

AzB 2008

Das neue Verfahren zur Berechnung von Fluglärm

(ICAN – **I**nstruction for the **C**alculation of **A**ircraft **N**oise)

Wolfgang Probst

DataKustik GmbH Software • Technical Documentation • Training for Immission Protection

Gewerbering 5, D-86926 Greifenberg / germany

Phon: +49(0)8192 / 9 33 08-0 • Fax: +49(0)8192 / 9 33 08-89 • <http://www.datakustik.de> • email: info@datakustik.de

Basisanforderungen an Messgrößen

Lärmwirkungen E

Sie sollen vermieden bzw. begrenzt werden
(Belästigung, Schlafstörung)

Schallmeßgröße L

Damit sie zur Quantifizierung im o.g. Sinne
verwendbar ist, sollte die Funktion $E(L)$ streng
monoton ansteigend sein

Bewährter Kompromiss unter Berücksichtigung
der Umsetzung sowie von Fragen der
Genauigkeit und Präzision:

→ Äquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} in Bezug
auf Belästigung

→ Maximalpegel L_{max} und Häufigkeit in Bezug
auf Schlafstörung (bei Einzelereignissen)

Quellenbeschreibung

Technische Parameter → Emission

Ggfs. Unterteilung → Segmentierung

Ausbreitung

Emission → Immission

Phänomene:

Abstandsabnahme

Luftabsorption

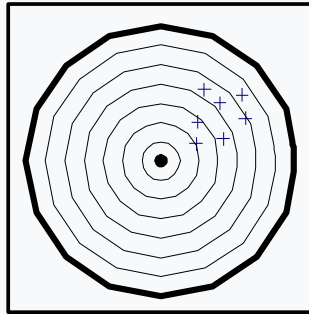
Meteorologie

.....

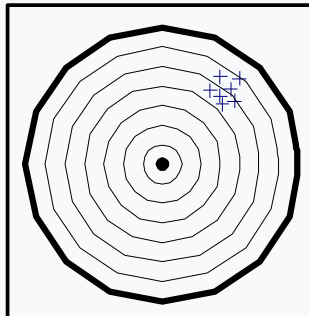
.....

Anforderung:

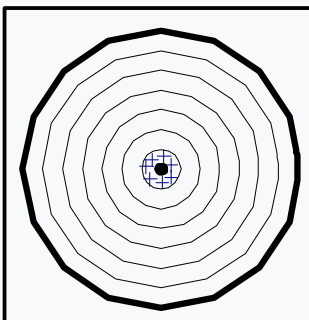
Strikte Trennung und Balance der Beschreibungstiefe im Hinblick auf die erzielbare Genauigkeit



unpräzise
ungenau



präzise
aber
ungenau



präzise
und
genau

Präzision einer Berechnungsrichtlinie:

Streuung der Ergebnisse, wenn sie bei exakt derselben Problemstellung von verschiedenen Gutachtern angewendet wird.

Wichtig vor allem für Verfahren, die in gesetzlich geregelten Bereichen angewendet werden.

Genauigkeit einer Berechnungsrichtlinie:

Abweichung der mit hoher Präzision ermittelten Ergebnisse von dem Wert, der bei „idealer“ Messung erzielt würde. Ideal: wenn Fehler der Messung vernachlässigt werden kann.

Wichtig für gutachtliche Klärungen.

Zur erforderlichen Präzision bei der Berechnung von
Lärmschutzbereichen:

Anforderung an die Lagegenauigkeit: ± 5 m

Pegelabnahme mit Abstand:

$$L = \dots - 20 \cdot \lg\left(\frac{r}{r_0}\right) \dots$$

Pegeländerung pro Längeneinheit:

$$\frac{\partial L}{\partial r} = -\frac{20}{\ln(10)} \cdot \frac{1}{r}$$

→ Je größer der Abstand Schallquelle – Immissionsort, desto weniger ändert sich der Pegel pro Längeneinheit

→ Je größer der Abstand Schallquelle – Immissionsort, desto „genauer“ muss der Pegel bestimmt werden, wenn eine bestimmte Lagegenauigkeit der Isolinie erreicht werden soll

→ Für eine Lagegenauigkeit der Schutzbereichsgrenzen von ± 5 m muss die Berechnungsvorschrift eine Präzision von $\pm 0,001$ dB sicherstellen !!!

Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (Deutschland)

Für neue oder wesentlich erweiterte zivile Flugplätze:

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

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

Nacht-Schutzzone ab 2011: $L_{Aeq,Nacht} = 50 \text{ dB(A)}$
 $L_{Amax} = 6 \text{ mal } 53 \text{ dB(A)}$

Also sollte ein Maxpegel von 53 dB(A) mit einer Lagegenauigkeit von ca. $\pm 5 \text{ m}$ bestimmt werden

Die AzB 2008 verwendet zur Emissionsbeschreibung - nach wie vor – Flugzeuggruppen.

Vorteil gegenüber INM mit typbezogenen Emissionen:

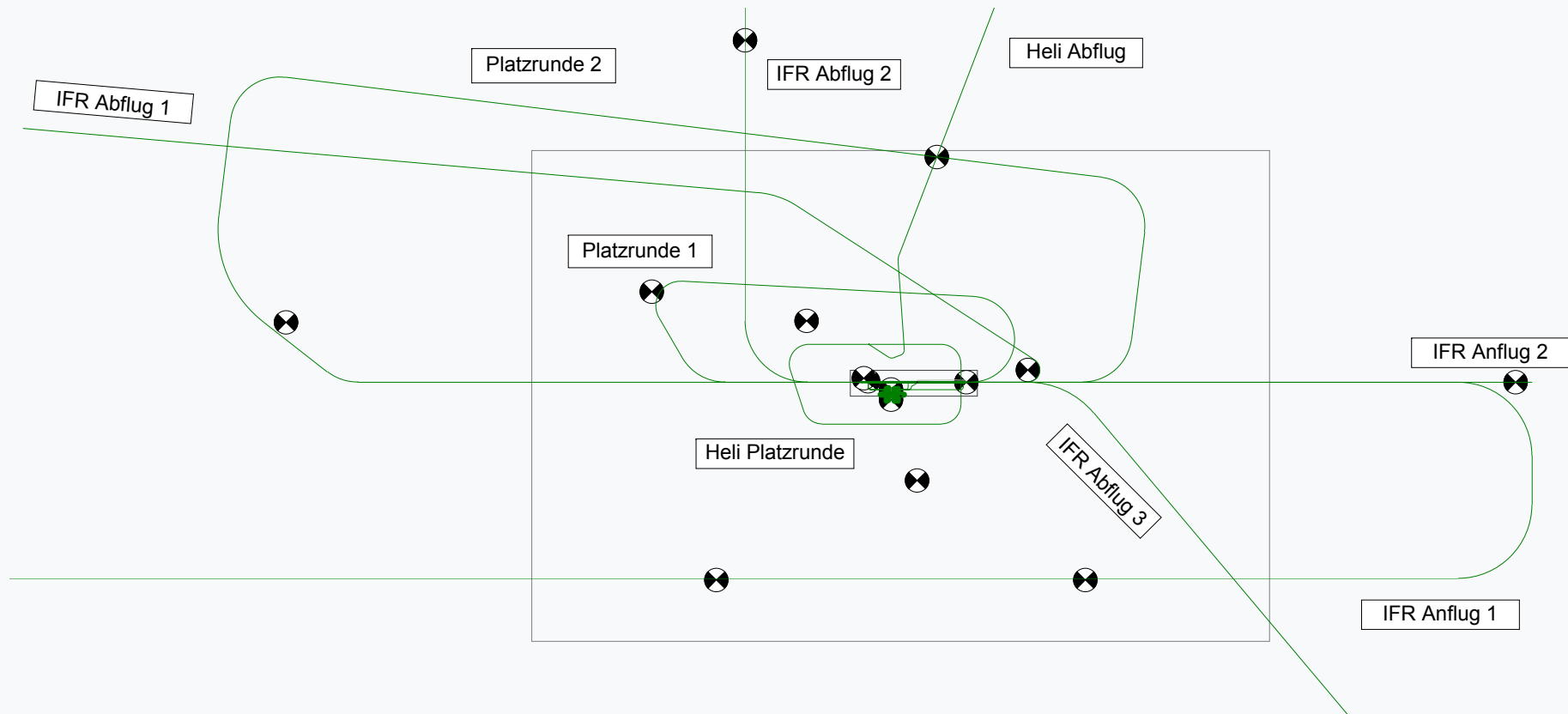
Für die erforderlichen Prognosen bezogen auf 10 Jahre im Voraus wesentlich besser festlegbar.

Wesentliche Neuerungen mit dem Verfahren AzB 2008:

- Qualitätsgesichert nach DIN 45687 (Testaufgabe, Konformitätserklärung)
- Segmentierungsverfahren
- Sigma-Regelung
- Bodenmodell
- Geänderte Emissionsbeschreibung (z.B. Richtwirkung, Zwischenanflug..)
- Rollwege
- APU-Einsätze
- Lärmschutzbereiche aus Leq und NAT

Die Berechnung nach AzB-2008 ist präzise und qualitätsgesichert.

