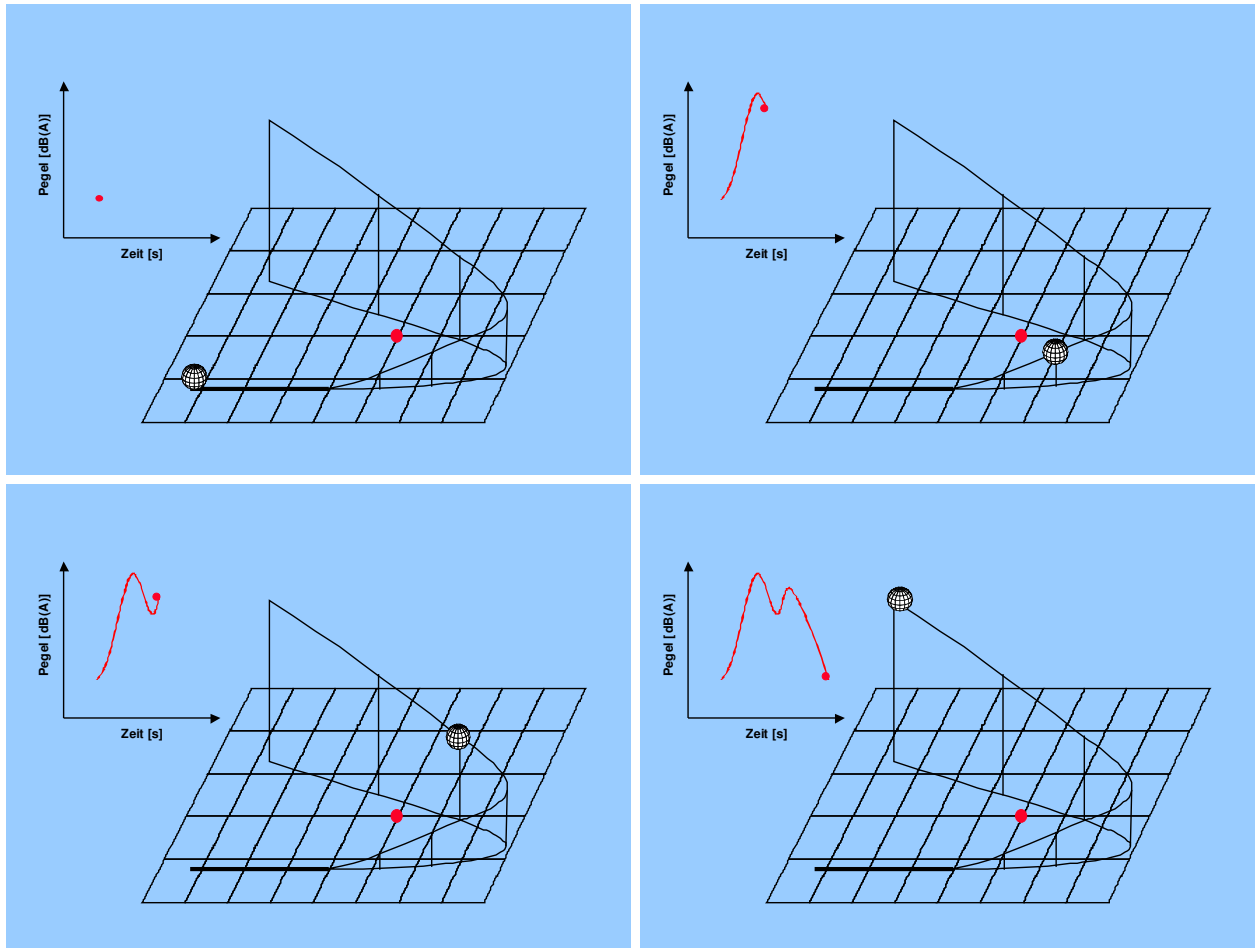


FLULA2

Ein Verfahren zur Berechnung und Darstellung der Fluglärmbelastung



Technische Programm-Dokumentation

Version 4, September 2010

FLULA2

Ein Verfahren zur Berechnung und Darstellung der Fluglärmbelastung

Technische Programm-Dokumentation

Version 4

Die Version 4 berücksichtigt die in der FLULA2 Programmversion 004 implementierten Modifikationen und ersetzt Version 2.1.

Impressum

Technische Programm-Dokumentation FLULA2
Version 4, 1. Auflage 9/2010
©EMPA, Abteilung Akustik, Ueberlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf
Berechnungsverfahren: S. Pietrzko, R. Hofmann
Programmentwickler: S. Plüss, S. Pietrzko
Verfasser: W. Krebs, G. Thomann, R. Bütikofer

Vorwort zur Version 4

Das Simulationsprogramm FLULA2 wurde Ende der 80er Jahre entwickelt und seither von der Empa für Fluglärmrechnungen für Zivil- und Militärflugplätze eingesetzt. Während dieser Zeit wurden am Rechenverfahren und an der Aufbereitung der dafür erforderlichen Grundlagendaten verschiedene Modifikationen durchgeführt, aber der eigentliche Rechenkern blieb praktisch unverändert. Dieser Rechenkern ermöglicht eine realitätsnahe Berechnung der räumlichen und zeitlichen Verteilung der durch den Flugverkehr verursachten Lärmimmissionen. Mit der seit Anfangs 2009 eingesetzten Programmversion FLULA2-004 wurden die folgenden Verbesserungen zur weiteren Erhöhung der Berechnungsgenauigkeit verwirklicht: Bei der Topographie wird nicht nur wie bisher die Höhelage des Empfängers berücksichtigt, sondern - dank erweiterter Rechenkapazitäten - auch (selten auftretende) Hinderniswirkungen durch Geländeformationen berechnet. Wenn der Schall-Einfallswinkel beim Empfangspunkt kleiner als 15° ist, wird eine Zusatzdämpfung berücksichtigt. Die Berechnung dieses Schall-Einfallswinkels im hügeligen Gelände wurde nun optimiert. Weiter wird in der neuen Version bei der Berechnung der Schallpegel für Distanzen zwischen Flugzeug und Empfangspunkt, die grösser als 4'500 m sind, die Luftdämpfung genauer modelliert. Zur Erhöhung der Flexibilität in der Anwendung des Programms bei Forschungsvorhaben wurde auch eine Erweiterung des Verfahrens zur Berücksichtigung allfälliger Pegeländerungen auf Grund von Konfigurationsänderungen während dem Start und bei der Landung implementiert. Bei der programmtechnischen Umsetzung der genannten Anpassungen ergab sich zusätzlich die Notwendigkeit, den Höhenverlauf der Piste bezüglich des verwendeten Geländemodells besser zu berücksichtigen. Im Weiteren wurde auch die Möglichkeit geschaffen, die massgebende Empfängerhöhe über Grund explizit vorgeben zu können.

Auf Grund dieser Verfeinerungen können lokale Unterschiede zu Berechnungen entstehen, die nach dem bisherigen Verfahren ausgeführt wurden. Umfangreiche Vergleichsrechnungen für die Flughäfen Zürich und Genf sowie für den Militärflugplatz Meiringen zeigten, dass die Gesamtwirkung der vorgenommenen Änderungen in den für die LSV relevanten Gebieten im Vergleich zu den nach dem bisherigen Verfahren ermittelten Belastungen meist nur zu geringen Pegeldifferenzen führen.

In Flughafennähe und entlang der Hauptflugrouten ergibt sich mehrheitlich eine geringe Zunahme der Lärmbelastung von 0.1 bis 0.2 Dezibel. In grösseren Entfernungen überwiegen die pegelmindernden Effekte und die Belastung nimmt generell ab. Insbesondere in den tiefer gelegenen Senken entlang von Flussläufen entstehen Pegelminderungen von bis zu 1 dB.

Die vorliegende Dokumentation ersetzt die Dokumentation 2.1. In Übereinstimmung mit der FLULA2-Version 004 wird sie als Version 4 bezeichnet.

Vorwort zur Version 2.1

Fluglärmrechnungen mit FLULA2 basieren auf Quellenmodellen zur Beschreibung der richtungsabhängigen Schallabstrahlung einzelner Flugzeuge im Flug. Der aktuelle Quellendatensatz von FLULA2 basiert im Wesentlichen auf Fluglärmmessungen an startenden und landenden Flugzeugen auf dem Flughafen Zürich im Jahre 1996. Mit Hilfe dieser Messungen wurden die Parameter des mathematischen Quellenmodells für die wichtigsten Typen der in der Schweiz verkehrenden Flugzeuge bestimmt. Dabei wurden separate Datensätze für startende und für landende Flugzeuge erzeugt. Für die Berechnungen wird die Vielzahl der einzelnen Flugzeugtypen auf Grund ihrer akustischen Eigenschaften den vermessenen Quellendaten zugeordnet. In der Vergangenheit wurde diese Zuordnung für Starts und für Landungen unabhängig voneinander vorgenommen, was zur Folge hatte, dass für die Beschreibung des Flugbetriebes für startende und landende Flugzeuge zum Teil unterschiedliche Bezeichnungen verwendet wurden. Obwohl dies vom akustischen Standpunkt aus gesehen durchaus vernünftig ist, hat diese unterschiedliche Bezeichnung bei der Dokumentation der Berechnungen in einzelnen Fällen zu Beanstandungen geführt. Um diese Probleme zu beseitigen wurde im Jahr 2004 beschlossen, eine einheitliche, für startende und landende Flugzeuge identische Zuordnung zu den vermessenen Flugzeugtypen festzulegen. Da beim alten Quellendatensatz eine grössere Typenvielfalt bei startenden Flugzeugen bestanden hatte, musste der Quellendatensatz für landende Flugzeuge erweitert werden. Hierzu wurden für die fehlenden Typen neue Datensätze erstellt.

Im Rahmen dieser Neustrukturierung der Quellendaten wurden die akustischen Zuordnungen auch mit Hilfe der an den Flughäfen Zürich und Genf zur Verfügung stehenden Monitoringdaten überprüft und wo erforderlich korrigiert. In einzelnen Fällen wurden zudem die akustischen Quellenmodelle selber mit Hilfe der Monitoringdaten korrigiert.

Auf Grund von neuen Erkenntnissen aus einer Fluglärmmessung im Jahre 2004 wurde zudem bei Landungen eine typenspezifische Pegelreduktion an Stelle der bisher verwendeten pauschalen Korrektur nach dem Aufsetzten eingeführt. Dadurch soll die effektive Schallemission während des Ausrollens besser abgebildet werden.

Die Auswirkungen dieser Modifikationen wurden am Beispiel der für die Flughäfen Zürich und Genf für das Betriebsjahr 2003 ermittelten Lärmbelastungen untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass die Differenzen zwischen den mit dem bisherigen, als RC2001_01 bezeichneten Quellendatensatz und den mit dem neuen Datensatz RC2005_01 berechneten Lärmbelastungen nur unbedeutend sind. Die Unterschiede betragen in den meisten Regionen weniger als 1/10 Dezibel und können somit vernachlässigt werden.

Auf Grund der beschriebenen Modifikationen hat sich auch eine Nachführung der Programm-Dokumentation aufgedrängt. Um künftige Aktualisierungen zu vereinfachen werden die akustischen Kenndaten des aktuellen Quellendatensatzes in einem separaten Anhang geführt. Wie bisher werden darin der Maximalpegel $L_{A,max}$, der dazugehörige Emissionswinkel θ sowie der gesamte Ereignispegel L_{AE} für einen Überflug in 305 Metern Höhe angegeben. Um die Vergleichbarkeit mit gemessenen Daten oder mit anderen Berechnungsprogrammen zu erleichtern bezieht sich der angegebene Maximalpegel neu auf den am Immissionsort resultierenden Maximalpegel bei einem geradlinigen Vorbeiflug in einer Entfernung von 305 Metern. Wenn der Emissionswinkel beim Auftreten des Maximalpegels $L_{A,max}$ nicht exakt 90° beträgt, dann ist die Entfernung zwischen Flugzeug und Empfänger beim Auftreten des Maximalpegels somit grösser als 305 Meter. Die in der alten Dokumentation angegebenen Werte beziehen sich dagegen auf eine konstante Entfernung von 305 Metern zwischen Flugzeug und Empfänger und sind daher generell höher als die neu ausgewiesenen Werte, wobei die Differenz umso grösser ausfällt je mehr der Emissionswinkel von 90° abweicht. Durch diese unterschiedliche Darstellung können sich die angegebenen Zahlenwerte bei unveränderten Quellendaten um bis zu 6 Dezibel unterscheiden.

Zusammenfassung

Es wird das Fluglärm-Berechnungsverfahren FLULA2 vorgestellt, welches in der Schweiz für die Berechnung der Fluglärmbelastung von militärischen und zivilen Flugplätzen und Flughäfen verwendet wird. Auf der Grundlage von Messungen in Pistennähe wird die Schallabstrahlung für verschiedene Flugzeuge mittels sogenannten Richtcharakteristiken beschrieben. Die Berücksichtigung der richtungsabhängigen Schallabstrahlung entstand unter anderem aus der Notwendigkeit heraus den Kurvenflug korrekt zu berechnen, was bei vielen ausländischen Programmen nicht gewährleistet werden kann.

Die richtungsabhängige Schallabstrahlung, die Luftabsorption und die Abstandsdämpfung werden in ein mathematisches Modell verpackt, welches in der Simulation mit FLULA2 an jedem Empfangspunkt eine Reihe von Momentanpegeln liefert. Daraus lässt sich der Schallpegelverlauf eines jeden Fluges rekonstruieren.

Aus dem zeitlichen Verlauf des Schallpegels können alle für die Beurteilung des Fluglärms erforderlichen Werte wie Maximalpegel $L_{A,max}$ und Ereignispegel L_{AE} berechnet werden. Durch die Summation der Beiträge aller Einzelflüge ergibt sich die Gesamtbelastung beispielsweise als NNI, L_{eq} oder L_r . Die Übereinstimmung (innerhalb akustischer Toleranzen) von Messung und Berechnung wird intern für die Qualitätskontrolle der eingesetzten Richtcharakteristiken und der Berechnungsabläufe verwendet.

Mit dem Programm-Paket FLULA2 lassen sich aktuelle Belastungssituationen berechnen und Fluglärmprognosen erstellen. Änderungen in den An- und Abflugverfahren sowie im Pistenbelegungskonzept lassen sich ebenso gut simulieren wie Verschiebungen in der Flottenzusammensetzung und Änderungen im Verkehrsaufkommen. Die berechneten Lärmbelastungen können zur Weiterbearbeitung und Darstellung von Geographischen Informationssystemen (GIS) eingelesen werden. Dort lassen sich die Auswirkungen der Fluglärmbelastung oder Änderungen derselben auf die Bevölkerung und die Raumplanung quantifizieren und räumlich darstellen.

Die vorliegende Dokumentation stellt das Programm-Paket FLULA2 vor. Die Ausführungen richten sich hauptsächlich an ein technisch geschultes Publikum. Dabei liegt das Schwergewicht beim akustischen Kern des Verfahrens sowie bei der akustischen Vermessung und der Modellierung der richtungs- und distanzabhängigen Schallabstrahlung der Quelle.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. ÜBERSICHT | 7 |
| 1.1. Die Bausteine einer Fluglärmrechnung | 7 |
| 1.2. Grundzüge des Berechnungsverfahrens FLULA2 | 8 |
| 1.3. Inhalt und Umfang der vorliegenden Dokumentation | 9 |
| 2. DAS QUELLENMODELL | 10 |
| 2.1. Die Vermessung der Schallquelle während des Fluges | 10 |
| 2.2. Auswertung der Messungen und Modellierung der Quelle | 11 |
| 2.3. Der Quellendatensatz | 12 |
| 3. SCHALLDRUCKPEGEL UND FLUGLÄRM-MASSE | 14 |
| 3.1. Der zeitlich variable Schalldruckpegel $L_A(t)$ | 14 |
| 3.2. Die Fluglärm-Masse L_{eq} , L_{den} und L_r | 14 |
| 4. BESCHREIBUNG DES BERECHNUNGSVERFAHRENS | 16 |
| 4.1. Bestimmung der Flugbahnen und Empfängerpositionen | 16 |
| 4.2. Festlegung der Bewegungszahlen und der Flottenzusammensetzung | 19 |
| 4.3. Berechnung der Schallpegel | 20 |
| 4.4. Ablauf der Simulation | 24 |
| 5. SCHLUSSBEMERKUNGEN | 29 |
| 5.1. Die Anwendungsbereiche und -möglichkeiten von FLULA2 | 29 |
| 5.2. Genauigkeit der Berechnungen | 29 |
| 5.3. Auswirkungen der Programm-Verfeinerungen auf Ergebnisse | 31 |
| 6. ANHANG | 33 |
| Abbildungs- und Tabellenverzeichnis | 33 |
| Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen | 34 |
| Literaturquellen | 35 |

1. Übersicht

1.1. Die Bausteine einer Fluglärmrechnung

Der **akustische Kern** eines Programms zur Berechnung der Fluglärmbelastung liefert die Antwort auf die Frage: welchen Schallpegel erzeugt ein einzelner Vorbeiflug an einem Empfängerpunkt? Der akustische Kern führt die akustische Berechnung durch, benötigt dazu aber eine Quelldatenbank, welche die Angaben zur Schallabstrahlung individueller Flugzeuge enthält. Fluglärmrechnungen sind sehr rechenintensiv. Im Falle von FLULA2 wurden aus Gründen der in den 80-er und 90-er Jahren entscheidenden Recheneffizienz die Ausbreitungsrechnung mit der Abstrahlcharakteristik des Flugzeugs gleich bei der Erstellung der Flula-Lärmdatenbank in einem kompakten mathematischen Modell kombiniert. Nach heutiger Terminologie ist FLULA2 ein Immissionsmodell, weil die Emission und die Ausbreitung (mit Ausnahme des Bodeneffekts) bereits in der Datenaufbereitung zu den sogenannten Richtcharakteristiken kombiniert wurden.

Es gibt weltweit verschiedene akustische Modelle mit ihren Vor- und Nachteilen. In diesem Dokument wird das in FLULA2 verwendete Modell im Detail beschrieben. Eine Fluglärmrechnung besteht jedoch aus wesentlich mehr als nur dem akustischen Kern.

Es braucht zusätzlich:

- Eine **Quelldatenbank**: Im Falle von FLULA2 wurde diese auf Grund aufwendiger Messungen des realen Flugbetriebs und den an der Empa entwickelten Auswerteprogramme aufgebaut.
- Eine Methode, um den realen Flugbetrieb durch geeignete Beschreibungen von repräsentativen **Flugbahnen** abzubilden. Zusatzprogramme zu FLULA2 ermöglichen dazu die Auswertung von zehntausenden von individuellen Radaraufzeichnungen des Flughafens.
- Angaben zum Flugbetrieb: Auf Grund der Angaben des Flughafens werden die hunderttausenden von Einzel-Flugbewegungen in einer Datenbank mit Hilfe des Empa-Flugzeugregisters identifiziert und dann nach Flugrouten und Flugzeugtypen sortiert. Das Ergebnis ist die sogenannte **Bewegungsstatistik**, die im zweiten Teil einer Fluglärmrechnung verwendet wird, um die Teilergebnisse pro Flugzeugtyp und Flugroute unter Berücksichtigung der Anzahl Bewegungen zur Gesamtbelastung aufzusummieren.
- Die Berechnung von **Niveaulinien**: Die Lärmbelastung wird an Empfangspunkten in einem Gitternetz berechnet. Die Kurve für einen bestimmten Immissionspegel, die sogenannte Niveaulinie, wird durch eine entsprechende Berechnung bestimmt.
- Die Darstellung auf **Karten**: Graphische Ausgabe der Niveaulinien in einem GIS-System.
- Möglicherweise Verknüpfung mit anderen Daten, z.B. um die **Anzahl Personen** oder die **Fläche** innerhalb einer bestimmten Niveaulinie zu bestimmen.

In diesem Sinne wird mit "FLULA2" sowohl der akustische Kern wie auch ein ganzes System von Programmen bezeichnet, welche erst mit der umfassenden Vor- und Nachbearbeitungen die Berechnung und Darstellung der Fluglärmbelastungen ermöglichen.

1.2. Grundzüge des Berechnungsverfahrens FLULA2

1.2.1. Die gewählten Ansätze

Der Ausgangspunkt von Fluglärmrechnungen ist die typenspezifische, richtungsabhängige Schallabstrahlung der Flugzeuge im Flug. Diese variiert sowohl im Pegel wie auch im Spektrum. Im Simulationsprogramm FLULA2 wird die Schallabstrahlung, die sog. Richtcharakteristik durch ein mathematisches Modell beschrieben, welches den A-bewerteten Schallpegel als Funktion der Entfernung und des Winkels relativ zur Flugrichtung beschreibt. Das Modell ist rotationssymmetrisch bezüglich der Flugachse und wird mit Hilfe von 32 Koeffizienten definiert. Die Koeffizienten werden auf der Grundlage von akustischen Messungen an startenden und landenden Flugzeugen in Pistennähe bestimmt. Die spektrale Luftabsorption sowie die Frequenzverschiebung auf Grund des Dopplereffekts sind in diesem Modell implizit enthalten.

