oben dargestellt worden. In den Wohnanlagen für ältere Menschen ist damit zu rechnen, dass überwiegend gesunde, ältere Menschen leben, die wenig Unterschiede in den Lärmwirkungen gegenüber der Durchschnittsbevölkerung zeigen.

Das Gutachten M 8 fordert für Rehabilitationskliniken und Altenwohnheime die Einhaltung eines Dauerschallpegels für den Innenraum von 40 dB(A) in der Nacht. Durch den allgemein gültigen Begrenzungswert für den Schutz vor Schlafstörungen in der Nacht (Dauerschallpegel innen 35 dB(A)) ist bei älteren Menschen auch ausreichend für Lärmschutz gesorgt. Unter Berücksichtigung eines höheren Schutzbedürfnisses älterer Menschen hinsichtlich der Kommunikation am Tag (Schwerhörigkeit, vgl. Abschnitt Kommunikationsbeeinträchtigungen) wird tagsüber ein Dauerschallpegel von 42 dB(A) innen als Grenze festgelegt. Zur Berücksichtigung der leicht- bis schwerkranken älteren Menschen (Übersteuerung bei  $90 - 16 - 15 = 59$  dB(A)) in Wohnheimen ist die Einhaltung der beim Kommunikationsschutz und beim Schutz vor Schlafstörungen definierten Maximalpegel im Innenraum von 55 dB(A) ausreichend. Die einfach-rechtliche Zumutbarkeitsgrenze für den Maximalpegel im Rauminnern wird daher auf diesen Wert festgelegt.

Es gibt keine genaue Definition für Lärmempfindlichkeit. Im Gutachten M 8 wird aufgeführt, dass frühere Schätzungen davon ausgehen, dass 10 bis 15 % der Bevölkerung als lärmempfindlich zu bezeichnen sind. Untersuchungsergebnisse zur physiologischen Lärmempfindlichkeit zeigen, dass 6,25 % der Untersuchten lärmempfindlich waren. Wie im Gutachten M 8 ferner aufgeführt, kann man eine physiologische Lärmempfindlichkeit zwar aufgrund der besonderen Reagibilität physiologischer Parameter bewerten, zusätzlich ist jedoch auch eine psychische Lärmempfindlichkeit anzunehmen. Die psychologischen und soziologischen Aspekte sind in den Untersuchungen nur ansatzweise berücksichtigt worden, eine allgemein gültige Aussage ist daher nicht möglich.

Bei allen Untersuchungen im Bereich Lärmwirkungen zur Ableitung von generellen Dosis-Wirkungs-Beziehungen werden auch Lärmempfindliche mit einbezogen. In einigen Untersuchungen ist der Anteil der Lärmempfindlichen sogar überrepräsentiert, häufig bei den physiologischen Untersuchungen. Es wird auch angenommen, dass Lärmempfindliche sich eher an Befragungsuntersuchungen beteiligen. Deshalb werden Lärmempfindliche auch in den aus diesen Untersuchungen abgeleiteten Beurteilungsgrenzen berücksichtigt. Zu den Lärmempfindlichen gehören auch kranke und alte Menschen, für die besondere Beurteilungsgrenzen gelten, wie vorher dargestellt. Eine zusätzliche Berücksichtigung von Lärmempfindlichen ist nicht notwendig.

#### 10.1.2.5.3 Kinder

In Schulen kommt es auf eine gute Sprachverständlichkeit und gute Konzentrationsmöglichkeit an. Im Gutachten M 8 wird für Schulen die Berücksichtigung der Kennwerte für Kommunikationsstörungen gefordert. Das trifft dem Grunde nach auch auf Kindertagesstätten zu, da Kommunikation auch hier eine Rolle spielt. Untersuchungen haben ergeben, dass der Sprachpegel für entspannte Konversation bei näherungsweise 55 dB(A) liegt, eine 99prozentige Satzverständlichkeit ist dann garantiert. Mehr als eine Überschreitung des Richtwertes ist durch Schallschutzmaßnahmen zu verhindern, um Störungen

zu vermeiden. Zielwert für die Schallschutzmaßnahmen im Innenraum muss dann ein Maximalpegel von 50 dB(A) sein. Hinweise auf Begrenzungswerte für Dauerschallpegel enthält die VDI-Richtlinie 2058 Blatt 3, wo für mentale Tätigkeiten ein Dauerschallpegel von 55 dB(A) als Richtwert angegeben wird.

In Kindertagesstätten verursachen Kinder eigenen Lärm mit einem Dauerschallpegel zwischen 69 und 74 dB(A). Die Außenpegel sind entsprechend hoch und führen mitunter zu Belästigungen in der Nachbarschaft. Der Gutachter hält Schallschutzmaßnahmen für Ruhe- und Schlafräume in Kindertagesstätten für erforderlich, wenn der Fluglärm im Außenbereich der Kindertagesstätten Dauerschallpegel über 62 - 65 dB(A) erzeugt.

Das Gutachten M 8 setzt sich auch mit dem Einfluss des Fluglärms auf kognitive Funktionen, Motivation, Lebensqualität sowie auf die Ausscheidung von Stresshormonen und auf den Blutdruck bei Kindern auseinander. Hierzu werden Studien zur Untersuchung der Wirkungen des Fluglärms auf Kinder angeführt. Besondere Maßnahmen sind nach Auffassung des Gutachters auf der Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse nicht erforderlich. Frühgeburten werden durch den Fluglärm nicht vermehrt ausgelöst, Ungeborene durch die Lärmbelastungen nicht beeinflusst.

Die Einwendungen und Stellungnahmen zu möglichen Lärmbelastungen in Kindertagesstätten und Schulen drücken die Befürchtung aus, es komme zu einer Einschränkung der Entwicklung der Kinder durch den Lärm, ferner werden Ausführungen zu den Schallpegelmaßen gemacht. Die besondere Schutzbedürftigkeit von Kindern werde in dem Lärmgutachten M 8 nicht anerkannt und sogar zu deren Nachteil ausgelegt. Kinderlärm sei nicht mit Fluglärm gleichzusetzen, die Behauptungen zu den Lärmwirkungen seien weder durch Quellen belegt, noch begründet. Da sich in den Klassenräumen während des Unterrichts eine große Zahl von Schülern aufhalte und die meisten Zimmer große Fensterflächen aufwiesen, sei aus hygienischen Gründen und zur Temperaturregulierung im Sommer für eine ausreichende Belüftung der Räume zu sorgen. Damit sei aber zu bestimmten Zeiten ein ausreichender Schallschutz nicht mehr möglich, es fehle im Antrag die Darstellung der erforderlichen Schallschutzmaßnahmen für lärmempfindliche Einrichtungen.

Andere Lärmwirkungsuntersuchungen gäben aufgrund neuerer Erkenntnisse für Unterrichtsräume deutlich geringere Maximalpegel von 40 bis 45 dB(A) innen als der Gutachter an. Die Bewertungen des Gutachters gingen von einem Schüler-Lehrer-Abstand von einem Meter aus, andere Lärmwirkungsforscher nehmen jedoch als Abstand eine Entfernung von ca. 6 Metern an, was auch mehr den Tatsachen entspreche. Die im Gutachten M 8 angegebenen Maximalpegel von 60 dB(A) in Kindertagesstätten würden nach Meinung anderer Lärmexperten als deutlich zu hoch eingeschätzt. Aufgrund der Lerntätigkeit bereits in den Vorschulgruppen der Kindertagesstätten seien auch für diese Einrichtungen gleiche Pegel wie in den Schulen anzusetzen. Zu berücksichtigen sei fernerhin, dass diese Kinder auch tagsüber einen erhöhten Ruhebedarf haben, so dass auch am Tage Ruhezeiten eingeräumt werden müssten.

Die selbst erzeugten Schallpegel in Schulen und Kindertagesstätten sind erheblich. Seitens der Einwender wurde die Angabe im Gutachten M 8 über Mittelungspegel in Kindertagesstätten von 69 bis 74 dB(A) kritisiert. Diese Werte entsprechen jedoch auch anderen Untersuchungsergebnissen.<sup>207</sup> In Pausen werden in Schulen oder während der Spiele in Kindertagesstätten Einzelereignispegel bis weit über

---

<sup>207</sup> Schick, A., Klatte, M., Meis, M. (1999): Die Lärmbelastung von Lehrern und Schülern – ein Forschungsstandsbericht. Z Lärmbekämpfung 46(3): 77-87.

90 dB(A) gefunden. Während des Unterrichts in Schulen liegen die Störschallpegel oft zwischen 50 und 65 dB(A).<sup>208</sup>

In den Gutachten M 8 und M 9 wird dargestellt, dass eine 99prozentige Satzverständlichkeit bei Maximalpegeln von 55 dB(A) noch garantiert ist. Bei Sprechlautstärken von 66 dB(A) in einem Meter Abstand während des Unterrichts kann die Beurteilung für die Kommunikation als gut beschrieben werden, wenn die Differenzen zwischen Sprechlautstärke und Störschall im Bereich von 6 - 12 dB(A) liegen. Eine Begrenzung des Maximalpegels im Innenbereich der Räume auf einen Wert von 55 dB(A) und darunter erfüllt diese Bedingung. Bei der Kommunikation für 10 m Entfernung mit einer angehobenen bis lauten Stimme mit 69 dB(A) soll für eine ungestörte Kommunikation der Abstand zwischen Sprechlautstärke und Störgeräuschpegel bei 10 bis 20 dB(A) liegen. Der Störschall darf dann bei dieser Situation zwischen 49 und 59 dB(A) liegen. Insofern kann nach Auffassung des Gutachters für Planungszwecke ein Maximalpegel von 55 dB(A) im Innenraum angesetzt werden.

Die Fluglärmynopse fordert für Schulen und Kindertagesstätten aus präventiver Sicht einen Dauerschallpegel von 40 dB(A) innen als präventiven Richtwert. In Kindertagesstätten mit Ruheräumen einen Pegel von 36 dB(A) innen. Wegen der situativen und individuellen Einflussfaktoren in diesen Einrichtungen wird davon abgesehen, einen Maximalpegel als Richtwert zu benennen.

In einer Reihe von Untersuchungen werden Beeinflussungen der Entwicklung von Kindern hinsichtlich des Leistungsverhaltens, zum Beispiel in der Schule, beschrieben. Es kommt damit zu Verschlechterungen der kognitiven Leistungen, des Langzeitgedächtnisses, des Lernens, der Sprachwahrnehmung und des Spracherwerbs.<sup>209</sup> In den Untersuchungen in der Umgebung des neuen, 1992 eröffneten Flughafens München und des alten, stillgelegten Flughafens München-Riem wurde gezeigt, dass in der Umgebung des neuen Flughafens die Leistungen von Schulkindern sich allmählich verschlechterten (die Untersuchungen fanden vor, 6 Monate nach und 18 Monate nach der Eröffnung statt), wobei unterschiedliche Leistungsbereiche betroffen und die Ergebnisse auch nicht konsistent waren. Darüber hinaus deuteten sich auch Motivationsänderungen und Störungen der kognitiven Bewältigungsstrategien an. Obwohl aus diesen Untersuchungsergebnissen noch keine Schlussfolgerungen mit Allgemeingültigkeit gezogen werden können, halten die Untersuchungsergebnisse dazu an, gerade in diesen Bereichen dafür zu sorgen, dass sich eine durch Lärm ungestörte Entwicklung der Kinder vollziehen kann.

In einer weiteren Untersuchung zum Einfluss wahrgenommener Umweltbedingungen auf die subjektive Gesundheit wird festgestellt, dass die Effekte der Lärmwirkung in Bezug auf die subjektive Gesundheit bei Kindern geringer ausgefallen sind, als ursprünglich angenommen wurde. Die Kinder gaben weniger Störungen durch negative Umwelteinwirkungen einschließlich Fluglärm als Erwachsene an. Die Lebensqualität der Kinder war in den Dimensionen allgemeine Gesundheit, Vitalität und Lebenszufriedenheit mehr zwischen Stadt und Land verschieden als in unterschiedlich lärmexponierten Gebieten.<sup>210</sup>

---

<sup>208</sup> Knothe, M., Misterek, M., Meyer, G., Thümmler, D., Scheuch, K. (1988): Beanspruchungsunterschiede zwischen Berufsschul- und POS-Lehrern in der Unterrichtstätigkeit. Z. gesamte Hygiene 34(11): 644-645.

<sup>209</sup> Hygge, S., Evans, G.W., Bullinger, M. (1998): The Munich airport noise study: Effects of chronic aircraft noise on children's cognition and health. In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (eds.): Noise Effects - 7<sup>th</sup> International Congress on Noise as a Public Health Problem. Sydney, 22-26th Nov. 1998. Vol. 1, pp. 268-274.

<sup>210</sup> Bullinger, M., Bahner, U. (1997): Erlebte Umwelt und subjektive Gesundheit. Eine Untersuchung an Müttern und Kindern aus unterschiedlich lärmbelasteten Gebieten. Z. f. Gesundheitswissenschaften, 3: 89-108.

Es ist bekannt, dass Kinder im Vergleich zu anderen Bevölkerungsgruppen erheblich lärm erzeugend sind und auch Lärm weniger negativ bewerten. Auch die physiologischen Reaktionen auf Lärm sind in diesen Altersbereichen nicht stärker ausgeprägt als bei Erwachsenen. Ungeachtet der hohen selbst erzeugten Schallpegel sind Bedingungen für eine ungestörte Entwicklung der Kinder zu schaffen. Dabei ist in den Ganztageskindertagesstätten auch zu berücksichtigen, dass eine Mittagsruhe eingehalten werden kann.

Ein kritischer Schwellenwert lässt sich für die Beeinflussung von Leistungsminderungen im mentalen Bereich bisher nicht ableiten. Erste Anhaltspunkte zu den Auswirkungen von Fluglärm auf das mentale Leistungsniveau von Schulkindern sind jedoch vorhanden, bei Mittelungspegeln zwischen 62 und 68 dB(A) außen sind Leistungsminderungen in mehreren Funktionsbereichen nicht auszuschließen. Teilweise ergeben sich signifikante Ergebnisse. Bei Schulen und Kindertagesstätten sollte das Vorsorgeprinzip besonders gelten, auch wenn die wissenschaftlichen Erkenntnisse hier noch sehr lückenhaft sind. Die Besonderheiten der intermittierenden Geräusche des Flugverkehrs gegenüber anderen Verkehrslärmarten waren zu berücksichtigen. Es wird deshalb ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 40 dB(A) für den Innenraum in Schulen als Grenze festgelegt. Maximalpegel spielen eine geringere Rolle, da sie erheblich von situativen Bedingungen abhängen. Wegen besonderer Fälle (Fremdsprachenunterricht u. a.) wird ein  $L_{max}$  von 55 dB(A) festgelegt, bei dem in der Regel eine 99 %ige Satzverständlichkeit zu erwarten ist. Auch während des normalen Unterrichtes treten mehrfach Maximalpegel über diesen Bereich durch die Lehraktivitäten auf. Die zulässigen Maximalpegel  $L_{max}$  werden auf einen Wert von 55 dB(A) festgelegt, der maximal durch Fluglärm einmal pro Unterrichtsstunde überschritten werden darf.

Bei den Kindertagesstätten, in denen die Kinder mittags ruhen sollen, stellt unter Berücksichtigung der geringeren Lärmempfindlichkeit von Kindern in den betreffenden Innenräumen ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 38 dB(A) tagsüber die Grenze dar, dieser Wert ist während der Ruhepause in Ruheräumen einzuhalten. In den übrigen Aufenthaltsräumen der Kindertagesstätten sind die Werte für Schulen einzuhalten.

