

Controllingkonzept Kanton Aargau

## Aargauer Routenindex

Index zum Nachweis der Belegung der Flugrouten



Juni 2012

---

## Impressum

### **Herausgeber**

Kanton Aargau  
Departement Bau, Verkehr und Umwelt  
Entfelderstrasse 22  
5001 Aarau

Tel. 062 835 32 00

[www.ag.ch/bvu](http://www.ag.ch/bvu)

### **Bearbeitung und Auswertungen**

creato

Genossenschaft für kreative Umweltplanung  
Limmatauweg 9  
5408 Ennetbaden

Tel. 056 203 40 30

Web [www.creato.ch](http://www.creato.ch)

8. Juni 2012

# Inhaltsverzeichnis

<b>Aargauer Routenindex</b>	<b>1</b>
<b>Index zum Nachweis der Belegung der Flugrouten</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung .....	1
1.2 Routenindex als Controllinginstrument .....	1
1.3 Controlling der Flugbewegungen .....	1
1.4 Festsetzung der Flugrouten und der Routenindices im Richtplan .....	2
1.5 Verhältnis des Rx zur Lärmschutzverordnung und zum Zürcher Fluglärmindex .....	4
1.6 Auswirkungen des Routenindex .....	5
<b>2 Berechnung des Routenindex</b>	<b>6</b>
2.1 Komponente 1: Maximalpegel .....	6
2.1.1 Gewichtung der Maximalpegel .....	7
2.2 Komponente 2: Anzahl Überflüge .....	8
2.3 Flugroutenstreuung .....	8
2.4 Komponente 3: Tageszeit .....	9
2.4.1 Gewichtung der Tageszeit .....	10
<b>3 Controllingbericht: Darstellung der Resultate</b>	<b>11</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Zielsetzung

Die Rahmenbedingungen für den künftigen Flugbetrieb auf dem Flughafen Zürich werden vom Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) im Sachplan Infrastruktur Luftfahrt (SIL) festgelegt. Den Berechnungen der erlaubten Lärmauswirkungen (Lärmkorsett) liegen dabei bestimmte Annahmen zu Flugrouten und deren Belegung zu Grunde.

Der Kanton will die Einhaltung der geplanten Belegung der Flugrouten über dem Aargau überprüfen können und hat aus diesem Grund ein neues Instrument eingeführt, den Routenindex (Rx). Mit der Einführung des Routenindex wird das vom Grossen Rat des Kantons Aargau mit der Überweisung des Auftrags vom 18. September 2007 geforderte Controlling umgesetzt.

Der vorliegende Bericht erläutert die Berechnung und Auswertung des Aargauer Routenindex in allgemein verständlicher Form. Wichtige Fachbegriffe sind im Glossar Seite 10 erläutert.

## 1.2 Routenindex als Controllinginstrument

Der Routenindex ist ein vereinfachter Indikator, mit dem geprüft wird, wie der Flugbetrieb des Flughafens Zürich die Vorgaben des geltenden Betriebsreglements einhält. Zur Zeit sind das die Vorgaben des vorläufigen Betriebsreglements (vBR), nach Inkrafttreten des SIL-Objektblattes und der Genehmigung durch das BAZL die Vorgaben des (definitiven) Betriebsreglements (BR). Der Routenindex gewichtet die Anzahl Überflüge nach Lautstärke (abhängig von der Flughöhe, dem Flugzeugtyp etc.) sowie Tageszeit und weist sie als einfache Kennzahl aus (siehe Kapitel 2).

Der Routenindex kann einerseits abgeleitet aus den Annahmen im SIL-Prozess oder dem vorläufigen Betriebsreglements berechnet werden, und andererseits durch den Einbezug der täglichen Radaraufzeichnungen der tatsächlichen Flugbewegungen für bestimmte Standorte ermittelt werden. Das vorläufige Betriebsreglement macht Angaben hinsichtlich Flugrouten, Flugroutenstreuung, Flottenzusammensetzung, Flugroutenbelegung, u.a.. Die von der nationalen Flugsicherung skyguide zu Verfügung gestellten Radardaten liefern während 24 Stunden täglich alle vier Sekunden Informationen über die Lage, die Höhe und die Kennung (ModeS) aller Flugzeuge im Überwachungsgebiet. Sowohl aus den Vorgaben des vorläufigen Betriebsreglements als auch aus den Radaraufzeichnungen der skyguide werden für bestimmte Standorte einen Rx-Wert für den Tag (06 - 22 Uhr) und für die Nacht (22 - 06 Uhr) errechnet.

## 1.3 Controlling der Flugbewegungen

Das Controlling basiert zur Zeit auf einem Vergleich zwischen den Obergrenzen aufgrund des vorläufigen Betriebsreglements (vBR-Rx) mit den aus den tatsächlichen Flugbewegungen ermittelten Routenindices (Rx). Liegt der Rx unter dem vBR-Rx entspricht das Flugregime den Vorgaben des vorläufigen Betriebsreglements. Liegt der Rx über der Obergrenze des vBR-Rx werden die Flugrouten stärker belegt als geplant.

Mit dem Controllinginstrument Routenindex hat der Regierungsrat eine Grundlage, um bei den Aufsichtsbehörden entsprechende Erklärungen oder Massnahmen zu verlangen, wenn Überschreitungen nachgewiesen werden.

Der Routenindex ersetzt zwar in keiner Art und Weise die bestehenden rechtlich verbindlichen Festlegungen der Lärmschutz-Verordnung oder die durch aufwändige Feld- und Laboruntersuchungen abgestützten Lärmbewertungsmethoden. Übertreffen jedoch Werte für den Routenindex die festgelegten Obergrenzen deutlich, kann dies bedeuten, dass die Annahmen des Betriebsreglements nicht eingehalten und allenfalls sogar Grenzwerte gemäss LSV überschritten werden. Eine solche Verletzung der raumplanerischen Vorgaben würde vom Regierungsrat zum Anlass genommen werden, bei der Aufsichtsbehörde entsprechende Massnahmen zu verlangen.