In der Simulation mit FLULA2 wird die Schallquelle für jeden zu simulierenden Flug entlang der Flugbahn verschoben. Diese Verschiebung geschieht in diskreten Abständen, welche das Flugzeug in einer Sekunde zurücklegt. Für jeden dieser Punkte wird mit Hilfe des Quellenmodells an allen vorgegebenen Empfangspunkten der resultierende Momentanpegel bestimmt. Aus der Abfolge der berechneten Pegel ergibt sich der Pegel-Zeit-Verlauf. Daraus lassen sich die wichtigsten akustischen Grössen wie Maximalpegel und Ereignispegel ermitteln. Die Geländehöhe sowie die Pegelreduktion als Folge einer allfälligen Leistungsreduktion nach dem Start werden in der Simulation berücksichtigt. Für sehr flache Einfallswinkel wird ein empirisch ermittelter Dämpfungsfaktor verwendet. Zur Bestimmung der Gesamtbelastung werden die für einen einzelnen Flug an jedem Empfangspunkt berechneten Ereignispegel mit den betreffenden Bewegungszahlen gewichtet und energetisch addiert.

1.2.2. Die Vorteile von FLULA2

- Es können beliebige Flugbahnen, insbesondere *Kurvenflüge* korrekt berechnet werden.
- Die räumliche Verteilung der einzelnen Flugbewegungen kann durch die Verarbeitung von Radardaten realitätsnah berücksichtigt werden.
- In den Bodenpunkten ergibt sich für jede diskrete Position des Flugzeugs entlang seiner Flugbahn ein bestimmter Empfangspegel. Daraus lässt sich der zeitliche Verlauf des Schallpegels rekonstruieren, so wie er bei einem realen Flug gemessen würde. Aus den Pegel-Zeit-Verläufen lassen sich *sämtliche* für die Beurteilung des Fluglärms erforderlichen Lärmmasse berechnen, welche auf der A-Bewertung der Schallpegel basieren.
- Leistungsreduktionen der Triebwerke nach der ersten Startphase lassen sich abbilden, indem ab einem bestimmten Punkt auf der Flugbahn eine andere Richtcharakteristik verwendet oder der Pegel um einen bestimmten Betrag reduziert wird.
- Die durch die Topographie (Höhenlage) bedingten unterschiedlichen Entfernungen einzelner Geländepunkte zur Flugbahn werden berücksichtigt.
- Die Abschirmung durch Geländeformationen wird berücksichtigt.

1.2.3. Die Nachteile von FLULA2

- Das Berechnungsverfahren benötigt viel Rechenzeit.
- Die Richtcharakteristiken müssen gemessen werden, da sie in keiner international zugänglichen Datenbank vorhanden sind.
- Die Berechnungen gelten für Standardatmosphäre, Die Berücksichtigung meteorologischer Effekte wie Wind- und Temperaturgradienten bleibt zukünftigen Weiterentwicklungen vorbehalten.
- Einflüsse auf Grund der Bodenbeschaffenheit (Bodeneffekt) werden nur global berücksichtigt; lokale Effekte werden nicht berechnet.
- Wegen der Rotationssymmetrie des Quellenmodells wird die seitliche Richtwirkung der Schallabstrahlung nur implizit berücksichtigt (Bei den Messungen der Richtcharakteristiken werden sowohl direkt überflogene und seitliche Messpunkte gemittelt). Für die Beschreibung der Schallabstrahlung von Helikoptern existiert auch eine Forschungsversion von FLULA mit dreidimensionaler Richtcharakteristik.

1.3. Inhalt und Umfang der vorliegenden Dokumentation

Die Dokumentation beginnt mit der Erklärung des Quellenmodells. In Kapitel 2 werden der Ablauf und die Auswertung der Quellenvermessung sowie das mathematische Modell der richtungsabhängigen Schallabstrahlung beschrieben.

In Kapitel 3 werden die wichtigsten akustischen Basisgrößen und die daraus berechenbaren Fluglärm-Masse vorgestellt.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit den in der Simulationsrechnung berücksichtigten Eingabegrößen. Auf die eigentliche Datenerfassung und Datenaufbereitung wird jedoch nicht näher eingegangen. Ebenfalls in Kapitel 4 wird der Ablauf der Simulation beschrieben.

In Kapitel 5 wird auf die Anwendungsbereiche von FLULA2 sowie auf die Darstellungs- und Weiterverarbeitungsmöglichkeiten der Berechnungsergebnisse eingegangen. In demselben Kapitel finden sich auch Hinweise zur Genauigkeit der Fluglärm-Berechnungen mit FLULA2.

Die Zuordnungen der einzelnen Flugzeugtypen zu den akustischen Referenztypen sowie deren akustischen Kenndaten sind in der Beilage "*Übersicht akustische Quelldaten*" aufgeführt. Diese Beilage wird bei Bedarf nachgeführt.

2. Das Quellenmodell

2.1. Die Vermessung der Schallquelle während des Fluges

Das Berechnungsverfahren FLULA2 arbeitet mit der richtungsabhängigen Schallabstrahlung, den sogenannten Richtcharakteristiken. Da entsprechende Informationen in öffentlich zugänglichen Datenbanken nicht vorhanden sind, werden sie für die wichtigsten Flugzeugtypen von der Empa messtechnisch erfasst. Die Messungen erfolgen dabei unter realen Betriebsbedingungen, indem parallel und in Verlängerung zu den Start- und Landepisten mehrere Mikrophone positioniert werden. Um Interferenzen mit Bodenreflexionen zu minimieren, befinden sich die Mikrophone auf Masten in 10 Metern Höhe.

Startende oder landende Flugzeuge werden von den Mikrophenen akustisch erfasst und die Geräusche digital aufgezeichnet. Gleichzeitig werden die Positionen der Flugzeuge mit einem Präzisionsradar¹ vermessen. Damit Ton- und Radaraufzeichnungen miteinander verknüpft werden können, müssen sie synchronisiert werden. Dies geschieht mit dem Zeit-Signal des Langwellensenders DCF-77 in Frankfurt. Das Prinzip der Quellenvermessung ist aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.

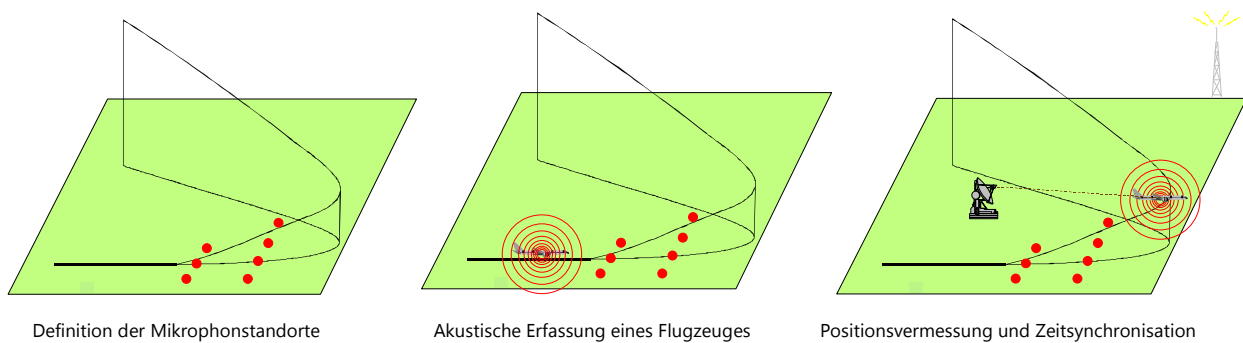


Abbildung 2-1 Prinzipieller Ablauf der Quellenvermessung.

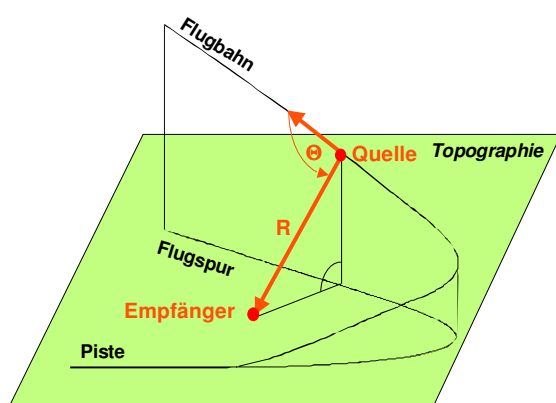


Abbildung 2-2 Geometrische Verhältnisse.

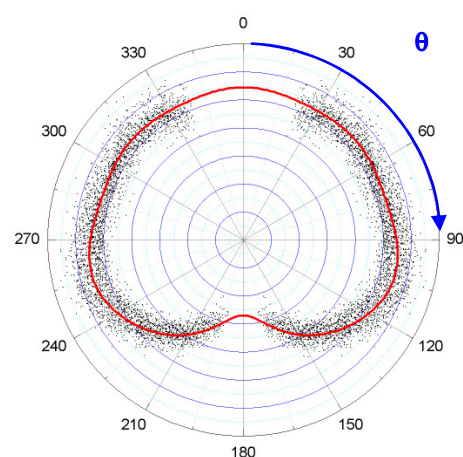


Abbildung 2-3 Richtdiagramm eines A320 beim Start im Normabstand von 305 Metern.

Durch Verknüpfung der geometrischen Aufzeichnungen mit den akustischen Daten und deren Umrechnung auf Referenzabstände lässt sich das Richtdiagramm generieren. Dank der Zeitsynchronisation ist es möglich, zu jedem Zeitpunkt die Entfernung R zwischen Flugzeug und Mikrophon, den Polarwinkel θ

¹ Pulsdoppler-Folge-Radar der Armee (Typ Skyguard).

zwischen dem Flugbahnvektor und dem Raumvektor, welcher von der Quelle zum Empfänger zeigt, und das dazu gehörende Geräuschspektrum zu bestimmen (vgl. Abbildung 2-2). Mit diesen Informationen können die gemessenen Spektren auf definierte Referenzdistanzen umgerechnet werden. Die Punktwolke in Abbildung 2-3 stellt die A-Pegel für sämtliche, auf eine Entfernung von 305 Metern normierte Einzelmessungen dar. Die ausgezogene Linie beschreibt den aus den ermittelten Modellparametern resultierenden Schallpegel in Abhängigkeit des Polarwinkels θ für eine Entfernung von 305 Metern.

2.2. Auswertung der Messungen und Modellierung der Quelle

Im Labor werden die Messungen zu Terzbandspektren² von je 50 Millisekunden Dauer verarbeitet. Aufwändige Kontrollen stellen sicher, dass Beiträge von Störgeräuschen ausgeblendet werden. Dank der Zeitsynchronisation sind die geometrischen Verhältnisse bekannt, und die Spektren werden nach den akustischen Gesetzen der Schallausbreitung auf 7 Normabstände³ und Standardatmosphäre⁴ umgerechnet. Dabei wird die frequenzabhängige Luftabsorption (nach ISO 9613-1) mit der Temperatur und Feuchtigkeit korrigiert, die während der Messung herrschte. Zusätzlich werden die Zeitverzögerung sowie die Abstandsdämpfung rechnerisch kompensiert. Aus den Terzbandspektren werden anschliessend die zugehörigen A-bewerteten Summenpegel ermittelt. Unter Beibehaltung der Winkelinformation werden die Pegel einer ersten Ausgleichsrechnung unterzogen. Diese liefert für jeden Normabstand r_j je 8 Koeffizienten eines trigonometrischen Polynoms der folgenden Form:

$$\text{Formel 2-1} \quad L_A(\theta, r_j) = \sum_{i=0}^7 A_i(r_j) \cdot \cos^i(\theta)$$

θ bezeichnet in der obigen Gleichung den Polarwinkel, d.h. den Winkel zwischen der Flugrichtung und der Verbindungsrichtung zwischen dem Flugzeug und dem Empfangspunkt, r_j den Normabstand j . Bei Flächenflugzeugen wurde vereinfachend angenommen, dass die Schallabstrahlung bezüglich der Flugachse rotationssymmetrisch ist.

Die ersten Ausgleichsrechnungen liefern gemäss Formel 2-1 für die 7 Normabstände je einen Satz von 8 A_i -Koeffizienten. Unterzieht man sämtliche Koeffizienten weiteren Ausgleichsrechnungen gemäss Formel 2-2, erhält man eine Matrix von 32 H_{ik} -Koeffizienten, welche die Frequenzabhängigkeit der Luftdämpfung für Standardbedingungen implizit enthalten.

$$\text{Formel 2-2} \quad A_i(r) = H_{i1} \cdot 20 \lg(r) + H_{i2} + H_{i3} \cdot r + H_{i4} \cdot r^2 \quad (i = 0, 1, \dots, 7)$$

Die Ausgleichsrechnung wird mit einer Funktion aus der IMSL Math/Library ausgeführt, die auf einem "least square fit" basiert und somit generell niedrigere Werte liefert als eine auf einer energetischen Mittelung basierenden Ausgleichsrechnung. Die dadurch entstehende systematische Abweichung wird in einem weiteren Schritt kompensiert. Hierzu werden in einer Rücksimulation für sämtliche Flüge die Ereignispegel L_{AE} an allen Mikrofonstandorten mit den ermittelten Parametern berechnet und mit den gemessenen Werten verglichen. Daraus wird die Differenz zwischen den energetischen Mittelwerten der gemessenen und der berechneten Pegel bestimmt und die Richtcharakteristik um diesen Wert modifiziert.

² Die Spektren umfassen den Bereich von 20Hz bis 16kHz, in den Ausgleichsrechnungen werden jedoch nur die Terzbänder mit den Mittenfrequenzen von 25Hz bis 5kHz verwendet.

³ 30, 150, 305, 600, 1500, 3000 und 6000 Meter

⁴ Temperatur von 15° C, relative Luftfeuchtigkeit von 70% und Luftdruck von 1013.2 hPa.

Die Richtungs- und Abstandsabhängigkeit des Schallpegels lässt sich somit unter Anwendung der Formeln 2-1 und 2-2 und einem Satz von 32 Koeffizienten eindeutig beschreiben. Mit der erwähnten Iteration wird sichergestellt, dass mit diesem Quellenmodell die gemessenen Ereignispegel L_{AE} im Mittel genau reproduziert werden. Tabelle 2-1 zeigt exemplarisch die Koeffizienten des in Abbildung 2-3 dargestellten Richtdiagramms.

Tabelle 2-1 H_{ik} -Koeffizienten einer Richtcharakteristik (Start A320_FT).

| i | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| k=0 | -1.06E+00 | -9.21E-03 | -3.55E-02 | -5.20E-02 | 1.67E-02 | -7.74E-02 | 1.16E-02 | 1.48E-01 |
| k=1 | 1.41E+02 | -3.44E+00 | -2.59E+00 | 2.95E+01 | -1.61E-01 | -3.25E+01 | -4.14E+00 | 1.31E+01 |
| k=2 | -2.92E-03 | -6.47E-04 | 1.28E-03 | -8.57E-04 | -4.24E-03 | -1.91E-03 | 3.66E-03 | 2.68E-03 |
| k=3 | 1.45E-07 | 1.05E-08 | -1.76E-09 | 7.51E-08 | 3.38E-07 | 2.65E-07 | -3.74E-07 | -3.36E-07 |

2.3. Der Quellendatensatz

Während der letzten 20 Jahre wurden grosse Anstrengungen unternommen, die unterschiedlichsten Flugzeugtypen messtechnisch zu erfassen und ihr Abstrahlverhalten in Form einer rotations-symmetrischen Richtcharakteristik mathematisch zu beschreiben. Erste Testmessungen fanden 1983 statt. 1985 wurde im Zusammenhang mit der Evaluation eines neuen Trainingsflugzeuges für die Jetpiloten der Schweizer Luftwaffe auf dem Militärflugplatz Emmen der Hawk akustisch erfasst. Drei Jahre später wurden in Payerne die restlichen Militärjets vermessen. 1991 und 1996 folgte in Zürich Kloten die akustische Erfassung der zivilen Grossraumflugzeuge. 1997 wurde wiederum in Payerne der F/A-18 vermessen. Gleichzeitig erfolgte in Ergänzung zu den 88er Messungen eine detailliertere Vermessung des F-5 und der Mirage III S zur Beschreibung separater Start-Richtcharakteristiken mit und ohne Nachbrenner. 1998 wurden in einer aufwändigen Kampagne die Helikopter Super-Puma, Alouette III und Agusta A109K2 in Turtmann akustisch vermessen [16]. Mit Validierungsmessungen in den Jahren 2000 und 2001 in Zürich und Genf wurden die Quellendaten überprüft. Mit einer weiteren Fluglärmmessung im Jahre 2004 wurden die Parameter für die bodennahe Schallausbreitung überprüft und weitgehend bestätigt. Diese Daten bildeten zudem die Grundlage für die Einführung einer typenspezifischen Pegelreduktion während dem Ausrollen auf der Piste.

Zur Zeit (Stand August 2010) umfasst der Quellendatensatz von FLULA2 je 81 Richtcharakteristiken für startende und landende Flugzeuge. Davon sind 55 (Start) bzw. 52 (Landung) Datensätze aus gemessenen Daten ermittelt worden. Die restlichen Daten sind mit Hilfe verschiedener Informationen von den gemessenen Datensätzen abgeleitet. Ihr Abstrahlverhalten wird auf der Basis einer "formähnlichen" Richtcharakteristik derart modelliert, dass sich in den Simulationsrechnungen die Messwerte von Monitoringstationen oder die Angaben der Hersteller oder die Zulassungsmessungen des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) reproduzieren lassen. Für 18 Flugzeugtypen existieren zudem Starttrichtcharakteristiken für unterschiedliche Leistungsniveaus. Hinzu kommen verschiedene Datensätze für spezielle Flugmanöver (Nachbrennerstarts von Militärjets, horizontale Überflüge für Helikopter). Insgesamt stehen damit (Stand August 2010) 187 Datensätze für die Simulation mit FLULA2 zur Verfügung. Sie sind im Quellendatensatz RC2005_01 zusammengefasst.

Als Folge des in FLULA2 gewählten Ansatzes zur Modellierung der entfernungsabhängigen Pegelabnahme ist das Modell nur bis zu einer endlichen Grenzdistanz r_{grenz} gültig. Um divergierende Werte zu vermeiden wurde in der bisherigen Implementierung von FLULA2 für Entfernungen $r > r_{grenz}$ ein vereinfachter Ansatz

verwendet und die atmosphärische Dämpfung mit dem konstanten Dämpfungskoeffizienten $\alpha = 1.0$ dB/km berechnet. Im Rahmen der im Jahr 2009 vorgenommenen Programm-Anpassungen wurde die atmosphärische Dämpfung mit einem typen- und entfernungsabhängigen Modell neu parametrisiert. Im Weiteren wurden die Programmstrukturen derart modifiziert, dass die während dem Start- und Landevorgang ändernde Schalleistung der Flugzeuge mit einer Reihe von Zusatzpegeln modifiziert werden kann.

Eine detaillierte Übersicht über alle zur Verfügung stehenden Datensätze mit der Angabe akustischer Kenngrößen und den für die Beschreibung der Luftdämpfung in grossen Entfernungen verwendeten Parametern sowie den bei Starts und Landungen zur Anwendung gelangenden Zusatzpegeln ist in der Beilage "Übersicht akustische Quellendaten" gegeben.

3. Schalldruckpegel und Fluglärm-Masse

3.1. Der zeitlich variable Schalldruckpegel $L_A(t)$

Der Schalldruckpegel $L(t)$ ist ein logarithmisches Mass für den Effektivwert des Schalldruckes am Empfangsort. Er wird mit Hilfe eines spektralen Filters (A-Filter) an die frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Ohres angepasst und für Fluglärmmessungen mit der Zeitkonstante "slow"⁵ gemessen. Der auf diese Weise ermittelte A-bewertete, zeitlich variable Schalldruckpegel $L_A(t)$ bildet die Ausgangsgrösse für zahlreiche Belastungsmasse. Er lässt sich wie folgt berechnen:

$$\text{Formel 3-1} \quad L_A(t) = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{RC} \int_{-\infty}^t \frac{p_A^2(\tau)}{p_0^2} e^{\frac{\tau-t}{RC}} d\tau \right)$$

$p_A(t)$ = A-bewerteter Schalldruck (Frequenzbewertung mit A-Filter)
 RC = Zeitkonstante
 p_0 = Bezugsschalldruck (= 20 μ Pa)

3.2. Die Fluglärm-Masse L_{eq} , L_{den} und L_r

Belastungsmasse beschreiben die Lärmbelastung an einem Empfangsort. Die Verwendbarkeit eines bestimmten Belastungsmasses für die Beschreibung der Störung wurde in verschiedenen Ländern anhand zahlreicher Labortests und sozio-psychologischer Befragungen untersucht.

