



**Bericht**

**Ermittlung des Lärmschutzbereiches**

**für den Verkehrsflughafen**

**BREMEN**

Strausberg, Oktober 2009



**Auftraggeber:      Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim  
                         Goslarsche Straße 3  
                         31134 Hildesheim**

**Auftragnehmer:    AVIA Consult  
                         Rüdiger Bartel & Klaus Schmelter GbR  
                         Bahnhofstraße 15  
                         15344 Strausberg**

**Erarbeiter:            Dipl.-Ing. Rüdiger Bartel                    Projektleiter  
                         Dipl.-Ing. Klaus Schmelter  
                         Dipl.-Jur. Dirk Schmelter**

## Inhalt

	Seite
1. Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2. Methodik der Ermittlung des Lärmschutzbereiches	5
2.1 Bestimmungen des Fluglärmgesetzes zur Festsetzung von Lärmschutzbereichen	5
2.2 Die Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB)	7
3. Flugbetriebsangaben für die Berechnung	14
4. Ergebnisse der Fluglärmrechnungen	15
5. Glossar	17
6. Verzeichnis der Pläne	18
7. Literaturverzeichnis	19
Anlage 1 Koordinatenlisten der Schutzzonen des Lärmschutzbereiches	
Anlage 2 Übersichtspläne der Zonen des Lärmschutzbereiches	

## 1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Gemäß der Neufassung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm vom 07.06.2007 (FlugLSG) [2] sind die Bundesländer verpflichtet, auf der Grundlage der gemäß der Ersten Fluglärm-schutzverordnung (1. FlugLSV) vom 27.12.2009 [3] neu zu berechnenden Lärmschutzbereiche bis zum 31.12.2009 neue Verordnungen über die Lärmschutzbereiche der in den Ländern ge- legenen Verkehrsflughäfen und Militärflugplätze zu erlassen.

Da der zu ermittelnde Lärmschutzbereich des Verkehrsflughafens Bremen sich über die Län- dergrenze der Freien Hansestadt Bremen hinaus auch auf das Land Niedersachsen erstreckt, ist für jedes dieser Bundesländer eine gesonderte Verordnung zu erlassen.

Im Interesse einer effektiven Umsetzung dieser Verpflichtung wurde durch die beiden Bundes- länder vereinbart, dass die Erstellung des Datenerfassungssystems für die Fluglärm-berechnun- gen in Verantwortung der Freien Hansestadt Bremen und die Berechnungen zur Ermittlung des Lärmschutzbereiches im Auftrag des Landes Niedersachsen durchgeführt werden.

AVIA Consult wurde vom Land Niedersachsen, vertreten durch das Staatliche Gewerbeauf- sichtsamt Hildesheim, beauftragt, auf der Grundlage des von Freien Hansestadt Bremen zur Verfügung gestellten Datenerfassungssystems die Berechnungen zur Ermittlung des Lärm- schutzbereiches durchzuführen und die Ergebnisse in grafischer Form auf digitalen topografi- schen Karten und in Form von Listen der Punktkoordinaten der ermittelten Schutzzonen vorzu- legen.

Die Fluglärm-berechnungen wurden mit dem von AVIA Consult entwickelten und vom Umwelt- bundesamt für die Berechnung von Lärmschutzbereichen zugelassenen Programmsystem ANCAR, Version 3, durchgeführt.

Über die Durchführung der Berechnungen ist ein Bericht anzufertigen und mit der Endfassung der ermittelten Ergebnisse zu übergeben.

Dieser Bericht wird hiermit vorgelegt.

## 2. Methodik der Ermittlung des Lärmschutzbereiches

Die grundsätzliche Methodik der Berechnung von Schallimmissionen durch Flugverkehr ist in der Anlage zum § 3 der am 01.06.2007 in Kraft getretenen Änderung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Fluglärmgesetz) dargestellt. Die Einzelheiten des Berechnungsverfahrens und der Erfassung der Ausgangsangaben für die Berechnungen sind in der „Ersten Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen)“ durch die Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) und Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD) geregelt, die als Rechtsverordnung am 30.12.2008 in Kraft gesetzt wurde.

