



**Bericht**

**Überprüfung des Lärmschutzbereiches**

**für den Verkehrsflughafen**

**BREMEN**

Strausberg, 1. Februar 2012



**Auftraggeber: Der Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen  
Zweite Schlachtpforte 3  
28195 Bremen**

**Auftragnehmer: AVIA Consult  
Bartel & Scheiber GbR  
Ingenieurbüro für Flugplatzplanung  
und Fluglärmberatung  
Bahnhofstraße 15  
15344 Strausberg**

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

## Inhalt

	Seite
1. Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2. Methodik der Ermittlung des Lärmschutzbereiches	5
2.1 Bestimmungen des Fluglärmggesetzes zur Festsetzung von Lärmschutzbereichen	5
2.2 Die Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB)	7
3. Flugbetriebsangaben für die Berechnungen	14
4. Ergebnisse der Fluglärmrechnungen	15
5. Zusammenfassung	18
6. Glossar	19
7. Verzeichnis der Pläne	20
8. Quellenverzeichnis	21

## 1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Im September 2010 wurden am Flughafen Bremen die IFR-Abflugrouten in Betriebsrichtung 09 (Ost) dahingehend geändert, dass gegenüber den vorhergehenden Abflugverfahren ein früheres Abkurven bei Flügen in südliche Richtungen erfolgt.

Da diese Veränderung der Flugverfahren Auswirkungen auf die Schutzzonen des im Dezember 2009 festgesetzten Lärmschutzbereiches hat, wurde AVIA Consult von dem Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen der Freien Hansestadt Bremen beauftragt, zu prüfen, ob sich wegen dieser Veränderungen eine Neufestsetzung des Lärmschutzbereiches gemäß § 4 Absatz 5 Fluglärmschutzgesetz erforderlich macht.

Ausgangsdaten für diese Überprüfung sind die Prognose des Luftverkehrs der sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres 2020 aus dem Jahre 2009 [4] und die in Form von QSI-Daten von der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) zur Verfügung gestellten Flugstreckenbeschreibungen der im September 2010 geänderten Abflugstrecken in Betriebsrichtung 09, welche von der Firma OTSD erarbeitet wurden [6]. Die Abflugverfahren in Betriebsrichtung 27 (West) und alle Anflugverfahren bleiben gegenüber dem Stand des Jahres 2009 unverändert.

Auf der Basis dieser Ausgangsangaben ist ein neues Datenerfassungssystem zu erstellen, welches die Grundlage für die Durchführung der vorzunehmenden Fluglärmrechnungen zur Ermittlung der neuen Schutzzonen bildet.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind mit den in der Verordnung über die Festsetzung des Lärmschutzbereichs für den Verkehrsflughafen Bremen vom 08.12.2009 dargestellten Schutzzonen und Koordinatenlisten zu vergleichen. Aus diesem Vergleich ist zu bestimmen, ob sich eine Neufestsetzung des Lärmschutzbereiches erforderlich macht.

Sollte sich eine wesentliche Änderung der Lärmschutzbereiches (2 dB(A) an den Grenzen einer Schutzzone) ergeben, sind zusätzlich die für den Vollzug der 2. Fluglärmschutzverordnung erforderlichen Isophonen zu berechnen und darzustellen.

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

Im Einzelnen wurden für die Ausführung der geforderten Leistungen vom Auftragnehmer folgende Arbeiten durchgeführt:

- (1) Erstellung eines „DES 2011“ (in Papier-, pdf-, und QSI-Format) aus dem vorhandenen „DES 2009“ und den vom Auftraggeber übergebenen, durch die DFS zur Verfügung gestellten Beschreibungen der neuen Abflugstrecken;
- (2) Berechnung des Lärmschutzbereichs (Tag-Schutzzone 1 und 2, Nachtschutzzone) mit Darstellung der Schutzzonen in Karten und Listen gemäß 1. FlugLSV auf der Basis des „DES 2011“;
- (3) Berechnung der Pegeldifferenzen zwischen den jeweils drei Schutzzonen 2009 und 2011 jeweils an den Zonenpunkten, an denen sich aus der Darstellung in Differenzkarten sichtbare Unterschiede der Schutzzonen ergeben;
- (4) Erarbeitung eines Vorschlages zur Entscheidung, ob durch die Flugroutenänderung eine wesentliche Veränderung der Lärmbelastung vorliegt.

