MÜLLER-BBM
Schalltechnisches Beratungsbüro
Robert-Koch-Straße 11
82152 Planegg bei München
Telefon 089 - 8 56 02 - 0
Telefax 089 - 8 56 02 - 111

Flughafen Hamburg

Untersuchung der Flugverkehrsgeräusche

Bericht Nr. 31 651 / 7

Auftraggeber:	Flughafen Hamburg GmbH Paul-Bäumler-Platz 1 - 3 22335 Hamburg
Bearbeitet von:	Dr. Th. Beckenbauer Dipl.-Phys. P. Frank J. Hutzl
Datum:	15.11.1996
Berichtsumfang:	Insgesamt 333 Seiten, davon 60 Seiten Textteil 3 Seiten Anhang A 5 Seiten Anhang B 49 Seiten Anhang C 47 Seiten Anhang D 5 Seiten Anhang E 13 Seiten Anhang F 26 Seiten Anhang G 3 Seiten Anhang H 105 Seiten Anhang I 17 Seiten Anhang J

Müller-BBM GmbH
Sitz der Gesellschaft:
82152 Planegg, HRB München 86 143
Geschäftsführer: Rolf Michelsen
Dr. Gerhard Müller, Dr. Joachim Scheuren

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung **5**

2. Grundlagen **9**

2.1. Gesetze und Vorschriften 9

2.2. Normen und Richtlinien 9

2.3. Planungsgrundlagen 9

2.4. Veröffentlichungen und sonstige Grundlagen 10

3. Wichtige Begriffe, Größen und Einheiten **11**

3.1. Schallpegelgrößen 11

3.1.1. A-bewerteter Schallpegel L_A 11

3.1.2. Äquivalenter Dauerschallpegel (Mittelungspegel) $L_{eq(3)}$, $L_{eq(4)}$ 11

3.1.3. Beurteilungspegel L_r 12

3.1.4. Maximalpegel L_{max} 13

3.2. Zeitbegriffe 13

3.2.1. Zeitspanne t_{10} (t_{10}-Zeit) 13

3.2.2. Beurteilungszeit T_r 13

3.2.3. Zeitscheibe 13

3.3. Nichtphysikalische Begriffe und Größen 14

3.3.1. Flugkorridor 14

3.3.2. Statistische Verteilung 14

3.3.3. Betriebsrichtung 14

4. Berechnungsverfahren **16**

4.1. Allgemeines 16

4.2. Beurteilungszeiten 19

4.3. Flugverkehrsgeräusche 20

4.3.1. Beschreibung der Flugstrecken 20

4.3.2. Beschreibung der Flugzeugtypen/-gruppen 20

4.3.3. Berechnung der Maximalpegel 21

4.3.4. Berechnung der Geräuschdauer 21

4.3.5. Berechnung der Bodendämpfung 22

4.3.6. Behandlung der Teilkorridormengen 22

4.3.7. Berechnung der Maximalpegelhäufigkeiten 23
4.4. Umkehrschub 27
4.4.1. Emissionsansatz 27
4.4.2. Schallausbreitungsberechnung 28
4.4.3. Überlagerung mit den Flugverkehrsgeräuschen 28
4.5. Umfang des Aufpunktrasters 28
4.6. Genauigkeit 29

5. Ausgangsdaten 29
5.1. Beschreibung der untersuchten Szenarien 29
5.2. Start- und Landebahnsystem 29
5.3. An- und Abflugstrecken 30
5.4. Flugzeuggruppen 31
5.5. Landegleitwinkel, Zwischenanflug- und Horizontalflughöhen 33
5.6. Flugverkehrsmengen 33
5.7. Umkehrschub 36
5.7.1. Schalleistungspegel 36
5.7.2. Einsatzhäufigkeit und -dauer 37
5.7.3. Schallquellenmodell 37

6. Ergebnisse 39
6.1. Kurven gleichen äquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ und $L_{eq(4)}$ 39
6.2. Ergebnisse der $L_{eq(3)}$-Berechnungen für einzelne Immissionsorte 40
6.3. Kurven gleicher Maximalpegelhäufigkeit 40
6.4. Umkehrschub 40

7. Beurteilung 41
7.1. Allgemeines 41
7.2. Beurteilung nach Fluglärmschutzgesetz 41
7.3. Flächendeckung 44
7.4. Umkehrschub 46

8. Abbildungsverzeichnis 47

Anhang A:	Flugstreckenplan Lageplan mit Einzelimmissionsorten und Schallquellen für den Umkehrschub
Anhang B:	Kurven gleichen äquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(4)}$ nach Fluglärmschutzgesetz ohne Umkehrschub, M 1:50.000
Anhang C:	Kurven gleichen energieäquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ ohne Umkehrschub, M 1:50.000
Anhang D:	Kurven gleicher Maximalpegelhäufigkeit h_{max}, M 1:50.000
Anhang E:	Kurven gleichen energieäquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ ohne Umkehrschub, M 1:20.000, auf Folie
Anhang F:	Kurven gleicher Maximalpegelhäufigkeit h_{max}, M 1:20.000, auf Folie
Anhang G:	Ergebnisse der Einzelpunktberechnungen
Anhang H:	Ergebnisse der Berechnungen von Umkehrschubgeräuschen
Anhang I:	Flugverkehrsmengen
Anhang J:	Flugzeuggruppen - Datensätze

Hinweis:

Die Anhänge E und F beinhalten hier die Pläne verkleinert, jeweils bis zu 6 pro DINA4-Seite. Die Originalpläne selbst liegen dem Auftraggeber separat vor.

1. Aufgabenstellung

Die Flughafen Hamburg GmbH plant die Erweiterung ihrer Flugzeug-Abfertigungskapazitäten, die in drei Ausbaustufen erfolgen soll.

Für die Gesamtmaßnahme beantragt die Flughafen Hamburg GmbH die Planfeststellung. Ein Bestandteil dieses Verfahrens ist eine Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU). Die Flughafen Hamburg GmbH beauftragte uns, für diese Umweltverträglichkeitsuntersuchung nachrichtlich eine schalltechnische Untersuchung der Flugverkehrsgeräusche durchzuführen.

Der vorliegende Bericht beschreibt und vergleicht die durch den Flugverkehr in der Umgebung des Verkehrsflughafens Hamburg hervorgerufene Geräuschsituation für den Ist-Zustand und drei Prognose-Zustände entsprechend den drei Ausbaustufen.

Die Untersuchung umfaßt folgende wesentliche Teile:

- Berechnung akustischer und nichtakustischer Größen, die das Maß der Schalleinwirkungen für jedes einzelne Szenario und im Vergleich der zukünftigen Zustände mit dem Ist-Zustand beschreiben.
- Darstellung der Berechnungsergebnisse sowohl in Zahlen als auch vor allem in grafischen Darstellungen, die die Auswirkungen der Flugverkehrsgeräusche flächendeckend zeigen.
- Beurteilung der Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf die Entwicklung und die damit verbundene Veränderung der schalltechnischen Situation in der Umgebung des Flughafens Hamburg im Vergleich zum Ist-Zustand.

Alle Berechnungen und Darstellungen erfolgen für nachfolgend genannte Zustände:

- Ist-Zustand 1995
- Ausbaustufe 1 bis 2001
- Ausbaustufe 2 bis 2004
- Ausbaustufe 3 bis 2010 (Endausbauzustand)

Die Berechnung von Null-Varianten, also die Berechnung von Prognose-Szenarien ohne Ausbaumaßnahmen ist im Gegensatz zur Untersuchung der Bodengeräusche auf dem Flughafengelände nicht notwendig, da die Veränderung der Flugverkehrsmengen in den verschiedenen Betrachtungszeiträumen (6 verkehrsreichste Monate, Spitzenwoche, Spitzentag, Zeitscheiben) als auch die Zusammensetzung der am Flugverkehrsaufkommen beteiligten Flugzeugtypen sich hinsichtlich des Flugbetriebes mit und ohne Ausbaumaßnahmen nicht anders darstellen würden.

Die Berechnungen und Darstellungen der Flugverkehrsgeräusche erfolgen bei jedem der o. g. Szenarien für folgende Zeiträume:

- 6 verkehrsreichste Monate
- 1 Woche mit dem gegenüber allen anderen Wochen eines Kalenderjahres höchsten Verkehrsaufkommen (Spitzenwoche)
- 1 Tag mit dem gegenüber allen anderen Tagen eines Kalenderjahres höchsten Verkehrsaufkommen (Spitzentag)

Aufgrund der Anforderungen an die Eingangsgrößen für das zu erstellende lärmmedizinische Gutachten erfolgen unsere Berechnungen und Darstellungen auch für folgende Zeitscheiben innerhalb eines („mittleren") Tages während der sechs verkehrsreichsten Monate:

- Zeitscheibe 1: 06.00 - 12.30 Uhr
- Zeitscheibe 2: 12.30 - 13.30 Uhr
- Zeitscheibe 3: 13.30 - 19.00 Uhr
- Zeitscheibe 4: 19.00 - 22.00 Uhr
- Zeitscheibe 5: 22.00 - 01.00 Uhr
- Zeitscheibe 6: 01.00 - 06.00 Uhr

Für die Ermittlung und Darstellung der Geräuschsituation in den einzelnen Szenarien und Beurteilungszeiträumen werden in dem vorliegenden Bericht folgende akustische und nicht akustische Größen herangezogen:

- L_{max} Maximalpegel
- $L_{eq(4)}$ nach Fluglärmschutzgesetz (äquivalenter Dauerschallpegel mit Äquivalenzparameter q = 4)
- $L_{eq(3)}$ nach DIN 45643 (energieäquivalenter Dauerschallpegel mit Äquivalenzparameter q = 3)
- h_{max} Maximalpegelhäufigkeiten
- S Flächeninhalte von Gebieten, die von Kurven gleichen Dauerschallpegels oder gleicher Maximalpegelhäufigkeit umschlossen werden

Alle Berechnungen erfolgen nach dem Berechnungsverfahren für Flugverkehrsgeräusche der Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen an zivilen und militärischen Flugplätzen nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (AzB) /3/.

Die dieser Untersuchung zugrundeliegenden Flugverkehrsmengen für die einzelnen Flugzeugtypen werden den von der Flughafen Hamburg GmbH für die einzelnen Szenarien und Beurteilungszeiträume erstellten Datenerfassungssystemen (DES) /9/.../11/ entnommen.

Die Darstellungen der Ergebnisse der flächendeckenden Berechnungen erfolgen in Form von sog. Isolinienkarten. Die Kurven gleichen äquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(4)}$ ($L_{eq(4)}$-Isolinien) werden für folgende Schallpegelwerte dargestellt:

58, 60, 62, 67 und 75 dB(A).

Für die Darstellung der Kurven gleichen energieäquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ ($L_{eq(3)}$-Isolinien) sind vom lärmmedizinischen Gutachter folgende Werte vorgegeben:

- Beurteilungszeitraum Tag (06.00 - 22.00 Uhr) und Zeitscheiben 1 - 4:

  60, 65, 70, 75 und 80 dB(A)

- Beurteilungszeitraum Nacht (22.00 - 06.00 Uhr) und Zeitscheiben 5 und 6:

  50, 55, 60, 65 und 70 dB(A).

Für die Kurven gleicher Maximalpegelhäufigkeit h_{max} sind folgende Wertebereiche vorgegeben:

- Maximalpegelwerte für zweimalige und dreimalige Erreichung oder Überschreitung in den Zeitscheiben 1 - 4:

  75, 80, 85, 90, 95 und 100 dB(A)

- Maximalpegelwerte für einmalige und zweimalige Erreichung oder Überschreitung in den Zeitscheiben 5 und 6:

  55, 60, 65, 70, 75 und 80 dB(A).

In Tabelle 1 sind die Berechnungsfälle nochmals zusammengefaßt dargestellt.

Tabelle 1. Berechnungsfälle

		$L_{eq(4)}$	$L_{eq(3)}$	h_{max}
6 verkehrsreichste Monate				
Tag	06.00 - 22.00 Uhr	x	x	-
Nacht	22.00 - 06.00 Uhr	x	x	-
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	-	x	x
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	-	x	x
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	-	x	x
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	-	x	x
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	-	x	x
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	-	x	x
Spitzenwoche				
Tag	06.00 - 22.00 Uhr	-	x	-
Nacht	22.00 - 06.00 Uhr	-	x	-
Spitzentag				
Tag	06.00 - 22.00 Uhr	-	x	-
Nacht	22.00 - 06.00 Uhr	-	x	-

Auftragsgemäß sind neben den Flugverkehrsgeräuschen noch die Auswirkungen evtl. wirksamer Geräusche, die beim Landen von Flugzeugen mit Umkehrschub entstehen, zu untersuchen.

2. Grundlagen

2.1. Gesetze und Vorschriften

/1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG), BGBl 1990, Teil I, 881-901, Bonn, den 22. Mai 1990

/2/ Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. März 1971

/3/ Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen an zivilen und militärischen Flugplätzen nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30.03.1971, GMBl. 26, Ausgabe A, Seite 162 - 227 (1975) mit der Ergänzung vom 20.02.1984

2.2. Normen und Richtlinien

/4/ DIN 45 643 Teil 1: Messung und Beurteilung von Flugzeuggeräuschen. Oktober 1984

/5/ DIN 45 645 Teil 1: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen; Geräuschimmission in der Nachbarschaft. Entwurf. Januar 1994

/6/ VDI-Richtlinie 2714: Schallausbreitung im Freien. Januar 1988

/7/ VDI-Richtlinie 2720, Blatt 1: Schallschutz durch Abschirmung im Freien, Entwurf. Februar 1991

/8/ International Standards and Recommended Practices, Aircraft Noise, Annex 16 to The Convention On International Civil Aviation, ICAO, Juli 1978.

2.3. Planungsgrundlagen

/9/ Datenerfassungssystem (DES) für die sechs verkehrsreichsten Monate. Flugverkehrsmengen für die einzelnen Flugzeuggruppen für die Zeiträume Tag (06.00 - 22.00 Uhr) und Nacht (22.00 - 06.00 Uhr). Flughafen Hamburg GmbH, 16.08.1996

/10/ Datenerfassungssystem (DES) Spitzenwoche und Spitzentag (Flugverkehrsmengen für die verkehrsreichste Woche und den verkehrsreichsten Tag, getrennt nach einzelnen Flugzeuggruppen). Die Flugverkehrsmengen für den Spitzentag sind für alle möglichen Betriebsrichtungskombinationen angegeben. Flughafen Hamburg GmbH 21.08.1996

/11/ Datenerfassungssystem (DES) für die sechs Zeitscheiben in den sechs verkehrsreichsten Monaten. Angegeben sind die Flugverkehrsmengen für die in 1. genannten sechs Zeitscheiben innerhalb eines Tages (24 Stunden), kumuliert über die sechs verkehrsreichsten Monate, getrennt nach den einzelnen Flugzeuggruppen. Flughafen Hamburg GmbH, 30.08.1996

/12/ Beschreibung des Start- und Landebahnsystems auf der Grundlage des Luftfahrthandbuches

/13/ Beschreibung der Flugstrecken auf der Grundlage des Luftfahrthandbuches

/14/ Lärmphysikalisches Gutachten für den Flughafen Hamburg, erstellt im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde, Fluglärmschutz, Hamburg, Oktober 1992
Teil 1: Fluglärm von Isermann, Koppe und Müller.
Teil 2: Bodenlärm von Th. Meyer

/15/ Lageplan des Flughafens Hamburg im Maßstab 1 : 5000, Plan-Nr. 17/94/850/8, Flughafen Hamburg GmbH, 10.06.1994

/16/ Topografische Karte TK25 im Maßstab 1 : 25000, Rasterdaten der Blätter 2225, 2325, 2326, 2425 und 2426. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, Az. 30-562.6 S 377/96, Kiel, 02.08.1996

/17/ Topografische Karte TK25 im Maßstab 1 : 25000, Rasterdaten des Blattes 2226. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, Az. 30A-562.6 S 444/96, Kiel, 11.09.1996

/18/ Topografische Karte TK25 im Maßstab 1 : 25000, Rasterdaten der Blätter 2227, 2327 und 2427. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, Az. 30-562.6 S 460/96, Kiel, 09.10.1996.