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

### 2.1 Bestimmungen des Fluglärmgesetzes zur Festsetzung von Lärmschutzbereichen

#### a) Schutzzonen gemäß Fluglärmgesetz

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

#### 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:  $L_{Aeq\ Tag} = 68\text{ dB(A)}$ ,  
 Tag-Schutzzone 2:  $L_{Aeq\ Tag} = 63\text{ dB(A)}$ ,  
 Nacht-Schutzzone 1:  $L_{Aeq\ Nacht} = 55\text{ dB(A)}$ ,  $L_{Amax} = 6\text{ mal } 57\text{ dB(A)}$ ,

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.

Für den Verkehrsflughafen Bremen gelten demzufolge die Werte für bestehende zivile Flugplätze.

### b) Berechnungsmethode des äquivalenten Dauerschallpegels

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

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

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-Schutzzone 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 Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB)

Die als Bestandteil der 1. FlugLSV veröffentlichte AzB ist die verbindliche Berechnungsvorschrift zur Ermittlung von Lärmschutzbereichen. Sie enthält die methodischen Vorschriften des Berechnungsalgorithmus, die Definition der in den Berechnungen zu verwendenden Luftfahrzeuggruppen und die Datenblätter der Luftfahrzeugklassen jeder Luftfahrzeuggruppe.

Die am Flughafen Bremen für die Prognose des Jahres 2020 angegebenen Luftfahrzeuggruppen sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2.2.1 Luftfahrzeuggruppen der Prognose 2020 für den Verkehrsflughafen Bremen

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Beschreibung	Flugzeugtypen (Beispiele)
1	P 1.0	Ultraleichtflugzeuge	
2	P 1.1	Motorsegler	S-10, Falke
3	P 1.3	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 2 t	Cessna 172, PA-32
4	P 1.4	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 2 bis 5,7 t	Piper PA-42, Cessna 421
5	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
6	P 2.2	Propeller Flugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t, die nicht der Luftfahrzeuggruppe P 2.1 zugeordnet werden können	
7	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
8	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
9	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

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Beschreibung	Flugzeugtypen (Beispiele)
11	S 7	<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
12	S 8	<p>Strahlflugzeuge mit vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 500 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 4 entsprechen.</p> <p>a) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 8, deren aktuelle Startmasse bis 70 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt.</p> <p>b) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 8, deren aktuelle Startmasse mehr als 70 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt.</p> <p>a/b) Landungen mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 8</p>	A380
13	P-MIL 2	militärische Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t	C-130, C 160
14	S-MIL 1	E-3 AWACS (Airborne Warning and Control System), E-8 Joint Stars, KC-135A, KC-135E	E-3A
15	S-MIL 3	Tornado	Tornado
16	S-MIL 4	F-15 Eagle, F-16 Fighting Falcon	F-15, F 16
17	S-MIL 6	Eurofighter	Eurofighter
18	H 1.1	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 1,0 t bis 3,0 t.	BK 117, EC 135
19	H 1.2	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 3,0 t bis 5,0 t.	UH-1D, EC 145
20	H 2.1	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,0 t bis 10,0 t.	Puma, Bell 214
21	H 2.2	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 10,0 t.	Mi-8, CH-53