Über die Durchführung der Berechnungen ist ein Bericht anzufertigen und mit dem ermittelten Ergebnisse zu übergeben. Dieser Bericht wird hiermit vorgelegt.

## 2. Methodik der Ermittlung des Lärmschutzbereiches

Die Methodik der Berechnung von Schallimmissionen durch Flugverkehr ist in der Anlage zum § 3 des Fluglärmsgesetzes dargestellt. Die grundsätzlichen Bestimmungen zur Ermittlung des Lärmschutzbereiches 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 – 1. FlugLSV)“ geregelt. Die Einzelheiten des Berechnungsverfahrens und der Erfassung der Ausgangsangaben für die Berechnungen sind in der Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) und der Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD) festgelegt, die Bestandteil dieser Verordnung sind.

Aus methodischen Gründen erachtet es der Verfasser für sinnvoll, in kurzer Form auf die Veränderungen im Fluglärmsgesetz und die Bestimmungen der 1. FlugLSV einzugehen.

### 2.1 Bestimmungen des Fluglärmsgesetzes zur Festsetzung von Lärmschutzbereichen

#### a) Schutzzonen gemäß Fluglärmsgesetz

Der im neuen Fluglärmsgesetz 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 Fluglärmsgesetzes und werden zudem noch nach bestehenden Flughäfen/Flugplätzen, neu errichteten bzw. wesentlich baulich erweiterte und nach Militärflugplätzen unterschieden.

Im § 2 des Fluglärmsgesetzes werden nachfolgend genannte Schutzzonen definiert:

#### 1. Werte für neue oder wesentlich baulich erweiterte zivile 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.

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:

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

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	AN-26, JU-52
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
10	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.	A310, Boeing 767

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 2.2.1 schematisch für den zweidimensionalen Fall dargestellt.

