

# Der Zürcher Fluglärm-Index (ZFI) im Jahr 2011



### Herausgeber

Volkswirtschaftsdirektion, mit Beschluss des Regierungsrates des Kantons Zürich vom 7. November 2012 (RRB Nr. 1142/2012)

### Gestaltung und Druck

Kantonale Drucksachen- und Materialzentrale Zürich (kdmz)  
Auflage 800 Exemplare, gedruckt auf RecyStar

### Leitung, Realisation, Gesamtedaktion

Amt für Verkehr, Abteilung Flughafen/Luftverkehr

### Textbeiträge

Amt für Verkehr  
Empa  
Flughafen Zürich AG  
Skyguide  
Statistisches Amt

### Bildnachweis

Titelseite: A340 nach Start von Piste 28, aufgenommen in Oberglatt,  
© 2012 Amt für Verkehr  
Landeskarten: Bundesamt für Landestopografie  
(Druck: Geschäftslizenz Kanton Zürich; Internetpublikation: BA100194)

### Bezugsquelle

Amt für Verkehr  
Postfach  
8090 Zürich  
afv@vd.zh.ch  
www.afv.zh.ch  
Bericht abrufbar unter [www.afv.zh.ch/zfi](http://www.afv.zh.ch/zfi)

# Der ZFI im Spannungsfeld von Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum

Am 27. November 2007 haben die Stimmberechtigten des Kantons Zürich Ja gesagt zum Zürcher Fluglärm-Index (ZFI), dem neuen Mass zur Beurteilung der subjektiv empfundenen Lästigkeit des Fluglärms. Der vorliegende ZFI-Bericht 2011 ist damit der fünfte in Folge, mit dem Regierungsrat und Volkswirtschaftsdirektion Politik und Öffentlichkeit über die Entwicklung des ZFI und die hierfür verantwortlichen Gründe informieren. Nach 2008 und 2010 lag der Monitoringwert 2011 mit rund 53 700 stark belästigten Personen zum dritten Mal über dem Richtwert von 47 000. Das entspricht einem Anstieg um knapp 6 Prozent gegenüber 2010.

Wird der Richtwert von 47 000 stark belästigten bzw. stark gestörten Personen überschritten, wie dies 2011 erneut der Fall war, so ergreifen die Behörden des Kantons Zürich die in ihrer Kompetenz stehenden Massnahmen und nehmen Einfluss auf die Flughafenbetreiberin und den Bund (§ 3 Abs. 5 Flughafengesetz). Im Bereich Flugbetrieb hat der Regierungsrat mit dem ZFI-Bericht 2008 verschiedene kurz-, mittel- und langfristig wirkende Massnahmen in Aussicht genommen, die dazu beitragen sollen, dass der ZFI-Monitoringwert wieder abnimmt. Der vorliegende Bericht legt Rechenschaft ab über den Stand dieser Massnahmen. Die am meisten Erfolg versprechenden Massnahmen liegen im Bereich Raumentwicklung/Wohnqualität. Unter dem Titel «Förderprogramm Wohnqualität Flughafenregion» wird der Kanton Zürich den Hauseigentümern in Gebieten, in denen die Fluglärmbelastung den Immissionsgrenzwert erreicht oder überschreitet, inskünftig Beiträge an die Schallschutz- und Energieberatung sowie Förderbeiträge an Gebäudesanierungen und Ersatzneubauten ausrichten. Das Förderprogramm wurde mit einer Informationsveranstaltung Mitte September gestartet. Ich bin überzeugt, dass es einen substanziellen Beitrag zur Anhebung der Wohnqualität in den vom Fluglärm am meisten betroffenen Gebieten rund um den Flughafen leisten wird. Nicht zuletzt hat die Mitte 2010 eingeführte, siebenstündige Nachtsperrordnung eine spürbare Entlastung von Flügen zur Nachtzeit gebracht.

Abschliessend möchte ich Dr. Robert Hofmann, Physiker und ehemaliger Leiter der Abteilung Akustik und Lärmbekämpfung der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (Empa) in Dübendorf, verabschieden. Dr. Hofmann war unter anderem Mitglied der «Eidgenössischen Expertenkommission zur Beurteilung von Lärmimmissionsgrenzwerten», der «Arbeitsgruppe Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen» und jahrelanger Vorsitzender der «Kantonalen Fluglärmkommission». Sein Ruf als Wissenschaftler reicht aber weit über unsere Landesgrenzen hinaus. Dr. Hofmann ist auch der Vater des ZFI, seine Machbarkeitsstudie mit dem Titel «ZFI – ein Zürcher Fluglärmindex?» vom 24. Februar 2006 also gleichsam die Geburtsurkunde dieses neuen Belästigungsmasses. Dr. Hofmann war von Anfang an Mitglied der «Expertengruppe ZFI» und hat während der vergangenen fünf Jahre sein grosses Wissen und seine Erfahrung in dieses Gremium eingebracht. Auf Ende dieses Jahres hat er altershalber seinen Austritt aus diesem Gremium erklärt. Ich danke Dr. Hofmann, auch im Namen des Regierungsrates, für sein jahrzehntelanges, fruchtvolles Wirken im Dienste der Lärmbekämpfung und wünsche ihm für die Zukunft alles Gute.

Regierungsrat Ernst Stocker  
Volkswirtschaftsdirektor Kanton Zürich



|    |  |
|----|--|
| 1  | Vorwort  |
| 3  | 1 Zusammenfassung  |
| 6  | 2 Das System des ZFI   |
| 6  | 2.1 Der ZFI – Kernstück des Gegenvorschlages zur Plafonierungsinitiative   |
| 6  | 2.2 Der ZFI als Fluglärm-Beurteilungsmass  |
| 9  | 2.3 Die vier Elemente des ZFI  |
| 9  | 2.4 Richtwert und Monitoringwert – die zentralen Elemente des ZFI und deren Eckwerte                             |
| 10 | 2.5 Die «Expertengruppe ZFI»   |
| 12 | 3 Die ZFI-Monitoringwerte des Jahres 2011  |
| 12 | 3.1 Räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgebietes   |
| 13 | 3.2 Bevölkerung im Untersuchungsgebiet   |
| 14 | 3.3 Anzahl der am Tag durch Fluglärm stark belästigten Personen (Highly Annoyed, HA)                             |
| 14 | 3.4 Anzahl der durch Fluglärm während der Nacht im Schlaf stark gestörten Personen (Highly Sleep Disturbed, HSD) |
| 15 | 3.5 Der ZFI als Summe von HA und HSD   |
| 17 | 4 Analyse der Einflussfaktoren   |
| 18 | 4.1 Einflüsse durch den Flugbetrieb  |
| 18 | 4.1.1 Flugbewegungen   |
| 20 | 4.1.2 Flottenmix   |
| 21 | 4.1.3 Nachtsperreordnung   |
| 22 | 4.1.4 An- und Abflugrouten   |
| 26 | 4.2 Einfluss der Bevölkerungsentwicklung   |
| 28 | 4.3 Zusammenfassung der Analyseergebnisse  |
| 30 | 5 Stand der Massnahmen   |
| 30 | 5.1 Stand der Massnahmen im Bereich Flugbetrieb  |
| 30 | 5.1.1 Übergeordnete Massnahmen   |
| 30 | 5.1.2 Anzahl Flugbewegungen  |
| 31 | 5.1.3 Nachtflugregelung  |
| 31 | 5.1.4 Flottenmix   |
| 33 | 5.1.5 Lage der Flugrouten («Fluggeometrie»)  |
| 35 | 5.1.6 Belegung der Flugrouten  |
| 36 | 5.1.7 Zwischenfazit  |
| 37 | 5.1.8 Entwicklung neuer flugbetrieblicher Massnahmen   |
| 41 | 5.1.9 Fazit  |
| 41 | 5.2 Stand der Massnahmen im Bereich Raumentwicklung/Wohnqualität   |
| 41 | 5.2.1 Teilrevision des kantonalen Richtplans, Kapitel 4.7.1 «Flughafen Zürich»                                   |
| 41 | 5.2.2 Programm «Wohnqualität Flughafenregion»  |
| 43 | 5.2.3 Analyse der Bevölkerungsentwicklung in der Flughafenregion   |
| 44 | 5.2.4 Fazit  |
| 45 | 6 Anhang   |
| 45 | 6.1 Verkehrsentwicklung 2000 bis 2011  |
| 46 | 6.2 Nachtsperreordnung   |
| 46 | 6.3 Pistensystem am Flughafen Zürich   |
| 47 | 6.4 Pistenbenutzungskonzepte am Flughafen Zürich im Jahre 2011   |
| 48 | 6.5 Routenbelegungen   |
| 50 | 6.6 Entwicklung des ZFI 2000 bzw. 2007 bis 2010  |

# 1 Zusammenfassung

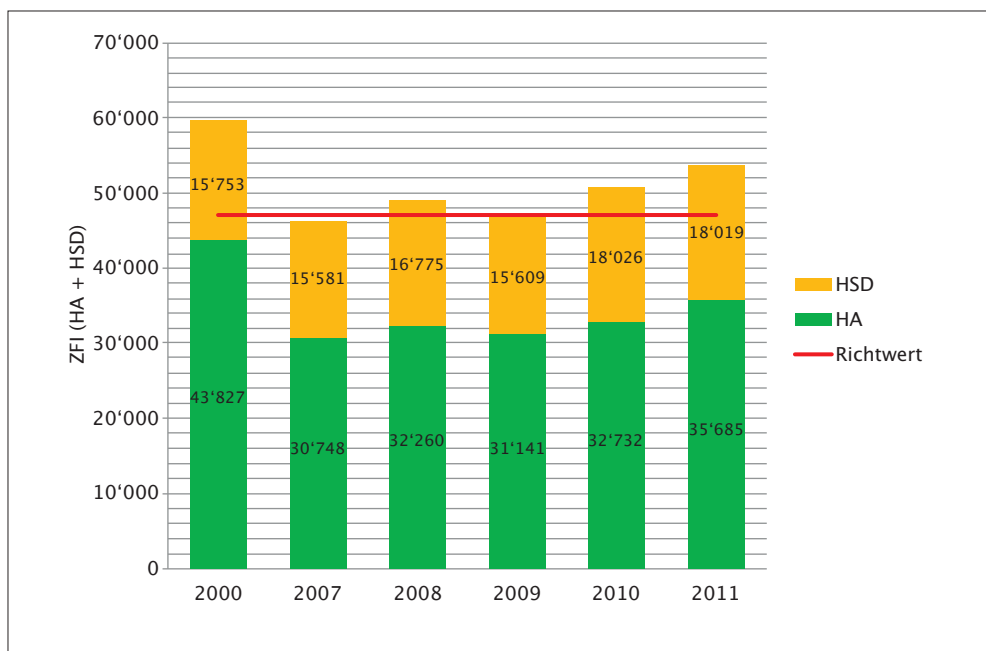
Stand und Entwicklung des ZFI sowie dessen Bestandteile (tagsüber vom Fluglärm stark belästigte Personen [*Highly Annoyed*, HA] und in der Nacht im Schlaf stark gestörte Personen [*Highly Sleep Disturbed*, HSD]) seit dem Jahr 2000 sind in Tabelle 1 ersichtlich.

|                                       | 2000   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Richtwert</b>                      | 47 000 | 47 000 | 47 000 | 47 000 | 47 000 | 47 000 |
| <b>Monitoringwert (HA+HSD)</b>        | 59 600 | 46 300 | 49 000 | 46 800 | 50 800 | 53 700 |
| davon im Kt. Zürich absolut           | 52 600 | 44 100 | 46 700 | 44 800 | 48 400 | 50 500 |
| davon im Kt. Zürich in Prozent        | 88,2%  | 95,2%  | 95,3%  | 95,9%  | 95,3%  | 94,1%  |
| <b>Am Tag</b>                         |        |        |        |        |        |        |
| <b>stark belästigte Personen (HA)</b> | 43 800 | 30 700 | 32 300 | 31 100 | 32 700 | 35 700 |
| davon im Kt. Zürich absolut           | 40 900 | 29 800 | 31 300 | 30 200 | 31 700 | 34 500 |
| davon im Kt. Zürich in Prozent        | 93,4%  | 96,9%  | 97,0%  | 97,1%  | 97,0%  | 96,8%  |
| <b>In der Nacht</b>                   |        |        |        |        |        |        |
| <b>stark gestörte Personen (HSD)</b>  | 15 800 | 15 600 | 16 800 | 15 600 | 18 000 | 18 000 |
| davon im Kt. Zürich absolut           | 11 700 | 14 300 | 15 400 | 14 600 | 16 600 | 16 000 |
| davon im Kt. Zürich in Prozent        | 74,0%  | 91,7%  | 92,0%  | 93,4   | 92,3%  | 88,8%  |

**Tabelle 1**  
Der ZFI 2011 im Vergleich (absolute Zahlen auf hundert gerundet, detaillierte Zahlen siehe Ziffer 6.6).

Der ZFI-Monitoringwert 2011 hat gegenüber dem Vorjahr um 6% zugenommen, die tagsüber vom Fluglärm stark belästigten Personen (Highly Annoyed, HA) um 9%, während die Zahl der in der Nacht im Schlaf stark gestörten Personen (Highly Sleep Disturbed, HSD) unverändert blieb.

Im Vergleich zum Jahr 2000 ist der ZFI-Monitoringwert um 10% gesunken, die HA um 19%, während die HSD um 14% höher liegen. Diese Entwicklung ist in Abbildung 1 sichtbar.

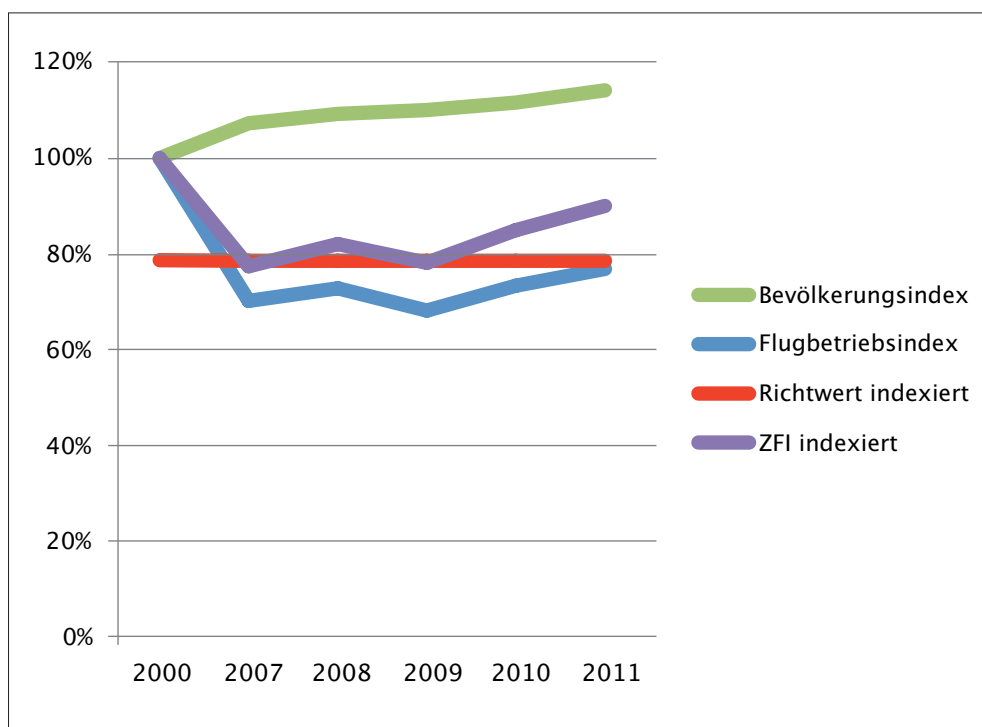


**Abbildung 1**  
Der ZFI (ganze Säule) als Summe der HA (grün) und HSD (gelb). Rot markiert ist der Richtwert von 47 000 Personen.

Der Monitoringwert 2011 liegt zum dritten Mal seit seiner Einführung über dem vom Regierungsrat festgelegten Richtwert von 47 000 stark belästigten/gestörten Personen.

Abbildung 2 zeigt die Veränderungen des ZFI vom Vergleichsjahr 2000 zum Berichtsjahr 2011 insgesamt (ZFI) sowie aufgeschlüsselt nach dem Einfluss der Bevölkerung und des Flugbetriebs. Die hier ausgewiesenen prozentualen Veränderungen beziehen sich auf das Jahr 2000, d.h. der ZFI des Jahres 2000 wird als 100% angenommen.

Abbildung 2  
Entwicklung der Teil-Indices  
Bevölkerung (grün) und  
Flugbetrieb (blau) seit dem  
Vergleichsjahr 2000



Das Bevölkerungswachstum zwischen 2000 und 2011 hat einen Zuwachs des ZFI um 14% bewirkt.

Das Bevölkerungswachstum zwischen 2000 und 2011 hat einen Zuwachs des ZFI um 14% bewirkt, was jedoch durch eine günstige Entwicklung im Flugbetriebsindex (-23%) mehr als kompensiert wurde. Die einzelnen flugbetrieblichen Komponenten zeigten gegenläufige Tendenzen. Unter dem Aspekt des ZFI positiv zu werten, waren der Rückgang der Flugbewegungen und die Entwicklungen im Flottenmix, negativ hingegen die Lage und die Belegung der Flugrouten.

Der tatsächliche Bevölkerungsanstieg, wie auch die durch eine Änderung der Methodik bedingte Zunahme der ausgewiesenen Bevölkerung zwischen 2010 und 2011, hat den ZFI erneut ansteigen lassen. Bezüglich der einzelnen Komponenten des Flugbetriebs stehen die veränderte Fluggeometrie sowie die Flugzeugflotte vom Jahr 2010 zum Jahr 2011 im Vordergrund für den Anstieg des ZFI, vorwiegend bedingt durch die Einführung der FL80-Regel (siehe dazu Ziff. 4.1.4).

---

Ende 2009 beschloss der Regierungsrat, gestützt auf § 3 Abs. 4 des Gesetzes über den Flughafen Zürich, die Verordnung zum Zürcher Fluglärm-Index (ZFI-VO). Diese sieht u.a. Massnahmen zur Förderung der Wohnqualität vor. Eine vom Regierungsrat am 7. Dezember 2011 beschlossene Revision der ZFI-VO konkretisiert diese Förderungsmassnahmen. Übereinstimmend mit dem Entwurf für die Teilrevision des Flughafenkapitels im kantonalen Richtplan hat die Revision der ZFI-VO zum Ziel, langfristig alle Wohnungen in der Flughafenregion mit hochwertigen Schallschutzmassnahmen auszustatten. Die Wirksamkeit dieser Stossrichtung wird durch Untersuchungen der Empa belegt.

Für den ZFI-Bericht 2011 hat die Empa die in der Berechnungsvorschrift zum ZFI<sup>1</sup> vorgesehene erhöhte Einfügungsdämpfung bei Komfort- und Schalldämmlüftungen berücksichtigt. Dabei ergibt sich eine Reduktion der HSD und damit auch des ZFI von 54 268 um 564 auf 53 704 vom Fluglärm stark belästigte bzw. gestörte Personen. Das Resultat dieser Berechnungsmethode wird fortan, beginnend mit dem ZFI-Bericht 2011, als ZFI-Monitoringwert ausgewiesen.

Auf Ursachen für diese Entwicklungen und auf Wirkungen von Massnahmen wird in den Kapiteln 4 und 5 vertieft eingegangen. In Kapitel 2 beschreibt der Bericht zunächst die Methodik des ZFI.

---

<sup>1</sup> Die Berechnungsvorschrift wird im Anhang zur Verordnung zum Zürcher Fluglärm-Index (LS 748.15) definiert.

---

## 2 Das System des ZFI

### 2.1 Der ZFI – Kernstück des Gegenvorschlages zur Plafonierungsinitiative

Am 25. November 2007 wurde die kantonale Volksinitiative «Für eine realistische Flughafenpolitik»<sup>2</sup> mit einem Nein-Stimmen-Anteil von rund 63% abgelehnt und der Gegenvorschlag des Kantonsrates<sup>3</sup> angenommen. Mit dessen Kernstück, dem Zürcher Fluglärm-Index, kurz ZFI, wurde ein Beurteilungsmass geschaffen, das die Anzahl der vom Fluglärm am Tag stark belästigten und in der Nacht stark gestörten Personen<sup>4</sup> festlegt, die möglichst nicht überschritten werden darf.