### 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 2.1.1 schematisch für den zweidimensionalen Fall dargestellt.

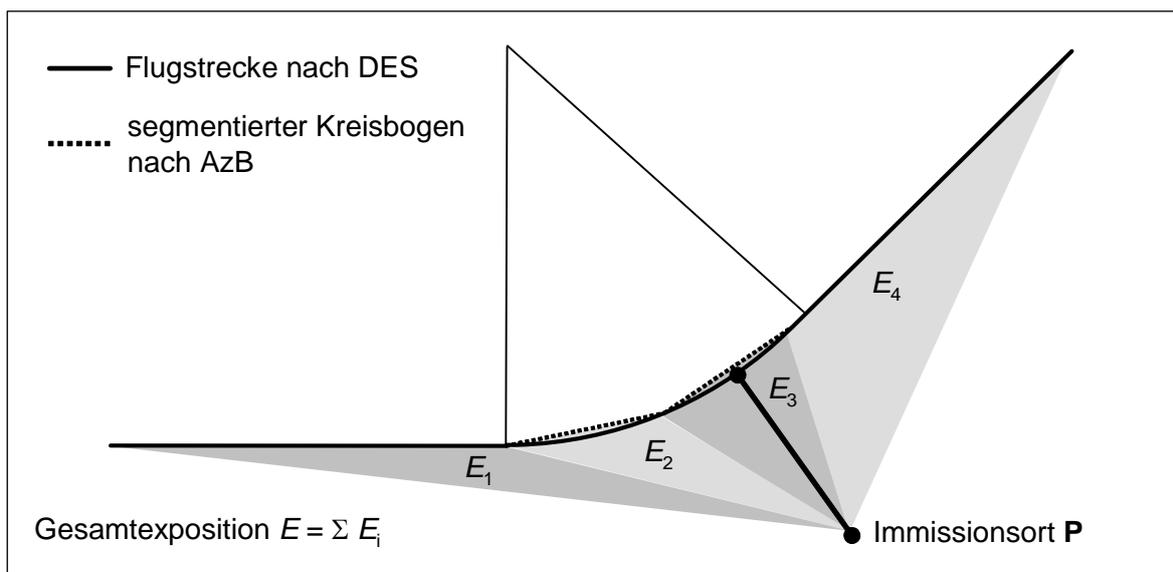


Abbildung 2.2.1 Prinzip der Segmentierung am Beispiel der Zerlegung eines kreisbogenförmigen Flugstreckensegments in zwei lineare Teilstimente

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)

$\Sigma$	Summe über alle Flugbewegungen während der Erhebungszeit $T_E$
$N_{\text{Tag}}$	Flugbewegungen während der Beurteilungszeit $T_r$ zwischen 6.00 und 22.00 Uhr
$N_{\text{Nacht}}$	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 bewegenden 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 Schalleistungsexpositionspegels  $L_{pAE}$  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 2.1.2 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. 2.1.2 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  $15^\circ$  unterteilt. Dabei muss die Sehnenlänge  $\leq 100$  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 Profilssegmente bezeichnet werden. Art und Länge der Profilssegmente 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 Schalleistungsexposition

$L_{WAE}$  aufeinander folgender Bahnteilsegmente sich in keinem Fall um mehr als 1 dB unterscheiden. Die Bahnteilsegmente gehen dann als Schallquellen in die Berechnung ein.

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. 2.2.2).

### 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 2.1.3). Für den Fall  $r_0 < 10$  m wird  $r_0 = 10$  m gesetzt.

Die Teilung erfolgt ausgehend vom Punkt  $Q_0$  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  $Q_0$  von **P** auf das Segment gefällt werden. In diesem Fall erfolgt die Teilstückbildung ausgehend vom Punkt  $Q_0$  symmetrisch in Richtung auf die Segmentenden (symmetrische Teilstückbildung). Der Punkt  $Q_0$  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  $Q_0$  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 2.1.3. 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  $Q_i$  in ihrem Mittelpunkt ersetzt. In den Fällen, in denen kein Lot auf das Flugbahnteilsegment gefällt werden kann (Fälle b) und c) nach Abbildung 2.1.3, wird die Punktschallquelle im ersten Teilstück auf den Punkt  $Q_0$  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.

f)