Da die vorgenannten Einrichtungen von Kindern nur tagsüber genutzt werden, erübrigt sich die Festlegung zulässiger Nachtwerte.

#### 10.1.2.6 Zusammenfassung

In der Umgebung von Flughäfen stellt der Fluglärm die Auswirkung des Flugbetriebs dar, die zu den stärksten Reaktionen bei den Anwohnern führt. Zum Fluglärm zählen alle Geräusche der den Flughafen anfliegenden und von ihm abfliegenden Luftfahrzeuge sowie die auf dem Flughafengelände erzeugten Geräusche (Bodenlärm), soweit sie mit dem Flugbetrieb in Zusammenhang stehen. Anders als im Bereich Straße und Schiene sind für die Zulassung von Flugplätzen und deren Änderung durch den Gesetzgeber bisher keine Grenzwerte für die Unzumutbarkeit von Lärmeinwirkungen festgelegt worden. Das BImSchG nimmt in § 2 Abs. 2 Satz 1 Flugplätze von seinem Anwendungsbereich ausdrücklich aus.

Grundlage für die Entscheidung der Planfeststellungsbehörde, ob und in welcher Höhe Fluglärm entscheidungsrelevant ist und ab wann er unzumutbar ist (Zumutbarkeitsgrenze), sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Lärmmedizin und der Lärmpsychologie. Dabei sind unterschiedliche Schutzziele in den Blick zu nehmen. Für jedes Schutzziel ist durch die Planfeststellungsbehörde die fachplanerische Grenze unter Vorsorgegesichtspunkten bzw. die einfach-rechtliche Zumutbarkeitsgrenze festzulegen, die im Anwendungsbereich des BImSchG als Schwelle der erheblichen Belästigung bezeichnet wird. Die verfassungsrechtliche Zumutbarkeitsgrenze, bei der die Geräuscheinwirkungen gesundheitsgefährdend sind und das Eigentum schwer und unerträglich beeinträchtigt wird, darf unter keinen Umständen überschritten werden.

Die Träger des Vorhabens haben die hierzu erforderlichen Sachverständigengutachten mit den Antragsunterlagen vorgelegt. Die medizinische und psychologische Beurteilung der mit dem Ausbauvorhaben verbundenen Fluglärmbelastungen erfolgte vor allem im Hinblick auf Gesundheitsgefährdungen, erhebliche Belästigungen, Kommunikationsstörungen sowie unter dem Gesichtspunkt lärmbedingter Schlafstörungen unter besonderer Berücksichtigung der Vorsorge.

### 1) Schutzziel zur Vermeidung von Hörschäden

Belastungen hinsichtlich der Beeinträchtigung des Gehörs müssen nach derzeitigem Erkenntnisstand überhaupt erst betrachtet werden, wenn ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,24h)}$  von 70 dB(A) überschritten wird. Unter präventiven Gesichtspunkten darf aus der Sicht der Planfeststellungsbehörde als Schutzziel zur Vorsorge gegen nicht auszuschließende Hörschäden über einen Zeitraum von 24-Stunden ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,24h)}$  von 75 dB(A) nicht überschritten werden, höhere Belastungen sind nicht zumutbar.

### 2) Schutzziel zur Vermeidung von Schlafstörungen

Nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde ist die Störung des Nachtschlafs durch fluglärminduzierte Aufwachreaktionen als Kriterium für die Beurteilung von Gesundheitsbeeinträchtigungen (Dosis-Wirkung-Beziehung) ausschlaggebend für die Festlegung von Begrenzungswerten hinsichtlich der nächtlichen Fluglärmbelastung. Erste Reaktionen sind ab einem Maximalpegel von 40 dB(A) am Ohr des Schläfers zu beobachten. Unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse wird die einfach-rechtliche Zumutbarkeitsgrenze, ab der möglicherweise Schlafstörungen nicht mehr auszuschließen sind, bei einem Maximalpegel  $L_{max}$  von 55 dB(A) am Ohr des Schläfers festgelegt. Dieser Wert soll im Innenraum regelmäßig (durchschnittlich nicht mehr als 6 Ereignisse pro Nacht mit 55 dB(A) im Rauminnern) eingehalten werden. Das entspricht unter Berücksichtigung der oben angeführten Schallpegeldifferenz außen und innen einem Außenlärm von 6 Lärmereignissen mit einem Maximalpegel  $L_{max}$  von 70 dB(A). Bei Überschreitung dieses Wertes sind geeignete Maßnahmen zur Minderung der Lärmbelastung im Innenbereich der Schlafräume durchzuführen. Ausschlaggebend für die Festlegung einer möglichst geringen Zahl von Flugereignissen zur Nachtzeit mit niedrigen Maximalpegeln deutlich unter 60 dB(A) innen sind die neueren wissenschaftliche Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung, die zur Vermeidung erinnerbarer Aufwachreaktionen die zahlenmäßige Begrenzung lauter Lärmereignisse zur Nachtzeit notwendig machen. Eine Gesundheitsgefährdung kann bei einem Maximalpegel von 60 dB(A) im Rauminnern, der durchschnittlich sechsmal in der Nacht auftritt, nicht mehr ausgeschlossen werden, diese Belastungen sind zu vermeiden.

Nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde ist es ferner notwendig einen Begrenzungswert für Lärmbelastungen auf der Grundlage eines Dauerschallpegels festzulegen. Reaktionen sind nach gegenwärtigen Erkenntnissen ab einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Nacht)}$  von 30 dB(A) zu erwarten. Um die Störungen des Nachtschlafs zu minimieren, legt die Planfeststellungsbehörde daher für die Nacht einen Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Nacht)}$  von 35 dB(A) im Rauminnern als Grenze fest. Unter Berücksichtigung einer Pegeldifferenz außen und innen von 15 dB(A) ergibt sich ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Nacht)}$  von 50 dB(A) außen als Auslöser für notwendige Schallschutzmaßnahmen, die durchschnittlich und langfristig wirkende Belastungen begrenzen sollen. Das Dauerschallpegelkriterium ergänzt das oben dargestellte Pegel-Häufigkeits-Kriterium und sorgt für eine zusätzliche zahlenmäßige und lärmwirkungsorientierte Begrenzung der Lärmereignisse zu Nachtzeit unterhalb des Pegel-Häufigkeits-Kriteriums.

### 3) Schutzziel zur Vermeidung von Gesundheitsschäden und Krankheit

Die Angabe eines berücksichtigungsfähigen Schwellenwertes ist nach dem Stand der Lärmwirkungsforschung aufgrund der geringen wissenschaftlichen Erkenntnisse derzeit nicht möglich. Wo sich Menschen dauerhaft aufhalten können, z. B. in Aufenthaltsräumen, sollten aus präventiven Gründen die Werte einen Dauerschallpegel von 65 dB(A) tagsüber nicht überschreiten. Bei einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 70 dB(A) und mehr tagsüber ist allerdings die Grenze zur Gesundheitsgefahr überschritten und damit eine schwere und unerträgliche Belastung eines Wohngrundstücks erreicht (verfassungsrechtliche Zumutbarkeitsgrenze). Bei dauerhaften Belastungen dieser Größenordnung ist ein gesundes Wohnen dann nicht mehr möglich und ein Übernahmeanspruch gegeben.

#### 4) Schutzziel zur Vermeidung erheblicher Belästigungen

Als Schwellenwert für auftretende Belästigungen wird von der Planfeststellungsbehörde ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 55 dB(A) außen angesehen, ohne dass hier bereits die erhebliche Belästigung gegeben wäre. Im Sinne eines Vorsorgewertes wird zur Vermeidung erheblicher Belästigungen tagsüber von der Planfeststellungsbehörde ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 62 dB(A) außen als Grenze angesehen.

#### 5) Schutzziel zur Vermeidung von Kommunikationsstörungen

Erste leichte Kommunikationsstörungen treten aus Sicht der Fachwissenschaft ab einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 35 dB(A) im Rauminnern auf. Um mindestens eine gute bis sehr gute Sprachverständlichkeit bei zwei Meter Abstand zu gewährleisten, muss innen ein Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 45 dB(A) eingehalten werden. Das entspricht bei einem gekippten Fenster einem Außenpegel von 60 dB(A). Die Planfeststellungsbehörde legt daher zur Vermeidung von Kommunikationsstörungen die Grenze bei einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 60 dB(A) außen fest. Die Maximalpegel  $L_{max}$  dürfen in Aufenthaltsräumen von Gebäuden einen Wert von 55 dB(A) nicht übersteigen (einfach-rechtliche Zumutbarkeitsschwelle).

Für den Außenwohnbereich ist die Festlegung höherer Zumutbarkeitsgrenzen als für den Innenwohnbereich zulässig. Die Planfeststellungsbehörde legt die Grenze der einfach-rechtlichen Zumutbarkeit von Kommunikationsbeeinträchtigungen im Außenwohnbereich bei einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 65 dB(A) fest.

#### 6) Schutzziel zur Vermeidung der Beeinträchtigung der Erholungsfunktion

Nach allgemeinen Erkenntnissen ist der Erholungswert der Landschaft und damit die Erholungsnutzung ab einem Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 57 dB(A) grundsätzlich gemindert. Die Planfeststellungsbehörde nimmt bezüglich des Schutzes der Erholung tagsüber für den Erholungswert der Landschaft und die Erholungsnutzung einen Dauerschallpegel  $L_{eq(3,Tag)}$  von 62 dB(A) an. Nach den Ergebnissen von Befragungen kann davon ausgegangen werden, dass 10 bis 15 % der Bevölkerung sich ab dieser Schwelle in der Erholung gestört fühlen. Bei solchen Pegeln ist auch die Verhältnismäßigkeit gewahrt gegenüber anderen Schalleinflüssen während einer Erholungstätigkeit. Der Schutz vor Beeinträchtigungen der Erholungsfunktion ist durch den Schutz vor erheblichen Belästigungen abgedeckt, insofern erübrigt sich die Festlegung einer Grenze in den Nebenbestimmungen.

## 7) Schutz der besonderen Einrichtungen

Die Planfeststellungsbehörde legt auf der Grundlage der Wirkungskriterien für Schwerstkranke in Krankenhäusern als einfach-rechtliche Zumutbarkeitsgrenze im Innenbereich der Räume einen Maximalpegel  $L_{\max}$  von 45 dB(A) fest. Dieser Wert verhindert die Übersteuerung bei kranken Menschen ausreichend, um die Heilungsprozesse nicht negativ zu beeinflussen. Gleichzeitig werden Schlafstörungen durch einen Maximalpegel, der 10 dB(A) unter dem des allgemeinen Schutzziels für den nächtlichen Fluglärm liegt, weitestgehend vermieden. Nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde ist es erforderlich, für kranke Menschen einen ausreichenden Innenschutz auch hinsichtlich der Dauerbelastung zu gewähren. Die Grenze für kranke Menschen wird daher aus präventiven Gründen tagsüber auf einen Dauerschallpegel  $L_{\text{eq}(3,\text{Tag})}$  von 38 dB(A) und für die Nacht auf einen Dauerschallpegel  $L_{\text{eq}(3, \text{Nacht})}$  von 32 dB(A) im Rauminnern festgelegt. Diese Begrenzungen gelten auch für Rehabilitationseinrichtungen und Pflegeheime, in denen kranke und behinderte Menschen vollstationär versorgt werden. Diese Menschen müssen aus der Sicht der Planfeststellungsbehörde im Schutzniveau denen in Krankenhäusern gleichgestellt werden.

Durch den allgemein gültigen Begrenzungswert für den Schutz vor Schlafstörungen in der Nacht (Dauerschallpegel  $L_{\text{eq}(3,\text{Nacht})}$  35 dB(A) innen) ist bei älteren Menschen auch ausreichend für Lärmschutz gesorgt. Unter Berücksichtigung eines höheren Schutzbedürfnisses älterer Menschen hinsichtlich der Kommunikation am Tag wird tagsüber ein Dauerschallpegel  $L_{\text{eq}(3,\text{Tag})}$  von 42 dB(A) im Rauminnern als Grenze festgelegt. Zur Berücksichtigung der möglicherweise leicht- bis schwerkranken älteren Menschen in Wohnheimen ist die Einhaltung der beim Kommunikationsschutz und beim Schutz vor Schlafstörungen definierten Maximalpegel  $L_{\max}$  im Innenraum von 55 dB(A) ausreichend. Die einfach-rechtliche Zumutbarkeitsgrenze für den Maximalpegel im Innenraum wird daher auch hier auf diesen Wert festgelegt.

Bei Schulen und Kindertagesstätten hat das Vorsorgeprinzip besonders zu gelten. Es wird deshalb ein Dauerschallpegel  $L_{\text{eq}(3,\text{Tag})}$  von 40 dB(A) für den Innenraum in Schulen als Grenze festgelegt. Die zulässigen Maximalpegel  $L_{\max}$  werden auf einen Wert von 55 dB(A) festgelegt, der maximal durch Fluglärm einmal pro Unterrichtsstunde überschritten werden darf.

Bei den Kindertagesstätten, wo die Kinder mittags ruhen sollen, stellt unter Berücksichtigung der geringeren Lärmempfindlichkeit von Kindern in den betreffenden Innenräumen ein Dauerschallpegel  $L_{\text{eq}(3,\text{Tag})}$  von 38 dB(A) tagsüber die Grenze dar, dieser Wert ist während der Ruhepause in Ruheräumen einzuhalten. In den übrigen Aufenthaltsräumen der Kindertagesstätten sind die Werte für Schulen einzuhalten.

Da die vorgenannten Einrichtungen von Kindern nur tagsüber genutzt werden, erübrigt sich die Festlegung zulässiger Nachtwerte.

### 10.1.3 Grundlagen zur Beurteilung und zur Bewertung der Geräuschimmissionen

Für die Beurteilung und Bewertung von Geräuschimmissionen sind akustische Kriterien erforderlich. Die Planfeststellungsbehörde ist der Auffassung, dass die Beurteilung des Fluglärms allein durch Dauerschallpegel nicht ausreichend ist, sondern auch die Anzahl und die Maximalpegel der einzelnen Fluglärmereignisse zu betrachten sind. Um beurteilen zu können, ob durch die Geräuschbelastungen die Zumutbarkeitsgrenzen erreicht werden und somit Schutzauflagen notwendig sind, wurden durch die Träger des Vorhabens sowohl Dauerschallpegel als auch Maximalpegel der Fluglärmereignisse nach einschlägigen, wissenschaftlich anerkannten Methoden ermittelt.



### 10.1.3.1 Fluglärm

Den Hauptbestandteil des Fluglärms stellen die Geräuschemissionen dar, die durch den Flugverkehr, d. h. bei Start und Landung sowie im Landeanflug, im Steigflug und beim Überflug von den Luftfahrzeugen verursacht werden.