Belastungsmasse basieren grundsätzlich auf messtechnisch erfassbaren, physikalischen Grössen, welche durch Feldmessungen oder Berechnungsverfahren ermittelt werden. Ein häufig verwendetes Mass ist der sogenannte Mittelungspegel oder äquivalente Dauerschallpegel L_{eq} (vgl. Formel 3-2). Grundlage für die Mittelwertbildung ist der sich während der Bezugszeit $T = T_2 - T_1$ verändernde A-bewertete Schalldruckpegel $L_A(t)$ (vgl. Formel 3-1).

$$\text{Formel 3-2} \quad L_{eq}(T) = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T} \int_{T_1}^{T_2} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right]$$

Als Zwischenschritt zur Berechnung des L_{eq} wird oft der Ereignispegel L_{AE} (A-bewerteter Schall-expositionspegel, engl.: A-weighted exposure level) verwendet. Der L_{AE} wird im Prinzip gleich wie der L_{eq} ermittelt, wobei die Bezugszeit T_0 einer Sekunde entspricht.

$$\text{Formel 3-3} \quad L_{AE} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T_0} \int_{T_1}^{T_2} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right]$$

Somit werden beim L_{AE} die Energien eines (oder mehrerer) Lärmereignisse auf die Dauer von einer Sekunde konzentriert. Der L_{eq} dagegen lässt sich als ein über den Betrachtungszeitraum T gemitteltes Dauergeräusch interpretieren. Er kann aus dem L_{AE} aufgrund nachfolgender Beziehung einfach berechnet werden:

$$\text{Formel 3-4} \quad L_{eq}(T) = L_{AE} - 10 \lg \frac{T}{T_0}$$

T_0 = Bezugszeit von 1 Sekunde

⁵ "slow" entspricht einer Zeitkonstanten von 1.0 s. Korrekterweise müsste der entsprechende Schalldruckpegel mit $L_{A,5}(t)$ bezeichnet werden. Der Einfachheit halber wird hier aber nur die abgekürzte Schreibweise $L_A(t)$ verwendet. Definitionen siehe EN bzw. IEC 61'672 - 1

Der aus den A-bewerteten Summenpegeln berechnete Mittelungspegel L_{eq} ist ein weit verbreitetes akustisches Belastungsmass. Er ist in gleichem Masse durch die Schallenergie einzelner Ereignisse wie durch deren Häufigkeit bestimmt.

Das Grundprinzip des L_{eq} lässt sich verfeinern, indem einzelne Perioden des Tages unterschiedlich gewichtet und diese Anteile zu einem einzigen *Index* zusammengefasst werden. Besonders bekannt sind der Tag-Nacht-Pegel (Day-Night-Level) L_{dn} und der Tag-Abend-Nacht-Pegel (Day-Evening-Night-Level) L_{den} . Der L_{den} erlangt zusehends an Bedeutung. Er wird wie folgt berechnet:

Formel 3-5

$$L_{den} = 10 \cdot \lg \frac{1}{24} \left[12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right]$$

L_{day} = A-bewerteter Mittelungspegel L_{eq} während der Tageszeit (12 Stunden)
 $L_{evening}$ = A-bewerteter Mittelungspegel L_{eq} während der Abendzeit (4 Stunden)
 L_{night} = A-bewerteter Mittelungspegel L_{eq} während der Nachtzeit (8 Stunden)

Je nach Land sind andere Definitionen der Tages-, Abend- und Nachtzeit gebräuchlich. Der L_{den} ist streng genommen kein akustisches Belastungsmass, sondern ein *Lärmindex*. Er beruht zwar auf physikalischen Grössen, beschreibt jedoch auf Grund der unterschiedlichen Gewichtung der einzelnen Tagesperioden den Umgebungslärm, welcher mit gesundheitsschädigenden Auswirkungen in Verbindung steht. Der L_{den} ist somit ein Mass für die Lärmstörung.

Das klassische *Störungsmass* ist jedoch der Beurteilungspegel L_r (engl.: rating level). Er wird beispielsweise in der Schweiz zur Beurteilung von Umgebungslärm verwendet. Der L_r setzt sich aus einem akustischen Mass (beispielsweise dem Mittelungspegel L_{eq}) und einer oder mehrerer Korrekturen additiv zusammen:

Formel 3-6

$$L_r = L_{eq}(T) + \sum_i K_i$$

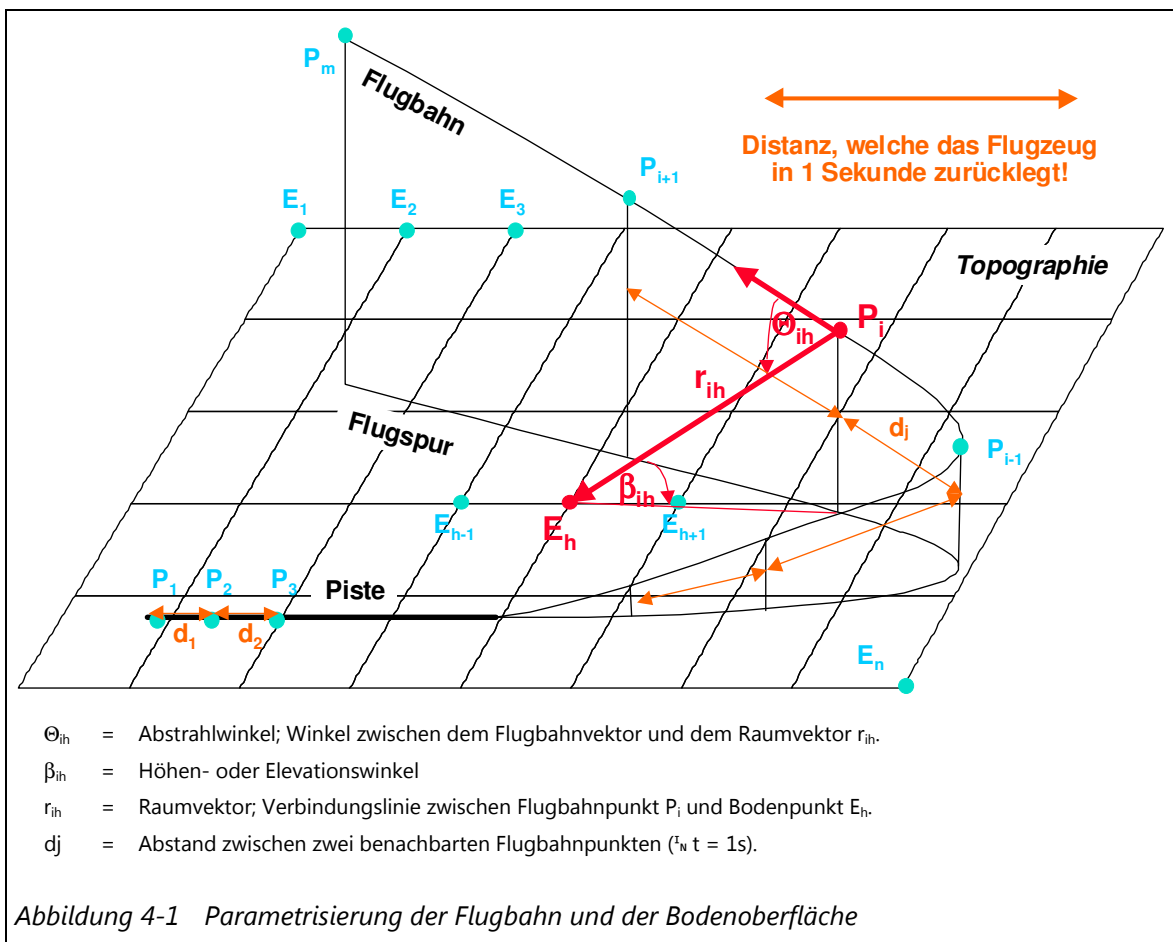
Mit den Korrekturen K_i wird in Formel 3-6 versucht, die unterschiedliche Störwirkung verschiedener Lärmarten bei identischem L_{eq} auszugleichen.⁶ Der L_r gemäss obiger Gleichung wird in der Schweiz als gesetzlich vorgeschriebenes Mass zur Beurteilung des zivilen und militärischen Fluglärms verwendet.

⁶ Die Korrekturen K_i werden in der Regel vom Gesetzgeber vorgegeben und ergeben sich aus umfangreichen sozio-psychologischen Untersuchungen.

4. Beschreibung des Berechnungsverfahrens

4.1. Bestimmung der Flugbahnen und Empfängerpositionen

Ein Flugzeug bewegt sich im Raum entlang seiner *Flugbahn* (engl.: flight path). Um die Flugbahnen einfacher beschreiben zu können, werden sie meistens in *Flugspuren*⁷ (engl.: flight track) und in *Steigprofile*⁸ (engl.: climb profile) unterteilt. Lage und Verlauf der Flugspuren hängen im Rahmen der Flugvorschriften stark von der Navigation der Piloten ab. Die Steigprofile werden dagegen weitgehend durch die Eigenschaften des Flugzeugs bestimmt (aktuelles Startgewicht, Leistungssetzung der Triebwerke, Steigvermögen, etc.). Um den Momentanpegel $L_A(t)$ am Boden berechnen zu können, muss neben der Flugbahn auch die topographische Höhe des Empfangspunktes bekannt sein.



4.1.1. Topographie

In der Umgebung des Flugplatzes wird auf einem erdfesten Koordinatensystem (x und y in Landeskoordinaten, z als Höhe in Metern über Pistenschwelle) ein Netz von n Empfängerpunkten E_h festgelegt. Die Geländehöhe wird aus einem digitalen Höhenmodell⁹ entnommen und auf die lokalen Verhältnisse umgerechnet ($z = 0$ Meter auf mittlerer Höhe des Pistensystems). Die Maschenweite des Bodengitters kann individuell festgelegt werden. Je nach Grösse des Berechnungsausschnittes sind es in der Regel zwischen

⁷ Projektion der Flugbahn in die Grundriss-Ebene.

⁸ Höhenprofil der Flugbahn in Funktion der abgewickelten Flugdistanz.

⁹ z.B. RIMINI-Datensatz des VBS oder digitales Höhenmodell DHM25 des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo).

100 und 250 Meter. An allen n Gitterpunkten des Bodenrasters werden in der Simulation die zeitlichen Verläufe der Schallpegel während eines Vorbeifluges berechnet.

4.1.2. Allgemeine Beschreibung der Flugbahn

Die Positionen des Flugzeuges im Raum werden für Zeitabstände von je 1 Sekunde Flugzeit in Landeskoordinaten (x,y) und in Höhe über dem Pistensystem (z) in Tabellenform abgespeichert. Für jede Flugbewegung (Start oder Landung) werden auf diese Weise insgesamt m diskrete Flugbahnpunkte P_i erzeugt (vgl. Abbildung 4-1). Die Anzahl der Flugbahnpunkte und der Abstand d_j zwischen zwei benachbarten Punkten hängt dabei von der aktuellen Geschwindigkeit ab, welche sich entweder direkt aus den Radaraufzeichnungen der Flugwegüberwachung oder anhand eines Geschwindigkeitsprofils auf der Basis von Herstellerangaben berechnen lässt.

Falls Radaraufzeichnungen existieren, können diese direkt zu individuellen Flugbahnen verarbeitet werden (für jeden Einzelflug eine separate Flugbahn). Für Situationen ohne Radaraufzeichnungen muss ein Umweg über Flugspuren und Steigprofile gewählt werden.

4.1.3. Einzel-Flugbahnen basierend auf Radaraufzeichnungen

Im Programm-Paket FLULA2 stehen speziell entwickelte Auswerteprogramme zur Verfügung, welche verschiedene Radarformate lesen und auswerten können. Die Radardaten werden dabei mit Hilfe einer Spline-Interpolation geglättet und zum Startpunkt auf der Piste extrapoliert. Für jeden Flug wird das Geschwindigkeitsprofil ermittelt und daraus die variablen Bahnpunkt-Abstände d_j bestimmt, welche zur Berechnung der diskreten Flugbahnpositionen dienen.

Formel 4-1

$$d_j = v_j \cdot \Delta T$$

v_j = Geschwindigkeit im betrachteten Flugbahnpunkt

ΔT = Zeit-Inkrement für die Berechnung; in FLULA2 standardmässig auf eine Sekunde gesetzt.

Für jede Flugbewegung wird somit eine individuelle Flugbahn erzeugt. Solche Einzel-Flugbahnen werden auch verwendet, um den Zeitverlauf berechneter Pegel mit (Monitoring-) Messungen zu vergleichen.

Standardmässig wird zur Berechnung von Gesamtbelastungen das Verfahren der Einzelflugsimulation eingesetzt, wenn eine genügende Anzahl verlässlicher Radardaten verfügbar ist (vgl. Kapitel 4.4.1: Einzelflugsimulation).

4.1.4. Idealisierte Flugbahnen

In vielen Fällen werden die Flugbahnen aus mittleren Steigprofilen und idealisierten Flugspuren berechnet.

Mittlere Steigprofile:

Für jeden Flugzeugtyp werden individuelle Steigprofile erarbeitet und in Tabellenform abgespeichert. Die Tabelle enthält die Flughöhe über Pistenschwelle und die Geschwindigkeit (in m/s) in Funktion der abgewinkelten Flugdistanz¹⁰.

Falls Radardaten und Bewegungslisten¹¹ existieren, so werden für die Berechnung zuerst die Flugbahnen nach Flugzeugtyp und Abflugroute selektiert, und daraus sämtliche Steigprofile erstellt. Aus dieser Kurvenschar wird mit einem "B-spline least square fit" für jeden Flugzeugtyp das mittlere Steigprofil berechnet (vgl. Abbildung 4-2).

Falls keine Radardaten verfügbar sind, müssen die Steigprofile manuell erstellt werden, indem die Informationen über das Steigverhalten vom Auftraggeber bereitgestellt, bzw. aus den amtlichen Publikationen über die flugbetrieblichen Vorschriften entnommen oder beim Flugzeughersteller erfragt werden.

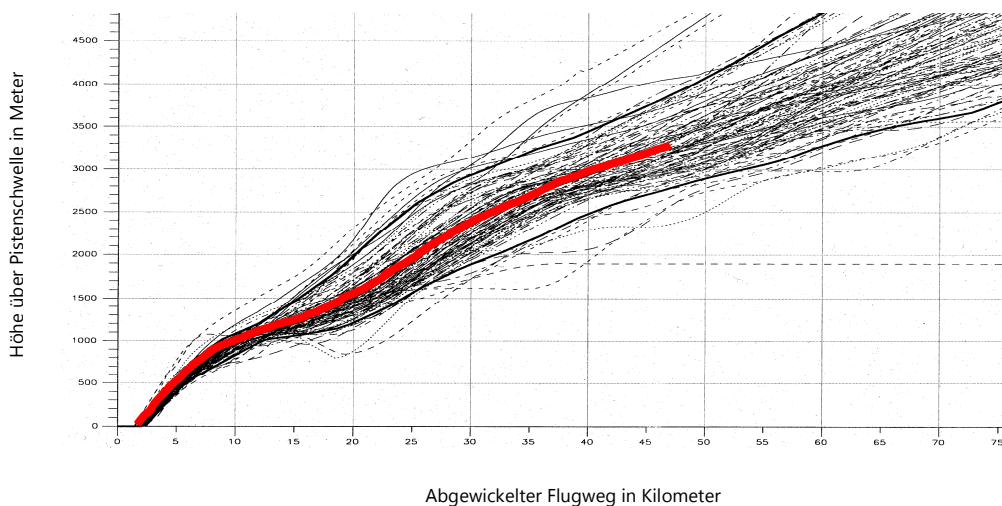


Abbildung 4-2 Steigprofile von 107 Airbus A321 bei Starts im Jahr 1997 auf Piste 16 in Zürich Kloten (Route F16); die rote Linie zeigt das aus den individuellen Profilen berechnete, mittlere Steigprofil des A321 für einen Start auf Route F16 in Zürich Kloten.

Idealisierte Flugspuren:

Liegen die Informationen zu den Flugspuren nur als Kurven auf einer Landkarte vor, so werden diese mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems (GIS) eingelesen und digitalisiert. Entsprechend den Angaben über den Flugbetrieb wird jede Flugroute zur Berücksichtigung der räumlichen Streuung mittels mehrerer seitlich versetzter Spuren approximativ dargestellt. Im einfachsten Fall werden drei Spuren definiert: eine Mittelspur sowie eine linke und rechte Spur. Liegen keine detaillierten Informationen über die Verteilung der Flugbewegung auf die 3 Spuren vor, dann wird eine Verteilung im Verhältnis 1/6, 2/3, 1/6 angenommen. Sind dagegen Radaraufzeichnungen der Flugwegüberwachung verfügbar, können die Flugspuren nach einem halbautomatischen Verfahren erzeugt werden: Für jede An- und Abflugroute wird

¹⁰ Die Länge der in die Horizontalebene projizierten Flugbahn, gemessen vom Startpunkt auf der Piste.

¹¹ Auflistung sämtlicher Starts und Landungen eines laufenden Jahres mit Angaben über den Flugzeugtyp, die Flugnummer, das maximale und aktuelle Abfluggewicht, die geflogene Route, etc.

eine zufallsgenerierte Auswahl von Radarspuren auf eine Karte gezeichnet. In dieses Gewirr von aufgezeichneten, realen An- und Abflugwegen legt man je nach Dichte des Verkehrs drei bis sieben Spuren, welche anschliessend digitalisiert werden. Anhand der realen Radaraufzeichnungen wird eine Verteilung der Flugbewegungen auf die einzelnen digitalisierten Spuren in Form von Gewichtungsfaktoren berechnet.

Wegen des grossen Vorverarbeitungsaufwandes wurden idealisierte Spuren nur für die Gesamtheit aller Flugbewegungen auf einer Flugroute erarbeitet. Das Verfahren der "idealisierten Spuren" hat deshalb den Nachteil, dass in der Verteilung der Flugbewegungen die verschiedenen Flugzeugtypen nicht unterschieden werden. Diese Vereinfachung fällt beim Geradeausflug kaum ins Gewicht. Sie kann jedoch im Kurvenflug zu Fehlern in der Berechnung der Fluglärmbelastung führen. Denn leichte Flugzeuge werden eher enge Radien, grosse und schwere Flugzeuge vermehrt weite Radien fliegen.

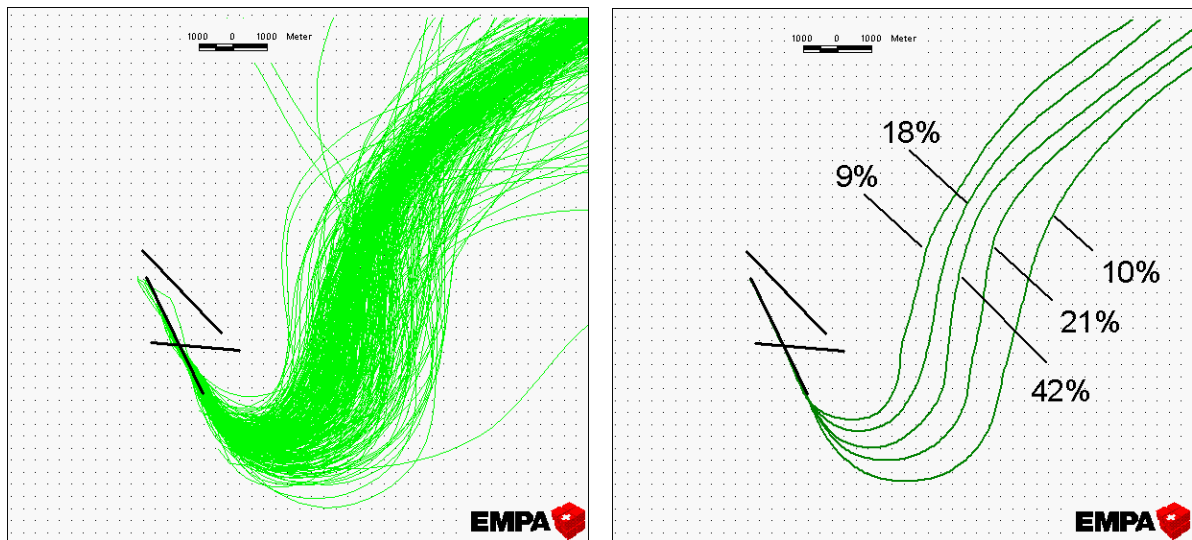


Abbildung 4-3 Links: Radarspuren von Starts 1997 in Zürich Kloten auf Piste 16, Route F16.
Rechts: Idealisierte Spuren mit der Verteilung der Flugbewegungen (Gewichtungsfaktoren).

4.2. Festlegung der Bewegungszahlen und der Flottenzusammensetzung

Die Bewegungszahlen stammen je nach Situation aus digitalen Aufzeichnungen, aus Erhebungen oder aus Prognosen über den Flugbetrieb. Die für die Berechnungen massgebenden Bewegungszahlen werden in die sogenannte Bewegungsstatistik geschrieben. In den Zeilen dieser Tabelle stehen die verschiedenen Flugzeugtypen, in den Spalten die An- oder Abflugrouten und in den Feldern der Kreuztabelle steht die Anzahl der pro Typ und Route berücksichtigten Flugbewegungen.

Jeder Start und jede Landung zählt als eine Flugbewegung. Ein Durchstartmanöver entspricht zwei Flugbewegungen, nämlich einer Landung und einem Start. Deshalb werden zur Berechnung der Fluglärmbelastung im Minimum 2 Kreuztabellen erstellt: Eine *Startstatistik* und eine *Landestatistik*. Die Bewegungsstatistiken bilden zusammen mit den Flugbahnen, der Topographie und den Richtcharakteristiken die Eingabedaten für die Fluglärmrechnungen.

