



Bericht

über die Berechnung von NAT-Konturen

zur Ermittlung der Fluglärmbelastung

der Stadt Ludwigsfelde

durch den Flughafen BER

Strausberg, 28. Dezember 2012



Auftraggeber: **Stadt Ludwigsfelde**
 Fachbereich III
 Rathausstraße 3
 14974 Ludwigsfelde

Auftragnehmer: **AVIA Consult**
 Bartel & Scheiber GbR
 Bahnhofstraße 15
 15344 Strausberg

Erarbeiter: Dipl.-Ing. Rüdiger Bartel Projektleiter
 Dipl.-Ing. Bernd Scheiber

Inhalt

	Seite
1. Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2. Grundlagen der Ermittlung der Fluglärmbelastung	5
2.1 Ausgewählte Bestimmungen des Fluglärmgesetzes	5
2.2 Die Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD)	7
2.3 Die Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB)	8
3. Ausgangsangaben für die Berechnungen	16
4. Ergebnisse der Berechnungen	17
4.1 Bewertung der Ergebnisunsicherheiten der Berechnungsergebnisse	17
4.2 Bewertung der ermittelten Ergebnisse	17
5. Zusammenfassung	19
6. Glossar	20
7. Quellenverzeichnis	21

Anlagen Kartografische Darstellung der Flugverfahren und Fluglärmkonturen

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Rahmen der 2. Stufe der Lärmaktionsplanung beabsichtigt die Stadt Ludwigsfelde, die Fluglärmbelastung durch Fluglärmereignisse auf der Grundlage der Ermittlung von maximalen A-Schallpegel ermitteln zu lassen.

Dazu sollen auf der Grundlage des DES für das Prognosejahr 2023 Konturen des maximalen A-Schallpegels von 70 dB(A) in Schritten von 1dB aufwärts mit einer Ereignishäufigkeit von 0,25 Ereignissen pro Tag ermittelt werden.

AVIA Consult wurde von der Stadt Ludwigsfelde mit der Durchführung der Berechnungen und Darstellung der Ergebnisse beauftragt, wobei im Einzelnen folgende Leistungen zu erbringen sind:

- (1) Übernahme der bereitgestellten Daten, Prüfung des übergebenen Datenerfassungssystems auf logische Richtigkeit der Zuordnung von Flugbewegungen zu Flugstrecken, Ermittlung der Grenzen des Untersuchungsraumes;
- (2) Durchführung der Berechnungen, Kontrolle der Ergebnisse
 - a) Bestimmung des maximalen A-Schallpegels, der in den am meisten betroffenen Ortslagen von Ludwigsfelde erreicht werden kann (Obergrenze der NAT-Berechnung),
 - b) Berechnung der Fluglärmkonturen für die Ereignishäufigkeit von 0,25 Ereignissen, beginnend mit einem maximalen A-Schallpegel von 70 dB(A) in Schritten von 1 dB aufwärts bis zur ermittelten Obergrenze für die Tageszeit von 06.00 bis 22.00 Uhr (je Kontur ein Rechnerlauf);
- (3) Grafische Bearbeitung und Ausgabe der Konturen auf topographischen Karten im Maßstab 1 : 25.000;
- (4) Aufbereitung aller Ergebnisse in den geforderten Datenformaten;
- (5) Erstellung eines Berichtes über die durchgeführten Berechnungen.

Die Berechnungen zur Ermittlung der Fluglärmbelastung und die Bewertung der ermittelten Ergebnisse erfolgen auf der Grundlage der Bestimmungen des neuen Fluglärmgesetzes in der Fassung vom 31.10.2007 [2] sowie der dazu erlassenen 1. Fluglärmschutzverordnung vom 27.12.2008 [3].

Das für die Durchführung der Fluglärmerechnungen verwendete Programmpaket ANCAR3 ist eine Eigenentwicklung von AVIA Consult, die vom Umweltbundesamt umfassend geprüft und mit Schreiben vom 11.06.2009 für die Durchführung von Fluglärmerechnungen an zivilen und militärischen Flugplätzen offiziell zugelassen wurde.

2. Grundlagen der Ermittlung der Fluglärmbelastung

Die Methodik der Berechnung von Schallimmissionen durch Flugverkehr ist in der Anlage zu § 3 des FluglärmG dargestellt. Die grundsätzlichen Bestimmungen zur Ermittlung des Lärmschutzbereiches sind in der 1. FlugLSV geregelt. Die Einzelheiten der Erfassung der Ausgangsangaben für die Berechnungen und des Berechnungsverfahrens sind in der Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD) [4] und der Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) [5] festgelegt, auf welche in der 1. FlugLSV verwiesen wird.

Aus methodischen Gründen erachtet es der Verfasser für sinnvoll, in kurzer Form auf die für die Berechnung des Lärmschutzbereiches geltenden Bestimmungen des FluglärmG und der 1. FlugLSV einzugehen.

2.1 Ausgewählte Bestimmungen des Fluglärmgesetzes

Der im neuen Fluglärmgesetz definierte Lärmschutzbereich wird in 2 Schutzzonen für den Tag und eine Schutzzone für die Nacht gegliedert. Die Werte für diese Schutzzonen liegen deutlich unter den Werten des bisherigen Fluglärmgesetzes und werden zudem noch nach bestehenden Flughäfen/Flugplätzen, neu errichteten bzw. wesentlich baulich erweiterte und nach Militärflugplätzen unterschieden.