Beschluss 2.3 im Kapitel M 7.1 des kantonalen Richtplans besagt: "Wenn die im rechtskräftigen Betriebsreglement festgelegten Flugrouten und/oder die Rx-Obergrenzen nicht eingehalten werden, verlangt der Regierungsrat von den zuständigen Behörden Massnahmen, sofern nicht äussere Gründe (Wetter, internationale Verpflichtungen usw.) die Abweichungen rechtfertigen.

#### 1.4 Festsetzung der Flugrouten und der Routenindices im Richtplan

Im Kapitel M 7.1 des kantonalen Richtplans sind mit Beschluss des Grossen Rates vom 20. September 2011 für sieben repräsentative Standorte jeweils eine Obergrenze für den Zeitraum "Tag" und eine Obergrenze für den Zeitraum "Nacht" festgelegt worden. Die Obergrenzen sind ausgehend vom maximalen Betrieb der Variante E<sub>DVO-S</sub> gemäss Schlussbericht zum SIL-Prozess Flughafen Zürich vom 2. Februar 2010 festgelegt worden. Diese Obergrenzen dürfen vom tatsächlich geflogenen Jahresflugverkehr nicht überschritten werden.

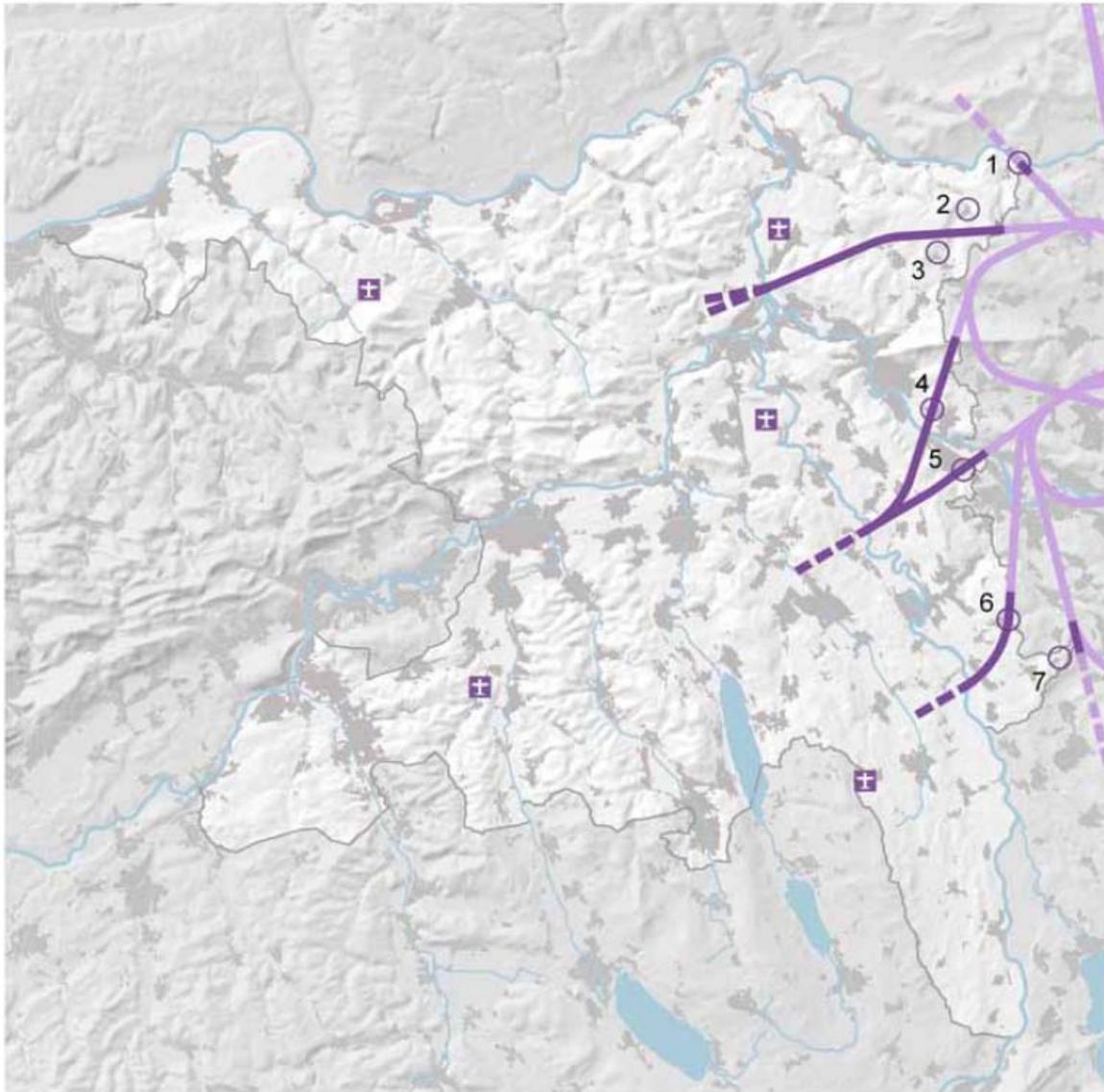
Die ausgewählten Standorte (von Nord nach Süd) und die Obergrenzen lauten:

Gemeinde(n)	Rx-Obergrenze Tag (06.00 – 22.00 Uhr)	Rx-Obergrenze Nacht (22.00 – 06.00 Uhr)
Kaiserstuhl	191'000	9'000
Siglistorf	9'000	19'000
Schneisingen	13'000	24'000
Würenlos	33'000	9'000
Spreitenbach	55'000	7'000
Oberwil-Lieli	21'000	3'000
Islisberg	32'000	4'000

Diese Standorte liegen nahe der Kantonsgrenze und nach Möglichkeit direkt unterhalb einer Hauptan- bzw. abflugroute gemäss Schlussbericht zum SIL-Prozess Flughafen Zürich bzw. dem Entwurf SIL-Objektblatt Flughafen Zürich vom 16. August 2010 (SIL-Routen; vergleiche Richtplan-Teilkarte in Abbildung 1). Die ausgewählten Standorte bilden somit eine Art Gates oder Einfallstor für die Flugbewegungen ausgehend vom Flughafen Zürich.