Wie in Abschnitt 2.3 erläutert, stehen nicht genügend Messungen zur Verfügung, um die akustischen Eigenschaften sämtlicher auf einem Flughafen verkehrenden Flugzeuge individuell beschreiben zu können. Es stehen jedoch die Richtcharakteristiken der wichtigsten Flugzeugtypen zur Verfügung. Die restlichen Typen, welche nicht mittels einer gemessenen oder abgeleiteten/modellierten Richtcharakteristik beschrieben werden können, werden Typen mit gleichen oder ähnlichen akustischen und flugtechnischen Eigenschaften zugeordnet. Die Zuordnungen werden auf der Basis der Triebwerktypen und

Triebwerkleistungen (Ähnlichkeiten in den Motorengeräuschen) sowie der Form der Flugzeugzelle (Ähnlichkeiten in den aerodynamischen Geräuschen) vorgenommen. Die Zuordnung der einzelnen Flugzeugtypen zu den akustischen Quellendaten ist aus der Auflistung in der zu dieser Programm-Dokumentation gehörenden Beilage "Übersicht akustische Quellendaten" ersichtlich.

4.3. Berechnung der Schallpegel

4.3.1. Allgemeines Quellenmodell

Auf Grund des in Abschnitt 2 vorgestellten Quellenmodells lässt sich der A-bewertete Schallpegel für eine diskrete Flugzeugposition an einem beliebigen Empfangspunkt E_h durch eine trigonometrische Polynomfunktion ausdrücken (durch Verknüpfung der Formeln 2-1 und 2-2 erhält man Formel 4-2). Für jedes gemessene Flugzeug steht ein Satz von 32 H_{ik} -Koeffizienten zur Verfügung. Kennt man diese Koeffizienten und den Abstand r zwischen Quelle und Empfänger sowie den Abstrahlwinkel θ lässt sich der zugehörige Schallpegel beim Empfangspunkt wie folgt berechnen:

$$\text{Formel 4-2} \quad L_A(\theta, r) = \sum_{i=0}^7 (H_{i1} \cdot 20 \lg(r) + H_{i2} + H_{i3} \cdot r + H_{i4} \cdot r^2) \cdot \cos^i(\theta); \text{ für } r \leq 4500 \text{ m}$$

Die Funktion $L_A(\theta, r)$ beschreibt die Richtungs- und Abstandsabhängigkeit des Immissionspegels für Standardatmosphäre (15°C und 70% rel. Luftfeuchtigkeit). Da die Richtcharakteristiken auf Messungen in 10 Metern Höhe basieren, gilt der berechnete Pegel für ähnlich hohe Empfängerpositionen. Die Formel enthält die Frequenzabhängigkeit der Schallabstrahlung und die Frequenzabhängigkeit der atmosphärischen Dämpfung.

4.3.2. Berechnungen für Entfernungen über 4'500 m

Die Formel 4-2 gilt nur bis zu Distanzen von $r \leq 4500$ Meter, für grosse Distanzen r divergiert die Formel. Ab einer Grenzdistanz von 4500 Metern wird deshalb die Schallausbreitung mit einer modifizierten Formel berechnet:

$$\text{Formel 4-3} \quad L_A(r, \theta) = L_A(r_{\text{grenz}}, \theta) - 20 \cdot \lg\left(\frac{r}{r_{\text{grenz}}}\right) - b \cdot (r^m - r_{\text{grenz}}^m) \quad ; \text{ für } r > r_{\text{grenz}}$$

r_{grenz} = Grenzdistanz von 4500 Metern

b, m = Parameter zur Beschreibung der atmosphärischen Dämpfung

Die Parameter b und m werden für jeden Flugzeugtyp und jede durch einen separaten RC-Datensatz beschriebene Leistungsstufe (Landung, Start mit reduzierter Leistung, Start mit maximaler Leistung, Start mit Nachbrenner) aus den durch die H_{ik} -Koeffizienten definierten Quellendaten ermittelt. Durch die Subtraktion des die geometrische Divergenz beschreibenden Teils von Formel 4-2 wird die aus dem FLULA2 Modell resultierende atmosphärische Dämpfung zwischen der Entfernung r und der Referenzdistanz r_0 berechnet.

$$\text{Formel 4-4} \quad A_{\text{atm},A}(r, \theta) = L_A(r_0, \theta) - L_A(r, \theta) - 20 \cdot \lg\left(\frac{r}{r_0}\right)$$

Da die Luftdämpfung neben der Entfernung auch von der Richtung abhängig ist, wird die massgebende mittlere Dämpfung $\overline{A_{atm,A}(r)}$ aus der für verschiedene Richtungen nach Formel 4-4 berechneten Dämpfung gemittelt (energetischer Mittelwert der negative Dämpfungswerte).

$$\text{Formel 4-5} \quad \overline{A_{atm,A}(r)} = -10 \cdot \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{-0.1 \cdot A_{atm,A}(r, \theta_i)} \right)$$

Durch die Vorgabe der Dämpfung für zwei Entfernungen r_1 und r_2 werden die Parameter b und m nach Formel 4-6 berechnet.

$$\text{Formel 4-6} \quad m = \frac{\ln(A_{atm,A}(r_2)) - \ln(A_{atm,A}(r_1))}{\ln(r_2) - \ln(r_1)}$$

$$\ln b = \frac{\ln(r_2) \cdot \ln(A_{atm,A}(r_1)) - \ln(r_1) \cdot \ln(A_{atm,A}(r_2))}{\ln(r_2) - \ln(r_1)}$$

Die für die Berechnung der mittleren Luftdämpfung und den daraus resultierenden Parameter b und m massgebenden Einstellungen sind in Tabelle 4-1 zusammengefasst.

Tabelle 4-1 Parameter zur Berechnung der mittleren Luftdämpfung

| Bezeichnung | Formelzeichen | Wert |
|----------------------|---------------|----------------|
| Referenzdistanz | r_0 | 1 m |
| untere Bezugsdistanz | r_1 | 3000 m |
| obere Bezugsdistanz | r_2 | 4500 m |
| Emissionswinkel | θ_i | 60°, 90°, 120° |

Die pro Flugzeugtyp gültigen Werte für b und m sind in der Beilage "Übersicht akustische Quellendaten" angegeben.

4.3.3. Pegelreduktion für flache Einfallswinkel

Bei kleinen Schalleinfallswinkeln β (vgl. Abbildung 4-1, Seite 16) gibt es eine zusätzliche Pegelminderung, die mit einem empirischen Dämpfungsfaktor berücksichtigt wird.

$$\text{Formel 4-7}^{12} \quad \Delta L(\beta, r) = [1 - 3.8637 \cdot \sin(\beta)] \cdot (10.1451 - 9.9 \cdot e^{(-0.00134 \cdot r)}) \quad ; \text{ für } \beta < 15^\circ$$

$$\Delta L(\beta, r) = 0 \quad ; \text{ für } \beta \geq 15^\circ$$

Die Pegelkorrektur nach Formel 4-7 ist als reine Bodendämpfung konzipiert. In dieser Formel sind der eigentliche Bodeneffekt und der Meteeffekt in vereinfachter Weise zusammengefasst. Der massgebliche Elevationswinkel β wird gemäss Formel 4-8 aus der freien Fläche F_f zwischen der Quelle und dem

¹² Die aufgeführte Bodendämpfungsformel für Fluglärm entstand Mitte der 80er Jahre in Analogie zu einer empirischen Formel, welche ganz allgemein die Bodendämpfung beschreibt. Anhand theoretischer Überlegungen und anhand von Vergleichen mit berechneten und an Monitoringstationen gemessenen Pegelwerten entwickelte S. Pietrzko diese Bodendämpfungsformel für Fluglärm.

Empfänger bestimmt¹³. Die freie Fläche liegt wie aus Abbildung 4-4 ersichtlich zwischen dem Sichtstrahl QE' (Vektor \vec{r}) von der Quelle Q zum Fusspunkt des Empfängers E' und dem darunter liegenden Topografieprofil nach Q' . Der gesuchte Elevationswinkel ergibt sich in Anlehnung an die Verhältnisse bei einer Dreiecksfläche unter Anwendung nachfolgender Rechenvorschrift:

Formel 4-8
$$\sin(\beta) = \frac{2 \cdot F_f}{|\vec{r}'| \cdot |\vec{r}''|}$$
 wobei $|\vec{r}'|$ und $|\vec{r}''|$ je die Länge des Vektors bezeichnen

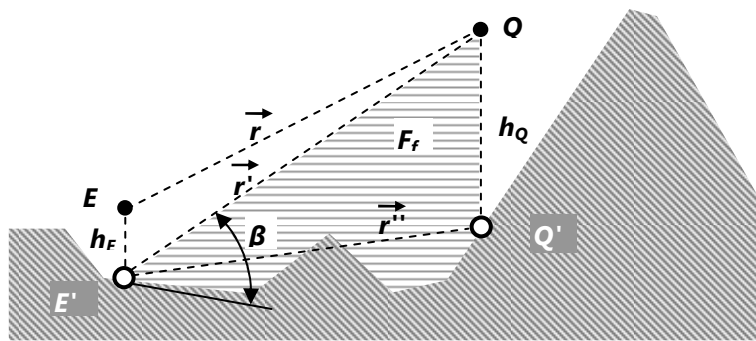


Abbildung 4-4 Schematische Darstellung der freien Fläche F_f unterhalb der Verbindungslinie zwischen Quelle Q und Fusspunkt E'' des Empfängers E .

Hinweis:

Die freie Fläche F_f bezieht sich auf die Verbindungslinie von der Quelle Q zum Fusspunkt E'' des Empfängers E , und nicht auf die direkte Linie r_0 von Q zum Empfänger E . Der mit dieser Methode ermittelte Elevationswinkel β ist damit unabhängig von der Empfängerhöhe h_E .

4.3.4. Pegeländerungen während dem An- und Abflug

Zur Berücksichtigung unterschiedlicher Betriebszustände während dem An- und Abflug werden Zusatzpegel definiert, welche die Pegeländerung bezüglich dem für das Quellenmodell geltenden Referenzzustand beschreiben. Die Zusatzpegel sind dB(A)-Werte, die zu dem aus dem ursprünglichen Quellenmodell resultierenden A-bewerteten Schalldruckpegel addiert werden. Die Richtwirkung des Quellenmodells wird dadurch nicht verändert. Mit diesen Zahlen werden Pegeländerungen definiert, welche als Folge der Leistungsreduktion nach dem Start (Cut-Back), beim Übergang vom Steigflug in den Horizontalflug sowie beim Verwenden der Auftriebshilfen und des ausgefahrenen Fahrwerks auftreten.

Für die Beschreibung der beim Start, bei der Landung und bei Volten auftretenden Flugzustände werden insgesamt 19 verschiedenen Konfigurationen definiert. Die zu den einzelnen Konfigurationen gehörenden Klappen- und Fahrwerksstellungen und Schubwerte sind in Tabelle 4-2 angegeben. Die aus den Messdaten hergeleiteten Quellendaten (Hik-Koeffizienten) beziehen sich auf die Konfigurationen A41 bei Landungen und auf D12 bei Starts. Für alle anderen Zustände werden die bezüglich dieser Referenzzustände geltenden Pegeldifferenzen durch entsprechende Zusatzpegel definiert. Für die Mehrzahl dieser Zustände fehlen zurzeit noch gesicherte Informationen über das Ausmass der jeweiligen Pegeländerungen, aber die Struktur wurde besonders im Hinblick auf Forschungsfragen im Zusammenhang mit lärmarmen Flugverfahren vorbereitet. Von Null verschiedene Werte sind wie bisher für die Beschreibung des Cut-Back's (D11) sowie zur Berücksichtigung der Pegelreduktionen während dem Ausrollen auf der

¹³ Die Methode wurde von Ernst Lobsiger beschrieben und ist in IMMPAC implementiert: Lobsiger, E. (2005): IMMPAC, ein Verfahren und Programm zur Berechnung und Darstellung von Fluglärmimmissionen. Belp, 6. März 2005 (unveröffentlichter Bericht).

Piste (REV1) für Propellerflugzeuge und Militärjets definiert. Die zu den einzelnen Quelldatensätzen definierten Zusatzpegel sind in der Beilage "Übersicht akustische Quelldaten" in 2.5 angegeben.

Tabelle 4-2 Konfigurationsstufen bei der Landung, beim Start und beim Voltenflug; A41 ist die Konfiguration der in FLULA2 verwendeten Landerichtcharakteristiken, D12 diejenige der Startrichtcharakteristiken.

| Landung | | | | |
|------------|----------------|---------------|---------|-----------------|
| config* | Klappen | Fahrwerk | Schub | ΔL^{**} |
| REV1 | k.A. | down | < REV2 | k.A. |
| REV2 | k.A. | down | k.A. | k.A. |
| A41 | Stufe 4 | 1=down | ca. 50% | 0 |
| A40 | Stufe 4 | 0=up | k.A. | k.A. |
| A31 | Stufe 3 | 1=down | k.A. | k.A. |
| A30 | Stufe 3 | 0=up | k.A. | k.A. |
| A21 | Stufe 2 | 1=down | k.A. | k.A. |
| A20 | Stufe 2 | 0=up | k.A. | k.A. |
| A11 | Stufe 1 | 1=down | k.A. | k.A. |
| A10 | Stufe 1 | 0=up | k.A. | k.A. |
| A00 | Stufe 0 | 0=up | k.A. | k.A. |

| Start | | | | |
|------------|------------------|-----------|------------------|-----------------|
| config | Klappen | Fahrwerk | Schub | ΔL^{**} |
| T12 | Stufe 1+F | down | takeoff=2 | k.A. |
| T22 | Stufe 2 | down | takeoff=2 | k.A. |
| D12 | Stufe 1+F | up | takeoff=2 | 0 |
| D22 | Stufe 2 | up | takeoff=2 | k.A. |
| D21 | Stufe 2 | up | derated=1 | CB |
| D11 | Stufe 1+F | up | derated=1 | CB |
| D00 | Stufe 0 | up | climb=0 | CB |

| Volte | | | | |
|--------|---------|----------|-------|-----------------|
| Config | Klappen | Fahrwerk | Schub | ΔL^{**} |
| V00 | Stufe 0 | up | Volte | k.A. |

* config = configuration (Konfigurationen): A = Approach (Anflug), D = Departure (Abflug), REV = Reverse (Umkehrschub), T = Takeoff (Start), V = Volte

** Zusatzpegel gegenüber Referenzzustand A41 resp. D12

CB = Cut-Back

k.A. = zurzeit keine Angaben verfügbar

4.4. Ablauf der Simulation

4.4.1. Erzeugen des Pegel-Zeit-Verlaufes eines einzelnen Flugereignisses

Der Ablauf der Simulation im Computer ist im Prinzip das Spiegelbild der Messung. Unter Anwendung der Polynomfunktion wird von der Quelle zum Empfänger gerechnet, wobei der Immissionspegel des Flugzeugs durch die 32 aus den Messungen abgeleiteten Koeffizienten beschrieben wird. Distanz und Abstrahlwinkel lassen sich nach trigonometrischen Gesetzen berechnen. Die Flugbahn wird durch Positionen mit definierten Abständen ersetzt. (Die Abstände entsprechen dabei dem Flugweg, welcher das Flugzeug in einer Sekunde zurücklegt.) Nun wird in jede Position der Flugbahn nacheinander die Quelle mit Richtwirkung gesetzt und im Bodenpunkt der zugehörige Pegel L_{Ai} berechnet (vgl. Formel 4-9.) Bei flachen Schalleinfallswinkeln wird die Bodendämpfung gemäss Formel 4-7 berücksichtigt.

Formel 4-9 ¹⁴

$$L_{Ai} = L_A(\theta_{ih}, r_{ih}) - \Delta L(\beta_{ih}, r_{ih})$$

- L_{Ai} = A-bewerteter Momentanpegel am Empfangspunkt E_h .
- r_{ih} = momentane Distanz zwischen Flugbahnpunkt P_i und Empfangspunkt E_h .
- θ_{ih} = momentaner Abstrahlwinkel (Winkel zwischen Flugbahnvektor im Bahnpunkt P_i und Raumvektor \vec{r}_{ih})
- ΔL = Pegelkorrektur bei flachem Schalleinfall
- β_{ih} = momentaner Elevationswinkel (Winkel, unter welchem das Flugzeug im Bahnpunkt P_i vom Empfangspunkt E_h aus gesehen wird).

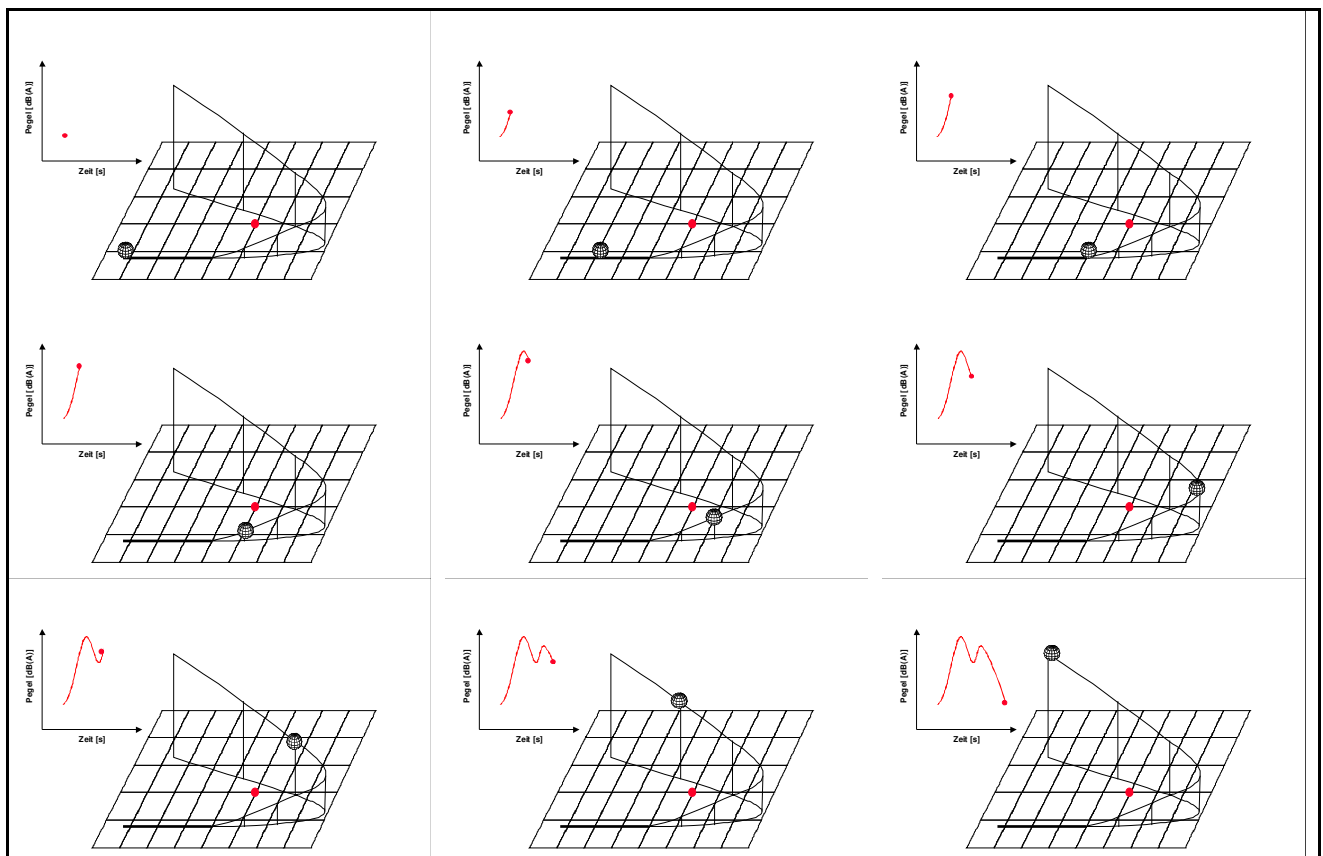


Abbildung 4-5 Simulation des Pegel-Zeit-Verlaufes an einem beliebigen Empfangspunkt (rot markiert) eines einzelnen Fluges.

¹⁴ Formel 4-9 setzt sich aus der Formel 4-2, bzw. Formel 4-3 und der Formel 4-7 zusammen; die geometrischen Verhältnisse sind in der Abbildung 4-1 ersichtlich.

Die Verweildauer der Quelle in jeder Flugbahnposition beträgt genau 1 Sekunde. Aus der Aneinanderreihung aller am Bodenpunkt berechneten Pegel (von 1 Sekunde Dauer) ergibt sich der Zeit-Verlauf eines Überflugs. Wie dies im Detail vor sich geht, wird aus Abbildung 4-5 anhand des rot eingefärbten Empfangspunktes ersichtlich. Da die einzelnen Flugbahnpositionen vom Empfänger unterschiedlich weit entfernt sind, weisen die von verschiedenen Positionen ausgesandten Schallwellen unterschiedliche Zeitverzögerungen auf. Dieser Effekt spielt bei der Berechnung der Ereignispegel L_{AE} und der Mittelungspegel L_{eq} praktisch keine Rolle und wird deshalb in der Regel nicht berücksichtigt. Wenn aber der genaue Pegel-Zeit-Verlauf eines einzelnen Flugereignisses an einem spezifizierten Empfangspunkt berechnet werden soll, so kann im Programm-Paket FLULA2 die zeitliche Verschiebung berücksichtigt werden.