Im § 2 des Fluglärmgesetzes werden nachfolgend genannte Schutzzonen definiert:

1. Werte für neue oder wesentlich baulich erweiterte Flugplätze:

Tag-Schutzzone 1: $L_{Aeq\ Tag} = 60\ dB(A)$,

Tag-Schutzzone 2: $L_{Aeq\ Tag} = 55\ dB(A)$,

Nacht-Schutzzone

a) bis zum 31.12.2010: $L_{Aeq\ Nacht} = 53\ dB(A)$, $L_{Amax} = 6\ mal\ 57\ dB(A)$,

b) ab dem 01.01.2011: $L_{Aeq\ Nacht} = 50\ dB(A)$, $L_{Amax} = 6\ mal\ 53\ dB(A)$,

2. Werte für bestehende zivile Flugplätze:

Tag-Schutzzone 1: $L_{Aeq\ Tag} = 65\ dB(A)$,

Tag-Schutzzone 2: $L_{Aeq\ Tag} = 60\ dB(A)$,

Nacht-Schutzzone: $L_{Aeq\ Nacht} = 55\ dB(A)$, $L_{Amax} = 6\ mal\ 57\ dB(A)$,

3. Werte für neue oder wesentlich baulich erweiterte militärische Flugplätze:

Tag-Schutzzone 1: $L_{Aeq\ Tag} = 63\ dB(A)$,

Tag-Schutzzone 2: $L_{Aeq\ Tag} = 58\ dB(A)$,

Nacht-Schutzzone:

a) bis zum 31.12.2010: $L_{Aeq\ Nacht} = 53\ dB(A)$, $L_{Amax} = 6\ mal\ 57\ dB(A)$,

b) ab dem 01.01.2011: $L_{Aeq\ Nacht} = 50\ dB(A)$, $L_{Amax} = 6\ mal\ 53\ dB(A)$,

4. Werte für bestehende militärische Flugplätze:

Tag-Schutzzone 1: $L_{Aeq\ Tag} = 68\ dB(A)$,

Tag-Schutzzone 2: $L_{Aeq\ Tag} = 63\ dB(A)$,

Nacht-Schutzzone: $L_{Aeq\ Nacht} = 55\ dB(A)$, $L_{Amax} = 6\ mal\ 57\ dB(A)$.

Die Nachtschutzzone bestimmt sich als Umhüllende der Kontur gleicher Pegelhäufigkeit und der Kontur gleichen äquivalenten Dauerschallpegels.

Die angegebenen Pegelwerte für den maximalen A-Schallpegel sind Innenraumwerte, mit einem angenommenen Pegelunterschied von 15 dB(A) gegenüber dem Außenpegel.

Berechnungsmethode des äquivalenten Dauerschallpegels

Gemäß der Anlage zum § 3 des neuen Fluglärmgesetzes ist der äquivalente Dauerschallpegel nach folgenden Formeln zu berechnen:

$$L_{Aeq\ Tag} = 10 \lg \left[\frac{0,75}{T} \sum_{i=1}^n t_{10,i} 10^{0,1L_{Amax,i}} \right]$$

und

$$L_{Aeq\ Nacht} = 10 \lg \left[\frac{1,5}{T} \sum_{i=1}^n t_{10,i} 10^{0,1L_{Amax,i}} \right]$$

Hierin bedeuten

- | | |
|------------------|---|
| $L_{Aeq\ Tag}$ | - äquivalenter Dauerschallpegel während der Beurteilungszeit T tags (06 bis 22 Uhr) in dB(A) |
| $L_{Aeq\ Nacht}$ | - äquivalenter Dauerschallpegel während der Beurteilungszeit T nachts (22 bis 6 Uhr) in dB(A) |
| lg | - Logarithmus zur Basis 10 |
| T | - Beurteilungszeit T in s; die Beurteilungszeit umfasst die sechs verkehrsreichsten Monate (180 Tage) des Prognosejahres |
| $\sum_{i=1}^n$ | - Summe über alle Flugbewegungen tags (6 bis 22 Uhr) bzw. nachts (22 bis 6 Uhr) während der Beurteilungszeit T, wobei die prognostizierten Flugbewegungszahlen für die einzelnen Betriebsrichtungen jeweils um einen Zuschlag zur Berücksichtigung der zeitlich variierenden Nutzung der einzelnen Betriebsrichtungen erhöht werden. Für die Tag-Schutzzonen 1 und 2 sowie für die Nacht-Schutzzone beträgt der Zuschlag dreimal die Streuung der Nutzungsanteile der jeweiligen Betriebsrichtung in den zurückliegenden 10 Jahren (3 Sigma). |
| i | - laufender Index des einzelnen Fluglärmereignisses |
| $t_{10,i}$ | - Dauer des Geräusches des i-ten Fluglärmereignisses am Immissionsort in s (Zeitdauer des Fluglärmereignisses, während der der Schallpegel höchstens 10 dB(A) unter dem höchsten Schallpegel liegt (10 dB-down-time)) |
| $L_{Amax,i}$ | - Maximalwert des Schalldruckpegels des i-ten Fluglärmereignisses am Immissionsort in dB(A), ermittelt aus der Geräuschemission des Luftfahrzeuges unter Berücksichtigung des Abstandes zur Flugbahn und der Schallausbreitungsverhältnisse. |

2.2 Die Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD)

Die AzD ist die verbindliche Erfassungsvorschrift für die Ausgangsdaten zur Berechnung von Lärmschutzbereichen. Sie regelt den Umfang der zu erfassenden Ausgangsangaben, die formelle Beschreibung des Inhaltes und der Struktur der Daten, die Pflichten der an der Erfassung Beteiligten und das zu verwendende Koordinatensystem für die Erstellung des für die Berechnungen verbindlichen Datenerfassungssystems (DES).

Im Einzelnen sind im DES die nachfolgend genannten Daten aufzunehmen.

Beschreibung der Geometrie des Flugplatzes

Für die Beschreibung der exakten geographischen Lage des Flugplatzes und seiner Start- und Landebahnen sind folgende Angaben genau zu erfassen:

- geographische Koordinaten des Flughafenbezugspunktes - ARP;
- Länge der Start- und Landebahn(en);
- Koordinaten des Bezugspunktes der Start- und Landebahn(en) - P_B
(als Rechts- und Hochwert bezogen auf den ARP oder in genauen geographischen Koordinaten);
- rechtweisende Richtung der Start- und Landebahn(en);
- Abstand der Startpunkte und Landeswellen vom P_B für jede Betriebsrichtung;
- Koordinaten des Hubschrauberlandeplatzes bzw. des Hubschrauberabstellplatzes, wenn dieser nicht mit dem Landeplatz übereinstimmt.

Beschreibung der Geometrie der Flugbahnen

Die AzD unterscheidet folgende Arten von verschiedenen Flugbahnen:

- Abflugstrecken,
- Anflugstrecken,
- Platzrunden und platznahe Manöver,
- Hubschrauberstrecken mit zugehörigen Hoverstrecken.

Alle Flugbahnen werden in einzelne Geradeausabschnitte und Kurvenabschnitte (Teilstrecken) unterteilt, die einzeln in ihrer tatsächlichen Reihenfolge zu beschreiben sind.