2.4. Veröffentlichungen und sonstige Grundlagen

/19/ Isermann, Matschat und Koppe: Überarbeitung der Gleichung für die Fluggeräuschdauer der AzB im Auftrag des Umweltbundesamtes, Max-Planck-Institut für Strömungsforschung, Göttingen, 1983

/20/ Funchal Airport, Madeira/Portugal, Study about the RWY-extension noise and environmental impact, noise impact investigation, Müller-BBM-Bericht Nr. 27 354 / 1 vom 25.11.1994

/21/ Maschke, C.: Der Einfluß von Nachtfluglärm auf den Schlafverlauf und die Katecholaminausscheidung, Dissertation am Fachbereich 21, Umwelttechnik der Technischen Universität Berlin, Berlin 1992

/22/ CADNA/A, Schallausbreitungsberechnungsprogramm, Version 2.0.43, 1996, DataKustik GmbH,München

/23/ Lärmmedizinisches Gutachten, Maschke und Hecht, Technische Universität Berlin, in Bearbeitung

/24/ Lärmphysikalisches Gutachten Bodenlärm, Masuch + Olbrisch - Beratende Ingenieure VBI, Hamburg, in Bearbeitung

3. Wichtige Begriffe, Größen und Einheiten

3.1. Schallpegelgrößen

3.1.1. A-bewerteter Schallpegel L_A

Die augenblickliche "Stärke" eines Geräusches wird durch den A-bewerteten Schalldruckpegel (kurz: "A-Schallpegel") L_{pA} in dB oder L_p in dB(A) (dB = Abkürzung für Dezibel) beschrieben. Der A-Schallpegel ist ein logarithmisches Maß für die "Schallstärke". Durch die Frequenzbewertung A wird bei der Messung und Berechnung berücksichtigt, daß tief- und hochfrequente Geräusche bei gleicher "Schallstärke" leiser empfunden werden als Geräusche bei mittleren Frequenzen. Diese Frequenzbewertung wird bei der Messung, Berechnung und Beurteilung von Schallimmissionen international angewandt.

3.1.2. Äquivalenter Dauerschallpegel (Mittelungspegel) $L_{eq(3)}$, $L_{eq(4)}$

Im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm /2/ wird ein lärmwirkungsbezogener äquivalenter Dauerschallpegel verwendet. Dabei wird eine Erhöhung des Schallpegels eines Geräusches um 4 dB einer Verdoppelung seiner Dauer in der Wirkung gleichgesetzt. Beim Fluglärm-Beurteilungspegel nach /6/, der auf dem energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{eq(3)}$ (s. u.) beruht, beträgt der Pegelunterschied 3 dB, was so interpretiert werden kann, daß man die Störwirkung eines Geräusches bestimmter Dauer derjenigen eines Geräusches mit der halben Dauer aber der doppelten Schallintensität gleich setzt.

Bei der Entstehung des Fluglärmschutzgesetzes wurden Ergebnisse wissenschaftlicher Veröffentlichungen aus den 60er Jahren berücksichtigt, in denen über den Einfluß der Geräuschdauer auf die Störwirkung (Lästigkeit) berichtet wurde. Danach sind zwei Fluggeräusche, von denen das eine nur halb so lange dauert als das andere, dann in ihrer Störwirkung gleichzusetzen, wenn das kürzer dauernde Fluggeräusch einen im Mittel um 4 dB höheren Schallpegel hat. Der äquivalente Dauerschallpegel $L_{eq(4)}$ ist aber damit nicht energieäquivalent.

Im allgemeinen wird bei zeitlich schwankenden Geräuschen als logarithmisches Maß für die über den zu kennzeichnenden Zeitraum (die "Beurteilungszeit") gemittelte "Schallstärke" der energieäquivalente Dauerschallpegel oder Mittelungspegel $L_{eq(3)}$ in dB angegeben. In ihn gehen Dauer und Intensität („Schallstärke") jedes einzelnen Schallereignisses (hier z.B. jedes Vorbeifluges) während der Beurteilungszeit ein. Zur Bildung des energieäquivalenten Dauerschallpegels wird die Energie über die Beurteilungszeit „verschmiert", d. h. gemittelt. Der Dauerschallpegel gibt damit den Pegel eines konstanten, während der gesamten Beurteilungszeit andauernden Geräusches an, das die gleiche Energie hervorruft wie die Gesamtheit aller einzelnen Schallereignisse.

Nimmt die Intensität ab - beispielsweise durch Einsatz leiseren Fluggerätes - nimmt auch der energieäquivalente Dauerschallpegel ab. Nimmt die Anzahl oder die Dauer der einzelnen Ereignisse im gleichen Verhältnis zu, bleibt der Dauerschallpegel unverändert. Intensität und Dauer hängen vom Abstand des Immissionsortes zur Flugstrecke der einzelnen Flugzeuge ab. Mit größer werdendem Abstand nimmt die Intensität ab, die Dauer hingegen zu.

3.1.3. Beurteilungspegel L_r

Ziel der Beurteilung von Schallimmissionen ist die Abschätzung und Prüfung des Ausmaßes bestimmter Wirkungen auf den Menschen wie beipielsweise die Belästigung oder die Beeinträchtigung der Kommunikation sowie die Einhaltung definierter Schutzziele. Angaben über rein physikalische Größen wie beispielsweise den energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{eq(3)}$ reichen i. a. nicht für eine wirkungsbezogene Beurteilung aus. Es müssen weitere, nicht allein mit der Intensität, der Anzahl und Dauer der Geräuschereignisse in Zusammenhang stehende Größen herangezogen werden. Dies geschieht in der Regel durch die Bildung des Beurteilungspegels.

Der Beurteilungspegel L_r entsteht durch Pegelzu- oder -abschläge für die erhöhte Störwirkung von Geräuschen in bestimmten Zeiträumen oder bestimmter zeitlicher oder spektraler Charakteristik aus dem energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{eq(3)}$ (Mittelungspegel, s. o.) /5/.

Zur Berücksichtigung des höheren Ruhebedürfnisses in der Morgenstunde von 06.00 - 07.00 Uhr und in den Abendstunden von 19.00 - 22.00 Uhr kann der Meßwert bzw. Rechenwert in diesen Zeiten um einen Ruhezeitenzuschlag erhöht werden.

Um zu berücksichtigen, daß bei gleichem A-Schallpegel oder gleichem Mittelungspegel tonhaltige Geräusche störender empfunden werden als solche ohne heraushörbare Einzeltöne, erhöht man bei solchen Geräuschen den A-Schallpegel um einen Tonzuschlag. Impulshaltige Geräusche werden aus dem gleichen Grund mit einem Impulszuschlag versehen.

Der - soweit erforderlich - um diese Zuschläge erhöhte Mittelungspegel $L_{eq(3)}$ wird nach DIN 45 645, Teil 1 /5/, als Beurteilungspegel L_r bezeichnet und zur Beurteilung mit einschlägigen Schallimmissions-Richtwerten verglichen.

Der Fluglärm-Beurteilungspegel $L_{r,Fl}$ nach DIN 45 643, Teil 1, /4/ ist als Maß für die durchschnittliche Geräuschimmission während der Beurteilungszeit T_r, die allein durch Flugzeuggeräusche hervorgerufen wird, ebenso definiert wie der zuvor beschriebene Beurteilungspegel. Der Ruhezeitenzuschlag beträgt 6 dB. Impuls- und Tonhaltigkeitszuschläge werden keine vergeben. Beurteilungszeitraum für den Tag sind die sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres in der Zeit von 06.00 - 22.00 Uhr, getrennt nach Wochentagen und Sonn- und Feiertagen. Beurteilungszeitraum Nacht ist die Zeit von 22.00 - 06.00 Uhr, ebenfalls in den sechs verkehrsreichsten Monaten. Zusätzlich wird ggf. noch der Fluglärm-Beurteilungspegel für die lauteste Nachtstunde ermittelt.

In der vorliegenden Untersuchung berechnen wir keine Beurteilungspegel L_r nach DIN 45643, sondern die rein physikalische Größe des Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ ohne Zu- und Abschläge. Dies hängt damit zusammen, daß die Lärmwirkung der Flugverkehrsgeräusche in der Umgebung des Flughafens Hamburg im vorliegenden Fall nicht durch Vergabe von Zuschlägen für bestimmte Geräuschmerkmale (z. B. Einwirkung während der Ruhezeiten) und Vergleich der Beurteilungspegel mit bestimmten Immissionsrichtwerten beurteilt wird, sondern die Beurteilung vielmehr in einer eigenen fluglärmmedizinischen Untersuchung /23/, deren Beurteilungskriterien (Kriterien zur lärmwirkungsbezogenen Beurteilung) sich auf die physikalischen Größen des energieäquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ und des Maximalpegels L_{max} beziehen, stattfinden wird. Der Lärmwirkungsbezug wird also in der fluglärmmedizinischen Untersuchung hergestellt und beurteilt.

3.1.4. Maximalpegel L_{max}

Als Maximalpegel ist im Zusammenhang mit Fluggeräuschen der höchste während des Vorbeifluges eines Flugzeuges zu messende Schalldruckpegel definiert.

3.2. Zeitbegriffe

3.2.1. Zeitspanne t_{10} (t_{10}-Zeit)

Kenngröße für die Dauer des Flugzeuggeräusches ist sowohl im Sinne der AzB /3/ als auch der DIN 45643 /4/ die Zeitspanne t_{10}, während der der Schalldruckpegel L_{pA} als Funktion der Zeit um nicht mehr als 10 dB unter dem Schalldruckpegelmaximum L_{Amax} des Fluggeräuschereignisses liegt. Die t_{10}-Zeit wird zur Berechnung der äquivalenten Dauerschallpegel $L_{eq(3)}$ und $L_{eq(4)}$ herangezogen.

3.2.2. Beurteilungszeit T_r

Die Beurteilungszeit T_r ist das innerhalb eines bestimmten Beobachtungszeitraumes ständig wiederkehrende Zeitintervall, für das der Beurteilungspegel L_r bestimmt werden soll. In der vorliegenden Untersuchung stellen die sechs verkehrsreichsten Monate den Beobachtungszeitraum dar. Das Tagzeitintervall von 06.00 - 22.00 Uhr, das Nachtzeitintervall von 22.00 - 06.00 Uhr sowie die sechs Zeitscheiben (siehe 1.) stellen die täglich wiederkehrenden Zeitintervalle und damit die Beurteilungszeiten T_r dar.

3.2.3. Zeitscheibe

Für die vorliegende Untersuchung wird der spezielle Begriff der Zeitscheibe eingeführt. Unter Zeitscheibe verstehen wir eines der sechs Zeitintervalle, für die wir getrennte energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{eq(3)}$ und Maximalpegelhäufigkeiten berechnen (siehe 1.). Demnach gibt es sechs Zeitscheiben, wovon die ersten vier dem Tagzeitintervall von 06.00 - 22.00 Uhr und die letzten beiden dem Nachtzeitintervall von 22.00 - 06.00 Uhr zuzuordnen sind.

3.3. Nichtphysikalische Begriffe und Größen

3.3.1. Flugkorridor

Im Flugbetrieb weicht die tatsächlich von einem Flugzeug beflogene Flugspur mehr oder weniger von der im Datenerfassungssystem (DES) festgelegten Flugstrecke ab. Zur Berücksichtigung der seitlichen Abweichung der Flüge wird jeder Flugstrecke eine Korridorbreite b zugeordnet. Die Korridorbreite wird abschnittsweise definiert. Im DES wird die Flugstrecke durch einzelne Abschnitte, die Kreisbögen oder Geradenstücke sein können, beschrieben. Die Korridorbreite wird für den Anfang und das Ende jedes einzelnen Abschnittes angegeben.

3.3.2. Statistische Verteilung

Der Korridor wird symmetrisch um die im DES festgelegte Flugstrecke gelegt, so daß sich links und rechts der Flugstrecke jeweils ein Band mit der halben Korridorbreite ergibt, innerhalb dessen sich die Flugspuren verteilen. Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Flugzeug eine Flugspur befliegt, die seitlich von der im DES festgelegten Flugstrecke abweicht, ist in der AzB /3/ in Abschnitt 4.1.2 angegeben und in Abbildung 1 graphisch dargestellt. Der Verteilungsfunktion nach steigt die Wahrscheinlichkeit bei der halben Korridorbreite seitlich der Flugstrecke beginnend zur Korridormitte hin, um dort ein Maximum zu erreichen. Die Verteilung ist symmetrisch um die Flugstrecke, so daß sich links und rechts die gleiche Anzahl von Flugzeugen bewegen.

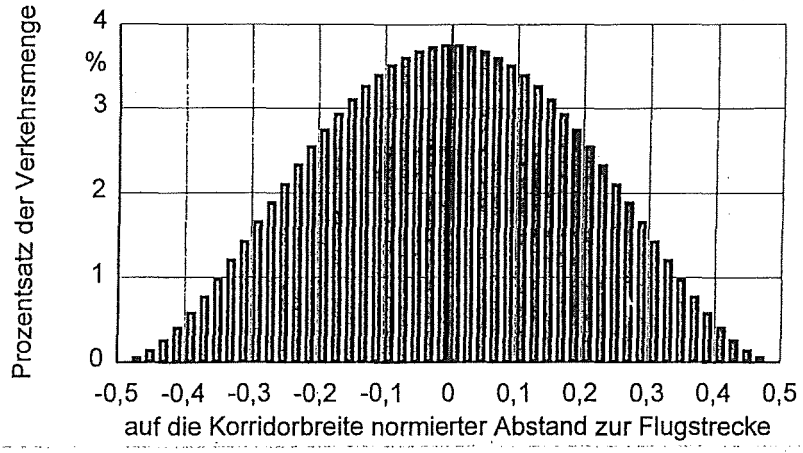
In Abb. 1 ist dargestellt, welcher Prozentsatz der gesamten, für die betreffende Flugstrecke zutreffenden Verkehrsmenge sich für die einzelnen Flugspuren ergibt, wenn der Korridor in 50, 20 oder 10 Teilkorridore aufgeteilt wird.

3.3.3. Betriebsrichtung

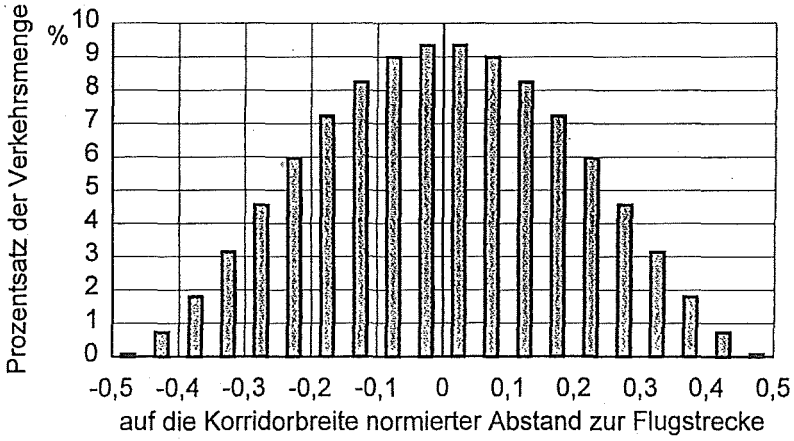
Die Richtung, in die einzelne Flugzeuge auf einer Start- und Landebahn starten und landen, wird als Betriebsrichtung bezeichnet. Jede Start- und Landebahn besitzt zwei mögliche Betriebsrichtungen. Die Betriebsrichtung wird für jede vorhandene Start- und Landebahn je nach den Flugbetriebsverhältnissen von der Deutschen Flugsicherung DFS festgelegt und kann kurzfristig geändert werden. Die Betriebsrichtung hängt von den aktuellen Witterungsbedingungen - und hier primär von der Windrichtung und -stärke - aber auch vom Verkehrsaufkommen, dem Zeitplan der abzuwickelnden Flugbewegungen und insbesondere auch von Verkehrslenkungsmaßnahmen, die dem Schallschutz der von den Flugverkehrsgeräuschen Betroffenen dienen, ab.

Abb. 1: Prozentuale Verteilung der Flugverkehrsmenge innerhalb eines Korridors.

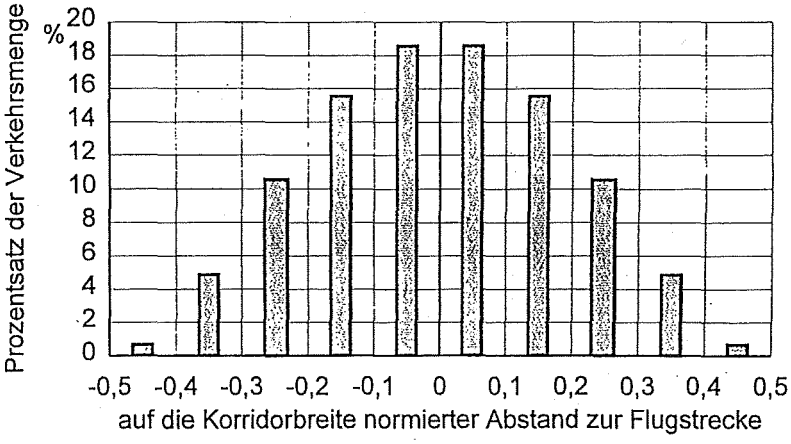
a) Prozentuale Verteilung der Flugverkehrsmenge über der Korridorbreite in den einzelnen Flugspuren bei Aufteilung in 50 Teilkorridore



b) Prozentuale Verteilung der Flugverkehrsmenge über der Korridorbreite in den einzelnen Flugspuren bei Aufteilung in 20 Teilkorridore



c) Prozentuale Verteilung der Flugverkehrsmenge über der Korridorbreite in den einzelnen Flugspuren bei Aufteilung in 10 Teilkorridore



4. Berechnungsverfahren

4.1. Allgemeines

Die Berechnung der Maximalpegel und t_{10}-Zeiten an den Immissionspunkten erfolgt nach dem Verfahren der Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (AzB) /3/ und DIN 45643 /4/.