Die oben beschriebene Berechnung wird für jede Flugroute und jeden darauf verkehrenden Flugzeugtyp ausgeführt. Je nachdem, in welcher Form die Flugbahnen vorliegen, gelangen folgende zwei Konzepte zur Anwendung:

Einzelflugsimulation In der Einzelflugsimulation werden für jede Route und jeden Flugzeugtyp einzelne Flugbahnen aus dem Radardatensatz ausgewählt. Für sämtliche pro Flugzeugtyp (RC-Typ) und Route ausgewählte Einzelflüge wird die Belastung an allen Gitterpunkten berechnet. Die Belastungen werden anschliessend energetisch gemittelt und auf eine einzige Flugbewegung normiert. Man erhält die Belastungsmatrix (sog. Footprint) einer einzigen Bewegung des betreffenden Typs auf der entsprechenden Route. Bei der Auswahl der Flugbahnen aus den Radardaten werden dabei zwei verschiedene Verfahren unterschieden:

a) Statistische Auswahl:

Bei der statistischen Auswahl werden pro Typ und Route eine vorgegebene Anzahl (Standardwert: 100) Flugbahnen zufällig ausgewählt.

b) Full-Size Methode:

Bei der Full-Size Methode werden alle verfügbaren Flugbahnen ausgewählt und durchgerechnet. Für eine bessere Abbildung der tageszeitlichen Verteilung der Flugrouten werden die Flugbahnen nach den gemäss LSV massgebenden Beurteilungszeiten Tag sowie erste, zweite und letzte Nachtstunde getrennt ausgewählt und zusammengefasst.

Idealisiertes Verfahren Das idealisierte Verfahren verwendet mittlere Profile und idealisierte Spuren (vgl. Abschnitt 4.1.4). Daraus werden pro Flugzeugtyp und Route eine oder mehrere Flugbahnen berechnet je nach Anzahl der Offsetspuren. Es wird pro Flugbahn wie in der Einzelflugsimulation je eine Belastungsmatrix berechnet. Die Verwendung von mittleren Profilen berücksichtigt keine vertikale Streuung der Flugwege; durch die Verwendung von Offsetspuren kann die horizontale Streuung bis zu einem gewissen Grad nachgebildet werden. Das idealisierte Verfahren stellt jedoch ein an die tatsächlichen Verhältnisse angenähertes Verfahren dar. Es wird deshalb überall dort angewendet, wo keine oder nur eine ungenügende Anzahl von Radaraufzeichnungen verfügbar sind.

4.4.2. Berücksichtigung der Leistungssetzung

Zivile Flugzeuge starten teilweise mit reduzierter Triebwerksleistung (engl.: derated power bzw. Flex Take-off). Zudem wird bei dem in der Schweiz auf den Flughäfen Zürich und Genf verwendeten Startverfahren gemäss ICAO A nach Erreichen einer Flughöhe von 1'500 Fuss (ca. 450 Meter) über Grund die Leistung von "take-off-power" auf "climb power" reduziert.

Die Leistungssetzung wird in der Simulation mit FLULA2 berücksichtigt, indem für die normalen Starts und für Starts mit maximaler Leistung unterschiedliche Richtcharakteristiken verwendet werden. Die Ermittlung der Leistungssetzung und damit die Wahl der Richtcharakteristik erfolgt über das Verhältnis des aktuellen zum maximalen Abfluggewicht.

Bei den Militärflugzeugen gibt es eine Variation für den Fall eines Starts mit Nachbrenner. Hier erfolgt die Berechnung des ersten Teils des Pegel-Zeit-Verlaufs mit der Richtcharakteristik für Nachbrennerstarts. Wenn der Nachbrenner nach einer vorgeschriebenen Entfernung vom Startpunkt abgeschaltet wird, so wird ab diesem Zeitpunkt die Berechnung mit der Richtcharakteristik ohne Nachbrenner fortgesetzt.

Weitere Pegeländerungen während dem Start oder der Landung können mit Hilfe von Zusatzpegeln berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 4.3.4). Dazu muss der Programmbenutzer in einem Steuerfile Kriterien festlegen, die sich auf einen oder mehrere der folgenden Parameter beziehen:

- Momentane Flughöhe über Piste
- Länge der Flugbahn
- Länge der Flugbahn in der Grundrissebene
- Steigung der Flugbahn

4.4.3. Berechnung und Darstellung der globalen Belastung

Von dem am Empfangspunkt E_h berechneten Pegel-Zeit-Verlauf wird der Maximalwert L_{Amax} und der Ereignispegel L_{AE} gespeichert (vgl. Abbildung 4-6). Dabei erhält man den L_{AE} durch Aufsummieren sämtlicher Energiebeiträge der einzelnen Flugbahnpositionen vom gesamten Flugweg (energetische Summation aller M Momentanpegel).¹⁵

$$\text{Formel 4-10} \quad L_{AE} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^M 10^{\frac{L_{Ai}}{10}} \cdot \Delta T \right]$$

ΔT = Zeit-Inkrement für die Berechnung; in FLULA2 standardmässig auf eine Sekunde gesetzt.

T_0 = Bezugszeit von 1 Sekunde

¹⁵ Für spezielle Anwendungen kann auch der vollständige Pegel-Zeit-Verlauf abgespeichert werden.

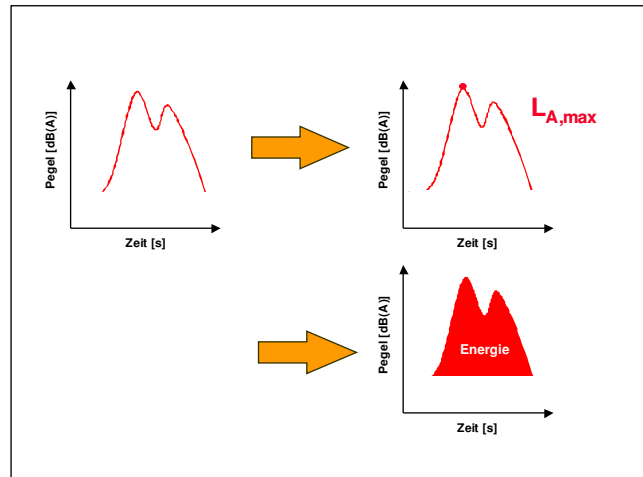


Abbildung 4-6 Maximalpegel und LAE aus dem Pegel-Zeit-Verlauf eines einzelnen Überfluges.

Führt man diese Berechnung für sämtliche N Empfangspunkte durch, so erhält man die Belastungsmatrix des simulierten Einzelfluges. Für jeden Flugzeugtyp auf jeder Flugbahn wird eine solche Matrix erstellt. Zur Ermittlung der Gesamtbelastung werden nun die S verschiedenen Belastungsmatrizen mit den Bewegungszahlen gewichtet energetisch addiert. Der Gesamt- L_{AE} am Empfangspunkt E_h wird nach Formel 4-11 berechnet.

Formel 4-11

$$L_{AE,tot} = 10 \lg \left[\sum_{k=1}^S G_k \cdot 10^{\frac{L_{AE,k}}{10}} \right]$$

- $L_{AE,tot}$ = Gesamtenergie aller an einem beliebigen Empfangspunkt erfassten Flugereignisse
- $L_{AE,k}$ = Energieinhalt eines einzelnen, an einem beliebigen Empfangspunkt erfassten Flugereignisses.
- G_k = Gewichtungsfaktor: G_k ist das Produkt der Anzahl Bewegungen pro Tag und – falls idealisierte Spuren verwendet werden – dem Bruchteil dieser Bewegungen auf der entsprechenden Offset-Flugspur.
- S = Anzahl der an einem beliebigen Empfangspunkt vorgenommenen Simulationsrechnungen.

Die Mittelungspegel L_{eq} in den n Empfangspunkten berechnen sich nach Formel 3-4 Seite 14, indem die Gesamt- L_{AE} 's als Dauergeräusch auf einen bestimmten Betrachtungszeitraum bezogen werden (zum Beispiel 16 Stunden resp. 57'600 Sekunden für die Tagesbelastung von 06 bis 22 Uhr). Gleiche L_{eq} -Werte werden über einen B-Spline-Algorithmus zweiten Grades interpoliert, so dass geschlossene Linien gleicher Belastungsniveaus entstehen. Mit diesen Niveaulinien – auch Konturlinien genannt – kann die Fluglärmbelastung auf eine Karte gezeichnet und auf diese Weise räumlich dargestellt werden. Die Niveaulinien lassen sich zur Weiterverarbeitung mit einem CAD oder GIS in digitaler Form exportieren. Somit können die Kurven layoutmässig bearbeitet und kartographisch dargestellt werden.

4.4.4. Berechenbare Belastungsmasse

Dank der Modellierung des Pegel-Zeit-Verlaufes an den einzelnen Gitterpunkten lassen sich mit FLULA2 nicht nur Summenpegel sondern eine Vielzahl von weiteren Belastungsmassen berechnen.

- Aus den Ereignispegeln L_{AE} bzw. den Mittelungspegeln L_{eq} der Tag-Abend-Nacht-Pegel L_{den} und der Beurteilungspegel L_r .
- Aus den Maximalpegeln $L_{Ai,max}$ der Noise and Number Index NNI und der Indice Psophique IP^{16} .
- Aus den Maximalpegeln $L_{Ai,max}$ und den zugehörigen t_i -Werten den Störindex Q .
- Für Spezialuntersuchungen auch L_{AE} "10 dB down", L_{AE} für $L_A > 68$ dB, ...
- Der Zürcher Fluglärmindex ZFI [18]

¹⁶ Der hierzu erforderliche Perceived Noise Level wird auf der Basis des A-bewerteten Maximalpegels durch die Näherungsformel $L_{PN,max} = L_{A,max} + 12$ berechnet.

5. Schlussbemerkungen

5.1. Die Anwendungsbereiche und -möglichkeiten von FLULA2

Das Berechnungsverfahren FLULA2 wird in der Schweiz hauptsächlich für die Berechnung der Fluglärmbelastung der Landesflughäfen und Militärflugplätze eingesetzt. Die klassischen Anwendungsbereiche sind deshalb:

- Berechnung der Tages- und Nachtbelastungen im Jahresmittel.
- Prognosen zukünftiger Belastungszustände unter Berücksichtigung neuer Flugzeugtypen und Flugrouten.

Mit FLULA2 können sämtliche Betriebsdaten beliebig variiert werden. Somit lassen sich Änderungen in den An- und Abflugverfahren sowie im Pistenbenutzungskonzept ebenso gut simulieren wie Verschiebungen im Flottenmix und Änderungen im Verkehrsaufkommen.

Die Resultate der Fluglärmrechnungen werden in der Regel zur Erstellung von Lärmbelastungskatastern benutzt. Unter Einbezug von raumbezogenen Daten¹⁷ lassen sich die Auswirkungen des Fluglärms nicht nur als Karten darstellen, sondern auch in Form von Zahlen ausdrücken. Dabei stehen folgende Auswertungen im Vordergrund:

- Quantifizierung von Grenzwertüberschreitungen (Personen und/oder Bauzonenflächen über den Belastungsgrenzwerten)
- Quantifizierung der Störung durch Fluglärm (Anzahl durch den Fluglärm stark gestörte Personen)

5.2. Genauigkeit der Berechnungen

Das Ergebnis der Fluglärmrechnungen wird durch viele Einflussgrößen bestimmt. Die dadurch entstehenden Unsicherheiten lassen sich in zwei Kategorien unterteilen. Einerseits Unsicherheiten, die durch die Simulation direkt verursacht werden. Hierzu gehören beispielsweise Abweichungen bei der mathematischen Modellierung der Quelle, d.h. in der Quellenstärke und deren Richtwirkung, Ungenauigkeiten bei der Berechnung der Schallausbreitung in der Atmosphäre, meteorologische Einflüsse auf die Schallausbreitung in Folge Temperatur- und Windgradienten, Reflexionen und Abschirmungen durch Hindernisse, lokale Bodeneffekte usw. Diese Effekte können im Prinzip durch eine entsprechende Verfeinerung des Modells und des Berechnungsvorgangs reduziert werden.

Zur zweiten Kategorie gehören Abweichungen, die auf Grund unzureichender Eingabedaten bei der Fluglärmrechnung entstehen. Hierzu gehören unzutreffende Annahmen beim Flottenmix und der Anzahl Flugbewegungen, Abweichungen bei den angenommenen Flugrouten und Flugbahnen von den realen, aber grundsätzlich unbekanntenen Flugbahnen, Unterschiede bei der individuellen Leistungssetzung und Konfiguration der verschiedenen Flugzeuge usw. Diese Faktoren liegen ausserhalb des eigentlichen Berechnungsvorgangs und können dementsprechend reduziert werden, je sorgfältiger und genauer die für die Simulation zu Grunde liegenden Eingabedaten erhoben werden.

Die Unsicherheiten der ersten Kategorie können abgeschätzt werden, indem das Ergebnis von Simulationen mit genau vermessenen Flügen verglichen wird. Derartige Vergleichsmessungen wurden in den Jahren 2000 und 2001 auf den Flughäfen Zürich und Genf durchgeführt. Der Vergleich der gemessenen mit den berechneten Werten zeigt, dass die Lärmimmission der einzelnen Flugereignisse durch die Si-

¹⁷ Hektardaten der Wohnbevölkerung, Polygone der Nutzungsplanung

mulation mit FLULA2 im Mittel sehr genau reproduziert wird. Zwar treten für einzelne Flüge teilweise relativ grosse Differenzen zwischen gemessenem und simuliertem Ereignispegel auf, die mittlere Abweichung zwischen berechneten und gemessenen Werten beträgt jedoch bloss -0.1 dB für startende und +0.8 dB für landende Flugzeuge. Die Standardabweichung der Differenzen zwischen Berechnung und Messung beträgt 1.8 dB für startende und 1.2 dB für landende Flugzeuge bei einer Anzahl von 3'300 (Start) bzw. 1'100 (Landungen) untersuchten Vergleichssimulationen. In dieser Untersuchung sind Abweichungen, die auf Grund nicht zutreffender Fluggeometrien entstehen bereits eingeschlossen.

Für die Beurteilung der Gesamtbelastung ist jedoch nicht der Pegel eines einzelnen Fluges massgebend, sondern der über einen langen Zeitraum gemittelte Pegel. Um die Berechnungen mit Messungen zu vergleichen müssen auch die Messungen über eine grössere Zeitspanne erfolgen. Auf diese Weise lassen sich Schwankungen im Flugbetrieb und wechselnde Witterungsverhältnisse ausgleichen. Langzeitmessungen sind in erster Linie an Monitoring-Punkten erhältlich. Vergleiche zwischen derartigen Messungen und Berechnungen für die entsprechenden Orte in Zürich Kloten und Genf Cointrin zeigen, dass im Mittel im Jahr 2000 Abweichungen im 16-Stunden-Mittelungspegel um 0.5 dB mit einer Standardabweichung von 0.7 dB auftraten. Streng genommen gelten diese Werte jedoch nur für die Messorte selbst (Monitoringpunkte). Hierbei ist zu beachten, dass sich zufällige Effekte im Bereich der einzelnen Empfangspunkte stark auf den gemessenen Wert selbst auswirken, denn Abdeckungen, Reflexionen, Witterungsverhältnisse, die Bodenbeschaffenheit und weitere lokale Eigenschaften verursachen erhebliche zeitliche und örtliche Streuungen des Immissionswertes. Aus diesem Grund können beim Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Pegeln für einzelne Flugereignisse Abweichungen von mehreren Dezibel auftreten.

Die erwähnten Untersuchungen ergeben folgende (Standard-)Unsicherheiten für simulierte Gesamtbelastungen im Sinne von Jahresmittelwerten:

| Art der Datenerhebung | Unsicherheit |
|--|--------------|
| Einzelflugsimulation auf Grund von digital aufgezeichneten Radardaten | 1 dB |
| Aus Radardaten abgeleitete idealisierte Spuren, mittlere Profile, die ebenfalls aus realen Radaraufzeichnungen abgeleitet wurden | 1.5 dB |
| Simulation mit Hilfe der in Flughandbüchern (AIP) vorgegebenen Flugrouten | 3 dB |

5.3. Auswirkungen der Programm-Verfeinerungen auf Ergebnisse

Die Auswirkungen der im Rahmen der Programmversion 004 am Rechenkern von FLULA2 vorgenommenen Verfeinerungen wurden im Rahmen von Vergleichssimulationen mit altem und neuem Rechenkern am Beispiel der beiden Landesflughäfen Zürich und Genf sowie für den Militärflugplatz Meiringen ausführlich untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Empa-Bericht 841'384-3 [21] dokumentiert. Wegen der unterschiedlichen Wirksamkeit der einzelnen Modifikationen ergeben sich dabei örtliche Unterschiede, die sich teilweise gegenseitig kompensieren. Die einzelnen Modifikationen zeigen folgende Auswirkungen in der Fluglärmrechnung.

Höhenwinkel:

Verstärkter Einfluss des Geländes auf die Bodenzusatzdämpfung, bewirkt in der Umgebung der Flughäfen Zürich und Genf lokale Pegeldifferenzen von ± 1 dB.

Hinderniswirkung:

Ausschliesslich pegelmindernde Auswirkungen, hat innerhalb des LSV-relevanten Gebiets praktisch keine Auswirkung auf die resultierende Lärmbelastung.

Luftdämpfung:

Führt zu einer generellen Abnahme der Belastung in grossen Entfernungen, vernachlässigbare Auswirkungen innerhalb des LSV-relevanten Bereichs.

Empfängerhöhe:

Geringfügige Erhöhung der Belastung unterhalb der An- und Abflugkorridore in flughafennahen Gebieten um bis zu 0.2 dB und Abnahme der Lärmbelastung um rund 0.5 dB in Lagen unter dem Pistenniveau.

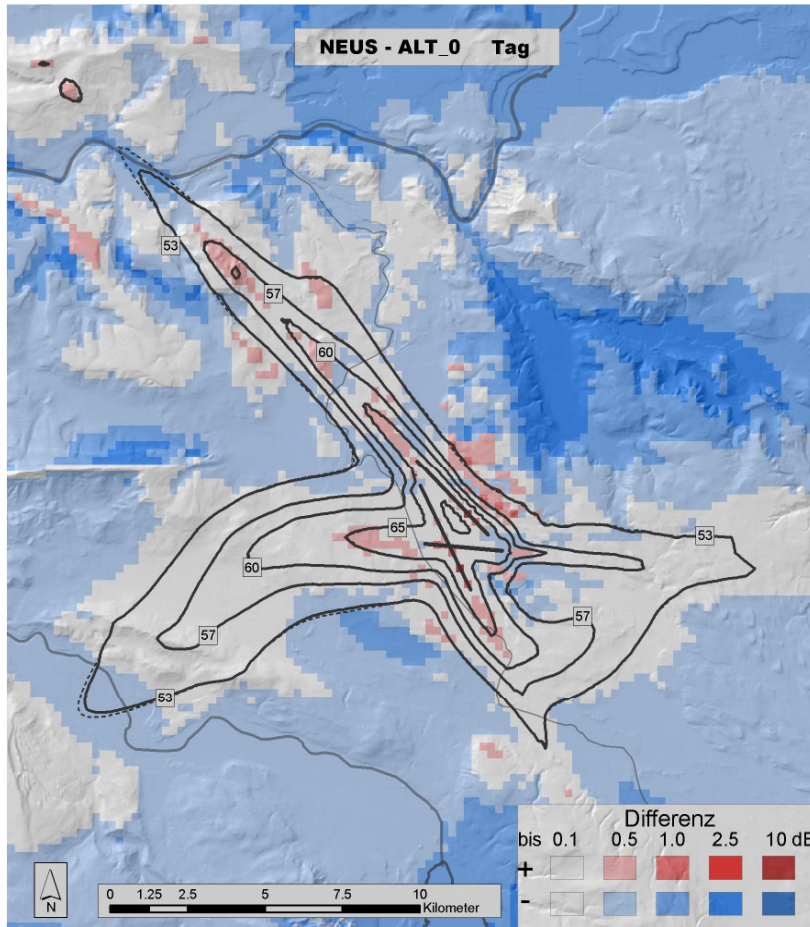
Höhenverlauf der Piste:

Geringfügige Erhöhung der Belastung um 0.1 bis 0.2 dB unterhalb der Anflugachsen 16 und 34 sowie seitlich zur Anflugachse 28.

Die sich daraus ergebende Gesamtwirkung ist in Abbildung 5-1 für den Flughafen Zürich grafisch dargestellt. In Flughafennähe und entlang der Hauptflugrouten ergibt sich mehrheitlich eine geringe Zunahme der Lärmbelastung. Die Pegelzunahmen sind aber gering und betragen mit wenigen Ausnahmen nur rund 0.1 bis 0.2 dB. In grösseren Entfernungen überwiegen die pegelmindernden Effekte und die Belastung nimmt generell ab. Insbesondere in den tiefer gelegenen Senken entlang von Flussläufen entstehen Pegelminderungen von bis zu 1 dB.