Dabei werden für Geradeausabschnitte die zugehörige Länge, für Kurvenabschnitte die jeweilige Kursänderung in Grad und der Kurvenradius angegeben. Zur Berücksichtigung der im realen Flugbetrieb auftretenden Abweichungen von der beschriebenen Ideallinie der Flugbahn wird für jede Teilstrecke am Ende eine Korridorbreite angegeben, mit der alle Flugbewegungen einer Klasse auf dieser Flugbahn erfasst werden. Dieser Korridor wird bei der Berechnung des äquivalenten Dauerschallpegels in Abhängigkeit von der Entfernung zum Immissionsort in eine vorgegebene Zahl von Teilkorridoren unterteilt. Die Verteilung der Flugbewegungen auf die Teilkorridore erfolgt nach der Gauß'schen Glockenkurve.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, bei Abweichung der Flugverfahren von den in der AzB für jede Flugzeugklasse vorgegebenen Standardwerten, zur Beschreibung des Höhenprofils jeder Flugbahn am Ende jedes Teilstücks eine Höhe anzugeben und somit auch andere Flugverfahren (insbesondere bei militärischen Flugplätzen für militärische Flugzeuggruppen) zu berücksichtigen.

Die Beschreibung der Flugstrecken beginnt immer am Bezugspunkt der jeweiligen Start- und Landebahn und endet in einer Entfernung von mindestens 25 km vom ARP. Als Besonderheit ist dabei zu beachten, dass Anflugstrecken und Platzrunden immer beginnend vom Bahnbezugspunkt entgegen der realen Flugrichtung beschrieben werden müssen.

Die gemäß DES erfassten Bahnbezugspunkte und Bahnrichtungen beziehen sich zukünftig auf folgendes Koordinatensystem: UTM-Abbildung, entsprechend Lage des Flugplatzes in Zone 32 bzw. 33 (Mittelmeridian 9° bzw. 15°), Ellipsoid GRS80, Datum ETRS89.

Beschreibung der Geometrie der Rollwege und APU-Positionen

Die AzD unterscheidet zwei Arten von Rollwegen:

- Abflug-Rollwege von der Abstellposition zum Startpunkt einer Start- und Landebahn,
- Anflug-Rollwege von einem Abrollpunkt der Start- und Landebahn zur Abstellposition.

Dabei ist der Abflug-Rollweg entgegen der Rollrichtung beginnend beim Startpunkt zu beschreiben.

Als Koordinaten der APU-Positionen vor dem Start werden die Endpunkte der Abflugrollwege und für die APU-Positionen nach der Landung die Endpunkte der Anflugrollwege angenommen.

2.3 Die Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB)

In der AzB ist die verbindliche detaillierte Methodik der Berechnung von Lärmschutzbereichen dargestellt. Weiterhin sind hier die in den Fluglärmrechnungen zu verwendenden Luftfahrzeuggruppen mit den technisch-physikalischen Daten der jeweils zugeordneten Luftfahrzeugklassen definiert.

Physikalisch-technische Angaben zu den Luftfahrzeugklassen

Da es praktisch nicht möglich ist, alle auf einem Flugplatz verkehrenden Flugzeuge mit ihren genauen technischen Charakteristika zu erfassen bzw. den Anteil jedes einzelnen Flugzeugtyps an den Flugbewegungen zu prognostizieren, wurden in der AzB bestimmte Luftfahrzeugtypen mit ähnlichen technischen Parametern zu Luftfahrzeuggruppen zusammengefasst, die jeweils in Startklassen (meistens eine, für ausgewählte Gruppen zwei) und eine Landeklasse unterteilt werden. Dabei bilden die für die Schallemission besonders wichtigen Daten, wie Antriebsart, Triebwerksleistung, Startgewicht und Festlegungen der ICAO zu üblichen Flugverfahren, die Grundlage dieser Klassifizierung.

Die in der AzB veröffentlichten physikalisch-technischen Daten der Luftfahrzeugklassen bilden eine der wesentlichen Grundlagen für die Durchführung verschiedener Berechnungen zur Beurteilung der Fluglärmbelastung.

Ausgehend von den im DES 2023 für das Prognoseszenario enthaltenen Ausgangsangaben werden in den Berechnungen zur Ermittlung der Fluglärmbelastung im Umfeld von BBI die in der Tabelle 2.3.1 definierten Flugzeuggruppen berücksichtigt.

Tabelle 2.3.1 Am Flughafen BER operierende Luftfahrzeuggruppen gemäß AzB

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Beschreibung	Flugzeugtypen (Beispiele)
1	P 1.4	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 2 bis 5,7 t	Piper PA-42, Cessna 421
2	P 2.1	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3, Kapitel 4 oder Kapitel 10 entsprechen	ATR-42, Dash-8, DO-328
3	P 2.2	Propeller Flugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t, die nicht der Luftfahrzeuggruppe P 2.1 zugeordnet werden können	
4	S 5.1	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 50 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen	BAe-146, LJ 60, Citation
5	S 5.2	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 50 t bis 120 t und einem Triebwerks-Nebenstromverhältnis größer als 3, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen und nach 1982 gebaut wurden	A 319, A 320, B-737, B-757
6	S 5.3	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 50 t bis 120 t und einem Triebwerks-Nebenstromverhältnis bis 3, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen und nach 1982 gebaut wurden	B-737-200, MD-81
7	S 6.1	Strahlflugzeuge mit zwei Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 120 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen und nach 1982 gebaut wurden	A 310, A 330, B-767
8	S 6.2	Strahlflugzeuge mit drei oder vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 120 t bis 300 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen und nach 1982 gebaut wurden a) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 6.2, deren aktuelle Startmasse bis 70 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt. b) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 6.2, deren aktuelle Startmasse mehr als 70 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt a/b) Landungen mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 6.2	MD-11
9	S 6.3	Luftfahrzeuge des Luftfahrzeugmusters Airbus A340	

Fortsetzung Tabelle 2.3.1

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Beschreibung	Flugzeug-typen (Beispiele)
10	S 7.0	<p>Strahlflugzeuge mit drei oder vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 300 t bis 500 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen.</p> <p>a) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 7, deren aktuelle Startmasse bis 70 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt.</p> <p>b) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 7, deren aktuelle Startmasse mehr als 70 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt.</p> <p>a/b) Landungen mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 7</p>	Boeing 747, AN-124
11	H 1.1	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 1,0 t bis 3,0 t.	EC-135, BK-117
12	H 1.2	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 3,0 t bis 5,0 t.	EC-145
13	H 2.1	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,0 t bis 10,0 t.	Puma, Bell 214
14	H 2.2	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 10,0 t.	Puma, Bell 214

Kurzdarstellung des neuen Berechnungsmodells

Zur Berechnung der Kenngrößen der Lärmbelastung wird ein Segmentierungsverfahren angewendet, das auf einer geeigneten Zerlegung der dreidimensionalen Flugbahn des Luftfahrzeugs in lineare Segmente basiert. Von jedem dieser Segmente trägt das Luftfahrzeug mit einem Beitrag E_i zur Schallexposition E an einem Immissionsort P bei. Das Segmentierungsverfahren ist in der nachfolgenden Abbildung 2.3.1 schematisch für den zweidimensionalen Fall dargestellt.