Kleinflächige Geländeunebenheiten und großräumige Geländeneigungen bleiben - wie in der AzB vorgesehen - unberücksichtigt.

In der AzB sind Flugzeuge vergleichbarer technischer Spezifikationen zu Flugzeuggruppen zusammengefaßt. Jede Gruppe wird durch akustische und flugtechnische Parameter definiert.

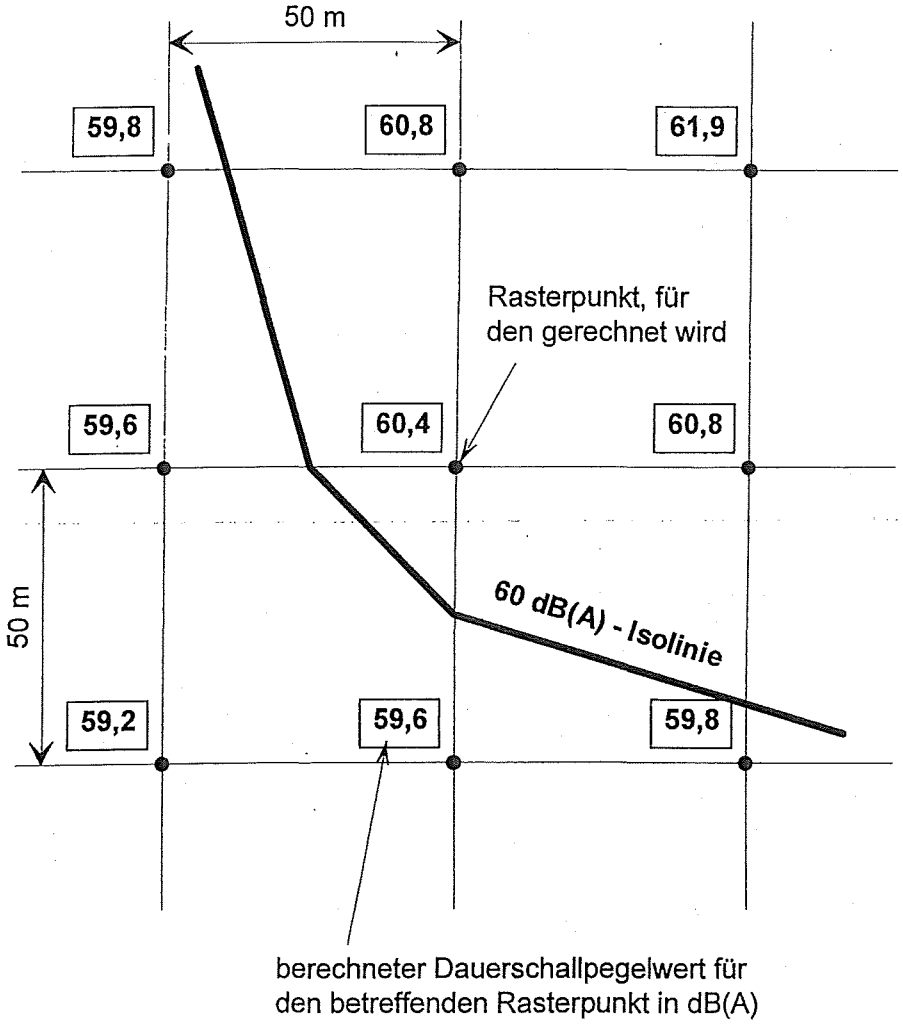
Für die Berechnung der äquivalenten Dauerschallpegel $L_{eq(3)}$ und $L_{eq(4)}$ sind neben den Flugverkehrsmengen folgende Parameter zu berücksichtigen:

- Betriebsrichtungen
- Korridorbreiten
- Seitliche Verteilung der Vorbeiflüge innerhalb eines bestimmten Korridors (siehe 3.3.2)
- Flughöhe
- Fluggeschwindigkeit
- Pegelzu- und abschläge, durch die Änderungen der Triebwerksleistung während des Fluges berücksichtigt werden
- Schallausbreitung in Luft.

Die Kurven gleichen äquivalenten Dauerschallpegels entstehen durch Berechnung der $L_{eq(3)}$- bzw. $L_{eq(4)}$- Werte an einzelnen Aufpunkten (Immissionsorten) in einem gleichmäßigen Raster von jeweils 50 m Kantenlänge. Die L_{eq}-Werte an den einzelnen Rasterpunkten weichen von den ganzzahligen Werten, deren Isolinien dargestellt werden und meist zwischen den Rasterpunkten verlaufen, ab. Die Lage der Isolinien wird deshalb durch lineare Interpolation zwischen den Rasterpunkten ermittelt. In Abb. 2 ist die Vorgehensweise verdeutlicht. Für die Einzelpunktberechnungen verwenden wir das Müller-BBM-eigene Fluglärm-Berechnungsprogramm, das anhand einer Vergleichsrechnung des Umweltbundesamtes Berlin überprüft ist.

Die Berechnung der $L_{eq(4)}$- Werte erfolgt nach den in der AzB angegebenen Gleichungen anhand des an jedem Immissionspunkt berechneten Maximalpegels und der Geräuschdauer t_{10} getrennt für jede Flugstrecke und Flugzeuggruppe.

Abb. 2: Grafische Darstellung des Rasterberechnungsverfahrens und der linearen Interpolation von Pegelwerten



Der äquivalente Dauerschallpegel $L_{eq(4)}$ nach AzB berechnet sich prinzipiell folgendermaßen:

$$L_a = 13{,}3 \lg (t_{10}/T \cdot 10^{(Lmax/13{,}3\ dB)})\ dB(A) + 13{,}3 \lg (1{,}5 \cdot n_T)\ dB$$

$$L_b = 13{,}3 \lg (t_{10}/T \cdot 10^{(Lmax/13{,}3\ dB)})\ dB(A) + 13{,}3 \lg (n_T + 5 \cdot n_N)\ dB$$

$$L_{eq(4)} = \max (L_a, L_b)$$

mit

n_T: Anzahl der Flugbewegungen tagsüber (06.00 - 22.00 Uhr) in den 6 verkehrsreichsten Monaten

n_N: Anzahl der Flugbewegungen nachts (22.00 - 06.00 Uhr) in den 6 verkehrsreichsten Monaten

T: Beurteilungszeitraum: die 6 verkehrsreichsten Monate

Es ist zu beachten, daß neben der Zugrundelegung des Äquivalenzparameters q = 4 (13,3 lg(2)dB = 4 dB, siehe hierzu Abschnitt 3.1.2) die Verkehrsmengen gewichtet werden. Der Dauerschallpegel L_a enthält nur die mit Faktor 1,5 gewichtete Tagmenge n_T, L_b enthält dagegen einen Mischwert aus der einfach angesetzten Tagmenge n_T und der 5-fach gezählten Nachtmenge n_N. Der größere der beiden Pegelwerte ist dann der $L_{eq(4)}$ im Sinne des Fluglärmschutzgesetzes.

Die Berechnung der $L_{eq(3)}$-Werte erfolgt im Beurteilungszeitraum T_r an den jeweiligen Aufpunkten (Immissionsorten) für jedes einzelne Fluggeräuschereignis nach folgender Gleichung:

$$L_{eq(3),1Ereignis,Tr} = 10 \lg (0{,}5 \cdot t_{10} / T_r \cdot 10^{0{,}1 L_{max}}) \text{ dB(A)}$$

t_{10} ist die Zeitspanne, während der der Schalldruckpegel L_A (t) um nicht mehr als 10 dB unter dem Schalldruckpegelmaximum L_{max} des betreffenden Fluggeräuschereignisses liegt (siehe DIN 45 643, Teil 1 /4/). Die Größe t der AzB, die dort als Geräuschdauer bezeichnet wird, ist mit der Zeit t_{10} faktisch identisch. $L_{eq(3),1Ereignis,Tr}$ ist der energieäquivalente Dauerschallpegel eines Ereignisses im Beurteilungszeitraum T_r.

Die Zeit $0{,}5 \cdot t_{10}$ entspricht näherungsweise derjenigen Dauer, die ein Geräusch mit dem zeitlich konstanten Maximalpegel L_{max} anhalten müßte, um am betreffenden Aufpunkt die gleiche Energie hervorzurufen wie das einzelne Fluggeräuschereignis. Die Anzahl n der Fluggeräuschereignisse wird folgendermaßen berücksichtigt:

$$L_{eq(3),Tr} = L_{eq(3),1Ereignis,Tr} + 10 \lg (n) \text{ dB}$$

Den Anforderungen für das lärmmedizinische Gutachten entsprechend /23/ haben wir bei der Berechnung der energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{eq(3)}$ weder Zuschläge verwendet noch die Flugverkehrsmengen für die Tag- und Nachtzeit wie bei der Berechnung der $L_{eq(4)}$-Werte nach AzB gewichtet.

In den für den Verkehrsflughafen Hamburg erstellten Datenerfassungssystemen (siehe Abschnitt 5) sind die Flugverkehrsmengen nach Flugzeugruppen ausgewiesen.

Die Datenblätter der einzelnen Flugzeugklassen (Begriffsbestimmung siehe 4.3.2), die sowohl die Referenzschalldruckpegel enthalten als auch Standard-An- und -Abflugprofile beschreiben, haben wir allerdings nicht der AzB, sondern vielmehr dem „Lärmphysikalischen Gutachten" von Isermann et al. aus dem Jahr 1992 /14/ entnommen. Die AzB geht von schall- und flugtechnischen Kennwerten aus, die heute nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen. Insbesondere die Weiterentwicklung der An- und Abflugverfahren und der nach Kapitel 3 zertifizierten Flugzeuge, der in der AzB nicht in vollem Umfange Rechnung getragen wird, haben heute zu einer spürbaren Verminderung der Schallimmissionen in der Umgebung der Flughäfen geführt.

Aus diesem Grunde erschien es uns angebracht, unsere Berechnungen nicht auf den akustischen und flugtechnischen Daten für die in der AzB enthaltenen Flugzeuggruppen aufzubauen, sondern vielmehr auf die Datenblätter der modifizierten Flugzeuggruppen aus dem „Lärmphysikalischen Gutachten" von Isermann et. al. aus dem Jahr 1992 /14/ zurückzugreifen. Isermann et al. hat für dieses Gutachten sowohl umfangreiche Unterlagen und Flugleistungsdaten der Deutschen Lufthansa AG ausgewertet als auch Ergebnisse von Schallpegelmessungen am Hamburger Flughafen eingearbeitet. Die Modifikationen bestehen in einer Erweiterung der nach Kapitel 3 zertifizierten Flugzeuggruppen, neuen Datenblättern mit modifizierten Referenzschalldruckpegeln und speziell der Flugbetriebssituation am Flughafen Hamburg angepaßten An- und Abflugprofilen.

4.2. Beurteilungszeiten

Den Berechnungen der äquivalenten Dauerschallpegel waren die in Tabelle 2 eingetragenen Beurteilungszeiten T_r zugrundezulegen.

Tabelle 2. Beurteilungszeiten T_r

Beobachtungszeitraum		Beurteilungszeit T_r
6 verkehrsreichste Monate		
Tag	06.00 - 22.00 Uhr	180 Tage · 16 h · 3600 sec. = 10.368.000 sec.
Nacht	22.00 - 06.00 Uhr	180 Tage · 8 h · 3600 sec. = 5.184.000 sec.
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	180 Tage · 6,5 h · 3600 sec. = 4.212.000 sec.
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	180 Tage · 1 h · 3600 sec. = 648.000 sec.
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	180 Tage · 5,5 h · 3600 sec. = 3.564.000 sec.
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	180 Tage · 3 h · 3600 sec. = 1.944.000 sec.
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	180 Tage · 3 h · 3600 sec. = 1.944.000 sec.
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	180 Tage · 5 h · 3600 sec. = 3.240.000 sec.
Spitzenwoche		
Tag	06.00 - 22.00 Uhr	7 Tage · 16 h · 3600 sec. = 403.200 sec.
Nacht	22.00 - 06.00 Uhr	7 Tage · 8 h · 3600 sec. = 201.600 sec.
Spitzentag		
Tag	06.00 - 22.00 Uhr	16 h · 3600 sec. = 57.600 sec.
Nacht	22.00 - 06.00 Uhr	8 h · 3600 sec. = 28.800 sec.

4.3. Flugverkehrsgeräusche

4.3.1. Beschreibung der Flugstrecken

Die Flugstrecken werden im Datenerfassungssystem (siehe Abschnitt 5) als Aneinanderreihung gerader und kreisbogenförmiger Streckenabschnitte beschrieben. Die tatsächliche Flugbahn der Flugzeuge weicht jedoch von diesen Flugstrecken statistisch ab. Bei den schalltechnischen Berechnungen wird davon ausgegangen, daß die Flugbahnen innerhalb eines bestimmten Korridors liegen. Die Breite des Korridors ist abhängig von der Entfernung zum Bahnbezugspunkt und ist im Datenerfassungssystem beschrieben. Für die Verteilung der Flugbahnen innerhalb der Korridore wird eine glockenförmige Verteilungsfunktion angenommen, die in Abschnitt 4.1.2 der AzB /3/ angegeben ist (siehe hierzu Abschnitt 3.3.2). Die Verteilungsfunktion weist in der Mitte der Korridore ein Maximum auf und fällt nach beiden Seiten hin ab. An den Korridorgrenzen erreicht die Verteilungsfunktion den Wert 0. Die Flugstrecke selbst bildet jeweils die Mittellinie des Korridors.

4.3.2. Beschreibung der Flugzeugtypen/-gruppen

Den Leistungs- und schalltechnischen Unterschieden der verschiedenen am Hamburger Flughafen verkehrenden **Flugzeugmuster** (Flugzeugtypen) wird im Berechnungsverfahren durch Einteilung der Flugzeugmuster in verschiedene **Flugzeuggruppen** Rechnung getragen. Die AzB /3/ unterscheidet prinzipiell nach Propeller- und Strahlflugzeuggruppen sowie Hubschraubern. Innerhalb dieser Hauptgruppen werden die Flugzeugmuster nochmals ihrem höchstzulässigen Abfluggewicht nach in Untergruppen aufgeteilt. Einzelheiten hierzu sind in Abschnitt 5.4 beschrieben.

Flugzeuge einer bestimmten Flugzeuggruppe führen sowohl Starts als auch Landungen durch. Diese unterschiedlichen Flugbetriebsvorgänge haben auch unterschiedliche flug- und schalltechnische Auswirkungen, weshalb innerhalb der Flugzeuggruppen nochmals nach zwei **Flugzeugklassen** unterschieden wird. Die erste der beiden Flugzeugklassen innerhalb einer Flugzeuggruppe repräsentiert diese Gruppe bei Start, die zweite Klasse bei Landevorgängen.

4.3.3. Berechnung der Maximalpegel

Die Anhänge zur AzB und zur Ergänzung der AzB /3/ enthalten Tabellen mit A-bewerteten Maximalpegeln für bestimmte Entfernungen s zwischen Flugzeug und Immissionsort für jede Flugzeugklasse. Die Maximalpegelwerte sind jeweils für eine bestimmte Anzahl von verschiedenen Entfernungen s angegeben. In der Beschreibung des Berechnungsverfahrens, Abschnitt 5.3.3 AzB heißt es, daß diese A-bewerteten Maximalpegelwerte den Berechnungen zugrundegelegt werden, wobei Zwischenwerte durch lineare Interpolation in lg(s) ermittelt werden. Dieses Tabellenverfahren erscheint vor dem Hintergrund der heute zur Verfügung stehenden Rechnerleistung moderner Rechnersysteme als veraltet.

Deshalb haben wir in unserem Rechenprogramm das datensatzorientierte Verfahren zur Berechnung der A-bewerteten Maximalpegel umgesetzt. Dieses Verfahren verwendet die in den Datenblättern der AzB angegebenen Referenzschalldruckpegelwerte für die 8 Oktaven zwischen 63 Hz und 8000 Hz Mittenfrequenz. Die A-bewerteten Maximalpegel werden für den genauen Abstand zwischen Aufpunkt und Flugspur demnach nicht interpoliert, sondern anhand dieser Referenzschalldruckpegelwerte und den in den Abschnitten 5.3.1 bis 5.3.3 der AzB beschriebenen Verfahren berechnet. Da also in der AzB selbst das datensatzorientierte Berechnungsverfahren beschrieben ist, wird der AzB trotz der Nichtanwendung des tabellenorientierten Berechnungsverfahrens im vollen Umfang Rechnung getragen.