---

Der ZFI stellt keine Konkurrenz zur Umweltschutzgesetzgebung des Bundes dar.

---

Der ZFI ist ein kantonales Instrument. Er baut auf den bestehenden gesetzlichen Grundlagen auf und ergänzt diese. Bestehende Zuständigkeiten und Rechtsfolgen respektiert er auf Bundes- und auf kantonaler Ebene<sup>5</sup>. Der ZFI stellt also kein «Konkurrenzprodukt» zum Umweltschutzgesetz (USG), zur Lärmschutz-Verordnung (LSV) oder anderen Erlassen des Bundes und des Kantons Zürich dar; der ZFI ergänzt diese Instrumente vielmehr. Rechtsfolgen – z. B. der allfällige Anspruch von Liegenschaftseigentümern auf Einbau von Schallschutzfenstern oder finanzielle Entschädigung infolge von übermässigem Fluglärm – richten sich nach wie vor nach diesen Bundeserlassen und der entsprechenden Bundesgerichtspraxis.

Die Verordnung zum Zürcher Fluglärm-Index (ZFI-VO) vom 7. Dezember 2011 regelt die Details des ZFI (v. a. Eckwerte für den Richtwert, Grundlagen und Berechnungsformel für den Monitoringwert, Beiträge des Kantons an Massnahmen im Bereich der Raumplanung und an Massnahmen zur Verbesserung der Wohnqualität, siehe Ziff. 5.2.2)<sup>6</sup>.

### 2.2 Der ZFI als Fluglärm-Beurteilungsmass

Die Fluglärmbelastung wird, wie jede andere Lärmbelastung auch, gemessen bzw. berechnet und in Dezibel (dB) ausgedrückt. Sie stellt damit eine objektive Grösse dar. Die Fluglärmbelastung kann für jeden beliebigen Ort rund um den Flughafen berechnet werden, unabhängig davon, ob dort jemand wohnt oder nicht.

Demgegenüber stellt die Belästigung bzw. die Störung die Auswirkungen der Fluglärmbelastung auf die im Untersuchungsperimeter wohnhafte Bevölkerung dar. Der ZFI erfasst am Tag (06.00 bis 22.00 Uhr) die durch den Fluglärm im Wachzustand stark belästigten Personen (*Highly annoyed*, HA), in der Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr) die durch den Fluglärm im Schlaf stark gestörten Personen (*Highly sleep disturbed*, HSD). Der ZFI ist demzufolge die

---

<sup>2</sup> Die Volksinitiative «Für eine realistische Flughafenpolitik» wollte den Kanton Zürich verpflichten, beim Bund darauf hinzuwirken, dass die Zahl der jährlichen Starts und Landungen am Flughafen Zürich bei 250 000 begrenzt und die Nachtflugsperrung auf neun Stunden ausgedehnt wird.

<sup>3</sup> Die entsprechende Änderung des Flughafengesetzes trat am 1. März 2008 in Kraft.

<sup>4</sup> Im Folgenden als stark belästigte/gestörte Personen bezeichnet.

<sup>5</sup> Siehe insbesondere Umweltschutzgesetz und Lärmschutzverordnung des Bundes (SR 814.01 und 814.41), Luftfahrtgesetz und Luftfahrtverordnung sowie Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (SR 748.0, 748.01 und 748.131.1), das kantonalzürcherische Flughafengesetz (LS 748.1) sowie die Erlasse im Bereich Planungs- und Baurecht auf Bundes- und kantonaler Stufe.

<sup>6</sup> Verordnung zum Zürcher Fluglärm-Index (ZFI-VO) vom 7. Dezember 2011, in Kraft seit 1. März 2012 (LS 748.15).



---

Summe der im Untersuchungsgebiet wohnenden und vom Fluglärm stark belästigten/ gestörten Personen.

## Der ZFI bildet die Belästigung und Störung durch Fluglärm ab, nicht die Lärmbelastung.

Nicht alle Menschen fühlen sich bei einer gegebenen Lärmbelastung im gleichen Mass belästigt. Ein «Belästigungsurteil» ist unter anderem geprägt von der grundsätzlichen inneren Einstellung, die der Betreffende der jeweiligen Lärmquelle gegenüber hat, von seiner «Tagesform» und anderen Faktoren mehr. Dem Tageswert des ZFI (HA) liegt eine Studie des Niederländers Henk M.E. Miedema zugrunde<sup>7</sup>, die ihrerseits auf einer Vielzahl von internationalen Studien und Tausenden von Einzelbefragungen in verschiedenen Ländern beruht. Die Ergebnisse dieser Studie lassen Aussagen der folgenden Art zu: An einem bestimmten Ort, an dem die Fluglärmbelastung tagsüber z.B. 60 dB (A) Ldn<sup>8</sup> beträgt (Dosis), fühlen sich nach der Miedema-Formel durchschnittlich rund 20% der Bevölkerung vom Fluglärm stark belästigt (Wirkung).

Die Störung während der Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr), also zur Schlafenszeit, kann naturgemäss nicht erfragt werden. Dem Nachtwert des ZFI (HSD) liegt eine Feldstudie zugrunde, d.h. eine in den privaten Schlafräumen der Testpersonen durchgeführte Untersuchung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)<sup>9</sup>. Gleich wie die Miedema-Studie für den Tag lässt die DLR-Studie für die Nacht Aussagen darüber zu, wie viele Prozent der Bevölkerung bei einer gegebenen Fluglärmbelastung Aufwachreaktionen zeigen, die auf den Fluglärm zurückzuführen sind<sup>10</sup>.

Auch die Europäische Union (EU) stellt im Rahmen ihrer Gesetzgebung nicht nur auf die Lärmbelastung, sondern ebenso auf die Lärmbelästigung ab, wobei sie, wie der ZFI, zwischen Belästigung am Tag (HA) und der Störung in der Nacht (HSD) unterscheidet<sup>11</sup>.

---

<sup>7</sup> Miedema, H.M.E. and C.G.M. Oudshoorn, 2001. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives* 109, 409-416.

<sup>8</sup> Miedema verwendet in seiner Studie als Belastungsmass den Ldn und nicht den Leq. Die Empa hat in einer Untersuchung dargelegt, dass für den Flughafen Zürich anstelle des Ldn der 16h-Leq verwendet werden kann (siehe Kapitel 3.3.1 im Empa-Bericht Nr. 441'255-4. Als Leq wird der Dauerschallpegel bezeichnet, der gemäss LSV als Leq16 über 16 Stunden gemittelt wird.

<sup>9</sup> Basner, M., H. Buess, D. Elmenhorst, A. Gerlich, N. Luks, H. Maaß, L. Mawet, E.-W. Müller, U. Müller, G. Plath, J. Quehl, A. Samel, M. Schulze, M. Vejvoda und J. Wenzel, 2004. Nachtfluglärmwirkungen, Band 1, Zusammenfassung. Forschungsbericht 2004-07/D. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Köln.

<sup>10</sup> Siehe Bericht der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Dübendorf, «Zürcher Fluglärm-Index ZFI, Berechnungsvorschrift», Bericht-Nr. 441'255-4 vom 28. November 2006, S. 10, Ziff. 3.1.2. ([www.vd.zh.ch/zfi](http://www.vd.zh.ch/zfi)).

<sup>11</sup> Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm; Ziff. 3, S. 9ff, European Environment Agency EAA Technical Report No 11/2001 vom Oktober 2011.

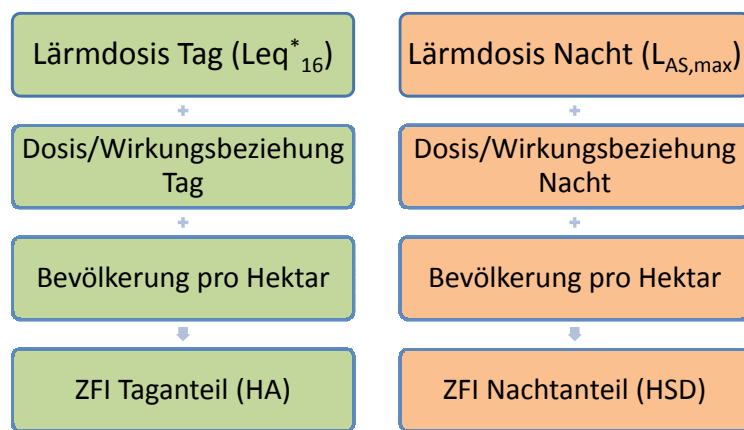
Nicht alle Menschen fühlen sich bei einer bestimmten Lärm-  
belastung gleich stark gestört/belästigt.

Die für den ZFI massgebliche Fluglärmbelastung musste sowohl für den Tag als auch für die Nacht abgegrenzt werden. Diese sogenannten Abbruchkriterien liegen am Tag bei 47 dB (A) und in der Nacht bei 37 dB (A). Diese Werte liegen schon deutlich unter den tiefsten Grenzwerten der Lärmschutz-Verordnung des Bundes [Planungswert 57 dB (A) am Tag, 50 bzw. 47 dB (A) in der Nacht].

In einem nächsten Schritt wurde das Gebiet rund um den Flughafen in Quadrate von 100 Meter auf 100 Meter eingeteilt. In jedem dieser Hektarquadrate wird die dort herrschende Fluglärmbelastung, die sogenannte Dosis, berechnet. Im Anschluss daran wird der (prozentuale) Anteil jener Personen ermittelt, die sich durch die dort herrschende Belastung stark belästigt bzw. in ihrem Schlaf stark gestört fühlen (Wirkung). Durch Verknüpfung dieser prozentualen Anteile mit der Bevölkerungszahl pro Hektar (Dosis/Wirkungsbeziehung) wird, vorerst getrennt für den Tag und die Nacht, danach durch Addition dieser beiden Grössen der ZFI berechnet.

Der ZFI geht aber noch einen Schritt weiter. Er unterscheidet nicht nur zwischen der Belästigung am Tag und der Störung in der Nacht, er trägt darüber hinaus der besonderen Sensibilität der Bevölkerung in den Tagesrandstunden (06.00 bis 07.00 Uhr und 21.00 bis 22.00 Uhr) Rechnung, und zwar mit einem Malus von je 5 dB (A). Dadurch werden die zu diesen Zeiten stattfindenden Flugbewegungen mehr als dreimal so stark gewichtet.

Abbildung 3  
Der ZFI (rot markiert) stellt die Summe aus HA (grün markiert) und HSD (orange markiert) dar, denen ihrerseits die Anzahl Personen zugrunde liegt, die vom Fluglärm am Tag stark belästigt bzw. in der Nacht in ihrem Schlaf stark gestört sind. ( $Leq_{16}^*$  = tagesrandstunden-gewichteter 16h-Mittelungspegel,  $L_{AS,max}$  = A-bewerteter Maximalpegel. Siehe Empa-Bericht «Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011», Dübendorf, 25. Oktober 2012, S. 8ff, Ziff. 3.)



A visual equation showing three dark red circles. The first circle contains the text 'HA', followed by a blue plus sign '+', the second circle contains 'HSD', followed by a blue equals sign '=', and the final circle contains 'ZFI'.

---

Der ZFI trägt auch den besonders sensiblen Tagesrandstunden Rechnung. Fluglärm von 6 bis 7 Uhr und von 21 bis 22 Uhr wird dreimal stärker gewichtet als Fluglärm zu den übrigen Tagesstunden.

### 2.3 Die vier Elemente des ZFI

Das System des Zürcher Fluglärm-Index (ZFI) besteht aus vier Elementen:

- einem *Richtwert*, der die Grenze der Anzahl vom Fluglärm stark belästigten/gestörten Personen festlegt; beim Richtwert handelt es sich um einen, durch den Regierungsrat festgelegten, fixen Wert;
- einem *Monitoringwert*, der im jeweiligen Berichtsjahr die Anzahl der vom Fluglärm stark belästigten/gestörten Personen wiedergibt. Der Monitoringwert ist veränderlich. Sein Vergleich mit dem Richtwert bzw. dem Monitoringwert des Vorjahres zeigt die jährlichen Veränderungen auf.
- einem *jährlichen ZFI-Bericht* des Regierungsrates zuhanden des Kantonsrates und der Öffentlichkeit, der die veränderte Belästigung, respektive Störung seit dem Vorjahr, und die Ursachen aufzeigt, die dafür verantwortlich sind;
- falls nötig, d.h. falls der Monitoringwert über dem Richtwert zu liegen kommen sollte, einem Katalog von *Massnahmen*, die der Regierungsrat ergriffen oder den zuständigen Stellen beantragt hat mit dem Ziel, die Anzahl der vom Fluglärm stark belästigten/gestörten Personen wieder auf das Niveau des Richtwerts zu reduzieren.

### 2.4 Richtwert und Monitoringwert – die zentralen Elemente des ZFI und deren Eckwerte

Der Richtwert legt die Höchstzahl der vom Fluglärm stark belästigten/gestörten Personen fest. Er ist grundsätzlich unveränderlich.

Dem Richtwert liegen folgende Eckwerte zugrunde:

- die Flugbewegungen des Jahres 2000<sup>12</sup>
- die Bevölkerungszahl des Jahres 2000
- der Flottenmix (Flugzeugtypen und deren tageszeitlicher Einsatz) des Jahres 2004
- die An- und Abflugrouten<sup>13</sup> des Jahres 2004

<sup>12</sup> Für die Berechnung des ZFI wird einzig auf die Grossflugzeuge abgestellt. Als Grossflugzeuge gelten Luftfahrzeuge mit einem höchstzulässigen Abfluggewicht von mehr als 8 618 kg (LSV-Anhang 5, Ziff. 1 Abs. 4).

<sup>13</sup> Unter den Begriff An- und Abflugrouten fällt sowohl der (dreidimensionale) Verlauf der Flugbahnen als auch die Belegung, d. h. die zahlenmässige Bestückung der einzelnen Routen mit Flugbewegungen.

- die Nachtsperreordnung gemäss vorläufigem Betriebsreglement (sieben Stunden mit einer halben Stunde Verspätungsabbau)

Gestützt auf diese Elemente wurde der Richtwert vom Regierungsrat bei maximal 47 000 vom Fluglärm stark belästigten/gestörten Personen festgelegt. Die Fluglärmsituation des Jahres 2000 wurde vom Regierungsrat zum Ausgangspunkt für die Bestimmung des ZFI-Richtwerts genommen: Die 325 000 Flugbewegungen und die Wohnbevölkerung des Jahres 2000 bildeten die Referenz für dessen Festlegung. Aus der Überlegung, dass die Lärmbelastung des Jahres 2000 als Lärmplafond dem Flughafen einen zu grossen Entwicklungsspielraum einräumen würde, nahm der Regierungsrat für die Bestimmung der Eckwerte für den Flottenmix und die An- und Abflugrouten das Jahr 2004 als Referenz, für die Nachtflugregelung diejenige gemäss dem vorläufigen Betriebsreglement. Mit diesen fünf Eckwerten legte der Regierungsrat den ZFI-Richtwert um gut 20% unter dem Zustand 2000 fest. Er beabsichtigte damit, dem Flughafen einen Entwicklungsspielraum bis mindestens 325 000 Flugbewegungen einzuräumen. Würde der Flughafen im Bereich Flottenmix und An- und Abflugrouten Fortschritte zur Lärmbekämpfung erzielen, sollte er Spielraum für eine zusätzliche Verkehrsentwicklung erhalten. Vorbehalten bleibt die politische Lagebeurteilung bei Erreichen von 320 000 Flugbewegungen pro Jahr im Sinne von § 3 Abs. 3 des Flughafengesetzes.

## Der Monitoringwert wird jährlich erhoben und zeigt die Anzahl der vom Fluglärm stark belästigten/gestörten Personen.

Im Gegensatz zum Richtwert ist der Monitoringwert variabel. Er wird jedes Jahr erhoben und zeigt die allfällige Veränderung der Anzahl der vom Fluglärm stark belästigten/gestörten Personen gegenüber dem Richtwert bzw. dem Vorjahr auf. Der Monitoringwert beruht grundsätzlich auf denselben Parametern wie der Richtwert, doch stellt er auf die jeweils aktuellen Zahlen ab, also auf die effektive Zahl der Flugbewegungen im jeweiligen Berichtsjahr, auf die effektive Bevölkerungszahl, den effektiven Flottenmix, die effektiv beflogenen An- und Abflugrouten sowie die im Berichtsjahr massgebliche, effektive Dauer der Nachtsperreordnung.

### 2.5 Die «Expertengruppe ZFI»

Gemäss § 6 der ZFI-VO setzt die Volkswirtschaftsdirektion eine «Expertengruppe ZFI» als beratende Kommission unter Leitung des Amtes für Verkehr ein. In der Kommission haben dreizehn Vertreterinnen bzw. Vertreter Einsitz, welche die massgeblichen wissenschaftlichen Disziplinen (Akustik und Lärmwirkungsforschung) und die Luftfahrtindustrie (Flughafenhalterin, Fluggesellschaften, Flugsicherung) abdecken sowie Vertreter verschiedener Ämter und Abteilungen der kantonalen Verwaltung (Abteilung Flughafen/Luftverkehr des Amtes für Verkehr, Fachstelle Lärmschutz und Amt für Raumordnung und Vermessung der Baudirektion, Statistisches Amt der Direktion der Justiz und des Innern). Geleitet wird die «Expertengruppe ZFI» vom Chef des Amtes für Verkehr.

Die Expertengruppe nimmt zuhanden der Volkswirtschaftsdirektion Stellung zum Entwurf des Berichts, insbesondere zu dessen wissenschaftlichen Grundlagen. Weiter beobachtet sie die Entwicklungen im Bereich der Lärmwirkungsforschung und des Lärmschutzrechts, ermittelt allfälligen Handlungsbedarf für das Instrumentarium des ZFI und gibt auch diesbezüglich Empfehlungen zuhanden der Volkswirtschaftsdirektion ab.

---

Die Expertengruppe behandelte an ihrer Sitzung vom 26. September 2012 die Grundlagen und die Entwürfe der Berichterstattung zum ZFI des Jahres 2011. Sie kam zum Schluss, dass die Berechnungen der Empa zum ZFI und die Beschreibung der Ergebnisse im Entwurf des ZFI-Berichts korrekt vorgenommen worden sind. Die Expertengruppe diskutierte ausserdem neue flugbetriebliche Massnahmen. Diese sind im Einzelnen unter Ziff. 5.1.8 aufgeführt und bewertet.

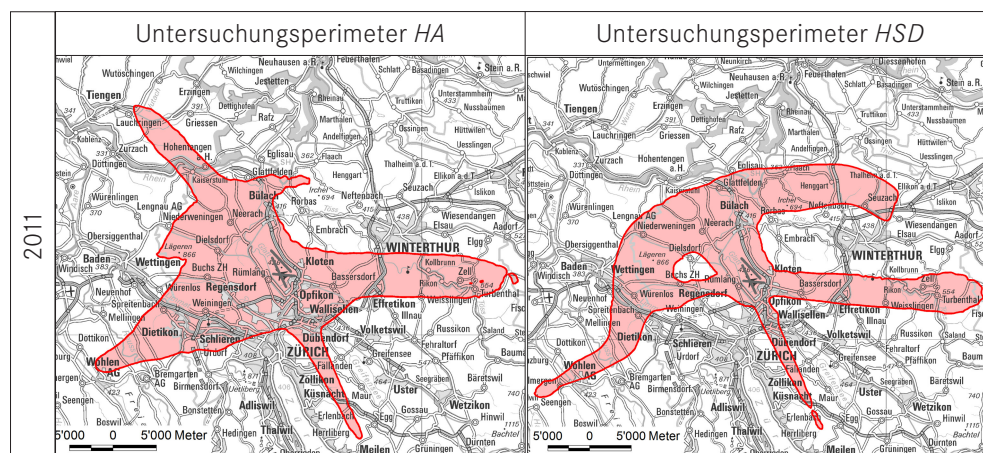
# 3 Die ZFI-Monitoringwerte des Jahres 2011

Im Sommer 2012 berechnete die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Dübendorf, im Auftrag der Volkswirtschaftsdirektion den Monitoringwert des Jahres 2011 und erstellte einen entsprechenden Bericht («Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011», Dübendorf, 25. Oktober 2012). Zusätzlich wurden die Veränderungen des Monitoringwerts gegenüber dem Vorjahr 2010 und dem Jahr 2000 untersucht und in einem separaten Bericht dokumentiert («Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011, Sensitivitätsbetrachtungen», Dübendorf, 25. Oktober 2012). Die für die Berechnung notwendigen Daten zu den in Gebäuden mit MINERGIE®-Standard lebenden Personen stellte das Amt für Statistik, bzw. die Flughafen Zürich AG die Daten zu den Gebäuden mit Schalldämmlüftern, der Empa zur Verfügung. Die Berichte sind im Internet abrufbar unter [www.afv.zh.ch/zfi](http://www.afv.zh.ch/zfi). Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der Berichte dargestellt.