Testflughafen mit den wesentlichen Elementen zur Überprüfung von Software



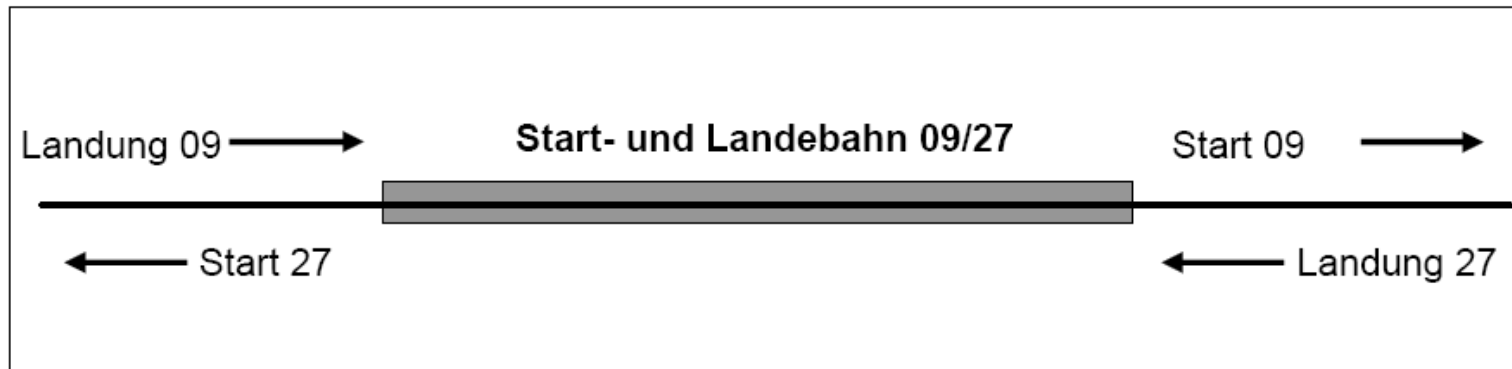
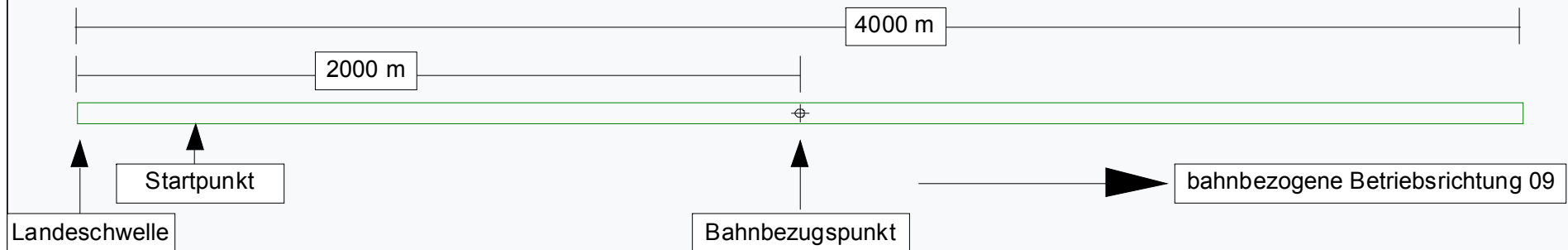


Abbildung 2: Beispiel für bahnbezogene Betriebsrichtungen

Akustisch relevante Definition einer Start/Landebahn:

- Bezugspunktkoordinaten
- Ausrichtung rel. Nord (rechtweisende Richtung)
- Abstand Startpunkt
- Abstand Landeschwelle

Start/Landebahn		[X]	
Typ:	Normal	OK	
Clone von:		Abbruch	
Bezeichnung:	09	←	→
vorhanden/geplant:		Neu	
Rechtweis. Richtung:	90°0'0.000"	Belegung...	
effektive Länge (m):	4000.00	Statistik...	
Bahnbezugspunkt (Gauß-Krüger):		Hilfe	
Rechtswert X:	666.66		
Hochwert Y:	556.67		
Abstand vom Bahnbezugspunkt:			
Startpunkt:	1913.50		
Landeschwelle:	2000.00		
Abstand Landeschwelle/Dichteknickpunkt:			
SigmaS - SigmaA:	1500.00		



Quellen: Flugzeuggruppen

Gruppen

Gruppe - Emissionsbeschreibung

Bezeichnung
P1.0
P1.1
P1.2
P1.3
P1.4
P2.1
P2.2
S1.0
S1.1
S1.2
S1.3
S2
S3.1a)
S3.1b)
S3.2a)
S3.2b)
S4
S5.1
S5.2
S5.3

Flugzeuggruppe

Bez.: S5.1 Art: Start

Oktavpegel O_n (dB) für die Bezugsentfernung s_0 (m): 300

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	78.0	81.5	79.5	78.0	75.0	72.0	69.0	59.5

Richtungsfaktor R_n :

R_n	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
R_{n1}	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
R_{n2}	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
R_{n3}	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Kenngrößen: Variable X =

Bogenlänge s' (m)	Zusatzpegel Z (dB)	Geschwindigkeit V (m/s)	Flughöhe H (m)
0	0	15	0
1100	0	75	0
5100	0	75	
5600		75	460
6100	-1		
10400	-1	110	650
15000	-1	135	1000

LWA = 142.6 dB

Schallpegelab...

s (m)	lg(s)	La (dBA)	E
31.6	1.50	102.386	
35.5	1.55	101.339	
39.8	1.60	100.286	
44.7	1.65	99.227	
50.1	1.70	98.163	
56.2	1.75	97.091	
63.1	1.80	96.012	
70.8	1.85	94.925	
79.4	1.90	93.829	
89.1	1.95	92.724	
100.0	2.00	91.609	
112.2	2.05	90.483	
125.9	2.10	89.347	
141.3	2.15	88.199	
158.5	2.20	87.039	

Steigprofil

Definition der Luftfahrzeuggruppen

Luftfahrzeuggruppe	Definition
P 1.0	Ultraleichtflugzeuge
P 1.1	Motorsegler
P 1.2	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (Maximum Take-Off Mass, MTOM) bis 2 t oder Motorsegler beim Segelflugzeugschlepp
P 1.3	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 2 t
P 1.4	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 2 bis 5,7 t
P 2.1	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t
P 2.2	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t, die nicht der Luftfahrzeuggruppe P 2.1 zugeordnet werden können.

Definition der Luftfahrzeuggruppen

Luftfahrzeuggruppe	Definition
S 1.0	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 34 t,
S 1.1	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 34 t bis 100 t, (ohne die Luftfahrzeugmuster Boeing 737 und Boeing 727).
S 1.2	Luftfahrzeuge des Luftfahrzeugmusters Boeing 737
S 1.3	Luftfahrzeuge des Luftfahrzeugmusters Boeing 727
S 2	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 100 t
S 3.1	Strahlflugzeuge mit zwei oder drei Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 100 t a) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 3.1, deren aktuelle Startmasse bis 85 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt. b) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 3.1, deren aktuelle Startmasse mehr als 85 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt. a/b) Landungen mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 3.1
S 3.2	Strahlflugzeuge mit vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 100 t, a) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 3.2, deren aktuelle Startmasse bis 85 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt. b) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 3.2, deren aktuelle Startmasse mehr als 85 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt a/b) Landungen mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 3.2

Definition der Luftfahrzeuggruppen

Luftfahrzeuggruppe	Definition
S 4	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 100 t
S 5.1	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 50 t
S 5.2	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 50 t bis 120 t und einem Triebwerks-Nebenstromverhältnis größer als 3
S 5.3	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 50 t bis 120 t und einem Triebwerks-Nebenstromverhältnis bis 3
S 6.1	Strahlflugzeuge mit zwei Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 120 t
S 6.2	Strahlflugzeuge mit drei oder vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 120 t bis 300 t. Das Luftfahrzeugmuster Airbus A340 ist von dieser Gruppe ausgenommen, da es in der Gruppe S 6.3 gesondert erfasst wird. 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
S 6.3	Luftfahrzeuge des Luftfahrzeugmusters Airbus A340

Definition der Luftfahrzeuggruppen

Luftfahrzeuggruppe	Definition
S 7	<p>Strahlflugzeuge mit drei oder vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 300 t bis 500 t</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>
S 8	<p>Strahlflugzeuge mit vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 500t.</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>

Definition der Luftfahrzeuggruppen

Luftfahrzeuggruppe	Definition
P-MIL 1	militärische Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 5,7 t
P-MIL 2	militärische Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t
S-MIL 1	E-3 AWACS (Airborne Warning and Control System), E-8 Joint Stars, C-135F, KC-135, RC-135
S-MIL 2	F-4 Phantom
S-MIL 3	Tornado
S-MIL 4	F-15, F-16
S-MIL 5	A-10/OA-10 Thunderbolt II
S-MIL 6	Eurofighter

Definition der Luftfahrzeuggruppen

Luftfahrzeug- gruppe	Definition
H 1.0	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 1,0 t.
H 1.1	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 1,0 t bis 3,0 t.
H 1.2	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 3,0 t bis 5,0 t.
H 2.1	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,0 t bis 10,0 t.
H 2.2	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 10,0 t.

Flugzeuggruppe [X]

Bez.: S5.2 [Globe] Art: Start [v]

OK

Oktavpegel On (dB) für die Bezugsentfernung s0 [v] s0 (m): 300

63 125 250 500 1000 2000 4000 8000

86.0 89.5 87.5 86.0 83.0 80.0 77.0 67.5

Richtungsfaktor Rn:

Rn 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0

Rn1 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0

Rn2 -1.0 -1.0 -1.0 -1.0 -1.0 -1.0 -1.0 -1.0

Rn3 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0

Kenngößen: Variable X = [v]

Bogenlänge s' (m)	Zusatzpegel Z (dB)	Geschwindigkeit V (m/s)	Flughöhe H (m)
0	0	15	0
1900	0	80	0
4100	0	80	
4600		80	460
5100	-3		
9000	-3	115	690
15300	-3	135	1200

Anstiege:

dZ/ds: [0]

dV/ds: [0]

dH/ds: [0.113]

Zusatzpegel für Horizontalflugteil bei Platzrunden (dB): [3.0] PROP

Parameter für Geräuschdauer: a: [5.0] b (s): [12.0] MIL

Verwende La,E-Tabelle nur bis Zeile: [0] HELI

Quellhöhe über Piste hq (m): [1.40]

Standardabweichung der Emission Qq (dB): [3.0]

Länge der Verzögerungsstrecke sv (m): [900.00]

APU-Klasse: [APU 1] [v]

Zusatzpegel 1-4 für Probeläufe (dB): [0.0] [0.0] [0.0] [0.0]

Default-Gleitwinkel wDef (°): [0.0]

Default-Steigwinkel alfaDef (°): [0.0]

Abbruch

[->] [<-]

Tabelle...