Die Beschreibung und Quantifizierung der Geräuschbelastung in der Umgebung von Flugplätzen erfolgt durch verschiedene Fluglärmbewertungsmaße, die sich hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit und Handhabbarkeit z.T. beträchtlich unterscheiden. Man kann prinzipiell drei verschiedene Arten von Bewertungsmaßen unterscheiden. Dies sind äquivalente Dauerschallpegel, mittlere Maximalpegel und in Verbindung mit einem Maximalpegel für Einzelereignisse sogenannte Pegel-Häufigkeits-Kriterien, die auch Schwellenwertkriterien genannt werden. Bis auf die Pegel-Häufigkeits-Kriterien beschreiben die Fluglärmbewertungsmaße die Fluglärmbelastung an einem bestimmten Immissionsort in der Regel durch einen einzigen Zahlenwert. Alle Fluglärmbewertungsmaße lassen sich aus einer begrenzten Anzahl von Eingangsparametern wie Maximalpegel, Geräuschkdauer und Häufigkeit von Geräuschen ermitteln.

Maßgeblich für die Störwirkung eines Lärmereignisses ist der während des Geräusches auftretende Maximalschallpegel sowie die Form des zeitlichen Schallpegelverlaufs. Letztere wird durch eine typische Geräuschkdauer beschrieben, z. B. durch diejenige Zeit, während der der Schallpegel höchstens 10 dB(A) unter dem Maximalpegel liegt (10dB-down-time).

Bei der Ermittlung von Gesamtschallpegeln aus Schallspektren wird im allgemeinen eine Frequenzbewertung angewandt, um die resultierenden Pegel der Lautstärkeempfindung und dem Frequenzgang des menschlichen Ohres besser anzupassen. Ein weit verbreitetes Pegelmaß, das auch zur Beschreibung von Fluglärm benutzt wird, ist der A-bewertete Schallpegel. Dieser hat sich weltweit als Frequenzbewertung durchgesetzt. Dies hängt insbesondere damit zusammen, dass er sich aus einem vorgegebenen Spektrum einfach durch additive Zuschläge in den einzelnen Frequenzbändern ermitteln lässt.

In besonderen Fällen wie z. B. beim Lärm von militärischen Hochleistungsstrahlflugzeugen oder Hubschraubern kann der zeitliche Pegelverlauf schnelle Anstiege und Abfälle, d. h. einen impulsähnlichen Charakter zeigen. Derartige Geräusche werden als störender empfunden als Geräusche mit gleichem Maximalpegel, aber weniger starken Pegelschwankungen. Impulshaltige Geräusche werden daher häufig mit einem additiven Zuschlag, dem sog. Impulzzuschlag versehen. Ähnliches gilt für Geräusche mit stark tonhaltigen Komponenten. Diese werden üblicherweise durch eine sog. Tonkorrektur berücksichtigt. Bei zivilen Strahlverkehrsflugzeugen wird auf das Anbringen von Ton- und Impuls-Zuschlägen verzichtet, da der weitaus überwiegende Teil des durch zivile Flugzeuge hervorgerufenen Lärms weder ton- noch impulshaltig ist.

#### 10.1.3.1.1 Äquivalente Dauerschallpegel

Die meisten weltweit gebräuchlichen Fluglärmbewertungsmaße beruhen auf zeitintegrierten Pegeln und haben die Form eines äquivalenten Dauerschallpegels  $L_{eq}$ .

Der äquivalente Dauerschallpegel  $L_{eq(4)}$  nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm basiert auf einem Äquivalenzparameter von 13,3, bei energieäquivalenten Dauerschallpegeln nimmt der Äquivalenzparameter einen Wert von 10 an. Im Gegensatz zu energieäquivalenten Dauerschallpegeln, bei denen eine Verdoppelung der Geräuschkhäufigkeit zu einer Erhöhung des Dauerschallpegels um 3 dB führt, ergibt sich beim äquivalenten Dauerschallpegel nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm eine Erhöhung um 4 dB.

Fluglärmbewertungsmaße in der Form von äquivalenten Dauerschallpegeln korrelieren in der Regel hoch mit der Störwirkung des Fluglärms.

Aus diesem Grunde sind alle gebräuchlichen Formen von äquivalenten Dauerschallpegeln grundsätzlich gleichermaßen geeignet, die Fluglärmbelastung durch einen Einzahlwert zu beschreiben. Es muss daher betont werden, dass die Wahl eines bestimmten Bewertungsmaßes mit wissenschaftlichen Argumenten nicht stichhaltig begründet werden kann. Wichtig ist allerdings, dass Grenz- oder Richtwerte als Grundlage von Schutzmaßnahmen bzw. planerischen Maßnahmen jeweils der Art des entsprechenden äquivalenten Dauerschallpegels angepasst sind. Bei einem Wechsel des Bewertungsmaßes ist daher darauf zu achten, dass auch die zugehörigen Grenzwerte in adäquater Weise geändert werden.

Äquivalente Dauerschallpegel in ihren verschiedenen Formen haben sich in den letzten Jahren in der Praxis, wie beispielsweise bei der Siedlungsplanung, weltweit bewährt. Bei der Beurteilung der Lärmbelastung gilt es allerdings auch die Besonderheiten äquivalenter Dauerschallpegel zu beachten. Dies resultiert insbesondere daraus, dass der Einfluss des Maximalpegels nur indirekt im Zusammenspiel mit der Geräuschkdauer berücksichtigt wird. So können beispielsweise Aufwachreaktionen während der Nachtperiode, die an die Anzahl von Überschreitungen eines bestimmten Pegelwerts gekoppelt sind, nicht ermittelt werden. Außerdem kann in der näheren Umgebung von Anflugstrecken die geringe Geräuschkdauer der Überflüge zu relativ niedrigen  $L_{eq}$  - Werten führen, obwohl die Maximalpegel der Einzelgeräusche relativ hoch ausfallen können.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Ermittlung von äquivalenten Dauerschallpegeln ist die Wahl des Bezugszeitraums. Diese wird insbesondere durch die Art des Flugbetriebes beeinflusst. So kann die Benutzung eines kurzen Bezugszeitraums sinnvoll sein, wenn während bestimmter Zeitperioden systematisch hohe Verkehrsaufkommen auftreten. Dies ist häufig bei kleineren Flugplätzen der Fall, wenn der Flugbetrieb beispielsweise durch Privatpiloten oder Fallschirmsprungbetrieb hauptsächlich an den besonders störeffindlichen Wochenenden abgewickelt wird, während der Betrieb innerhalb der Woche bedeutend niedriger ist. In derartigen Fällen, in denen in der Regel die Differenz zwischen mittlerem Maximalpegel und äquivalentem Dauerschallpegel groß ist, ist letzterer zur Beschreibung der Lärmbelastung nur bedingt geeignet. Auf Verkehrsflughäfen dagegen wird der Verkehr kontinuierlich während des ganzen Jahres mit einer gewissen Verkehrszunahme während der Ferienzeit in den Sommermonaten abgewickelt. Als Bezugszeitraum bieten sich für Verkehrsflughäfen daher die sechs verkehrsreichsten Monate eines Jahres an. Je länger der Bezugszeitraum gewählt wird, um so besser gibt der äquivalente Dauerschallpegel die mittlere langjährige Verkehrssituation wieder.

Der äquivalente Dauerschallpegel stellt somit immer ein Maß für die längerfristig einwirkende Lärmdosis dar, die An- und Abflüge werden dabei pro Betriebsrichtungen in der real auftretenden Weise berücksichtigt (Realverteilung der Flugbewegungen). Die von zahlreichen Einwendern und Trägern öffentlicher Belange geforderte flugrichtungsdifferenzierte Betrachtungsweise der Fluglärmbelastung, d. h. die Belegung jeder der beiden Betriebsrichtungen mit jeweils 100 % des jeweiligen Verkehrs, ist bei der Ermittlung des äquivalenten Dauerschallpegels und für langfristige Belastungen nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde nicht angezeigt.

#### 10.1.3.1.2 Mittlere Maximalpegel

Ein weiteres in Deutschland gebräuchliches Maß zur Beurteilung der durch Luftfahrzeuge verursachten Geräuschbelastung ist der mittlere A-bewertete Maximalschallpegel.

Der mittlere Maximalpegel hat den Nachteil, dass er nur von der in die Mittelung eingehenden Maximalpegelverteilung, nicht aber von der Gesamtanzahl der Schallereignisse abhängt. So erzeugen 1 Geräusch mit einem Maximalpegel von 80 dB(A) und 10 Geräusche mit einem Maximalpegel von 60 dB(A) genauso einen mittleren Maximalpegel von 70 dB(A) wie 10 Geräusche mit einem Maximalpegel von 80 dB(A) und 100 Geräusche mit einem Maximalpegel von 60 dB(A). Im zweiten Fall ist die Störwirkung offensichtlich größer.

Ein weiterer Nachteil ist die Tatsache, dass die Größe des mittleren Maximalpegels stark davon abhängig ist, wie hoch der Schwellenwert für die in die Mittelung mit einzubeziehenden Geräusche ist. So haben Berechnungen auf der Basis des Flugverkehrs im Jahre 1991 für einen Messpunkt der Fluglärmüberwachungsanlage an einem deutschen Verkehrsflughafen einen äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{eq(4)}$  von 66,5 dB(A) und einen mittleren A-bewerteten Maximalpegel von 81,2 dB (A) ergeben. Dies entspricht einer für  $L_{eq(4)}$  - Werte von mehr als etwa 55 dB(A) typischen Differenz in der Größenordnung von 15 dB(A). Dabei gingen in die Berechnung, wie in der AzB<sup>211</sup> für die Berechnung des  $L_{eq(4)}$  vorgeschrieben, alle Geräusche mit einem Maximalpegel von mehr als 55 dB(A) mit ein. Die Messstelle war jedoch so eingerichtet, dass nur Geräusche mit Maximalpegeln oberhalb der Messschwelle von 75 dB(A) registriert werden. Legt man diesen Schwellenwert bei der Berechnung zugrunde, so reduziert sich der  $L_{eq(4)}$  um 0,4 dB(A) auf einen Wert von 66,1 dB(A), während der mittlere A-bewertete Maximalpegel sich um 2,1 dB(A) auf einen Wert von 83,3 dB(A) erhöht. Die Größe des mittleren Maximalpegels ist also stärker von den jeweils definierten Eingangsparametern abhängig als dies beim äquivalenten Dauerschallpegel der Fall ist. Insbesondere kann in Gebieten mit hoher Fluglärmbelastung das Hinzufügen einer großen Anzahl von Geräuschen mit niedrigen Maximalpegeln den mittleren Maximalpegel stark absenken, während der Dauerschallpegel, wenn auch nur unwesentlich, erhöht wird.

Der mittlere Maximalpegel kann allerdings von Nutzen sein, wenn der äquivalente Dauerschallpegel deutlich kleiner ist, als die auftretenden mittlere Maximalpegel. Wie das Beispiel des oben erwähnten Verkehrsflughafens zeigt, stellen Werte von 15 bis 20 dB(A) eine typische Größenordnung für die Differenz zwischen Mittlerem Maximalpegel und äquivalentem Dauerschallpegel dar. Generell kann daher angemerkt werden, dass in Fällen, in denen der mittlere Maximalpegel um mehr als 20 dB(A) höher als der äquivalente Dauerschallpegel ist, ersterer zur Beschreibung der Lärmsituation mit herangezogen werden sollte.

Im Rahmen der detaillierten Immissionsanalysen an den 111 ausgewählten Einzelpunkten in der Umgebung des Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld werden mittlere A-bewertete Maximalschallpegel für die Tages- und Nachtperiode ausgewiesen. In Anlehnung an die AzB wurden in die Berechnung dieser Pegelwerte alle Geräusche mit einem Maximalschallpegel von mindestens 55 dB(A) einbezogen.

#### 10.1.3.1.3 Pegel-Häufigkeits-Kriterien

Der äquivalente Dauerschallpegel ist geeignet, hinreichende Aussagen über den Grad der Immissionsbelastung zu machen und damit insbesondere die globale Belästigung der Flughafenanwohner abzuschätzen. Um Fluglärmwirkungen, insbesondere Schlafstörungen, aber auch Kommunikationsstörungen sachgerecht zu erfassen, ist die zusätzliche Heranziehung von Pegel-Häufigkeits-Kriterien - auch

---

<sup>211</sup> Der Bundesminister des Innern (BMI) (1975): Bekanntmachung vom 27.2.75, Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm; hier: Bekanntmachung der Datenerfassungssysteme für die Ermittlung von Lärmschutzbereichen an zivilen (DES) und militärischen Flugplätzen (DES-MIL) sowie einer Anleitung zur Berechnung (AzB). Gem. Ministerialblatt 26, Ausgabe A, Nr. 8, 126-227, Bonn, 10. März 1975.

Schwellenwert-Kriterium oder NAT-Kriterium (Number of Events Above Threshold) genannt - erforderlich.

Pegel-Häufigkeits-Kriterien sind definiert durch die Anzahl der Überschreitungen eines Pegelwerts, der Schwelle, während einer bestimmten Zeitperiode. Insbesondere zur Ermittlung der durch die nächtliche Fluglärmbelastung verursachten Aufwachreaktionen ist nach Auffassung der Planfeststellungsbehörde die Verwendung eines Pegel-Häufigkeits-Kriteriums erforderlich. Für die Beurteilung von Aufwachreaktionen sind die Maximalschallpegel von 55 dB(A) am Ohr des Schlafers zu betrachten. Hieraus resultiert ein Maximalschallpegel von 70 dB(A) außen, da für einen durchschnittlichen Musterraum bei gekipptem Fenster eine Schallpegeldifferenz zwischen innen und außen von ca. 15 dB(A) gegeben ist. Seitens der Planfeststellungsbehörde werden bis zu 6 Lärmereignisse pro Nacht mit einem Maximalpegel von 70 dB(A) noch als zumutbar angesehen. Für Außenpegel ergibt sich somit ein Pegel-Häufigkeits-Kriterium von 6 mal 70 dB(A).

Alle Schwellenwert-Kriterien besitzen die Eigenschaft, dass sie lediglich einen Grenzwert definieren. Die Gesamtanzahl der Lärmereignisse und die Höhe der Überschreitungen eines vorgegebenen Schwellenwerts gehen in das Kriterium nicht ein.

#### 10.1.3.2 Bodenlärm

Die Vorschriften des Bundesimmissionsschutzgesetzes gelten nicht für Flugplätze. Für die aus dem Flugbetrieb eines Flugplatzes resultierende Bodenlärmbelastung existieren somit keine verbindlichen Grenzwerte.

Geräusche, die durch den Flugverkehr erzeugt werden, unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Emissionscharakteristik von den durch Rollverkehr, Betrieb von Hilfsgasturbinen oder Triebwerksprobeläufe erzeugten Geräuschen. Rollbewegungen erzeugen wie Vorbeiflüge diskrete Einzelgeräusche, wenn auch mit deutlich längerer Geräuschkdauer. Demgegenüber treten beim Betrieb von Hilfsgasturbinen auf dem Vorfeld und bei Triebwerksprobeläufen mehr oder weniger konstante Lärmpegel über lange Einwirkzeiten bis hin zu einer Stunde auf. Hier kann also nicht mehr von typischen Einzelgeräuschen gesprochen werden, vielmehr haben die durch diese Betriebsvorgänge erzeugten Geräusche eher den Charakter eines Dauergeräusches.

Die Verwendung von Pegel-Häufigkeits-Kriterien erscheint bei der Beurteilung des Bodenlärms nicht sinnvoll, da Einzelgeräusche zum großen Teil aufgrund der langen Einwirkzeiten nicht mehr definierbar sind. Darüber hinaus nehmen die z.T. ohnehin relativ niedrigen Maximalpegel mit zunehmender Ausbreitungsentfernung aufgrund des Bodeneinflusses stark ab, während die langen Einwirkzeiten unter Umständen dazu führen, dass selbst an entfernteren Immissionsorten noch deutliche Beiträge an Schallenergie auftreten können. Auch mittlere Maximalpegel scheinen daher zur Beschreibung der durch den Bodenlärm hervorgerufenen Immissionswerte nicht geeignet.