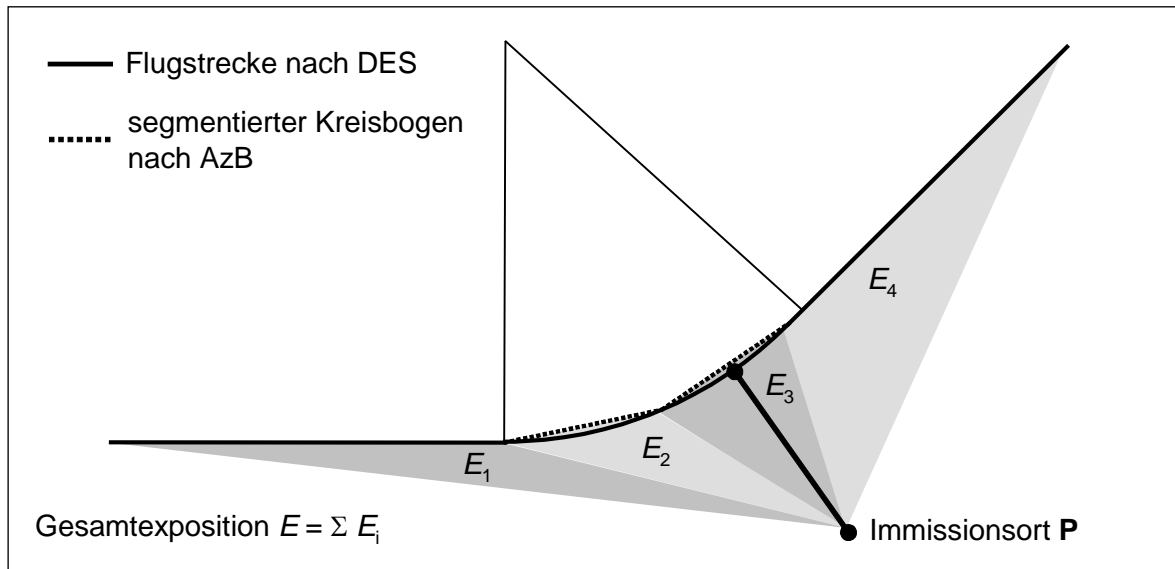


Abbildung 2.3.1 Prinzip der Segmentierung am Beispiel der Zerlegung eines kreisbogenförmigen Flugstreckensegments in zwei lineare Teilsegmente

Die äquivalenten Dauerschallpegel für die Tages- und Nachtzeit ergeben sich aus

$$L_{pASeq,Tag} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1,5 \cdot T_0}{T_E} \sum_{i=1}^{N_{Tag}} 10^{0,1 \cdot L_{pAE,i}} \right] \text{ dB} \quad (1)$$

$$L_{pASeq,Nacht} = 10 \cdot \lg \left[\frac{3 \cdot T_0}{T_E} \sum_{i=1}^{N_{Nacht}} 10^{0,1 \cdot L_{pAE,i}} \right] \text{ dB} \quad (2)$$

für die sechs verkehrsreichsten Monate des Prognosejahres.

mit:

$L_{pASeq,Tag}$ A-bewerteter korrigierter äquivalenter Dauerschallpegel für den Tag (6.00 bis 22.00 Uhr)

$L_{pASeq,Nacht}$ A-bewerteter korrigierter äquivalenter Dauerschallpegel für die Nacht (22.00 bis 6.00 Uhr)

T_E Erhebungszeit in s ($T_E = 1,5552 \cdot 10^7$ s, d. h. 180 Tage)

T_0 Bezugszeit ($T_0 = 1$ s)

Σ Summe über alle Flugbewegungen während der Erhebungszeit T_E

N_{Tag}	Flugbewegungen während der Beurteilungszeit T_r zwischen 6.00 und 22.00 Uhr
N_{Nacht}	Flugbewegungen während der Beurteilungszeit T_r zwischen 22.00 und 6.00 Uhr
i	hier: laufender Index des einzelnen Fluglärmereignisses
$L_{pAE,i}$	A-bewerteter Schallleistungspegel, ermittelt aus der Geräuschemission des Luftfahrzeuges unter Berücksichtigung des Abstandes zur Flugbahn und der Schallausbreitungsverhältnisse

Das der neuen AzB zu Grunde liegende Modell geht von der Annahme einer bewegten Punktschallquelle aus, für die an jedem Punkt der Bahn die Schalleistung, die Geschwindigkeit sowie die Abstrahlcharakteristik bekannt sind. Die bewegte Punktschallquelle wird hier durch eine Linienschallquelle nachgebildet, die für die Berechnung der benötigten Immissionskenngrößen verwendet wird. Die einzelnen sich bewegendenden Schallquellen repräsentieren die Luftfahrzeugklassen der AzB.

Zur Ermittlung der äquivalenten Dauerschallpegel sowie des Häufigkeits-Maximalpegelkriteriums an einem Immissionsort müssen die Beiträge aller im DES angegebenen Luftfahrzeugklassen in Form des Schallleistungsexpositionspegels L_{pAE} und des Maximalschalldruckpegels $L_{pAS,max}$ bestimmt werden.

Segmentierung der Flugbahn

Um das Modell der Linienschallquelle anwenden zu können, ist es zunächst notwendig, die dreidimensionale Flugbahn des betrachteten Luftfahrzeugs in geeigneter Form in eine Reihe von geradlinigen Segmenten zu zerlegen. Wie dies zu geschehen hat, ist in Abbildung 2.3.2 schematisch dargestellt.