Hilfe

Optionen>>

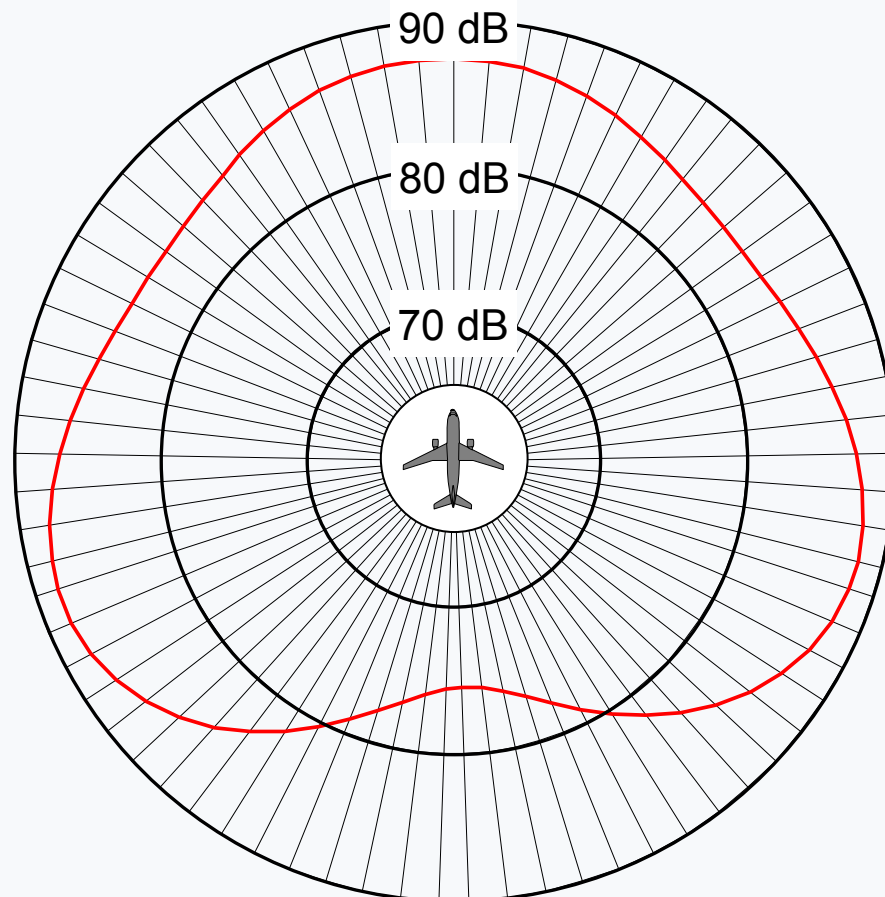
Neue Elemente der Definition:

Drei Richtungsfaktoren Rn1, Rn2 und Rn3 pro Oktavband

APU-Klasse ist flugzeuggruppenspezifisch festgelegt (LWA 122 und 127)

Evtl. Defaultwerte für Steigwinkel und Gleitwinkel

Longitudinal Directivity (AzB)



Directional diagram [$L_{pA}(\theta)$]:

- **S5.2 Departure**

- $a_1, a_2, a_3: \{+1, -1, +1\}$

- **Distance: 300 m**

$$D_{I,n}^*(\theta) = 3 \cdot [a_1 \cdot \cos(\theta) + a_2 \cdot \cos(2\theta) + a_3 \cdot \cos(3\theta)]$$

Flugzeuggruppe Landung (Beschreibung bis Abrollpunkt):



Rn3

Kenngrößen: Variable X =

Bogenlänge s' (m)	Zusatzpegel Z (dB)	Geschwindigkeit V (m/s)	Flughöhe H (m)
-300 - sv	-10	15	0
-400	5	60	0
-300	0	65	0
7400	0	65	
x	-1	108	h0
x + sz	-1	108	h0

Anstiege:
 dZ/ds:
 dV/ds:
 dH/ds:

Zusatzpegel für Horizontalflugteil bei Platzrunden (dB): PROP

Parameter für Geräuschkdauer: a: b (s): MIL

Verwende La,E-Tabelle nur bis Zeile: HELI

Quellhöhe über Piste hq (m):

Standardabweichung der Emission Qq (dB):

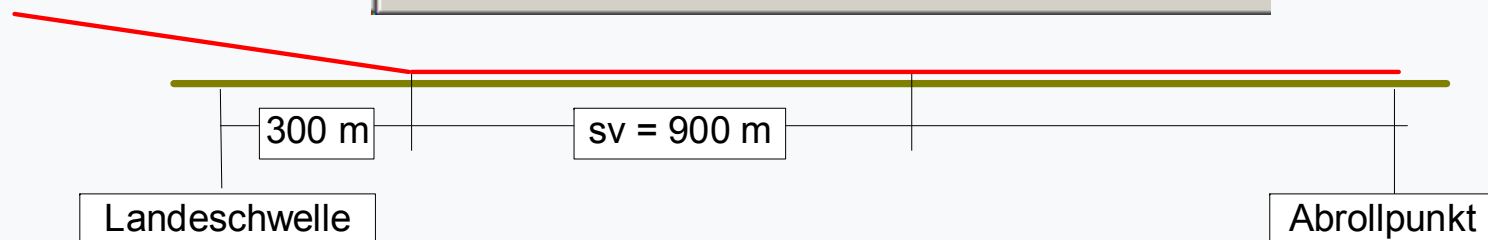
Länge der Verzögerungsstrecke sv (m):

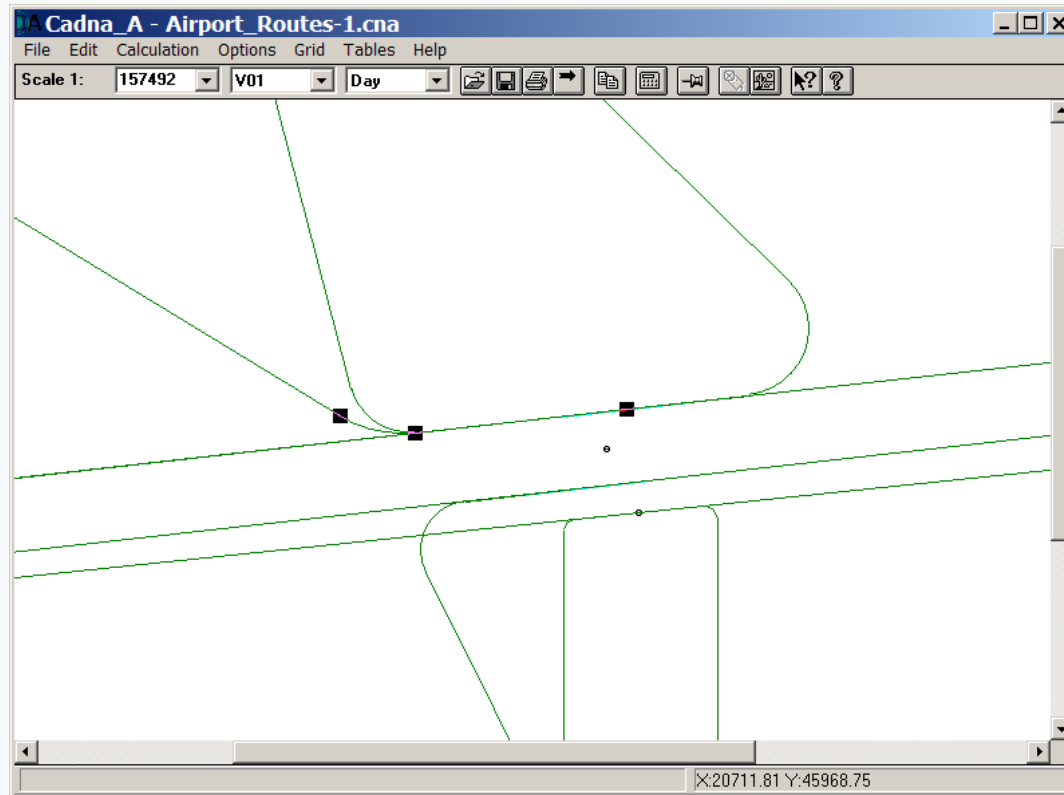
APU-Klasse:

Zusatzpegel 1-4 für Probeläufe (dB):

Default-Gleitwinkel wDef (°):

Default-Steigwinkel alfaDef (°):





Geometrie der Flugstrecke wie bisher aus Strecken und Kreisbögen.

Flugstreckendefinition wie bisher:



Flugstrecke

Bez.: IFR-Abflug 3

ID: S3

Flugplatz: EDXX

Art: Start

Start/Landebahn: 09

Flughöhe h0 (m): 0.00

Gleitwinkel w (°): 0.00

Steigwinkel alfa (°): 0.00

Zwischenanflug Sz (m): 0.00

Einfädelungsbereich
 Beginn: 0.00 Ende: 0.00

Flugzeuggruppe	Anzahl An/Abflüge		
	Tag	Abend	Nacht
S-MIL3	90.00	0.00	45.00

OK
Abbruch
← →
Geometrie...
Hilfe

Belegung (%):
 D: 100.000
 E: 100.000
 N: 100.000

Gesamt: D: 90.00 E: 0.00 N: 45.00


Geometrie:
 (Gezählt von Startpunkt bei Abflug bzw. ab Landeschwelle bei Anflug)

Flugstrecke: Geometrie

Geradeaus (m)	Kurve		Korridorbreite am Ende (m)	Höhe (MIL) am Ende (m)		Hover
	L/R	Winkel (°)		Radius (m)		
2000.00				0.00	45.00	
2500.00				500.00	170.00	
	R	50.00	3500.00	1500.00	580.00	
44600.00				16000.00	930.00	

OK
Abbruch
Auffüllen
Hilfe
Anwenden

Flugzeuggruppe

Bez.:  Art:

OK

Abbruch

← →

Tabelle...

Hilfe

Optionen>>

Oktavpegel O_n (dB) für die Bezugsentfernung s_0 s_0 (m):

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
68.0	76.0	74.0	75.0	72.5	69.5	70.0	56.5

Richtungsfaktor R_n :

R_n	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
R_{n1}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
R_{n2}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
R_{n3}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Kenngrößen: Variable X =

Bogenlänge s' (m)	Zusatzpegel Z (dB)	Geschwindigkeit V (m/s)	Flughöhe H (m)
-300 - s_v	-10	15	0
-400	5	60	0
-300	0	65	0
7400	0	75	
x	-1	108	h_0
x + s_z	-1	108	h_0


Anstiege:


dZ/ds :

dV/ds :

dH/ds :

Flugstrecke

Bez.: 

ID: 

Flugzeuggruppe	Tag
S5.2	14400

Flugplatz:

Art:

Start/Landebahn:

Flughöhe h_0 (m):

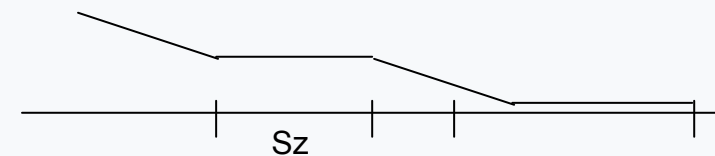
Gleitwinkel w (°):

Steigwinkel α (°):

Zwischenanflug S_z (m):