4.3.4. Berechnung der Geräuschdauer

Nach der AzB /3/ wird für Starrflügelflugzeuge einheitlich mit der Geräuschdauer

$$t = a \cdot s/(v + s/(b \text{ sec.})) \text{ mit } a = 3 \text{ und } b = 50$$

gerechnet, worin v die Fluggeschwindigkeit und s der Abstand des Aufpunktes von der Flugbahn ist. Die Geräuschdauer ist nach der AzB der Zeitraum, in dem derjenige Schallpegel, der 10 dB unter dem Maximalpegel des jeweiligen Fluggeräuschereignisses liegt, überschritten wird. Für eine ungerichtete Schallquelle und ideale, verlustlose Schallausbreitung berechnet sich die Geräuschdauer zu etwa $6 \cdot s/v$. Tatsächlich ist die Geräuschdauer durch die gerichtete Abstrahlung und durch die Absorptionsverluste während der Ausbreitung in der Luft bei Flugzeugen kürzer. Die nach AzB berechnete Geräuschdauer erscheint aber nahe der Flugstrecke zu kurz und ergibt grundsätzlich zu niedrige Beurteilungspegel. Isermann, Matschat und Koppe /19/ haben nach Auswertung umfangreichen Datenmaterials und eigener Kontrollmessungen an Zivilflugzeugen im Auftrag des Umweltbundesamtes 1983 festgestellt, daß die Gleichung

$$t = a \cdot s/(v + s/b \text{ sec.}) \text{ mit } a = 5 \text{ und } b = 13$$

besser mit den beobachteten Geräuschdauern übereinstimmt. Sie ergibt beispielsweise bei einer Fluggeschwindigkeit von v = 56 m/s bei s = 850 m Abstand von der Flugbahn den gleichen Wert wie die AzB.

Bei kleinen Abständen ergibt sie annähernd 2 dB(A) höhere und bei etwa 4000 m Abstand annähernd 2 dB(A) niedrigere Beurteilungspegel. Isermann et al. haben in ihrem Gutachten für den Flughafen Hamburg /14/ die Koeffizienten a und b getrennt für jede Flugzeugklasse angegeben. Für die vorliegende Untersuchung übernehmen wir diese klassenspezifischen Koeffizienten.

4.3.5. Berechnung der Bodendämpfung

Je nach Abstand und Höhe des Flugzeuges bezüglich des Aufpunktes können Interferenzerscheinungen am Boden neben der Dämpfung durch Luftabsorption zu einer zusätzlichen Dämpfung führen. Wir haben im vorliegenden Fall die Bodendämpfung nach AzB /3/ berechnet.

4.3.6. Behandlung der Teilkorridormengen

Wie in Abschnitt 3.3.1 beschrieben wurde, sind den einzelnen Flugstreckenabschnitten Flugkorridore zugeordnet, innerhalb derer sich die Flugzeuge bewegen, wobei eine diskrete Aufteilung der Korridore in gleichbreite Teilkorridore erfolgt. Wie in der Umsetzung des Berechnungsverfahrens nach AzB durch das Umweltbundesamt, Berlin, erfolgt auch in unserem Rechenprogramm die Aufteilung in Teilkorridore in Abhängigkeit vom Horizontalabstand des Aufpunktes zur Flugstrecke.

Damit ergibt sich die Anzahl der Teilkorridore folgendermaßen:

Horizontalabstand bis zum Zweifachen der Korridorbreite:	50 Teilkorridore
Horizontalabstand bis zum Vierfachen der Korridorbreite:	20 Teilkorridore
Horizontalabstand mehr als das Vierfache der Korridorbreite:	10 Teilkorridore

Die Flugspuren werden dabei jeweils in die Mitte der einzelnen Teilkorridore gelegt.

Die Vorgehensweise ist in Abbildung 1, Abschnitt 3.3.2 verdeutlicht.

Je nach Lage des Teilkorridores ändert sich der Abstand vom Aufpunkt zur Flugspur und damit auch der Maximalpegel. Ebenso wie der Maximalpegel sind aber auch die Flugverkehrsmengen von der Einteilung in Teilkorridore betroffen, da - wie in Abschnitt 3.3.2 dargestellt - die Flugverkehrsmengen der einzelnen Flugzeugklassen auf der betreffenden Flugstrecke nicht gleichmäßig auf alle Teilkorridore, sondern nach einer Verteilungsfunktion aufgeteilt werden.

Die Verteilungsfunktion bringt es mit sich, daß die ursprünglich ganzzahligen Flugverkehrsmengen nun in mehrere Dezimalbruchwerte, also in Werte mit Zahlen, deren Stellen nach dem Komma nicht Null sind, aufgeteilt werden. Diese zunächst vielleicht widersinnig erscheinende Konsequenz macht jedoch Sinn, wenn man daran denkt, daß damit eine durchschnittliche Situation, die die reale Situation repräsentativ wiedergibt, beschrieben wird.

4.3.7. Berechnung der Maximalpegelhäufigkeiten

4.3.7.1. Vorgehensweise

Für die Berechnung der Maximalpegelhäufigkeiten mußten in der vorliegenden Untersuchung die nach AzB für einzelne Aufpunkte berechneten Maximalpegel nach Maximalpegelklassen und den Auftretenshäufigkeiten der einzelnen Maximalpegelwerte bilanziert werden. Hierzu wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. Punktweise Berechnung der Maximalpegel für jede Flugstrecke und jede Flugzeugklasse.
2. Punktweise Berechnung der Auftretenshäufigkeit der nach 1. berechneten Maximalpegelwerte auf der Grundlage der im Datenerfassungssystem /11/ festgelegten Flugverkehrsmengen für die einzelnen Flugzeuggruppen.
3. Durchführung der Berechnungen nach 1. und 2. für ein flächendeckendes gleichmäßiges Raster von Aufpunkten, wodurch für jeden Rasterpunkt eine Liste von Maximalpegelwerten mit der dazugehörigen Anzahl der Fluggeräuschereignisse entsteht.
4. Erzeugung von Unterlisten, die nur noch Maximalpegelwerte mit den dazugehörigen Auftretenshäufigkeiten enthalten, die mindestens 75, 80, 85, 90, 95 und 100 dB(A) für die Tagzeit bzw. 55, 60, 65, 70, 75 und 80 dB(A) für die Nachtzeit betragen. Zur Erzeugung dieser Listen werden zunächst die Bruchwerte der Maximalpegel mathematisch ganzzahlig gerundet, wodurch Maximalpegelklassen mit einer Klassenbreite von 1 dB entstehen. Die Auftretenshäufigkeiten, die damit zwangsläufig auf die einzelnen Maximalpegelklassen verteilt und aufsummiert werden, werden nicht gerundet. Erst diese Summenwerte werden wiederum mathematisch ganzzahlig gerundet.
5. Anhand der in 4. beschriebenen Unterlisten kann dann für beliebige Auftretenshäufigkeitswerte (hier: Auftretenshäufigkeit ≥ 1, ≥ 2 bzw. ≥ 3) eine Kurve gleichen Maximalpegels („Isolinie") berechnet und dargestellt werden.

4.3.7.2. Berücksichtigung mehrfacher Streckenabschnitte

Die Flugstrecke wird nach AzB in mehrere Abschnitte unterteilt, die als Kurven- oder Geradenstücke im Datenerfassungssystem enthalten sind. Nach dem in der AzB beschriebenen Verfahren wird für jeden Abschnitt geprüft, ob er zu den Schallimmissionen an einem bestimmten Aufpunkt beiträgt. Wenn dies der Fall ist, wird für jeden wirksamen Streckenabschnitt der einzelnen Flugstrecken der von den einzelnen auf diesen Flugstrecken verkehrenden Flugzeuggruppen hervorgerufene Maximalpegel berechnet. Diese Maximalpegel bestimmen das Maß, mit dem jeder einzelne Streckenabschnitt zu den Schallimmissionen an dem betreffenden Aufpunkt beiträgt.

Diese Vorgehensweise stellt nichts anderes dar als ein Teilstückverfahren zur Berechnung von äquivalenten Dauerschallpegeln.

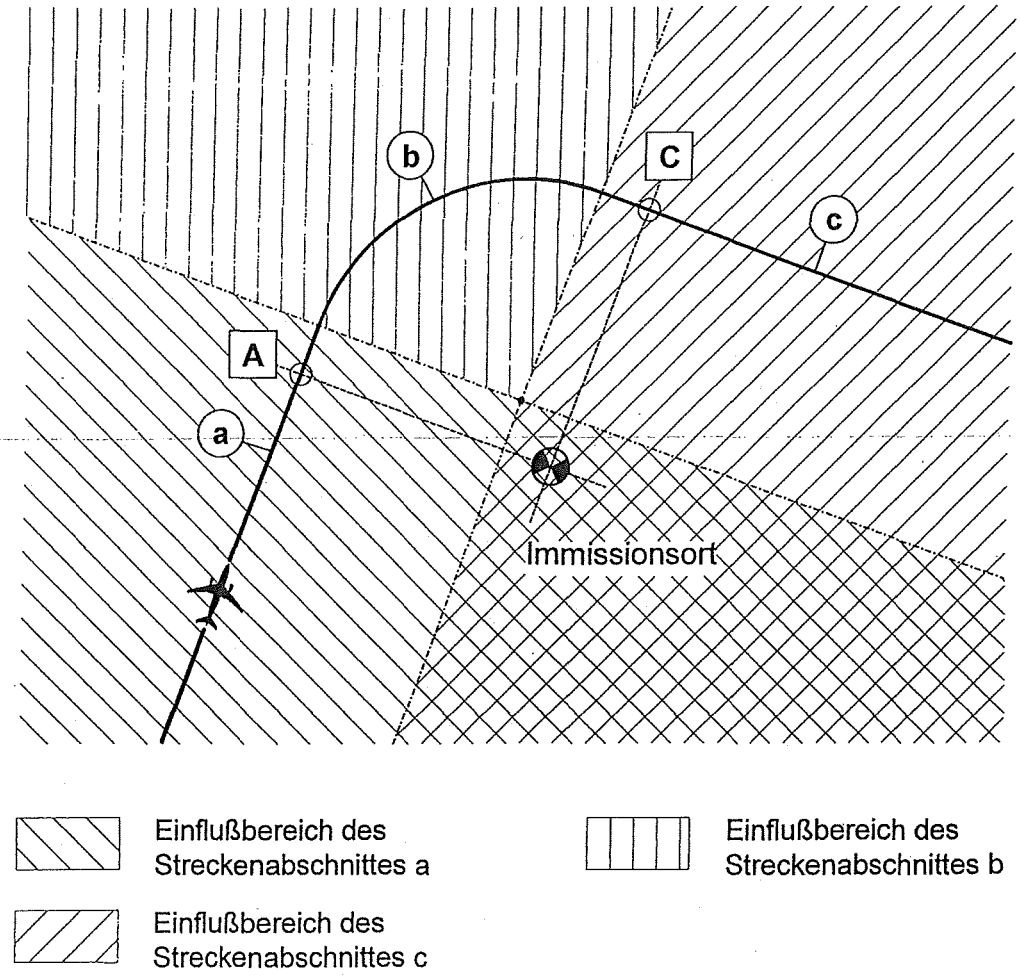
Bei der Berechnung von Maximalpegelhäufigkeiten interessieren jedoch nicht die Maximalpegel einzelner Streckenabschnitte, sondern der von auf einer bestimmten Flugstrecke vorbeifliegenden Flugzeugen hervorgerufenen Maximalpegeln am höchsten ausfallende.

Die Maximalpegel ergeben sich, wie oben beschrieben, automatisch aus dem Berechnungsverfahren der AzB, wobei in diesem Fall wichtig war, den Streckenabschnitt jeder einzelnen Flugstrecke zu bestimmen, der im Vergleich zu anderen nach AzB ebenfalls zu berücksichtigenden Abschnitten auf derselben Flugstrecke den höchsten Maximalpegel an dem betreffenden Aufpunkt hervorruft.

Der auf diese Weise ermittelte Maximalpegel für eine Flugzeuggruppe und eine Flugstrecke ist dann gleichzeitig der Maximalpegel im Sinne der Untersuchung von Maximalpegelhäufigkeiten, also der höchste während des Vorbeifluges eines Flugzeuges auftretende Schalldruckpegel. Die Maximalpegel der übrigen Abschnitte auf derselben Flugstrecke und deren Auftretenshäufigkeiten werden dementsprechend bei der Bilanzierung der Maximalpegel verworfen.

Abbildung 3 verdeutlicht diese Vorgehensweise.

Abb. 3: Berücksichtigung von Streckenabschnitten



Der Immissionsort liegt sowohl im Einflußbereich des Abschnittes a als auch in dem des Abschnittes c. Die Abschnitte rufen am Immissionsort die Maximalpegel $L_{max,(A)}$ und $L_{max,(C)}$ bei Vorbeiflug eines Flugzeuges auf den beiden Abschnitten in den Punkten A und C hervor. Für die $L_{eq(3)}$-Berechnung werden beide Maximalpegel zur Berechnung der von diesen Abschnitten hervorgerufenen Teilmittelungspegel heranzgezogen. Für die Bildung der Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} wird nur der größere der beiden Maximalpegelwerte verwendet.

4.3.7.3. Bildung der Maximalpegelklassen

Die Berechnung der Maximalpegel bringt es zwangsläufig mit sich, daß - je nach Lage des Aufpunktes - beliebige Dezimalwerte im Wertebereich zwischen 55 und etwa 117 dB(A) entstehen. Diese Dezimalzahlen sind nicht ganzzahlig, sondern weisen von Null verschiedene Nachkommastellen auf. Für die Berechnung von Maximalpegelklassen führen wir deshalb an dieser Stelle sog. Maximalpegelklassen mit einer Klassenbreite von 1 dB ein. In diese Maximalpegelklassen mit den hier interessierenden Klassenwerten von

55 ... 80 dB(A) bzw. 75 ... 100 dB(A)

werden die gebrochenen Dezimalwerte, wie sie sich aus der Berechnung ergeben, aufgeteilt.

Die Aufteilung erfolgt durch mathematische Rundung und wird an folgendem Beispiel erläutert:

gebrochener Dezimalwert des Maximalpegels	Maximalpegelklasse, der der gebrochene Maximalpegelwert zugeordnet wird
74,4999...dB(A)	74 dB(A)
74,5000...dB(A)	75 dB(A)

4.3.7.4. Auftretenshäufigkeit

Das Kriterium für die Maximalpegelhäufigkeit nach Maschke (lärmmedizinischer Gutachter) geht von einmaliger, zweimaliger bzw. dreimaliger Erreichung oder Überschreitung eines bestimmten Maximalpegelwertes aus. Das Kriterium bezieht sich dabei auf 1 Zeitscheibe innerhalb 1 Tages. Das uns vorliegende Datenerfassungssystem /11/ enthält Summenverkehrsmengen für die 6 Zeitscheiben innerhalb der 6 verkehrsreichsten Monate, die definitionsgemäß 180 Tage bzw. Nächte umfassen.

Dementsprechend müßte man diese im DES angegebene Verkehrsmengen durch 180 teilen, um auf die Verkehrsmengen für 1 (durchschnittliche) Zeitscheibe innerhalb der 6 verkehrsreichsten Monate zu kommen. Dies führt - insbesondere wenn man die Bewegungszahlen einzelner Flugzeugklassen betrachtet - zu sehr kleinen Zahlen, die vielfach kleiner als 1 sind.

Diese Konsequenz kann dadurch vermieden werden, daß die im DES angegebenen Verkehrsmengenwerte beibehalten werden und das Überschreitungskriterium so umformuliert wird, daß es sich nicht auf 1 Zeitscheibe, sondern auf alle 180 Zeitscheiben innerhalb der 6 verkehrsreichsten Monate bezieht. Das umformulierte Überschreitungskriterium lautet dann folgendermaßen:

Die Linien gleicher Maximalpegelhäufigkeit umschließen die Gebiete, innerhalb derer während der 180 Tage der 6 verkehrsreichsten Monate in der jeweiligen Zeitscheibe ein bestimmter Maximalpegelwert durch Auftreten einzelner Fluggeräuschereignisse 180 · 1mal = 180mal, 180 · 2mal = 360mal bzw. 180 · 3mal = 540mal erreicht oder überschritten.