Zu grösseren Differenzen führen die Programmanpassungen dagegen in Gebirgsregionen. Wegen der besseren Berücksichtigung der Topografie können die Pegeldifferenzen bezüglich dem bisherigen Verfahren an steilen Bergflanken mehrere Dezibel betragen.

a



b

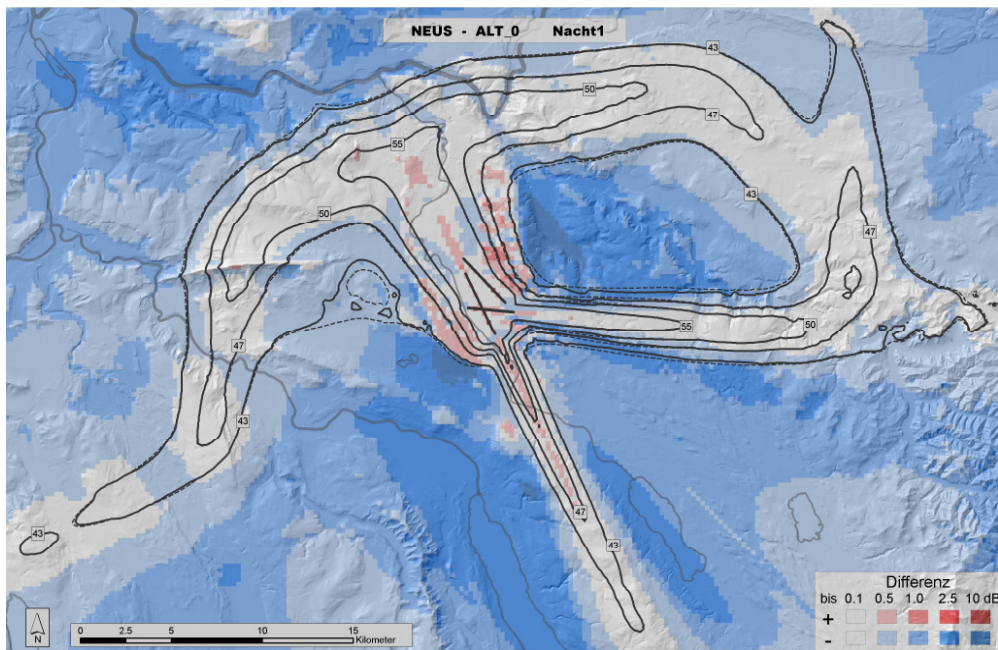


Abbildung 5-1 Differenz der nach neuem und altem Verfahren berechneten Mittelungspegel Leq für den Tag (a) und in der ersten Nachtstunde (b) am Flughafen Zürich.

6. Anhang

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

| | | |
|---------------|---|----|
| Abbildung 2-1 | Prinzipieller Ablauf der Quellenvermessung. | 10 |
| Abbildung 2-2 | Geometrische Verhältnisse. | 10 |
| Abbildung 2-3 | Richtdiagramm eines A320 beim Start im Normabstand von 305 Metern. | 10 |
| Abbildung 4-1 | Parametrisierung der Flugbahn und der Bodenoberfläche | 16 |
| Abbildung 4-2 | Steigprofile von 107 Airbus A321 bei Starts im Jahr 1997 auf Piste 16 in Zürich Kloten (Route F16); die rote Linie zeigt das aus den individuellen Profilen berechnete, mittlere Steigprofil des A321 für einen Start auf Route F16 in Zürich Kloten. | 18 |
| Abbildung 4-3 | Links: Radarspuren von Starts 1997 in Zürich Kloten auf Piste 16, Route F16. Rechts: Idealisierte Spuren mit der Verteilung der Flugbewegungen (Gewichtsfaktoren). | 19 |
| Abbildung 4-4 | Schematische Darstellung der freien Fläche F_f unterhalb der Verbindungslinie zwischen Quelle Q und Fusspunkt E" des Empfängers. | 22 |
| Abbildung 4-5 | Simulation des Pegel-Zeit-Verlaufes an einem beliebigen Empfangspunkt (rot markiert) eines einzelnen Fluges. | 24 |
| Abbildung 4-6 | Maximalpegel und LAE aus dem Pegel-Zeit-Verlauf eines einzelnen Überfluges. | 27 |
| Abbildung 5-1 | Differenz der nach neuem und altem Verfahren berechneten Mittelungspegel Leq für den Tag (a) und in der ersten Nachtsstunde (b) am Flughafen Zürich. | 32 |
| Tabelle 2-1 | H_{ik} -Koeffizienten einer Richtcharakteristik (Start A320_FT). | 12 |
| Tabelle 4-1 | Parameter zur Berechnung der mittleren Luftdämpfung | 21 |
| Tabelle 4-2 | Konfigurationsstufen bei der Landung, beim Start und beim Voltenflug; A41 ist die Konfiguration der in FLULA2 verwendeten Landerichtcharakteristiken, D12 diejenige der Startrichtcharakteristiken. | 23 |

Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen

| | |
|-------------|--|
| AIP | Aeronautical Information Publication |
| ATOW | Actual Take-off Weight (Aktuelles Abfluggewicht) |
| BAZL | Bundesamt für Zivilluftfahrt |
| CAEP | Committee on Aviation Environmental Protection |
| Empa | Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt |
| ICAO | International Civil Aviation Organization |
| GIS | Geografisches Informationssystem |
| INM | Integrated Noise Model |
| IP | Indice Psophique |
| ISO | International Organization for Standardization |
| L_{AE} | A-bewerteter Schallleistungspegel (engl.: A-weighted exposure level) |
| $L_{A,max}$ | Maximaler, A-bewerteter Schalldruckpegel |
| L_{den} | Day-Evening-Night-Level |
| L_{eq} | Äquivalenter Dauerschallpegel (über einen bestimmten Zeitraum gemittelter Pegel) |
| L_{PN} | Perceived Noise Level |
| L_r | Beurteilungspegel (engl.: rating level) |
| LSV | Lärmschutzverordnung |
| MTOW | Maximum Take-off Weight (Maximales Abfluggewicht) |
| NNI | Noise and Number Index |
| Pa | Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$) |
| Q | Störindex |
| SAE-AIR | Society of Automotive Engineers; Aerospace Information Report |
| VBS | Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport |

Literaturquellen

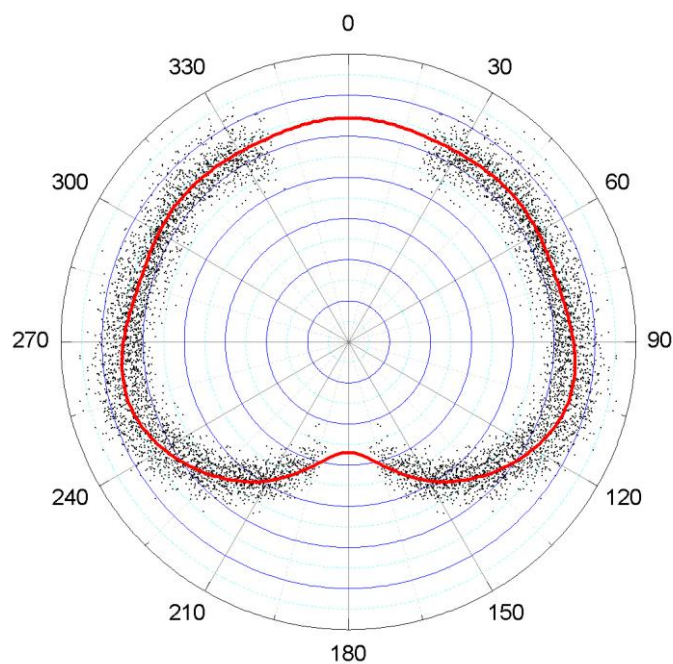
- [1] Pietrzko S.J., Hofmann R.F., Prediction of A-Weighted Aircraft Noise Based on Measured Directivity Patterns. *Journal of Applied Acoustics* 23 (1988), pp. 29-44, UK
- [2] Pietrzko S.J. Eine auf Simulationsverfahren basierende Fluglärmprognose, 4te Symposium Simulationstechnik, Informatik-Fachberichte 150, Springer-Verlag, Zürich, S. 649-656, 1987, Schweiz, ISBN 3 540 18373-6
- [3] Pietrzko S.J., Eichenberger E., Plüss S., Aircraft Noise Simulation with Statistical Modelling of Flight Path Dispersion. *Proceedings of the 6th International FASE - Congress*, Zürich, 1992, Switzerland
- [4] Pietrzko S.J., Hofmann R.F., Bütikofer R., Rosenheck A., The Swiss Aircraft Noise Simulation Model. *NATO Symposium on Aircraft Noise Abatement Receiver Technology*, Baltimore, 1994, USA
- [5] Pietrzko S.J., Hofmann R.F., Mathematical Modelling of Aircraft Noise Based on Identified Directivity Patterns, American Institute of Aeronautics and Astronautics-AIAA paper No: 96-1768, 2nd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, May 6-8, 1996, State College, PA, USA
- [6] Pietrzko S.J., Neural Networks for Modelling Aircraft Noise Radiation, American Institute of Aeronautics and Astronautics-AIAA paper No: 97-1661, 3rd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, May 12-14, 1997, Atlanta, GA, USA
- [7] Hofmann R., Bütikofer R., Pietrzko S., FLULA2: The Swiss Aircraft Noise Simulation Model, paper presented at the ICAO/CAEP/WG2, June 2, 1997
- [8] Bütikofer R., FLULA2, Details of the Aircraft Simulation Model, paper presented at ICAO/CAEP/WG2, June 1997
- [9] Bütikofer R., Aircraft Noise: Measurement of Aircraft Source Properties for FLULA2, internal report, February 1998, EMPA
- [10] Bütikofer R., Aircraft Noise: In Flight Spectral Directivity Data, paper presented at the "Special Seminar Concerning Data for Aircraft Noise Calculations" at KTH, August 28, 1998, Stockholm, Sweden
- [11] Bütikofer R., Thomann G., Plüss S., Track dispersion in aircraft noise modelling, paper presented at Forum Acusticum, March 15 – 19, 1999, Berlin
- [12] Bütikofer R. Validation of Aircraft Noise Calculation: Report on Potential Errors, paper presented at ICAO/CAEP/WG2/Model1, May 25 – 27, 1999, Atlanta, USA
- [13] Bütikofer R., Thomann G., Validation of FLULA, a time-step model for aircraft noise calculation, paper presented at Inter Noise 2001, The Hague, The Netherlands, August 27-30, 2001
- [14] Krebs W., Thomann G., Noise measurement on helicopters in flight, *Proc. 17th ICA Rome*, Sept. 2-7, 2001
- [15] NATO/CCMS Working Group Study, Aircraft noise propagation over varying topography, Measurements made at Narvik Airport Framnes, Norway, Sept. 2001
- [16] Krebs W., Bütikofer R., Plüss S., Thomann G., "Modeling of three-dimensional sound directivity patterns of helicopters", *Acta Acoustica*, 89 (2003) 273-279
- [17] Krebs W., Bütikofer R., Plüss S., Thomann G., "Sound Source Data for Aircraft Noise Simulation", *Acta Acoustica*, 90 (2004) 91-100
- [18] Zürcher Fluglärmindex ZFI, Berechnungsvorschrift.. Empa- Bericht Nr. 441'255 - 4. (2006) Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik, Dübendorf <http://www.vd.zh.ch/internet/vd/de/Themen/Flughafen/Themen/ZFI.html>
- [19] Georg Thomann, "Mess- und Berechnungsunsicherheit von Fluglärmbelastungen und ihre Konsequenzen", *Dissertation an der ETH Zürich, Switzerland*, Nr. 17433, 2007

- [20] Empa Bericht 841'384-2 (2009): Anpassungen in FLULA2 im Zusammenhang mit den Empfehlungen des BAFU für Fluglärmberechnungsverfahren, Bericht 2: Technische Umsetzung
- [21] Empa Bericht 841'384-3 (2010): Anpassungen in FLULA2 im Zusammenhang mit den Empfehlungen des BAFU für Fluglärmberechnungsverfahren, Bericht 3: Auswirkungen auf die Fluglärmberechnung

FLULA2

Übersicht akustische Quellendaten

Quellendatensatz RC2012_01



Stand 18. Januar 2012

1 Liste der Typenzuordnungen¹

| RC-Typ | zugeordnete Flugzeugtypen (TYP10) |
|---------------|--|
| A109K | A109, A109K, A119, A139, AH64, B412, B430 |
| A109S | A109E, A109S, AS350, AS355, AS365 |
| A3103 | A3006, A30B, A310, A3102, A3103 |
| A319 | A318, A319, MD90 |
| A320 | A320 |
| A321 | A321 |
| A3302 | A3302, A3303, A3508, A3509, B7878, B7879 |
| A3403 | A340, A3402, A3403, A3405, A380, DC870 |
| A3406 | A3406 |
| ADS95 | ADS95 |
| AN12 | AN12, AN22, AN24, AN26, AN32, BELFA, CL44, IL18 |
| AS16 | AS14, AS16, DG40, DG50, DG60, DG80, IS28, RF5, SF25, SF28, SSVM2 |
| AS332 | AS332, AS532, CH47, CH53, H53, H60, KA27, KA32, MI8, S61, S76, S92 |
| AT42 | AN140, AT42, AT423, AT424, AT425, AT72, AT721, AT722, ATP, CV58, DH5, FK27, G159, SH33, SH36, SW3, SW4 |
| B206 | B105, B204, B205, B206, B212, B214, B222, B407, SA341, UH1 |
| B707F | B707, B7071, B707F, B720B, C135, C137, DC8, DC850, DC860 |
| B7272 | B727, B7271, B7272, B72AH |
| B727A | B727A, C141, DC950 |
| B737A | B737, B737A |
| B73F | B7378, B7379, B73F |
| B73S | B7377, B73S |
| B73V | B7376, B73V |
| B7473 | A124, B747, B7471, B7472, B7473, C5 |
| B7474 | B7474, B7478 |
| B74SP | B74SP, B74SR |
| B7572 | B757, B7572, B7573, TU204 |
| B7672 | B767, B7672 |
| B7673 | B7673, B7674 |
| B7772 | B7772, B7773 |
| BA11 | BA11, CONC, FK28 |
| BE20 | AC690, AN28, B190, B350, BE10, BE20, BE30, BE95, BE99, BE9L, BE9T, C212, C441, DH6, F406, PA31T, PA42, STAR |
| BE35 | AA1, AA5, AC4, AN2, BE23, BE33, BE35, BE36, BO208, BO209, C170, COL3, D2, DO27, DR22, DR25, DR38, DR40, EDGE, LOEZ, M1, M20T, PA16, PA28, PA32, PA38, PZ04, R200, R300, RA50J, RA72H, RA72M, RA72N, SC01, VEZE, Z43 |
| BE60 | BE60, DA42, PA31 |
| C130 | C130, C160, L188, ORION |
| C150 | AS02, BE77, BU33, C150, CP30S, D105, D11, D120, D140, DR10, DR42, DR44, DR48, ECHO, EV97, J3C, L200, MS880, P149, PA11, PA12, PTS1, RA50F, RA72E, RA72K, RA72L, RA72P, S223, SV4, Z326 |
| C152 | A210, BU31, C140, C152, CH60, COL4, DA20D, DH60, E230, E300, E400, EAGL, FDCT, FOX, G109, G115, GC1B, GY20, H36, HK36, HUSK, KFOX, LNC2, LUSC, LXL2, M7, MCR1, MCR4, PA18, PA19, RF6, S10S, SIRA, ST108, TFUN, VG21 |
| C172 | BE24, C172, C175, CH601, CP10, CP23, DA40, DHC1, DR34, F8L, GLAS, GY80, HR20, JB15, KL107, KL35, L5, LNC4, M20, M5, MS317, P66, PA22, PA24, PA25, PTS2, RA82, RANG, RV4, RV7, SR20, SR22, SUBA, TB10, TB9, WA40, WA42, WA43, Z143, Z50 |
| C182 | AC11, BO207, BROU, C177, C182, C185, C195, C206, C210, DH2, F260, FA24, GA7, M4, P64, PA23, PA27, PA28R, PA28T, PA30, PA34, PA44, PA46, PT17, R90R, RA72J, RA77, S205, S208, SB91, SU26, TB20, UC1, VELO, YK52, YMF5 |

¹ Stand 18.1.2012

(Fortsetzung)

| RC-Typ | zugeordnete Flugzeugtypen (TYP10) |
|--------|--|
| C340 | AC680, AEST, BE50, BE55, BE58, BE65, BE76, BN2, C303, C310, C320, C336, C337, C340, C402, C414, DH04, DO28, G44, HERON |
| C421 | C335, C401, C404, C411, C421, HR10, P68 |
| C550 | BJ40, C500, C501, C510, C525, C550, C551, C560, C560X, E50P, E55P, EA50, G180, MU30, PRM1, SJ30 |
| C650 | C650 |
| CL65 | C750, CL60, CL65, S3 |
| D328 | D328 |
| DA20 | DA10, DA20, SBR1 |
| DA90 | DA50, DA90, FA7X, L329 |
| DC10 | B707H, C17, DC10, DC101, DC103, DC104, DC85H, DC86H, KC10, KC135, L1011 |
| DC3 | B17, B25, B26, BE18, CONI, CV44, DC2, DC3, DC4, DC6, IL14, JU52, L12A |
| DC930 | B7372, B737M, DA01, DC9, DC910, DC920, DC930, DC940, HF20, MS760, P80S, S210 |
| DH8 | DH7, DH8, DH81, DH83, DH84, G222 |
| E145 | CL30, E135, E145 |
| EC145 | BK117, EC145, EC155, KMAX |
| EC635 | EC120, EC130, EC135, EC635 |
| F18 | F18 |
| F2TH | F2TH |
| FK10 | B727Q, FK10 |
| FK50 | FK50 |
| FK70 | B7172, CL70, CL90, E170, E175, E190, E195, FK70, G4, G5, GLEX, TU334 |
| HAW | AJET, HAW, L39 |
| HS257 | AJ25, BA10, G150, HS257, S601, WW24 |
| HUN | HUN |
| LR25 | HS251, LR23, LR24, LR25, LR25D, VAMP |
| LR35 | C21, DH112, LR30, LR31, LR35, LR36, LR40, LR45 |
| LR55 | C680, D328J, GALX, HA4T, LR55, LR60 |
| MC01 | ATL, BL8, BREZ, BX2, C42, CRUZ, DV20, MC01, P92, PELI, SIPA |
| MD11 | IL96, MD11 |
| MD80 | G2, G3, MD80, MD81, MD82, VF14 |
| MD83 | B721H, B722H, B727J, B737H, B73AH, BA11H, DC91H, DC92H, DC93H, DC94H, DC95H, MD83, MD88 |
| MD87 | MD87 |
| MIR | MIR, MIR2, RFAL |
| P3 | C180, CP20, D3801, HI27, M22, MS500, P2, P3, P51, PC6P, SPIT, T28G, T6, YK18, YK3, Z526 |
| PC12 | A270, C208, C3605, C425, P180, PC12 |
| PC21 | PC21 |
| PC7 | DH3T, F1C3, GM17, PA46T, PA750, PC6, PC7, TBM7, TBM8 |
| PC9 | PC9 |
| R44 | CH7, EN28, EN48, EXE90, H269, H500, MD500, MD520, MD600, MD900, MD902, R22, R44 |
| RJ100 | BA46, RJ100, RJ70, RJ85 |
| SA316 | B47G, SA315, SA316, SE313 |
| SB20 | SB20 |
| SF34 | BA31, BA32, BA41, C295, CN35, D228, E110, E120, E121, HPR7, HS748, L410, MU2, N260, N262, SF34, SW2 |
| TIG | TIG |
| TU34A | TU34, TU34A, TU34B |
| TU54B | IL76, IL86, TU54, TU54A, TU54B |
| TU54M | IL62, TU54M, YK40 |
| YK42 | AN72, AN74, BER2, YK42 |

[RcParameter RC2012_01.xlsm]

2 Akustische Kenndaten

Akustische Kenndaten für standardisierten Überflug in H = 1000 ft (304.8m) mit einer Geschwindigkeit v = 160 kt (= 82.3 m/s)
Je nach Flugzustand gelangen typenspezifische Zusatzpegel zur Anwendung (vgl. 2.5)