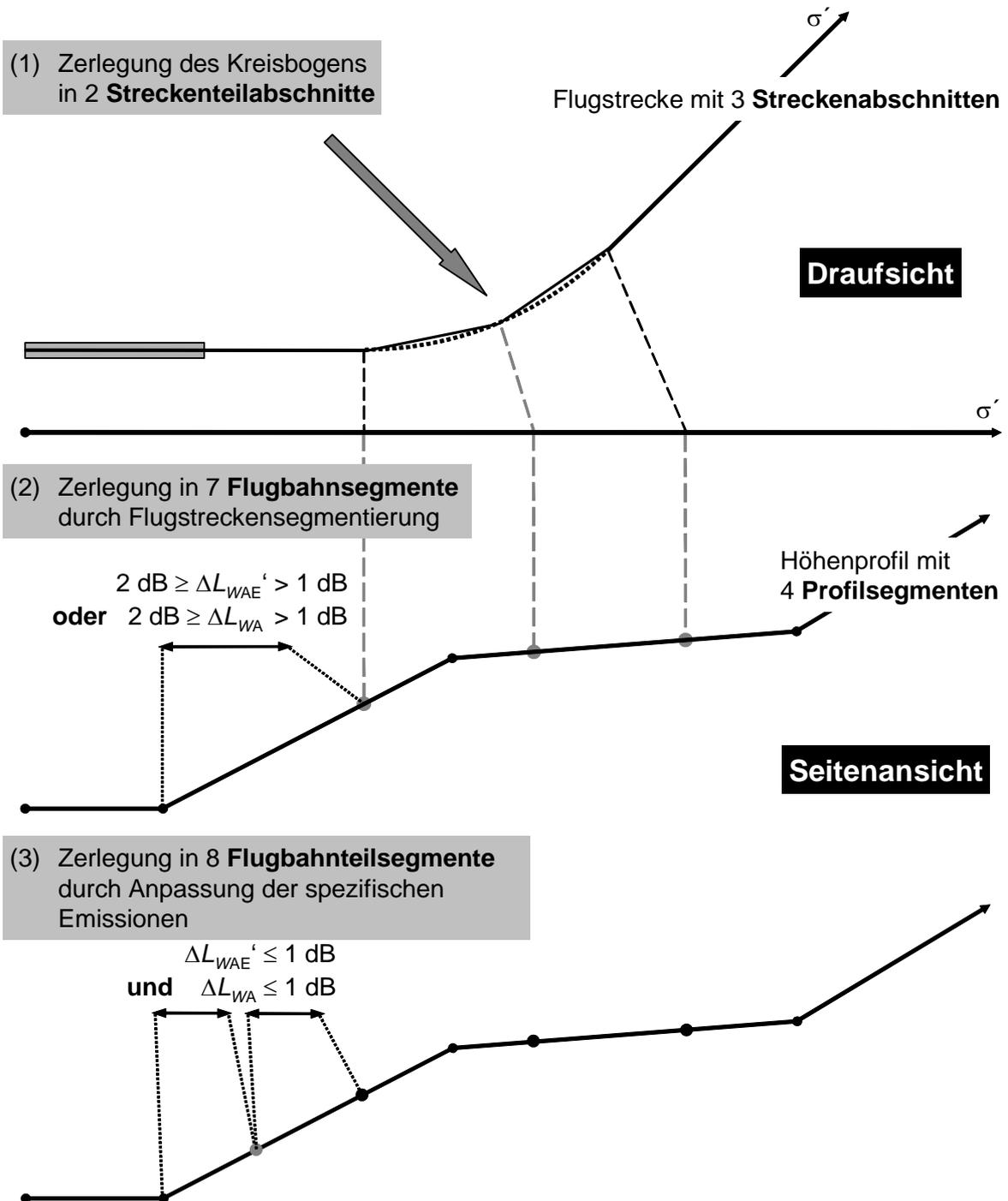


Abbildung 2.2.2 Prinzip des Segmentierungsverfahrens:  $\sigma'$  ist die Bogenlänge der Flugstrecke,  $\Delta L_{WAE}'$  ist Differenz des längenbezogenen Schalleistungsexpositionspegels zwischen zwei Bahnteilsegmenten