Da die Flugbewegungszahlen innerhalb der einzelnen Maximalpegelklassen aufgrund der Mengenverteilungsfunktion für die Teilkorridore (siehe Abschnitte 3.3.2 und 4.3.6) ebenfalls gebrochene Dezimalwerte annehmen können, das Überschreitungskriterium jedoch auch hier von ganzzahligen Werten ausgeht, gehen wir bei der Berechnung der Auftretenshäufigkeiten (Anzahl der Flugbewegungen) in den einzelnen Maximalpegelklassen so vor, daß die sich für die einzelnen Flugstrecken und Flugzeugklassen ergebenden Anteilhäufigkeiten nicht gerundet aufsummiert werden, um dann den Summenwert - wie die Maximalpegelwerte (siehe oben) - mathematisch zu runden.

4.4. Umkehrschub

4.4.1. Emissionsansatz

Die während des Umkehrschubes entstehenden Geräusche werden durch das Berechnungsverfahren der AzB nicht erfaßt und sind damit aus den Flugverkehrsgeräuschen im Sinne des Fluglärmschutzgesetzes herausgenommen. Um dennoch darlegen zu können, inwieweit die Berücksichtigung der Umkehrschubgeräusche die Ergebnisse der Flugverkehrsgeräuschberechnungen beeinflußt, gehen wir diesbezüglich von einem eigenen Ansatz aus.

Für die Berechnung der Auswirkungen der Umkehrschubgeräusche nach dem Aufsetzen der Flugzeuge auf der Landebahn setzen wir auf den beiden Landebahnen Linienschallquellen, die sich über eine Länge von 800 m erstrecken, an. Die Linienschallquellen beginnen bei 450 m nach der Landeschwelle und enden bei 1250 m nach der Landeschwelle. Bei diesem Ansatz gehen wir davon aus, daß der Umkehrschub 150 m nach dem Aufsetzen des Flugzeuges auf der Landebahn einsetzt und etwa 12 sec. lang eingeschaltet bleibt. Der Aufsetzpunkt liegt für alle Flugzeuggruppen 300 m nach der Landeschwelle. Der Wert für die Dauer, während der der Umkehrschub nach dem Aufsetzen eingeschaltet ist, ergibt sich aus eigenen Beobachtungen von Landebewegungen auf verschiedenen Flughäfen.

Die beim Umkehrschub entstehende Schalleistung wird über die gesamte Länge der Linienschallquelle verteilt. Die Höhe der Quelle nehmen wir zu 3 m an.

4.4.2. Schallausbreitungsberechnung

Für die Dauer des Umkehrschubes gehen wir davon aus, daß die Triebwerke der auf der Landebahn rollenden Flugzeuge eine gleichmäßige Schalleistung abstrahlen. Diese Situation mit einer Linienschallquelle auf der einen Seite und bodennaher Schallausbreitung auf der anderen Seite erfüllt die Voraussetzungen für Schallausbreitungsberechnungen nach VDI-Richtlinie 2714 „Schallausbreitung im Freien" /6/. Die Schallausbreitungsberechnung für die Umkehrschubgeräusche führen wir deshalb nach dem in dieser Richtlinie angegebenen Berechnungsverfahren unter Einsatz der Software „CADNA/A" /22/ durch.

4.4.3. Überlagerung mit den Flugverkehrsgeräuschen

Zweck der Untersuchung der von den Umkehrschubvorgängen hervorgerufenen Schallimmissionen ist, zu zeigen, ob die in der Berechnung der Flugverkehrsgeräusche nicht berücksichtigten Umkehrschubgeräusche zu einer nennenswerten Erhöhung der für die Flugverkehrsgeräusche berechneten Schallimmissionspegel in der Umgebung des Flughafens führen. Dazu berechnen wir für die Umkehrschubgeräusche energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{eq(3)}$ für ein Aufpunktraster mit einer Ausdehnung von etwa 2 km um den Kreuzungspunkt der beiden Landebahnen und addieren diese energetisch mit den an denselben Aufpunkten berechneten energieäquivalenten Dauerschallpegeln der Flugverkehrsgeräusche. Die Berechnungen der Flugverkehrsgeräusche nach AzB beinhalten auch die Geräusche der auf der Landebahn ausrollenden Flugzeuge nach der Landung **ohne** Umkehrschub. Der von uns gewählte Emissionsansatz für den Umkehrschub beinhaltet sowohl diese Geräusche als auch die Geräusche, die bei Einschalten des Umkehrschubes **zusätzlich** entstehen. Insofern sind die „Grundgeräusche" ohne Umkehrschub nach der energetischen Addition der Umkehrschubgeräusche mit den Flugverkehrsgeräuschen zweimal berücksichtigt. Mit unserem Ansatz liegen wir also in jedem Fall auf der sicheren Seite.

4.5. Umfang des Aufpunktrasters

Um alle maßgeblichen Aufpunkte zu erfassen, wird das Untersuchungsgebiet um den Verkehrsflughafen weiträumig abgesteckt. Bezogen auf den Flughafenbezugspunkt werden für die Eckpunkte des rechteckförmigen Untersuchungsgebietes folgende Koordinaten gewählt:

x_{min} = -10.000 m

y_{min} = -7.500 m

x_{max} = 10.000 m

y_{min} = 16.000 m

Dieses Untersuchungsgebiet wird in ein gleichmäßiges quadratisches Raster mit einer Rasterlänge von 50 m unterteilt. Dementsprechend ergeben sich also

188.000 Aufpunkte.

4.6. Genauigkeit

Die Eingabe der Koordinaten erfolgt mit einer Auflösung von 1 m. Die zeichnerische Darstellung der Isolinien in den topographischen Karten erfolgt mit Hilfe linearer Interpolation von Rechenergebnissen, die in einem 50 m-Raster und einer Pegelgenauigkeit von 0,1 dB vorliegen.

5. Ausgangsdaten

5.1. Beschreibung der untersuchten Szenarien

Ausgehend vom derzeitigen Zustand wird das Vorhaben in drei Ausbaustufen erfolgen. Referenzjahr für den Ist-Zustand ist das Jahr 1995. Prognosehorizont für die 1. Ausbaustufe ist das Jahr 2001, für die 2. und 3. Ausbaustufe die Jahre 2004 und 2010.

Für alle vier o. g. Zustände (Ist-Zustand und 3 Ausbaustufen) liegen uns Datenerfassungssysteme vor /9/.../11/, die die zu erwartenden Flugverkehrsmengen getrennt nach Flugzeuggruppen und Flugstrecken enthalten.

5.2. Start- und Landebahnsystem

Der Verkehrsflughafen Hamburg-Fuhlsbüttel besitzt zwei gekreuzte Start- und Landebahnen. Die für die Berechnungen maßgeblichen Eckdaten zum Start- und Landebahnsystem sind in Tabelle 3 eingetragen.

Tabelle 3. Eckdaten zum Start- und Landebahnsystem

Flughafen-Bezugspunkt	X_0 = 3.565.000 m (Gauß-Krüger-Rechtswert)	Y_0 = 5.944.000 m (Gauß-Krüger-Hochwert)
	Start- und Landebahn Nord/Süd	Start- und Landebahn West/Ost
Koordinaten des Bahnbezugspunktes bezogen auf ein lokales Koordinatensystem mit dem Flughafen-Bezugspunkt als Koordinatenursprung X Y	 303,3 m 2032,3 m	 76,3 m 474,3 m
Betriebsrichtungen	15/33	05/23
Lage rechtweisend gegen Nord	152,817° / 332,817°	50,267° / 230,267°
Abstand des Startpunktes vom Bahnbezugspunkt	1610 m / 2056 m	1625 m / 1625 m
Abstand der Landeschwelle vom Bahnbezugspunkt	1610 m / 1610 m	1327 m / 1470 m

5.3. An- und Abflugstrecken

In Tabelle 4 sind die Flugstrecken mit der für diese Untersuchung verwendeten laufenden Numerierung, der Bezeichnung, der jeweiligen Betriebsrichtung und der Art der Strecke eingetragen. Die Lage der Flugstrecken kann Abb. 1 in Anhang A entnommen werden.

Tabelle 4. Flugstrecken Flughafen Hamburg

lfd. Nr.	Bezeichnung	Bewegung	Betriebsrichtung
1	EKERN1B	S	23
2	EKERN1C	S	05
3	EKERN1D	S	15
4	EKERN1G	S	33
5	AMLUH1B	S	23
6	AMLUH1C	S	05
7	AMLUH1D	S	15
8	AMLUH1G	S	33
9	LBE3B	S	23
10	LBE3D	S	15
11	LBE3G+WSR3G+BAS3G+NIE3G	S	33
12	LUB3B	S	23
13	LUB3C	S	05
14	LUB3D	S	15
15	LUB3G	S	33
16	NIE3B+BAS3B	S	23
17	WSR3B	S	23
18	WSR3C+ LBE3C+BAS3C+NIE3C	S	05
19	WSR3D+BAS3D+NIE3D	S	15
20	NR05	L	05
21	NR15	L	15
22	NR23	L	23
23	NR33	L	33
24	HUB AB (Hubschrauber Abflug)	S	33
25	HUB AN (Hubschrauber Anflug)	L	05

S = Start
L = Landung

5.4. Flugzeuggruppen

Die AzB /3/ enthält Datenblätter mit den Referenzschalldruckpegeln und Kennwerten für die mathematische Beschreibung von An- und Abflugprofilen. Die in der AzB ausgewiesenen Flugzeuggruppen sind zusammen mit dem Lärmzertifizierungsindex nach Annex 16 des internationalen Zivilluftfahrtabkommens (ICAO) /8/, der Gewichtsklassifizierung und Beispielen für Flugzeugmuster, die in die verschiedenen Flugzeuggruppen hineingehören, eingetragen.

Tabelle 5. Einteilung der Flugzeuggruppen nach AzB /3/

Flugzeuggruppe	ICAO, Annex 16	Höchstabflugmasse in t	Beispiele für Flugzeugmuster
PROP-1	0	≤ 5,7	Propellerkleinflugzeuge
PROP-2	0	> 5,7	F27, HS748, Shorts 330, Metro
S1	2	≤ 100	DC-9, S210
S1(2)	2	≤ 100	B737-200
S1(3/4)	2	≤ 100	B727-200
S2	-	≤ 100	B737-100, B727-100, DC-9-50
S3(2/3)	2	> 100	DC-10 älterer Bauart
S3(4)	2	> 100	B747 älterer Bauart
S4	-	> 100	B707, DC-8
S5	3	< 150	B737-300, B757, MD8x, A310, A320
S6	3	150 - 340	A300, DC-10, L1011, B747, B767
S7	3	> 340	B747 (long range)

In der Spalte „ICAO Annex 16" bedeutet:

- 0 wird nicht nach Kriterien der Zertifikation nach Annex 16 unterteilt
- \- ist nicht nach Annex 16 zertifiziert
- 2 erfüllt die Anforderungen von Annex 16, Kapitel 2
- 3 erfüllt die Anforderungen von Annex 16, Kapitel 3

Wie Tabelle 5 zu entnehmen ist, enthält die AzB 7 nach Kapitel 2 bzw. unzertifizierte Strahlflugzeuggruppen und 3 Flugzeuggruppen nach Kapitel 3 ICAO, Annex 16. Diese Einteilung beruht auf der letzten Aktualisierung aus dem Jahr 1984. Seit dieser Aktualisierung haben sich sowohl die An- und Abflugverfahren an deutschen Verkehrsflughäfen als auch die Flugzeug- und Triebwerkstechnik weiter entwickelt, sodaß heute die Schallimmissionen in der Umgebung von Verkehrsflughäfen nach der AzB vielfach nicht mehr realistisch wiedergegeben werden, insbesondere wenn - wie am Flughafen Hamburg - geräuschärmeres Fluggerät (z. B. Canadair Regional Jet) besonders häufig eingesetzt wird.

Insbesondere die Weiterentwicklung der An- und Abflugverfahren und der nach Kapitel 3 zertifizierten Flugzeuge, der in der AzB nicht in vollem Umfange Rechnung getragen wird, haben heute zu einer spürbaren Verminderung der Schallimmissionen in der Umgebung der Flughäfen geführt.

Aus diesem Grunde erscheint es uns angebracht, unsere Berechnungen nicht auf den akustischen und flugtechnischen Daten für die in der AzB enthaltenen Flugzeuggruppen aufzubauen, sondern vielmehr auf die Datenblätter der modifizierten Flugzeuggruppen aus dem „Lärmphysikalischen Gutachten" von Isermann et al. aus dem Jahr 1992 /14/ zurückzugreifen. Isermann et al. hat für dieses Gutachten sowohl umfangreiche Unterlagen und Flugleistungsdaten der Deutschen Lufthansa AG ausgewertet als auch Ergebnisse von Schallpegelmessungen am Hamburger Flughafen eingearbeitet. Die Modifikationen bestehen in einer Erweiterung der nach Kapitel 3 zertifizierten Flugzeuggruppen, neuen Datenblättern mit modifizierten Referenzschalldruckpegeln und speziell der Flugbetriebssituation am Flughafen Hamburg angepaßten An- und Abflugprofilen.

In Tabelle 6 ist die modifizierte Flugzeuggruppeneinteilung aus dem lärmphysikalischen Gutachten 1992 /14/ wiedergegeben.

Tabelle 6. Modifizierte Flugzeuggruppeneinteilung nach Isermann /14/

Flugzeuggruppe	ICAO, Annex 16	Höchstabflugmasse in t	Beispiele für Flugzeugmuster
PROP-1	0	≤ 5,7	Propellerkleinflugzeuge
PROP-2	0	> 5,7	F27, HS748, Shorts 330, Metro
S1	2	≤ 100	DC-9, S210, B737-200
S1(2)	2	≤ 100	B737-200 mit Mixer-Triebwerk
S1(3/4)	2	≤ 100	B727-200, TU 154
S2	-	≤ 100	B737-100, B727-100, DC-9-50
S3(2/3)	2	> 100	DC-10 älterer Bauart
S3(4)	2	> 100	B747 älterer Bauart
S4	-	> 100	B707, DC-8
S5	3	< 100	B737-300, MD8x, A320
S6	3	100 - 150	A310, B757
S7	3	150 - 250	A300, L1011, B767
S8	3	250 - 340	B747 (medium range), DC-10
S9	3	> 340	B747 (long range)

Die Datenblätter mit den Referenzschalldruckpegeln und Kennwerten für die mathematische Beschreibung der An- und Abflugprofile sind in Anhang J enthalten.

An dieser Stelle ist noch zu bemerken, daß wir für die Berechnungen des Ist-Zustandes 1995 - soweit vorhanden - die bei Isermann angegebenen Datensätze für das Jahr 1994 (Bezeichnung HBG-1994) und für die Prognosezustände 2001, 2004 und 2010 - soweit vorhanden - die Datensätze HBG-X nach Isermann verwenden.

5.5. Landegleitwinkel, Zwischenanflug- und Horizontalflughöhen

Der Landegleitwinkel beträgt in allen Betriebsrichtungen 3,0°. Die Zwischenanflughöhe für Strahlflugzeuge beträgt für alle Anflugstrecken 920 m entsprechend etwa 3000 ft. Für alle Flugbewegungen nach Sichtflugregeln (VFR), die von Flugzeugen der Flugzeuggruppen PROP-1, H1 und H2 durchgeführt werden, ist gemäß Luftfahrthandbuch für den Sichtflug eine Horizontalflughöhe (Reiseflughöhe) von 300 m, entsprechend etwa 1000 ft anzusetzen.

5.6. Flugverkehrsmengen

Die Flugverkehrsmengen für die einzelnen zu untersuchenden Zustände sind getrennt nach Flugstrecken, Flugzeuggruppen und Beurteilungszeiten in Anhang I enthalten. Zur besseren Übersicht erfolgt an dieser Stelle lediglich eine zusammenfassende Darstellung der Flugverkehrsmengen. Die in den nachfolgenden Tabellen eingetragenen Prozentzahlen geben zum einen den prozentualen Anteil der einzelnen Flugzeuggruppen an den Gesamtverkehrsmengen und zum anderen den Anteil der einzelnen Flugstrecken, zusammengefaßt nach Betriebsrichtungen, an den Gesamtverkehrsmengen an.

Hinsichtlich der Flugverkehrsmengen für die nächtliche Zeitscheibe von 22.00 bis 01.00 Uhr ist zu bemerken, daß sich nach Flugverkehrsstatistik des Flughafens Hamburg der größte Anteil der Flugbewegungen innerhalb dieses Zeitraumes auf die erste Stunde von 22.00 bis 23.00 Uhr, ein geringerer Anteil auf die zweite Stunde von 23.00 bis 24.00 Uhr und ein kleiner Prozentsatz auf die Zeit nach 24.00 Uhr bezieht. 1995 wurden von 22.00 bis 23.00 Uhr 50 % aller Starts in der Zeit von 22.00 bis 06.00 Uhr (Nacht) und 72,9 % aller nächtlichen Landungen abgewickelt. In der zweiten Stunde von 23.00 bis 24.00 Uhr waren es 42,8 % Starts und 14,0 % Landungen, so daß auf die restliche Zeit von 00.00 bis 06.00 Uhr 7,2 % Starts und 13,1 % Landungen entfielen.