Die dreidimensionale Flugbahn wird durch ihren Verlauf in der Bezugsebene sowie durch ein vertikales Flughöhenprofil (repräsentiert durch den Datensatz $H(\sigma')$ - siehe auch Abb. 2.3.2 unterer Teil) beschrieben. Diese Flugbahn wird in drei Schritten zerlegt:

1. Der erste Schritt der Segmentierung ist die Zerlegung der Flugstrecke bzw. des Flugweges. Bei der Berechnung werden alle im DES beschriebenen Flugstrecken berücksichtigt. Jede dieser Flugstrecken ist durch eine Folge von Abschnitten (Geraden, Kreisbögen) dargestellt. Kreisbögen werden in Sehnenstücke mit Bogenwinkeln von maximal 15° unterteilt. Dabei muss die Sehnenlänge ≤ 100 m sein. Dadurch ergibt sich eine Folge von geradlinigen Streckenteilabschnitten.
2. Die den jeweiligen Luftfahrzeugklassen zugeordneten Vertikalprofile stellen ebenfalls eine Folge von linearen Teilstücken dar, die als Profilstücke bezeichnet werden. Art und Länge der Profilstücke ergeben sich aus den Datenblättern der Luftfahrzeugklassen. Im zweiten Schritt wird nun die segmentierte Flugstrecke mit dem Flugprofil verschnitten. Daraus resultiert eine Folge von Flugbahnsegmenten, die als Grundlage der Berechnung dienen.
3. Im dritten Schritt werden aus den Bahnsegmenten durch Belegung mit luftfahrzeugklassenspezifischen Emissionen Bahnteilsegmente generiert. Es muss in so viele gleich lange Teilsegmente unterteilt werden, bis die Pegel der längenbezogenen Schallleistungsexposition L_{WAE} aufeinander folgender Bahnteilsegmente sich in keinem Fall um mehr als 1 dB unterscheiden. Die Bahnteilsegmente gehen dann als Schallquellen in die Berechnung ein.

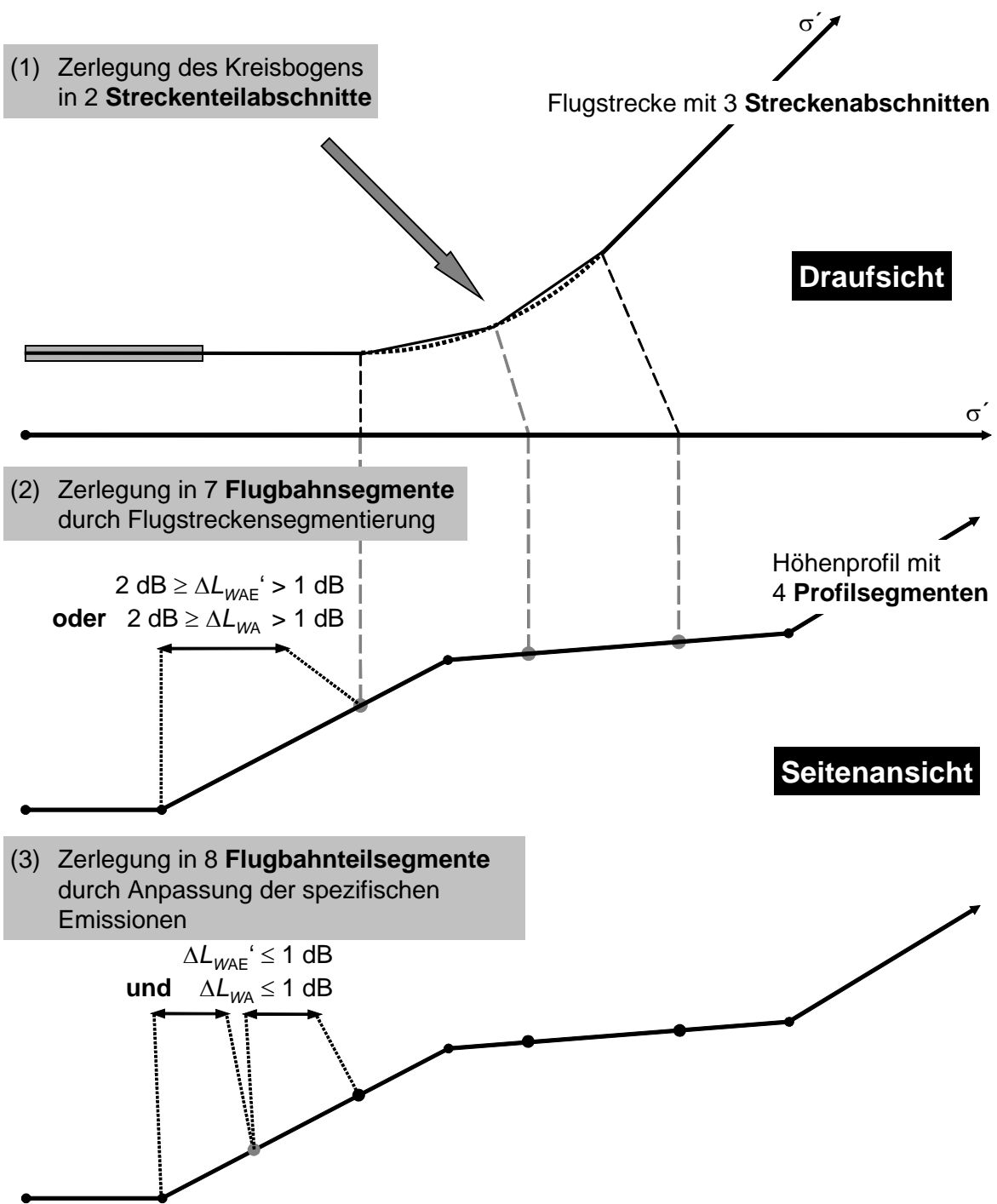


Abbildung 2.3.2 Prinzip des Segmentierungsverfahrens: σ' ist die Bogenlänge der Flugstrecke, $\Delta L_{WAE}'$ ist Differenz des längenbezogenen Schalleistungsexpositionspegels, ΔL_{WA} diejenige des A-bewerteten Schalleistungspegels zwischen zwei Bahnteilsegmenten

Bei Vorhandensein eines Flugkorridors werden der segmentierten Flugstrecke in Abhängigkeit von der Korridorbreite äquidistant verlaufende Flugwege zugeordnet. Bei Berechnungen gemäß AzB ist der Korridor in 15 gleichbreite Teilkorridore zu unterteilen, deren Mittellinie als Flugweg bezeichnet wird.