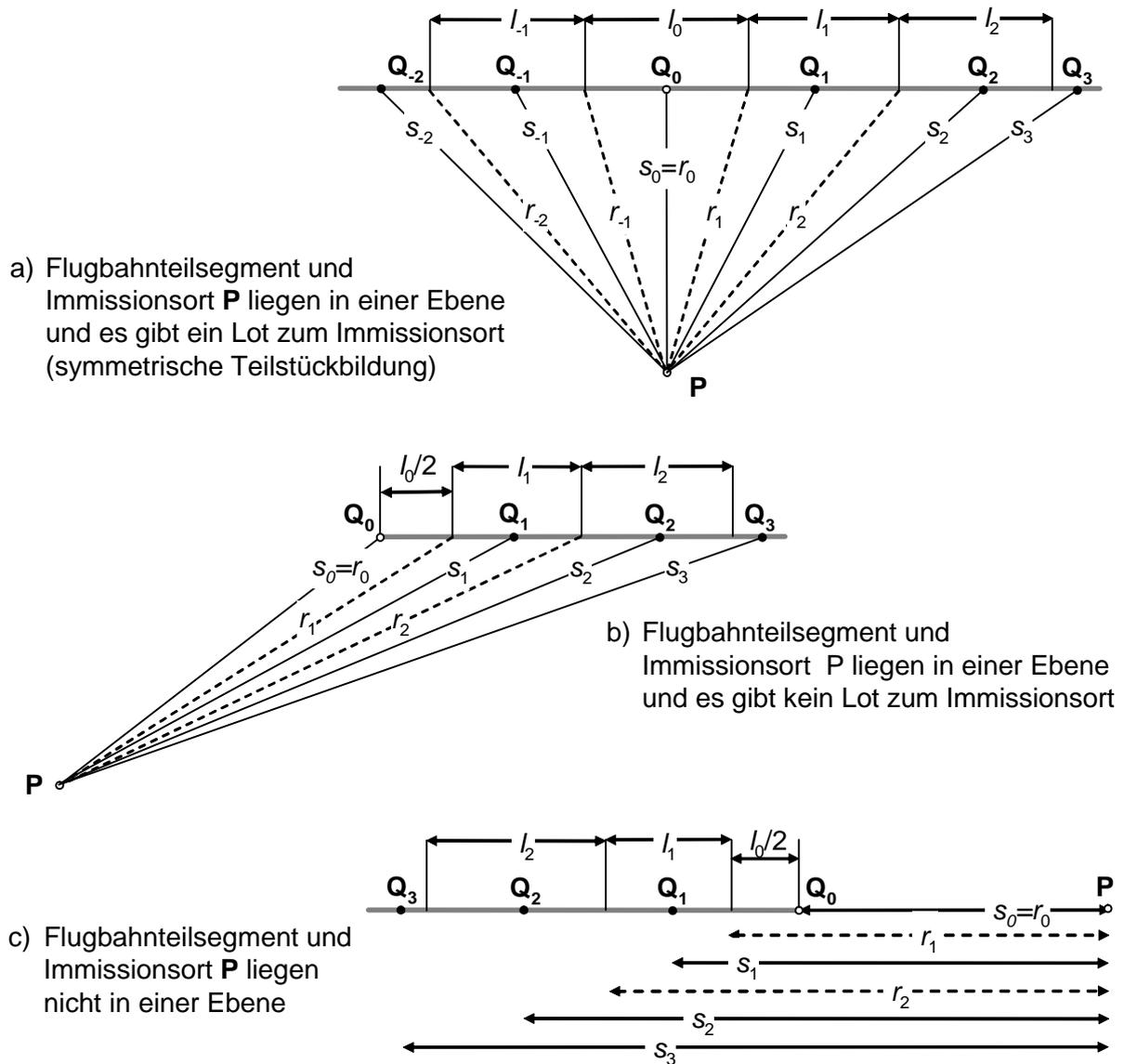


Abbildung 2.1.3: Unterteilung eines Flugbahnteilsegments in Teilstücke der Länge  $l_i$ .  $r_i$  ist der kleinste Abstand zwischen Teilstück und Immissionsort **P**,  $s_i$  ist der Abstand der das Flugbahnteilsegment repräsentierenden Schallquelle (Darstellung nicht maßstabsgerecht).