Aus diesem Grund ist es sinnvoll, bei der Beurteilung des Bodenlärms in erster Linie auf zeitintegrierte Bewertungsmaße wie den energieäquivalenten Dauerschallpegel zurückzugreifen.

Zur Beurteilung der von Triebwerksprobeläufen ausgehenden Geräuschimmissionen wurden zusätzlich die bei maximaler Startleistung in der Umgebung des Flughafens verursachten Maximalpegel betrachtet. Während eines durchschnittlichen, einstündigen Triebwerksprobelaufs werden die Triebwerke durchschnittlich ca. eine Minute mit maximaler Startleistung betrieben.

#### 10.1.4 Ermittlung der Fluglärmbelastung

Zum Fluglärm zählen alle Geräuschemissionen, die sich dem Flugbetrieb direkt zuordnen lassen. Dies sind insbesondere die bei Start und Landung sowie im Landeanflug und im Steigflug auftretenden Geräuschemissionen des Flugverkehrs. Darüber hinaus sind die durch den Rollverkehr, durch Triebwerksprobeläufe und den Betrieb von Hilfsgasturbinen verursachten Geräuschemissionen dem Fluglärm zuzuordnen. Da auch die Bodenabfertigung der Luftfahrzeuge einen Bestandteil des Flugbetriebs darstellt, sind die durch Servicefahrzeuge und Abfertigungsanlagen verursachten Geräuschemissionen ebenfalls dem Fluglärm zuzuordnen.

##### 10.1.4.1 Methodik

Die durch den Fluglärm in der Umgebung des Flughafens verursachte Lärmbelastung wurde auf der Grundlage des beantragten Ausbaus unter Berücksichtigung von Art und Umfang des voraussehbaren Flugbetriebs ermittelt.

Aus diesem Grund war es einerseits notwendig, eine detaillierte Prognose für den Flugbetrieb zu erstellen. Hierzu haben die Träger des Vorhabens eine Verkehrsprognose einschließlich Modellflugplan vorgelegt.

Andererseits sind für die Berechnung der Fluglärmimmissionen in der Umgebung des Flughafens Informationen zu den An- und Abflugverfahren erforderlich. Die An- und Abflugverfahren sind hier nicht Gegenstand des Planfeststellungsverfahrens und werden erst unmittelbar vor der Inbetriebnahme des ausgebauten Flughafens durch Rechtsverordnung des Luftfahrt-Bundesamtes auf der Grundlage einer Planung der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) festgesetzt. Um die notwendigen Fluglärmrechnungen dennoch in dem erforderlichen Umfang vornehmen zu können, hat die DFS im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen eine Grobplanung für die An- und Abflugverfahren des ausgebauten Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld erarbeitet, die den Fluglärmrechnungen zugrunde gelegt wurde.

##### 10.1.4.1.1 Flugverkehrslärm

Zur Aufbereitung der Prognosedaten für die Lärmberechnung sowie zur Beschreibung der Geometrie der An- und Abflugverfahren in einer für das Lärmberechnungsverfahren geeigneten Weise dient das Datenerfassungssystem für die Ermittlung von Lärmschutzbereichen an zivilen Flugplätzen (DES).<sup>212</sup> Die Einzelheiten des Berechnungsverfahrens sind in der Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) festgelegt. Die AzB dient zur Sicherung der einheitlichen Berechnung von Lärmschutzbereichen an Flugplätzen.

Die AzB besteht aus zwei Komponenten, einer Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der äquivalenten Dauerschallpegel und der dafür notwendigen, auf einer Flugzeugklasseneinteilung basierenden Datengrundlage. Die Berechnungsvorschrift wird seit Erscheinen der AzB in unveränderter Form angewendet. Das Berechnungsverfahren nach AzB stellt einen Kompromiss zwischen den Anforderungen an Rechenaufwand und der Rechengenauigkeit dar. Es hat sich als standardisiertes Verfahren in der Vergangenheit bewährt und spiegelt die tatsächliche Lärmbelastung in der Umgebung von Flughäfen gut wie-

---

<sup>212</sup> BMI (1975)

der, wie Vergleiche mit messtechnisch erfassten Geräuschmissionen am Flughafen Frankfurt/Main gezeigt haben.

Gemäß der AzB wird der äquivalente Dauerschallpegel an einem beliebigen Punkt in der Umgebung eines Flugplatzes aus dem höchsten Schallpegel des Geräusches und der Geräuschdauer für jeden Vorbeiflug eines Luftfahrzeuges ermittelt.

Der höchste Schallpegel und die Dauer des Geräusches werden von einer Vielzahl von Größen beeinflusst. Um eindeutige und reproduzierbare Ergebnisse zu gewährleisten, wird in der AzB nicht nur das Berechnungsverfahren festgelegt, sondern es werden auch die Einflussgrößen standardisiert. Neben der reinen Berechnungsvorschrift beinhaltet die AzB daher auch eine Sammlung von akustischen und flugbetrieblichen Eingangsdaten, die für eine Fluglärmrechnung zwingend notwendig sind. Bezüglich dieser Datengrundlage sind regelmäßige Aktualisierungen erforderlich, da die Zusammensetzung der am zivilen Luftverkehr teilnehmenden Flugzeuge im Laufe der Zeit starken Änderungen unterworfen ist. Im Gegensatz hierzu beruht die Berechnungsvorschrift auf rein physikalischen Zusammenhängen, die zeitlich unverändert gelten.

In der Sammlung von akustischen und flugbetrieblichen Eingangsdaten der AzB werden vergleichbare Luftfahrzeugmuster zu Klassen zusammengefasst. Die akustischen Eingangsdaten bestehen hierbei aus klassenspezifischen Tabellen mit Schallpegeln in Abhängigkeit von der Oktavfrequenz sowie einem Faktor zur Berücksichtigung der Richtwirkung der Schallabstrahlung. Die zugrundeliegenden flugbetrieblichen Eingangsdaten bestehen aus einem Flughöhenprofil im Zusammenhang mit der Triebwerksleistung und der Fluggeschwindigkeit.

Nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm in seiner derzeitigen Fassung ist die Berechnung eines äquivalenten Dauerschallpegels mit dem Halbierungsparameter  $q = 4$  vorgeschrieben. Für andere Geräuscharten (z. B. Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm) findet hingegen der energieäquivalente Dauerschallpegel mit dem Halbierungsparameter  $q = 3$  Anwendung. Im Interesse der Vergleichbarkeit verschiedener Geräuscharten sind im Rahmen der für den ausgebauten Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld durchgeführten Fluglärmrechnungen auf Anforderung der Planfeststellungsbehörde alle Lärmbelastungen, die für die Genehmigungsentscheidung von Belang sind, mit dem energieäquivalenten Dauerschallpegel ( $q=3$ ) berechnet worden.

Grundlage der durchgeführten Fluglärmrechnungen ist weiterhin die reale Betriebsrichtungsverteilung entsprechend dem amtlichen Gutachten des Deutschen Wetterdienstes mit einer Verteilung von 65 % Betriebsrichtung West zu 35 % Betriebsrichtung Ost. Flugzeuge starten und landen gegen den Wind, insofern werden pro Jahr ca. 65 % der Starts nach Westen und ca. 35 % der Starts nach Osten durchgeführt, gleiches gilt für die Landungen. Zur Berechnung der langfristig wirkenden Lärmbelastung mit Hilfe des äquivalenten Dauerschallpegels ist die Bezugnahme auf diese Realverteilung gerechtfertigt. Bei Pegel-Häufigkeits-Kriterien unter Bezugnahme auf die Maximalpegel, die wirkungsseitig eher auf durchschnittliche Betriebstage mit jeweils Ost- oder Westflugbetrieb abstellen, werden auf diese Weise beide Richtungen jedoch systematisch unterschätzt, so dass hierfür eine getrennte Betrachtung der beiden Betriebsrichtungen mit jeweils 100 % des Verkehrs vorzunehmen ist. Nur auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass die im Abschnitt C.II.10.1.2 „Lärmwirkungen und Zumutbarkeitsgrenzen“, ab Seite 529, von der Planfeststellungsbehörde herausgearbeiteten Zumutbarkeitsgrenzen, die auf Pegel-Häufigkeits-Kriterien beruhen, auch tatsächlich in jeder einzelnen Flugbetriebssituation (z. B. Nacht mit Flugbetrieb in Ostrichtung, Nacht mit Flugbetrieb in Westrichtung) eingehalten werden.

Darüber hinaus wird bei der Berechnung der Geräuschmissionen des Flugverkehrs davon ausgegangen, dass sich die Flugbewegungen zu je 50 % auf die beiden Start- und Landebahnen verteilen. Von

zahlreichen Einwendern wurde bezweifelt, dass sich eine solche Verkehrsverteilung im realen Betrieb tatsächlich einstellt. Es wurde befürchtet, dass sich durch die stärkere Nutzung einer der beiden Start- und Landebahnen eine ungleiche Verteilung der Geräuschemissionen ergeben könnte. Die Planfeststellungsbehörde hat aus diesem Grund bei der Deutschen Flugsicherung und bei der Bayerischen Staatsregierung Erkundigungen zur realen Verkehrsverteilung am Flughafen München eingeholt. Der Verkehrsflughafen München verfügt ebenfalls über ein Parallelbahnsystem mit zwei Start- und Landebahnen, die einen unabhängigen Flugbetrieb ermöglichen. Sowohl seitens der Deutschen Flugsicherung als auch seitens der Bayerischen Staatsregierung wurde bestätigt, dass sich die Flugbewegungen am Verkehrsflughafen München im realen Flugbetrieb zu jeweils 50 % auf die beiden Start- und Landebahnen verteilen. Aus Sicht der Planfeststellungsbehörde ist davon auszugehen, dass sich auch am ausgebauten Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld eine derartige Verteilung der Flugbewegungen einstellen wird. Die den Fluglärmrechnungen zugrunde liegende gleichmäßige Verkehrsverteilung auf die beiden Start- und Landebahnen stellt somit eine plausible Annahme dar, die eine realistische Beschreibung der zukünftigen Fluglärmimmissionen in der Umgebung des Flughafens erlaubt.

#### 1) Äquivalenter Dauerschallpegel nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm

Nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm werden zum Schutz der Allgemeinheit vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm in der Umgebung von Verkehrsflughäfen, die dem Fluglinienverkehr angeschlossen sind, Lärmschutzbereiche festgesetzt. Um den Betroffenen die zu erwartenden Ansprüche und Pflichten zu vermitteln, wurde der Lärmschutzbereich gemäß dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm berechnet. Der Lärmschutzbereich umfasst das Gebiet außerhalb des Flugplatzgeländes, in dem der durch Fluglärm hervorgerufene äquivalente Dauerschallpegel 67 dB(A) übersteigt und gliedert sich in zwei Schutzzonen. Die Schutzzone 1 umfasst das Gebiet, in dem der äquivalente Dauerschallpegel 75 dB(A) übersteigt, die Schutzzone 2 das übrige Gebiet des Lärmschutzbereichs. Darüber hinaus wurde unabhängig vom Lärmschutzbereich nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm die sog. Planungszone berechnet. Diese umfasst das Gebiet, in dem der äquivalente Dauerschallpegel 62 dB(A) übersteigt. Die Belastung wurde jeweils für das Szenario 1997, das Szenario 2007ff, das Szenario 2007 und das Szenario 20XX berechnet.

Der äquivalente Dauerschallpegel wird gemäß der Anlage zu § 3 des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm mit Hilfe der AzB berechnet. Er wird aus dem höchsten Schallpegel und der Dauer eines Geräusches bei jedem Vorbeiflug eines Luftfahrzeugs ermittelt. Der Ermittlung werden als Bezugszeitraum die sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres zugrunde gelegt. Der höchste Schallpegel des Geräusches für den Vorbeiflug wird aus der Geräuschemission des Luftfahrzeuges unter Berücksichtigung des Abstandes zur Flugbahn und der Schallausbreitungsverhältnisse ermittelt. Als Dauer des Geräusches für den Vorbeiflug wird der Zeitraum angesetzt, in dem der Schallpegel, der um 10 dB(A) unter dem höchsten Schallpegel liegt, überschritten wird.

Die Sammlung von akustischen und flugbetrieblichen Eingangsdaten der AzB ist seit 1984 offiziell nicht mehr fortgeschrieben worden. Die der Berechnung des äquivalenten Dauerschallpegels nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm zugrunde liegende Fassung der AzB wird nachfolgend als „AzB-84“ bezeichnet. Unter der Federführung des Umweltbundesamtes hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt zwischenzeitlich eine aktualisierte Fassung der Eingangsdaten erarbeitet.

Um einen Vergleich zwischen den berechneten Szenarien und damit eine Bewertung von Veränderungen in der Lärmbelastung zu ermöglichen, wurden die von den berechneten Lärmkonturen umschlossenen Flächen sowie die Anzahl der in den jeweiligen Konturen lebenden Einwohner ermittelt. Die Ermittlung der Einwohnerzahlen erfolgt anhand einer Bevölkerungsdichtekarte, die auf der

Grundlage aktueller Einwohnerzahlen die behördlich gemeldeten Personen sowie die Einwohnerzahlen aus genehmigten Bebauungsplänen erfasst. Die Bevölkerungsdichtekarte weist in einem Raster von 20 x 20 Metern die jeweilige Bevölkerungsdichte aus. Anhand der Fluglärmrechnungen kann für jeden Rasterpunkt bewertet werden, ob er innerhalb oder außerhalb einer definierten Lärmkontur liegt. Für alle innerhalb der Kontur liegenden Rasterpunkte werden die dort anliegenden Bevölkerungsdichten addiert. Die aus der Addition resultierende Summe repräsentiert dann die Zahl der innerhalb einer Kontur lebenden Einwohner. Bei einem Rasterabstand von 20 Metern ergibt sich bezogen auf die Einwohnerzahlen ein systematischer Fehler von bis zu 2 % sowie bis zu 0,2 dB(A) in Bezug auf den Verlauf der Lärmkontur. Darüber hinaus liegt der Bevölkerungsdichtekarte die Annahme zugrunde, dass innerhalb von Siedlungsflächen eine Gleichverteilung der Einwohner gegeben ist. Da dies nicht der Realität entspricht, kommt es bezogen auf die Einwohnerzahlen zu einem weiteren systematischen Fehler. Die auf diese Weise für die einzelnen Lärmkonturen berechneten Einwohnerzahlen vermitteln trotz der systematischen Fehler einen durchaus brauchbaren Überblick über die Größenordnung an Lärmbetroffenen in der Umgebung des Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld.

## 2) Fluglärmrechnungen nach AzB-DLR

Die für den Vollzug des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm als Berechnungsvorschrift aufgestellte AzB wurde letztmalig 1984 der technischen Entwicklung angepasst. Um den technischen Fortschritt im Flugzeugbau und in der Entwicklung der Flugzeugtriebwerke Rechnung zu tragen, wurde unter Federführung des Umweltbundesamtes vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt bis zum Jahr 1998 eine aktualisierte Fassung der AzB mit neuer Flugzeugklasseneinteilung und angepassten akustischen und flugbetrieblichen Ausgangsdaten erarbeitet. Dieser Entwurf der DLR wird im Folgenden als AzB-DLR bezeichnet. Auf der Basis dieser AzB-DLR hat das Umweltbundesamt zwischenzeitlich mit nur geringfügigen Änderungen einen endgültigen „Entwurf der neuen zivilen Flugzeugklassen“ erstellt. Dieser Entwurf wird auch als AzB-99 bezeichnet.