Tabelle 7a. Prozentualer Anteil der Verkehrsmengen einzelner Flugzeuggruppierungen an der Gesamtverkehrsmenge für die verschiedenen Beurteilungszeiten

1995	6 verkehrsreichste Monate								Spitzentag		Spitzenwoche	
	Tag	Nacht	06.00-12.30	12.30-13.30	13.30-19.00	19.00-22.00	22.00-01.00	01.00-06.00	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Gesamt	79437	3552	31484	4851	30384	12718	3202	350	590	24	3530	151
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
PROP	35,2	11,9	32,5	36,2	39,1	32,4	11,8	12,6	41,0	8,3	40,7	15,2
S, Kap.2	6,2	1,3	7,0	10,4	4,2	7,4	1,3	0,6	6,9	0,0	5,8	0,7
S, Kap.3	55,3	85,6	57,1	49,1	53,2	58,2	86,1	80,6	48,3	91,7	49,7	83,4
H	3,3	1,3	3,4	4,3	3,4	2,1	0,7	6,3	3,7	0,0	3,9	0,7

2001	6 verkehrsreichste Monate								Spitzentag		Spitzenwoche	
	Tag	Nacht	06.00-12.30	12.30-13.30	13.30-19.00	19.00-22.00	22.00-01.00	01.00-06.00	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Gesamt	95427	4243	37211	5559	37191	15466	3851	392	628	31	4134	189
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
PROP	32,4	11,0	29,3	35,4	35,8	30,9	10,7	14,3	30,1	6,5	35,4	12,2
S, Kap.2	1,8	1,5	2,0	1,9	1,4	1,9	1,7	0,0	1,6	0,0	1,7	0,0
S, Kap.3	62,8	86,2	65,5	58,5	59,8	65,3	87,0	78,8	65,4	93,5	59,3	87,3
H	3,0	1,2	3,1	4,2	3,1	1,9	0,6	6,9	2,9	0,0	3,6	0,5

2004	6 verkehrsreichste Monate								Spitzentag		Spitzenwoche	
	Tag	Nacht	06.00-12.30	12.30-13.30	13.30-19.00	19.00-22.00	22.00-01.00	01.00-06.00	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Gesamt	102445	4645	39992	5915	39866	16672	4216	429	657	38	4405	214
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
PROP	30,1	10,1	27,2	33,1	33,1	28,6	9,7	13,1	26,0	5,3	32,6	10,7
S, Kap.2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
S, Kap.3	67,2	88,9	70,0	63,1	64,0	69,7	89,7	80,9	71,8	94,7	64,2	88,8
H	2,7	1,1	2,9	3,9	2,8	1,7	0,6	6,1	2,1	0,0	3,2	0,5

2010	6 verkehrsreichste Monate								Spitzentag		Spitzenwoche	
	Tag	Nacht	06.00-12.30	12.30-13.30	13.30-19.00	19.00-22.00	22.00-01.00	01.00-06.00	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Gesamt	116982	5418	45860	6692	45252	19178	4927	491	718	42	4956	244
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
PROP	25,2	8,3	22,7	27,9	27,9	24,0	8,0	10,8	18,1	4,8	26,6	9,0
S, Kap.2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
S, Kap.3	72,6	90,8	75,0	68,9	69,8	74,6	91,5	84,1	80,8	95,2	70,8	90,6
H	2,2	0,9	2,3	3,2	2,3	1,4	0,5	5,1	1,1	0,0	2,6	0,4

PROP Propeller- und Turbopropflugzeuge
S, Kap. 2 Strahlgetriebene Flugzeuge nach Kap. 2, Annex 16, ICAO und unzertifizierte
S, Kap. 3 Strahlgetriebene Flugzeuge nach Kap. 3, Annex 16, ICAO
H Hubschrauber

Tabelle 7b. Prozentuale Veränderung der Gesamtverkehrsmengen in den Ausbaustufen 1 (2001), 2 (2004) und 3 (2010) gegenüber dem Ist-Zustand 1995 für die verschiedenen Beurteilungszeiten.

	6 verkehrsreichste Monate								Spitzentag		Spitzenwoche	
	Tag	Nacht	06.00-12.30	12.30-13.30	13.30-19.00	19.00-22.00	22.00-01.00	01.00-06.00	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
2001	20,1	19,5	18,2	14,6	22,4	21,6	20,3	12,0	6,4	29,2	17,1	25,2
2004	29,0	30,8	27,0	21,9	31,2	31,1	31,7	22,6	11,4	58,3	24,8	41,7
2010	47,3	52,5	45,7	38,0	48,9	50,8	53,9	40,3	21,7	75,0	40,4	61,6

Tabelle 8. Verteilung der Verkehrsmengen in den einzelnen Beurteilungszeiträumen auf die vier Betriebsrichtungen

1995	6 verkehrsreichste Monate								Spitzentag		Spitzenwoche	
	Tag	Nacht	06.00-12.30	12.30-13.30	13.30-19.00	19.00-22.00	22.00-01.00	01.00-06.00	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Starts	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
05	2,4	0,4	2,4	2,4	3,0	1,3	0,4	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0
15	0,6	0,1	0,7	0,7	0,6	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	13,3	2,8	14,5	16,5	13,7	8,1	3,0	1,1	0,5	0,0	6,3	0,7
33	35,0	16,8	40,4	34,1	33,4	25,8	17,3	12,0	51,0	20,8	45,0	15,9
Landungen												
05	15,1	8,6	12,5	16,0	15,0	21,7	8,8	6,6	1,9	0,0	16,3	5,3
15	10,4	54,3	10,6	10,4	10,0	11,0	52,7	68,9	0,7	75,0	7,3	64,9
23	21,2	16,0	17,8	18,2	21,6	29,6	16,6	10,6	45,8	4,2	24,8	13,2
33	2,0	1,0	1,1	1,8	2,7	2,4	1,1	0,6	0,2	0,0	0,2	0,0

2001	6 verkehrsreichste Monate								Spitzentag		Spitzenwoche	
	Tag	Nacht	06.00-12.30	12.30-13.30	13.30-19.00	19.00-22.00	22.00-01.00	01.00-06.00	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Starts	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
05	3,5	0,9	3,4	3,3	4,2	1,9	0,9	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0
15	0,8	0,2	1,0	0,8	0,8	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	13,1	2,5	14,5	15,6	13,5	8,0	2,6	1,3	0,6	0,0	6,2	0,5
33	33,8	18,3	39,3	31,4	32,5	25,0	18,8	14,0	51,0	19,4	45,2	16,4
Landungen												
05	13,9	10,0	11,4	15,5	13,6	20,1	10,3	7,1	1,4	0,0	16,2	4,8
15	11,3	50,9	11,5	11,8	10,9	12,0	49,4	66,1	0,5	77,4	7,2	65,1
23	21,4	15,6	17,8	19,5	21,6	30,0	16,1	10,2	46,3	3,2	24,9	13,2
33	2,1	1,7	1,2	2,1	2,9	2,6	1,8	0,5	0,2	0,0	0,2	0,0

2004	6 verkehrsreichste Monate								Spitzentag		Spitzenwoche	
	Tag	Nacht	06.00-12.30	12.30-13.30	13.30-19.00	19.00-22.00	22.00-01.00	01.00-06.00	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Starts	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
05	3,5	0,8	3,4	3,3	4,2	1,9	0,9	0,7	0,0	0,0	0,1	0,0
15	0,8	0,2	1,1	0,8	0,8	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	13,2	2,5	14,6	15,7	13,7	8,0	2,6	1,2	0,6	0,0	6,3	0,9
33	33,8	18,4	39,4	31,1	32,4	24,7	19,0	13,3	51,1	21,1	45,2	16,8
Landungen												
05	13,9	9,7	11,3	15,5	13,5	20,3	10,0	6,8	1,1	0,0	16,1	4,7
15	11,4	51,3	11,5	11,8	10,9	12,1	49,7	67,1	0,6	73,7	7,2	64,5
23	21,3	15,4	17,6	19,7	21,6	30,2	15,9	10,5	46,4	5,3	25,0	13,1
33	2,1	1,6	1,2	2,1	2,9	2,6	1,8	0,5	0,2	0,0	0,2	0,0

2010	6 verkehrsreichste Monate								Spitzentag		Spitzenwoche	
	Tag	Nacht	06.00-12.30	12.30-13.30	13.30-19.00	19.00-22.00	22.00-01.00	01.00-06.00	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Starts	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
05	3,4	0,9	3,4	3,6	4,2	1,8	0,9	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0
15	0,8	0,1	1,1	0,9	0,8	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	13,3	2,6	14,6	15,8	14,0	7,9	2,7	1,2	0,4	0,0	6,2	0,8
33	33,7	18,8	39,3	31,3	32,3	24,4	19,4	12,2	51,3	21,4	45,2	17,2
Landungen												
05	13,7	9,5	11,3	15,0	13,2	20,3	9,9	6,3	0,6	0,0	15,8	4,5
15	11,5	51,1	11,6	11,5	11,1	12,2	49,5	68,0	0,4	73,8	7,1	64,3
23	21,5	15,5	17,6	19,9	21,8	30,4	16,0	11,0	47,2	4,8	25,3	13,1
33	2,1	1,5	1,2	2,1	2,8	2,5	1,6	0,4	0,1	0,0	0,2	0,0

5.7. Umkehrschub

5.7.1. Schalleistungspegel

Meyer hat für das 1992er Gutachten über den Flughafen Hamburg /14/ über Ergebnisse von Messungen der Umkehrschubgeräusche am Hamburger Flughafen berichtet. Nach den in Tabelle 9 dieses Gutachtens angegebenen mittleren Maximalpegeln für die einzelnen Flugzeuggruppen unter Zugrundelegung der in den Jahren 1994 und 2000 zu erwartenden Flugzeugmixe ist für die nach Kapitel 3, ICAO Annex 16 zertifizierten Flugzeuge ein Wert von

$$L_{max} = 89{,}1 \text{ dB(A) für das Jahr 1994 und}$$

$$L_{max} = 88{,}2 \text{ dB(A) für das Jahr 2000}$$

zu erwarten. Die Maximalpegel beziehen sich auf eine Entfernung von 160 m zur Landebahn.

Nach VDI-Richtlinie 2714 /6/ resultiert daraus unter Zugrundelegung einer Quellhöhe von 3 m und einer Empfängerhöhe in 160 m Entfernung von 4 m ein Schalleistungspegel für die in Abschnitt 4.4.2 beschriebene Linienschallquelle von

$$L_{WA} = 149 \text{ dB(A)}.$$

Zur Berechnung des Schalleistungspegels mußte die in Abschnitt 4.4.2 beschriebene Linienschallquelle mit einer Länge von 800 m aufgrund des geringen Abstandes des Meßpunktes von 160 m zur Mitte der Linienschallquelle in mehrere Teilschallquellen aufgeteilt werden. Diese Teilschallquellen konnten dann auf Punktschallquellen, deren Schallausbreitung nach VDI-Richtlinie 2714 /6/ berechnet wurde, reduziert werden.

Das Ergebnis der Schalleistungspegelberechnung stimmt sehr gut mit Meßergebnissen, die wir an einem anderen Flughafen /20/ ermittelt haben, überein. Unsere eigenen Messungen haben für Kapitel 3-Flugzeuge einen Schalleistungspegel der Umkehrschubgeräusche von

$$L_{WA} = 148{,}5 \text{ dB(A)}$$

ergeben.

Für die vorliegende Untersuchung gehen wir deshalb von dem errechneten Wert für den Schalleistungspegel von

$$L_{WA} = 149 \text{ dB(A)}$$

aus.

Die Schallausbreitungsberechnung erfolgt für die Schwerpunktfrequenz

$$f = 500 \text{ Hz}$$

unter Berücksichtigung der Schallpegelminderung auf dem Schallausbreitungsweg aufgrund des Abstandes, der Luftabsorption und der Bodendämpfung. Die Quellhöhe nehmen wir zu

$$h_Q = 3 \text{ m}$$

an.

5.7.2. Einsatzhäufigkeit und -dauer

Nach unseren eigenen Beobachtungen an verschiedenen Flughäfen ist für die Dauer, während der der Umkehrschub eingeschaltet ist, ein Wert von

$$T_U = 12 \text{ sec.}$$

anzusetzen.

Meyer gibt in Tabelle 10 seines Gutachtens /14/ an, daß der Anteil der Landungen mit Schubumkehr bei Kapitel 3-Flugzeugen zukünftig (Prognosehorizont 2000) etwa

25 %

beträgt. Wenn auch in Zukunft mit einer weiteren Abnahme des Anteils der Maschinen mit Schubumkehr angenommen werden kann, gehen wir in der vorliegenden Untersuchung trotzdem von diesem Wert aus, um auf der sicheren Seite zu liegen.

5.7.3. Schallquellenmodell

Für die Untersuchung der Umkehrschubgeräusche gehen wir von dem Spitzentag für die Betriebskonfiguration Start 33/Landung 23 in Ausbaustufe 3-2010 aus. Dieser Betriebszustand führt in den bewohnten Gebieten im westlichen Umkreis des Flughafens zu den geringsten von Flugverkehrsgeräuschen hervorgerufenen Schalleinwirkungen, so daß die Umkehrschubgeräusche im Vergleich zu allen anderen Betriebszuständen und Szenarien am deutlichsten hervortreten werden. Damit stellt unser Ansatz in gewissem Sinne eine Maximalabschätzung dar.

Am Spitzentag mit Betriebskonfiguration Start 33/Landung 23 finden die meisten Landungen tagsüber auf Landebahn 23 und nachts auf Landebahn 15 statt.

Bei Ansatz einer Einwirkzeit von 12 sec. pro Ereignis und einem Anteil von 25 % der Landungen mit Umkehrschub an der Gesamtzahl der Landungen errechnen sich die mittleren Schalleistungspegel für die Tag- und Nachtzeit zu

$L_{WA,Tag(16h)}$ = 149 dB(A) + 10 lg (12 sec./57.600 sec.) dB + 10 lg (0,25 · n_{Tag}) dB

$L_{WA,Nacht(8h)}$ = 149 dB(A) + 10 lg (12 sec./28.800 sec.) dB + 10 lg (0,25 · n_{Nacht}) dB

mit

n_{Tag}: Gesamtzahl der Landungen während der Tagzeit

n_{Nacht}: Gesamtzahl der Landungen während der Nachtzeit.

Tabelle 9 enthält die Anzahl der Landungen auf den Landebahnen 15 und 23 getrennt nach Tages- und Nachtzeit und die sich daraus ergebenden mittleren Schallleistungspegel.

Tabelle 9. Anzahl der Landungen und mittlere Schalleistungspegel

	Tag		Nacht	
	n_{Tag}	$L_{WA,Tag(16h)}$	n_{Nacht}	$L_{WA,Nacht(8h)}$
	[1]	[dB(A)]	[1]	[dB(A)]
Anflug 15	2	109,2	29	123,8
Anflug 23	277	130,6	2	112,2

Andere als die in Tabelle 9 eingetragenen Betriebsrichtungen werden am Spitzentag bei Landungen nicht beflogen.

6. Ergebnisse

6.1. Kurven gleichen äquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ und $L_{eq(4)}$

Die Kurven gleichen äquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(4)}$ sind in Anhang B für alle zu untersuchenden Betriebszustände und Beurteilungszeiträume im Maßstab 1 : 50000 dargestellt. Aus Gründen der Unterscheidbarkeit mit anderen Isoliniendarstellungen sind die Flächen zwischen den Isolinien in den nur für die $L_{eq(4)}$-Darstellungen verwendeten violetten Farbtönen gefüllt.

Die Kurven sind für die Werte

58, 60, 62, 67 und 75 dB(A)

dargestellt. Die Werte 67 und 75 dB(A) stimmen mit den Werten für die Abgrenzung der Fluglärmschutzzonen 1 und 2 innerhalb des Lärmschutzbereiches nach Fluglärmschutzgesetz /2/ überein. Die Kurven für die Werte 58, 60 und 62 dB(A) stellen Planungshilfsmittel für die Städteplanung dar. Der Wert von 62 dB(A) gilt für die Abgrenzung eines Gebietes, das gemäß Senatsbeschluß der Stadt Hamburg vom 02.04.1985 als Schutzzone 3 festgelegt ist.