Bis zur Einführung des definitiven Betriebsreglements wird der Flugbetrieb an den Bestimmungen des vorläufigen Betriebsreglements gemessen (vgl. Beschluss 2.4, Kapitel M 7.1 im kantonalen Richtplan).

## Richtplan-Teilkarte M 7.1 Luftverkehr / Flugplätze, Flugrouten



Ausgangs- lage	Richtplan- aussage	
		Hauptlinien der Flugrouten zu/ab Flughafen Zürich (östlich von Reuss und Aare) gemäss Schlussbericht vom 3. Februar 2010 im Rahmen des Sachplans Infrastruktur Luftfahrt (SIL)
		Festgesetzte Orte mit Obergrenze für den Routenindex im Gemeindegebiet von: 1. Kaiserstuhl 2. Siglistorf 3. Schneisingen 4. Würenlos 5. Spreitenbach 6. Oberwil-Lieli 7. Islisberg
		Anlagen der Luftfahrt im Kanton Aargau gemäss Sachplan Infrastruktur Luftfahrt (SIL)
		Siedlungsgebiet

**Abbildung 1:** Richtplan-Teilkarte M 7.1 mit den künftigen Hauptflugrouten und den festgesetzten Rx-Orten.

## 1.5 Verhältnis des Rx zur Lärmschutzverordnung und zum Zürcher Fluglärminde

Der Routenindex bestimmt die Anzahl Überflüge pro Jahr an einem bestimmten Ort unter einer Flugroute und gewichtet dabei jeden einzelnen Überflug nach Maximalpegel (Lautstärke) und Tageszeit. Die Gewichtung der Überflüge bedeutet – wie bereits erwähnt –, dass der Wert des Rx an einem bestimmten Ort auch bei wachsender Anzahl Überflüge gleich bleiben kann, sofern leisere und/oder besser steigende Flugzeuge eingesetzt oder gewisse Überflüge in weniger sensiblen Tageszeiten abgewickelt werden. So lässt der Rx unter bestimmten Bedingungen ein weiteres Wachstum der Flugbewegungen durchaus zu.

Der Rx zählt und gewichtet also für einen gewählten Ort am Boden die einzelnen Überflüge und macht keine direkte Aussage zur Lärmbelastung der dort lebenden Bevölkerung. Seine Aussage ist ebenfalls unabhängig von der vorhandenen Bevölkerungsdichte, welche im Zürcher Fluglärminde (ZFI) berücksichtigt wird. Der Routenindex ist ein Instrument, mit dem ein einfacher Vergleich der im vBR vorgegebenen oder im SIL geplanten routenspezifischen Flugbewegungen (gewichtet) mit den effektiv geflogenen Flugbewegungen (ebenfalls gewichtet) erstellt werden kann.

Die Lärmschutz-Verordnung (LSV) beurteilt Fluglärmmmissionen anhand tageszeitlicher Mittelungspegel. Für bestimmte Zeitspannen (Tag, Nacht) sind für den Mittelungspegel unterschiedliche Werte definiert, welche die tolerierten bzw. zu tolerierenden Lärmbelastungen festlegen (Grenzwerte). Es ist eine Eigenschaft dieser Mittelungspegel, dass einzelne relativ kurze Lärmereignisse beinahe nichts zum Gesamtwert beitragen und Änderungen der Anzahl der Überflüge nur schwach zu Buche schlagen. Eine Verdoppelung der Anzahl Überflüge – unter gleichen Bedingungen, d.h. gleiche Tageszeiten und gleiche Flugzeugtypen mit gleichen Überflughöhen, – führt beim Mittelungspegel (nur) zu einer Erhöhung von 3 dB. Der Rx hingegen berücksichtigt die Anzahl Überflüge linearer und reagiert deshalb sensibler auf Veränderungen der Anzahl Überflüge als der Mittelungspegel dies tut. Eine Verdoppelung der Anzahl Überflüge unter gleichen Bedingungen führt auch zu einer Verdoppelung des Wertes des Routenindex. Somit beeinflusst die Anzahl Lärmereignisse den Rx sichtbarer als den Mittelungspegel oder den ZFI.

Für die Berechnung des Zürcher Fluglärminde werden am Tag Mittelungspegel und nachts Maximalpegel von Einzelflügen verwendet. Der ZFI nimmt für sich in Anspruch, die durchschnittliche Belastung der gesamten Bevölkerung rund um den Flughafen abzubilden, indem pro Hektare mit einer gegebenen Fluglärmmmission die Anzahl der stark belästigten bzw. der stark im Schlaf beeinträchtigten Personen ermittelt und dann aufsummiert wird. Der ZFI kombiniert also Änderungen im Flugbetrieb mit Änderungen der Bevölkerungsdichte. Massnahmen zur Beibehaltung eines gewissen ZFI-Wertes werden deshalb bei einem Wachstum der Wohnbevölkerung in der Flughafenregion dazu führen, dass die Überflüge auf dünner besiedelte Regionen verlegt werden – unabhängig davon wie gross die Belastung dort bereits ist.

## 1.6 Auswirkungen des Routenindex

Der Routenindex erlaubt es, den Einfluss aktueller Veränderungen in der Belegung der Flugrouten abzuschätzen und die Einhaltung definierter Vorgaben (Betriebsreglement, SIL-Grundlagen) zu überprüfen.

Die im Richtplan festgesetzten Obergrenzen der Routenindices beschränken die Anzahl der Überflüge pro Flugroute nicht absolut, denn eine angemessene Flexibilität ist durchaus gegeben: Die Lautstärkengewichtung macht es beispielsweise möglich, dass durch den Einsatz leiserer Flugzeuge mehr Flüge über eine Flugroute geführt werden können, ohne dass sich der jährliche Rx-Wert erhöht. Ebenso können durch optimierte Steigraten die Überflughöhen erhöht, dadurch die Lautstärken gesenkt und die Flugroute – bei gleichem Rx-Wert – mehr beflogen werden. Diese Flexibilität gibt dem Flughafen einen Handlungsspielraum, allerdings mit Leitplanken in Form der Obergrenzen der Routenindices.