Das vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) für den Ausbau des Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld erstellte lärmphysikalische Gutachten beruht auf der AzB-DLR. Die Berechnungsgrundlage bleibt grundsätzlich die AzB, die akustischen und flugbetrieblichen Eingangsdaten werden jedoch der AzB-DLR entnommen. Die Berechnung des äquivalenten Dauerschallpegels erfolgt in Anlehnung an die Vorschläge aus dem Eckpunktepapier zur Novelle des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm mit dem Halbierungsparameter  $q = 3$  (Energieäquivalenz), getrennt für den Tag und den Nachtzeitraum.

Bei der Berechnungsvorschrift AzB handelt es sich um ein über viele Jahrzehnte bewährtes Rechenmodell zur Ermittlung akustischer Größen an beliebigen Einwirkorten in der Umgebung eines Flughafens. Aus diesen Eingangsdaten können sowohl Dauerschallpegel als auch Maximalpegel und Pegelhäufigkeitsverteilungen als wesentliche Belastungsgrößen berechnet werden.

Die Qualität der Ergebnisse, d. h. die Übereinstimmung der berechneten Schallpegel mit vor Ort messtechnisch bestimmbar Schallpegeln, ist im Wesentlichen abhängig von den verwendeten akustischen und flugbetrieblichen Eingangsdaten sowie der Qualität der in das Datenerfassungssystem einfließenden Prognosedaten und dem Verlauf der An- und Abflugrouten.

Aufgrund der Tatsache, dass die akustische und flugbetriebliche Datenbasis der AzB letztmalig im Jahr 1984 ergänzt wurde, entspricht sie einem technischen und akustischen Stand älter als 20 Jahre und spiegelt die Entwicklung und den Einsatz moderner, lärmarmen Triebwerke sowie die Fortschritte in der Aerodynamik nicht wieder. Dieser Entwicklung soll durch die AzB-DLR Rechnung ge-



tragen werden, indem durch eine neue Klasseneinteilung und durch die Anpassung der akustischen und flugbetrieblichen Ausgangsdaten an den aktuellen Luftfahrzeugbestand eine bessere Übereinstimmung zwischen gerechneten und messtechnisch ermittelten akustischen Größen erzielt wird.

In die AzB-DLR wurden insbesondere die Daten neuerer, nach Kapitel 3 des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt (ICAO-Abkommen) zugelassener Flugzeuge aufgenommen. Die Zusammenstellung der neu definierten Flugzeugklassen der Kapitel 3 - Flugzeuge beruht im Wesentlichen auf akustischen Ähnlichkeiten, d. h. Flugzeuge fallen zusammen in eine Flugzeugklasse, wenn die von ihnen beim An- und Abflug erzeugten Schallpegel am Boden von gleicher Größenordnung sind.

Für jede Flugzeugklasse wurde ein Referenzflugzeug als typischer Vertreter ausgewählt, für welches zunächst ein Datensatz definiert wurde. Anschließend wurden die akustischen Kenngrößen des Datensatzes anhand von Messwerten verschiedener Fluglärmüberwachungsanlagen so angepasst, dass sich eine bestmögliche Übereinstimmung zwischen Mess- und Rechenwerten ergibt. Daten aus international verfügbaren Fluglärmdateibanken wurden ebenfalls eingearbeitet. Weiterhin werden in der AzB-DLR die zur Berechnung der Geräuschkurve notwendigen Konstanten flugzeugklassenspezifisch definiert, was zu einer größeren Berechnungsgenauigkeit gegenüber der AzB-84 führt.

Bei der Lärmberechnung unter Verwendung der Eingangsdaten der AzB-DLR und hier insbesondere bei der Berechnung von Maximalpegeln und Pegelhäufigkeiten ist zu berücksichtigen, dass die in den Eingangsdaten angegebenen flugzeugklassenspezifischen Maximalpegel den energetischen Mittelwert aller in diese Flugzeugklasse fallenden Flugzeuge darstellen. Tatsächlich streuen die gemessenen Maximalpegel bei Vorbeiflügen trotz gleicher Randbedingungen um diesen Mittelwert der jeweiligen Flugzeugklasse.

Dies führt dazu, dass bei Verwendung der aktuellen, in der AzB-DLR definierten Eingangsdaten, die berechneten äquivalenten Dauerschallpegel im allgemeinen höher ausfallen als die mit Fluglärm-messanlagen messtechnisch ermittelten Dauerschallpegel. Im Ergebnis bedeutet dies eine gewisse Sicherheit in Bezug auf den Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm.

Durch die Mitwirkung des Umweltbundesamtes an verantwortlicher Stelle bei der Aktualisierung der AzB kann davon ausgegangen werden, dass mit der modifizierten Flugzeugklasseneinteilung eine realistische Klassifizierung des noch für längere Zeit aktuellen Fluggerätes vorgenommen wurde.

Die Datensätze der AzB-DLR sind mithin geeignet, die Langzeitwirkung des Fluglärms durch die Berechnung eines äquivalenten Dauerschallpegels zu beschreiben.

Den Forderungen des Deutschen Bundestages aus seinem Beschluss vom 02. September 1998 und dem BMU-Referentenentwurf für die Novellierung der Fluglärmgesetzgebung folgend, hat das DLR in seinem lärmphysikalischen Gutachten bei der Berechnung von Dauerschallpegeln den Halbierungsparameter  $q = 3$  verwendet. Eine Halbierung der Fluglärmereignisse führt dabei zu einer Abnahme des energieäquivalenten Dauerschallpegels um 3 dB(A). Zugleich wird damit ein Vergleich mit Beurteilungspegeln aus anderen Geräuschquellen wie Straßen- und Schienenverkehr möglich.

Den Berechnungen der energieäquivalenten Dauerschallpegel liegt die reale, aus der Windrichtungsverteilung abgeleitete Verteilung des Flugverkehrs auf die Betriebsrichtungen zugrunde. Dies

bedeutet, dass über die sechs verkehrsreichsten Monate betrachtet, 65 % des Flugverkehrs in Betriebsrichtung West und 35 % in Betriebsrichtung Ost durchgeführt werden.

Die Lärmberechnungen unter Verwendung der AzB-DLR wurden jeweils für das Szenario 1997, das Szenario 2007ff, das Szenario 2007 und das Szenario 20XX durchgeführt. Um einen Vergleich zwischen den Szenarien und damit eine Bewertung von Veränderungen in der Lärmbelastung zu ermöglichen, wurden die von den berechneten Lärmkonturen umschlossenen Flächen sowie die Anzahl der in den jeweiligen Konturen lebenden Einwohner ermittelt.

Zur Bewertung der vom nächtlichen Flugbetrieb ausgehenden Lärmbelastung ist es notwendig, die in einer einzelnen Nacht auftretenden Maximalpegel in die Betrachtung einzubeziehen. Dies erfordert eine getrennte Berechnung der Maximalpegel für beide Betriebsrichtungen und entsprechend eine 100 % zu 100 % Verteilung des Flugverkehrs auf die beiden Betriebsrichtungen.

An insgesamt 111 Einzelpunkten in der Umgebung des ausgebauten Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld wurde eine punktuelle Berechnung der durch den Flugverkehr verursachten Geräuschbelastung vorgenommen. Bei der Auswahl der Einzelpunkte wurden zunächst besonders lärmempfindliche Einrichtungen wie Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime, Schulen und Kindertagesstätten berücksichtigt. Zur Erfassung der Geräuschbelastung für Siedlungsflächen wurden anschließend weitere Einzelpunkte an charakteristischen Ortslagen, wie z. B. in Gebieten mit Wohnbebauung, an Ortsrändern oder in direkt unter der Anfluggrundlinie gelegenen Ortsteilen, definiert. Für charakteristische Ortslagen, deren Geräuschimmissionen bereits durch einen Einzelpunkt an einer besonders lärmempfindlichen Einrichtung beschrieben wird, wurde kein gesonderter Einzelpunkt ausgewiesen. Um einen Vergleich mit messtechnisch ermittelten Geräuschbelastungen zu ermöglichen, wurde auch für die Standorte der bestehenden Fluglärmmessanlage des Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld eine punktuelle Berechnung der Geräuschimmissionen vorgenommen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das seitens des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt im Rahmen des lärmphysikalischen Gutachtens verwendete Berechnungsmodell geeignet ist, die für eine umfassende Beurteilung der Fluglärmimmissionen in der Umgebung des Flughafens erforderlichen Daten zu liefern. Sowohl bei der Berechnung des energieäquivalenten Dauerschallpegels als auch bei der Berechnung von Maximalpegeln und Pegelhäufigkeiten enthalten die Ergebnisse tendenziell Sicherheiten im Vergleich zu einer messtechnisch erfassten Fluglärmbelastung.

#### 10.1.4.1.2 Bodenlärm

Zu den dem Fluglärm zuzuordnenden Bodenlärmquellen werden die Rollbewegungen der Luftfahrzeuge, die Triebwerksprobeläufe, der Betrieb von Hilfsgasturbinen auf dem Vorfeld sowie die Kraftfahrzeuge im Vorfeldeinsatz wie Busse, Gepäckschlepper, Cateringfahrzeuge, Tankfahrzeuge und sonstige Servicefahrzeuge gerechnet.

Die Berechnungen erfolgten unter Verwendung des Berechnungsverfahrens sowie der akustischen und flugbetrieblichen Eingangsdaten der AzB-DLR. Bei der Modellierung des Rollverkehrs sowie der Triebwerksprobeläufe wurde eine Reihe von „worst case“-Annahmen getroffen um sicher zu stellen, dass die durch diesen Betrieb hervorgerufenen Geräuschimmissionen nicht unterbewertet werden. Dazu gehört u. a., dass Abschirmungseffekte durch Bauwerke und Bewuchs in die Berechnung nicht eingegangen sind und dass unabhängig von der tatsächlichen Abstrahlcharakteristik der Flugzeuge jeweils mit maximaler Abstrahlung in alle Richtungen gerechnet wurde.

## 1) Rollverkehr und Hilfsgasturbinen

Die durch den Rollverkehr und den Betrieb von Hilfsgasturbinen in der Umgebung des Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld hervorgerufene Lärmbelastung wurde für das Verkehrsszenario 1997, das Szenario 2007ff, das Szenario 2007 und das Szenario 20XX berechnet.

Zur Bewertung Lärmbelastung wurde für 69 Immissionsorte in der Umgebung des Flughafens der durch den Rollverkehr und den Betrieb von Hilfsgasturbinen erzeugte energieäquivalente Dauerschallpegel  $L_{eq(3)}$  nach ISO 3891 für die Tagesperiode zwischen 6 und 22 Uhr sowie die Nachtperiode zwischen 22 und 6 Uhr ermittelt. Die 69 Immissionsorte wurden aus der oben bereits beschriebenen Liste von 111 Immissionsorten ausgewählt. Dabei wurden nur Immissionsorte in der näheren Umgebung des Flughafens herangezogen, wo Geräuschimmissionen durch Rollverkehr und den Betrieb von Hilfsgasturbinen zu erwarten sind. Die ermittelten Geräuschimmissionen wurden anschließend mit der durch den Flugverkehr hervorgerufenen Lärmbelastung verglichen.

Der Berechnungsalgorithmus der AzB ist zwar von seiner Zielsetzung her in erster Linie auf die Berechnung von durch fliegenden Verkehr hervorgerufenen Immissionen ausgelegt. Dies gilt ebenso für die Struktur der Eingangsdaten, da in den Datensätzen nur die Operationen Abflug und Anflug vorgesehen sind. Auch die Form des Datenerfassungssystems ist auf diese Struktur zugeschnitten. Dennoch ist es ohne weiteres möglich, unter Verwendung der AzB Rollvorgänge und den Betrieb von Hilfsgasturbinen zu simulieren, indem man modifizierte, den zu untersuchenden Betriebszuständen entsprechende Datensätze verwendet und das Rechenverfahren selbst in geeigneter Weise erweitert.

Bei allen zur Ermittlung des Bodenlärms durchgeführten Berechnungen wurden die in der AzB beschriebenen Ausbreitungseffekte berücksichtigt. Dies beinhaltet die Luftdämpfung durch atmosphärische Absorptionsvorgänge, die bei bodennaher Schallausbreitung auftretende Bodendämpfung sowie die Schallintensitätsabnahme von 6 dB pro Entfernungs-Verdoppelung für Ausbreitung von Kugelwellen. Weitere Dämpfungseffekte wie Abschirmung durch Bewuchs und Bebauung wurden nicht berücksichtigt. Dies stellt eine „worst case“-Annahme für die Berechnungen dar.

Die Rollbahnen wurden in Anlehnung an das Datenerfassungssystem jeweils als Folge von geraden und kreisbogenförmigen Segmenten analog zu Flugstrecken definiert. Die Korridorbreite ist bei den Rollbahnen gleich Null.

Für die Geschwindigkeit bei Rollvorgängen wurden 9 m/s, dies entspricht etwa 32 km/h, angesetzt. Dieser Wert stellt laut Auskunft der Deutschen Lufthansa AG einen unteren Grenzwert dar, der in der Regel überschritten wird. Da die Einwirkdauer eines Geräusches mit zunehmender Geschwindigkeit abnimmt, stellt dies eine weitere „worst case“-Annahme dar.

Bei der Berechnung wurde ferner davon ausgegangen, dass während der Rollvorgänge keine Wartezeiten auftreten, da angenommen werden kann, dass die Kapazität des neuen Rollbahnsystems am ausgebauten Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld so dimensioniert ist, dass im Wesentlichen ein reibungsloser Ablauf des Rollverkehrs gewährleistet ist. Da zudem davon auszugehen wäre, dass Wartevorgänge in der Regel in der Nähe des Rollhalteortes am Beginn der Startbahn stattfinden, ist die Vernachlässigung möglicher Wartevorgänge auch deshalb unkritisch, weil in diesem Bereich der Einfluss des fliegenden Verkehrs die Lärmsituation bestimmt.

Als Triebwerksleistung wurden ca. 10 % des Maximalschubes angesetzt. Dies ist ein typischer Wert für Rollvorgänge. In der Praxis werden im Übrigen in weiten Bereichen des Rollvorgangs nicht alle Triebwerke eingesetzt. Die den Berechnungen zugrunde gelegten Daten basieren jedoch durchweg auf dem Einsatz aller Triebwerke. Dies stellt eine weitere „worst case“-Annahme dar.

Bei der Beschreibung des Betriebs von Hilfsgasturbinen auf den Abstellflächen wurde eine gleichmäßige Verteilung aller Flugzeuggruppen auf die Abstellpositionen angenommen. Eine derartige flächige Schallquellenverteilung kann in Anlehnung an das in der AzB beschriebene Berechnungsverfahren in Form einer Flugstrecke durch geeignete Kombination von Streckenverlauf, Korridorbreite und modifizierter Verteilungsfunktion simuliert werden.