Die Pläne mit den Kurven gleichen energieäquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ sind in Anhang C für alle zu untersuchenden Betriebszustände und Beurteilungszeiträume für den Fall ohne Einsatz von Umkehrschub bei Landungen im Maßstab 1 : 50000 enthalten.

Die Kurven sind getrennt nach den beiden Beurteilungszeiträumen Tag und Nacht sowie 6 Zeitscheiben für unterschiedliche Wertebereiche dargestellt. Es gilt:

- Beurteilungszeitraum Tag (06.00 - 22.00 Uhr) und Zeitscheiben 1 - 4:

  60, 65, 70, 75 und 80 dB(A).

- Beurteilungszeitraum Nacht (22.00 - 06.00 Uhr) und Zeitscheiben 5 und 6:

  50, 55, 60, 65 und 70 dB(A).

Aus Gründen der besseren Unterscheidbarkeit ist für die $L_{eq(3)}$-Pläne eine andere Farbgebung (gelbe und rote Farbtöne) für die Flächenfüllung gewählt.

Die Isolinien-Darstellungen weisen alle die typische kreuzförmige Form auf mit der wesentlich größeren Ausdehnung der Flächen nach Norden, da diese die Geräusche der hauptsächlich in Betriebsrichtung 33 erfolgenden Starts beinhalten. Die nach Westen und Osten weisenden Äste der Kurven beinhalten im wesentlichen Landebewegungen und sind aufgrund der erheblich geringeren Streuung der Flugspuren um die Anfluggrundlinie deutlich schmäler.

6.2. Ergebnisse der $L_{eq(3)}$-Berechnungen für einzelne Immissionsorte

Auftragsgemäß sollten für einzelne Immissionsorte $L_{eq(3)}$-Werte der Flugverkehrs-Geräuschimmissionen angegeben werden, um sie mit den Ergebnissen der Bodengeräuschberechnungen /24/ vergleichen zu können. In Anhang G sind die Ergebnisse dieser Einzelpunktberechnungen wiedergegeben. Die Lage der einzelnen Immissionsorte kann Abb. 2 in Anhang A entnommen werden.

6.3. Kurven gleicher Maximalpegelhäufigkeit

Anhang D enthält die Kurven gleicher Maximalpegelhäufigkeit für alle zu untersuchenden Betriebszustände und Beurteilungszeiträume im Maßstab 1 : 50000. Die in diesen Plänen dargestellten Isolinien trennen Bereiche, innerhalb derer bestimmte Maximalpegelwerte mindestens 1mal, 2mal bzw. 3mal pro Tag erreicht oder überschritten werden. Für die Flächenfüllung ist wiederum eine andere Farbgebung (grüne Farbtöne) gewählt, um sie von den anderen Isoliniendarstellungen unterscheiden zu können.

Die Kurven gleicher Maximalpegelhäufigkeit sind in den Zeitscheiben 1 bis 4 für 2malige und 3malige Überschreitung für die Maximalpegelwerte von

75, 80, 85, 90, 95 und 100 dB(A)

und in den Zeitscheiben 5 und 6 für 1malige und 2malige Überschreitung für die Maximalpegelwerte von

55, 60, 65, 70, 75 und 80 dB(A)

dargestellt.

6.4. Umkehrschub

Anhang H enthält die Ergebnisse der Berechnungen von Kurven gleichen energieäquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ für den Prognosezustand Spitzentag 2010, jeweils dargestellt für die Beurteilungszeiträume Tag und Nacht (Abb. 1 und Abb. 2).

Die Isolinien sind wiederum für die gleichen $L_{eq(3)}$-Werte wie im Fall ohne Umkehrschub (Anhang C) dargestellt. Zur Verdeutlichung der Unterschiede zwischen den Fällen mit und ohne Umkehrschub sind in den Abbn. 3 und 4 die Pegeldifferenzen zwischen beiden Fällen für die Tag- und Nachtzeit dargestellt.

7. Beurteilung

7.1. Allgemeines

Die Beurteilung der Auswirkungen der Flugverkehrsgeräusche in den verschiedenen Zuständen erfolgt in zwei Teilen. Im ersten Teil, der Bestandteil dieser Untersuchung ist, berichten wir über die zu erwartenden Veränderungen in den Prognosezuständen für die Jahre 2001, 2004 und 2010 gegenüber der derzeitigen Geräuschsituation in der Umgebung des Flughafens und beurteilen sie hinsichtlich der Auswirkungen auf den Gebäudelärmschutz nach Fluglärmschutzgesetz /2/ und der wesentlichen Änderung im Sinne des Fluglärmschutzgesetzes /2/. Desweiteren stellen wir die Ergebnisse der $L_{eq(3)}$- und Maximalpegelhäufigkeitsberechnungen gegenüber und interpretieren sie.

In einem zweiten Teil werden die Ergebnisse unserer Flugverkehrsgeräuschberechnungen im Hinblick auf deren Lärmwirkung auf den Menschen ausgewertet und beurteilt. Diese lärmwirkungsbezogene Bewertung wird getrennt von dem vorliegenden Bericht im Rahmen eines lärmmedizinischen Gutachtens mitgeteilt.

7.2. Beurteilung nach Fluglärmschutzgesetz

Das Fluglärmschutzgesetz dient seiner Bestimmung nach dem Schutz der Allgemeinheit vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm in der Umgebung von Verkehrsflughäfen und Militärflugplätzen. Der Gesetzgeber hat die Erreichung dieses Schutzzieles durch die Ausweisung sogenannter *Lärmschutzbereiche*, die durch zwei *Lärmschutzzonen* gegeliedert sind, innerhalb derer Bauverbote für bestimmte Nutzungen (z.B. Krankenhäuser und Schulen) und Anforderungen an die Schalldämm-Maße von Außenbauteilen vorgegeben sind, vorgesehen.

Zur Kennzeichnung der Lärmschutzzonen ist der lärmwirkungsbezogene äquivalente Dauerschallpegel $L_{eq(4)}$ zu berechnen und darzustellen. Lärmschutzzone 1 ist von der Isolinie für den Wert $L_{eq(4)}$ = 75 dB(A) umschlossen, Lärmschutzzone 2 von der Isolinie für den Wert $L_{eq(4)}$ = 67 dB(A).

Die Lärmschutzzonen sind nach §4, Abs.2 FlSchG immer dann neu festzusetzen,

> *„... wenn eine Änderung in der Anlage oder im Betrieb des Flugplatzes zu einer wesentlichen Veränderung der Lärmbelastung in der Umgebung des Flughafens führen wird. Eine Veränderung ist immer dann als wesentlich anzusehen, wenn sich der äquivalente Dauerschallpegel an der äußeren Grenze des Lärmschutzbereiches um mehr als 4 dB(A) erhöht. ...“*

An dieser Stelle soll geprüft werden, ob das Vorhaben der Flughafen Hamburg GmbH zu einer „wesentlichen Änderung“ im Sinne des Fluglärmschutzgesetzes führt. Dazu sind in Tabelle 10 die Differenzen der $L_{eq(4)}$-Werte für die in dieser und der Bodengeräuschuntersuchung verwendeten Einzelimmissionsorte eingetragen.

Die Einzelimmissionsorte liegen dabei nicht notwendigerweise an der „äußeren Grenze des Lärmschutzbereiches" mit $L_{eq(4)}$ = 67 dB(A), was aber die Beurteilung der wesentlichen Änderung nicht beeinträchtigt. Die größte in Tabelle 10 ausgewiesene Pegeldifferenz beträgt 1,7 dB. Die Lage der Einzelimmissionsorte kann Abbildung 2 in Anhang A entnommen werden.

Tabelle 10. Pegeldifferenz der $L_{eq(4)}$-Werte für die Ausbaustufen 1 (2001), 2 (2004) und 3 (2010) gegenüber denjenigen für den Ist-Zustand 1995 an den Einzelimmissionsorten.

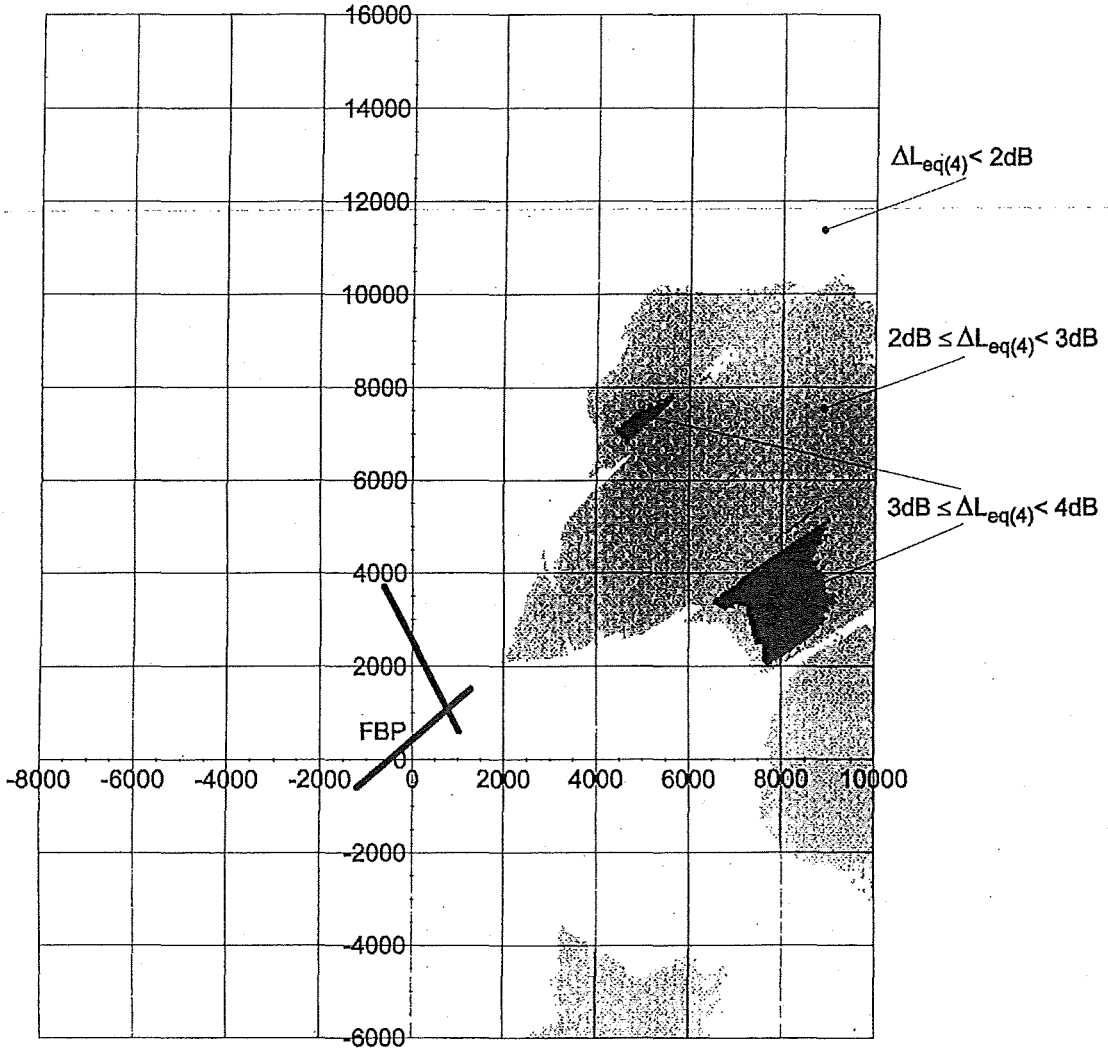
Nr.	Einzelimmissionsort	Nutzung	Pegeldifferenz gegenüber 1995 in dB		
			2001	2004	2010
1	Pflegeheim Borsteler Chaussee	Pflegeanstalten	-0,4	-0,3	0,8
2	Nirrnheimweg	WR	-0,4	-0,3	0,8
3	Lollenboom	WR	-0,5	-0,6	0,6
4	Gärten "Weg beim Jäger"	Kleingartenanlagen	-0,8	-1,0	0,1
5	Moltrechtweg	WR	-0,4	-0,6	0,5
6	Alsterberg	WA	-0,8	-1,0	0,1
7	Alsterkrugchaussee Süd	WR	-0,8	-1,1	0,0
8	Alsterkrugchaussee Mitte	WR	-0,5	-0,6	0,5
9	Alsterkrugchaussee Nord	WR	-0,2	-0,2	0,9
10	Flughafenstraße	WA	0,3	0,5	1,6
11	Bültenblick	WA	0,4	0,6	1,7
12	Middeltwiete	WB	-0,4	-0,5	0,6
13	Westerrode	WB	-0,4	-0,4	0,7
14	Jugendparkweg	WB	-0,3	-0,3	0,8
15	Uckermarkweg	WR	-0,2	-0,1	1,0
16	Buckhoop	WA	-0,2	0,0	1,1
17	Sperlingsweg	MI	-0,3	-0,2	0,9
18	Gotenweg	WA	-0,3	-0,3	0,8
19	Teutonenweg	WR	-0,2	-0,1	1,0
20	Engernweg	Kleingartenanlagen	-0,2	-0,1	1,1
21	Schwedenkamp	WA	-0,3	-0,1	1,0
22	Nienkamp	WA	-0,3	-0,2	1,0
23	Kollaustraße	WA	-0,3	0,0	1,2
24	Haldenstieg	Kleingartenanlagen	-0,1	0,1	1,2
25	Reitzeweg	Kleingartenanlagen	-0,3	-0,2	0,9

WA = Allgemeines Wohngebiet
WR = Reines Wohngebiet
WB = Besonderes Wohngebiet
MI = Mischgebiet

Um den Sachverhalt der wesentlichen Änderung noch besser beurteilen zu können, zeigt Abbildung 4 in einer flächenhaften Darstellung die Bereiche der Pegeldifferenzen zwischen den $L_{eq(4)}$-Werten für das Jahr 2010 und denjenigen für den Ist-Zustand 1995 für die Werte 2 bis 4 dB, in 1 dB-Stufen.

Das in Abbildung 4 dargestellte Gitternetz bezieht sich auf den Flughafenbezugspunkt (FBP) als Koordinatenursprung. Wie Abbildung 4 entnommen werden kann, werden Flächen für die kritischen Werte von mindestens 4 dB an keiner Stelle mehr ausgewiesen.

Abb. 4. Pegeldifferenzen der $L_{eq(4)}$-Werte für das Jahr 2010 und denjenigen für das Jahr 1995. Die Pegeldifferenzen wurden für diese Darstellung im Bereich 0 dB ≤ $\Delta L_{eq(4)}$ < + 5 dB ausgewertet. Entfernungsangaben an den Achsen in [m]



Es ist also festzustellen, daß die Zunahme der Verkehrsmenge in keinem der drei Prognosehorizonte zu einer wesentlichen Änderung im Sinne des Fluglärmschutzgesetzes führt.

7.3. Flächendeckung

In Tabelle 12 ist das Ausmaß der Fluggeräuscheinwirkungen in der Umgebung des Flughafens in Flächenmaßen S dargestellt. Die Werte geben die Flächeninhalte der von den Kurven gleichen energieäquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ und den Kurven gleicher Maximalpegelhäufigkeit h_{max} umschlossenen Gebiete an. Die Flächen gelten für folgende Werte der Isolinien :

$L_{eq(3)}$	Tag	60 dB(A)
	Nacht	50 dB(A)
h_{max}	Tag	80 dB(A), 2malige Überschreitung
	Nacht	70 dB(A), 2malige Überschreitung

Neben den Absolutwerten enthält Tabelle 12 auch die Veränderung der Flächeninhalte für die Prognosezustände 2001, 2004 und 2010 gegenüber dem Ist-Zustand 1995.

Tabelle 12. Absolutwerte und prozentuale Veränderungen der von den Linien gleichen energieäquivalenten Dauerschallpegels $L_{eq(3)}$ und Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} für 2malige Überschreitung umschlossenen Flächen S. Absolutwerte **inklusive** Flughafenfläche (5,27 km²). Prozentuale Veränderung **exklusive** Flughafenfläche.