Einfädelungsbereich

Beginn: Ende: Gesamt: D: 14400.00



Länge der Verzögerungsstrecke S_v ist in der Flugzeuggruppe festgelegt

Länge des Zwischenanflugs S_z ist in der Flugstrecke festgelegt

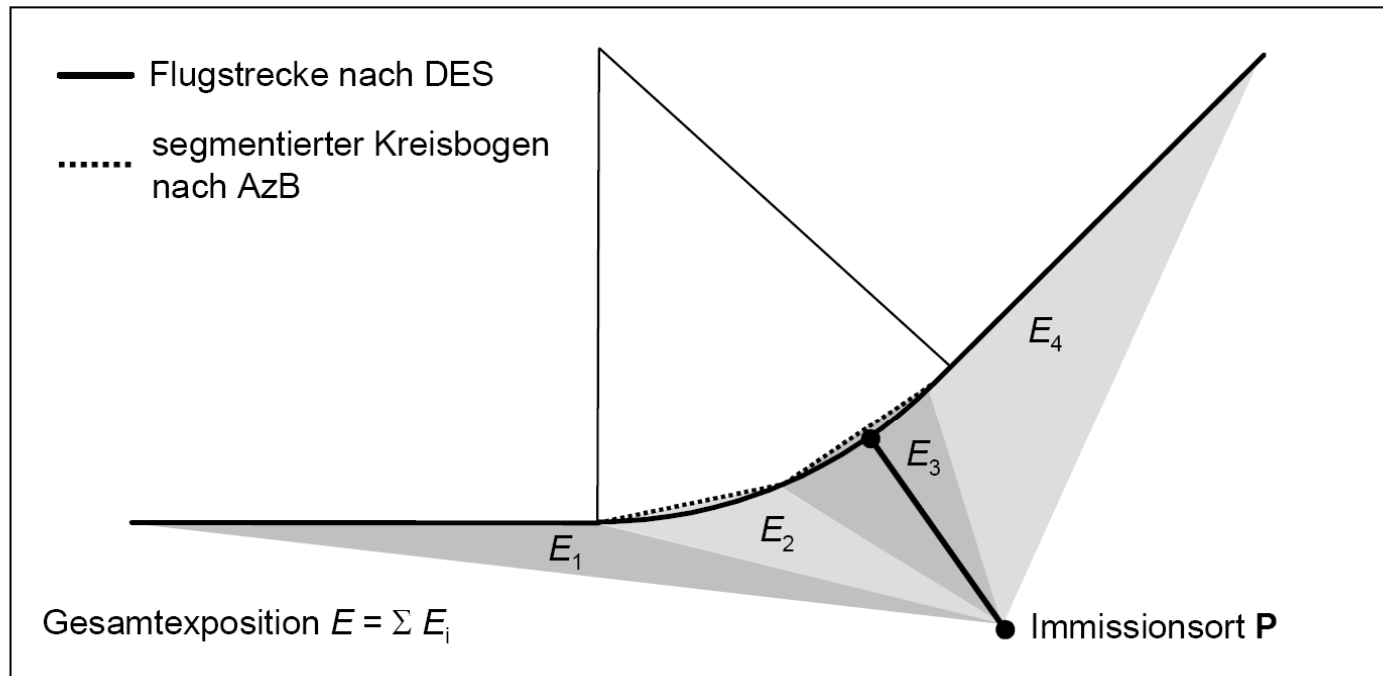


Abbildung 1: Prinzip der Segmentierung am Beispiel der Zerlegung eines kreisbogenförmigen Flugstreckensegments in zwei lineare Teilsegmente

Flugstrecken nunmehr segmentiert wie Straßen, Schienen und andere Linienquellen

Emission von Folgesegmenten darf sich max. 1 dB unterscheiden, max. Länge 100 m bzw. 15°

Konfigurationsparameter für AzB08:

Berechnungskonfiguration [?] [X]

Reflexion	Industrie	Straße	Schiene	Fluglärm	Bplan
Land	Allgemein	Aufteilung	Bezugszeit	Zielgrößen	DGM
Land:	[benutzerdefiniert] [Konfiguration öffnen...]				
Normen / Richtlinien:	[Konfiguration speichern...]				
Industrie:	[ISO 9613]				
Straße:	[RLS-90]				
Schiene:	[Schall 03]				
Fluglärm:	[AzB 08] <ul style="list-style-type: none"> AzB 75 AzB 08 ECAC Doc.29 DIN 45684 ÖAL 24 				

[OK] [Abbrechen] [Hilfe]

Berechnungskonfiguration [?] [X]

Land	Allgemein	Aufteilung	Bezugszeit	Zielgrößen	DGM	Bodenabs.
Reflexion	Industrie	Straße	Schiene	Fluglärm	Bplan	
<input checked="" type="checkbox"/> Streng nach AzB 08						
Segmentierung:			<input type="checkbox"/> Maximalpegelstatistik			
Rasterfaktor:			[0.10]	von Pegel (dB): [50.0]		
<input checked="" type="checkbox"/> max. Pegeldiff (dB):			[1.0]	bis Pegel (dB): [150.0]		
Aufteilung von Kreisbögen:			<input type="checkbox"/> Berechne Anzahl Überschreitungen			
<input checked="" type="checkbox"/> max. Winkel (*):			[15]	Schwellenwert (dB): [68]		
<input checked="" type="checkbox"/> max. Segmentl. (m):			[100.00]			
<input type="checkbox"/> max. Abweichung (m):			[3.00]			
Bezugszeitraum T (s):			[15552000]			
<input type="checkbox"/> Verwende Bezugszeiten D/E/N = 12/4/8 (siehe Bez.Zeit-Karte)						

[OK] [Abbrechen] [Hilfe]

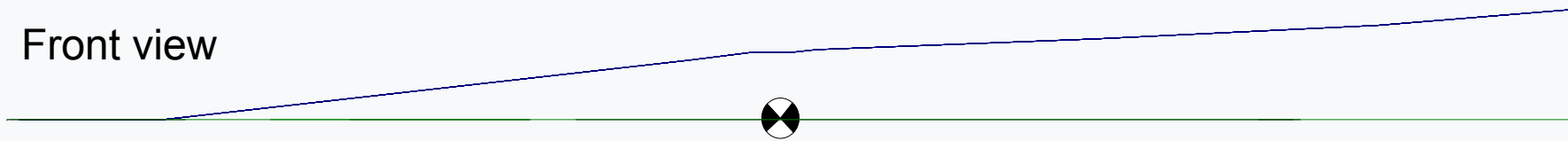
Air Route: Geometry

Straight (m)	Turn			Corridor Width at End (m)	Height (MIL) at End (m)	Hover
	L/R	Angle (°)	Radius (m)			
4000.00				0.00	0.00	
6000.00				1000.00	0.00	

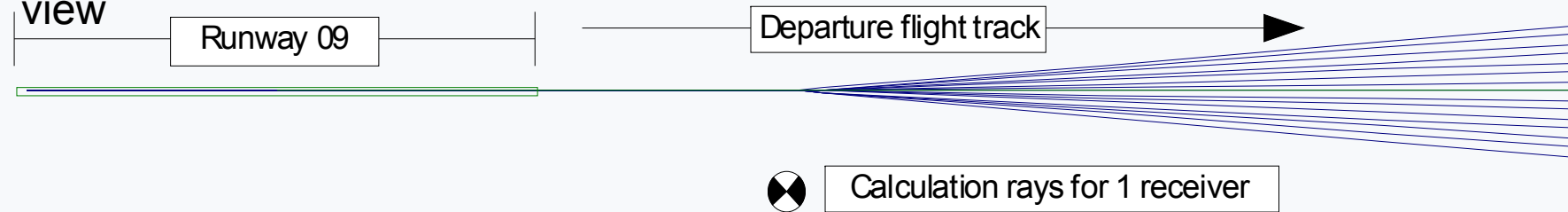
Buttons: OK, Cancel, Fill, Help

Definition of corridor

Front view



Top view



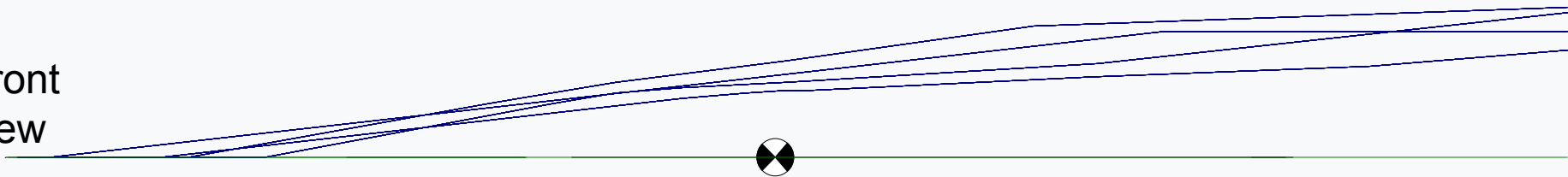
15 virtual flight tracks simulate horizontal normal distribution

Departure of P1.3, S2, S5.1 and S6.1

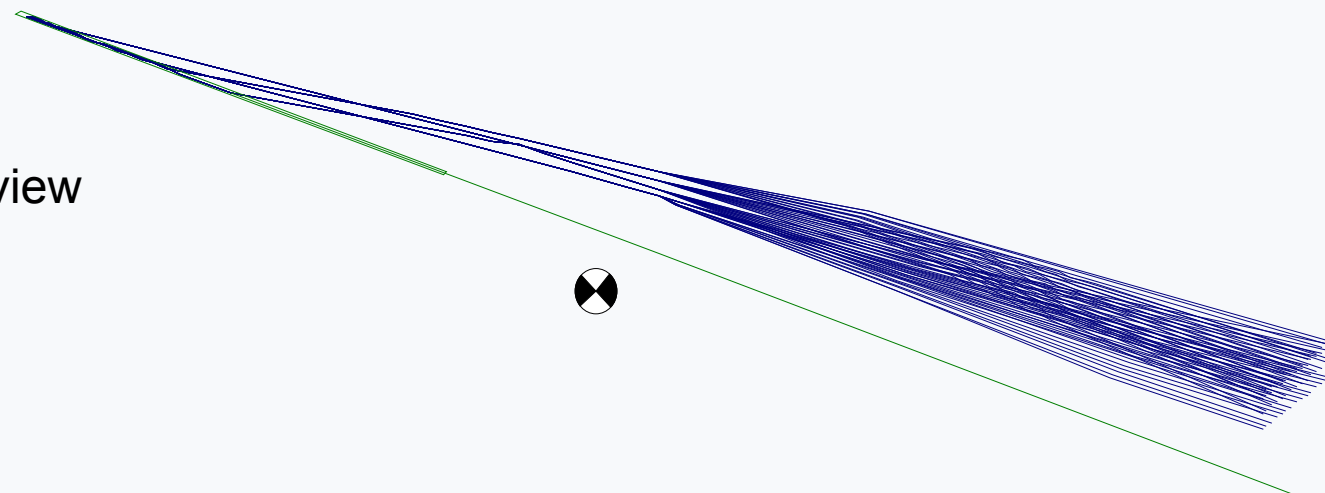
Aircraft Track					
Name:	Departure_01				OK
<input checked="" type="checkbox"/> ID:	S_01				Cancel
Airport:	EDXX				←
Type:	Departure				→
		Geometry...			
Aircraft group	Number App/Dep				
	Day	Evening	Night		
P1.3	100.00	0.00	0.00		
S2	150.00	0.00	34.00		
S5.1	180.00	0.00	6.00		
S6.1	100.00	0.00	0.00		

1 flight track 10 km !