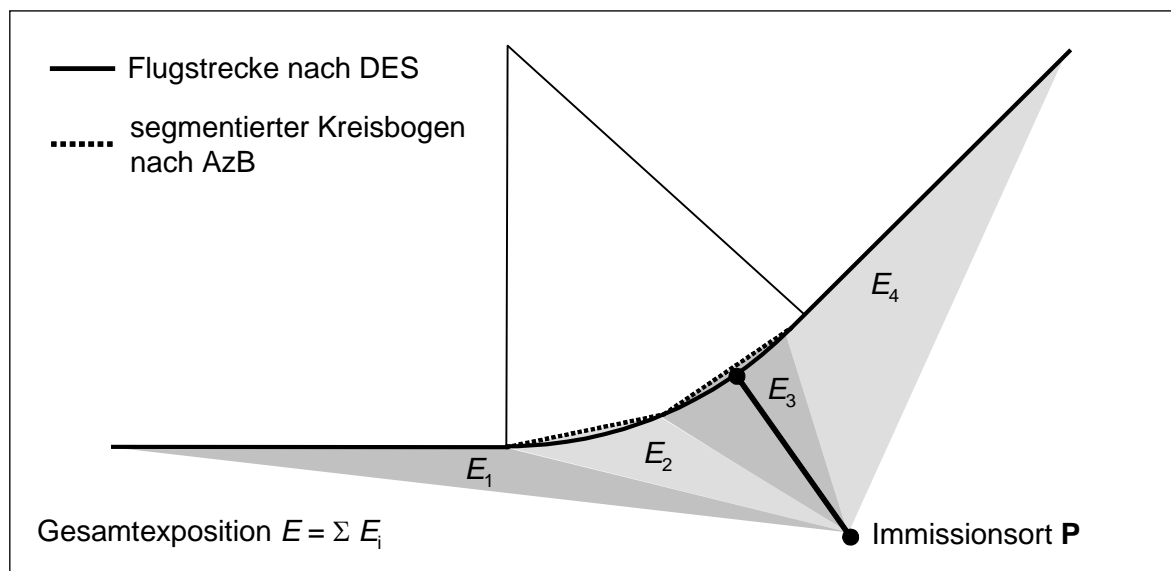


Abbildung 2.2.1 Prinzip der Segmentierung am Beispiel der Zerlegung eines kreisbogenförmigen Flugstreckensegments in zwei lineare Teilsegmente

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)

$\Sigma$  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 Schallexpositionspegel, 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 Punkt-schallquelle aus, für die an jedem Punkt der Bahn die Schalleistung, die Geschwindigkeit sowie die Abstrahlcharakteristik bekannt sind. Die bewegte Punkt-schallquelle 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 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 2.2.2 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 Abbildung 2.2.2 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 Abbildung 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 2.2.3). 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 2.2.3. 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 2.2.3), 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.