## 3.1 Räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Der Berechnungsausschnitt für die Fluglärmbelastungen der Empa umfasst für das Untersuchungsjahr 2011 ein rechteckiges Gebiet mit einer Ost-West-Ausdehnung von 88 Kilometern und einer Nord-Süd-Ausdehnung von 84 Kilometern. Die Anzahl der am Tag durch Fluglärm stark belästigten Personen (*Highly Annoyed*, HA) wie auch die Anzahl der durch Fluglärm während der Nacht im Schlaf stark gestörten Personen (*Highly Sleep Disturbed*, HSD) und damit des ZFI werden jedoch nicht im gesamten Berechnungsausschnitt ausgewiesen, sondern nur innerhalb des jeweiligen Untersuchungsperimeters (Abbildung 4). Dieser wird durch ein Abbruchkriterium bei der Ermittlung der HA und der HSD bestimmt. Das Abbruchkriterium bei den HA wird bei einer Tagesbelastung von 47 dB (A) festgelegt, bei den HSD bei einer Nachtbelastung von 37 dB (A) (Empa-Bericht «Zürcher Fluglärm-Index ZFI, Berechnungsvorschrift», Dübendorf, 28. November 2006, S. 9ff, Ziff. 3.1).

Abbildung 4  
Untersuchungsperimeter HA  
und HSD des Jahres 2011.  
Quelle: Empa-Bericht «Flughafen  
Zürich, Zürcher Fluglärm-Index  
ZFI im Jahre 2011», Dübendorf,  
25. Oktober 2012 (PK500: swiss-  
topo JA100116).



### 3.2 Bevölkerung im Untersuchungsgebiet

Um den ZFI-Monitoringwert berechnen zu können, werden Informationen über die Bevölkerungsstruktur rund um den Flughafen benötigt. Diese Daten liegen im Hektarraster vor. Mit Ausnahme derjenigen Süddeutschlands beziehen sich die Bevölkerungsdaten auf den wirtschaftlichen Wohnsitz.

Die geokodierten Bevölkerungsdaten des Kantons Zürich wie auch jene der Nachbarkantone beruhen erstmals vollständig auf den Daten des Bundesamts für Statistik (BFS) und entsprechen dem Jahresendstand 2010. Anhand der vorläufig erfassten Einwohnerzunahmen pro Gemeinde werden die Vorjahresdaten des BFS durch das Statistische Amt des Kantons Zürich dem Endstand 2011 angepasst. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass die Daten einheitlich vom BFS erhoben und geokodiert werden. Deren Nachteil ist, dass die Veränderung der Bevölkerung auf jeweils zwei Jahre gemittelt wird. So entspricht die Bevölkerungsverteilung stets dem Vorjahresendstand, während die Gesamtzahl der Bevölkerung auf den Jahresendstand des Beobachtungsjahres hochgerechnet wird. Durch diese veränderte Erhebungsmethodik entsteht ein einmaliger Anstieg der Bevölkerung. Bedingt durch diese Anpassung kommt es 2011 einmalig zu einer Erhöhung des Monitoringwerts des ZFI um rund ein Prozent. Eine vertiefte Auseinandersetzung mit der neuen Methodik zur Bevölkerungserhebung kann dem entsprechenden Bericht der Empa («Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011», Dübendorf, 25. Oktober 2012) ab Ziff. 3.2 ff entnommen werden.

Für Süddeutschland stehen keine Hektardaten zur Verfügung, sondern nur die Anzahl Einwohner pro Gemeinde<sup>14</sup>. Diese wurden von der GIS-Fachstelle der Flughafen Zürich AG (FLUGIS) gleichmässig auf die Hektarpunkte der Siedlungsgebiete der entsprechenden Gemeinde verteilt.

|  | 2000    | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Fläche des Untersuchungsgebietes (km<sup>2</sup>)</b> |         |         |         |         |         |         |
| am Tag <sup>15</sup>                                     | 703.0   | 455.7   | 456.0   | 439.9   | 457.4   | 479.7   |
| in der Nacht <sup>15</sup>                               | 555.2   | 453.8   | 443.5   | 430.1   | 463.5   | 455.6   |
| <b>Bevölkerung im Untersuchungsgebiet</b>                |         |         |         |         |         |         |
| am Tag <sup>15</sup>                                     | 497 600 | 397 500 | 409 600 | 396 900 | 411 710 | 443 362 |
| in der Nacht <sup>15</sup>                               | 240 600 | 241 000 | 247 500 | 240 700 | 262 942 | 261 282 |

Tabelle 2  
Mehrjahresvergleich der Fläche des Untersuchungsgebietes und der jeweils darin wohnhaften Bevölkerung.

<sup>14</sup> Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Struktur- und Regionaldatenbank, Stand 3. Quartal 2011.

<sup>15</sup> Das Untersuchungsgebiet des ZFI wird sowohl für den Tag als auch für die Nacht eingegrenzt (siehe Ziff. 4.1); Fluglärmbelastungen unterhalb dieser Grenzen fliessen also nicht in den ZFI ein. Wer sowohl am Tag stark belästigt als auch in der Nacht stark gestört ist, wird doppelt gezählt.

### 3.3 Anzahl der am Tag durch Fluglärm stark belästigten Personen (Highly Annoyed, HA)

97% der tagsüber stark belästigten Personen wohnen im Kanton Zürich.

Die Anzahl der am Tag durch Fluglärm stark belästigten Personen hat zwischen 2010 und 2011 um 2953 Personen von 32 732 auf 35 685 Personen zugenommen (+9%). Fast 97% davon wohnen im Kanton Zürich (Empa-Bericht «Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011», Dübendorf, 25. Oktober 2012, S. 23, Tabelle 5-1 und S. 41, Ziff. 9.5).

Tabelle 3  
Anzahl der tagsüber durch Fluglärm stark belästigten Personen in den Jahren 2000 sowie 2007 bis 2011.

|   | 2000   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Anzahl der am Tag durch Fluglärm stark belästigten Personen (Highly Annoyed, HA)</b> | 43 827 | 30 748 | 32 260 | 31 141 | 32 732 | 35 685 |
| davon im Kt. Zürich absolut   | 40 913 | 29 798 | 31 294 | 30 241 | 31 747 | 34 539 |
| davon im Kt. Zürich in Prozent  | 93.4%  | 96.9%  | 97.0%  | 97.1%  | 97.0%  | 96.8%  |

### 3.4 Anzahl der durch Fluglärm während der Nacht im Schlaf stark gestörten Personen (Highly Sleep Disturbed, HSD)

Die Anzahl der nachts im Schlaf stark gestörten Personen blieb zwischen 2010 und 2011 nahezu unverändert.

Die Zahl der während der Nacht im Schlaf stark gestörten Personen betrug im Jahr 2010 insgesamt 18 026 und sank 2011 um 7 auf 18 019 Personen (0%). Rund 89% der während der Nacht im Schlaf stark gestörten Personen wohnen im Kanton Zürich (Empa-Bericht «Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011», Dübendorf, 25. Oktober 2012, S. 23, Tabelle 5-1 und S. 44, Ziff. 9.6).

Tabelle 4  
Anzahl der durch Fluglärm in der Nacht im Schlaf stark gestörten Personen in den Jahren 2000 sowie 2007 bis 2011.

|  | 2000   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Anzahl der nachts im Schlaf durch Fluglärm stark gestörten Personen (Highly Sleep Disturbed, HSD)</b> | 15 753 | 15 581 | 16 775 | 15 609 | 18 026 | 18 019 |
| davon im Kt. Zürich absolut  | 11 652 | 14 287 | 15 432 | 14 583 | 16 629 | 16 000 |
| davon im Kt. Zürich in Prozent   | 74.0%  | 91.7%  | 92.0%  | 93.4%  | 92.3%  | 88.8%  |



### 3.5 Der ZFI als Summe von HA und HSD

Der ZFI bzw. der Monitoringwert stellt die Summe der durch Fluglärm am Tag stark belästigten Personen (HA) und der in der Nacht im Schlaf stark gestörten Personen (HSD) dar. Im Jahre 2000 lag dieser Wert bei 59 580, 2007 bei 46 329, 2008 bei 49 035, 2009 bei 46 750, 2010 bei 50 757 und 2011 bei 53 704 Personen; letzterer entspricht einem Anstieg um 6 % seit 2010. Der Monitoringwert 2011 liegt damit deutlich über dem Richtwert von 47 000 Personen. 94,1% der betroffenen Personen lebten im Kanton Zürich. Auf den Kanton Aargau entfielen 5,6%, auf Süddeutschland 0,2%, auf den Kanton Schaffhausen 0,1% und auf den Kanton Thurgau nur eine einzige Person (0,0%) (Empa-Bericht «Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011», Dübendorf, 25. Oktober 2012, S. 23, Tabelle 5-1 und S. 38, Ziff. 9.4).

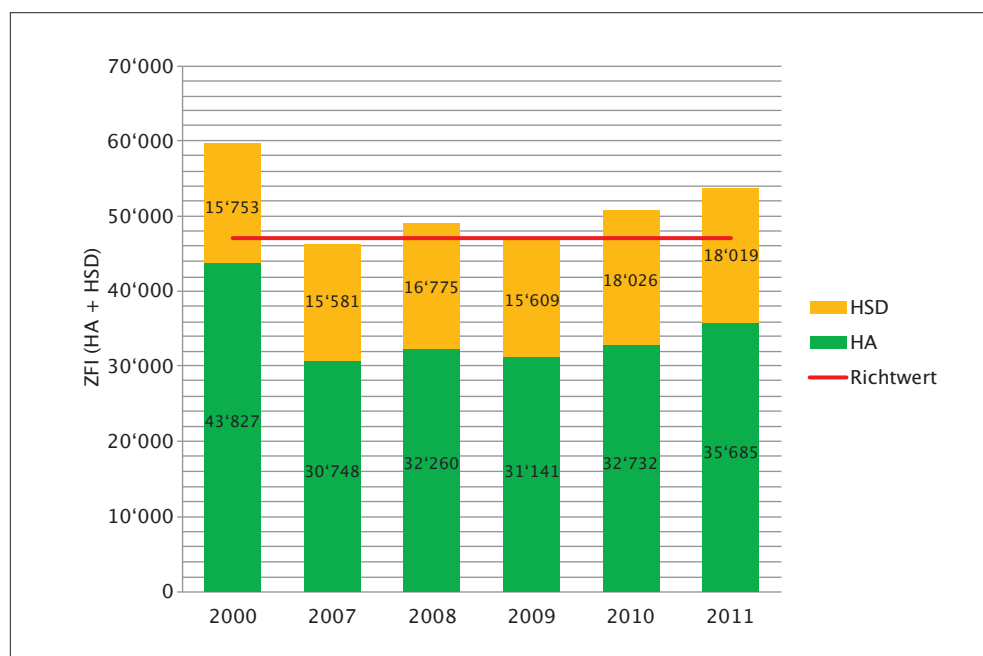


Abbildung 5  
Der ZFI (ganze Säule) als Summe der HA (grün) und HSD (gelb). Rot markiert ist der Richtwert von 47 000 Personen.

Gegenüber dem Jahr 2010 ist 2011 nur die Anzahl der am Tag durch Fluglärm stark belästigten Personen (HA) gestiegen. Die Anzahl der durch Fluglärm in der Nacht im Schlaf stark gestörten Personen (HSD) blieb gegenüber dem Vorjahr unverändert. Der Monitoringwert stieg deshalb um insgesamt 2947 Personen.

Im Vergleich zum Zustand 2000 ist der ZFI-Monitoringwert um 10% gesunken, die HA gar um 19%, während die HSD 14% höher liegen.

Im Jahr 2011 hat die Anzahl der durch Fluglärm stark belästigten/gestörten Personen den Wert von 53 704 erreicht und somit den Richtwert von 47 000 Personen deutlich überschritten.

Tabelle 5 zeigt die Entwicklung der ZFI-Werte, aufgeschlüsselt nach HA und HSD, seit dem Jahr 2000. Dabei werden die unterschiedlichen Entwicklungen bei den HA und den HSD sichtbar. Per saldo liegt der ZFI 2011 aber immer noch unter dem Niveau von 2000.

**Tabelle 5**  
 Indexierte Werte für die HA, HSD und den ZFI. Die Auflistung macht die unterschiedliche Entwicklung bei den HA und den HSD sichtbar.

|             | HA     | HA-Index | HSD    | HSD-Index | ZFI    | ZFI-Index |
|-------------|--------|----------|--------|-----------|--------|-----------|
| <b>2000</b> | 43 827 | 100      | 15 753 | 100       | 59 580 | 100       |
| <b>2007</b> | 30 748 | 70       | 15 581 | 99        | 46 329 | 78        |
| <b>2008</b> | 32 260 | 74       | 16 775 | 106       | 49 035 | 82        |
| <b>2009</b> | 31 141 | 71       | 15 609 | 99        | 46 750 | 78        |
| <b>2010</b> | 32 732 | 75       | 18 026 | 114       | 50 757 | 85        |
| <b>2011</b> | 35 685 | 81       | 18 019 | 114       | 53 704 | 90        |

# 4 Analyse der Einflussfaktoren

Um die Ursachen für die Entwicklung des ZFI-Monitoringwerts zu ergründen, ist näher auf die fünf wesentlichen Einflussfaktoren einzugehen:

- die Flugbewegungen
- den Flottenmix (Flugzeugtypen sowie deren tageszeitlicher Einsatz)
- die Nachtsperreordnung
- die An- und Abflugrouten (Lage [Fluggeometrie] und Belegung der Flugrouten)
- die Bevölkerungszahl

Gemäss § 4 Abs. 3 ZFI-VO ist zusammen mit der Angabe des ZFI-Monitoringwerts darzustellen, inwieweit dessen Veränderungen durch die Entwicklung der Bevölkerungszahl und durch die Entwicklung des Flugbetriebs verursacht worden sind (Bevölkerungs- und Flugbetriebsindex). Nachfolgend werden die flugbetrieblichen Einflussfaktoren und die Bevölkerungsentwicklung zunächst einzeln und schliesslich in ihrer Gesamtwirkung betrachtet. Zuvor gilt es jedoch, die Vergleichsbasis für das Jahr 2011 genauer zu betrachten:

Die ZFI-VO vom 7. Dezember 2011 hat insofern eine Änderung der Berechnungsformel des Monitoringwerts mit sich gebracht, als inskünftig Bauten mit Komfort- oder Schalldämm-lüftern (passive Schallschutzmassnahmen) anhand höherer Einfügedämpfungen berücksichtigt werden müssen. Die derart angepasste Berechnung des ZFI ist im ersten ZFI-Teilbericht (Empa-Bericht «Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011», Dübendorf, 25. Oktober 2012) dokumentiert. Für die Sensitivitätsanalyse wird jedoch aus Gründen der Vergleichbarkeit der Monitoringwert so berechnet, wie dies vor Einführung dieser Anpassung der Fall war. Somit entfällt die Berücksichtigung der erwähnten passiven Schallschutzmassnahmen in der Analyse der Sensitivitäten. Der ZFI-Monitoringwert bzw. dessen Komponenten HA und HSD des Jahres 2011 ohne Berücksichtigung der passiven Schallschutzmassnahmen nahmen gegenüber dem Jahr 2010 um 7% (ZFI) bzw. 9% (HA) und 3% (HSD) zu.

| Jahr               |            | HA     | HSD     | ZFI     |
|--------------------|------------|--------|---------|---------|
| <b>2011</b>        |            | 35 685 | 18 584* | 54 269* |
| <b>2000</b>        |            | 32 732 | 18 026  | 50 757  |
| <b>Veränderung</b> | absolut    | +2953  | +558    | +3512   |
|                    | prozentual | +9%    | +3%     | +7%     |

Tabelle 6  
Veränderungen bei den HA, HSD und dem ZFI vom Jahr 2010 zum Jahr 2011 ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen.

\* = nicht offizielle Werte. Der offizielle HSD- und ZFI-Wert mit Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen liegt um 564 Personen tiefer.

## 4.1 Einflüsse durch den Flugbetrieb

### 4.1.1 Flugbewegungen

Zwischen 2000 resp. 2007 bis 2011 haben sich die Flugbewegungen wie folgt entwickelt<sup>16</sup>:

Tabelle 7  
Flugbewegungen (Grossflugzeuge), unterteilt nach Tag/  
Tagesrandstunden/Nacht in den  
Jahren 2000 sowie 2007 bis 2011.

|  | 2000           | 2007           | 2008           | 2009           | 2010           | 2011           | Index 2011<br>(2000=100) |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|
| <b>Tag<br/>(6–22 Uhr)</b>                  | <b>288 809</b> | <b>231 910</b> | <b>240 673</b> | <b>230 404</b> | <b>234 795</b> | <b>246 769</b> | <b>85</b>                |
| davon erste<br>Tagesstunde<br>(6–7 Uhr)    | 7 047          | 7 594          | 7 922          | 7 602          | 7 327          | 7 784          | <b>112</b>               |
| davon letzte<br>Tagesstunde<br>(21–22 Uhr) | 15 714         | 13 830         | 14 943         | 13 607         | 14 795         | 15 420         | <b>98</b>                |
| <b>Nacht<br/>(22–6 Uhr)</b>                | <b>10 805</b>  | <b>9 066</b>   | <b>9 303</b>   | <b>8 749</b>   | <b>10 056</b>  | <b>9 612</b>   | <b>89</b>                |
| <b>Gesamttotal Tag<br/>und Nacht</b>       | <b>299 614</b> | <b>240 976</b> | <b>249 976</b> | <b>239 153</b> | <b>244 851</b> | <b>256 381</b> | <b>86</b>                |

Seit 2000 hat die Zahl der Flugbewegungen um 14,4% abgenommen, wobei die Abnahme in der Nacht mit 11,0% unterproportional ausgefallen ist. In den im ZFI besonders gewichteten Tagesrandstunden lag die Bewegungszahl in der ersten Tagesstunde, bezogen auf das Jahr 2000, um 11,7% höher, in der letzten Tagesstunde lag sie jedoch um 1,9% unter dem Stand von 2000. Die Sensitivitätsanalyse der Empa zeigt, dass der Rückgang der Flugbewegungen – für sich allein betrachtet – den ZFI seit 2000 um rund 11% vermindert hat.

### Die Anzahl Nachtflüge (22 bis 6 Uhr) verringerte sich zwischen 2010 und 2011 um über 4%.

Im Jahr 2011 hat die Zahl der Flugbewegungen gegenüber 2010 insgesamt um 4,7% zugenommen, in der Nacht jedoch um 4,4% abgenommen. Die Anzahl Flüge stieg in der ersten Tagesrandstunde um 7,5% bzw. um 4,2% in der letzten Tagesrandstunde an. Die Zunahme der Bewegungszahlen führte im Vergleich der Jahre 2010 und 2011 zu einem Anstieg der HA um 4%, einem Rückgang der HSD um -8% und beim ZFI-Monitoringwert zu einer Abnahme um 185 Personen (0%).

<sup>16</sup> Dabei wird zwischen den Flugbewegungen am Tag (06.00–22.00 Uhr), in der ersten Tagesstunde (06.00–07.00 Uhr), der letzten Tagesstunde (21.00–22.00 Uhr) sowie in der Nacht (22.00–06.00 Uhr) unterschieden.