## 2 Berechnung des Routenindex

Im Focus des Routenindex stehen die Überflüge im Sinne einer Störung der Bevölkerung durch einzelne Lärmereignisse und ihrer Anzahl. Aufgrund von Reaktionen aus der Bevölkerung wissen wir, dass die Lautstärke und die Tageszeit der Überflüge die Wahrnehmung eines Überfluges beeinflussen. Der Maximalpegel, die Tageszeit und die Anzahl der Überflüge sind die drei Grundkomponenten des Rx.

DEFINITION: Der Routenindex  $Rx$  ist die Summe der tageszeit- und maximalpegelgewichteten Überflüge im Zeitraum eines Jahres:

$$Rx = \sum_{L,T} G_L \cdot g_T \cdot N_{L,T}$$

Dabei bedeuten

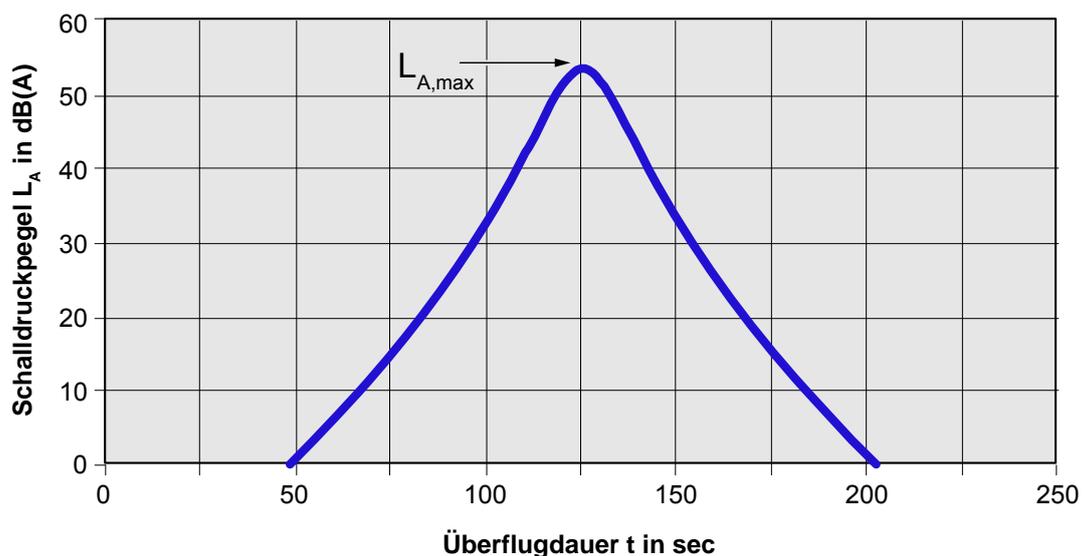
$N_{L,T}$  die Anzahl Überflüge mit dem Maximalpegel  $L_{A,max}$  zur Tageszeit  $T$

$G_L$  die Gewichtung des Maximalpegels  $L_{A,max}$  (siehe unten)

$g_T$  die Gewichtung der Tageszeit  $T$  (siehe unten).

### 2.1 Komponente 1: Maximalpegel

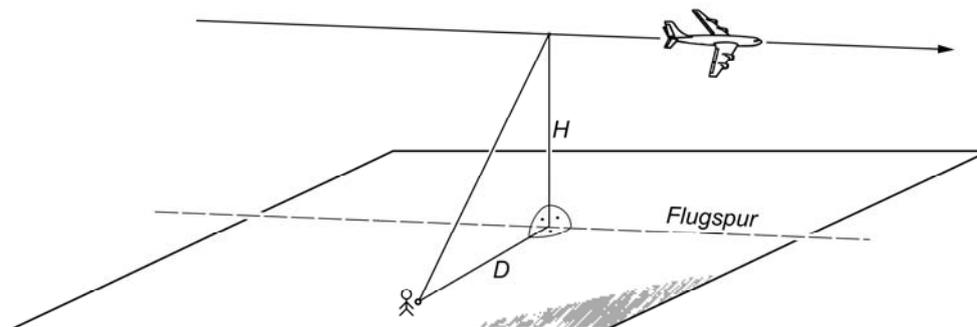
Bei einem Vorbei- oder Überflug über einen vorgegebenen Ort am Boden nimmt der Schalldruckpegel zu, wenn das Flugzeug näher kommt, erreicht ein Maximum und nimmt wieder ab, wenn es sich entfernt (Abbildung 3). Der dabei auftretende maximale Schalldruckpegel heisst Maximalpegel ( $L_{A,max}$ ). Die Masseinheit ist Dezibel (dB), genauer dB(A), weil zusätzlich der sogenannte bewertende A-Filter berücksichtigt wird, welcher die Eigenschaften des menschlichen Gehörs berücksichtigt.



**Abbildung 3:** Verlauf des Schalldruckpegels während eines Überfluges, dargestellt mit Maximalpegel  $L_{A,max}$ .

Abhängig von der Situation dauert der Vorgang des Überfluges etwa 20 Sekunden bis 1 Minute. Der erreichte Wert des Maximalpegels hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab: Vom Flugzeugtyp und dessen aktueller Triebwerksleistung, von der Distanz zwischen

Empfangspunkt und Flugbahn, d.h. von der Flughöhe und dem Querabstand zur Flugspur (siehe Abbildung 4), und der aktuellen meteorologischen Situation.