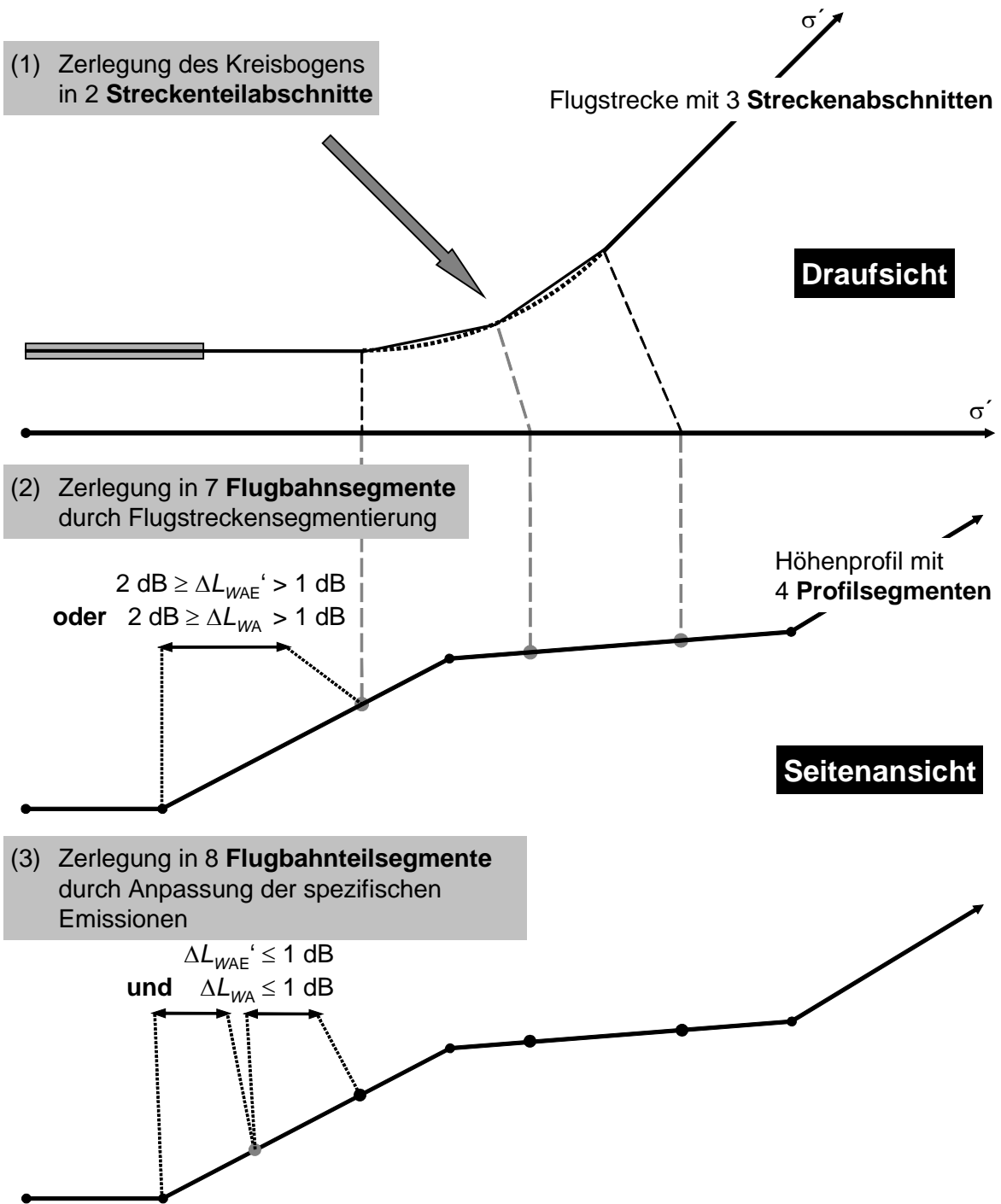


Abbildung 2.2.2 Prinzip des Segmentierungsverfahrens:  $\sigma'$  ist die Bogenlänge der Flugstrecke,  $\Delta L_{WAE}'$  ist Differenz des längenbezogenen Schalleistungsexpositionspegels zwischen zwei Bahnteilsegmenten