		Flächenmaß S						
Isolinie	L	1995	2001		2004		2010	
	[dB(A)]	[km²]	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]
6 verkehrsreichste Monate								
Leq(3) 06.00 bis 22.00	60	42,35	38,79	-9,6	38,47	-10,4	44,85	6,7
Leq(3) 22.00 bis 06.00	50	27,48	27,64	0,7	28,32	3,8	32,17	21,1
Leq(3) 06.00 bis 12.30	60	42,10	39,84	-6,1	39,64	-6,7	45,90	10,3
Leq(3) 12.30 bis 13.30	60	67,03	40,00	-43,8	35,94	-50,3	42,85	-39,2
Leq(3) 13.30 bis 19.00	60	41,30	41,46	0,5	42,15	2,4	49,23	22,0
Leq(3) 19.00 bis 22.00	60	35,98	30,97	-16,3	29,38	-21,5	34,18	-5,9
Leq(3) 22.00 bis 01.00	50	52,10	52,73	1,3	53,90	3,8	60,72	18,4
Leq(3) 01.00 bis 06.00	50	4,74	4,57		4,94		5,64	
Spitzentag								
Leq(3) 06.00 bis 22.00	60	50,27	41,77	-18,9	42,02	-18,3	47,38	-6,4
Leq(3) 22.00 bis 06.00	50	26,41	29,04	12,4	34,90	40,2	36,83	49,3
Spitzenwoche								
Leq(3) 06.00 bis 22.00	60	44,33	40,38	-10,1	40,13	-10,7	46,56	5,7
Leq(3) 22.00 bis 06.00	50	27,97	27,49	-2,1	30,51	11,2	33,27	23,4
6 verkehrsreichste Monate								
Lmax 06.00 bis 12.30	80	42,35	29,23	-35,4	27,72	-39,5	30,16	-32,9
Lmax 12.30 bis 13.30	80	21,73	19,02	-16,5	19,11	-15,9	20,08	-10,0
Lmax 13.30 bis 19.00	80	38,26	28,73	-28,9	27,80	-31,7	30,92	-22,2
Lmax 19.00 bis 22.00	80	26,12	20,79	-25,6	20,40	-27,4	21,65	-21,4
Lmax 22.00 bis 01.00	70	53,64	62,64	18,6	64,76	23,0	68,00	29,7
Lmax 01.00 bis 06.00	70						9,39	

Wie Tabelle 12 entnommen werden kann, ist - ausgehend vom Ist-Zustand 1995 - bereits ab der Ausbaustufe 1 (ca. 2001) mit einer deutlichen Entlastung der Gebiete, in denen im Ist-Zustand **tagsüber** noch ein Maximalpegelwert von 80 dB(A) erreicht oder überschritten wird, zu rechnen. Die Flächen für 2malige Überschreitung nehmen um mindestens 10 % (12.30 - 13.30 Uhr) bis maximal 33 % (06.00 - 12.30 Uhr) ab. **Nachts** stellt sich die Situation allerdings völlig anders dar. In der Zeit von 22.00 - 01.00 Uhr nimmt die Fläche der Gebiete, in denen ein Maximalpegelwert von 70 dB(A) erreicht oder überschritten wird, bis zum Jahr 2010 um 30 % zu (vgl. hierzu Abbildungen 5.1 und 23.1 in Anhang D). Dies ist damit zu erklären, daß nachts hier die reine Verkehrsmengenzunahme von 54 % bis zum Jahr 2010 in vollem Umfang durchschlägt, d.h. nicht durch den Einsatz leiseren Fluggerätes kompensiert werden kann, da bereits im Ist-Zustand nachts fast ausschließlich nach Kapitel 3 zertifizierte Flugzeuge verkehren. Untertags hingegen erreichen die Maximalpegelwerte aufgrund des zunehmenden Einsatzes leiseren Fluggerätes deutlich seltener die 80 dB(A) Grenze. Dies kann gut an den Prozentzahlen für den Zeitraum von 13.30 - 19.00 Uhr abgelesen werden. In diesem Zeitraum nimmt die Fläche der $L_{eq(3)}$ Kurve bis zum Jahr 2010 um 22 % zu, die Fläche der h_{max} Kurve hingegen um 22 % ab. Die Verkehrsmengenzunahme führt also zu größeren Dauerschallpegeln $L_{eq(3)}$, aber geringeren Maximalpegeln.

Eine deutliche Entlastung gegenüber dem Ist-Zustand tritt tagsüber in den Zeiträumen von 12.30 - 13.30 Uhr und von 19.00 - 22.00 Uhr auf. In diesen Zeitscheiben nehmen in allen drei Ausbaustufen sowohl die $L_{eq(3)}$-Flächen (vgl. hierzu die Abbildungen 4, 12, 20 und 28 bzw. 6, 14, 22 und 30 in Anhang C) als auch die h_{max}-Flächen (vgl. hierzu die Abbildungen 2.1, 8.1, 14.1, 20.1 bzw. 4.1 10.1, 16.1 und 30.1 in Anhang D) nennenswert ab. Die Entlastung zur Mittagszeit trotz zunehmender Verkehrsmenge (38 % bis zum Jahr 2010, siehe Tabelle 7b) ist damit zu begründen, daß die Verkehrsmengenzunahme in diesem Zeitraum gegenüber allen anderen Zeiträumen am geringsten ausfällt und gleichzeitig bereits ab dem Jahr 2001 praktisch keine Kapitel 2-Flugzeuge mehr verkehren (siehe Tabelle 7a). Der Wegfall des lauten Fluggerätes überwiegt schalltechnisch die verhältnismäßig geringe Verkehrsmengenzunahme bei weitem.

Hinsichtlich des Spitzentages und der Spitzenwoche fällt wiederum die deutliche Ausweitung der $L_{eq(3)}$-Flächen zur Nachtzeit auf. Dies ist auch in diesem Fall alleine mit der Verkehrsmengenzunahme zu erklären. Die Abnahme der $L_{eq(3)}$-Fläche zur Tagzeit am Spitzentag ist mit dem vergleichsweise hohen Verkehrsaufkommen des Referenz-Spitzentages 1995 zu erklären.

In den Abb. 6.3, 12.3, 18.3 und 24.3 in Anhang D, welche die Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} in den verkehrsarmen Nachtzeiten darstellen, fällt auf, daß die Isolinien nicht den typischen keulenförmigen Verlauf aufweisen, sondern abrupt abbrechen. Die zugrundeliegenden Fluggeräuschereignisse sind auf Landungen zurückzuführen. In der AzB ist für Landungen ein Einfädelungsbereich definiert. Am Flughafen Hamburg beginnt der Einfädelungsbereich in allen Betriebsrichtungen 25 km vor Bahnbezugspunkt. Er endet 8 bzw. 9,5 km vor Bahnbezugspunkt.

In der AzB ist definiert, daß die Anzahl der Landebewegungen am Beginn des Einfädelungsbereiches null ist aufgrund der weiträumigen Streuung der Flugwege der anfliegenden Flugzeuge. Innerhalb des Einfädelungsbereiches steigt die Anzahl der Flugbewegungen linear an bis zur tatsächlichen Anzahl der Flugbewegungen gemäß DES am Ende des Einfädelungsbereiches.

Aufgrund der ohnehin schon geringen Anzahl der Flugbewegungen gemäß DES wird die Schwelle für die Darstellung der Maximalpegelhäufigkeit von 180 Ereignissen pro 180 Nächte (6 verkehrsreichste Monate) bzw. einmalige Überschreitung eines bestimmten Maximalpegelwertes pro Nacht ab einer gewissen Entfernung vom Flughafen innerhalb des Einfädelungsbereiches nicht mehr erreicht ($h_{max} < 1$). Dies führt zu dem oben beschriebenen, atypischen Isolinienverlauf.

7.4. Umkehrschub

Die Darstellungen der Kurven gleicher Pegeldifferenzen zwischen den Fällen mit und ohne Umkehrschub in den Abb. 1 (Tag) und 2 (Nacht) im Anhang H zeigen in der engräumigen Flächendeckung der von diesen Isolinien umschlossenen Bereiche ganz deutlich die geringe schalltechnische Auswirkung der Umkehrschubgeräusche auf den Gesamtpegel. Die oben beschriebenen Bereiche bleiben im wesentlichen auf das Flughafengelände beschränkt, weshalb die Umkehrschubgeräusche hinsichtlich der energieäquivalenten Dauerschallpegel für die nähere und weitere Umgebung ohne Bedeutung sind.

Dr.-Ing. Th. Beckenbauer

8. Abbildungsverzeichnis

Anhang A

Abb. 1, Seite 2	Flugstreckenplan, Maßstab 1:50.000
Abb. 2, Seite 3	Lageplan der Einzelimmissionsorte und Linienschallquellen für den Umkehrschub bei Landungen in Betriebsrichtungen 15 und 23, Maßstab 1:25.000

Anhang B

Linien gleichen äquivalenten Dauerschallpegels
$L_{eq(4)}$ in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 50000

Ist-Zustand 1995		**Ausbaustufe 1 2001**		**Ausbaustufe 2 2004**		**Ausbaustufe 3 2010**		**Wertebereich**
Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	
2	**1**	3	**2**	4	**3**	5	**4**	58, 60, 62, 67, 75 dB(A)

Anhang C

Linien gleichen äquivalenten Dauerschallpegels
$L_{eq(3)}$ in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 50000

Beurteilungszeitraum		Ist-Zustand 1995		Ausbaustufe 1 2001		Ausbaustufe 2 2004		Ausbaustufe 3 2010		Wertebereich
6 verkehrsreichste Monate		Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	
Tag	06.00 - 22.00 Uhr	2	**1**	10	**9**	18	**17**	26	**25**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Nacht	22.00 - 06.00 Uhr	3	**2**	11	**10**	19	**18**	27	**26**	50, 55, 60, 65, 70 dB(A)
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	4	**3**	12	**11**	20	**19**	28	**27**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	5	**4**	13	**12**	21	**20**	29	**28**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	6	**5**	14	**13**	22	**21**	30	**29**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	7	**6**	15	**14**	23	**22**	31	**30**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	8	**7**	16	**15**	24	**23**	32	**31**	50, 55, 60, 65, 70 dB(A)
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	9	**8**	17	**16**	25	**24**	33	**32**	50, 55, 60, 65, 70 dB(A)

Anhang C

Linien gleichen äquivalenten Dauerschallpegels
$L_{eq(3)}$ in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 50000

Beurteilungszeitraum		Ist-Zustand - 1995				Ausbaustufe 1 - 2001				Wertebereich
		Spitzentag		Spitzenwoche		Spitzentag		Spitzenwoche		
6 verkehrsreichste Monate		Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	
Tag	06.00 - 22.00 Uhr	34	**33**	36	**35**	38	**37**	40	**39**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Nacht	22.00 - 06.00 Uhr	35	**34**	37	**36**	39	**38**	41	**40**	50, 55, 60, 65, 70 dB(A)

Beurteilungszeitraum		Ausbaustufe 2 - 2004				Ausbaustufe 3 - 2010				Wertebereich
		Spitzentag		Spitzenwoche		Spitzentag		Spitzenwoche		
6 verkehrsreichste Monate		Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	
Tag	06.00 - 22.00 Uhr	42	**41**	44	**43**	46	**45**	48	**47**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Nacht	22.00 - 06.00 Uhr	43	**42**	45	**44**	47	**46**	49	**48**	50, 55, 60, 65, 70 dB(A)

Anhang D

Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} für L_{max} 1x, 2x oder 3x erreicht oder überschritten
L_{max} in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 50000

Beurteilungszeitraum		**Ist-Zustand - 1995**						**Wertebereich**
		2x erreicht oder überschritten		3x erreicht oder überschritten		1x erreicht oder überschritten		
6 verkehrsreichste Monate		Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	2	**1.1**	3	**1.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	4	**2.1**	5	**2.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	6	**3.1**	7	**3.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	8	**4.1**	9	**4.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	10	**5.1**	-	-	50	**5.3**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	-	-	-	-	51	**6.3**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)

Anhang D

Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} für L_{max} 1x, 2x oder 3x erreicht oder überschritten
L_{max} in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 50000

Beurteilungszeitraum		Ausbaustufe 1 - 2001						Wertebereich
		2x erreicht oder überschritten		3x erreicht oder überschritten		1x erreicht oder überschritten		
6 verkehrsreichste Monate		Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	14	**7.1**	15	**7.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	16	**8.1**	17	**8.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	18	**9.1**	19	**9.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	20	**10.1**	21	**10.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	22	**11.1**	-	-	52	**11.3**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	24	**12.1**	-	-	53	**12.3**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)

Anhang D

Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} für L_{max} 1x, 2x oder 3x erreicht oder überschritten
L_{max} in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 50000

Beurteilungszeitraum		**Ausbaustufe 2 - 2004**						**Wertebereich**
		2x erreicht oder überschritten		3x erreicht oder überschritten		1x erreicht oder überschritten		
6 verkehrsreichste Monate		Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	26	**13.1**	27	**13.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	28	**14.1**	29	**14.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	30	**15.1**	31	**15.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	32	**16.1**	33	**16.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	34	**17.1**	-	-	54	**17.3**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	36	**18.1**	-	-	55	**18.3**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)

Anhang D

Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} für L_{max} 1x, 2x oder 3x erreicht oder überschritten
L_{max} in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 50000

Beurteilungszeitraum		**Ausbaustufe 3 - 2010**						**Wertebereich**
		2x erreicht oder überschritten		3x erreicht oder überschritten		1x erreicht oder überschritten		
6 verkehrsreichste Monate		Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	Seite	**Abb. Nr.**	
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	38	**19.1**	39	**19.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	40	**20.1**	41	**20.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	42	**21.1**	43	**21.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	44	**22.1**	45	**22.2**	-	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	46	**23.1**	-	-	56	**23.3**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	48	**24.1**	-	-	57	**24.3**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)

Anhang E

Linien gleichen äquivalenten Dauerschallpegels
$L_{eq(3)}$ in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 20000

Beurteilungszeitraum 6 verkehrsreichste Monate		**Ist-Zustand 1995** **Abb. Nr.**	**Ausbaustufe 1 2001** **Abb. Nr.**	**Ausbaustufe 2 2004** **Abb. Nr.**	**Ausbaustufe 3 2010** **Abb. Nr.**	**Wertebereich**
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	**3a**	**11a**	**19a**	**27a**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	**4a**	**12a**	**20a**	**28a**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	**5a**	**13a**	**21a**	**29a**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	**6a**	**14a**	**22a**	**30a**	60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	**7a**	**15a**	**23a**	**31a**	50, 55, 60, 65, 70 dB(A)
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	**8a**	**16a**	**24a**	**32a**	50, 55, 60, 65, 70 dB(A)

Anhang F

Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} für L_{max} 1x, 2x oder 3x erreicht oder überschritten
L_{max} in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 20000

Beurteilungszeitraum		Ist-Zustand - 1995			Wertebereich
6 verkehrsreichste Monate		2x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	3x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	1x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	**1.1a**	**1.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	**2.1a**	**2.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	**3.1a**	**3.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	**4.1a**	**4.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	**5.1a**	-	**5.3a**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	-	-	**6.3a**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)

Anhang F

Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} für L_{max} 1x, 2x oder 3x erreicht oder überschritten
L_{max} in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 20000

Beurteilungszeitraum		**Ausbaustufe 1 - 2001**			**Wertebereich**
6 verkehrsreichste Monate		2x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	3x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	1x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	**7.1a**	**7.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	**8.1a**	**8.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	**9.1a**	**9.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	**10.1a**	**10.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	**11.1a**	-	**11.3a**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	**12.1a**	-	**12.3a**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)

Anhang F

Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} für L_{max} 1x, 2x oder 3x erreicht oder überschritten
L_{max} in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 20000

Beurteilungszeitraum		**Ausbaustufe 2 - 2004**			**Wertebereich**
6 verkehrsreichste Monate		2x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	3x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	1x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	**13.1a**	**13.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	**14.1a**	**14.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	**15.1a**	**15.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	**16.1a**	**16.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	**17.1a**	-	**17.3a**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	**18.1a**	-	**18.3a**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)

Anhang F

Maximalpegelhäufigkeiten h_{max} für L_{max} 1x, 2x oder 3x erreicht oder überschritten

L_{max} in dB(A)

Pläne im Maßstab 1 : 20000

Beurteilungszeitraum		**Ausbaustufe 3 - 2010**			**Wertebereich**
6 verkehrsreichste Monate		2x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	3x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	1x erreicht oder überschritten **Abb. Nr.**	
Zeitscheibe 1	06.00 - 12.30 Uhr	**19.1a**	**19.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 2	12.30 - 13.30 Uhr	**20.1a**	**20.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 3	13.30 - 19.00 Uhr	**21.1a**	**21.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 4	19.00 - 22.00 Uhr	**22.1a**	**22.2a**	-	75, 80, 85, 90, 95, 100 dB(A)
Zeitscheibe 5	22.00 - 01.00 Uhr	**23.1a**	-	**23.3a**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)
Zeitscheibe 6	01.00 - 06.00 Uhr	**24.1a**	-	**24.3a**	55, 60, 65, 70, 75, 80 dB(A)

Anhang H

Abb. 1, Seite 2:	Vergleich der Flugverkehrsgeräusche mit und ohne Umkehrschub, Spitzentag, Ausbaustufe 3 - 2010 06.00 - 22.00 Uhr
Abb. 2; Seite 3:	Vergleich der Flugverkehrsgeräusche mit und ohne Umkehrschub, Spitzentag, Ausbaustufe 3 - 2010 22.00 - 06.00 Uhr