Daten über die durch den Betrieb von Hilfsgasturbinen erzeugten Schallpegel sind nur in begrenztem Umfang verfügbar. Bodenlärmuntersuchungen im Rahmen eines lärmphysikalischen Gutachtens für den Flughafen Hamburg deuten darauf hin, dass die Geräusche der Hilfsgasturbinen Größenordnungsmäßig 11 bis 13 dB(A) leiser sind als die bei gleichen Entfernungen durch Rollbewegungen erzeugten Geräusche. Diese Größenordnung wird auch durch die zur Verfügung stehenden Herstellerunterlagen bestätigt. Es wurden für den Betrieb der Hilfsgasturbinen daher gegenüber den Rollbewegungen um 10 dB(A) verminderte Pegelwerte angesetzt. Bezüglich der Abstrahlcharakteristik wurde Kugelsymmetrie angenommen, für die jeweils das auftretende Abstrahlmaximum zugrunde gelegt wurde. Diese Annahme impliziert, dass in den vom Abstrahlmaximum abweichenden Richtungen um bis zu 10 dB(A) zu hohe Pegel angesetzt wurden. Weiterhin wurde durchweg eine Energieversorgung durch Hilfsgasturbinen und keine externe Energieversorgung unterstellt, was eine die Immissionssituation überbewertende Annahme darstellt, da die gebäudenahen Abstellpositionen mit einer entsprechenden Bodenstromversorgung für die Flugzeuge ausgestattet sind.

Bei der Berechnung der von den Hilfsgasturbinen an den Abstellpositionen verursachten Geräusche wurde von einer mittleren Laufzeit von 30 Minuten ausgegangen. Nur für kleine Flugzeuge der Allgemeinen Luftfahrt wurde kein Betrieb von Hilfsgasturbinen zugrunde gelegt.

## 2) Triebwerksprobeläufe

Berechnungen zum Einfluss von Triebwerksprobeläufen wurden für die Szenarios 2007 und 20XX durchgeführt.

Es wurde für das Szenario 2007 von durchschnittlich 4 Triebwerksprobeläufen pro Tag ausgegangen, von denen einer in die Nachtperiode zwischen 22 und 6 Uhr fällt. Für das Szenario 20XX wurden durchschnittlich 6 Probeläufe pro Tag zugrunde gelegt, von denen 2 in der Nacht zwischen 22 und 6 Uhr durchgeführt werden. Dies entspricht etwa 2.190 Probeläufen im Gesamtjahr bei 360.000 Flugbewegungen ohne Hubschrauber. Diese Zahlen sind vergleichbar mit der Situation am Flughafen Frankfurt.

Den Untersuchungen für Triebwerksprobeläufe liegen Flugzeugmuster der Baureihe McDonnell Douglas MD-80 und des Baumusters Boeing B747-400 zugrunde. Es wurde angenommen, dass die Probeläufe jeweils zur Hälfte durch Flugzeuge dieser beiden Baureihen bestritten werden. Die Auswahl dieser Flugzeuge stellt eine „worst case“-Annahme dar, da die Baureihe MD-80 nach ICAO Anhang 16, Band 1, Kapitel 3 zertifizierte Flugzeuge mit mittlerem Nebenstromverhältnis und damit relativ hohen Emissionswerten repräsentiert, während die Boeing B747-400 das derzeit größte zivile Verkehrsflugzeug ist.

Als Verfahren wurde ein Triebwerksprobelauf von einer Stunde Dauer zugrunde gelegt. Während dieser Stunde werden die Triebwerke eine Minute lang mit maximaler Startleistung, 15 Minuten lang mit 85 % Startleistung und 44 Minuten lang mit Leerlaufleistung betrieben.

Bei der Berechnung der von den Triebwerksprobelläufen ausgehenden Geräuschimmissionen wurden Einflüsse der Richtcharakteristik des Flugzeugs nicht berücksichtigt. Wie beim Betrieb der Hilfsgasturbinen wurde für jeden Schubzustand in allen Richtungen mit maximaler Schallabstrahlung, d. h. Kugelsymmetrie gerechnet. Dies stellt eine weitere „worst case“-Annahme dar. Ebenso wurden besondere meteorologische Einflüsse nicht berücksichtigt.

### 3) Bodenabfertigung

Bei der Ermittlung der von den technischen Anlagen im Szenario 20XX ausgehenden Geräusche wurden die Energiezentrale, die Technikzentrale, Instandhaltungs- und Bodenverkehrsdienste, Tankdienste, Bordverpflegungsdienste, Fracht- und Postabfertigung, Lkw-Ladezonen, Abfallentsorgungsdienste, die Simulationskammer und flughafenaffines Gewerbe betrachtet. Darüber hinaus wurden die auf dem Flughafengelände vorgesehenen Gerätschaften zur Abfertigung der Flugzeuge berücksichtigt.

Die Berechnungen der Schallemissionen von technischen Anlagen auf dem Flughafengelände sowie der Geräuschimmissionen in der Umgebung des Flughafens wurden auf der Grundlage des Bundesimmissionsschutzgesetzes, der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm und der DIN ISO 9613-2 (Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2) durchgeführt. Die Ausbreitungsrechnungen für die Geräusche der technischen Anlagen wurde mit dem Rechenprogramm Cadna/A durchgeführt.

Gemäß der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm wurden die Geräuschimmissionen bezogen auf den Tag bzw. die Nachtzeit ermittelt. Als Tagzeit gelten die Stunden von 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr und als Nachtzeit die Stunden von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr. Die Beurteilungszeit für den Tag beträgt 16 Stunden. Maßgebend für die Beurteilung der Nacht ist die lauteste Nachtstunde, d. h. die Nachtstunde mit dem höchsten Beurteilungspegel.

Zur Berechnung der Beurteilungspegel wurden den Schallquellen Schallleistungspegelwerte zugewiesen. Unter Berücksichtigung der Einwirkzeiten bzw. der Betriebszeiten während der Beurteilungszeiten tags und nachts wurde der immissionswirksame Schallleistungspegel jeder Schallquelle ermittelt.

Die Ausbreitungsrechnung wurde auf Basis der DIN ISO 9613-2 vorgenommen. Hierbei wurden die Berechnung der Immissionen unter Mitwindausbreitungsbedingungen durchgeführt.

Für Gebiete mit einer baulichen Nutzung als allgemeines und reines Wohngebiet, als Kleinsiedlungsgebiet sowie in Kurgebieten und für Krankenhäuser und Pflegeheime sind bei der Ermittlung der Beurteilungspegel Zuschläge für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit anzuwenden. Diese wurden entsprechend der Schutzbedürftigkeit an Sonn- und Feiertagen angesetzt, um die kritischste Immissionssituation zu erfassen. In den Zeiten von 06:00 Uhr bis 09:00 Uhr, von 13:00 Uhr bis 15:00 Uhr und von 20:00 Uhr bis 22:00 Uhr wurde an den entsprechenden Immissionsorten der Zuschlag für erhöhte Störwirkungen von 6 dB(A) berücksichtigt.

#### 10.1.4.2 Einwendungen

Von zahlreichen privaten Einwendern und den Trägern öffentlicher Belange wurde eingewandt, dass sich unterhalb der An- und Abflugrouten dicht bewohnte Siedlungsgebiete befänden, die durch das beantragte Ausbauvorhaben unzumutbaren Geräuschemissionen ausgesetzt würden. Die Auswirkungen des Fluglärms auf bewohnte Gebiete werden im Rahmen des Kapitels „Fluglärm“ umfassend behandelt. Nicht zumutbare Belastungen werden durch die verfügbaren Schutzauflagen zur Vermeidung und Minderung des Fluglärms ausgeschlossen bzw. durch Entschädigungen kompensiert.

Von zahlreichen Einwendern wurde befürchtet, die Ermittlung der Fluglärmmissionen in der Umgebung des Flughafens mittels des in der AzB beschriebenen Berechnungsverfahrens gebe die tatsächlich zu erwartende Lärmbelastung nur unzureichend wieder. Insbesondere wird befürchtet, dass die Berechnung der Lärmbelastung gemäß AzB generell zu geringeren Schallpegel führt, als eine messtechnische Erfassung der Lärmbelastung. Es wurden daher Berechnungen unter Verwendung eines sog. Simulationsverfahrens gefordert. Die geäußerten Befürchtungen sind unbegründet. Die AzB stellt ein bewährtes Berechnungsverfahren dar. Mit diesem Berechnungsverfahren lässt sich insbesondere unter Verwendung der AzB-DLR die Belastung durch Fluglärmmissionen in der Umgebung des Flughafens mit hinreichender Genauigkeit bestimmen. Zudem fallen, wie Erfahrungen zeigen, die berechneten Dauerschallpegel im allgemeinen höher aus, als die mit Fluglärmmessanlagen messtechnisch ermittelten Dauerschallpegel.

Simulationsverfahren basieren auf einer möglichst realitätsnahen Beschreibung von Einzelflügen. Dies setzt eine äußerst detaillierte Kenntnis der Flugverfahren, der zugehörigen Fluggeschwindigkeit und Triebwerksleistung voraus. Neben den klassischen Dämpfungseffekten wie geometrische Ausbreitung oder Luftabsorption, die auch in der AzB berücksichtigt sind, können zusätzlich meteorologische und topografische Einflüsse beliebig genau erfasst werden.

Trotz dieser vielfältigen Möglichkeiten kommen Simulationsverfahren wie z. B. das Schweizer Verfahren FLULA-2 nur in Einzelfällen zur Anwendung. Besonders problematisch ist die Vielzahl detaillierter akustischer Daten, die den spezifischen, fein gerasterten flugbetrieblichen Daten zuzuordnen sind. Beispielsweise müssten für alle existierenden Kombinationen von Flugzeugen und Triebwerken die entsprechenden akustischen Daten zur Verfügung stehen. Sofern diese Daten bei den Triebwerks- und Luftfahrzeugherstellern überhaupt vorliegen, sind sie öffentlich nicht zugänglich. Darüber hinaus wäre für Berechnungen mit einem Simulationsverfahren die genaue Kenntnis der zukünftigen Tages- bzw. Jahresflugpläne notwendig. Diese Flugpläne können in der Planungsphase naturgemäß noch nicht zur Verfügung stehen. Da auch die realen Flugwege jedes einzelnen Fluges nachgebildet werden, eignet sich ein Simulationsverfahren am ehesten für nachträgliche Berechnungen bei bestehendem Flugbetrieb und speziell zum Abgleich mit den Ergebnissen von Fluglärmmessungen. Hierbei ist zu beachten, dass mit zunehmendem Aufwand für Eingabedaten auch das Risiko von Eingabefehlern wächst. Die Anwendbarkeit eines Simulationsverfahrens in der Planungsphase scheitert somit daran, dass die Vielzahl der erforderlichen Eingangsdaten nicht verfügbar ist.

Der Vergleich von Berechnungsergebnissen nach dem AzB-Verfahren sowie dem Simulationsverfahren FLULA-2 mit Messergebnissen des Fluglärmmessanlage war Gegenstand von Untersuchungen am Flughafen Frankfurt/Main. Aussagen hierzu trifft insbesondere der Bericht „Fluglärmmonitoring Flughafen Frankfurt/Main, Arbeitspaket 2 Akustik“ der Eidgenössischen Material- und Forschungsanstalt vom 23. Juni 2003. Die Aussagen beziehen sich auf den Vergleich von Berechnungsergebnissen mit der AzB-84 bzw. der AzB-99 und dem Simulationsverfahren FLULA-2. Die Ergebnisse zeigen, dass für mittlere Dauerschallpegel von ca. 65 dB(A) die nach beiden Verfahren ermittelten Belastungen gut überein-

stimmen. Bei geringeren Pegeln ergeben sich mit dem Simulationsverfahren höhere Werte, bei höheren Pegeln in flughafennahen Gebieten fallen dagegen die nach AzB-99 berechneten Pegel höher aus.

Im Vergleich zu den Messergebnissen der Fluglärmmessanlage des Flughafens Frankfurt ergab sich mit dem Simulationsverfahren FLULA-2 generell eine Überschätzung, d. h. die Rechenwerte lagen in Bezug auf den äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{eq(4)}$  für die sechs verkehrsreichsten Monate um durchschnittlich 2,4 dB(A) und maximal 6 dB(A) über den Messwerten.

Die unter Verwendung der AzB-99 berechneten Pegel weichen im Durchschnitt um 1,2 dB(A) nach oben von den Messwerten ab. Im Einzelnen wichen die berechneten Werte sowohl um bis zu 5,6 dB(A) nach oben, als auch um bis zu 1,3 dB(A) nach unten von den gemessenen Werte ab. Insofern ergab sich auch unter Verwendung der AzB-99 faktisch eine Überschätzung der tatsächlichen Lärmbelastung.

Aus dem Vergleich der Rechenergebnisse mit den Messergebnissen konnte bei größer werdender Entfernung zum Flughafen weder eine Zunahme noch eine Abnahme der Differenz festgestellt werden, da mit größerer Entfernung nicht nur die Rechenergebnisse, sondern auch die Messergebnisse größere Unsicherheiten aufweisen.

Grundsätzlich zeigt dieser Vergleich jedoch, dass bei der Berechnung der Lärmbelastung unter Verwendung der AzB-99 eine im Mittel gute Übereinstimmung zu Messergebnissen erzielt wird, wobei mehrheitlich höhere Pegel berechnet als gemessen werden. Die Ergebnisse der am Flughafen Frankfurt/Main durchgeführten Untersuchung zeigen, dass Fluglärmrechnungen unter Verwendung der AzB-99 bzw. der weitestgehend identischen AzB-DLR ein realistisches Abbild der Fluglärmsituation vermitteln.

Von zahlreichen Einwendern wurde vorgetragen, dass bei der Berechnung der Fluglärmimmissionen die im realen Flugbetrieb zu beobachtende Streuung der Flugbewegungen um die Mittellinie der An- und Abflugrouten nicht oder nur unzureichend berücksichtigt worden sei. Dies führe dazu, dass die tatsächliche Belastung durch Fluglärm höher ausfallen wird, als es die Lärmberechnung erkennen lässt.

Dieser Einwand ist unbegründet. Die seitliche Streuung der Flugbahnen wird im Rechenalgorithmus der AzB erfasst. Die Verteilung der Flugbewegungen quer zum Flugkorridor wird mathematisch durch eine Verteilungsfunktion beschrieben. In die Daten fließen Erfahrungswerte aller Untersuchungen in Deutschland ein. Die Streuung der Flugbewegungen innerhalb des Korridors und die Korridorbreiten selbst fließen über das Datenerfassungssystem in die Berechnungen ein.

Dieses Verfahren hat gegenüber anderen Verfahren, z. B. einer Unterteilung in parallele Teilkorridore, den Vorteil einer übersichtlichen, auf statistischen Angaben basierenden Berechnung. Die in der AzB benutzte Verteilungsfunktion stellt eine Näherung der Normalverteilung dar. Sie wurde durch Radaraufzeichnungen gut bestätigt. Zu beachten ist, dass die Parameter der Verteilungsfunktion weniger die Fläche innerhalb der berechneten Konturen, wohl aber die Form der Konturen beeinflussen. Eine Verfeinerung der Verteilungsfunktion mit diskreten Stützstellen wäre nur auf der Grundlage von Radaraufzeichnungen bei laufendem Betrieb möglich, jedoch nicht in der Planungsphase.

Die Anwendung einer Verteilungsfunktion ist somit ein praktikables Verfahren zu Beschreibung der seitlichen Flugbahnstreuung, wie vielfältige radargestützte Auswertungen der Flugbahnen an verschiedenen Flughäfen gezeigt haben.