2.1 Start ("VG", normale Startleistung)

| RC-Typ | L _{A,max} [dB] | θ(L _{A,max}) [°] | L _{AE} [dB] | RC-Typ | L _{A,max} [dB] | θ(L _{A,max}) [°] | L _{AE} [dB] |
|--------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| A109K | 73.0 | 77 | 81.2 | DC3 | 82.3 | 72 | 90.9 |
| A109S | 73.0 | 80 | 80.7 | DC10 | 93.2 | 102 | 101.3 |
| A319 | 84.5 | 96 | 93.2 | DC930 | 97.2 | 127 | 105.1 |
| A320 | 86.0 | 98 | 94.1 | DH8 | 76.2 | 86 | 82.2 |
| A321 | 87.8 | 98 | 95.8 | E145 | 78.4 | 106 | 87.0 |
| A3103 | 89.0 | 96 | 96.8 | EC145 | 69.7 | 84 | 77.5 |
| A3302 | 91.0 | 101 | 99.2 | EC635 | 65.3 | 93 | 73.2 |
| A3403 | 85.0 | 97 | 94.3 | F2TH | 80.6 | 106 | 87.9 |
| A3406 | 90.1 | 91 | 97.8 | F18 | 107.3 | 128 | 116.4 |
| ADS95 | 73.4 | 87 | 80.7 | FK10 | 88.2 | 108 | 95.4 |
| AN12 | 80.6 | 86 | 86.6 | FK50 | 76.7 | 86 | 84.1 |
| AS16 | 59.6 | 90 | 66.6 | FK70 | 84.2 | 110 | 91.5 |
| AS332 | 76.3 | 81 | 84.5 | HAW | 90.9 | 139 | 99.8 |
| AT42 | 76.7 | 86 | 82.8 | HS257 | 84.4 | 106 | 91.7 |
| B73F | 87.4 | 98 | 94.7 | HUN | 96.4 | 145 | 104.6 |
| B73S | 87.5 | 98 | 94.7 | LR25 | 94.9 | 127 | 102.8 |
| B73V | 86.0 | 98 | 93.2 | LR35 | 82.5 | 114 | 90.7 |
| B74SP | 94.0 | 99 | 101.1 | LR55 | 81.4 | 107 | 89.3 |
| B206 | 72.2 | 90 | 80.2 | MC01 | 63.4 | 90 | 70.4 |
| B707F | 98.5 | 104 | 106.7 | MD11 | 94.0 | 99 | 101.1 |
| B727A | 102.5 | 110 | 110.4 | MD80 | 93.3 | 108 | 100.3 |
| B737A | 96.7 | 117 | 104.4 | MD83 | 94.3 | 107 | 101.6 |
| B7272 | 98.8 | 106 | 107.1 | MD87 | 92.6 | 107 | 99.4 |
| B7473 | 94.1 | 99 | 101.8 | MIR | 99.6 | 126 | 108.3 |
| B7474 | 90.8 | 98 | 98.3 | P3 | 80.3 | 90 | 87.3 |
| B7572 | 86.6 | 103 | 95.3 | PC7 | 78.0 | 90 | 85.0 |
| B7672 | 92.3 | 99 | 99.3 | PC9 | 78.7 | 90 | 85.7 |
| B7673 | 91.5 | 104 | 99.7 | PC12 | 73.0 | 90 | 80.0 |
| B7772 | 88.1 | 96 | 95.9 | PC21 | 77.7 | 81 | 84.0 |
| BA11 | 95.4 | 108 | 104.9 | R44 | 68.2 | 90 | 76.2 |
| BE20 | 76.5 | 81 | 82.8 | RJ100 | 81.9 | 104 | 89.8 |
| BE35 | 72.0 | 90 | 79.0 | SA316 | 73.9 | 120 | 83.3 |
| BE60 | 85.0 | 90 | 92.0 | SB20 | 74.3 | 74 | 82.7 |
| C130 | 76.2 | 86 | 82.2 | SF34 | 76.1 | 80 | 82.7 |
| C150 | 67.2 | 90 | 74.2 | TIG | 100.3 | 131 | 109.1 |
| C152 | 65.9 | 90 | 72.9 | TU34A | 100.8 | 105 | 110.8 |
| C172 | 69.5 | 90 | 76.5 | TU54B | 100.0 | 105 | 106.8 |
| C182 | 74.2 | 90 | 81.2 | TU54M | 93.9 | 107 | 101.6 |
| C340 | 80.9 | 90 | 87.9 | YK42 | 93.9 | 102 | 99.6 |
| C421 | 79.1 | 90 | 86.1 | | | | |
| C550 | 80.3 | 112 | 88.4 | | | | |
| C650 | 85.8 | 120 | 93.6 | | | | |
| CL65 | 76.6 | 106 | 85.2 | | | | |
| D328 | 74.7 | 83 | 81.6 | | | | |
| DA20 | 81.4 | 106 | 88.7 | | | | |
| DA90 | 86.2 | 102 | 93.1 | | | | |

[RcParameter RC2012_01.xlsm]

2.2 Start ("FT", hohe Startleistung)

| RC-Typ | $L_{A,max}$ [dB] | $\theta(L_{A,max})$ [°] | L_{AE} [dB] |
|--------|---------------------|----------------------------|------------------|
| A3103 | 93.7 | 98 | 100.7 |
| A320 | 87.7 | 98 | 95.5 |
| A321 | 90.2 | 99 | 97.6 |
| A3302 | 92.0 | 101 | 100.2 |
| A3403 | 92.1 | 98 | 99.1 |
| B737A | 100.9 | 113 | 108.8 |
| B73F | 90.5 | 94 | 97.5 |
| B73S | 89.4 | 98 | 96.5 |
| B7473 | 100.4 | 91 | 107.1 |
| B7474 | 98.3 | 97 | 105.3 |
| B74SP | 98.0 | 95 | 104.8 |
| B7673 | 95.6 | 101 | 102.4 |
| B7772 | 92.8 | 98 | 99.8 |
| DC10 | 95.2 | 102 | 103.3 |
| DC930 | 98.3 | 117 | 106.3 |
| MD11 | 98.0 | 95 | 104.8 |
| MD80 | 95.6 | 106 | 102.3 |
| MD83 | 96.9 | 108 | 103.6 |

2.3 Datensätze für spezielle Verfahren

Start mit Nachbrenner

| RC-Typ | $L_{A,max}$ [dB] | $\theta(L_{A,max})$ [°] | L_{AE} [dB] |
|--------|---------------------|----------------------------|------------------|
| F18 | 113.2 | 124 | 120.6 |
| MIR | 108.2 | 127 | 114.4 |
| TIG | 106.0 | 127 | 112.7 |

Horizontaler Überflug

| RC-Typ | $L_{A,max}$ [dB] | $\theta(L_{A,max})$ [°] | L_{AE} [dB] |
|--------|---------------------|----------------------------|------------------|
| A109K | 75.8 | 67 | 85.7 |
| A109S | 74.3 | 80 | 82.4 |
| ADS95 | 62.5 | 90 | 72.4 |
| AS332 | 81.1 | 63 | 89.1 |
| B206 | 69.2 | 90 | 77.2 |
| EC145 | 70.7 | 80 | 79.2 |
| EC635 | 67.4 | 82 | 75.2 |
| R44 | 69.6 | 90 | 77.6 |
| SA316 | 73.3 | 120 | 83.1 |

[RcParameter RC2012_01.xlsm]

Legende zu den Tabellen:

| | |
|---------------------|--|
| RC | RC-Typ, akustisches Referenzmodell |
| $L_{A,max}$ | Maximalpegel bei einem Vorbeiflug in Referenzdistanz |
| $\theta(L_{A,max})$ | Emissionswinkel in Grad bezüglich Flugrichtung beim Maximalpegel |
| L_{AE} | Ereignispegel L_{AE} bei geradlinigem Vorbeiflug in 1000 ft (304.8 m) Höhe mit konstanter Geschwindigkeit $v=160$ kt |

Einstellungen zur Ermittlung des Ereignispegels L_{AE} und $L_{A,max}$

(Berechnung mit SDT1.83)

- ohne Empa-Bodendämpfungsformel
- Integrationszeit $dT = 0.10$ s
- Polarwinkelbereich von 1.0 bis 179.0 Grad
- Schallgeschwindigkeit nicht berücksichtigt
- Grenzdistanz für Luftdämpfung: 4500.0 m
- Luftdämpfung für $r >$ Grenzdistanz: Mit b,m-Parametrisierung
- $L_{A,max}$: Iteration bis 1/100 dB

2.4 Landungen

| RC-Typ | $L_{A,max}$ [dB] | $\theta(L_{A,max})$ [°] | L_{AE} [dB] | RC-Typ | $L_{A,max}$ [dB] | $\theta(L_{A,max})$ [°] | L_{AE} [dB] |
|--------|---------------------|----------------------------|------------------|--------|---------------------|----------------------------|------------------|
| A109K | 73.0 | 86 | 81.8 | D328 | 74.4 | 66 | 83.7 |
| A109S | 71.4 | 84 | 80.2 | DA20 | 77.6 | 108 | 83.9 |
| A3103 | 78.4 | 100 | 88.2 | DA90 | 71.6 | 100 | 79.8 |
| A319 | 77.5 | 96 | 85.5 | DC10 | 82.9 | 104 | 92.4 |
| A320 | 77.5 | 98 | 85.7 | DC3 | 76.7 | 75 | 85.3 |
| A321 | 78.5 | 98 | 86.8 | DC930 | 83.3 | 110 | 91.3 |
| A3302 | 76.7 | 105 | 87.2 | DH8 | 69.8 | 65 | 79.0 |
| A3403 | 75.7 | 105 | 86.2 | E145 | 69.6 | 68 | 79.6 |
| A3406 | 77.2 | 105 | 87.7 | EC145 | 69.8 | 89 | 79.7 |
| ADS95 | 60.1 | 101 | 70.4 | EC635 | 71.0 | 66 | 80.8 |
| AN12 | 77.1 | 65 | 86.3 | F18 | 93.1 | 122 | 102.2 |
| AS16 | 44.5 | 90 | 51.6 | F2TH | 72.1 | 100 | 80.3 |
| AS332 | 76.3 | 82 | 85.3 | FK10 | 72.5 | 106 | 82.3 |
| AT42 | 74.1 | 93 | 82.8 | FK50 | 76.7 | 93 | 85.1 |
| B206 | 73.8 | 90 | 81.8 | FK70 | 69.9 | 95 | 79.8 |
| B707F | 82.9 | 104 | 92.4 | HAW | 71.6 | 142 | 80.6 |
| B7272 | 84.3 | 111 | 92.4 | HS257 | 72.4 | 103 | 80.7 |
| B727A | 84.3 | 111 | 92.4 | HUN | 80.0 | 78 | 87.4 |
| B737A | 77.8 | 106 | 88.0 | LR25 | 81.7 | 110 | 89.7 |
| B73F | 79.3 | 102 | 86.9 | LR35 | 72.9 | 103 | 81.8 |
| B73S | 78.2 | 103 | 85.8 | LR55 | 69.5 | 103 | 78.4 |
| B73V | 77.6 | 106 | 85.1 | MC01 | 48.4 | 90 | 55.5 |
| B7473 | 89.5 | 109 | 97.4 | MD11 | 81.1 | 103 | 91.3 |
| B7474 | 80.8 | 97 | 91.1 | MD80 | 77.2 | 109 | 85.2 |
| B74SP | 80.8 | 97 | 91.1 | MD83 | 78.9 | 107 | 86.8 |
| B7572 | 77.3 | 101 | 87.2 | MD87 | 75.4 | 108 | 83.6 |
| B7672 | 77.2 | 105 | 87.7 | MIR | 85.7 | 108 | 92.5 |
| B7673 | 77.2 | 105 | 87.7 | P3 | 61.2 | 90 | 68.3 |
| B7772 | 77.0 | 105 | 87.5 | PC12 | 57.9 | 90 | 65.0 |
| BA11 | 82.8 | 62 | 91.9 | PC21 | 73.2 | 87 | 80.9 |
| BE20 | 68.4 | 82 | 77.4 | PC7 | 62.9 | 90 | 70.0 |
| BE35 | 56.9 | 90 | 64.0 | PC9 | 63.6 | 90 | 70.7 |
| BE60 | 69.9 | 90 | 77.0 | R44 | 69.0 | 90 | 77.0 |
| C130 | 74.4 | 65 | 83.6 | RJ100 | 74.7 | 104 | 82.4 |
| C150 | 52.1 | 90 | 59.2 | SA316 | 72.0 | 122 | 81.8 |
| C152 | 50.8 | 90 | 57.9 | SB20 | 69.7 | 89 | 79.5 |
| C172 | 54.4 | 90 | 61.5 | SF34 | 74.7 | 75 | 83.3 |
| C182 | 59.1 | 90 | 66.2 | TIG | 77.6 | 106 | 86.8 |
| C340 | 65.8 | 90 | 72.9 | TU34A | 82.6 | 105 | 91.1 |
| C421 | 64.0 | 90 | 71.1 | TU54B | 87.7 | 101 | 95.6 |
| C550 | 65.9 | 97 | 75.3 | TU54M | 82.0 | 101 | 90.8 |
| C650 | 71.6 | 98 | 80.2 | YK42 | 80.6 | 109 | 88.6 |
| CL65 | 70.8 | 68 | 80.8 | | | | |

[RcParameter RC2012_01.xlsm]

2.5 Zusatzpegel (zur Definition siehe Tabelle 4-2, FLULA-Dokumentation)

| RC | PROC | PERF | RCEBZ | D22 | D21 | D11 | D00 | V00 | T12 | T22 | REV1 | REV2 | A40 | A31 | A30 | A21 | A20 | A11 | A10 | A00 |
|-------|------|------|-------------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A3103 | S | FT | RCSFTA3103. | 0 | -4.7 | -4.7 | -4.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A320 | S | FT | RCSFTA320. | 0 | -1.9 | -1.9 | -1.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A321 | S | FT | RCSFTA321. | 0 | -2.7 | -2.7 | -2.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3302 | S | FT | RCSFTA3302. | 0 | -3.4 | -3.4 | -3.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3403 | S | FT | RCSFTA3403. | 0 | -3.0 | -3.0 | -3.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A380 | S | FT | RCSFTA380. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B737A | S | FT | RCSFTB737A. | 0 | -3.8 | -3.8 | -3.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B73F | S | FT | RCSFTB73F. | 0 | -3.1 | -3.1 | -3.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B73S | S | FT | RCSFTB73S. | 0 | -1.9 | -1.9 | -1.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7473 | S | FT | RCSFTB7473. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7474 | S | FT | RCSFTB7474. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B74SP | S | FT | RCSFTB74SP. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7673 | S | FT | RCSFTB7673. | 0 | -3.5 | -3.5 | -3.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7772 | S | FT | RCSFTB7772. | 0 | -4.7 | -4.7 | -4.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B787 | S | FT | RCSFTB787. | 0 | -3.4 | -3.4 | -3.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DC10 | S | FT | RCSFTDC10. | 0 | -2.0 | -2.0 | -2.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DC930 | S | FT | RCSFTDC930. | 0 | -1.3 | -1.3 | -1.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD11 | S | FT | RCSFTMD11. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD80 | S | FT | RCSFTMD80. | 0 | -3.9 | -3.9 | -3.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD83 | S | FT | RCSFTMD83. | 0 | -3.2 | -3.2 | -3.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT3A | S | FT | RCSFTNT3A. | 0 | -3.2 | -3.2 | -3.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT4A | S | FT | RCSFTNT4A. | 0 | -4.7 | -4.7 | -4.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT5A | S | FT | RCSFTNT5A. | 0 | -3.5 | -3.5 | -3.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT6A | S | FT | RCSFTNT6A. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F18 | S | NB | RCSNBF18. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MIR | S | NB | RCSNBMIR. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TIG | S | NB | RCSNBTIG. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A109K | S | VG | RCSVGA109K. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3103 | S | VG | RCSVGA3103. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A319 | S | VG | RCSVGA319. | 0 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A320 | S | VG | RCSVGA320. | 0 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A321 | S | VG | RCSVGA321. | 0 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3302 | S | VG | RCSVGA3302. | 0 | -2.4 | -2.4 | -2.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3403 | S | VG | RCSVGA3403. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3406 | S | VG | RCSVGA3406. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ADS95 | S | VG | RCSVGADS95. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AN12 | S | VG | RCSVGAN12. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AS16 | S | VG | RCSVGAS16. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AS332 | S | VG | RCSVGAS332. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AT42 | S | VG | RCSVGAT42. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A109S | S | VG | RCSVGA109S. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B206 | S | VG | RCSVGB206. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B707F | S | VG | RCSVGB707F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7272 | S | VG | RCSVGB7272. | 0 | -2.6 | -2.6 | -2.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B727A | S | VG | RCSVGB727A. | 0 | -2.6 | -2.6 | -2.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B737A | S | VG | RCSVGB737A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B73F | S | VG | RCSVGB73F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B73S | S | VG | RCSVGB73S. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B73V | S | VG | RCSVGB73V. | 0 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7473 | S | VG | RCSVGB7473. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7474 | S | VG | RCSVGB7474. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B74SP | S | VG | RCSVGB74SP. | 0 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7572 | S | VG | RCSVGB7572. | 0 | -1.2 | -1.2 | -1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7672 | S | VG | RCSVGB7672. | 0 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7673 | S | VG | RCSVGB7673. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7772 | S | VG | RCSVGB7772. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BA11 | S | VG | RCSVGBA11. | 0 | -2.6 | -2.6 | -2.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BE20 | S | VG | RCSVGBE20. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BE35 | S | VG | RCSVGBE35. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BE60 | S | VG | RCSVGBE60. | 0 | -7.0 | -7.0 | -7.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C130 | S | VG | RCSVGC130. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C150 | S | VG | RCSVGC150. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C152 | S | VG | RCSVGC152. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C172 | S | VG | RCSVGC172. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C182 | S | VG | RCSVGC182. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C340 | S | VG | RCSVGC340. | 0 | -7.0 | -7.0 | -7.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C421 | S | VG | RCSVGC421. | 0 | -7.0 | -7.0 | -7.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C550 | S | VG | RCSVGC550. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C650 | S | VG | RCSVGC650. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CL65 | S | VG | RCSVGC65. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D328 | S | VG | RCSVGD328. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DA20 | S | VG | RCSVGA20. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DA90 | S | VG | RCSVGA90. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

FLULA2: Übersicht akustische Quellendaten

Quellendatensatz RC2011_02

| RC | PROC | PERF | RCBEZ | D22 | D21 | D11 | D00 | V00 | T12 | T22 | REV1 | REV2 | A40 | A31 | A30 | A21 | A20 | A11 | A10 | A00 |
|-------|------|------|-------------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| DC10 | S | VG | RCSVGDC10. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DC3 | S | VG | RCSVGDC3. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DC930 | S | VG | RCSVGDC930. | 0 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DH8 | S | VG | RCSVGDH8. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E145 | S | VG | RCSVGE145. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EC145 | S | VG | RCSVGEC145. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EC635 | S | VG | RCSVGEC635. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F18 | S | VG | RCSVGF18. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2TH | S | VG | RCSVGF2TH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FK10 | S | VG | RCSVGFK10. | 0 | -2.4 | -2.4 | -2.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FK50 | S | VG | RCSVGFK50. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FK70 | S | VG | RCSVGFK70. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HAW | S | VG | RCSVGHAW. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HS257 | S | VG | RCSVGH257. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HUN | S | VG | RCSVGHUN. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LR25 | S | VG | RCSVGLR25. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LR35 | S | VG | RCSVGLR35. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LR55 | S | VG | RCSVGLR55. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MC01 | S | VG | RCSVGM01. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD11 | S | VG | RCSVGM11. | 0 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD80 | S | VG | RCSVGM80. | 0 | -1.8 | -1.8 | -1.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD83 | S | VG | RCSVGM83. | 0 | -0.9 | -0.9 | -0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD87 | S | VG | RCSVGM87. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MIR | S | VG | RCSVMIR. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT1A | S | VG | RCSVNT1A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT2A | S | VG | RCSVNT2A. | 0 | -2.4 | -2.4 | -2.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P3 | S | VG | RCSVGP3. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PC12 | S | VG | RCSVGPC12. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PC21 | S | VG | RCSVGPC21. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PC7 | S | VG | RCSVGPC7. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PC9 | S | VG | RCSVGPC9. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R44 | S | VG | RCSVGR44. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RJ100 | S | VG | RCSVGRJ100. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SA316 | S | VG | RCSVGS316. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SB20 | S | VG | RCSVGSB20. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF34 | S | VG | RCSVGSF34. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TIG | S | VG | RCSVTIG. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TU34A | S | VG | RCSVTU34A. | 0 | -4.0 | -4.0 | -4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TU54B | S | VG | RCSVTU54B. | 0 | -2.6 | -2.6 | -2.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TU54M | S | VG | RCSVTU54M. | 0 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| YK42 | S | VG | RCSVGYK42. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A109K | L | AP | RCLAPA109K. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3103 | L | AP | RCLAPA3103. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A319 | L | AP | RCLAPA319. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A320 | L | AP | RCLAPA320. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A321 | L | AP | RCLAPA321. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3302 | L | AP | RCLAPA3302. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3403 | L | AP | RCLAPA3403. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3406 | L | AP | RCLAPA3406. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A380 | L | AP | RCLAPA380. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ADS95 | L | AP | RCLAPADS95. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AN12 | L | AP | RCLAPAN12. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AS16 | L | AP | RCLAPAS16. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AS332 | L | AP | RCLAPAS332. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AT42 | L | AP | RCLAPAT42. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A109S | L | AP | RCLAPA109S. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B206 | L | AP | RCLAPB206. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B707F | L | AP | RCLAPB707F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7272 | L | AP | RCLAPB7272. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B727A | L | AP | RCLAPB727A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B737A | L | AP | RCLAPB737A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B73F | L | AP | RCLAPB73F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B73S | L | AP | RCLAPB73S. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B73V | L | AP | RCLAPB73V. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7473 | L | AP | RCLAPB7473. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7474 | L | AP | RCLAPB7474. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B74SP | L | AP | RCLAPB74SP. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7572 | L | AP | RCLAPB7572. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7672 | L | AP | RCLAPB7672. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7673 | L | AP | RCLAPB7673. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B7772 | L | AP | RCLAPB7772. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B787 | L | AP | RCLAPB787. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BA11 | L | AP | RCLAPBA11. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BE20 | L | AP | RCLAPBE20. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