Front view



Isometric view



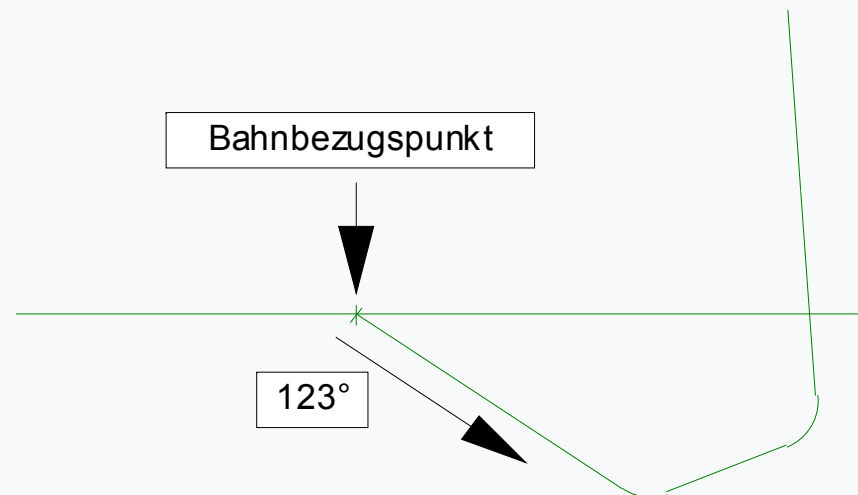
Segmentation, vertical and horizontal spread: 4300 calculations for one receiver

Hubschrauber S/L-Bahn:

- Bezugspunkt
- Winkel (rechtweisende Richtung)

Start/Landebahn [X]

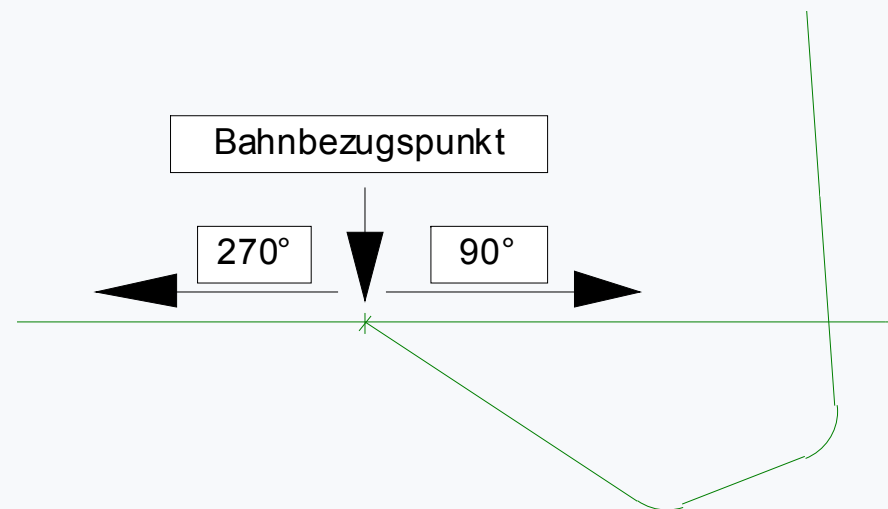
Typ:	Helikopter	OK	
Clone von:		Abbruch	
Bezeichnung:	H123	←	→
vorhanden/geplant:		Neu	
Rechtweis. Richtung:	123°0'0.000"	Belegung...	
effektive Länge (m):	0.00	Statistik...	
Bahnbezugspunkt (Gauß-Krüger):		Hilfe	
Rechtswert X:	-1296.67		
Hochwert Y:	2101.66		
Abstand vom Bahnbezugspunkt:			
Startpunkt:	0.00		
Landeschwelle:	0.00		
Abstand Landeschwelle/Dichteknickpunkt			
SigmaS - SigmaA:	1500.00		



In CadnaA:

Start und Landung in Flugrichtung eingeben
(Landung auf Bahn H123 kommt aus
Richtung 303°)

Start/Landebahn		[X]	
Typ:	Helikopter	OK	
Clone von:		Abbruch	
Bezeichnung:	H270-90	<--	-->
vorhanden/geplant:		Neu	
Rechtweis. Richtung:	90°0'0.000"	Belegung...	
effektive Länge (m):	0.00	Statistik...	
Bahnbezugspunkt (Gauß-Krüger):		Hilfe	
Rechtswert X:	-1296.67		
Hochwert Y:	2101.66		
Abstand vom Bahnbezugspunkt:			
Startpunkt:	0.00		
Landeschwelle:	0.00		
Abstand Landeschwelle/Dichteknickpunkt			
SigmaS - SigmaA:	1500.00		





Achtung:


Der Bahnwinkel – hier 90° - beschreibt in CadnaA die Abflugrichtung.


Eine Landestrecke (auch von einer Platzrunde) für diese Bahn wird geometrisch in die Gegenrichtung fortschreitend beschrieben.


Flugstrecke

Bez.: 

ID: 

Flugplatz: 

Art: 

Start/Landebahn: 

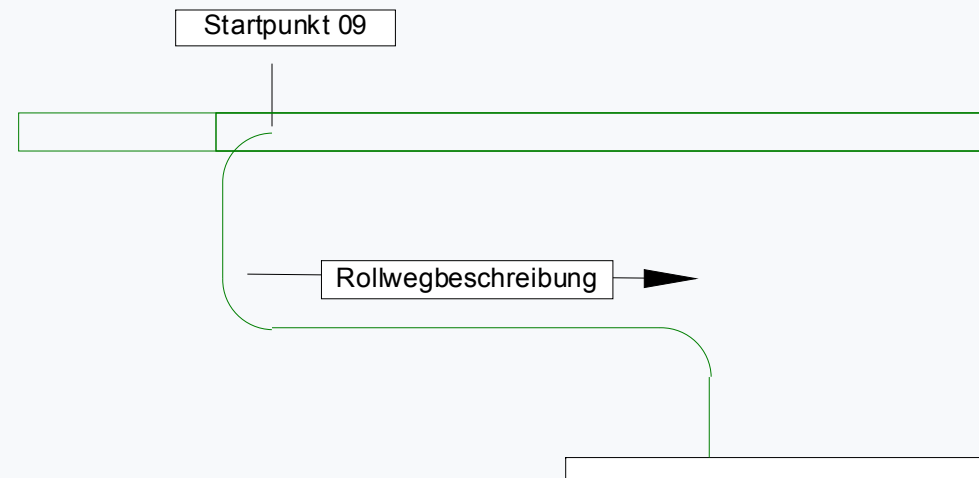
Flugzeuggruppe	Anzahl An/Abflüge		
	Tag	Abend	Nacht
S5.2	14400.00	0.00	7200.00

OK
Abbruch
← →
Geometrie...
Hilfe

Flugstrecke: Geometrie

Geradeaus (m)	Kurve			Korridorbreite am Ende (m)	Höhe (MIL) am Ende (m)	Hover
	L/R	Winkel (°)	Radius (m)			
150.00	L	90.00	75.00	0.00	0.00	
593.00	L	90.00	75.00	0.00	0.00	
125.00	R	90.00	75.00	0.00	0.00	

OK
Abbruch
Auffüllen
Hilfe
Anwenden



APU-Einsatz [X]

Bez.: [i]

ID: [t]

Flugplatz: [v]

Art: [v]

Rollstrecke: [v]

Abweichende Geometrie:

Rechtswert X:

Hochwert Y:

Richtungsvektor

X:

Y:

Z:

Abweichende Flugzeuggruppenliste:

Flugzeuggruppe	Anzahl APU-Einsätze			Laufz
	Tag	Abend	Nacht	
S5.2	14400.00	0.00	7200.00	
S-MIL3	90.00	0.00	45.00	

Gesamt: D: 14490.00 E: 0.00 N: 7245.00

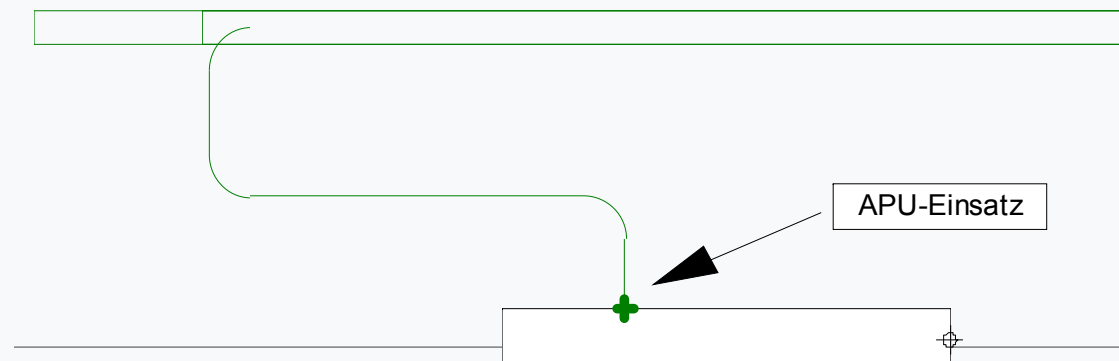
Belegung (%):