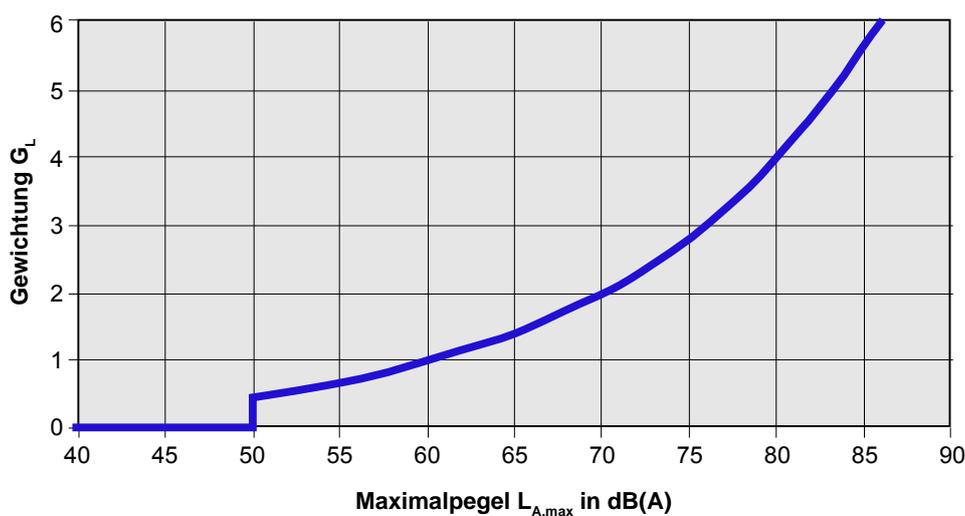


**Abbildung 4:** Geradliniger Vorbeiflug mit  $H$  als Flughöhe über Grund und  $D$  als Querabstand zur Flugspur.

Der Maximalpegel kann relativ einfach mit einem Pegelmessgerät gemessen oder mit gewissen Vereinfachungen errechnet werden. Für die Berechnung des Routenindex werden immer die Aussenpegel, d.h. der Wert im Freien, verwendet. Weil die Dämpfung des Flugzeugschalls zwischen Aussen und Innen, zum Beispiel durch Fenster, je nach Situation sehr unterschiedlich sein kann, wird auch nachts keine solche Dämpfung berücksichtigt.

### 2.1.1 Gewichtung der Maximalpegel

Um Schalldruckänderungen wahrnehmen zu können, muss der Pegel um etwa 3 dB verändert werden. Bei höheren Pegeln ab etwa 60 dB werden bereits Unterschiede von 2 dB erkannt. Eine Änderung des Pegels um ca. 10 dB wird als Verdoppelung/Halbierung des subjektiven Eindrucks der Lautstärke empfunden. Entsprechend dieser 10dB-Regel werden die bei jedem Überflug auftretenden Maximalpegel gewichtet (Abbildung 5).



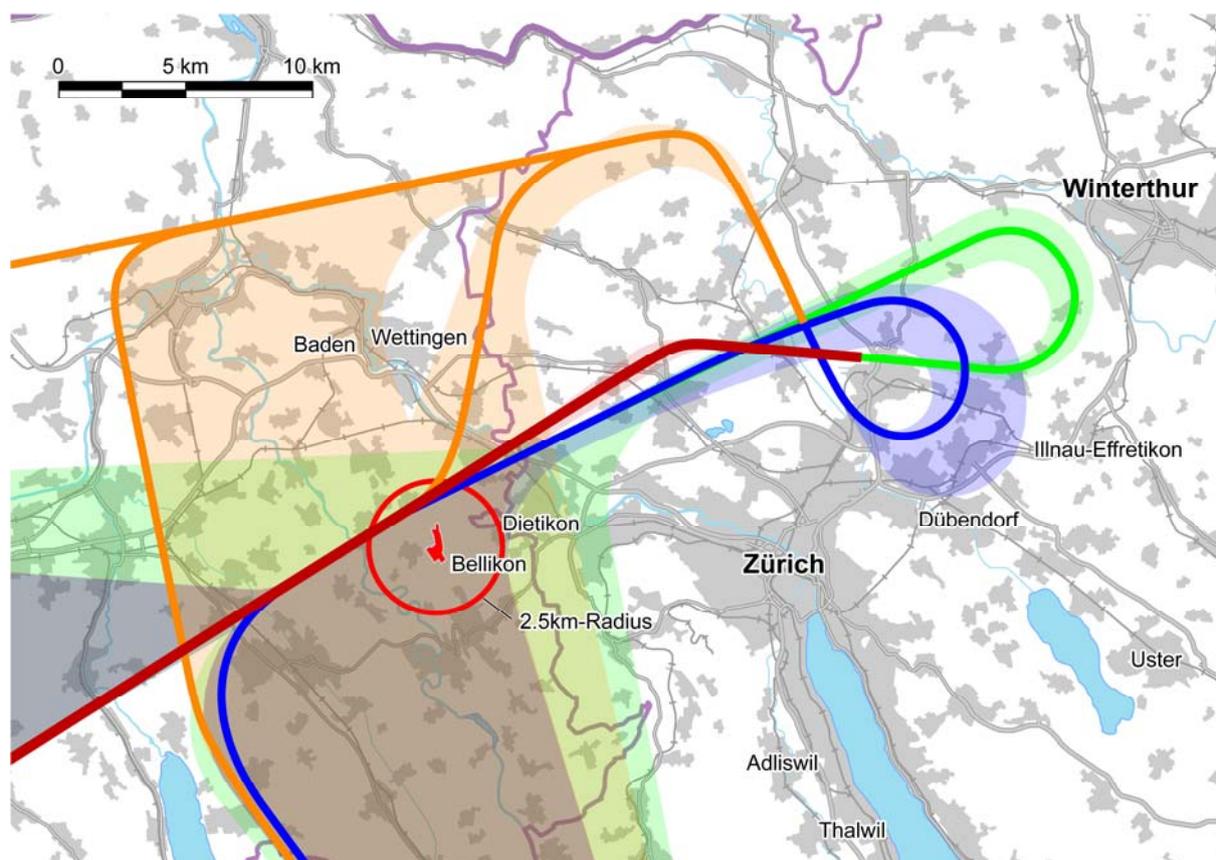
**Abbildung 5:** Gewichtung der Maximalpegel. Der Maximalpegel von 60 dB(A) ist mit der Gewichtung 1 versehen worden. Eine Erhöhung um 10 dB(A) führt zu einer Verdoppelung. Unter 50 dB(A) ist die Gewichtung Null, weil hier die Fluglärmstörung vernachlässigbar klein ist und die Umgebungsgeräusche meistens grösser sind.