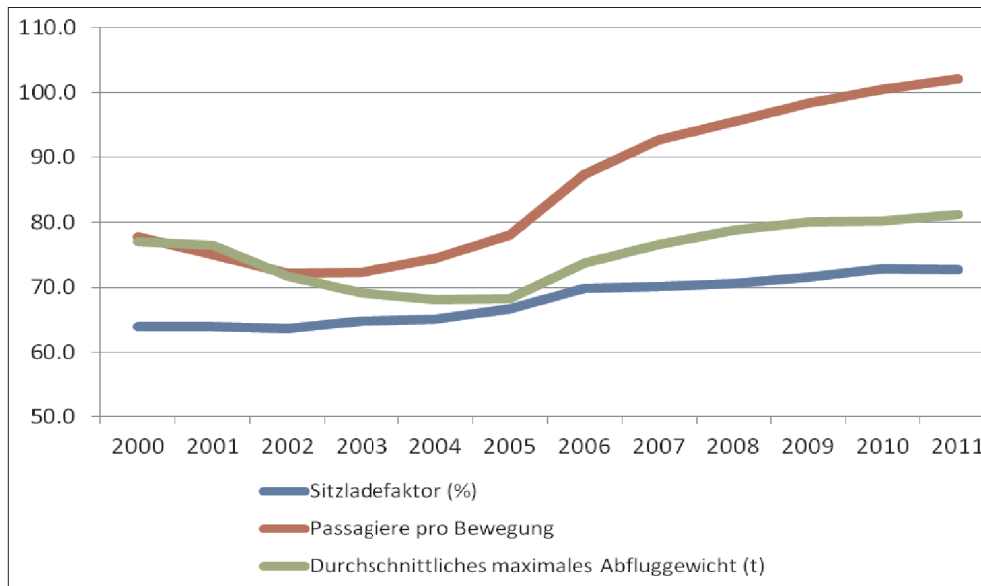


Abbildung 6  
Verkehrskennzahlen  
Flughafen Zürich  
(Quelle Flughafen Zürich AG).

Bei einer seit 2003 annähernd gleich bleibenden Anzahl Flugbewegungen (siehe Anhang Ziff. 6.1) konnte das Passagierwachstum von rund 43% durch den Einsatz von grösserem Fluggerät und einer höheren Auslastung pro Flug wettgemacht werden. Der Sitzladefaktor, also die Auslastung pro Flug, stieg denn auch seit 2003 von 65% auf 73% und die Anzahl Passagiere pro Flug von 72 auf 102 an.

Im Vergleich zum Jahr 2003 hat die Anzahl Passagiere pro Flugbewegung von 72 auf 102 zugenommen.

Auch im Jahr 2011 nahm die Zahl der Passagiere am Flughafen Zürich stärker zu als die Zahl der Flugbewegungen. 2011 haben rund 24,3 Millionen Passagiere den Flughafen Zürich benutzt, was einer Zunahme von 6,4% entspricht.

#### 4.1.2 Flottenmix

Gemäss der Sensitivitätsanalyse der Empa machen die Veränderungen in der Zusammensetzung und im Einsatz der in Zürich verkehrenden Flugzeugflotte (Flottenmix) zusammen mit den rückläufigen Bewegungszahlen den grössten Anteil an der Abnahme des ZFI zwischen 2000 und 2011 aus. Durch den grossen zeitlichen Abstand der beiden Betriebsjahre werden mittlerweile jedoch zwei sehr unterschiedliche Betriebsituationen verglichen, welche die Sensitivitätsuntersuchung erschweren.

Über sämtliche Flugzeugtypen betrachtet nahm die von der Flottenzusammensetzung verursachte Schallenergie zwischen 2000 und 2011 um 25% ab. Die Sensitivitätsanalyse der Empa zeigt, dass der ZFI in diesem Zeitraum infolge Veränderungen im Flottenmix um 8% abgenommen hat (Tabelle 8). Interessant sind in diesem Zusammenhang die gegenläufigen Effekte: Einer Abnahme der HA am Tag (-19%) steht eine markante Zunahme der HSD in der Nacht (+24%) gegenüber.

Tabelle 8  
Effekte der Veränderungen  
in der Flottenzusammensetzung  
2000–2011 auf den ZFI.

| Flugzeugflotte     | Restliche<br>Inputdaten | HA     | HSD    | ZFI    |
|--------------------|-------------------------|--------|--------|--------|
| <b>2011</b>        | 2011                    | 35 685 | 18 584 | 54 269 |
| <b>2000</b>        | 2011                    | 44 124 | 14 955 | 59 080 |
| <b>Veränderung</b> | absolut                 | -8 439 | +3 628 | -4 811 |
|                    | prozentual              | -19%   | +24%   | -8%    |

Bezüglich Lärmemissionen umfasst der Flottenmix am Flughafen Zürich zum grössten Teil Flugzeugtypen, die dem modernsten Stand der Technik entsprechen. Die grösste Umflotung fand in den Jahren 2003 und 2004 statt, als die SWISS ihre Langstreckenflugzeuge vom Typ MD-11 durch die relativ lärmgünstigeren A340-300 ersetzte. Die bereits beschlossene Ablösung der Regionalflotte der SWISS ab 2014 (Ersatz der Avro RJ100 [Jumbolino] durch Bombardier CS100) und die Entwicklung neuer, zweistrahliger Langstreckenflugzeuge öffnen Perspektiven für weitere substanzielle Reduktionen der Fluglärmbelastung gegen Ende des laufenden Jahrzehnts. Da zweistrahlige Flugzeuge im Vergleich zu vierstrahligen Modellen über bessere Steigleistungen verfügen, wird der vermehrte Einsatz zweistrahliger Langstreckenflugzeuge zu einer Lärmentlastung führen, was sich insbesondere zur Nachtzeit positiv bemerkbar machen wird.

Die Veränderungen in der Zusammensetzung und im Einsatz der Flugzeugflotte machen zusammen mit den rückläufigen Bewegungszahlen den grössten Anteil an der Abnahme des ZFI zwischen 2000 und 2011 aus.

Die Veränderung der Flugzeugflotte führte zwischen 2010 und 2011 zu einer Erhöhung des ZFI um 1%, wobei die Zunahmen am Tag (HA) als auch in der Nacht (HSD) gegenüber dem Vorjahr etwa gleich ausfielen.

| Flugzeugflotte     | Restliche<br>Inputdaten | HA     | HSD    | ZFI    |
|--------------------|-------------------------|--------|--------|--------|
| <b>2011</b>        | 2011                    | 35 685 | 18 584 | 54 269 |
| <b>2010</b>        | 2011                    | 35 422 | 18 313 | 53 735 |
| <b>Veränderung</b> | absolut                 | +263   | +271   | +534   |
|                    | prozentual              | +1%    | +1%    | +1%    |

Tabelle 9  
Effekte der Veränderungen  
in der Flottenzusammensetzung  
2010–2011 auf den ZFI.

#### 4.1.3 Nachtsperreordnung

Dem Monitoringwert des ZFI liegt die im jeweiligen Berichtsjahr gültige Nachtsperreordnung zugrunde (siehe Anhang Ziff. 6.2). Seit dem 29. Juli 2010 gilt für den gesamten gewerbsmässigen Luftverkehr (mit Ausnahme der noch restriktiveren Nachtflugsperrung für den Privatluftverkehr und die Starts von geplanten Charterflügen) die siebenstündige Nachtflugsperrung von 23.00 Uhr (im Verspätungsfall von 23.30 Uhr) bis 06.00 Uhr.

Die Auswirkungen der neuen, verlängerten Nachtsperreordnung sind aus Abbildung 7 nur begrenzt ersichtlich. Im Vergleich zum Jahr 2009 wird aber deutlich, dass die Anzahl Flüge in der Zeitspanne zwischen 23.30 und 00.30 Uhr, welche heute vollumfänglich in der Sperrzeit liegt, um 75 % abgenommen hat (in Abbildung 7 rot umrandet).

Dank der neuen, verlängerten Nachtsperreordnung nahmen die Flüge in der Zeit zwischen 23.30 und 00.30 Uhr im Jahr 2011 im Vergleich zum Jahr 2009 um 75% ab.

Einen weiteren Hinweis liefert die vertiefte Betrachtung der jährlichen Flugbewegungszahlen im ersten ZFI-Teilbericht (Empa-Bericht «Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011», Dübendorf, 25. Oktober 2012, S. 33, Ziff. 9.2): In der gemäss bundesrechtlicher Lärmschutz-Verordnung (LSV) vorgesehenen differenzierten Betrachtungsweise der Nachtstunden wird deutlich, dass 2011 eine Verschiebung von der zweiten (N2) in die erste Nachtstunde (N1) bzw. in die letzte Tagesrandstunde (T16) stattgefunden haben muss. Dies ist nicht weiter erstaunlich. Im Dezember 2003 hatte die FZAG zusammen mit der Eingabe der neuen Nachtsperreordnung vorsorglich auch die verfügbaren Zeitfenster (Slots) für Starts und Landungen auf die Zeit vor 23.00 Uhr begrenzt. Faktisch waren so bis zum 29. Juli 2010 1½ Stunden für «Verspätungsabbau» vorhanden. Diese 1½ Stunden wurden nun mit der Einführung der neuen Nachtsperreordnung auf 30 Minuten verringert, was die Verschiebung der letzten Lande- und Startwelle von N2 nach N1 bzw. T16 erklärt.

Abbildung 7  
Nachtflugverkehr 2009-2011,  
Auszug. Quelle: Statistikberichte  
der Flughafen Zürich AG.

| Lokalzeit    | Linienverkehr   |        |                 |        |                 |        |                 |        |
|--------------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
|              | 2009            |        | 2010            |        |                 |        | 2011            |        |
|              | Landungen       | Starts | Landungen       | Starts | Landungen       | Starts | Landungen       | Starts |
|              | 01.01.-31.12.09 |        | 01.01.-28.07.10 |        | 29.07.-31.12.10 |        | 01.01.-31.12.11 |        |
| 22:00-22:30  | 2207            | 793    | 1517            | 410    | 1204            | 253    | 2790            | 583    |
| 22:30-23:00  | 900             | 2220   | 679             | 1124   | 728             | 982    | 1562            | 2179   |
| 23:00-23:30  | 301             | 1259   | 260             | 900    | 174             | 604    | 285             | 1381   |
| 23:30-24:00  | 84              | 140    | 87              | 125    | 30              | 68     | 23              | 49     |
| 24:00-00:30  | 39              | 39     | 23              | 26     | 5               | 23     | 1               | 4      |
| 00:30-01:00  | 1               | 1      | 3               | 1      | 0               | 0      | 0               | 1      |
| 01:00-05:00  | 1               | 0      | 1               | 1      | 0               | 0      | 0               | 0      |
| 05:00-05:30  | 0               | 0      | 0               | 0      | 0               | 0      | 0               | 0      |
| 05:30-06:00  | 2               | 0      | 5               | 0      | 0               | 0      | 2               | 0      |
| <b>Total</b> | 3535            | 4452   | 2575            | 2587   | 2141            | 1930   | 4663            | 4197   |
|              | <b>7987</b>     |        | <b>9233</b>     |        |                 |        | <b>8860</b>     |        |

 Sperrzeit

Die erfolgreiche Umsetzung und die Einhaltung der neuen Nachtsperreordnung ist das Verdienst der Flughafen Zürich AG (FZAG) und ihren Partnern. Sie haben gemeinsam einen optimierten Prozess für eine möglichst effiziente und dem Ruhebedürfnis der Bevölkerung Rechnung tragende Abwicklung der Flüge zur Nachtzeit in Gang gesetzt und überwachen und verbessern diesen Prozess laufend.

#### 4.1.4 An- und Abflugrouten<sup>17</sup>

Die Folgen der Anpassungen der Luftraumstruktur, die zwischen 2005 und 2006 aufgrund der Restriktionen im süddeutschen Luftraum vorgenommen werden mussten (Routenverschiebungen bzw. [Teil-] Verlagerungen von Abflügen auf andere Routen), hatten deutliche Auswirkungen auf den HA- und den HSD-Perimeter. Als Folge der Anpassungen im Luftraum, die wegen der deutschen Restriktionen nötig wurden, wurden zudem neue Instrumentenanflugverfahren auf die Pisten 28 und 34 eingeführt, die zu einer Verschiebung des ZFI-Untersuchungsperimeters im Osten und im Süden des Flughafens führten (Empa-Bericht «Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011», Dübendorf, 25. Oktober 2011, S. 29, Ziff. 8.3, Karten 5 und 6).

Die Anzahl der Anflüge von Osten und Süden, die wegen der einseitig verfügbaren Sperrzeiten über Süddeutschland erforderlich sind, blieb im Berichtsjahr im Rahmen der Vorjahre konstant.

Tabelle 10  
Anflüge während der Sperrzeiten  
über Süddeutschland  
2007-2011 (absolute Zahlen  
auf hundert gerundet;  
Quelle: Amt für Verkehr)

| Anzahl sperrzeitenbedingter Anflüge | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| aus Osten                           | 13 500 | 13 200 | 12 300 | 13 300 | 13 800 |
| aus Süden                           | 11 200 | 11 600 | 11 000 | 11 400 | 10 300 |

<sup>17</sup> Unter den Begriff An- und Abflugrouten fällt sowohl der (dreidimensionale) Verlauf der Routen (die «Fluggeometrie») als auch deren Belegung, d.h. die zahlenmässige Belegung der einzelnen Routen mit Flugbewegungen.



Die Routenbelegung – darunter ist die Zahl der Starts und Landungen auf den einzelnen Pisten zu verstehen – veränderte sich zwischen 2010 und 2011 nur unwesentlich und ist in der Regel witterungsbedingt (siehe Tabelle 11) sowie im Anhang unter Ziff. 6.5.

| Routenbelegung | Restliche Inputdaten | HA     | HSD    | ZFI    |
|----------------|----------------------|--------|--------|--------|
| 2011           | 2011                 | 35 685 | 18 584 | 54 269 |
| 2010           | 2011                 | 35 632 | 18 353 | 53 985 |
| Veränderung    | absolut              | +53    | +231   | +284   |
|                | prozentual           | 0%     | +1%    | +1%    |

Tabelle 11  
Effekte der Veränderungen der Routenbelegungen 2010–2011 auf den ZFI.

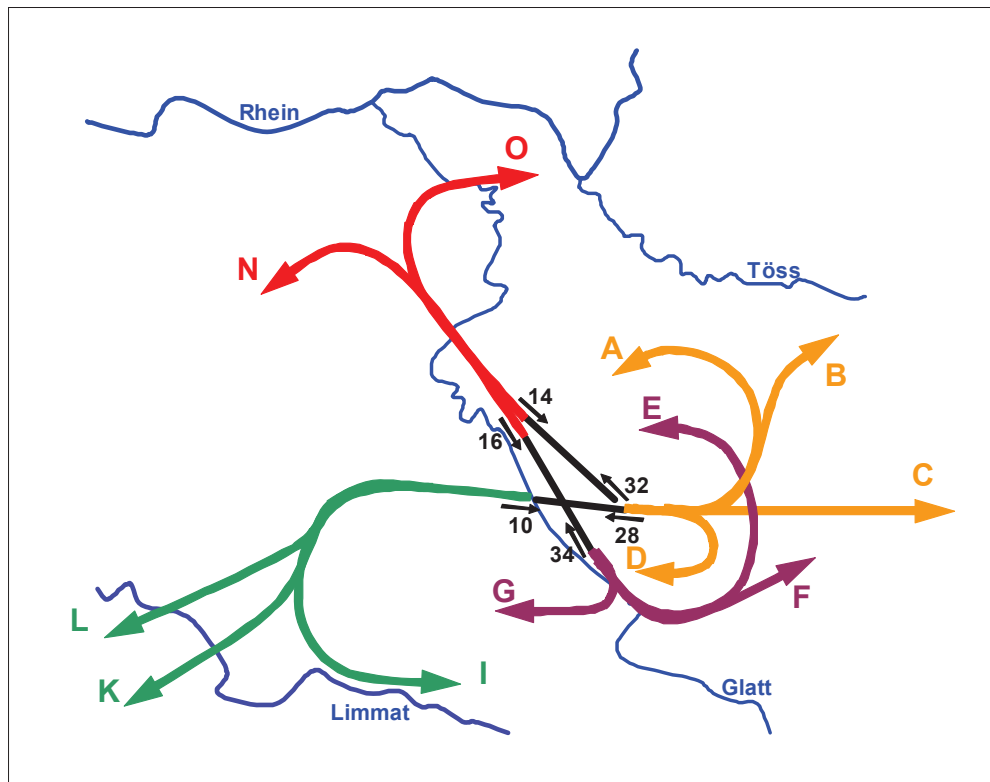
Allerdings fanden zwischen 2010 und 2011 gemäss der Sensitivitätsanalyse der Empa grosse Veränderungen im Bereich der Fluggeometrien statt, d.h. Veränderungen in Lage und Verlauf der tatsächlichen Flugbahnen im Raum (siehe Tabelle 12).

| Fluggeometrie | Restliche Inputdaten | HA     | HSD    | ZFI    |
|---------------|----------------------|--------|--------|--------|
| 2011          | 2011                 | 35 685 | 18 584 | 54 269 |
| 2010          | 2011                 | 35 351 | 17 990 | 53 341 |
| Veränderung   | absolut              | +334   | +594   | +928   |
|               | prozentual           | +1%    | +3%    | +2%    |

Tabelle 12  
Effekte der Veränderungen in der Fluggeometrie 2010–2011 auf den ZFI.

Genauer wird die kumulierte Veränderung der Parameter Routenbelegung und Fluggeometrie in der Sensitivitätsanalyse der Fluggeometrien sichtbar (Empa-Bericht «Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011, Sensitivitätsbetrachtungen», 25. Oktober 2011, S. 20, Ziff. 4.3.4). Im Südosten, bei den Abflügen über die Route F (siehe Abbildung 8), drehten gemäss der Analyse Empa im Jahr 2011 am Tag die Flugzeuge nach dem Start von Piste 16 infolge Einführung eines neuen Flugmanagement-Computers (FMC) in zahlreichen Flugzeugen vom Typ Airbus A320- (A319/320/321) sowie die A330-Familien teils früher, teils später nach links ab als im Vorjahr, sodass dicht besiedelte Gebiete südöstlich des Flughafens etwas stärker belastet wurden. Ein ähnlicher FMC-bedingter Effekt ist auch bei Abflügen ab Piste 28 auf Route K im Gebiet westlich des Flughafens zu beobachten. Im Laufe des Jahres 2012 konnte in Zusammenarbeit mit den Flughafenpartnern zumindest teilweise eine Lösung gefunden werden, um die Flugzeuge wieder auf die ursprünglich vorgesehenen Routen zurückzuführen. Weitere Anstrengungen müssen aber noch unternommen werden, um die negativen Lärmauswirkungen dieses neuen FMC soweit wie möglich zu vermeiden.

Abbildung 8  
Schematische Darstellung und Bezeichnung der Abflugrouten und einzelnen Pisten des Flughafens Zürich (Quelle: Flughafen Zürich AG).



Bei Abflügen vom Flughafen Zürich gilt tagsüber die «5000-Fuss-Regel». Sie besagt, dass die Flugsicherung Flugzeuge ab einer Höhe von 5000 Fuss (rund 1500 m ü. M.) von den Standardabflugrouten weg direkt zu einem weiter entfernt liegenden Navigationspunkt führen kann. Ziel dieser Regelung ist die Optimierung des Verkehrsflusses bei grösserem Verkehrsaufkommen durch Abkürzen der Flugwege<sup>18</sup>. Eine im ZFI feststellbare, negative Auswirkung ist die Streuung der Flugwege, die daraus resultiert, dass die Höhe von 5000 Fuss von den allermeisten Flugzeugen bereits in der näheren Flughafenumgebung erreicht wird. Die «5000-Fuss-Regel» steht somit in einem Zielkonflikt zwischen betrieblichen Anforderungen und der Lärmoptimierung über dicht besiedelten Gebieten im Nahbereich des Flughafens.

Am 30. Juni 2011 trat die im vorläufigen Betriebsreglement für den Nachtbetrieb festgelegte «8000-Fuss-Regel»<sup>19</sup> für alle Abflugrouten in Kraft und löste die bis dahin auch in der Nacht auf den meisten Routen ebenfalls geltende «5000-Fuss-Regel» ab. Die abfliegenden Flugzeuge steigen nun nach 22.00 Uhr auf 8000 Fuss, also 3000 Fuss (rund 1000 Meter) höher, bevor sie die Standardabflugroute verlassen dürfen. Diese Massnahme der Bündelung von Flugspuren ist ein wichtiger Schritt in Richtung der von der Flughafen Zürich AG und dem Kanton Zürich geforderten, verbesserten Routeneinhaltung (siehe auch nachfolgend «Stand der Massnahmen im Flugbetrieb», Ziff. 5.1). Für die Flugsicherung führt diese Massnahme allerdings zu einer Erhöhung der Komplexität, da die für eine optimierte Flugverkehrsleitung benötigte Flexibilität eingeschränkt wird.