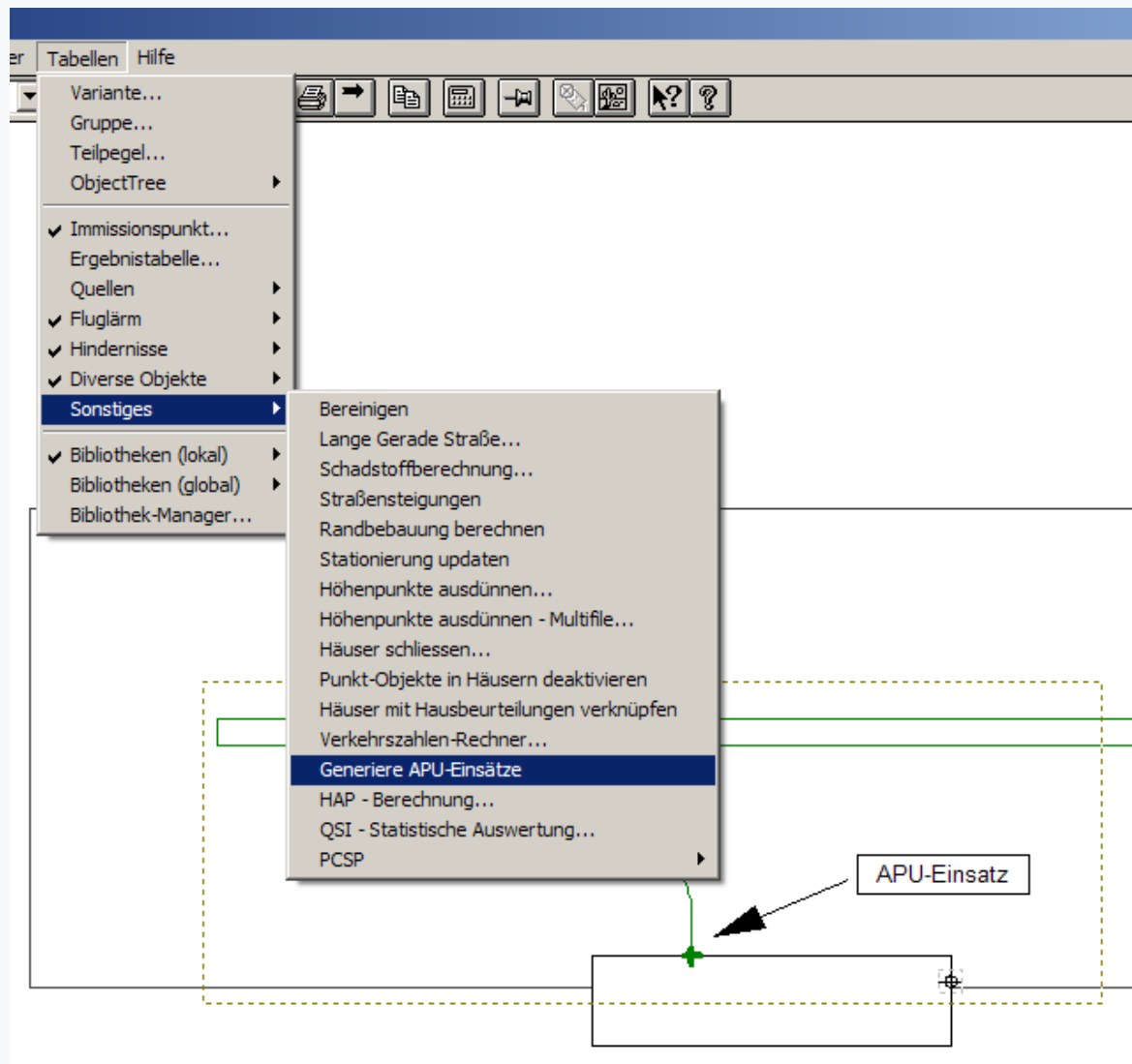
D:

E:

N:

Buttons: OK, Abbruch, <--, -->, Hilfe

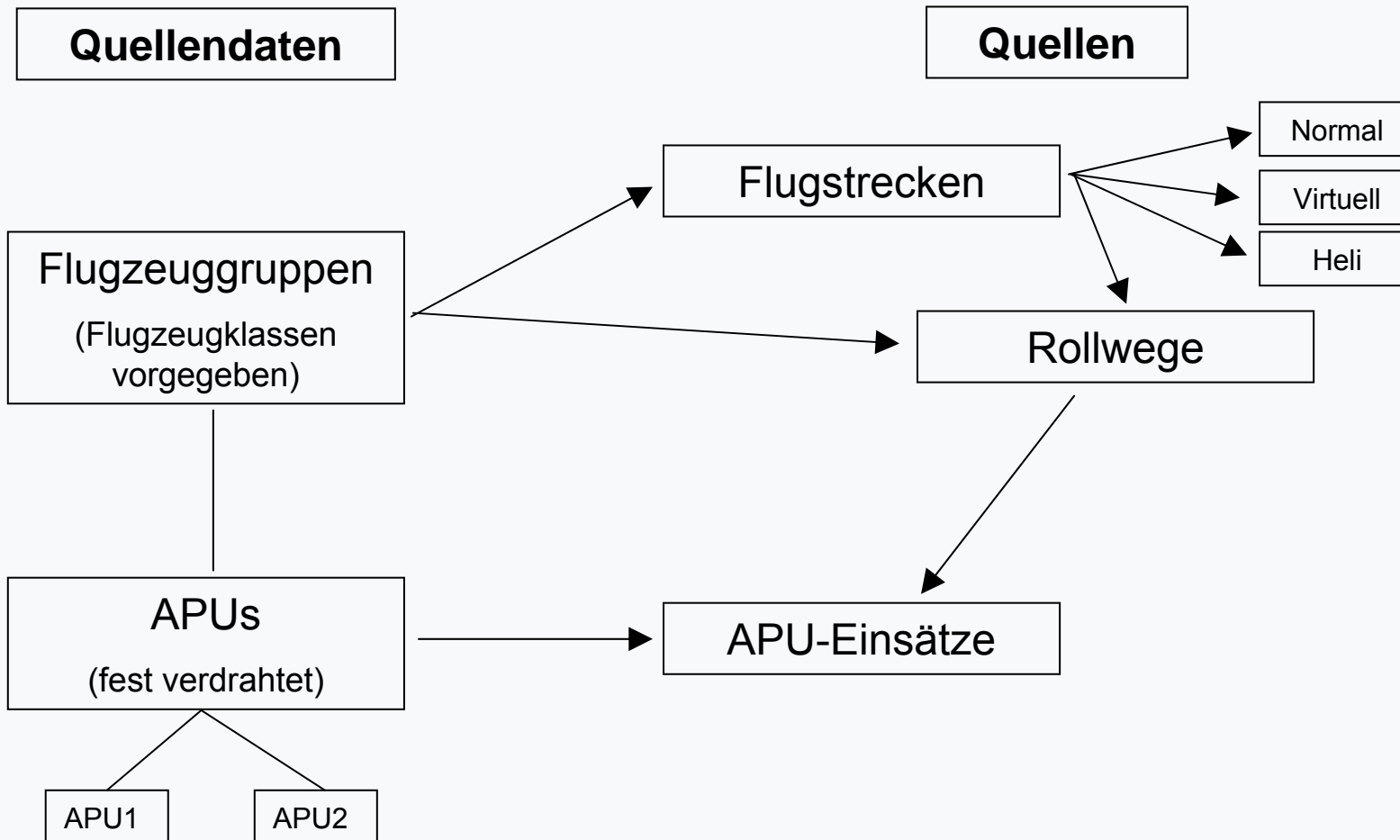




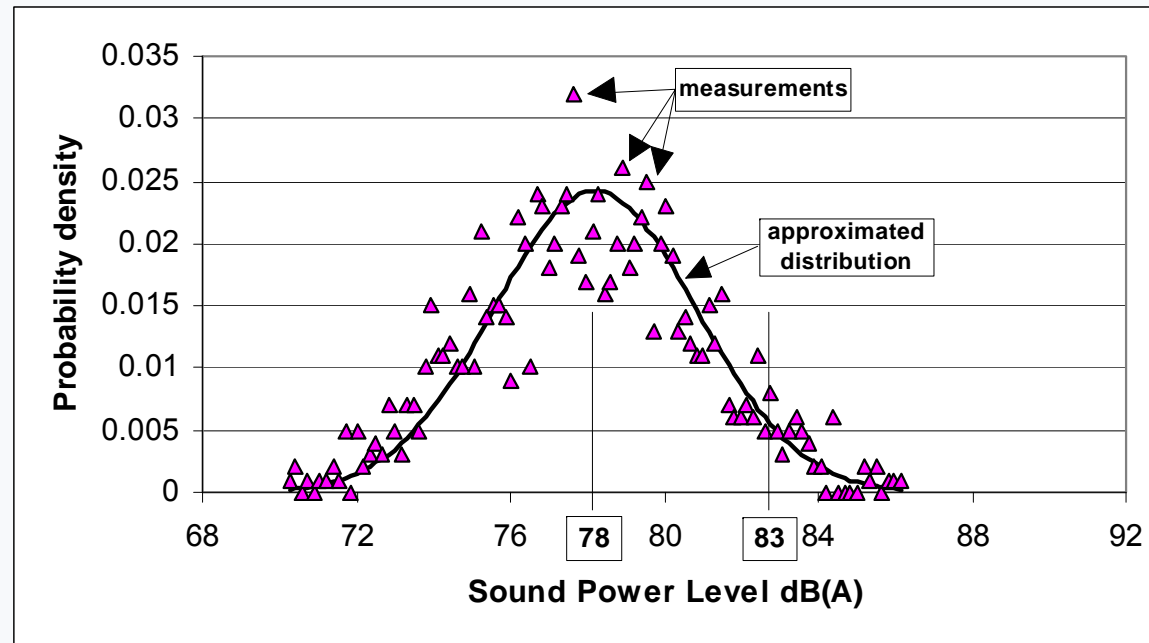
Erzeugt automatisch an jedem Rollwegende einen APU-Einsatz.

Flugzeugmix entsprechend Rollwegbelegung.

APU-Klasse aus den Flugzeuggruppen.



Sigma-Regelung (Statistik)



Zu dem für das Prognosejahr berechneten Pegel L und zur Überschreitungshäufigkeit NAT wird ein Zuschlag K addiert, um die jährlich variierenden Bewegungen auf den bahnbezogenen Betriebsrichtungen zu berücksichtigen

$$L_{pAeq} = L'_{pAeq} + 3 \cdot K_{\sigma, Leq}$$

Die Verteilung der Flugbewegungen auf die verschiedenen bahnbezogenen Betriebsrichtungen hängt neben möglichen Flugbetriebsbeschränkungen vor allem von der Windrichtung ab. Daher variiert die Verteilung der Flugbewegungen auf die bahnbezogenen Betriebsrichtungen.