## 2.2 Komponente 2: Anzahl Überflüge

Auch die Anzahl der Überflüge kann entweder zusammen mit der Messung der Maximalpegel ermittelt oder mit Annahmen aus dem vBR oder SIL berechnet werden. Im Rahmen der SIL-Planungen wurden die Annahmen betreffend Flugroutenbelegung, Flottenmix und Höhenprofile gut dokumentiert desgleichen im vorläufigen Betriebsreglement (Betriebsreglement für den Flughafen Zürich vom 30. Juni 2011 und Genehmigung eines vorläufigen Betriebsreglements, Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL, 15. April 2011; SIL-Prozess: Schlussbericht (mit Anhängen), Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL, 7. August 2009 / 2. Februar 2010). Als anspruchsvoller Aspekt hat sich dabei die Streuung der Flugzeuge erwiesen.

## 2.3 Flugroutenstreuung

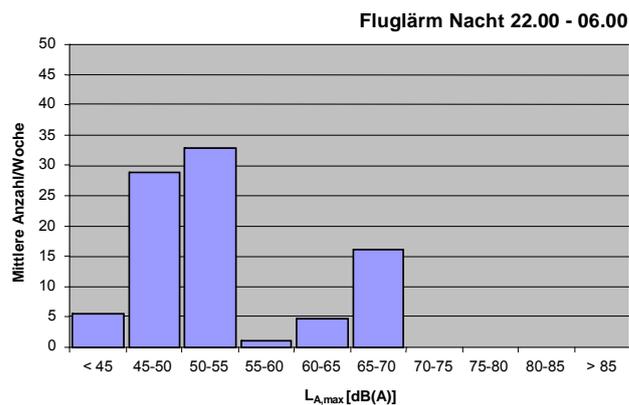
Im Gegensatz zu den Landungen mit Instrumentenlandesystemen können bei den Starts die Flugrouten stark streuen. Die Frage ist, wie genau die Flugrouten für die Berechnung des Routenindex aufgeschlüsselt sein müssen. Zu berücksichtigen ist dies insbesondere für die künftigen Betriebsvarianten des SIL, wo die Flugrouten nur als Linienelemente festgelegt sind.



**Abbildung 6:** Streuung der Flugrouten (schraffiert) um die Hauptstartrouten (ausgezogene Linien) über Bellikon (gemäss SIL-Unterlagen). Innerhalb des rot eingezeichneten 2.5-km-Radius werden in der Darstellung des Rx alle Überflüge ausgewiesen (vergleiche Abbildung 8).

Als Faustregel für Flüge über dem Aargau gilt: Innerhalb einer Korridorbreite vom Eineinhalbfachen der Flughöhe über Grund ändert sich der Maximalpegel um weniger als 2 dB. Das entspricht etwa der Grenze zur Wahrnehmung von Lautstärkeunterschieden. Daher werden in der Abbildung 8 unter anderem die Anzahl Überflüge innerhalb eines 2.5-km-Radius um den Berechnungsort ausgewiesen (Beispiel Bellikon roter Kreis in Abbildung 6).

Betrachtet man über eine längere Zeitspanne das Fluggeschehen an einem Ort, so variieren die Flughöhen, die Querabstände und die Flugzeugtypen. Vielleicht hört man auch Flugzeuge von benachbarten Flugrouten. Es treten darum unterschiedliche Maximalpegel auf, welche zusammen aufgezeichnet ein ganzes Spektrum von Maximalpegeln ergeben:



**Abbildung 7:** Beispiel einer Maximalpegelverteilung. Gut 60 % aller Maximalpegel treten hier im Bereich zwischen 45 und 55 dB(A) auf. Daneben gibt es lautere bzw. tiefer fliegende Maschinen (ca. 16 %), die Maximalpegel zwischen 65 und 70 dB(A) verursachen.

## 2.4 Komponente 3: Tageszeit

Die Lärmschutzverordnung unterscheidet zwischen Lärmbelastungen am Tag (6-22 Uhr) und in der Nacht (22-06 Uhr). Der Zürcher Fluglärmindex arbeitet mit Zuschlägen für die Belastungen in den beiden Tagesrandstunden (6-7 und 21-22 Uhr). Bei der Berechnung des Routenindex wird auf diese Unterscheidungen ebenfalls Rücksicht genommen, allerdings mit unterschiedlicher Gewichtung, da der Routenindex nicht die Betroffenheit der Personen in vergleichbarer Weise einbezieht.

### 2.4.1 Gewichtung der Tageszeit

Nachts (22 bis 06 Uhr) und während den Tagesrandstunden (21 bis 22 Uhr und 06 bis 07 Uhr) stören Flüge stärker als tagsüber. Dementsprechend werden die Tagesrand- und Nachtstunden stärker gewichtet als die Tagesstunden von 7 bis 21 Uhr (Tabelle 1). Dabei wurden die international gebräuchlichen Gewichtungen der Lärmimmissionen für unterschiedliche Tageszeiten als Grundlage verwendet und unter der Berücksichtigung des Anwendungsbereichs des Routenindex angepasst.