<sup>18</sup> Details zur Anwendung der «5000-Fuss-Regel» finden sich im SIL-Schlussbericht für den Flughafen Zürich vom 2. Februar 2010, Ziffer 2.3.2, Seite 29, Fussnote 12.

<sup>19</sup> Die korrekte Bezeichnung lautet «Flightlevel 80-Regel» (Flughöhe 80-Regel), da in Höhen ab 5000 Fuss die Höhenbezeichnungen in sogenannten Flughöhen erfolgen.

---

Die Einführung trat sehr deutlich in Erscheinung. Nachts kommt am Flughafen Zürich hauptsächlich das Ostanflugkonzept mit Starts auf den Pisten 32 und 34 nach Norden zum Einsatz (siehe Ziff. 6.4). Nachdem die Verteilung der Abflüge auf den Routen N und O (siehe Abbildung 10) im langjährigen Mittel (1. September 2007 bis 30. Juni 2011) während der Nachtzeit rund 45% auf Route N und 55% auf Route O betrug, änderte sich dies mit Einführung der «8000-Fuss-Regel» deutlich. In der Zeit vom 1. Juli bis zum 31. Dezember 2011 verschob sich die Verteilung auf 76% auf Route N bzw. 24% auf Route O. Diese Verlagerung entstand durch die anfangs fehlende Routine in der Flugverkehrsleitung im Umgang mit der neuen Massnahme. Die Auswirkungen dieser Flugführung sind im Empa-Bericht besonders hervorgehoben (Empa-Bericht «Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011, Sensitivitätsbetrachtungen», Dübendorf, 25. Oktober 2011, S. 29, Ziff. 8.3, Karte 7). Eine umgehend vom Amt für Verkehr einberufene Arbeitsgruppe der Flughafenpartner führte nach mehreren Sitzungen zu einer Sensibilisierung der Flugsicherung. Im letzten Quartal 2011 veränderte sich die Verteilung bei den Abflügen der zu dieser Zeit lärmrelevanten Abflügen der A340-300 wie folgt: 69% (Route N) und 31% (Route O). Dabei wurden immer noch knapp 30% der Flugzeuge mit Destinationen im Osten über eine Linkskurve auf Route N vom Flughafen weggeführt. In den ersten beiden Quartalen 2012 verbesserte sich die Situation weiter und pendelte sich bei rund 60% (Route N) bzw. 40% (Route O) ein. Diese aktuelle Handhabung der «8000-Fuss-Regel» entspricht der im vBR<sup>20</sup> für die Lärmberechnungen verwendeten Verteilung.

Neben dem tatsächlichen und dem systembedingten Bevölkerungsanstieg gerade im Glatt-, im Furt- und im Limmattal (siehe nachfolgende Ziff. 4.2) führte die Routenverteilung während der Einführungsphase der «8000-Fuss-Regel» in der Sensitivitätsbetrachtung zu einem Anstieg der HSD um 3%.

---

<sup>20</sup> Zustand Zt+, Grossflugzeuge, jährliche Starts 2010, Empa-Bericht 437703-1 vom 22. März 2005.

## 4.2 Einfluss der Bevölkerungsentwicklung

Gemessen am wirtschaftlichen Wohnsitz ist die Bevölkerung im ganzen Kanton Zürich zwischen 2010 und 2011 um 2,7% gewachsen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass über 1% davon durch den Systemwechsel bei der Erhebung der Bevölkerungszahlen (siehe dazu Ziff. 3.2) bedingt ist. Die Bevölkerung des Kantons Zürich wuchs nach der ursprünglichen Erhebungsmethodik nämlich nur gerade 1,4%. Das weitaus stärkste Wachstum verzeichnete einmal mehr die Region Glatttal mit 4,8%, gefolgt vom Furttal mit 2,1% und dem Limmattal mit 2,0%, gemessen am zivilen Wohnsitz, also ohne obigem Systemfehler (Quelle: Kantonale Bevölkerungsstatistik).

Tabelle 13  
Bevölkerung im Kanton Zürich bzw. im Untersuchungsgebiet des ZFI in den Jahren 2000 sowie 2007 bis 2011. Dargestellt werden ebenso die Flächen der Untersuchungsgebiete wie auch die Anzahl Personen pro km<sup>2</sup> Fläche innerhalb der Untersuchungsgebiete.

|   | 2000    | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | Δ% seit 2000 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| <b>Bevölkerung im Kanton Zürich nach wirtschaftlichem Wohnsitz</b>    | 1247906 | 1328526 | 1348660 | 1365038 | 1379532 | 1416631 | 14%          |
| Veränderung zum Vorjahr   | -       | 1.6%    | 1.5%    | 1.2%    | 1.1%    | 2.7%    | -            |
| <b>Bevölkerung im jeweiligen Untersuchungsgebiet</b>                  |         |         |         |         |         |         |              |
| am Tag  | 497 616 | 397 500 | 409 586 | 396 920 | 411 710 | 443 362 | -11%         |
| in der Nacht  | 240 627 | 240 966 | 247 505 | 240 726 | 262 942 | 261 282 | 9%           |
| <b>Fläche des Untersuchungsgebietes (km<sup>2</sup>)</b>              |         |         |         |         |         |         |              |
| am Tag  | 703.0   | 455.7   | 456.0   | 439.9   | 457.4   | 479.7   | -32%         |
| in der Nacht  | 555.2   | 453.8   | 443.5   | 430.1   | 463.5   | 455.6   | -18%         |
| <b>Verhältnis von Bevölkerung zu Fläche (Personen/km<sup>2</sup>)</b> |         |         |         |         |         |         |              |
| am Tag  | 708     | 872     | 898     | 902     | 900     | 924     | 31%          |
| in der Nacht  | 433     | 531     | 558     | 560     | 567     | 573     | 32%          |

Aus Tabelle 13 wird ersichtlich, dass die Anzahl Personen pro km<sup>2</sup> Fläche innerhalb des Untersuchungsgebiets Jahr für Jahr ansteigt. Die Bevölkerungsdichte in der Nacht beträgt weniger als zwei Drittel der Bevölkerungsdichte tagsüber. Dies ist Ausdruck des lärmgünstigen Ostanflugkonzepts (siehe Anhang Ziff. 6.4), wie es abends praktiziert wird. Nachstehende Tabelle 14 schliesslich zeigt das Bevölkerungswachstum innerhalb der ZFI-Untersuchungsperimeter 2011 Tag (HA) und Nacht (HSD) von rund 2%.

Tabelle 14  
Veränderungen der Bevölkerung innerhalb der Untersuchungsperimeter (UP) 2011 von 2010 zu 2011.

| Bevölkerung | Untersuchungsperimeter (UP) | Anzahl Personen im UP Tag (6–22 Uhr) | Anzahl Personen im UP Nacht (22–6 Uhr) |
|-------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|
| 2011        | 2011                        | 443 362                              | 261 282                                |
| 2010        | 2011                        | 433 484                              | 255 646                                |
| Veränderung | absolut                     | 9878                                 | 5636                                   |
|             | prozentual                  | 2%                                   | 2%                                     |

Diese Zunahme der Bevölkerung zwischen 2010 und 2011 führte, bezogen auf die Fluglärmbelastung 2011, zu einer Zunahme der HA um 3% sowie der HSD und des ZFI um je rund 2% (davon je rund 1% systembedingt aufgrund des Wechsels in der Methodik der Bevölkerungserhebung).

| Bevölkerung | Belastung  | HA     | HSD    | ZFI    |
|-------------|------------|--------|--------|--------|
| 2011        | 2011       | 35 685 | 18 584 | 54 269 |
| 2010        | 2011       | 34 809 | 18 241 | 53 050 |
| Veränderung | absolut    | 876    | 343    | 1219   |
|             | prozentual | 3%     | 2%     | 2%     |

Tabelle 15  
Effekte der Veränderungen in der Bevölkerung 2010–2011 auf den ZFI.

### 4.3 Zusammenfassung der Analyseergebnisse

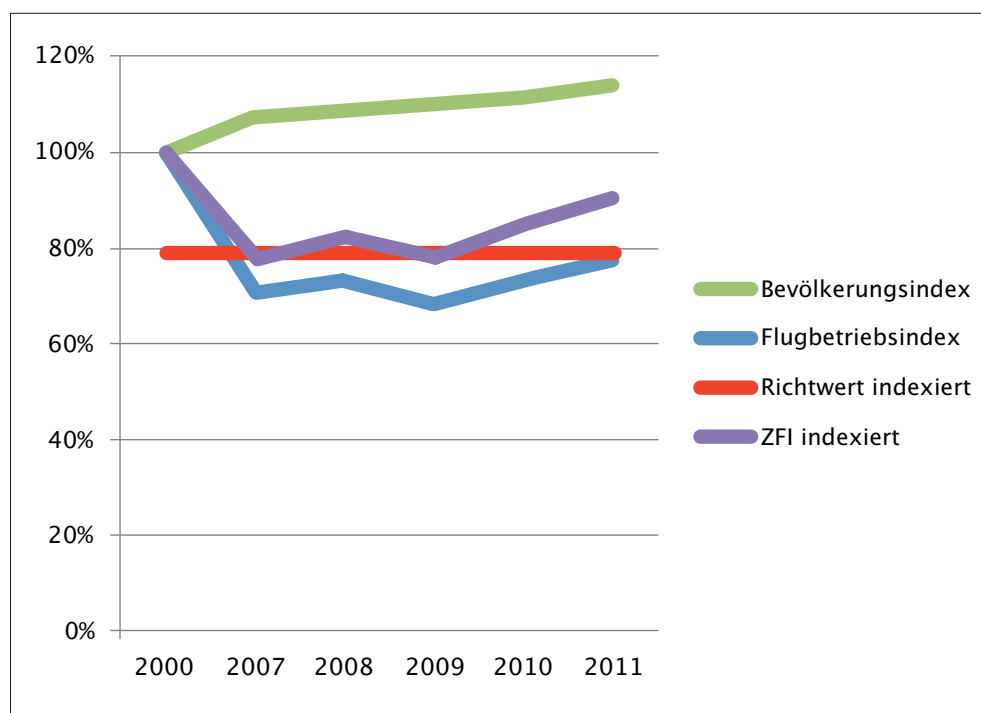
Tabelle 16 gibt einen Überblick über die Entwicklungen im ZFI zwischen 2000 und 2011.

Tabelle 16  
Veränderungen bei den HA, HSD und dem ZFI vom Jahr 2000 zum Jahr 2011; total und aufgrund der Bevölkerung und des Flugbetriebs als Ganzes.

| Komponente                    | Absolute Veränderung |        |         | Prozentualer Anteil an den Veränderungen |      |      |
|-------------------------------|----------------------|--------|---------|--|------|------|
|                               | HA                   | HSD    | ZFI     | HA                                       | HSD  | ZFI  |
| <b>2000</b>                   | 43 827               | 15 753 | 59 580  | 100%                                     | 100% | 100% |
| <b>2011</b>                   | 35 685               | 18 584 | 54 269  | 81%                                      | 118% | 91%  |
| <b>Δ ZFI von 2000 zu 2011</b> | -8 142               | +2 831 | -5 311  | -19%                                     | +18% | -9%  |
| <b>Anteil Bevölkerung</b>     | +5 297               | +2 973 | +8 270  | +12%                                     | +19% | +14% |
| <b>Anteil Flugbetrieb</b>     | -13 439              | -142   | -13 581 | -31%                                     | -1%  | -23% |

Die Entwicklung der Bevölkerung hat seit 2000 einen Zuwachs des ZFI um 14% bewirkt, was jedoch durch eine günstige Entwicklung des Flugbetriebsindex (-23%) mehr als kompensiert wurde. Mit anderen Worten: Würde der ZFI allein die Entwicklungen im Flugbetrieb – ohne die Bevölkerungsentwicklung – berücksichtigen, läge der ZFI-Monitoringwert 2011 mit 45 999 um 2% unter dem ZFI-Richtwert von 47 000 bzw. 13 581 Einheiten oder 23% unter dem Zustand von 2000.

Abbildung 9  
Entwicklung der Teil-Indices Bevölkerung (grün) und Flugbetrieb (blau) seit dem Vergleichsjahr 2000



Zwischen 2000 und 2011 hat die Entwicklung der Bevölkerung einen Zuwachs des ZFI um 14% bewirkt, was jedoch durch eine günstige Entwicklung des Flugbetriebsindex (-23%) mehr als kompensiert wurde.

Die einzelnen flugbetrieblichen Komponenten zeigten zwischen 2000 und 2011 gegenläufige Tendenzen. Positiv waren die Entwicklungen im Flottenmix und der Rückgang der Flugbewegungen, negativ die Lage und die Belegung der Flugrouten. Durch den grossen zeitlichen Abstand der beiden Betriebsjahre werden mittlerweile jedoch zwei sehr unterschiedliche Betriebsituationen verglichen, die die Sensitivitätsuntersuchung erschweren.

Zwischen 2010 und 2011 hat der ZFI-Monitoringwert (HA und HSD) um 3511 Personen (+7%) zugenommen, also weniger stark als zwischen 2009 und 2010 (+9%). Mitberücksichtigt beim diesjährigen Anstieg sind zudem die neue Methodik der Bevölkerungserhebung wie auch die Schwierigkeiten bei der Einführung der «8000-Fuss-Regel». Die Entwicklung der Bevölkerung in den flughafennahen Gebieten war neben den flugbetrieblichen Änderungen die Hauptursache für die diesjährigen Veränderungen des ZFI-Monitoringwerts.

| Komponente                    | Absolute Veränderung |        |        | Prozentualer Anteil an den Veränderungen |      |      |
|-------------------------------|----------------------|--------|--------|--|------|------|
|                               | HA                   | HSD    | ZFI    | HA                                       | HSD  | ZFI  |
| <b>2010</b>                   | 32 732               | 18 026 | 50 757 | 100%                                     | 100% | 100% |
| <b>2011</b>                   | 35 685               | 18 584 | 54 269 | 109%                                     | 103% | 107% |
| <b>Δ ZFI von 2010 zu 2011</b> | +2954                | +558   | +3511  | +9%                                      | +3%  | +7%  |
| <b>Anteil Bevölkerung</b>     | +876                 | +343   | +1219  | +3%                                      | +2%  | +2%  |
| <b>Anteil Flugbetrieb</b>     | +2078                | +215   | +2293  | +6%                                      | +1%  | +5%  |

Tabelle 17  
Veränderungen bei den HA, HSD und dem ZFI vom Jahr 2010 zum Jahr 2011; total und aufgrund der Bevölkerung und des Flugbetriebs als Ganzes.

Die Entwicklung der Bevölkerung, besonders jene in den flughafennahen Gebieten, war neben den flugbetrieblichen Änderungen die Hauptursache für die diesjährigen Veränderungen des ZFI-Monitoringwerts.

# 5 Stand der Massnahmen

Gemäss § 3 Abs. 5 des Flughafengesetzes wirken die Behörden des Kantons Zürich darauf hin, dass der Richtwert nicht überschritten wird. Sie ergreifen rechtzeitig die in ihrer Kompetenz stehenden Massnahmen und nehmen Einfluss auf die Flughafenbetreiberin und auf den Bund. Anlässlich der Verabschiedung des ZFI-Berichts 2007 hat der Regierungsrat die Volkswirtschafts- und die Baudirektion beauftragt, eine systematische, wirkungsorientierte Planung und Evaluation Erfolg versprechender Massnahmen vorzunehmen mit dem Ziel, den Monitoringwert auf lange Sicht so tief wie möglich zu halten. Mit dem Bericht «Der Zürcher Fluglärm-Index (ZFI) im Jahr 2008» hat der Regierungsrat in der Folge auch das Massnahmenkonzept ZFI, bestehend aus dem «Fachbericht Flugbetrieb», dem «Fachbericht Raumentwicklung/Wohnqualität» und dem Synthesebericht, verabschiedet. Nachfolgend wird über den Stand der in diesen Fachberichten dokumentierten Massnahmen informiert.

## 5.1 Stand der Massnahmen im Bereich Flugbetrieb

### 5.1.1 Übergeordnete Massnahmen

Um langfristige Planungs- und Rechtssicherheit rund um den Flughafen sicherzustellen, ist im Entwurf zum Objektblatt Flughafen Zürich des Sachplans Infrastruktur der Luftfahrt (SIL) wie auch in der Vorlage für die Teilrevision des kantonalen Richtplans, Kapitel 4.7.1 «Flughafen Zürich», die sogenannte Abgrenzungslinie vorgesehen. Dieses neue Instrument hat zum Ziel, die zulässigen Lärmimmissionen im Sachplan und im kantonalen Richtplan – über die Geltungsdauer des jeweiligen Betriebsreglements hinaus – langfristig festzulegen. Die Abgrenzungslinie umfasst zu diesem Zweck die Gebiete mit Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte (IGW der Empfindlichkeitsstufe [ES] II<sup>21</sup>) aller im SIL vorgesehenen Betriebsvarianten, unter Berücksichtigung des künftigen Verkehrswachstums und der absehbaren Veränderungen in der Flugzeugflotte. Diese behördenverbindliche Festlegung begrenzt einerseits den Raum für die langfristige betriebliche Entwicklung des Flughafens und gewährleistet andererseits deren Abstimmung mit der Siedlungsentwicklung in der Flughafenregion. Ausserhalb der Abgrenzungslinie darf der im zukünftigen Betriebsreglement geregelte Flugbetrieb keine Lärmbelastung verursachen, die den IGW ES II der LSV überschreitet. Diese langfristige Abstimmung von Flugbetrieb und Siedlungsentwicklung liegt auch im Interesse des ZFI.

### 5.1.2 Anzahl Flugbewegungen

Die Flugbewegungen haben, nach einem markanten Rückgang nach dem Jahr 2000, in den letzten Jahren wieder leicht zugenommen, liegen aber immer noch deutlich tiefer als im Jahr 2000. Aufgrund der Betriebsvarianten, die im Schlussbericht zum SIL-Prozess vom 2. Februar 2010 dokumentiert sind, kann davon ausgegangen werden, dass die Kapazitätsgrenze des Flughafens Zürich bei rund 350 000 Bewegungen pro Jahr liegt (alle Verkehrskategorien inkl. Privatluftverkehr). Das zukünftige Bewegungswachstum wird zwar – für sich allein betrachtet – eine Zunahme des ZFI bewirken. Die Einführung einer Bewegungsbeschränkung als Massnahme zur Stabilisierung des ZFI ist jedoch abzulehnen. Am 25. November 2007 haben die Stimmberechtigten des Kantons Zürich neben der Einführung des ZFI auch klare Regeln im Umgang mit Bewegungsbeschränkungen und der Nachtflugregelung (sog. «ZFI plus») beschlossen. Gemäss § 3 Abs. 3 des Flughafengesetzes grundsätzlich ist jedoch erst bei 320 000 Bewegungen pro Jahr darüber zu befinden, ob allenfalls auf eine Bewegungsbeschränkung hinzuwirken ist. Von dieser Zahl ist der Flug-

<sup>21</sup> Die Empfindlichkeitsstufe II betrifft Zonen, in denen keine störenden Betriebe zugelassen sind, namentlich Wohnzonen sowie Zonen für öffentliche Bauten und Anlagen (Art. 43 Abs. 1 lit. b LSV).



---

hafen Zürich jedoch noch deutlich entfernt (2011: 279 000 Starts und Landungen). Deshalb ist in der Massnahmenplanung keine allgemeine Beschränkung der Flugbewegungen vorgesehen. Eine Reduktion der Flüge in den sogenannten Tagesrandstunden, also den Stunden zwischen 06.00 und 07.00 bzw. 21.00 und 22.00 Uhr, lehnt der Regierungsrat ebenso ab. Inhaltlich käme eine solche Reduktion nämlich einer Ausdehnung der Nachtsperreordnung gleich<sup>22</sup>.