### 3. Flugbewegungszahlen für die Berechnungen

Die Flugbetriebsangaben für die Berechnungen sind in allen Einzelheiten im vorliegenden DES enthalten. Deshalb werden an dieser Stelle nur die den Berechnungen zu Grunde liegenden Flugbewegungszahlen der Luftfahrzeuggruppen für die Prognose des Jahres 2020 nochmals dargestellt.

Die Flugbewegungszahlen der Luftfahrzeuggruppen der Prognose für das Jahr 2020 sind in den nachfolgenden Tabelle 3.1 und 3.2 dargestellt.

Tabelle 3.1.1 Gesamtzahl der Flugbewegungen mit Flugzeugen in den sechs verkehrsreichsten Monaten des Prognosejahres 2020

Luftfahrzeuggruppe	Tag (06.00 bis 22.00 Uhr)	Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr)	gesamt
P 1.0	48	0	48
P 1.1	50	0	50
P 1.3	4.425	7	4.432
P 1.4	895	14	909
P 2.1	6.010	120	6.130
P 2.2	234	0	234
S 5.1	9.284	372	9.656
S 5.2	9.367	1.285	10.652
S 5.3	90	16	106
S 6.1	306	10	316
S 7	10	0	10
S 8	10	0	10
P-MIL 2	62	0	62
S-MIL 1	10	0	10
S-MIL 3	6	0	6
S-MIL 4	6	0	6
S-MIL 6	6	0	6
insgesamt	30.819	1.824	32.643

Tabelle 3.1 Gesamtzahl der Flugbewegungen mit Hubschraubern in den sechs verkehrsreichsten Monaten des Prognosejahres 2020

Luftfahrzeuggruppe	Tag (06.00 bis 22.00 Uhr)	Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr)	gesamt
H 1.1	80	0	80
H 1.2	996	10	1.006
H 2.1	53	9	62
H 2.2	6	0	6
insgesamt	1.135	19	1.154

#### 4. Ergebnisse der Fluglärmrechnungen

Zur Ermittlung des Lärmschutzbereiches des Verkehrsflughafens Bremen und zur Beurteilung der Belastung durch Fluglärm nach weiteren Kriterien wurden entsprechend den Vorgaben des Fluglärmgesetzes und der Freien Hansestadt Bremen die Fluglärmkonturen für die nachfolgend angeführten Pegelwerte bzw. Kriterien berechnet.

Für den Tageszeitraum 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr wurden die Fluglärmkonturen des äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{Aeq}$  für die Pegelwerte 70, 65, 60 und 55 dB(A) bestimmt, wobei für den Lärmschutzbereich gemäß Fluglärmgesetz nur die Zonen für die Pegelwerte 65 und 60 dB(A) relevant sind.

Für den Nachtzeitraum von 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr wurden des äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{Aeq}$  für die Pegelwerte 60, 55 und 53 dB(A) sowie die Zone von 6 Fluglärmereignissen mit einem maximalen A-Schallpegel von gleich oder größer 72 dB(A) außen (bzw. 57 dB(A) innen) berechnet. Für die Nacht-Schutzzone des derzeitigen Lärmschutzbereiches sind die Fluglärmkontur  $L_{Aeq} = 55$  dB(A) und Fluglärmereigniszone 6 x 72 dB(A) außen relevant.