Tageszeit $T$		Gewicht $g_T$
Tag	(07.00 bis 21.00 Uhr)	1.0
Abend	(21.00 bis 22.00 Uhr)	1.5
Nacht	(22.00 bis 06.00 Uhr)	5.0
Morgen	(06.00 bis 07.00 Uhr)	1.5

**Tabelle 1:** Gewichtung der Tageszeiten.

Ausschlaggebend war, dass der Routenindex insbesondere für Gebiete bestimmt ist, deren Fluglärmimmissionen meist unterhalb der Grenzwerte der LSV liegen und aus diesem Grund die Pegeldifferenz der Überflüge zum Umgebungslärm geringer sind als in flughafennahen Gebieten. Die Gewichtungen der EU für die Abend-/Tagesrandstunden (Mittelungspegel +5 dB bzw. Anzahl Flüge x 3) und die Nacht (Mittelungspegel +10 dB bzw. Anzahl Flüge x 10) widerspiegeln die Bedürfnisse der Bevölkerung im flughafennahen (< 10 km) Bereich. Der Routenindex wurde für Bereiche in Entfernungen von 10 bis 30 Kilometern vom Flughafen ausgearbeitet. Daher kann nicht die vorerwähnte Gewichtung der EU berücksichtigt werden, zumal der Routenindex nicht die Betroffenheit ins Zentrum stellt, sondern die gewichtete Bewegungszahlen. Die Gewichtungen der EU wurden daher um 50 % reduziert, was dazu führt, dass der Routenindex deutlicher durch die Komponente Anzahl Überflüge während des ganzen Tages beeinflusst wird.

Um dem ausgeprägten Unterschied zwischen Tag- und Nachtstunden, wie ihn die LSV vorsieht, Rechnung zu tragen, werden die Zahlen für den Routenindex für den Tag und die Nacht separat und ohne Total ausgewiesen (vergleiche Abbildung 8).

### 3 Controllingbericht: Darstellung der Resultate

Am Beispiel Bellikon soll im Folgenden aufgezeigt werden, wie die Berechnungen und Vergleiche der Routenindices im Controllingbericht dargestellt werden. Wie bereits mehrfach erwähnt liegen den Berechnungen der Rx-Werte einerseits die Radaraufzeichnungen der nationalen Flugsicherung skyguide aller Überflüge über Bellikon zugrunde (Rx) und andererseits die Vorgaben aus dem vorläufigen Betriebsreglement (vBR-Rx). Wie aus Abbildung 8 für das Jahr 2011 ersichtlich ist, überfliegen am Tag (von 06 - 22 Uhr) 53'321 Flugzeuge den Standort Bellikon, in der 1. Nachtstunde (22 - 23 Uhr) 585 Flugzeuge und in der zweiten Nachtstunde (23 - 24 Uhr) 657 Flugzeuge, u.a. Die daraus resultierenden Rx-Werte liegen unter den vBR-Werten. Das heisst für den Standort Bellikon, dass die Vorgaben des vorläufigen Betriebsreglements (Soll-Werte) durch den tatsächlichen Flugverkehr (Ist-Werte) im Jahr 2011 eingehalten worden sind.

Routenindex		Rx	vBR-Rx
Tag	06-22 Uhr	55'000	82'700
Nacht	22-06 Uhr	7'100	11'900



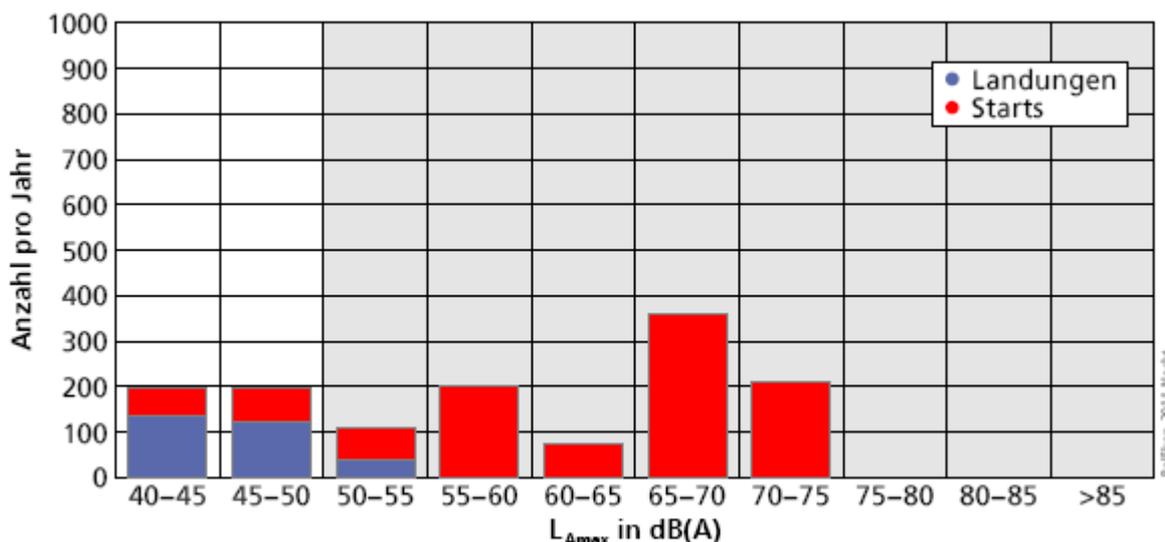
Kennwerte LSV <sup>1)</sup>		Überflüge	L <sub>eq</sub> dB(A)
Tag	06-22 Uhr	53'321	49.2
	1. Nachtstunde	585	39.0
	2. Nachtstunde	657	47.2
	Letzte Nachtstunde	109	21.5

Periode	01.01.2011 - 31.12.2011
Name	Bellikon
Koordinaten	668'320 / 249'100
Höhe	590 m ü.M.