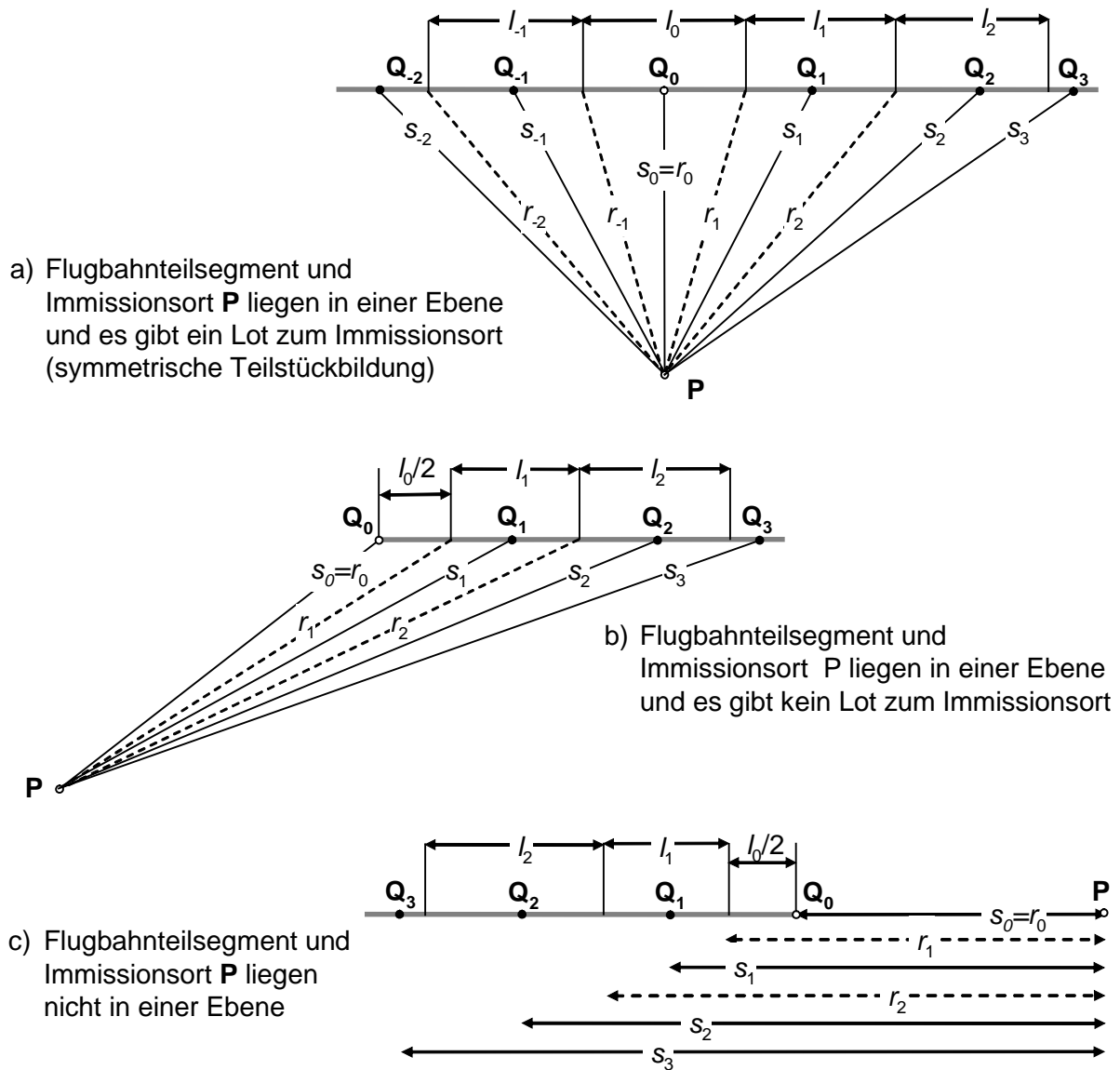


Abbildung 2.2.3 Unterteilung eines Flugbahnteilsegments in Teilstücke der Länge  $l_i$ ;  $r_i$  ist der kleinste Abstand zwischen Teilstück und Immissionsort **P**,  $s_i$  ist der Abstand der das Flugbahnteilsegment repräsentierenden Schallquelle (Darstellung nicht maßstabsgerecht)

### 3. Flugbetriebsangaben für die Berechnungen

Die Flugbetriebsangaben (Flugbewegungszahlen und deren Verteilung auf die Betriebsrichtungen) für die Berechnungen wurden gegenüber dem DES 2009 nicht geändert und sind in allen Einzelheiten auch im vorliegenden DES 2011 enthalten. Es ergeben sich, bedingt durch die Änderungen der Abflugverfahren in Richtung 09, nur geringfügige Veränderungen in der Verteilung der Flugbewegungen auf die betreffenden Abflugstrecken.

Deshalb werden an dieser Stelle nur die den Berechnungen zu Grunde liegenden Flugbewegungszahlen der Luftfahrzeuggruppen für die Prognose des Jahres 2020 in Form einer Übersicht in den nachfolgenden Tabelle 3.1 und 3.2 dargestellt.

Tabelle 3.1 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 3.2 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 der Differenzen zwischen den sich aus den neuen Abflugstrecken in Richtung 09 ergebenden Schutzzonen und denen in der Verordnung über die Festsetzung des Lärmschutzbereiches des Verkehrsflughafens Bremen enthaltenen Schutzzonen wurden entsprechend den Vorgaben des Fluglärmgesetzes für den Tageszeitraum 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr die Fluglärmkonturen des äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{Aeq\ Tag}$  für die Pegelwerte 65 und 60 dB(A) neu berechnet. Für den Nachtzeitraum von 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr wurden der äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{Aeq\ Nacht}$  für den Pegelwerte 55 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) neu berechnet.

Die neu ermittelten Schutzzonen wurden anschließend mit den im Jahre 2009 ermittelten Schutzzonen überlagert. Dabei wurde festgestellt, dass die sich neuen Tag-Schutzzonen nur an ihrem östlichen Ende geringfügig von dem im Jahr 2009 ermittelten Schutzzonen unterscheiden (siehe Plan LSB-EDDW-Prüf\_pl01). Dabei verlängert sich die Tag-Schutzzone 1 ( $L_{Aeq\ Tag} = 65$  dB(A) ) um 55,7 m und die Tag-Schutzzone 2 ( $L_{Aeq\ Tag} = 60$  dB(A) ) um 75,3 m in Richtung Osten.