Verschiedentlich wurde eingewandt, die AzB sei als Berechnungsverfahren für die Fluglärmimmissionen nicht geeignet, da sowohl die Topographie der Umgebung des Flughafens als auch meteorologische Einflüsse bei der Berechnung unberücksichtigt bleiben.

Die Tatsache, dass die Berechnungsalgorithmen der AzB keine topografischen Daten berücksichtigen, ist im Fall des Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld für die Fluglärmrechnungen praktisch nicht von Bedeutung.

Allgemein gilt, dass der Schallpegel mit abnehmender Entfernung zwischen Schallquelle und Immissionsort zunimmt. Selbst wenn sich der minimale Abstand zwischen Schallquelle und Immissionsort um bis zu 10 % verringert, ist nach dieser Beziehung die Zunahme des Schallpegels immer noch kleiner als 1 dB.

In den Müggelbergen liegt die höchste Erhebung mit etwa 115 Metern ca. 80 Meter über dem Niveau der umliegenden Wasserflächen und ca. 68 Meter über dem Niveau der Schwelle der nördlichen Start- und Landebahn. Bei Landungen beträgt die Flughöhe querab der Müggelberge ca. 450 bis 500 Meter bezogen auf das Niveau der Schwelle. Selbst für den theoretischen Fall, dass die höchste Erhebung der Müggelberge bei einer Landung direkt überflogen würde, ergäbe sich lediglich eine Zunahme des Schallpegels um weniger als 1,4 dB(A). Da die Anfluggrundlinie mehr als 1.000 m querab der höchsten Erhebung verläuft, ist die tatsächliche Zunahme des Schallpegels weitaus geringer. Eine Landung stellt insofern den kritischsten Fall dar, als Starts erheblich steiler erfolgen und startende Flugzeuge damit eine deutlich größere Flughöhe haben als landende Flugzeuge.

Abgesehen von den Müggelbergen finden sich innerhalb der Kontur des energieäquivalenten Dauerschallpegels  $L_{eq(3,Tag)}$  von 55 dB(A) keine Geländeerhöhungen von mehr als 20 bis 30 Metern. Die möglichen Auswirkungen der Topografie auf die Geräuschimmissionen sind somit deutlich geringer als 1 dB(A). Dies gilt insbesondere auch für bebaute Gebiete wie den Ortsteil Müggelheim mit einer Höhe von maximal 20 bis 30 m über dem Niveau des umliegenden Geländes.

Meteorologische Einflüsse werden bei der Berechnung von Langzeitmittelungspegeln grundsätzlich ausgeglichen. Beim äquivalenten Dauerschallpegel handelt es sich um einen derartigen Langzeitmittelungspegel. Bei der Berechnung von Maximalpegeln ist zu beachten, dass die Berechnungsergebnisse aufgrund der verwendeten Datengrundlage der AzB-DLR immer mittlere Maximalpegel darstellen.

Meteorologische Einflüsse auf den Fluglärm bestehen insbesondere aufgrund der Beeinflussung von Flugrouten, da Starts und Landungen immer gegen den Wind erfolgen. Ferner wird die Schallausbreitungsdämpfung vom Flugzeug zu den Immissionsorten von meteorologischen Faktoren beeinflusst. Darüber hinaus bestehen auch Einflüsse auf das Steigverhalten der Flugzeuge, da die Triebwerksleistung mit steigender Temperatur geringer wird.

Die Beeinflussung der Flugrouten durch meteorologische Einflüsse wird durch die auf dem amtlichen Gutachten des Deutschen Wetterdienstes beruhende Verteilung des Luftverkehrs zu 65 % auf die Betriebsrichtung West und zu 35 % auf die Betriebsrichtung Ost berücksichtigt.

Die Abhängigkeit des Steigverhaltens von der Temperatur wäre nur unter Auswertung des realen Flugbetriebs mit einem Simulationsverfahren zu erfassen. Wie bereits dargelegt, scheitert die Anwendung eines Simulationsverfahrens in der Planungsphase eines Flughafens daran, dass die Vielzahl der erforderlichen Eingangsdaten noch nicht verfügbar ist.



Praktisch relevant ist der Witterungseinfluss auf die Schallausbreitungsdämpfung. Die frequenz- und entfernungsabhängige Luftdämpfung wird durch Luftfeuchtigkeit und Temperatur beeinflusst. Das Berechnungsverfahren der AzB berücksichtigt sowohl die Luft-Boden-Schallausbreitung als auch die Boden-Boden-Schallausbreitung. Die meteorologischen Einflüsse auf die Schallausbreitungsdämpfung sind in diesen Ansätzen implizit berücksichtigt. Die der AzB zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten gelten für sog. atmosphärische Standardbedingungen von 15° Celsius für die Lufttemperatur und 70 % Luftfeuchtigkeit. Fluglärmrechnungen unter Verwendung des Berechnungsverfahrens der AzB werden auf der Grundlage der sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres als Bezugszeitraum durchgeführt. Die sechs verkehrsreichsten Monate setzen sich in Deutschland fast ausnahmslos aus den Sommermonaten sowie angrenzenden Monaten des Frühjahres und des Herbstes zusammen. Die auf den atmosphärischen Standardbedingungen beruhende Schallausbreitung des Berechnungsverfahrens der AzB stellt somit einen geeigneten Mittelwert dar.

Lokal kann es allerdings witterungsbedingt aufgrund von Windeinfluss und Temperaturinversion an einzelnen Tagen zu Pegelabweichungen von bis zu  $\pm 5$  dB(A) kommen. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass die wetterbedingten Abweichungen der Immissionspegel sowohl Pegelerhöhungen als auch beträchtliche Pegelreduktionen erwarten lassen. Ein Langzeitmittelungspegel gleicht diese Einflüsse grundsätzlich aus. Dies wird auch durch den bereits erwähnten Vergleich von Rechen- und Messergebnissen am Flughafen Frankfurt/Main belegt, der gezeigt hat, dass mit der Berechnung nach AzB-99 im Mittel eine Überschätzung der tatsächlichen Immissionspegel erfolgt.

Seitens der Einwander wurde vorgetragen, die Berechnung der Fluglärmimmissionen sei fehlerhaft, da die akustischen Eingangsdaten der AzB mittels der Zeitbewertung „Slow“ gewonnen wurden. Sowohl die Erfassung der Eingangsdaten als auch Fluglärmmessungen seien mit der Zeitbewertung „Fast“ vorzunehmen.

Diesem Einwand ist nicht zu folgen. Der von einem Messgerät angezeigte Schallpegel wird durch dessen Dynamik, d. h. eine Eigenschaft des Gerätes, bestimmt. International sind die drei Einstelldynamiken „Slow“, „Fast“ und „Impulse“ üblich. Bei der Messung von Fluglärm hat sich die Zeitbewertung „Slow“ durchgesetzt. Dies hat zur Folge, dass sämtliche akustischen Datengrundlagen für die Fluglärm-berechnung auf dieser Zeitbewertung beruhen. Da auch die Fluglärm-messanlagen der Verkehrsflughäfen mit dieser Einstelldynamik arbeiten, ist eine gute Vergleichbarkeit zwischen Rechnung und Messung gegeben. Aus diesen Gründen hat sich die Anwendung der Bewertungen „Fast“ oder „Impuls“ bisher nicht durchgesetzt. Auch die akustischen Eingangsdaten der AzB-DLR wurden mit der Zeitbewertung „Slow“ ermittelt. Akustische Eingangsdaten, die auf der Zeitbewertung „Fast“ beruhen, stehen derzeit nicht zur Verfügung. Grundsätzlich ist ferner auf die Tatsache hinzuweisen, dass sich nahezu alle Kriterien zur Beurteilung der Lärmwirkungen des Fluglärms auf Pegel beziehen, die mit der Zeitbewertung „Slow“ ermittelt wurden. Mit der Zeitbewertung „Fast“ ermittelte Pegel würden somit gänzlich neue Beurteilungskriterien erfordern.

In verschiedenen Einwendungen wurde gefordert, die berechneten Fluglärmpegel mit Ton- und Impulskorrekturen zu versehen. Diese Forderung ist nicht begründet.

Geräusche, die Impulse oder auffällige Pegeländerungen enthalten, können bei gleichem Pegel im Vergleich zu gleichförmigen Geräuschen eine erhöhte Störwirkung hervorrufen. Ähnliches gilt für Geräusche, deren Spektrum deutliche Einzeltöne enthält. Derartigen Einflüssen kann beispielsweise durch additive Korrekturen am Gesamtschallpegel Rechnung getragen werden.

Die Ermittlung von Impulzzuschlägen ist in der DIN 45645, Teil 1 „Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschimmissionen“ beschrieben. Nach DIN 45643, Teil 1 „Messung und Beurteilung

von Flugzeuggeräuschen, Maße und Kenngößen“, kann für zivile Verkehrsflugzeuge auf die Anwendung eines derartigen Impulszuschlages in der Regel verzichtet werden. Auch eine Tonkorrektur muss nach DIN 45643, Teil 1, für zivile Strahlverkehrsflugzeuge zurzeit nicht angesetzt werden, da der von derartigen Flugzeugen verursachte Lärm überwiegend nicht tonhaltig ist. Inwiefern speziell bei der Landung von Flugzeugen zukünftig der Ansatz eines Tonzuschlages gerechtfertigt ist, ist zurzeit in der Diskussion. Die diesbezüglichen Untersuchungen sind allerdings noch nicht abgeschlossen.

Von zahlreichen Einwendern wurde vorgetragen, dass bei gekipptem Fenster keinesfalls ein durchschnittliches Schalldämmmaß von 15 dB(A) angesetzt werden könne. Aufgrund der in der Umgebung des Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld vorzufindenden Bausubstanz seien vielmehr Werte von weniger als 10 dB(A) realistisch.

Dieser Einwand ist unbegründet. Zur Schalldämmung geöffneter Fenster gibt das Umweltbundesamt wichtige Hinweise.<sup>213</sup> Es werden Messwerte des Schalldämmmaßes gekippter Fenster von 9 bis 11 dB genannt, wobei das Schalldämmmaß innerhalb der einzelnen Terzbänder relativ gleichmäßig ist und nicht den typischen Anstieg des Schalldämmmaßes geschlossener Fenster zu hohen Frequenzen hin zeigt.

Das Schalldämmmaß des geöffneten Fensters darf allerdings keinesfalls mit dem resultierenden Schalldämmmaß einer Außenwand mit Fenster verwechselt werden. Unter Ansatz der oben genannten Fensterschalldämmung von 9 bis 11 dB berechnet sich das resultierende Schalldämmmaß der Außenwand für einen durchschnittlichen Schlafräum mit einer Außenwand von 3,6 Meter Breite und 2,7 Meter Höhe zu insgesamt 15 bis 18 dB. Das resultierende Schalldämmmaß der Außenwand ist also im vorliegenden Fall um mehr als 5 dB höher als das des angekippten Fensters.

Maßgeblich ist aber nicht das Schalldämmmaß, sondern die Schallpegeldifferenz. Für einen durchschnittlichen Musterraum lässt sich eine Schallpegeldifferenz von ca. 15 dB(A) errechnen. In Abhängigkeit der Fenster- und Raumgröße sowie der Öffnungsfläche des Fensters ist mit Abweichungen von diesem Wert zu rechnen, wobei in der Regel größere Schallpegeldifferenzen und nur in Einzelfällen z. B. bei überdurchschnittlich großen Fensterflächen, auch geringere Werte zu erwarten sind.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass mit dem Ansatz einer Schallpegeldifferenz außen/innen von 15 dB(A) keinesfalls die Ermittlung des realen Schalldämmverhaltens von Wohngebäuden im Rahmen der Dimensionierung von Schallschutzmaßnahmen und der Gewährung von passivem Schallschutz vorweggenommen wird. Die mit dem Ansatz einer Schallpegeldifferenz von 15 dB(A) ermittelten Lärmkonturen begrenzen lediglich die Gebiete, in denen die vom Fluglärm Betroffenen keine Einzelnachweise bezüglich des Umfangs ihrer Betroffenheit zu führen brauchen. Die Konturen stellen somit eine Art Meistbegünstigungs-Klausel dar. Grundsätzlich besteht auch außerhalb der Konturen Anspruch auf Schallschutz, wenn die Voraussetzungen dafür nachgewiesen werden.

Von zahlreichen Einwendern wurde befürchtet, dass das Berechnungsverfahren der AzB nicht geeignet ist, die Fluglärmimmissionen beim Kurvenflug hinreichend genau zu ermitteln. Insbesondere innerhalb von Kurven seien tatsächlich deutlich höhere Lärmpegel zu erwarten, als die mit dem Berechnungsverfahren der AzB ermittelten Lärmpegel. Diese Befürchtung ist unbegründet.

---

<sup>213</sup> Kötz, W.-D. (2004): Zur Frage der effektiven Schalldämmung von geöffneten Fenstern, Z. f. Lärmbekämpfung, 51 (2004), Nr. 1.

Um die Berechnungsalgorithmen handhabbar halten zu können, geht die AzB für den Kurvenflug von einer Näherung aus, wodurch die Schallimmissionen in bestimmten Bereichen, je nach Lage des Immissionsortes im Verhältnis zur Kurve, über- oder unterschätzt werden. Insbesondere im Bereich des Kurvenmittelpunktes ist dabei eine gewisse Unterschätzung der Schallimmissionen zu erwarten. Eine Betrachtung der für den ausgebauten Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld vorgesehenen Flugrouten belegt, dass die Kurvenmittelpunkte aller Instrumentenflugrouten außerhalb der Kontur des energie-äquivalenten Dauerschallpegels  $L_{eq(3,Tag)}$  von 55 dB(A) bzw.  $L_{eq(3,Nacht)}$  von 50 dB(A) liegen. Die Kurvenmittelpunkte liegen mithin in einem Bereich geringer Fluglärmbelastung, so dass die Unterschätzung der Fluglärmimmissionen aufgrund des Berechnungsverfahrens der AzB vernachlässigt werden kann. Insbesondere sind relevante Auswirkungen des Fluglärms in diesen Bereichen nicht zu befürchten.

Darüber hinaus werden die in einem Bogen bei Dahlewitz und Rangsdorf verlaufenden und von der Näherung des Berechnungsverfahrens der AzB potentiell am stärksten betroffenen Kurzabflugrouten nur von kleineren Flugzeugen benutzt, die Häufigkeit der Abflüge über diese Routen ist relativ gering. Deshalb ist in diesem Bereich auch keine Aufweitung der Lärmkonturen zu verzeichnen. Der durch die Näherung im Berechnungsverfahren gemäß AzB entstehende Fehler hat nur äußerst geringe Auswirkungen.

Von verschiedenen Einwendern wurde kritisiert, dass das Berechnungsverfahren der AzB keine Schallreflexionen an Bauwerken, Wasseroberflächen oder Bodenerhebungen berücksichtigt. Von den Einwendern wird vermutet, dass durch derartige Schallreflexionen an zahlreichen Orten deutlich höhere Schallpegel auftreten werden, als die Lärmberechnungen erwarten lassen. Derartige Befürchtungen sind unbegründet.