Die Flugwege liegen damit ebenfalls in segmentierter Form vor (Schritt 1). Die Werte der Kenngrößen $Z(\sigma')$, $V(\sigma')$ und $H(\sigma')$ an den Segmentenden der Flugwege werden von den zugehörigen Segmentenden der Flugstrecke (Flugweg 1) übernommen. Die weitere Segmentierung erfolgt wie in den Schritten 2 und 3 beschrieben (siehe dazu auch Abb. 2.3.2).

Generierung von Teilstücken

Beträgt die Länge eines Flugbahnteilsegmentes mehr als $1/10$ des kürzesten Abstandes r_0 eines Immissionsortes **P** zum Flugbahnteilsegment, so muss dieses Segment in Teilstücke unterteilt werden (Abbildung 2.3.3). Für den Fall $r_0 < 10$ m wird $r_0 = 10$ m gesetzt.

Die Teilung erfolgt ausgehend vom Punkt \mathbf{Q}_0 auf der Basis des kürzesten Abstandes r_0 zum Flugbahnteilsegment durch sukzessive Bildung von Teilstücken, die der Bedingung

$$\frac{l_i}{r_i} = 0,1$$

genügen müssen. Dabei sind drei Fälle zu unterscheiden:

- Flugbahnteilsegment und Immissionsort **P** liegen in einer Ebene und es kann ein Lot mit dem Fußpunkt \mathbf{Q}_0 von **P** auf das Segment gefällt werden. In diesem Fall erfolgt die Teilstückbildung ausgehend vom Punkt \mathbf{Q}_0 symmetrisch in Richtung auf die Segmentenden (symmetrische Teilstückbildung). Der Punkt \mathbf{Q}_0 liegt in der Regel in der Mitte des Teilstückes mit der Länge l_0 .
- Flugbahnteilsegment und Immissionsort **P** liegen in einer Ebene, aber es kann kein Lot von **P** auf das Segment gefällt werden. In diesem Fall erfolgt die Teilstückbildung ausgehend vom Punkt \mathbf{Q}_0 in Richtung auf das Segmentende. Das erste Teilstück erhält die Länge $l_0/2$.
- Es kann keine Ebene zwischen Immissionsort und Flugbahnteilsegment aufgespannt werden (dieser Fall kann nur auftreten, wenn der Immissionsort direkt hinter der Landebahn in Höhe der Schallquelle liegt). In diesem Fall erfolgt die Teilung nach Teilbild c) von Abbildung 2.3.3. Auch hier erhält das erste Teilstück nur die Länge $l_0/2$.

Bei der Bildung von Teilstücken ergeben sich in der Regel an den Segmentenden Teilstücke, die kürzer sind als gefordert.

Bei der Immissionsberechnung wird jedes Teilstück durch eine Punktschallquelle \mathbf{Q}_i in ihrem Mittelpunkt ersetzt. In den Fällen, in denen kein Lot auf das Flugbahnteilsegment gefällt werden kann (Fälle b) und c) nach Abbildung 2.3.3), wird die Punktschallquelle im ersten Teilstück auf den Punkt \mathbf{Q}_0 gelegt. Dadurch werden Fehler bei der Bestimmung des Maximalpegels minimiert (es ist immer $r_0 = s_0$). In die Berechnung des äquivalenten Dauerschallpegels geht in diesen Fällen nur die Hälfte eines fiktiven Teilstücks der Länge l_0 mit der Ersatzschallquelle in der Teilstückmitte ein.