FLULA2: Übersicht akustische Quellendaten

Quellendatensatz RC2011_02

| RC | PROC | PERF | RCBEZ | D22 | D21 | D11 | D00 | V00 | T12 | T22 | REV1 | REV2 | A40 | A31 | A30 | A21 | A20 | A11 | A10 | A00 |
|-------|------|------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| BE35 | L | AP | RCLAPBE35. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BE60 | L | AP | RCLAPBE60. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C130 | L | AP | RCLAPC130. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C150 | L | AP | RCLAPC150. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C152 | L | AP | RCLAPC152. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C172 | L | AP | RCLAPC172. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C182 | L | AP | RCLAPC182. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C340 | L | AP | RCLAPC340. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C421 | L | AP | RCLAPC421. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C550 | L | AP | RCLAPC550. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C650 | L | AP | RCLAPC650. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CL65 | L | AP | RCLAPCL65. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D328 | L | AP | RCLAPD328. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DA20 | L | AP | RCLAPDA20. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DA90 | L | AP | RCLAPDA90. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DC10 | L | AP | RCLAPDC10. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DC3 | L | AP | RCLAPDC3. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DC930 | L | AP | RCLAPDC930. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DH8 | L | AP | RCLAPDH8. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E145 | L | AP | RCLAPE145. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EC145 | L | AP | RCLAPEC145. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EC635 | L | AP | RCLAPEC635. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F18 | L | AP | RCLAPF18. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2TH | L | AP | RCLAPF2TH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FK10 | L | AP | RCLAPFK10. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FK50 | L | AP | RCLAPFK50. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FK70 | L | AP | RCLAPFK70. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HAW | L | AP | RCLAPHAW. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HS257 | L | AP | RCLAPHS257. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HUN | L | AP | RCLAPHUN. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LR25 | L | AP | RCLAPLR25. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LR35 | L | AP | RCLAPLR35. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LR55 | L | AP | RCLAPLR55. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MC01 | L | AP | RCLAPMC01. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD11 | L | AP | RCLAPMD11. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD80 | L | AP | RCLAPMD80. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD83 | L | AP | RCLAPMD83. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MD87 | L | AP | RCLAPMD87. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MIR | L | AP | RCLAPMIR. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT1A | L | AP | RCLAPNT1A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT2A | L | AP | RCLAPNT2A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT3A | L | AP | RCLAPNT3A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT4A | L | AP | RCLAPNT4A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT5A | L | AP | RCLAPNT5A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NT6A | L | AP | RCLAPNT6A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P3 | L | AP | RCLAPP3. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PC12 | L | AP | RCLAPPC12. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PC21 | L | AP | RCLAPPC21. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PC7 | L | AP | RCLAPPC7. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PC9 | L | AP | RCLAPPC9. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R44 | L | AP | RCLAPR44. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RJ100 | L | AP | RCLAPRJ100. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SA316 | L | AP | RCLAPSA316. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SB20 | L | AP | RCLAPSB20. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF34 | L | AP | RCLAPSF34. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TIG | L | AP | RCLAPTIG. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TU34A | L | AP | RCLAPTU34A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TU54B | L | AP | RCLAPTU54B. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TU54M | L | AP | RCLAPTU54M. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| YK42 | L | AP | RCLAPYK42. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

[KONFIG_ZS_20120118.txt]

2.6 Parameter für Luftdämpfung aus Hik-Koeffizienten

| TYP | PROC | PERF | b | m | A_atm | alpha | TYP | PROC | PERF | b | m | A_atm | alpha |
|-------|------|------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|--------|--------|-------|-------|
| A109K | L | AP | 0.0589 | 0.6216 | 10.99 | 1.53 | HUN | L | AP | 0.4287 | 0.4060 | 13.04 | 1.19 |
| A109S | L | AP | 0.0412 | 0.6575 | 10.40 | 1.53 | LR25 | L | AP | 1.4490 | 0.3375 | 24.79 | 1.87 |
| A319 | L | AP | 0.0676 | 0.6320 | 13.76 | 1.94 | LR35 | L | AP | 0.5189 | 0.4098 | 16.30 | 1.49 |
| A320 | L | AP | 0.0994 | 0.5922 | 14.48 | 1.91 | LR55 | L | AP | 0.5189 | 0.4098 | 16.30 | 1.49 |
| A321 | L | AP | 0.1536 | 0.5473 | 15.34 | 1.87 | MC01 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 |
| A380 | L | AP | 0.2626 | 0.4912 | 16.36 | 1.80 | MD11 | L | AP | 0.3628 | 0.4587 | 17.20 | 1.76 |
| A3103 | L | AP | 0.3365 | 0.4685 | 17.32 | 1.81 | MD80 | L | AP | 0.1337 | 0.5534 | 14.06 | 1.74 |
| A3302 | L | AP | 0.3951 | 0.4511 | 17.57 | 1.77 | MD83 | L | AP | 0.1165 | 0.5653 | 13.54 | 1.71 |
| A3403 | L | AP | 0.3951 | 0.4511 | 17.57 | 1.77 | MD87 | L | AP | 0.1319 | 0.5547 | 14.02 | 1.73 |
| A3406 | L | AP | 0.3951 | 0.4511 | 17.57 | 1.77 | MIR | L | AP | 0.0983 | 0.6010 | 15.42 | 2.07 |
| ADS95 | L | AP | 0.0387 | 0.6858 | 12.40 | 1.90 | NT1A | L | AP | 0.3981 | 0.4535 | 18.05 | 1.83 |
| AN12 | L | AP | 1.6692 | 0.3149 | 23.60 | 1.67 | NT2A | L | AP | 0.2031 | 0.5112 | 14.97 | 1.71 |
| AS16 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 | NT3A | L | AP | 0.1165 | 0.5653 | 13.54 | 1.71 |
| AS332 | L | AP | 0.0731 | 0.5829 | 9.85 | 1.28 | NT4A | L | AP | 0.3365 | 0.4685 | 17.32 | 1.81 |
| AT42 | L | AP | 1.1573 | 0.3233 | 17.55 | 1.27 | NT5A | L | AP | 0.3951 | 0.4511 | 17.57 | 1.77 |
| B73F | L | AP | 0.1205 | 0.5803 | 15.90 | 2.06 | NT6A | L | AP | 0.2626 | 0.4912 | 16.36 | 1.80 |
| B73S | L | AP | 0.1004 | 0.6021 | 15.90 | 2.14 | P3 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 |
| B73V | L | AP | 0.0788 | 0.6263 | 15.30 | 2.14 | PC7 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 |
| B74SP | L | AP | 0.2626 | 0.4912 | 16.36 | 1.80 | PC9 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 |
| B206 | L | AP | 0.0127 | 0.7951 | 10.20 | 1.81 | PC12 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 |
| B707F | L | AP | 0.5289 | 0.4264 | 19.10 | 1.82 | PC21 | L | AP | 0.0243 | 0.7318 | 11.43 | 1.86 |
| B727A | L | AP | 0.3208 | 0.4718 | 16.97 | 1.79 | R44 | L | AP | 0.0127 | 0.7951 | 10.20 | 1.81 |
| B737A | L | AP | 0.2321 | 0.5019 | 15.82 | 1.77 | RJ100 | L | AP | 0.2972 | 0.4887 | 18.13 | 1.98 |
| B787 | L | AP | 0.3951 | 0.4511 | 17.57 | 1.77 | SA316 | L | AP | 0.0409 | 0.6688 | 11.35 | 1.69 |
| B7272 | L | AP | 0.3208 | 0.4718 | 16.97 | 1.79 | SB20 | L | AP | 0.2939 | 0.4674 | 14.98 | 1.57 |
| B7473 | L | AP | 0.8461 | 0.3903 | 22.55 | 1.97 | SF34 | L | AP | 0.9344 | 0.3412 | 16.48 | 1.26 |
| B7474 | L | AP | 0.2626 | 0.4912 | 16.36 | 1.80 | TIG | L | AP | 0.1281 | 0.5713 | 15.65 | 2.00 |
| B7572 | L | AP | 0.3317 | 0.4729 | 17.71 | 1.87 | TU34A | L | AP | 0.6499 | 0.4050 | 19.61 | 1.77 |
| B7672 | L | AP | 0.3951 | 0.4511 | 17.57 | 1.77 | TU54B | L | AP | 1.2167 | 0.3560 | 24.31 | 1.93 |
| B7673 | L | AP | 0.3951 | 0.4511 | 17.57 | 1.77 | TU54M | L | AP | 1.6406 | 0.3092 | 22.11 | 1.53 |
| B7772 | L | AP | 0.3951 | 0.4511 | 17.57 | 1.77 | YK42 | L | AP | 0.1337 | 0.5534 | 14.06 | 1.74 |
| BA11 | L | AP | 0.2464 | 0.5122 | 18.32 | 2.09 | A320 | S | FT | 0.1882 | 0.5093 | 13.66 | 1.55 |
| BE20 | L | AP | 0.1576 | 0.5197 | 12.48 | 1.45 | A321 | S | FT | 0.2312 | 0.4896 | 14.20 | 1.55 |
| BE35 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 | A380 | S | FT | 0.1876 | 0.5098 | 13.66 | 1.56 |
| BE60 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 | A3103 | S | FT | 0.2645 | 0.4748 | 14.36 | 1.52 |
| C130 | L | AP | 1.6692 | 0.3149 | 23.60 | 1.67 | A3302 | S | FT | 0.4401 | 0.4292 | 16.27 | 1.56 |
| C150 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 | A3403 | S | FT | 0.2129 | 0.5067 | 15.11 | 1.71 |
| C152 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 | B73F | S | FT | 0.0907 | 0.5784 | 11.76 | 1.52 |
| C172 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 | B73S | S | FT | 0.1063 | 0.5650 | 12.32 | 1.55 |
| C182 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 | B74SP | S | FT | 0.1607 | 0.5232 | 13.10 | 1.53 |
| C340 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 | B737A | S | FT | 0.0864 | 0.6136 | 15.08 | 2.07 |
| C421 | L | AP | 0.2018 | 0.4211 | 6.97 | 0.66 | B787 | S | FT | 0.4401 | 0.4292 | 16.27 | 1.56 |
| C550 | L | AP | 0.4108 | 0.4436 | 17.15 | 1.70 | B7473 | S | FT | 0.3687 | 0.4397 | 14.89 | 1.46 |
| C650 | L | AP | 0.3981 | 0.4535 | 18.05 | 1.83 | B7474 | S | FT | 0.1876 | 0.5098 | 13.66 | 1.56 |
| CL65 | L | AP | 0.1780 | 0.5386 | 16.52 | 1.99 | B7673 | S | FT | 0.2107 | 0.4981 | 13.91 | 1.55 |
| D328 | L | AP | 0.5007 | 0.4230 | 17.58 | 1.66 | B7772 | S | FT | 0.2645 | 0.4748 | 14.36 | 1.52 |
| DA20 | L | AP | 2.0830 | 0.2936 | 24.62 | 1.61 | DC10 | S | FT | 0.4577 | 0.4214 | 15.85 | 1.49 |
| DA90 | L | AP | 0.5547 | 0.4268 | 20.11 | 1.92 | DC930 | S | FT | 0.1209 | 0.5774 | 15.54 | 2.00 |
| DC3 | L | AP | 0.9344 | 0.3412 | 16.48 | 1.26 | MD11 | S | FT | 0.1607 | 0.5232 | 13.10 | 1.53 |
| DC10 | L | AP | 0.5289 | 0.4264 | 19.10 | 1.82 | MD80 | S | FT | 0.0771 | 0.6221 | 14.45 | 2.01 |
| DC930 | L | AP | 1.4490 | 0.3375 | 24.79 | 1.87 | MD83 | S | FT | 0.0826 | 0.6159 | 14.70 | 2.02 |
| DH8 | L | AP | 1.6692 | 0.3149 | 23.60 | 1.67 | NT3A | S | FT | 0.0826 | 0.6159 | 14.70 | 2.02 |
| E145 | L | AP | 0.1780 | 0.5386 | 16.52 | 1.99 | NT4A | S | FT | 0.2645 | 0.4748 | 14.36 | 1.52 |
| EC145 | L | AP | 0.0918 | 0.5767 | 11.74 | 1.51 | NT5A | S | FT | 0.2107 | 0.4981 | 13.91 | 1.55 |
| EC635 | L | AP | 0.0744 | 0.6069 | 12.27 | 1.66 | NT6A | S | FT | 0.1876 | 0.5098 | 13.66 | 1.56 |
| F2TH | L | AP | 0.5547 | 0.4268 | 20.11 | 1.92 | A109K | S | HO | 0.0631 | 0.6304 | 12.69 | 1.79 |
| F18 | L | AP | 0.1052 | 0.5972 | 15.99 | 2.13 | A109S | S | HO | 0.0516 | 0.6389 | 11.15 | 1.59 |
| FK10 | L | AP | 0.2031 | 0.5112 | 14.97 | 1.71 | ADS95 | S | HO | 0.0464 | 0.6696 | 12.97 | 1.94 |
| FK50 | L | AP | 1.1058 | 0.3473 | 20.53 | 1.59 | AS332 | S | HO | 0.0637 | 0.6323 | 13.01 | 1.84 |
| FK70 | L | AP | 0.2040 | 0.5088 | 14.73 | 1.67 | B206 | S | HO | 0.0316 | 0.6840 | 9.97 | 1.52 |
| HAW | L | AP | 2.6043 | 0.2276 | 17.66 | 0.91 | EC145 | S | HO | 0.0692 | 0.6155 | 12.27 | 1.69 |
| HS257 | L | AP | 0.3339 | 0.4752 | 18.17 | 1.93 | EC635 | S | HO | 0.1605 | 0.5498 | 16.37 | 2.01 |

FLULA2: Übersicht akustische Quellendaten

Quellendatensatz RC2011_02

| TYP | PROC | PERF | b | m | A_atm | alpha | TYP | PROC | PERF | b | m | A_atm | alpha |
|-------|------|------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|--------|--------|-------|-------|
| R44 | S | HO | 0.0316 | 0.6840 | 9.97 | 1.52 | C650 | S | VG | 0.1141 | 0.5884 | 16.11 | 2.12 |
| SA316 | S | HO | 0.0502 | 0.6644 | 13.43 | 1.99 | CL65 | S | VG | 0.1672 | 0.5340 | 14.93 | 1.78 |
| F18 | S | NB | 0.1195 | 0.5909 | 17.23 | 2.27 | D328 | S | VG | 0.0670 | 0.5682 | 7.98 | 1.01 |
| MIR | S | NB | 0.1136 | 0.5934 | 16.71 | 2.21 | DA20 | S | VG | 0.1736 | 0.5502 | 17.75 | 2.18 |
| TIG | S | NB | 0.2047 | 0.5402 | 19.25 | 2.32 | DA90 | S | VG | 0.1652 | 0.5521 | 17.17 | 2.12 |
| A109K | S | VG | 0.0664 | 0.6183 | 12.06 | 1.66 | DC3 | S | VG | 0.0671 | 0.5710 | 8.18 | 1.04 |
| A109S | S | VG | 0.0415 | 0.6580 | 10.53 | 1.55 | DC10 | S | VG | 0.4577 | 0.4214 | 15.85 | 1.49 |
| A319 | S | VG | 0.1290 | 0.5522 | 13.43 | 1.65 | DC930 | S | VG | 0.0993 | 0.5932 | 14.59 | 1.93 |
| A320 | S | VG | 0.2020 | 0.5033 | 13.93 | 1.57 | DH8 | S | VG | 0.0691 | 0.5446 | 6.74 | 0.82 |
| A321 | S | VG | 0.2134 | 0.4970 | 13.96 | 1.55 | E145 | S | VG | 0.1672 | 0.5340 | 14.93 | 1.78 |
| A3103 | S | VG | 0.3022 | 0.4599 | 14.47 | 1.49 | EC145 | S | VG | 0.0669 | 0.6090 | 11.23 | 1.53 |
| A3302 | S | VG | 0.4401 | 0.4292 | 16.27 | 1.56 | EC635 | S | VG | 0.2481 | 0.5132 | 18.60 | 2.13 |
| A3403 | S | VG | 0.1840 | 0.5190 | 14.49 | 1.68 | F2TH | S | VG | 0.1702 | 0.5429 | 16.38 | 1.98 |
| A3406 | S | VG | 0.3460 | 0.4452 | 14.63 | 1.46 | F18 | S | VG | 0.1257 | 0.5981 | 19.24 | 2.57 |
| ADS95 | S | VG | 0.0409 | 0.6566 | 10.23 | 1.50 | FK10 | S | VG | 0.2804 | 0.4972 | 18.36 | 2.04 |
| AN12 | S | VG | 0.0691 | 0.5446 | 6.74 | 0.82 | FK50 | S | VG | 0.0846 | 0.5572 | 9.18 | 1.14 |
| AS16 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 | FK70 | S | VG | 0.1325 | 0.5682 | 15.78 | 2.00 |
| AS332 | S | VG | 0.0765 | 0.6114 | 13.09 | 1.79 | HAW | S | VG | 0.2390 | 0.5254 | 19.86 | 2.33 |
| AT42 | S | VG | 0.0691 | 0.5446 | 6.74 | 0.82 | HS257 | S | VG | 0.1702 | 0.5429 | 16.38 | 1.98 |
| B73F | S | VG | 0.1146 | 0.5563 | 12.35 | 1.53 | HUN | S | VG | 0.2056 | 0.5561 | 22.12 | 2.73 |
| B73S | S | VG | 0.1141 | 0.5585 | 12.53 | 1.56 | LR25 | S | VG | 0.0993 | 0.5932 | 14.59 | 1.93 |
| B73V | S | VG | 0.1392 | 0.5398 | 13.04 | 1.57 | LR35 | S | VG | 0.2680 | 0.5033 | 18.49 | 2.08 |
| B74SP | S | VG | 0.1784 | 0.5129 | 13.34 | 1.53 | LR55 | S | VG | 0.2457 | 0.5083 | 17.67 | 2.00 |
| B206 | S | VG | 0.1701 | 0.5212 | 13.64 | 1.59 | MC01 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 |
| B707F | S | VG | 0.5759 | 0.4118 | 18.40 | 1.69 | MD11 | S | VG | 0.1784 | 0.5129 | 13.34 | 1.53 |
| B727A | S | VG | 0.1588 | 0.5518 | 16.47 | 2.03 | MD80 | S | VG | 0.0687 | 0.6320 | 13.99 | 1.97 |
| B737A | S | VG | 0.0820 | 0.6120 | 14.11 | 1.93 | MD83 | S | VG | 0.0692 | 0.6318 | 14.07 | 1.98 |
| B7272 | S | VG | 0.1787 | 0.5319 | 15.68 | 1.86 | MD87 | S | VG | 0.0621 | 0.6392 | 13.44 | 1.92 |
| B7473 | S | VG | 0.8127 | 0.3703 | 18.31 | 1.52 | MIR | S | VG | 0.0898 | 0.6217 | 16.76 | 2.33 |
| B7474 | S | VG | 0.3954 | 0.4346 | 15.30 | 1.49 | NT1A | S | VG | 0.1141 | 0.5884 | 16.11 | 2.12 |
| B7572 | S | VG | 0.2220 | 0.4858 | 13.22 | 1.43 | NT2A | S | VG | 0.2804 | 0.4972 | 18.36 | 2.04 |
| B7672 | S | VG | 0.2648 | 0.4710 | 13.92 | 1.46 | P3 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 |
| B7673 | S | VG | 0.5588 | 0.4028 | 16.55 | 1.49 | PC7 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 |
| B7772 | S | VG | 0.3022 | 0.4599 | 14.47 | 1.49 | PC9 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 |
| BA11 | S | VG | 0.2349 | 0.5273 | 19.83 | 2.33 | PC12 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 |
| BE20 | S | VG | 0.0305 | 0.6484 | 7.14 | 1.03 | PC21 | S | VG | 0.0757 | 0.5585 | 8.31 | 1.04 |
| BE35 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 | R44 | S | VG | 0.1701 | 0.5212 | 13.64 | 1.59 |
| BE60 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 | RJ100 | S | VG | 0.2122 | 0.5040 | 14.73 | 1.66 |
| C130 | S | VG | 0.0691 | 0.5446 | 6.74 | 0.82 | SA316 | S | VG | 0.0437 | 0.6817 | 13.52 | 2.06 |
| C150 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 | SB20 | S | VG | 0.2443 | 0.4382 | 9.74 | 0.95 |
| C152 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 | SF34 | S | VG | 0.0407 | 0.6065 | 6.68 | 0.90 |
| C172 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 | TIG | S | VG | 0.2163 | 0.5477 | 21.68 | 2.65 |
| C182 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 | TU34A | S | VG | 0.2333 | 0.5216 | 18.77 | 2.19 |
| C340 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 | TU54B | S | VG | 0.2250 | 0.5066 | 15.95 | 1.80 |
| C421 | S | VG | 0.0158 | 0.7368 | 7.77 | 1.28 | TU54M | S | VG | 0.2734 | 0.4778 | 15.21 | 1.62 |
| C550 | S | VG | 0.1059 | 0.5878 | 14.87 | 1.95 | YK42 | S | VG | 0.2784 | 0.5215 | 22.38 | 2.61 |

[Luftdaempfung_bm_20120118.txt]