### 5.1.3 Nachtflugregelung

Ende Dezember 2003 beantragte die Flughafen Zürich AG auf Initiative des Regierungsrates dem BAZL, die Nachtsperre neu auf sieben Stunden auszudehnen (23.00 Uhr, im Verspätungsfall 23.30 Uhr, bis 06.00 Uhr). Nach mehrjährigen Rechtsverfahren setzte die FZAG die neue, siebenstündige Nachtsperre per 29. Juli 2010 in Kraft. Mit Urteil vom 22. Dezember 2010 erklärte das Bundesgericht die Nachtsperre letztinstanzlich für rechens. Die Bestimmung von § 3 Abs. 3 des Flughafengesetzes, wonach der Kanton darauf hinwirken solle, dass eine Nachtsperre von sieben Stunden eingehalten wird, ist somit erfüllt. Jede zusätzliche Verlängerung der Nachtsperre würde es dem Homecarrier SWISS erschweren, den Hub am Flughafen Zürich aufrechtzuerhalten. Dazu sind vor allem zu Tagesrandzeiten Langstreckenverbindungen notwendig, auf die der innereuropäische Kurzstreckenverkehr abgestimmt werden muss. Bei einer noch längeren Nachtsperre würden in zunehmendem Masse Direktverbindungen wegfallen. Der Flughafen Zürich würde an Verkehrsattraktivität verlieren.

Unter den heutigen Rahmenbedingungen werden verschiedene Stossrichtungen verfolgt, um die Verspätungen zu verringern. So wird beispielsweise mit einem aufwendigen Koordinationsprozess unter den Flughafenpartnern schon tagsüber versucht, Verspätungen nach 23.00 Uhr bzw. 23.30 Uhr gar nicht entstehen zu lassen. Das Verfahren hat sich seit der Einführung der neuen Nachtsperreordnung insoweit bewährt, als die Flughafen Zürich AG nur sehr wenige Ausnahmegewilligungen erteilen musste und auch diese in der Regel nur für gewerbsmässige Flüge nach 23.30 Uhr.

Die Ausnahmetatbestände für eine Abweichung von der Nachtsperreordnung sind in Anhang 1, Art. 12 Abs. 3 des Betriebsreglements des Flughafens Zürich bzw. für die Zeit nach 00.30 Uhr in Art. 39d der Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (VIL, SR 748.131.1) geregelt. Gemäss Art. 12 Abs. 3 in Anhang 1 zum Betriebsreglement kann der Flugplatzhalter bei unvorhergesehenen ausserordentlichen Ereignissen, insbesondere bei schwerwiegenden meteorologischen Verhältnissen, Ausnahmen gewähren. Das Amt für Verkehr des Kantons Zürich überwacht gestützt auf § 3 Abs. 1 des Flughafengesetzes die Einhaltung der Nachtflugordnung und meldet Übertretungen der Aufsichtsbehörde des Bundes.

### 5.1.4 Flottenmix

Der technische Fortschritt, der sich in der Entwicklung der Flugzeugflotte niederschlägt, hat sich bereits in der Vergangenheit und insbesondere auch seit 2000 sehr günstig ausgewirkt. Die markanten Veränderungen im Flottenmix am Flughafen Zürich zwischen 2000 und 2011 waren der wichtigste Grund dafür, dass der vom Flugbetrieb verursachte Teil des ZFI (Flugbetriebsindex) deutlich zurückgegangen ist. Der technische Fortschritt wird in den zukünftigen Erneuerungszyklen voraussichtlich weiter zur Verbesserung der Fluglärmsituation und damit zur Verringerung des ZFI beitragen. Die bereits beschlossene Ablösung der Regio-

---

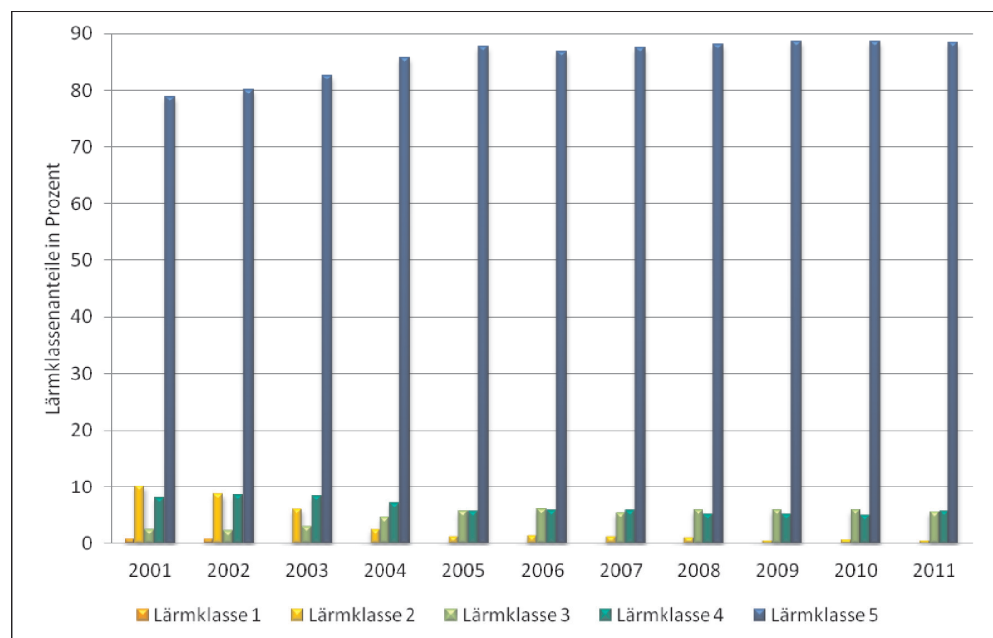
<sup>22</sup> Beschluss des Regierungsrates vom 29. Februar 2012 (Antrag auf Nichtüberweisung des dringlichen Postulats KR-Nr. 39/2012).

nalflotte der SWISS (geplante Inbetriebnahme der ersten Flugzeuge des Bombardier CSeries ab 2014) und die Entwicklung neuer, zweistrahliger Langstreckenflugzeuge öffnen voraussichtlich Perspektiven für weitere substanzielle Reduktionen der Fluglärmbelastung gegen Ende des laufenden Jahrzehnts. Der vermehrte Einsatz zweistrahliger Langstreckenflugzeuge wird auch durch ihre im Vergleich zu vierstrahligen Modellen (v.a. gegenüber dem Airbus A340) bessere Steigleistung zu einer Lärmentlastung führen.

Diese Umstände sind von grundlegender Bedeutung für die Festlegung der lärmabhängigen Landegebühren am Flughafen Zürich. Lenkungsmaßnahmen können grundsätzlich nur dann und in dem Masse Wirkung entfalten, als neuere, lärmgünstigere Technologien überhaupt verfügbar sind. Die Gebührenregelung muss Anreize schaffen, damit vor allem die in Zürich stationierten oder regelmässig hier verkehrenden Fluggesellschaften lärmgünstige Flugzeuge beschaffen und einsetzen.

Der Flughafen Zürich erhebt seit 1980 Lärmgebühren mit dem Ziel, lärmgünstigere Flugzeugflotten zu fördern. Klasse 1 beinhaltet die lautesten, Klasse 5 die lärmgünstigsten Flugzeugtypen. So werden Anreize zum Einsatz von lärmgünstigen Flugzeugen geschaffen. Durch die progressive Ausgestaltung der Lärmgebühren in der Nacht werden die Fluggesellschaften zudem motiviert, Nachtflüge möglichst früh in der Nacht abzuwickeln. Die Lärmgebühren fliessen nicht in die Kasse der FZAG, sondern werden dem Airport Zurich Noise Fund (AZNF) gutgeschrieben und für Lärmschutzmassnahmen eingesetzt.

Abbildung 10  
Prozentuale Verteilung der in Zürich verkehrenden Flugzeuge pro Lärmklasse  
(Quelle: Flughafen Zürich AG).



---

Das Zürcher Lärmgebührenmodell (es wird auch in Genf, Bern, Lugano, Samedan und Sitten angewendet) ist dynamisch zu verstehen, d.h. es muss in regelmässigen Abständen überprüft und dem jeweiligen Stand der Technik angepasst werden. Die letzte Anpassung des Lärmgebührenmodells erfolgte im Jahr 2000. Mittlerweile werden in Zürich rund 90% der Bewegungen mit Flugzeugen der gebührenfreien Klasse 5 abgewickelt.

Als Folge des Bundesgerichtsurteils vom 22. Dezember 2010 wurde die FZAG verpflichtet, die von ihr auf 2013/15 vorgesehene Revision der Lärmgebühren (siehe ZFI-Bericht 2009, S. 32) zeitlich vorzuziehen. Die FZAG hat bei der Überarbeitung des Lärmgebührenmodells die Vorgaben des Bundesgerichts berücksichtigt. So ist beabsichtigt, dass inskünftig rund 50% aller Flugzeuge Lärmgebühren bezahlen müssen. Zudem sollen die Tagesrandstunden teurer werden, um eine gewisse Lenkungswirkung zu erzielen. Die FZAG hält sich dabei an das bewährte System, nimmt aber eine Neueinteilung der Flugzeugtypen auf dem Modell der bestehenden Lärmklassen vor. Damit sollen frühzeitig Anreize für die Beschaffung und den Einsatz lärmgünstiger Modelle geschaffen werden. Das neue Gebührenmodell wurde Ende September 2011 der Öffentlichkeit vorgestellt. Als Sofortmassnahme wurden zudem mit Beginn Sommerflugplan 2011 die Lärmgebührensätze der Tages- und Nachtzeit (bis 23.00 Uhr) für die lautesten Flugzeugtypen, d. h. jene der bisherigen Lärmklassen 1 und 2, markant erhöht. Im Zeitpunkt der Drucklegung des vorliegenden ZFI-Berichts ist das vom Bundesgericht festgelegte Verfahren zur Änderung des Zürcher Lärmgebührenmodells noch im Gange.

#### 5.1.5 Lage der Flugrouten («Fluggeometrie»)

Der technische Fortschritt eröffnet Chancen in der Gestaltung der Flugrouten und der Luft-raumbewirtschaftung. Die Arbeiten für den SIL-Prozess Flughafen Zürich stützen sich auf neue internationale Navigationsstandards mit Satellitenunterstützung, deren erste Einführung bereits 2011 erfolgt ist. Die Entwicklung weiterer Verfahren ist für die Jahre 2012–2015 geplant.

Um die Schweizer Luftfahrt durch neue Technologie-Anwendungen weiterzuentwickeln, ist 2009 unter der Federführung des BAZL, des Flughafens Zürich und der Flugsicherung das firmenübergreifende Koordinations- und Steuerungsprogramm «CHIPS» gestartet worden. Das Programm «CHIPS» dient als eigentlicher Ideentrichter und Innovationsplattform, um die Einführung neuer Flugverfahren in der Schweiz zu koordinieren und Synergien einzelner Projekte für weitere Vorhaben zu nutzen.

Am 10. März 2011 wurde als erstes «CHIPS»-Projekt in Zürich der satellitengestützte Anflug auf Piste 14 erfolgreich eingeführt. Ein weiteres Projekt, die Einführung sog. «RNAV-Transitions» (Verbindungsrouen zwischen Warteräumen und Endanflug), ist seit über einem Jahr technisch ausgearbeitet und den deutschen Behörden (DVO-Anpassung per 16. September 2011) bewilligt. Seither ist die Bewilligung beim BAZL pendent, ein Entscheid wurde aber noch dieses Jahr in Aussicht gestellt.

Zwei weitere CHIPS-Projekte befinden sich derzeit in Umsetzung:

- «RF (Radius to fix) Legs»-Abflugroute Piste 34: Damit soll die Präzision von Flugzeugen im Kurvenflug verbessert werden, womit die Streuung der Flugwege und die Lärmbelastung eingegrenzt werden kann. Die Verfügung des BAZL für eine erste, auf dem RNAV1-Standard basierende, Route erfolgte am 27. Juli 2012. Die neue Abflugroute ab Piste 34 wurde per 18. Oktober 2012 in Betrieb genommen. Sie wird vor allem in der ersten Kurve nach dem Start eine geringere Streuung der Flugwege und somit eine reduzierte Lärm-

---

verteilung zur Folge haben. Da die genauen Lärmauswirkungen im Voraus nicht abgeschätzt werden können, wird die FZAG während dreier Jahre ab Einführung im Auftrag des BAZL ein Monitoring durchführen. Nach erfolgreicher Einführung können weitere Routen zwecks Optimierung der Fluggeometrie verbessert werden.

- «GBAS»-Bodenstation und -Anflug Piste 14: Die «GBAS»-Bodenstation (Ground based augmentation system) erhöht die Präzision des GPS-Signals, sodass auch Präzisionsanflüge möglich werden. Ein Plangenehmigungsgesuch für den Bau einer entsprechenden Bodenstation wurde von der FZAG beim BAZL eingereicht, mit der Bewilligung ist im Laufe des 2. Semesters 2012 zu rechnen. Die Einführung eines GBAS-Anflugverfahrens ist für 2014–2015 geplant. Mit einer GBAS-Anlage ist es möglich, auf sämtliche Pisten anzufiegen. Langfristig könnten mit dieser Technologie allenfalls die teuren und unterhaltsintensiven Instrumentenlandesysteme ersetzt werden.

Als weiteres CHIPS-Projekt in Zürich ist zudem vorgesehen, nach Einführung der «RNAV-Transitions» diese so weiterzuentwickeln, dass damit auch die bereits heute im Grundsatz angewendete «Continuous Descent Operation - CDO», also ein Anflugverfahren für kontinuierliches, lärmarmes Absinken der Flugzeuge bis zum Endanflug, weiter verbessert und deren Anwendungsbereiche ausgedehnt werden können.

Anhand der erfolgreichen Einführung des GPS-Anflugs auf Piste 14 konnte unter Beweis gestellt werden, dass die in CHIPS gewählte Vorgehensweise, die mittels Pilotprojekten (Overlay-Verfahren) neue Technologien einführt und die Verfahren anschliessend weiterentwickelt, zielführend ist. Es hat sich bestätigt, dass die Entwicklung und insbesondere die Einführung neuer Technologien Zeit braucht und nicht überstürzt vor sich gehen kann. Dabei ist stets das Gesamtsystem Flughafen/Flugsicherung im Auge zu behalten.

Betreffend ZFI ist festzuhalten, dass die CHIPS-Projekte der FZAG durch Fachleute im AFV sowie der Expertengruppe ZFI begleitet und die Wirksamkeit der Verfahren auf den ZFI geprüft wird. Das Projekt RF-Legs verspricht eine verbesserte Spurgenaugigkeit bei den Abflugverfahren und somit eine Verkleinerung der Lärmbelastungsflächen.

Ebenso konnte durch die bereits erwähnte Einführung der «8000-Fuss-Regel<sup>23</sup>» eine Verbesserung der Einhaltung der Flugrouten (Spurgenaugigkeit) während der Nacht (22.00–06.00 Uhr) erzielt werden. In den ersten sechs Monaten bewirkte diese Lärminderungs-massnahme jedoch aus den unter Ziffer 4.1.4 erwähnten Gründen keine Verringerung, sondern eine Erhöhung des ZFI um mehr als 1300 Personen (Empa-Bericht Nr. 461 359 «Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011; Einfluss der Flight-Level-80-Regel auf den ZFI», Dübendorf, 25. Oktober 2012). Die Umsetzung zeigte jedoch auch, dass die «8000-Fuss-Regel» prinzipiell funktionsfähig ist und zur gewünschten Konzentration der Flugrouten führt. So werden insbesondere die Flugbahnen von Flugzeugen mit schwacher Steigleistung, namentlich der A340-300, stärker gebündelt. Allerdings ist die «8000-Fuss-Regel» aus Sicht der Luftraumbewirtschaftung nicht unumstritten. Um die im SIL-Prozess für den Flughafen Zürich vorgesehene Überprüfung des Ostkonzepts zielgerecht unterstützen zu können, wird auch der Kanton Zürich, zusammen mit der FZAG, gefordert sein. So gilt es, die ausgewiesenen Stärken der raumplanerisch wirksamen Bündelung zu erhalten, gleichzeitig aber den berechtigten Forderungen bezüglich Verbesserung der Sicherheit und der Reduktion der

---

<sup>23</sup> Die korrekte Bezeichnung lautet präziser «Flightlevel-80-Regel» (Flugfläche-80-Regel), da in Höhen ab 5000 Fuss die Höhenbezeichnungen in sogenannten Flugflächen erfolgen.

---

Komplexität nachzukommen. Um den ZFI insgesamt zu vermindern, muss der Verlauf der Abflugrouten raumplanerisch – bezüglich Lärmimmissionen und Bevölkerung – und operationell noch weiter optimiert werden. Das SIL-Objektblatt stellt als Grundlage für ein neues Betriebsreglement für den Flughafen Zürich das richtige Instrument zum idealen Zeitpunkt für eine solche Optimierung dar. Die Grösse des Minderungspotenzials auf den ZFI kann zum heutigen Zeitpunkt jedoch noch nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Als weitere Massnahme zur verbesserten Routeneinhaltung im Nahbereich deponierte der Kanton Zürich im SIL-Schlussbericht die Forderung nach sogenannten Wegpunkten, die zwingend überflogen werden müssen (siehe Ziff. 2.3.2 im SIL-Schlussbericht vom 2. Februar 2010). Zudem wurde zusammen mit Vertretern des Flughafens Zürich und der Flugsicherung im Rahmen der Massnahmenplanung 2009 auch eine standardisierte Geschwindigkeitsbegrenzung («210 Knoten für die erste Kurve») vertieft betrachtet. Aufgrund der hohen personellen Belastung der Flughafenpartner durch andere Projekte konnte diese Massnahme erst per 5. April 2012 umgesetzt werden. Alle diese Massnahmen dienen der Kanalisierung des Abflugverkehrs und damit der Konzentration der Lärmbelastung im Nahbereich des Flughafens.

Ebenfalls in enger Zusammenarbeit zwischen dem Kanton Zürich, der Flughafen Zürich AG und der Skyguide wurde eine computerbasierte Weiterbildung (Computer Based Training, CBT) für die Flugverkehrsleiter der Skyguide konzipiert, um ihnen die Anliegen aus Raumplanung und deren technische Umsetzung in der Ausgestaltung und zur Einhaltung der Flugrouten zu vermitteln. Dieses Projekt fand seinen Abschluss in der Einführung bei Skyguide im Herbst 2010. Im Rahmen der Grundausbildung der Flugverkehrsleiter ist zudem die Einführung eines Umweltmoduls vorgesehen. Dieses soll 2012 ein erstes Mal unterrichtet werden und die Themenschwerpunkte Akustik, Raumplanung und Lärminderungsverfahren zum Inhalt haben.

Auch die SWISS hat im April 2012 eine Information für das Pilotencorps verbreitet. Darin wurden die Kernelemente des ZFI erläutert und auf Massnahmen zur operationellen Verbesserung der Flugrouten hingewiesen. Ziel und Erwartung der SWISS ist, dass ihre Piloten so eine verschärfte Wahrnehmung der Lärmproblematik erhalten und die Anliegen des Bevölkerungsschutzes verstärkt berücksichtigen. Die Piloten der Swiss sind sich der Lärmthematik bewusst und bemühen sich, ihren Beitrag zur Einhaltung der Lärmoptimierung beizusteuern.

Schliesslich wurde der langjährig bewährte Aufsichtsprozesses gemäss §3 des Flughafen-gesetzes zur Einhaltung der An- und Abflugrouten durchgeführt. Dies in enger Zusammen-arbeit mit der Flughafenbetreiberin, welche die zur Aufsicht notwendigen Daten bereitstellt. Flüge, die aus Sicht des Kantons Zürich zu Unrecht von den genehmigten Flugrouten abwi-chen, wurden den zuständigen Organen des Bundes gemeldet.

#### 5.1.6 Belegung der Flugrouten

Die Änderungen in der Lage und der Belegung der An- und Abflugrouten hat sich zwischen 2000 und 2011 deutlich negativ auf den ZFI ausgewirkt. Die Veränderungen wurden haupt-sächlich durch die von Deutschland ab 2003 einseitig verfügbaren zeitlichen Einschränkungen für die Benützung des süddeutschen Luftraums verursacht.