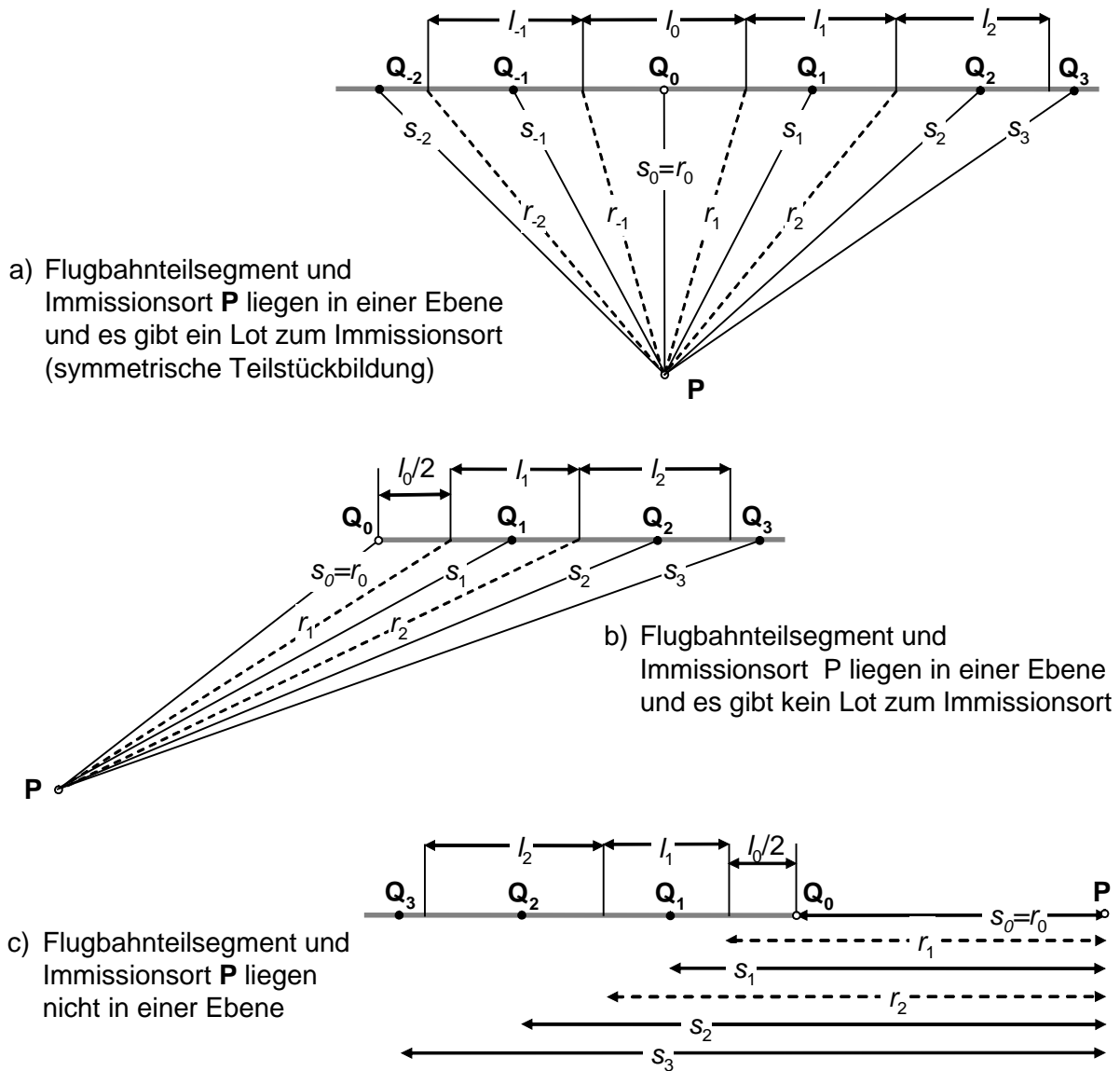


Abbildung 2.3.3 Unterteilung eines Flugbahnteilsegments in Teilstücke der Länge l_i . r_i ist der kleinste Abstand zwischen Teilstück und Immissionsort **P**, s_i ist der Abstand der das Flugbahnteilsegment repräsentierenden Schallquelle (Darstellung nicht maßstabsgerecht).

3. Ausgangsangaben für die Berechnungen

Als Ausgangsdaten für die Berechnungen wurden die Flugbewegungszahlen und Flugstrecken des DES 2023 verwendet, die vom Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) in Form eines QSI-Datensatzes [7] zur Verfügung gestellt wurden.

Die ausführliche Zuordnung der Flugbewegungen zu den Flugstrecken ist im DES enthalten. Deshalb werden an dieser Stelle nur die zusammengefassten Angaben für den Flugbetrieb dargestellt.

Tabelle 3.1.1 Flugbewegungszahlen der 6 verkehrsreichsten Monate für das Prognoseszenario

Luftfahrzeug- gruppe	Flugbewegungszahlen		
	06.00-22.00 Uhr	22.00 -06.00 Uhr	Gesamt
P 1.4	744	0	744
P 2.1	18414	3006	21420
P 2.2	1316	188	1504
S 5.1	20104	568	20672
S 5.2	79662	7146	86808
S 5.3	17474	1318	18792
S 6.1	31756	2816	34572
S 6.2	1504	376	1880
S 6.3	1316	188	1504
S 7.0	6008	1128	7136
Flugzeuge gesamt	178298	16734	195032
H 1.1	4396	172	4568
H 1.2	840	116	956
H 2.1	776	52	828
H 2.2	148	0	148
Insgesamt	184458	17074	201532

Ein umfassender Auszug aus der Gesamtdarstellung der im DES 2023 enthaltenen Flugstrecken ist im beigefügten Plan Lwf-FL12-pl02 enthalten.

4. Ergebnisse der Berechnungen

4.1 Bewertung der Ergebnisunsicherheiten der Berechnungsergebnisse

Wie alle rechnerischen Untersuchungen von zu erwartenden Schallimmissionen sind auch die Ergebnisse der Fluglärmuntersuchungen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

Die Ergebnisunsicherheiten sind dabei auf folgende Faktoren zurückzuführen:

- Zuverlässigkeit der Prognose der Flugbewegungszahlen;
- Genauigkeit der Modellierung der Flugverfahren, insbesondere der Abweichungen von der Idealfugbahn, die mit zunehmender Entfernung vom Flugplatz deutlich größer werden;
- Abweichungen der physikalisch-technischen Daten der am Flugplatz verkehrenden Luftfahrzeuge von den für eine Flugzeugklasse in den Berechnungsvorschriften veröffentlichten Daten (Schallemissionen, Startrollstrecke, Steigwinkel);
- Einfluss der meteorologischen Bedingungen (Windrichtung und -stärke, Temperatur) auf die Schallausbreitung, die Startrollstrecke und den Steigwinkel über Grund.

Während sich für die Mittelungspegel die Abweichungen durch meteorologische Einflüsse und Abweichungen von der Flugstrecke im Nahbereich eines Flugplatzes aufgrund der Mittelung über einen langen Zeitraum nur geringfügig auswirken, können sich bei einer relativ konstanten Typenzusammensetzung des Flugzeugmixes durch die Abweichungen der Daten eines Flugzeugtyps von den für die entsprechende Flugzeugklasse veröffentlichten Daten der AzB merkliche Unterschiede zwischen berechneten und durch Messungen ermittelten Ergebnissen ergeben.

So können z. B. die maximalen A-Schallpegel von Strahlflugzeugen der Flugzeuggruppe S 5.1 (Strahlflugzeuge bis 50 t, Kapitel 3) in Abhängigkeit von der Startmasse und der Triebwerksausstattung z. B. zwischen einer BAe 146 und einem Learjet 60 um bis zu 15 dB unterscheiden. Da sich die Daten der Flugzeugklassen vorrangig an den Flugzeugmustern mit den höchsten Schallemissionen orientieren, kann dies bei einem vorrangigen Flugverkehr mit modernen kleinen Jets zu einer Überschätzung der zu erwartenden Fluglärmbelastung führen¹.

Ausgehend von dem für den Flughafen Berlin-Brandenburg International prognostizierten Flugzeugmix ist bezüglich der Flugzeuggruppen jedoch keine derartig gravierende Streuung innerhalb der akustischen Daten und der Flugleistungsparameter zu erwarten.

4.2 Bewertung der ermittelten Ergebnisse

Die gemäß Aufgabenstellung der Stadt Ludwigsfelde ermittelten Isophonen von 0,25 Ereignissen beginnend mit einem maximalen A-Schallpegel von 70 d B(A) außen sind im beigefügten Plan Lwf-FL12-pl01 dargestellt.

Um zu erkennen, von welchen Flugverfahren die hauptsächlichen Fluglärmimmissionen für die jeweils betroffenen Ortslagen der Stadt Ludwigsfelde ausgehen, wurden diese ebenfalls in den Plan Lwf-FL12-pl01 übernommen.