Eine Besonderheit der Nachtschutzzone des Verkehrsflughafens Bremen besteht darin, dass der westliche Teil dieser Zone durch den Wert des äquivalenten Dauerschallpegels und der östliche Teil der Zone durch die Fluglärmereigniszone bestimmt wird. Diese Besonderheit ist vorrangig auf die deutlichen Unterschiede der Anzahl von Starts und Landungen und die Verteilung der Flugbewegungen auf die Betriebsrichtungen zurückzuführen. Für den Nachtzeitraum sind in den 6 verkehrsreichsten Monaten westlich des Flughafens 573 Flugbewegungen (143 Starts in Richtung 27 und 431 Landungen in Richtung 09) prognostiziert, während östlich des Flugplatzes 1083 Flugbewegungen (98 Starts in Richtung 09 und 985 Landungen in Richtung 27) prognostiziert wurden. Damit sind ohne Berücksichtigung des Sigma-Zuschlages westlich des Flugplatzes für die 6 verkehrsreichsten Monate durchschnittlich 3,18 Fluglärmereignisse und östlich des Flugplatzes durchschnittlich 6,01 zu erwarten.

Eine Abweichung gegenüber den Bestimmungen der AzB besteht darin, dass die kartografische Darstellung der Ergebnisse nicht im System ETRS89 in Form von UTM-Koordinaten, sondern in

Form von Gauß-Krüger- Koordinaten, Potsdam Datum, erfolgt. Diese Besonderheit ist darauf zurückzuführen, dass sowohl in Niedersachsen als auch in der Freien Hansestadt Bremen noch keine vollständigen kartografischen Unterlagen (georeferenzierte Rasterkarten und digitales Geländemodell) im System ERTS89 zur Verfügung stehen.

Um einen späteren problemlosen Übergang zum System ETRS89 zu ermöglichen, sind in den als Anlage beigefügten Koordinatenlisten die Koordinaten der Zonenpunkte für die Schutzzonen in beiden Bezugssystemen ausgewiesen. Die entsprechende Koordinatentransformation erfolgte mit dem Programm TRANSDAT von Killetsoft.

Strausberg, 09.10.2009

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

Rüdiger Bartel  
Beratender Ingenieur



## 5. Glossar

- AzB - Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen
- AzD - Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb
- ARP - Aerodrome Reference Point (Flugplatzbezugspunkt)
- DES - Datenerfassungssystem für Fluglärmrechnungen
- FlugLSV - Fluglärmschutzverordnung
- ICAO - International Civil Aviation Organization (Internationale Zivilluftfahrtorganisation)
- LuftVG - Luftverkehrsgesetz
- MTOM - Maximum Take-Off Mass (Maximale Startmasse)
- P<sub>B</sub> - Bahnbezugspunkt
- UBA - Umweltbundesamt

## 6. Verzeichnis der Pläne

Nr.	Bezeichnung	Maßstab	Größe
EDDW-09/09-pl01	Übersichtskarte Lärmschutzbereich	1 : 50 000	1265 x 1041 mm
EDDW-09/09-pl02	Übersichtskarte Tag-Schutzzonen	1 : 50 000	1265 x 1041 mm
EDDW-09/09-pl03	Übersichtskarte Nacht-Schutzzone	1 : 50 000	1265 x 1041 mm
EDDW-09/09-pl04	Tag-Schutzzonen westlicher Teil	1 : 5 000	1265 x 1041 mm
EDDW-09/09-pl05	Tag-Schutzzonen östlicher Teil	1 : 5 000	1025 x 542 mm
EDDW-09/09-pl06	Nacht-Schutzzone westlicher Teil	1 : 5 000	1265 x 1041 mm
EDDW-09/09-pl07	Nacht-Schutzzone westlicher Teil	1 : 5 000	1025 x 542 mm

## 7. Literaturverzeichnis

1. Luftverkehrsgesetz (LuftVG) in der Neufassung vom 10. Mai 2007, BGBl. I, S.698), geändert durch Art. 2 des Gesetzes vom 1. Juni 2007 (BGBl. I S 986)
2. Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2250)
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 27.12.2008
4. Datenerfassungssystem für den Verkehrsflughafen Bremen Prognose 2020  
AVIA Consult August 2009