Grundsätzlich können Bauwerke und Bodenerhebungen sowohl zu Pegelminderungen durch Abschirmungen als auch zu Pegelerhöhungen durch Reflexionen führen. In den meisten Fällen werden die Pegelminderungen durch Abschirmungen, z. B. auf einer der Flugroute abgewandten Seite des Hauses, größere Werte annehmen als die Pegelerhöhungen durch Reflexionen, da diese nur unter bestimmten geometrischen Bedingungen möglich sind. Ähnliches gilt für Reflexionen über Wasserflächen. Nur unter strengen geometrischen Bedingungen (Spiegelung) können Reflexionen überhaupt wirksam werden.

Da sich zudem die Geräuschquelle bewegt, sind die Reflexionen nur kurzzeitig wirksam, weshalb der Einfluss auf den berechneten äquivalenten Dauerschallpegel gering ist. Eine Auswirkung der Schallreflexionen auf den Maximalschallpegel ist ebenfalls unwahrscheinlich, da die Bedingungen „geringster Abstand der Schallquelle zum Immissionsort“ und „Schalleintrag durch geometrische Reflexionen“ gleichzeitig auftreten müssten.

Zusammenfassend ist somit festzustellen, dass Reflexionen des von Flugzeugen erzeugten Geräusches zwar in Einzelfällen hörbar sein können, jedoch ohne entscheidenden Einfluss auf die Bildung des äquivalenten Dauerschallpegels und des Maximalschallpegels sind.

Die von einigen Einwendern geforderte Ermittlung von Beurteilungspegeln nach DIN 45645 (Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschimmissionen) bzw. der DIN 45643 (Messung und Bewertung von Flugzeuggeräuschen) hält die Planfeststellungsbehörde nicht für erforderlich.

Die DIN 45645 beinhaltet ein Verfahren zur einheitlichen Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschimmissionen. Beurteilungspegel können zum Vergleich mit Richt- und Grenzwerten benutzt werden, sofern die Beurteilungszeiten und Beurteilungsverfahren übereinstimmen. Die Bildung eines Beurteilungspegels ist nur sinnvoll möglich, wenn hierzu ein korrespondierender, der Beurteilung dienender

Immissionsrichtwert existiert. Grenz- und Richtwerte sind für Fluglärm jedoch nicht vorhanden. Eine Erleichterung für die Beurteilung der Belastungssituation durch die Ermittlung von Beurteilungspegeln nach DIN 45645 ist damit nicht gegeben.

Die Ermittlung eines Beurteilungspegels nach DIN 45643 erfordert die Kenntnis der Bewegungsverteilung der zu beurteilenden Fluglärmereignisse über den ganzen Tag hinweg auf der Grundlage durchzuführender Schallmessungen. Die Beurteilung der Fluglärmimmissionen des ausgebauten Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld kann durch die Planfeststellungsbehörde nur aufgrund von Prognosen erfolgen und nicht aufgrund von Schallmessungen, weil örtlich gewonnene Messdaten für die noch zu errichtende Start- und Landebahn noch nicht vorliegen können.

Von zahlreichen Einwendern wurde gefordert, die vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) veröffentlichte Leitlinie der Berechnung und Bewertung der Fluglärmimmissionen zugrunde zu legen. Dieser Forderung ist nicht nachzukommen. Die vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) veröffentlichte Leitlinie wurde für die Landesplanung entwickelt. Sie empfiehlt bewusst ein Berechnungsverfahren, das die tatsächliche Lärmsituation weit überschätzt. Ziel dieser Leitlinie ist es, in möglichst großen Gebieten um die Flughäfen die Ausweisung neuer Siedlungsgebiete zu vermeiden. Dieses Verfahren erhebt jedoch nicht den Anspruch, real vorhandene oder zukünftig zu erwartende Lärmbelastungen im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens darzustellen und kann deshalb hierzu auch nicht verwendet werden.

Seitens der Einwender wurde vorgetragen, die Flugbewegungszahlen im Datenerfassungssystem seien fehlerhaft. Insbesondere würden bei Westwind deutlich mehr Flugzeuge zu westlichen Zielen fliegen als bei Ostwind. Die Planfeststellungsbehörde weist die am Datenerfassungssystem vorgebrachte Kritik zurück. Die im Datenerfassungssystem enthaltenen Flugbewegungszahlen sowie die vorgenommene Verteilung der Flugbewegungen auf die einzelnen Flugrouten basiert auf der Verkehrsprognose einschl. Modellflugplan. Der Verkehrsprognose liegen plausible Annahmen zugrunde, und sie entspricht dem Stand der Wissenschaft. Es bestehen keine Zweifel, dass die Verkehrsprognose und der Modellflugplan eine realistische Beschreibung des zukünftig zu erwartenden Verkehrsaufkommens und der Verkehrsverteilung darstellen. Im Zusammenhang mit der Verteilung der Flugbewegungen auf die beiden Betriebsrichtungen ist zu beachten, dass die Betriebsrichtungsverteilung auf den Ergebnissen des amtlichen Gutachtens des Deutschen Wetterdienstes beruht. Aus diesem Grund erfolgen selbst bei Flugbewegungen mit westlichen Zielen zunächst 35 Prozent der Starts in östlicher Richtung mit einer anschließenden Richtungsänderung in Richtung Westen. Die übrigen 65 Prozent der Starts erfolgen in westlicher Richtung, so dass westliche Ziele auf direktem Weg angefliegen werden können.

Es wurde ferner eingewandt, die den lärmphysikalischen Gutachten zugrundegelegten Flugbewegungszahlen seien zu niedrig angesetzt worden. Dieser Einwand wird zurückgewiesen. Die in die lärmphysikalischen Gutachten eingeflossenen Flugbewegungszahlen beruhen auf der Verkehrsprognose einschl. Modellflugplan und stellen eine realistische Abschätzung der zukünftig zu erwartenden Entwicklung dar. Nähere Einzelheiten hierzu sind dem Kapitel „Entwicklung des Luftverkehrs“ zu entnehmen. Zu Gunsten der Betroffenen wurde den Fluglärmrechnungen zudem eine höhere Zahl von Flugbewegungen zugrunde gelegt, als für das Verkehrsszenario 20XX prognostiziert.

Es wurde eingewandt, die A-Bewertung bei der Lärmberechnung müsse wegfallen, so dass der ganze physiologisch wirksame Lärm berücksichtigt wird. Der tatsächliche Schalldruck sei deutlich höher, da die A-Bewertung die vom Ohr nicht als lautes Geräusch empfundene Pegel bei tiefen und hohen Frequenzen herausfiltert. Dieser Einwand wird zurückgewiesen. Richtig ist, dass die A-Bewertung den Gehöreindruck zutreffend nachbildet. Die A-Bewertung von Fluglärm entspricht der ständigen Praxis. Nahezu alle Aussagen und Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung zur Beschreibung und Bewertung der

Wirkungen des Fluglärms beziehen sich auf A-bewertete Schallpegel. Insofern würde eine Beurteilung der Wirkungen auf der Grundlage nicht A-bewerteter Schallpegel auch völlig neue Bewertungsmaßstäbe, d. h. insbesondere andere Immissionsgrenzwerte, erfordern.

Von zahlreichen Einwander wurde vorgetragen, die lärmphysikalischen Gutachten seien mangelhaft, da aus den dargestellten Lärmkonturen nur unzureichend erkennbar sei, in welchem Umfang und welche einzelnen Grundstücke konkret durch Fluglärm betroffen sein werden. Dieser Einwand wird zurückgewiesen. Eine parzellenscharfe Darstellung der Lärmkonturen ist nicht erforderlich. Auch ohne eine solche parzellenscharfe Darstellung war es den durch die Geräuschimmissionen betroffenen Anwohnern möglich, das potentielle Ausmaß ihrer Belastung in geeigneter Weise zu erkennen. Darüber hinaus sind die Ergebnisse der durchgeführten Lärmberechnungen grundsätzlich geeignet, bei Auswahl einer entsprechenden Kartengrundlage eine parzellenscharfe Darstellung der Lärmkonturen zu ermöglichen, so dass in Streitfällen die Frage des Anspruchs auf passiven Schallschutz, Außenwohnbereichsentschädigung oder Übernahme des Grundstücks abschließend geklärt werden kann.

Soweit eingewandt wurde, Platzrundenflüge würden zu unzumutbaren Belastungen oder erheblichen Belästigungen führen, ist festzustellen, dass aufgrund der von der Planfeststellungsbehörde verfügten Auflagen zur Vermeidung und Minderung des Fluglärms Platzrundenflüge zu besonders lärmsensiblen Zeiten wie der Nacht sowie an Sonn- und Feiertagen nur sehr eingeschränkt bzw. gar nicht zulässig sind.

Von zahlreichen Einwendern wurde bemängelt, die beim Abfliegen von Warteverfahren verursachten Geräuschimmissionen seien in den Fluglärmrechnungen nicht ausgewiesen. Es wurde gefordert, Lufträume und Flugverfahren für Warteschleifen verbindlich festzulegen. Diese Forderung wird zurückgewiesen. Die Festlegung von Flugverfahren, einschl. Warteverfahren, ist nicht Gegenstand dieses Planfeststellungsverfahrens. Derartige Verfahren werden durch das Luftfahrt-Bundesamt unmittelbar vor Inbetriebnahme des ausgebauten Flughafens durch Rechtsverordnung festgesetzt.

Warteverfahren werden benötigt, wenn ein Flugzeug einen Flughafen, in der Regel bedingt durch sehr hohes Verkehrsaufkommen, nicht direkt anfliegen kann. Um den Flugbetrieb nicht durch das Warteverfahren zusätzlich zu behindern, werden Warteverfahren zumeist in einer Entfernung von mehr als 20 Kilometern vom Flughafen etabliert. Die zukünftigen Warteverfahren werden sich somit deutlich außerhalb der Kontur des energieäquivalenten Dauerschallpegels  $L_{eq(3,Tag)}$  von 55 dB(A) befinden. Darüber hinaus liegen selbst die minimalen Flughöhen für Warteverfahren so hoch, dass keine erheblichen Geräuschimmissionen in den unterhalb des Warteverfahrens gelegenen Gebieten zu erwarten sind.

Einige Einwander haben die Befürchtung geäußert, dass der Rollverkehr auf den neu zu errichtenden Rollbahnen zu erheblichen zusätzlichen Geräuschimmissionen in der Umgebung des Flughafens führen werde. Ausweislich der lärmphysikalischen Gutachten wurden sowohl der Fluglärm als auch der Bodenschall berechnet und berücksichtigt. Die Berechnungen zeigen, dass der Rollverkehr in der Umgebung des Flughafens nur zu einer unerheblichen Erhöhung der Geräuschimmissionen von bis zu 0,4 dB(A) am Tage und bis zu 0,5 dB(A) in der Nacht führt.

Verschiedentlich wurde gefordert, sowohl über einzelnen Grundstücken als auch über bestimmten Siedlungsbereichen, Mindestflughöhen festzulegen. Derartige Forderungen werden zurückgewiesen. Die Mindestflughöhen sind im Luftrecht geregelt. Zum Zwecke des Landens und des Startens dürfen die Mindestflughöhen im erforderlichen Umfang unterschritten werden. Darüber hinaus ergeben sich die Flughöhen für Luftfahrzeuge, die nach Instrumentenflugregeln fliegen, sowie für Luftfahrzeuge, die innerhalb einer Kontrollzone nach Sichtflugregeln fliegen, aus den jeweiligen Flugverkehrskontrollfreigaben der Flugsicherung.

Von einzelnen Einwendern wurde gefordert, zum Schutz der Anwohner vor Fluglärm Lärmschutzwände bzw. Lärmschutzwälle zu errichten. Diese Forderung wird zurückgewiesen. Wegen der begrenzten Höhe von Lärmschutzwänden können diese in aller Regel keine immissionsbegrenzende Wirkung für in der Luft befindliche Luftfahrzeuge entfalten. Zur Begrenzung der Auswirkungen des Bodenlärms sind Lärmschutzwände bzw. -wälle zwar grundsätzlich geeignet, um ihre volle Wirkung zu erreichen, müssten sie jedoch entweder in unmittelbarer Nähe der Quelle, d. h. des Flugzeugs, oder direkt am Immissionsort errichtet werden. Bezüglich des rollenden bzw. des startenden und landenden Luftverkehrs scheidet eine Errichtung in unmittelbarer Nähe der Quelle wegen der von Bauwerken freizuhaltenen Sicherheitsflächen aus. Denkbar sind Lärmschutzwände bzw. -wälle allenfalls bei ruhendem Verkehr, wie z. B. Lärmschutzeinrichtungen bei Triebwerksprobeläufen. Die für Triebwerksprobeläufe festgesetzten Immissionsgrenzwerte sind von den Trägern des Vorhabens ggf. mit entsprechenden Lärmschutzeinrichtungen einzuhalten.

#### 10.1.5 Geräuschvorbelastung

Die Umgebung des bestehenden Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld ist durch Fluglärm vorbelastet. Die Planfeststellungsbehörde stützt die folgenden Erkenntnisse und Bewertungen auf die von den Trägern des Vorhabens vorgelegten Lärmgutachten und die Auswertung der Aufzeichnungen der Fluglärmmessanlage.

Grundlage für die Ermittlung der Vorbelastung durch Fluglärmimmissionen stellen zum einen die gemäß der AzB-DLR berechneten Konturen des energieäquivalenten Dauerschallpegels  $L_{eq(3)}$  sowie die für insgesamt 111 Orte des Untersuchungsraumes erstellte punktuelle Berechnung sowohl des energieäquivalenten Dauerschallpegels  $L_{eq(3)}$  als auch des äquivalenten Dauerschallpegels  $L_{eq(4)}$  gemäß dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm für das Jahr 1997 dar. Zum anderen wurden die aus den Aufzeichnungen an den 9 Messstellen der Fluglärmmessanlage für die sechs verkehrsreichsten Monate der Jahre 1997 und 2003 ermittelten äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{eq(4)}$  herangezogen.

Den von den Trägern des Vorhabens durchgeführten Lärmberechnungen liegen die tatsächlichen Flugbewegungszahlen des Jahres 1997 zugrunde. Im Jahr 1997 wurden am Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld ca. 46.400 Flugbewegungen inklusive Hubschrauber registriert. Von diesen Flugbewegungen wurden ca. 27.500 in den sechs verkehrsreichsten Monaten des Jahres durchgeführt. Dies entspricht einem Anteil von ca. 60 % an den Gesamtflugbewegungen des Jahres.

Das Umweltbundesamt ist bei seinen Berechnungen, die der Verordnung über die Festsetzung des Lärmschutzbereichs für den Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld vom 16. Juni 1997 zugrunde liegen, mit 83.600 Flugbewegungen in den sechs verkehrsreichsten Monaten des Jahres 2003 von einer deutlich höheren Zahl an Flugbewegungen ausgegangen.

Die Zahl von 46.400 Flugbewegungen im Jahr 1997 kann dennoch als repräsentativer Durchschnittswert für den derzeitigen Flugbetrieb am Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld angesehen werden. Die bisher höchste Zahl an jährlichen Flugbewegungen nach der Deutschen Wiedervereinigung wurde mit 54.149 Flugbewegungen im Jahr 1994 erreicht. Die geringste Zahl an jährlichen Flugbewegungen wurde mit 36.119 Flugbewegungen unmittelbar nach der Wiedervereinigung im Jahr 1991 registriert. Im Jahr 2003 wurden aufgrund der Nachwirkungen der Terroranschläge des Jahres 2001 sowie der Auswirkungen der Lungenkrankheit SARS und des zweiten Golfkrieges lediglich 36.939 Flugbewegungen registriert.