Bezogen auf die Ermittlung von Lärmkonturen für ein prognostiziertes Bezugsjahr heißt dies, dass man zwar für das Prognosejahr ein langjähriges Mittel der Bahnnutzungsverteilung zu Grunde legen kann, dass die auf dieser Basis ermittelte Lärmbelastung aber jährlichen Schwankungen unterliegt. Es werden deshalb auf der Grundlage einer statistischen Auswertung der langjährigen Verteilung der bahnbezogenen Betriebsrichtungen während der Beurteilungszeiten Tag und Nacht für jeden Immissionsort Zuschläge $K_{\sigma, \text{Leq, Tag}}$ und $K_{\sigma, \text{Leq, Nacht}}$ zum äquivalenten Dauerschallpegel und $K_{\sigma, \text{NAT}}$ zur Überschreitungshäufigkeit ermittelt.

Dazu wird zunächst für einen Zeitraum von zehn Jahren die Verteilung der Flugbewegungen auf die verschiedenen bahnbezogenen Betriebsrichtungen innerhalb der Tages- und Nachtzeit bestimmt. Der Bewegungsanteil $\alpha_{i,j, \text{Tr}}$ für die Bahnnutzungsrichtung i im Jahr j ergibt sich als

$$\alpha_{i,j,T_r} = \frac{N_{i,j,T_r}}{N_{j,T_r}} \quad \text{mit} \quad \sum_{i=1}^{BB} \alpha_{i,j,T_r} = 1 \quad (7)$$

mit:

- α_{i,j,T_r} Bahnnutzungsanteil der bahnbezogenen Betriebsrichtung i im Jahr j während der Beurteilungszeit T_r
- N_{i,j,T_r} Anzahl der Flugbewegungen in der bahnbezogenen Betriebsrichtung i im Jahr j während der Beurteilungszeit T_r
- N_{j,T_r} Gesamtzahl der Flugbewegungen im Jahr j während der Beurteilungszeit T_r
- BB Anzahl der bahnbezogenen Betriebsrichtungen

Hierzu ist die in

Tabelle 1 beispielhaft für den Tag dargestellte Matrix zu verwenden. Entsprechend ist für die Nachtperiode zu verfahren.

	Bewegungsanteil für die bahnbezogene Betriebsrichtung; hier tags von 06.00 bis 22.00 Uhr						
Jahr	1	2	3	4	...	BB	Summe
<i>Beispiel</i>	<i>S 09</i>	<i>L 09</i>	<i>S 27</i>	<i>L 27</i>	...	...
1	$\alpha_{1,1}$	$\alpha_{2,1}$	$\alpha_{3,1}$	$\alpha_{4,1}$	...	$\alpha_{BB,1}$	1
2	$\alpha_{1,2}$	$\alpha_{2,2}$	$\alpha_{3,2}$	$\alpha_{4,2}$	...	$\alpha_{BB,2}$	1
3	$\alpha_{1,3}$	$\alpha_{2,3}$	$\alpha_{3,3}$	$\alpha_{4,3}$	...	$\alpha_{BB,3}$	1
4	$\alpha_{1,4}$	$\alpha_{2,4}$	$\alpha_{3,4}$	$\alpha_{4,4}$	...	$\alpha_{BB,4}$	1
5	$\alpha_{1,5}$	$\alpha_{2,5}$	$\alpha_{3,5}$	$\alpha_{4,5}$	...	$\alpha_{BB,5}$	1
6	$\alpha_{1,6}$	$\alpha_{2,6}$	$\alpha_{3,6}$	$\alpha_{4,6}$	...	$\alpha_{BB,6}$	1
7	$\alpha_{1,7}$	$\alpha_{2,7}$	$\alpha_{3,7}$	$\alpha_{4,7}$	...	$\alpha_{BB,7}$	1
8	$\alpha_{1,8}$	$\alpha_{2,8}$	$\alpha_{3,8}$	$\alpha_{4,8}$	...	$\alpha_{BB,8}$	1
9	$\alpha_{1,9}$	$\alpha_{2,9}$	$\alpha_{3,9}$	$\alpha_{4,9}$	...	$\alpha_{BB,9}$	1
10	$\alpha_{1,10}$	$\alpha_{2,10}$	$\alpha_{3,10}$	$\alpha_{4,10}$	...	$\alpha_{BB,10}$	1

Tabelle 1: Matrix zur Auswertung der 10-jährigen Verteilung der bahnbezogenen Betriebsrichtungen (Beispiel für die Tagesperiode)

$$\alpha_{1,j} = \frac{\text{Bewegungen}(S09)}{\text{Bewegungen}(S09, L09, S27, L27)}$$

Zur Ermittlung der Zuschläge $K_{\sigma, \text{Leq, Tag}}$, $K_{\sigma, \text{Leq, Nacht}}$ und $K_{\sigma, \text{NAT}}$ wird zunächst das Prognosejahr betrachtet. Jede bahnbezogene Betriebsrichtung i liefert an einem Punkt $\mathbf{P}(x, z, h_r)$ des Rechengitters in der Beurteilungszeit T_r einen Immissionsbeitrag $L_{p\text{ASeq}, T_r, i}(x, y, h_r)$ bzw. einen Anteil $\text{NAT}_i(L_{p, \text{Schw}}; x, y, h_r)$. Diese Beiträge werden wie folgt zu den unkorrigierten äquivalenten Dauerschallpegeln bzw. zur unkorrigierten Überschreitungshäufigkeit des Maximalpegels $L_{p, \text{Schw}}$ summiert:

$$L_{p\text{ASeq}, \text{Tag}}^*(x, y, h_r) = 10 \cdot \lg \left[\sum_{i=1}^{\text{BB}} 10^{0,1 \cdot L_{p\text{ASeq}, \text{Tag}, i}(x, y, h_r)} \right] \text{ dB} \quad (9)$$

$$L_{p\text{ASeq}, \text{Nacht}}^*(x, y, h_r) = 10 \cdot \lg \left[\sum_{i=1}^{\text{BB}} 10^{0,1 \cdot L_{p\text{ASeq}, \text{Nacht}, i}(x, y, h_r)} \right] \text{ dB} \quad (10)$$

$$\text{NAT}^*(L_{p, \text{Schw}}; x, y, h_r) = \sum_{i=1}^{\text{BB}} \text{NAT}_i(L_{p, \text{Schw}}; x, y, h_r) \quad (11)$$

Für das Prognosejahr werden die Bahnnutzungsanteile γ_i wie folgt bestimmt:

$$\gamma_{i,Tr} = \frac{N_{i,P,Tr}}{N_{P,Tr}} \quad \text{mit} \quad \sum_{i=1}^{BB} \gamma_{i,Tr} = 1$$

mit:

- $\gamma_{i,Tr}$ Bahnnutzungsanteil der bahnbezogenen Betriebsrichtung i im Prognosejahr während der Beurteilungszeit T_r
- $N_{P,Tr}$ Gesamtzahl der Flugbewegungen im Prognosejahr während der Beurteilungszeit T_r
- $N_{i,P,Tr}$ Anzahl der Flugbewegungen in der bahnbezogenen Betriebsrichtung i im Prognosejahr während der Beurteilungszeit T_r
- BB Anzahl der bahnbezogenen Betriebsrichtungen

Die Werte für $\alpha_{i,j,Tr}$ und $\gamma_{i,Tr}$ ergeben sich aus dem DES.

Gamma ist ebenso wie α der Anteil der Bewegungen einer bahnbezogenen Betriebsrichtung bezogen auf alle Bewegungen, aber für das betrachtete Prognosejahr

Anschließend werden für jedes Jahr j an jedem Punkt des Rechengitters die gewichteten Immissionsanteile $L_{pASeq,Tag,i}(x,y,h_r)$, $L_{pASeq,Nacht,i}(x,y,h_r)$ und $NAT_i(L_{p,Schw}; x,y,h_r)$ zum unkorrigierten äquivalenten Dauerschallpegel für die Tages- und Nachtzeit wie folgt summiert:

$$L_{pASeq,Tag,j}(x,y,h_r) = 10 \cdot \lg \left[\sum_{i=1}^{BB} \frac{\alpha_{i,j,Tag}}{\gamma_{i,Tag}} 10^{0,1 \cdot L_{pASeq,Tag,i}(x,y,h_r)} \right] \quad \text{dB} \quad (12)$$

$$L_{pASeq,Nacht,j}(x,y,h_r) = 10 \cdot \lg \left[\sum_{i=1}^{BB} \frac{\alpha_{i,j,Nacht}}{\gamma_{i,Nacht}} 10^{0,1 \cdot L_{pASeq,Nacht,i}(x,y,h_r)} \right] \quad \text{dB} \quad (13)$$

$$NAT_j(L_{p,Schw}; x,y,h_r) = \sum_{i=1}^{BB} \frac{\alpha_{i,j,Nacht}}{\gamma_{i,Nacht}} NAT_i(L_{p,Schw}; x,y,h_r) \quad (14)$$

Durch die Gewichtung mit dem Ausdruck $\alpha_{i,j} / \gamma_i$ wird die Verteilung der bahnbezogenen Betriebsrichtungen für das Jahr i auf das Prognosejahr unter Einhaltung der Gesamtbewegungszahl abgebildet.

Dies ergibt für jedes Jahr j einen Pegel L bzw. ein NAT, mit dem der Flugzeugmix des Prognosejahrs, aber die Bewegungszahlanteile des Jahres j berücksichtigt sind

Tatsächlich (und in CadnaA):

$$L_{pAeq} = 10 * \log \left[\sum \frac{\alpha}{\gamma} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{pAeq}} + \sum 10^{0,1 \cdot L_{Heli}} + \sum 10^{0,1 \cdot L_{Roll}} \right]$$

Aus diesen Werten werden die Mittelwerte

$$\overline{L_{pASeq,Tag}}(x, y, h_r) = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} L_{pASeq,Tag,j}(x, y, h_r) \quad \text{dB} \quad (15)$$

$$\overline{L_{pASeq,Nacht}}(x, y, h_r) = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} L_{pASeq,Nacht,j}(x, y, h_r) \quad \text{dB} \quad (16)$$

$$\overline{\text{NAT}}(L_{p,Schw}; x, y, h_r) = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} \text{NAT}_j(L_{p,Schw}; x, y, h_r) \quad (17)$$

und die Standardabweichungen

$$K_{\sigma, \text{Leq, Tag}}(x, y, h_r) = \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} [L_{p\text{ASeq, Tag}, j}(x, y, h_r) - \overline{L_{p\text{ASeq, Tag}}}(x, y, h_r)]^2} \quad \text{dB} \quad (18)$$

$$K_{\sigma, \text{Leq, Nacht}}(x, y, h_r) = \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} [L_{p\text{ASeq, Nacht}, j}(x, y, h_r) - \overline{L_{p\text{ASeq, Nacht}}}(x, y, h_r)]^2} \quad \text{dB} \quad (19)$$

$$K_{\sigma, \text{NAT}}(x, y, h_r) = \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} [\text{NAT}_j(L_{p, \text{Schw}}; x, y, h_r) - \overline{\text{NAT}}(L_{p, \text{Schw}}; x, y, h_r)]^2} \quad (20)$$

bestimmt. Aus diesen Standardabweichungen ergeben sich die Zuschläge zu den unkorrigierten äquivalenten Dauerschallpegeln $L_{p\text{ASeq}}^*$ bzw. zur unkorrigierten Überschreitungshäufigkeit N_S^* .