Bei der neu ermittelten Nacht-Schutzzone ist gegenüber der Nacht-Schutzzone der Verordnung keinerlei Veränderung festzustellen. Dieser Sachverhalt ist auf die Besonderheit der Nacht-Schutzzone des Verkehrsflughafens Bremen zurückzuführen, dass der westliche Teil dieser Zone durch den Wert des äquivalenten Dauerschallpegels und der östliche Teil der Zone durch die Fluglärmereigniszone bestimmt wird. Die Fluglärmereigniszone wird dabei wiederum in größerer Entfernung vom Flughafen nur durch die landenden Flugzeuge bestimmt. 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 bereits 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 Änderung der Nacht-Zone des äquivalenten Dauerschallpegels von  $L_{Aeq\text{ Nacht}} = 55\text{ dB(A)}$  ist auf Grund der geringen Startzahlen in der Nacht in Richtung 09 graphisch auch im Maßstab 1 : 5 000 nicht darstellbar.

Für die Zonenpunkte der Tag-Schutzzonen, bei denen im Plan LSB-EDDW-Prüf-pl01 eine Veränderung der Konturen der Schutzzonen erkennbar ist, wurden die Pegeldifferenzen zwischen den Berechnungen aus dem Jahre 2009 und der Neuberechnung mit den geänderten Abflugverfahren ermittelt. Diese Differenzen sind in den nachfolgenden Tabelle 4.1 und 4.2 dargestellt.

Wie den dargestellten Ergebnisse zu entnehmen ist, beträgt die maximale Pegeldifferenz in der Tag-Schutzzone 1 +0,28 dB(A) und in der Tag-Schutzzone 2 +0,16 dB(A).

Somit liegen die ermittelten maximalen Pegeldifferenzen weit unterhalb des Wertes von 2 dB(A), der im § 4 Absatz 5 Fluglärmschutzgesetz als Grenzwert für eine wesentliche Veränderung festgesetzt wurde.

Tabelle 4.1 Pegelwertdifferenzen an Punkten der Tag-Schutzzone 1

Pkt. Nr.	Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Pegelwert Verordnung [dB(A)]	Pegelwert neu [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
067	TSZ1_P1	3488352	5879566	65,00	65,16	+0,16
068	TSZ1_P2	3488402	5879560	65,00	65,17	+0,17
069	TSZ1_P3	3488452	5879554	65,00	65,16	+0,16
070	TSZ1_P4	3488479	5879550	65,00	65,16	+0,16
071	TSZ1_P5	3488502	5879540	65,00	65,25	+0,25
072	TSZ1_P6	3488552	5879514	65,00	65,28	<b>+0,28</b>
073	TSZ1_P7	3488573	5879500	65,00	65,17	+0,17
074	TSZ1_P8	3488552	5879495	65,00	65,21	+0,21
075	TSZ1_P9	3488502	5879482	65,00	65,25	+0,25
076	TSZ1_P10	3488452	5879469	65,00	65,24	+0,24
077	TSZ1_P11	3488402	5879456	65,00	65,19	+0,19
078	TSZ1_P12	3488381	5879450	65,00	65,14	+0,14
079	TSZ1_P13	3488352	5879445	65,00	65,15	+0,15