Nach jahrelangen, intensiven Verhandlungen unterzeichneten die Verkehrsministerin der Schweiz und der Verkehrsminister Deutschlands am 4. September 2012 einen Staatsver-trag, der die Benützung des süddeutschen Luftraums für An- und Abflüge von und nach

---

Zürich neu regelt. Der Vertrag muss von beiden nationalen Parlamenten noch ratifiziert werden. Die im Staatsvertrag vereinbarte Verkehrsverlagerung beeinflusst den laufenden SIL-Prozess Flughafen Zürich. Zudem führen die Massnahmen der von den Flughafenpartnern durchgeführten gesamtheitlichen Sicherheitsanalyse ebenfalls zu einer Anpassung des SIL-Prozesses. Der laufende SIL-Prozess Flughafen Zürich zeigt mittelfristig erhebliche Optimierungsspielräume bei der Belegung der Flugrouten auf. Der Vergleich der Lärmauswirkungen der Betriebsvarianten gemäss Schlussbericht zum SIL-Prozess vom 2. Februar 2010 zeigte, dass bei Variante J-optimiert tagsüber deutlich weniger Personen von IGW-Überschreitungen betroffen sind als bei den anderen Varianten. Aus früheren Untersuchungen im SIL-Prozess ist bekannt, dass mit diesem Effekt (möglichst tiefe Anzahl der von IGW-Überschreitungen betroffenen Personen) auch eine Verbesserung im ZFI einher gehen würde.

Nach heutigem Kenntnisstand will der Bund Anfang 2013 Lösungsvorschläge für die allfällige Umsetzung des Staatsvertrages vorlegen und diese in Einklang mit dem laufenden SIL-Prozess bringen. Es ist absehbar, dass daraus erneut Änderungen in Lage und Belegung der An- und Abflugrouten resultieren werden. Welche Auswirkungen dies auf den ZFI haben wird, kann zum heutigen Zeitpunkt noch nicht beurteilt werden. Ebenso wenig ist zum jetzigen Zeitpunkt klar, was der dem Richtwert zugrunde liegende Referenzzustand mit dem Zustand nach der Umsetzung des Staatsvertrags im Jahre 2020 noch gemeinsam haben wird.

#### 5.1.7 Zwischenfazit

Im Bereich Flugbetrieb bewegen sich die Massnahmen und Umfeldentwicklungen im Rahmen des 2009 festgelegten Massnahmenkonzepts. Die bereits beschlossene Erneuerung der Kurzstrecken-Flotte der SWISS des Typs Avro RJ100 (Jumbolino) ab 2014 durch neue, mit wesentlich leiseren Triebwerken ausgestattete Flugzeuge des Herstellers Bombardier («C-Series») ist als wirksamste der kurz- und mittelfristigen Verbesserungen auf Seiten Flugbetrieb einzuschätzen. Zusammen mit den übrigen kurz- bis mittelfristigen flugbetrieblichen Massnahmen vermögen sie jedoch die Effekte des auch in den kommenden Jahren zu erwartenden Bevölkerungswachstums und der wieder ansteigenden Flugbewegungen auf den ZFI-Monitoringwert nicht zu kompensieren. Im folgenden Abschnitt wird deshalb ein überarbeitetes Massnahmenkonzept vorgestellt, das u. a. die bereits umgesetzten Kurzfristmassnahmen ablöst.

Mittel- bis langfristig sind hingegen durch die absehbaren Entwicklungen in der Navigationstechnologie und in der Triebwerktechnologie auch von Mittel- und Langstreckenflugzeugen weitere, substantielle Verbesserungen in der Belastungssituation zu erwarten. Diese Entwicklungen finden im europäischen und im globalen Kontext statt. Auf lokaler Ebene gilt es, rechtzeitig die Planungsgrundlagen und die Rahmenbedingungen zu schaffen, um die Chancen solcher Entwicklungen ergreifen zu können. Diesen Möglichkeiten trägt das Bundesamt für Zivilluftfahrt mit dem Innovationsprogramm «CHIPS» und den vorgesehenen Festlegungen im SIL-Objektblatt Flughafen-Zürich Rechnung.

### 5.1.8 Überarbeitetes Massnahmenkonzept

Am 5. November 2009 wurde der ZFI-Bericht 2008 vorgestellt, der auch das sogenannte «Massnahmenkonzept 2009» enthielt. Dieses ist in folgender Tabelle 18 nochmals dargestellt (*kursiv: Entscheide der zuständigen Instanzen vorbehalten*).

|  | <b>Kurzfristig<br/>2010–2015</b>  | <b>Mittelfristig<br/>2015–2020</b>  | <b>Langfristig<br/>ab 2020</b>   |
|--|---|---|--|
| <b>Übergeordnete Massnahmen</b>              | Vorläufiges Betriebsreglement (vBR) als Grundlage für Lärmcontrolling<br><i>Abgrenzungslinie im SIL-Objektblatt</i>   |   |  |
| <b>Anzahl Flugbewegungen</b>                 |   | Entwicklung der Flugbewegungen im Rahmen der SIL-Betriebsvarianten (max. 350 000). Lagebeurteilung bei 320 000 Bewegungen (§ 3 Abs. 3 Flughafengesetz)  |  |
| <b>Nachtflugregelung</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 7-stündige Nachtflugsperre nach Rechtsmittelentscheid zum vBR (Zeitfenster für Verspätungsabbau wird um 1 Stunde reduziert)</li> <li>- Verringerung Verspätungen in 1./2. Nachtstunde</li> <li>- Optimierung Aufsichtsprozess Nachtflugregelung</li> </ul> |   |  |
| <b>Flottenmix</b>                            | Übergeordnete Entwicklung: Technischer Fortschritt im Flugzeug-/Triebwerkbau  |   |  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beginn Ablösung Regionalflotte SWISS</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Beginn Ablösung Langstreckenflotte SWISS</i></li> <li>- <i>Restriktionen Kapitel-3-Flugzeuge</i></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Erneuerung A320-Familie SWISS</i></li> </ul> |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwicklung Flottenmix andere Fluggesellschaften</li> <li>- <i>Ausrichtung Gebührenregelung auf technischen Fortschritt</i></li> </ul>   |   |  |
| <b>Lage der Flugrouten («Fluggeometrie»)</b> | Übergeordnete Entwicklung: Fortschritte der Navigationstechnologie, neue Navigationsstandards, Neuorganisation der Luftraumbewirtschaftung  |   |  |
|  | Verringerung Streuung der Flugwege: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Computer Based Training</li> <li>- 210 kt. auf «1. Turn»</li> <li>- FL-80-Nachtregel (vBR)</li> <li>- <i>RNAV-Transitions</i></li> <li>- Optimierung Aufsichtsprozess Offender</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Neue Navigationsstandards bei Gestaltung der Flugrouten im SIL-Prozess berücksichtigt</li> <li>- Beteiligung Schweiz an SES, SESAR</li> <li>- Innovationsprogramm «CHIPS»: Einführung von satellitengestützten Anflugverfahren durch BAZL, Skyguide, Flughäfen Genf und Zürich, SWISS, Luftwaffe (<i>Umsetzbarkeit CDA in engen CH-Lufträumen noch offen</i>)</li> </ul> |  |
| <b>Belegung der Flugrouten</b>               | Übergeordnete Entwicklung: Belastungsanalyse und Lösungsvorschläge CH-D   |   |  |
|  |   | <i>SIL-Varianten E</i>  | <i>SIL-Variante J (Option)</i>   |

Tabelle 18  
«Massnahmenkonzept 2009»;  
Teil Flugbetrieb

---

Wie erwähnt, wurden die meisten der kurzfristigen Massnahmen in der Zwischenzeit umgesetzt. Zudem entspricht die Etappierung der kurz-, mittel- und langfristigen Massnahmen nicht mehr der Realität. Anlässlich der Verabschiedung des ZFI-Berichts 2011 in der Expertengruppe wurde deshalb ein überarbeitetes Massnahmenkonzept vorgeschlagen. Das neue ZFI-Massnahmenkonzept lehnt sich in seiner Gliederung stark an das Konzept des «ausgewogenen Ansatzes» (Balanced Approach) der ICAO<sup>24</sup> an. Die anlässlich der 37. Session der ICAO-Vollversammlung im September/Oktober 2010 verabschiedete Resolution A37-18 hält die unterzeichnenden Staaten dazu an, einen einheitlichen Ansatz zur Lösung von Fluglärmproblemen zu verfolgen. Vergleichbare Rechtsgrundsätze betreffend den Schutz der Umwelt vor Fluglärm gelten auch im europäischen Recht. In Bezug auf die Bekämpfung des Fluglärms ist besonders die Europäische Richtlinie 2002/30/EG «über Regeln und Verfahren für lärmbedingte Betriebsbeschränkungen auf Flughäfen der Gemeinschaft» zu beachten, die auch in der Schweiz Anwendung findet. Die in dieser Richtlinie formulierten Ziele befassen sich mit der Fluglärmbekämpfung bei Grossflughäfen mit besonderen Lärmproblemen. Gemäss der Richtlinie 2002/30/EG sind Massnahmen zur Verringerung des Fluglärms an der Quelle und Massnahmen der Flächennutzungsplanung und -verwaltung sowie lärmmindernde Betriebsverfahren als grundsätzlich wirksamer einzuschätzen als zeitliche oder mengenmässige Einschränkungen des Betriebs. Die für die Lärmverminderung wirksameren Massnahmen verdienen Priorität. Sowohl die Richtlinie als auch das schweizerische Recht bekennen sich bei der Lärmbekämpfung zum Grundsatz der Verhältnismässigkeit.

Die unter Umweltschutzaspekten wirksamen und trotzdem wirtschaftlich vertretbaren Massnahmen sind im ICAO-Konzept des «ausgewogenen Ansatzes» in vier Kategorien mit absteigender Priorität gegliedert:

1. Reduktion des Lärms an der Quelle
2. Raumplanerische Massnahmen
3. Lärmoptimierte Betriebsverfahren
4. Lärmbedingte Betriebsbeschränkungen

Ziel des überarbeiteten ZFI-Massnahmenkonzepts ist die Gliederung der unter die kantonale Zuständigkeit fallenden oder gemäss Flughafengesetz zu entwickelnden Massnahmen entsprechend obiger Prioritätenliste.

Das überarbeitete ZFI-Massnahmenkonzept präsentiert sich wie folgt (*kursiv: Entscheide der zuständigen Instanzen vorbehalten*):

---

<sup>24</sup> «Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management», ICAO Doc 9828, Amendment 1, 10. Oktober 2010, International Civil Aviation Organisation, Montréal.



|  | <b>Kurzfristig<br/>2015–2020</b>   | <b>Mittelfristig<br/>2020–2030</b>   | <b>Langfristig<br/>ab 2030</b>   |
|--|--|--|--|
| <b>Reduktion<br/>des Lärms<br/>an der Quelle</b> | Übergeordnete Entwicklung: Technischer Fortschritt im Flugzeug-/<br>Triebwerkbau   |  |  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beginn Ablösung<br/>Regionalflotte<br/>SWISS (ab 2014)</li> <li>- Neuvermessung<br/>der Quelldaten<br/>im Rahmen von<br/>sonAIR</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beginn Ablösung<br/>Langstreckenflotte<br/>SWISS (ab 2018)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erneuerung A320-<br/>Familie SWISS</li> </ul> |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beobachtung der Entwicklung des Flottenmix der übrigen<br/>Fluggesellschaften</li> <li>- Periodische Ausrichtung Gebührenregelung auf technischen<br/>Fortschritt</li> </ul>  |  |  |
| <b>Raumplanerische<br/>Massnahmen</b>            | Übergeordnete Entwicklung: Ratifizierung/Umsetzung Staatsvertrag<br>CH-D   |  |  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abgrenzungslinie<br/>im SIL-Objektblatt</li> <li>- Vorläufiges<br/>Betriebsreglement<br/>(vBR) als<br/>Grundlage für<br/>Lärmcontrolling</li> </ul>   |  |  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Programm «Wohnqualität Flughafenregion» (siehe Ziff. 5.2)</li> </ul>  |  |  |
| <b>Betriebsverfahren</b>                         | Übergeordnete Entwicklung: Fortschritte der Navigationstechnologie, neue<br>Navigationsstandards, Neuorganisation der Luftraumbewirtschaftung  |  |  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- RNAV-Transitions<br/>(mit vertikaler<br/>Komponente CDO)</li> <li>- Neue Navigations-<br/>standards bei<br/>Gestaltung der<br/>Flugrouten im SIL-<br/>Prozess berück-<br/>sichtigt</li> <li>- Projekt «CHIPS»:<br/>Vorbereitung von<br/>satellitengestütz-<br/>ten Anflugverfahren</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beteiligung Schweiz an SES, SESAR</li> </ul>                          |  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fortlaufender Aufsichtsprozess Flugwegehaltung (§ 3 Abs. 1<br/>Flughafengesetz)</li> </ul>  |  |  |
| <b>Betriebs-<br/>beschränkungen</b>              | Übergeordnete Entwicklung: Flugbewegungen im Rahmen der SIL-<br>Betriebsvarianten (max. 350 000). Lagebeurteilung bei 320 000<br>Bewegungen (§ 3 Abs. 3 Flughafengesetz)   |  |  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Restriktionen Ka-<br/>pitel-3-Flugzeuge</li> </ul>  |  |  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fortlaufender Aufsichtsprozess Nachtsperreordnung (§ 3 Abs. 1<br/>Flughafengesetz)</li> </ul>   |  |  |

Tabelle 19  
Überarbeitetes  
«Massnahmenkonzept 2012»

#### *Reduktion des Lärms an der Quelle:*

Eine möglichst frühzeitige Ausflottung älterer bzw. lauterer Flugzeugtypen ist unbedingt anzustreben. Kurzfristig, d.h. ab 2014, ist die Ablösung der Avro RJ100-Modelle durch Canadair C-Series in der Regionalflotte der SWISS vorgesehen. Dieser Flugzeugtyp ist in Zürich für 17% der täglichen Bewegungen im Jahr 2011 verantwortlich. Mittel- bis langfristig dürften neue Triebwerksgenerationen mit hohen Nebenstrom-Verhältnissen gemäss Angaben der Hersteller den Emissionspegel noch einmal deutlich reduzieren. In der Nachtzeit können der ZFI bzw. die HSD vor allem durch eine Ablösung der A340-300 wirkungsvoll gesenkt werden. Auch die langfristig anstehende Erneuerung der A320-Familie durch die entsprechenden Nachfolgemodelle wird sowohl für die Bevölkerung als auch für den ZFI deutliche Verbesserungen bringen.

Das für die Berechnung der Fluglärmbelastungen verwendete Programm «FLULA2» ist für komplexe Betriebsszenarien, insbesondere die Berechnung von Jahresbelastungen, ausgelegt. Immer wichtiger werden jedoch akustische Optimierungen neuer (lärmärmer) An- und Abflugverfahren. Für Letztere kann «FLULA2» jedoch nur sehr grobe Abschätzungen liefern. An der Empa soll deshalb ein neues Berechnungsmodell «sonAIR»<sup>25</sup> entwickelt werden, das insbesondere die Akustik lärmärmer An- und Abflugverfahren detailliert abbildet. Zudem sollen die akustischen Emissionsdaten durch eine Neuvermessung der in der Schweiz verkehrenden Flugzeugtypen (insb. solcher mit neuer Triebwerkstechnologie) verbessert und so die Quellendatenbank aktualisiert werden. Diese Daten werden in Zukunft auch die Grundlage für die Berechnung des ZFI-Monitoringwerts bilden. Der Kanton Zürich unterstützt daher zusammen mit den Flughafentnern dieses Vorhaben ideell und materiell.

#### *Raumplanerische Massnahmen:*

Die endgültige Form der Abgrenzungslinie (AGL) im SIL-Objektblatt ist wesentlich von der Ratifizierung des Deutsch-Schweizerischen Staatsvertrags bzw. dessen anschliessender Umsetzung abhängig. Falls sich in Bezug zu den Varianten gemäss Entwurf des SIL-Objektblatts vom 16. August 2010 grössere Abweichungen ergeben, dürfte auch die AGL Überarbeitungsbedarf haben. Der damit ebenfalls verbundene Mechanismus des jährlichen Fluglärmcontrollings bleibt davon jedoch unberührt. Weitere raumplanerische Massnahmen siehe Ziff. 5.2.

#### *Betriebsverfahren*

Neue oder geänderte Anflugverfahren können durch Pegelminderungen zur Verminderung des ZFI beitragen. Mit der Einführung der «RNAV-Transitions» mit einem vertikalen Profil (CDO) entsteht die Möglichkeit für einen fast kontinuierlichen Sinkflug bis zum Endanflug. Weitere betriebliche Möglichkeiten für den Flughafen Zürich wurden vertieft betrachtet, sind aber aus Sicht der Expertengruppe nicht zielführend.

#### *Betriebsbeschränkungen*

Erfolg versprechend ist auch die Massnahme des Ausschlusses der nicht Kapitel 4 entsprechenden Flugzeuge<sup>26</sup>. Allerdings ist mit Blick auf die bevorstehende Neuausrichtung

<sup>25</sup> Die bereits verfügbaren Modelle sonRAIL und sonROAD sind Berechnungs- und Analysemodelle für Schienen- und Strassenlärmbelastungen, die auf dem neusten Stand der Forschung sind und physikalische Abbildungen der Lärmsituation in höchster Qualität liefern. Sie sind unter dem Patronat des Bundesamtes für Umwelt der Schweiz (BAFU) in Zusammenarbeit mit den Forschungsinstituten der EMPA und der Technischen Universität Berlin entwickelt worden.

<sup>26</sup> Strahl- und Propellerflugzeuge werden nach ICAO Annex 16 lärmzertifiziert (5. Ausgabe, Juli 2008). Flugzeuge nach Kapitel 4 (gültig ab 1.1.2006) sind 10 dB leiser als solche, die nach dem alten Kapitel 3 (gültig ab 6.10.1977 bis 31.12.2005) zertifiziert wurden.

---

des Lärmgebührenmodells (siehe Ziff. 5.1.4) Letzterer der Vorzug zu geben, da ein gut «kalibriertes» Lärmgebührenmodell eine effektivere Lenkungswirkung entfalten kann als ein Ausschlussverfahren nach dem «Giessskannenprinzip». Es ist davon auszugehen, dass, ähnlich wie der europaweit bereits umgesetzte Ausschluss von Kapitel-2-Flugzeugen, in den kommenden Jahren auch der Ausschluss von Kapitel-3-Flugzeugen aus dem europäischen Luftraum erfolgen wird.

#### 5.1.9 Fazit

Die wirksamsten flugbetrieblichen Massnahmen zur Verminderung des Lärmproblems um den Flughafen Zürich und somit des ZFI sind die akustische Optimierung der in Zürich verkehrenden Flugzeugflotte sowie lärmgünstige An- und Abflugverfahren. Beide Massnahmen sind jedoch kosten- und zeitintensiv, nur mittel- bis langfristig umsetzbar und bedingen zudem die Quellenmessungen und die Entwicklung eines neuen Fluglärmrechnungsprogrammes im Rahmen von sonAIR. Die übrigen, heute verfügbaren respektive kurzfristig umsetzbaren Massnahmen haben nur geringes Verminderungspotenzial und vermögen das Problem des überschrittenen ZFI-Richtwertes nicht zu lösen. Trotzdem werden auch sie weiterverfolgt.

## 5.2 Stand der Massnahmen im Bereich Raumentwicklung/ Wohnqualität

### 5.2.1 Teilrevision des kantonalen Richtplans, Kapitel 4.7.1 «Flughafen Zürich»

Mit dem Massnahmenkonzept ZFI verabschiedete der Regierungsrat im Oktober 2009 auch den «Fachbericht Raumentwicklung/Wohnqualität». Die Grundlagenarbeiten für diesen Fachbericht waren mit den Vorbereitungen für die Teilrevision des kantonalen Richtplans, Kapitel 4.7.1 «Flughafen Zürich», abgestimmt worden. Am 30. März 2011 überwies der Regierungsrat die Vorlage für die Teilrevision an den Kantonsrat (Vorlage 4788). Mit der Richtplanrevision werden die erforderlichen raumordnungspolitischen Rahmenbedingungen für die Erneuerung und Verbesserung der Wohnbaubsubstanz in der Flughafenregion geschaffen.

### 5.2.2 Ziele der Richtplanvorlage für die Siedlungsentwicklung in der Flughafenregion

Die Ziele des kantonalen Richtplans sollen durch Fördermassnahmen unterstützt werden. Am 1. März 2012 ist die revidierte ZFI-VO in Kraft getreten. Gestützt auf diese Verordnung fördert der Kanton bei der Erneuerung oder beim Ersatz von bestehenden Wohnbauten mit dem Programm «Wohnqualität Flughafenregion» Massnahmen für einen hochwertigen Schallschutz. Der hochwertige Schallschutz umfasst:

- bei Ersatzneubauten oder wesentlichen Änderungen von Gebäuden den passiven Schallschutz der Gebäudehülle gemäss den erhöhten/verschärften Anforderungen nach der SIA-Norm 181 des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins;
- bei Gebäudesanierungen ohne wesentliche Änderungen mindestens die Anforderungen der Lärmschutz-Verordnung (LSV) für Schallschutzmassnahmen an bestehenden Gebäuden (Art. 15 und Anhang 1 LSV);
- die Einrichtung einer Komfortlüftung mit Zu- und Abluft sowie Wärmerückgewinnung.