Die Berechnung der Standardabweichung soll grundsätzlich auf der Basis einer Analyse der tatsächlichen Bahnnutzungsverteilung der letzten zehn Jahre erfolgen. Sofern für diesen Zeitraum keine vollständigen Angaben vorliegen, ist die Analyse mindestens für sechs Jahre durchzuführen. In diesem Fall sind die Mittelwerte bzw. Standardabweichungen in Gleichungen (15) bis (20) nicht mit dem Wert 10, sondern der Anzahl n der in die Analyse eingehenden Jahre zu bilden. Die hieraus berechneten Standardabweichungen $K_{\sigma}(n)$ sind dann mit einem Korrekturfaktor ε zu multiplizieren, der sich aus Tabelle 2 ergibt:

$$K_{\sigma}(10 \text{ Jahre}) = \varepsilon \cdot K_{\sigma}(n \text{ Jahre}) \quad (21)$$

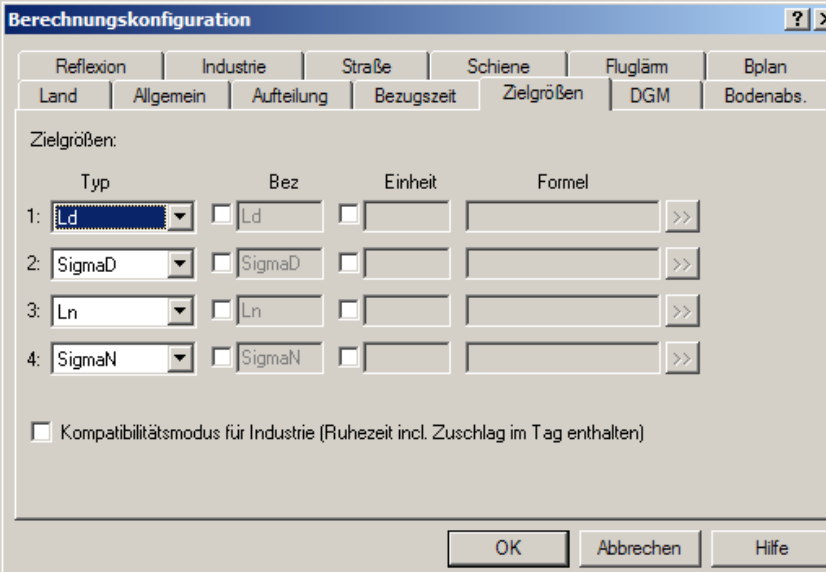
n	ε
6 Jahre	1,07
7 Jahre	1,05
8 Jahre	1,03
9 Jahre	1,02

Tabelle 2: Korrekturfaktor ε für die Standardabweichung

Festlegung der Zielgrößen:

entweder

oder sämtliche Zielwerte in einem Schritt



Berechnungskonfiguration

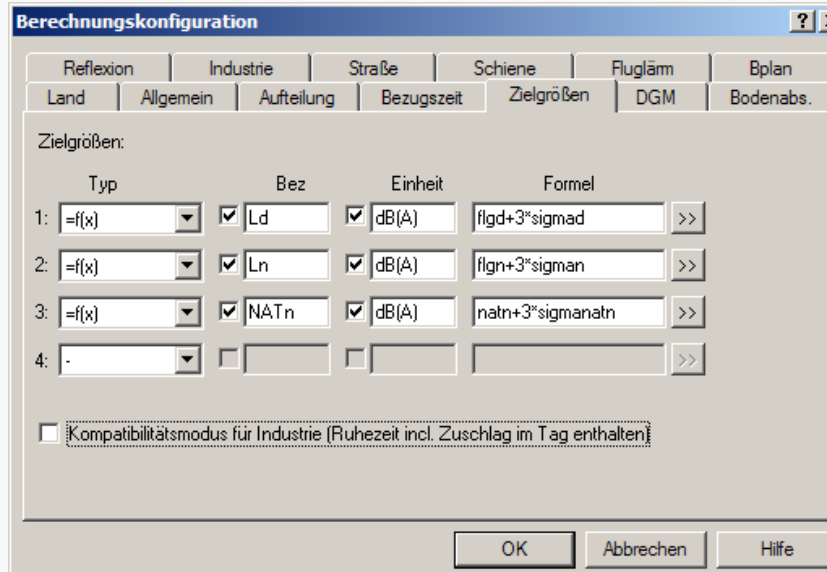
Reflexion | Industrie | Straße | Schiene | Flugläm | Bplan
Land | Allgemein | Aufteilung | Bezugszeit | Zielgrößen | DGM | Bodenabs.

Zielgrößen:

	Typ	Bez	Einheit	Formel
1:	Ld	<input type="checkbox"/> Ld		
2:	SigmaD	<input type="checkbox"/> SigmaD		
3:	Ln	<input type="checkbox"/> Ln		
4:	SigmaN	<input type="checkbox"/> SigmaN		

Kompatibilitätsmodus für Industrie (Ruhezeit incl. Zuschlag im Tag enthalten)

OK Abbrechen Hilfe



Berechnungskonfiguration

Reflexion | Industrie | Straße | Schiene | Flugläm | Bplan
Land | Allgemein | Aufteilung | Bezugszeit | Zielgrößen | DGM | Bodenabs.

Zielgrößen:

	Typ	Bez	Einheit	Formel
1:	=f(x)	<input checked="" type="checkbox"/> Ld	<input checked="" type="checkbox"/> dB(A)	flgd+3*sigmad
2:	=f(x)	<input checked="" type="checkbox"/> Ln	<input checked="" type="checkbox"/> dB(A)	flgn+3*sigman
3:	=f(x)	<input checked="" type="checkbox"/> NATn	<input checked="" type="checkbox"/> dB(A)	natn+3*sigmanatn
4:	.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

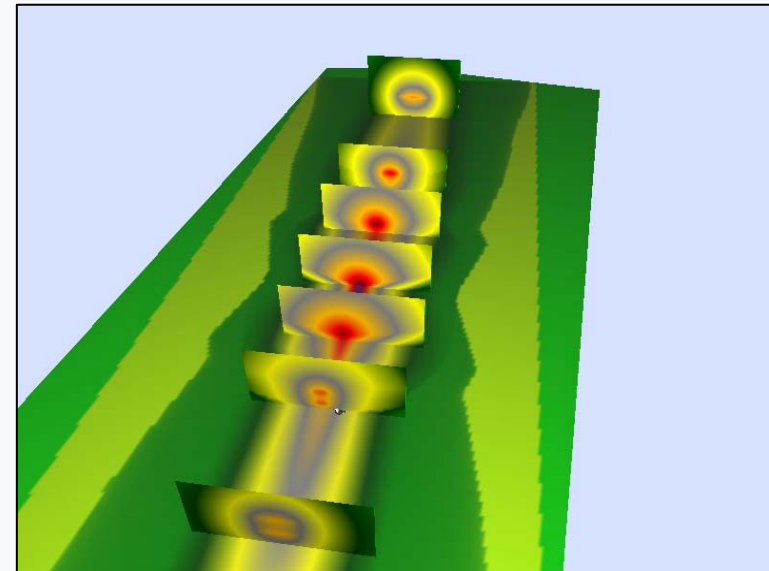
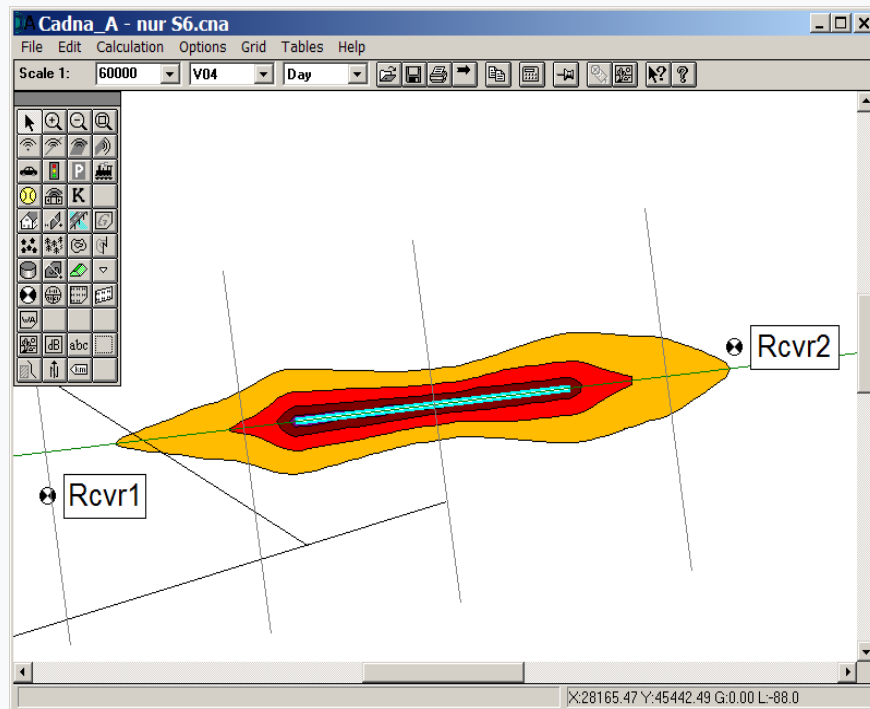
Kompatibilitätsmodus für Industrie (Ruhezeit incl. Zuschlag im Tag enthalten)

OK Abbrechen Hilfe

mit nachfolgender Rasterarithmetik

(Ld + 3*SigmaD

Aus den 3 parallel berechneten Rasterkarten für $L_{eq,Tag}$, $L_{eq,Nacht}$ und NAT können dann direkt die Lärmschutzbereichskurven dargestellt werden.



Ende