Tabelle 4.2 Pegelwertdifferenzen an Punkten der Tag-Schutzzone 2

Pkt. Nr.	Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Pegelwert Verordnung [dB(A)]	Pegelwert neu [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
106	TSZ2_P1	3490302	5879644	60,00	60,10	+0,10
107	TSZ2_P2	3490352	5879634	60,00	60,12	+0,12
108	TSZ2_P3	3490402	5879623	60,00	60,14	+0,14
109	TSZ2_P4	3490452	5879614	60,00	60,13	+0,13
110	TSZ2_P5	3490502	5879604	60,00	60,11	+0,11
111	TSZ2_P6	3490515	5879600	60,00	60,11	+0,11
112	TSZ2_P7	3490502	5879567	60,00	60,16	<b>+0,16</b>
113	TSZ2_P8	3490496	5879550	60,00	60,12	+0,12
114	TSZ2_P9	3490452	5879538	60,00	60,15	+0,15
115	TSZ2_P10	3490402	5879526	60,00	60,16	+0,16
116	TSZ2_P11	3490352	5879512	60,00	60,15	+0,15
117	TSZ2_P12	3490306	5879500	60,00	60,12	+0,12

## 5. Zusammenfassung

Entsprechend der Aufgabenstellung des Auftraggebers wurden die Schutzzonen des Lärmschutzbereiches des Flughafens Bremen sowohl auf der Grundlage des DES 2009 als auch auf der Grundlage des angepassten DES 2011 neu ermittelt.

Dabei wurde festgestellt, dass alle Schutzzonen bis auf einen kleinen Bereich an den Ostgrenzen der Tag-Schutzzonen eine identische Kontur aufweisen.

Die geringfügigen Vergrößerungen der Längsausdehnung der Tag-Schutzzone 1 um 55,7 m und der Tag-Schutzzone 2 um 75,3 m in Richtung Osten und die damit verbundene maximale Zunahme des äquivalenten Dauerschallpegels von 0,28 dB(A) an den Grenzen der Tag-Schutzzone 1 und von 0,16 dB(A) an den Grenzen der Tag-Schutzzone 2 in dem genannten Bereich stellen keine wesentliche Änderung der Fluglärmbelastung dar.

Allerdings ist festzustellen, dass zusätzlich fünf Gebäude zwischen Habenhauser Windmühlenberg und Habenhauser Dorfstraße von der Tag-Schutzzone 2 erfasst werden. Diese liegen aber bereits in der festgesetzten Nachtschutzzone.

**Da die infolge der neuen Abflugverfahren eingetretene maximale Veränderung des äquivalenten Dauerschallpegels an den Grenzen der Tag-Schutzzone 1 mit einem Wert von +0,28 dB(A) den gemäß § 4 Absatz 5 Fluglärmschutzgesetz für eine Neufestsetzung des Lärmschutzbereiches festgesetzten Wert von 2 dB(A) deutlich unterschreitet und an den Grenzen der Fluglärmkontur  $L_{Aeq\ Nacht} = 55$  dB(A) nur Änderungen von weniger als 0,1 dB(A) auftreten, ist eine Neufestsetzung des Lärmschutzbereiches des Flughafens Bremen nicht erforderlich.**

Strausberg, 01.02.2012



Rüdiger Bartel  
Beratender Ingenieur



---

## 6. Glossar

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

## 7. Verzeichnis der Pläne

Nr.	Bezeichnung	Maßstab	Größe
LSB-EDDW-Prüf-pl01	Vergleich der Tag-Schutzzonen und der Nacht-Fluglärmskontur $L_{Aeq} = 55 \text{ dB(A)}$ DES 2009 und DES 2011	1 : 5 000	1267 x 1041 mm
LSB-EDDW-Prüf-pl02	Darstellung der Änderung der IFR-Abflugstrecken in Betriebsrichtung 09	1 : 50 000	1109 x 594mm

## 8. Quellenverzeichnis

- 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 Flughafen Bremen Prognosejahr 2020, AVIA Consult Strausberg, 20.08.2009
- 5 Flughafen Bremen (EDDW) DES-Flugstrecken IFR-Abflüge RWY 09, OTSD Bremen, 24. März 2011
- 6 Datenerfassungssystem Flughafen Bremen DES 2011 Prognosejahr 2020 mit neuen Flugstrecken, AVIA Consult Strausberg, 19.01.2012