¹ Luftfahrtbundesamt; Veröffentlichung der Lärmwerte für Luftfahrzeuge vom 15.06.2006, Teil Strahlflugzeuge

Aus dem Plan Lwf-FL12-pl01 sind die nachfolgend aufgeführten Sachverhalte ersichtlich.

- Durch Abflüge von der Startbahn Nord (Startbahn 25R) werden der Nordrand des Stadtgebietes von Ludwigsfelde, der Nordrand des Ortsteiles Genshagen sowie der gesamte Ortsteil Ahrensdorf betroffen sein, wobei die maximalen A-Schallpegel alle im Bereich von 74 bis 79 dB(A) liegen werden.
- Durch Abflüge von der Startbahn Süd (Startbahn 25L) werden die Ortsteile Löwenbruch, Kerzendorf, Wietstock und Groß Schulzendorf betroffen sein. Einzelereignisse mit einem maximalen A-Schallpegel über 80 dB(A) jedoch unter 81 dB(A) sind nur in der südöstlichen Hälfte von Wietstock zu erwarten, während im nordwestlichen Teil von Wietstock maximale A-Schallpegel zwischen 79 und 80 dB(A) auftreten können. In Groß Schulzendorf werden die maximalen A-Schallpegel zwischen 75 und 80 dB(A) liegen. In Löwenbruch und Kerzendorf bewegen sich die zu erwartenden maximalen A-Schallpegel im Bereich von 70 bis 73 dB(A).
- Von Fluglärmereignissen mit einem maximalen A-Schallpegel über 70 dB(A) durch Anflüge bei Landerichtung 07 (etwa 35 % des Jahres) werden vorrangig das unmittelbare Stadtgebiet von Ludwigsfelde, die Ortsteile Genshagen, Jütchendorf, Siethen und teilweise der Ortsteil Gröben betroffen sein. Dabei bewegen sich die Pegelwerte in den westlich von Ludwigsfelde gelegenen Ortsteilen Jütchendorf und Gröben zwischen 70 und 71 dB(A) sowie in Siethen zwischen 71 und 73 dB(A). Im unmittelbaren Stadtgebiet von Ludwigsfelde sind maximale A-Schallpegel von 72 bis 74 dB(A) zu erwarten. Die höchste Belastung wird im Ortsteil Genshagen zu verzeichnen sein, der bei Anflügen auf die Landebahn Süd (Landebahn 07R) von Einzelereignissen mit einem maximalen A-Schallpegel zwischen 74 und 77 dB(A) betroffen sein wird.

Die im Ergebnis der beauftragten Berechnungen ermittelten Isophonen ermöglichen nur eine sehr begrenzte Beurteilung der realen Fluglärmbelastung, weil sie keine Aussage über die reale Anzahl der zu erwartenden Fluglärmereignisse enthalten. So kann ein alle 4 Tage auftretendes Ereignis mit einem maximalen A-Schallpegel von 70 dB(A) insbesondere bei Anflügen schon in relativ geringer Entfernung um Größenordnungen öfter auftreten, ohne den Wert von 71 dB(A) zu erreichen. Dieser Sachverhalt sollte unbedingt berücksichtigt werden, wenn auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse Schlussfolgerungen für konkrete Lärmschutzmaßnahmen oder für städtebauliche Planungen gezogen werden.

5. Zusammenfassung

Ausgehend von den ermittelten Ergebnissen ist festzustellen, dass die Stadt Ludwigsfelde mit Ihren Ortsteilen durch den Flugbetrieb des Flughafens BER unter der Voraussetzung der Einhaltung der im DES 2023 beschriebenen Flugverfahren und des prognostizierten Anteils der Luftfahrzeuggruppen am Luftverkehr von maximalen A-Schallpegeln zwischen 70 und 80 dB(A) betroffen sein wird.

Maximale A-Schallpegel über 81 dB(A) sind in bewohnten Gebieten an keine Stelle zu erwarten.

Bei der Nutzung der ermittelten Ergebnisse für die Planung von Lärmschutzmaßnahmen oder die städtebauliche Planung sollte beachtet werden, dass die vorliegenden Isophonen nur eine sehr begrenzte Bewertung der realen Fluglärmbelastung ermöglichen. Für diese Zwecke sind in jedem Fall noch ergänzende Fluglärmbeurteilungen erforderlich.

Strausberg, 28.12.2012

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bartel'.

Rüdiger Bartel
Beratender Ingenieur



6. Glossar

AzB	-	Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen
AzD	-	Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb
ARP	-	Aerodrome Reference Point (Flugplatzbezugspunkt)
BAF	-	Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung
BER	-	Berlin Brandenburg Airport
DES	-	Datenerfassungssystem für Fluglärmrechnungen
DFS	-	Deutsche Flugsicherung
FlugLSV	-	Fluglärmschutzverordnung
ICAO	-	International Civil Aviation Organization (Internationale Zivilluftfahrtorganisation)
L_{Aeq}	-	äquivalenter Dauerschallpegel (Mittelungspegel über alle Lärmereignisse innerhalb eines vorgegebenen Bezugszeitraumes)
L_{Amax}	-	Maximaler A-Schallpegel
LuftVG	-	Luftverkehrsgesetz
LuftVZO	-	Luft-Verkehrs-Zulassungs-Ordnung
LUGV	-	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
MTOM	-	Maximum Take-Off Mass (Maximale Startmasse)
P_B	-	Bahnbezugspunkt
UBA	-	Umweltbundesamt

7. Quellenverzeichnis

- 1 Luftverkehrsgesetz (LuftVG) in der Neufassung vom 10. Mai 2007, (BGBl. I S. 698), zuletzt geändert durch Art. 1 des Vierzehnten Gesetzes zur Änderung des Luftverkehrsgesetzes vom 8. Mai 2012 (BGBl. I S. 1032)
- 2 Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluglärmG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2550)
- 3 Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen – 1. FlugLSV) vom 27. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2980)
- 4 Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD) vom 19. November 2008 (BAnz. Nr. 195a vom 23.12.2008)
- 5 Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) vom 19. November 2008 (BAnz. Nr. 195a vom 23.12.2008)
- 6 DIN 18 005 Schallschutz im Städtebau
- 7 QSI-Datensatz DES 2023 Flughafen BER, Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Potsdam