**Abbildung 8:** Beispiel Auszug Standortblatt Bellikon aus dem Controllingbericht 2011.

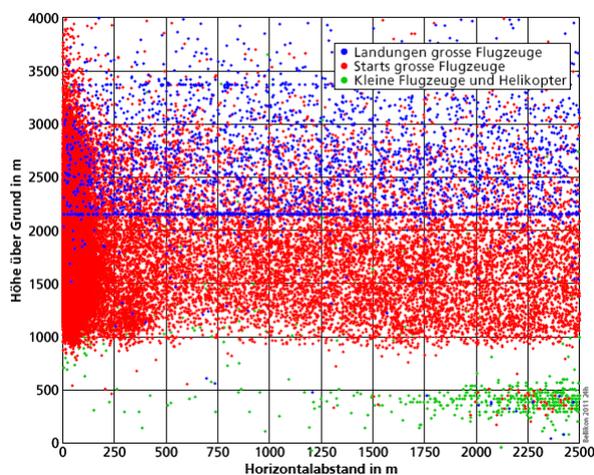
Damit eine Beurteilung auf den ersten Blick möglich ist, ist ein Ampelsystem angegeben. Hält der Flugbetrieb alle Vorgaben ein - wie in Bellikon dargestellt -, ist die Ampel auf grün, bei einer Überschreitung der aufgrund des vorläufigen Betriebsreglements festgelegten Obergrenze rot.



**Abbildung 9:** Beispiel Auszug Standortblatt Bellikon aus dem Controllingbericht 2011: Maximalpegelverteilung nachts (22 - 06 Uhr).

Die Abbildung 9 zeigt die berechnete Verteilung der Maximalpegel aller Überflüge nachts von 22 bis 6 Uhr am Standort Bellikon. Rot sind die Starts, blau die Landungen eingetragen. In die Berechnung des Routenindex werden all jene Flugzeuge miteinbezogen, deren Maximalpegel grösser als 50 dB(A) ist (in der Grafik grau hinterlegt).

#### Überflughöhen und -distanzen



Abstände	Landungen	Starts
mittlere Überflughöhe	2'110 m	1'720 m
mittlerer Horizontalabstand	650 m	470 m
mittlere Distanz	2'260 m	1'930 m

Nächster Vorbeiflug	Landungen	Starts
Datum/Zeit	27.10.11 14:29	26.08.11 14:37
Distanz	340 m	520 m
Flugzeugtyp	EC45	CONI

Lautester Vorbeiflug	Landungen	Starts
Datum/Zeit	27.10.11 14:29	03.04.11 12:00
$L_{A,max}$	71.8 dB(A)	84.2 dB(A)
Flugzeugtyp	EC45	B737

**Abbildung 10:** Beispiel Auszug Standortblatt Bellikon aus dem Controllingbericht 2011: Überflughöhen und -distanzen.

Das Streudiagramm (Abbildung 10, links) stellt die Überflughöhen und die Horizontalabstände aller Überflüge am Standort Bellikon dar. Aus diesen Daten können die mittlere Überflughöhe, der mittlere Horizontalabstand und die mittlere Distanz der Vorbeiflüge berechnet werden (siehe rechte Seite oben der Abbildung 10).

Die Streudiagramme zeigen alle Flugbewegungen in der Umgebung des Standorts über Grund mit Start (rot) und Landung (blau) auf dem Flughafen Zürich. In den Diagrammen sieht man auch einzelne Sportflugzeuge oder Helikopter, die ausserhalb der offiziellen Flugrouten für Grossraumflugzeuge unterwegs sind.

Aus der Analyse der Flugspuren können weitere Aussagen gewonnen werden, so zum Beispiel über:

- prozentuale Verteilung der Flüge auf die verschiedenen Flugrouten
- wesentliche Veränderungen des Flottenmix auf den jeweiligen Flugrouten
- Veränderungen der durchschnittlichen Überflughöhe (Steigraten)
- Abweichungen von den genehmigten Flugspuren, Veränderung der Streuung

Der Jahresbericht enthält deshalb auch eine kurze verbale Beurteilung des Flugbetriebs und zeigt in der Zusammenfassung allfällige Abweichungen von den Vorgaben (Rx-Wert, Verteilung auf Flugrouten oder Höhenverteilung der Flugzeuge) und weitere Besonderheiten auf.

## Glossar

Flugbewegung	Start oder Landung eines Luftfahrzeuges (Start und Landung entsprechen zwei Flugbewegungen).
Flugroute	Im Luftfahrthandbuch definierter Flugweg eines Flugzeuges.
Flugroutenbelegung	Anzahl Flugbewegungen auf einer bestimmten Route pro Jahr (mit spezifischem Flottenmix).
Flugspur	Tatsächlich geflogene Flugroute.
Immission	Einwirkung von Luftverunreinigungen, Lärm, Erschütterungen, Strahlen sowie Verunreinigungen des Bodens und des Wassers auf Menschen, Flora, Fauna und Sachgüter.
Immissionsgrenzwert	Wert, bei dessen Überschreitung eine Einwirkung gemäss Umweltschutzgesetz (Art. 13 Abs. 1) als schädlich oder lästig bezeichnet wird.
Maximalpegel ( $L_{max}$ )	Maximaler Wert eines Schallereignisses, auch Spitzenpegel.
Mittelungspegel ( $L_{eq}$ )	Durchschnittsmass, welches die energetische Summe der tatsächlichen Einzelereignisse ins Verhältnis zum ganzen betrachteten Zeitraum setzt und damit "mittelt".
Richtplan	Der kantonale Richtplan legt die räumliche Entwicklung fest und koordiniert sämtliche Tätigkeiten, die sich auf den Raum auswirken. Er definiert die Schnittstellen zum Bund und den benachbarten Kantonen.
Routenindex (Rx)	Vom Kanton Aargau entwickeltes Instrument zur Überwachung des Flugbetriebes. Er weist die Summe der tageszeit- und maximalpegelgewichteten Überflüge im Zeitraum eines Jahres aus.
Sachplan Infrastruktur Luftfahrt (SIL)	Das Planungs- und Koordinationsinstrument des Bundes für die zivile Luftfahrt. Er bildet die Grundlage für die Planung, die Bauten und den Betrieb eines Flugplatzes, insbesondere für die Konzession und das Betriebsreglement.
Zürcher Fluglärm-Index (ZFI)	Zürcher Instrument zur Erfassung und Darstellung der Fluglärmbelästigung der betroffenen Bevölkerung. Er umfasst Richtwert, Monitoringwert, einen jährlichen Bericht des Regierungsrates und Massnahmen.