Langfristiges Ziel des Förderprogramms «Wohnqualität Flughafenregion» ist, dass alle Wohngebäude in der Flughafenregion über einen hochwertigen Schallschutz verfügen.

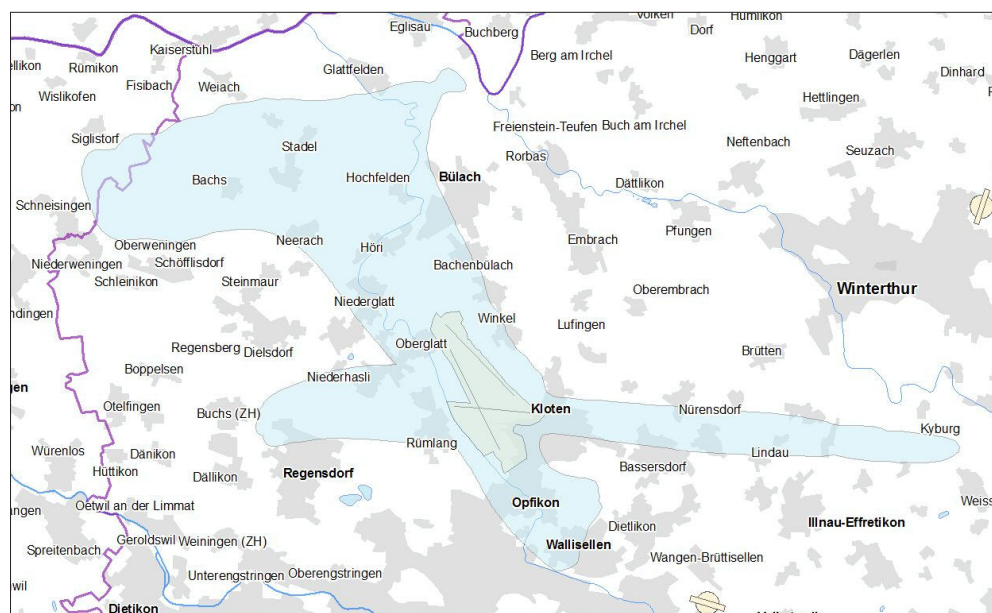
Das Programm «Wohnqualität Flughafenregion» umfasst:

- die Beratung von Eigentümerinnen und Eigentümern von Wohnbauten bei der Planung, Projektierung und Realisierung von Sanierungsprojekten;
- Förderbeiträge an Zusatzinvestitionen, die bei der Erneuerung oder beim Ersatz von bestehenden Wohnbauten für einen hochwertigen Schallschutz getätigt werden.

Die Fördermassnahmen des Programms «Wohnqualität Flughafenregion» werden durch den Flughafenfonds finanziert. Der Fonds wurde aus dem Erlös geäufnet, den der Kanton mit der Verselbstständigung des Flughafens im Jahr 2001 erzielt hatte.

Das Programm «Wohnqualität Flughafenregion» soll in den Gebieten zur Anwendung kommen, in denen der Betrieb des Flughafens Zürich zu einer Lärmbelastung über dem Immissionsgrenzwert führt. Massgebend ist das im kantonalen Richtplan vorgesehene Gebiet. Zurzeit ist das Richtplanverfahren noch nicht abgeschlossen. Bis zum Beschluss des Zürcher Kantonsrates über die Richtplanrevision ist das im Richtplanentwurf vom 30. März 2011 bezeichnete Gebiet Grundlage für das Programm «Wohnqualität Flughafenregion» (Abbildung).

Abbildung 11  
Gebiet der Flughafenregion gemäss dem Entwurf zur Revision des kantonalen Richtplans. Der hellblaue Bereich markiert das Gebiet innerhalb der Abgrenzungslinie (AGL).



Die Fördermassnahmen greifen bei Wohnliegenschaften, deren Grundstück sich ganz oder teilweise in diesem Gebiet befindet. In besonderen Fällen, vor allem zwecks Abstimmung mit dem Schallschutzprogramm des Flughafens Zürich («Programm 2010»), kann das Amt für Verkehr auch weitere Liegenschaften im Grenzbereich als förderberechtigt anerkennen.

Unter [www.wohnqualitaet.zh.ch](http://www.wohnqualitaet.zh.ch) kann ermittelt werden, ob sich eine bestimmte Adresse im Gebiet des Programms «Wohnqualität Flughafenregion» befindet.

Über die Wirksamkeit eines hochwertigen Schallschutzes mit Bezug auf die Störungswirkung ist im ZFI-Bericht 2010 ausführlich berichtet worden<sup>27</sup>. Es kann davon ausgegangen

<sup>27</sup> Siehe Bericht der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Dübendorf, «Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2010, Einfluss erhöhter/verschärfter Schallschutzanforderungen nach Art. 32 Abs. 1 und 2 der Lärmschutzverordnung auf den ZFI», Bericht-Nr. 458'512-3 vom 25. Oktober 2011 ([www.afv.zh.ch/zfi](http://www.afv.zh.ch/zfi)).

---

werden, dass sich damit langfristig die Anzahl der durch Fluglärm in der Nacht stark gestörten Personen (HSD) um rund 80 Prozent vermindern lässt.

### 5.2.3 Analyse der Bevölkerungsentwicklung in der Flughafenregion

Gemäss § 7 ZFI-VO ist die Besiedlungs- und Nutzungsentwicklung in der Flughafenregion auf der Grundlage des Bevölkerungsindex periodisch zu analysieren, wobei auch Wanderungsbewegungen der Wohnbevölkerung zu berücksichtigen sind. Die Untersuchung des Statistischen Amtes gelangt zu folgenden Ergebnissen:

Die Abgrenzungslinie (AGL) umreisst ein Gebiet mit 76 300 Einwohnern und umfasst somit 5,4 Prozent der Kantonsbevölkerung (Bezugsjahr 2011). Von 2005 bis 2011 hat sich die Bevölkerung innerhalb der AGL um 10 400 erhöht. Am höchsten war die Zunahme im Jahr 2008 mit knapp 3200 Personen. Nach einem Rückgang auf 760 Personen im Jahr 2010 erhöhte sich die Bevölkerung in der AGL 2011 wieder um 1800 Personen.

Innerhalb der AGL fiel die Bevölkerungszunahme im Jahr 2011 mit 600 Personen am höchsten auf dem Gebiet der Gemeinde Opfikon aus. Die Jahre seit 2006 waren in dieser Gemeinde durch die Fertigstellung der ersten Etappe des Glattparks geprägt; mit einer Zunahme von 3400 Personen entfällt fast ein Drittel des gesamten Einwohnerwachstums in der AGL seit 2006 auf die Gemeinde Opfikon. 2011 trugen nicht nur Zuzüge in Neubauten, sondern auch eine steigende Zahl von Geburten im neuen Quartier zur hohen Personenzunahme bei. Gegenwärtig ist im Glattpark die zweite Etappe in Entstehung; damit ist absehbar, dass in den nächsten Jahren nochmals über 2000 Bewohner zuziehen werden<sup>28</sup>.

Mit zusätzlich 220 Personen wuchs 2011 das AGL-Gebiet der Gemeinde Rümlang am zweitstärksten. Aber auch in Wallisellen stieg die Einwohnerzahl innerhalb der AGL um mehr als 200.

Die gesamte Bevölkerungszunahme von 1800 Personen innerhalb der AGL entspricht einem Wachstum von 2,4%. Im ganzen Kanton Zürich wuchs die Bevölkerung 2011 nur um 1,4%.

Im Jahr 2011 zogen 9950 Personen in das Gebiet der AGL hinein, während 9070 wegzogen<sup>29</sup>. Die Zahl der Wegzüge zeigt einen kontinuierlichen Aufwärtstrend, sie stieg von 8400 (2009) über 8560 (2010) auf 9070 (2011). Die Zahl der Zuzüge korreliert stark mit der Bautätigkeit und ist nach einem Rückgang im Vorjahr wieder angestiegen (2009: 9700, 2010: 8820, 2011: 9950). Der Anteil der Wegzüge an der Gesamtbevölkerung innerhalb der AGL liegt wie im Vorjahr bei 11,6 Prozent<sup>30</sup>, das heisst innert eines Jahres zieht etwas mehr als ein Zehntel der Bevölkerung aus. Gesamtkantonal liegt diese Quote leicht höher bei 12,0 Prozent.

Die Umzugsneigung hängt stark mit der Wohnsituation und dem Eigentumsanteil zusammen. So wird die eindeutig höchste Quote von fast 15 Prozent in der Stadt Zürich mit dem höchsten Mietanteil festgestellt, die niedrigste im Weinland, wo der Einfamilienhausanteil

<sup>28</sup> [http://www.glattpark.ch/grundlagen/news\\_press/mitteilung\\_26\\_05\\_11.pdf](http://www.glattpark.ch/grundlagen/news_press/mitteilung_26_05_11.pdf).

<sup>29</sup> Als Zuzüge wurden folgende Bewegungen interpretiert: Personen am Jahresende 2011, die 2010 noch nicht in der Gemeinde anwesend waren, abzüglich Geburten, sowie Personen, die bereits 2010 in der Gemeinde wohnten, aber den Wohnsitz um mindestens 100 Meter verschoben. Diese Mindestdistanz verhindert, dass leichte Verschiebungen der Geokoordinaten in den Datensätzen irrtümlicherweise als Migration interpretiert werden. Umgekehrt gelten folgende Bewegungen als Wegzüge: Personen, die Ende 2010 noch in der Gemeinde wohnten, aber Ende 2011 nicht mehr, abzüglich Sterbefälle, sowie Personen, die auch 2011 noch in der Gemeinde wohnten, aber den Wohnsitz um mindestens 100 Meter verschoben.

<sup>30</sup> Die Migrationsneigung wird als Anteil der Wegzüge an der Gesamtbevölkerung berechnet. Die Zahl der Zuzüge ist zu einem grossen Teil abhängig von der Bautätigkeit im Untersuchungsgebiet.

---

am grössten ist. Verglichen mit dem übrigen Agglomerationsraum ist die Wegzugsquote innerhalb der AGL leicht überdurchschnittlich.

Es fällt allerdings auf, dass einige Flughafengemeinden eine tendenziell hohe Umzugsneigung haben. So weisen Opfikon, Rümlang und Bülach Wegzugsquoten von 13 Prozent und mehr auf. Ob dies mit der Bebauungsstruktur und dem Mietanteil zusammenhängt, muss vorläufig dahingestellt bleiben.

#### 5.2.4 Fazit

Wie unter Ziffer 5.1.9 (Fazit der flugbetrieblichen Massnahmen) bereits erwähnt, ist auch im Bereich Raumentwicklung/Wohnqualität nicht mit kurzfristig greifenden Massnahmen zu rechnen, gehört die Raumplanung doch traditionell und systembedingt zu den Langfristmassnahmen. Die Verbesserung der Wohnqualität kann und wird bereits kurzfristig angegangen, doch werden sich auch hier messbare Resultate erst mittelfristig abzeichnen.

# 6 Anhang

## 6.1 Verkehrsentwicklung 2000 bis 2011

| Jahr | Bewegungen         |       |                             |         | Passagiere |                       |        |                      | Verkehrskennzahlen |        |                            |                               |  |
|------|--------------------|-------|-----------------------------|---------|------------|-----------------------|--------|----------------------|--------------------|--------|----------------------------|-------------------------------|--|
|      | gewerbs-<br>mässig | Δ %   | nicht<br>gewerbs-<br>mässig | Total   | Δ %        | Terminal <sup>1</sup> | Δ %    | Transit <sup>2</sup> | Total <sup>1</sup> | Δ %    | Sitzlade-<br>faktor<br>(%) | Passagiere<br>pro<br>Bewegung | Durch-<br>schnittliches<br>maximales<br>Abflug-<br>gewicht (t) |
| 2000 | 302 792            | 7.8%  | 22 830                      | 325 622 | 6.3%       | 22 493 567            | 8.7%   | 181 799              | 22 675 366         | 8.4%   | 63.9                       | 77.7                          | 77.1   |
| 2001 | 285 605            | -5.7% | 23 625                      | 309 230 | -5.0%      | 20 855 667            | -7.3%  | 157 204              | 21 012 871         | -7.3%  | 64.0                       | 75.0                          | 76.5   |
| 2002 | 259 149            | -9.3% | 23 005                      | 282 154 | -8.8%      | 17 789 551            | -14.7% | 158 507              | 17 948 058         | -14.6% | 63.7                       | 72.2                          | 71.8   |
| 2003 | 247 854            | -4.4% | 21 538                      | 269 392 | -4.5%      | 16 926 972            | -4.8%  | 97 965               | 17 024 937         | -5.1%  | 64.8                       | 72.3                          | 69.1   |
| 2004 | 245 501            | -0.9% | 21 159                      | 266 660 | -5.5%      | 17 178 781            | -3.4%  | 74 125               | 17 252 906         | -3.9%  | 65.1                       | 74.5                          | 68.2   |
| 2005 | 245 235            | -0.1% | 22 128                      | 267 363 | 0.3%       | 17 804 130            | 3.6%   | 80 522               | 17 884 652         | 3.7%   | 66.7                       | 78.0                          | 68.3   |
| 2006 | 237 144            | -3.3% | 23 642                      | 260 786 | -2.5%      | 19 107 476            | 7.3%   | 129 740              | 19 237 216         | 7.6%   | 69.8                       | 87.4                          | 73.8   |
| 2007 | 244 367            | 3.0%  | 24 109                      | 268 476 | 2.9%       | 20 690 542            | 8.3%   | 48 571               | 20 739 113         | 7.8%   | 70.1                       | 92.7                          | 76.6   |
| 2008 | 252 483            | 3.3%  | 22 508                      | 274 991 | 2.4%       | 22 078 071            | 6.7%   | 21 162               | 22 099 233         | 6.6%   | 70.6                       | 95.4                          | 78.8   |
| 2009 | 240 529            | -4.7% | 21 592                      | 262 121 | -4.7%      | 21 889 560            | -0.9%  | 37 312               | 21 926 872         | -0.8%  | 71.6                       | 98.3                          | 80.0   |
| 2010 | 246 438            | 2.5%  | 22 327                      | 268 765 | 2.5%       | 22 846 450            | 4.4%   | 31 801               | 22 878 251         | 4.3%   | 72.9                       | 100.4                         | 80.2   |
| 2011 | 257 910            | 4.7%  | 21 091                      | 279 001 | 3.8%       | 24 306 508            | 6.4%   | 31 446               | 24 337 954         | 6.4%   | 72.8                       | 102.0                         | 81.2   |

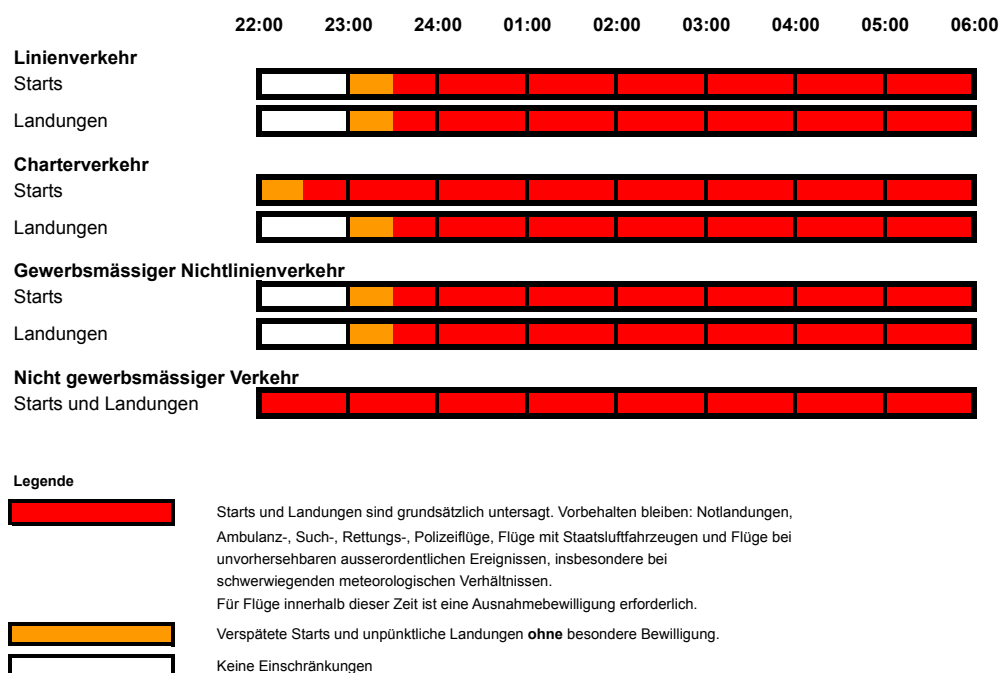
<sup>1</sup> Ankunft + Abflug + Transfer (Umsteiger)

<sup>2</sup> Die Passagiere im Transit sind einmal gezählt

Quelle: FZAG

## 6.2 Nachtsperreordnung

Im Jahre 2011 galt während der Nacht von 22:00 bis 06:00 Uhr folgende Nachtsperreordnung:



Quelle: FZAG

## 6.3 Pistensystem am Flughafen Zürich

Der Flughafen Zürich verfügt über drei Start- und Landepisten. Jede Piste hat zwei Nummern. Die Nummern stellen die Himmelsrichtung auf dem Kompass dar, ohne die Ziffer null.

Piste 28 zeigt somit in Richtung 280°, Piste 10 entgegengesetzt in Richtung 100°. Piste 16/34 zeigt einerseits in Richtung 160°, umgekehrt in Richtung 340°. Es handelt sich dabei um auf 10° gerundete Werte.

Die gebauten Längen der Pisten betragen:

- Piste 10/28: 2500 m
- Piste 16/34: 3700 m
- Piste 14/32: 3300 m

### Grundsatz der Pistenbenützung

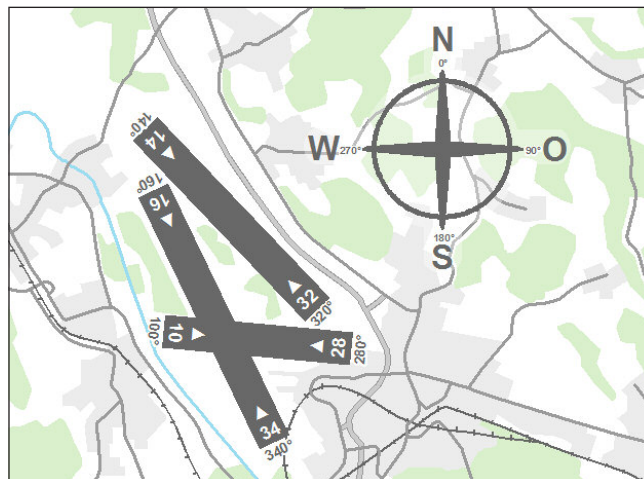
Die Pisten werden anhand der Festlegungen im Betriebsreglement benützt. Demgemäss wird untertags prioritär auf Piste 28 gestartet und auf Piste 14 gelandet. Teilweise wird auch die Piste 16 für Starts und Landungen benützt. Am Morgen und am Abend erfolgen die Anflüge auf den Pisten 34 und 28, die Abflüge erfolgen auf den Pisten 32, 34 und teilweise auch 28. Je nach Wetterbedingungen sind aus Sicherheitsgründen ungeplante Konzept-



wechsel nötig. Bei starkem Westwind wird von Osten her auf Piste 28 gelandet und auf Piste 32 gestartet. Bei Biswind (Nord-/Ostwind) wird auf Piste 10 in Richtung Osten gestartet und auf Piste 14 oder – abends – auf Piste 34 gelandet.

Die Entscheidungskriterien, welche zu einem wetterbedingten Konzeptwechsel führen, sind von komplexer Natur. Dabei ist die aktuelle Wetterbeobachtung auf dem Flugplatz wie auch in den entsprechenden Anflugsektoren ein wichtiger Bestandteil. Deshalb stehen die Flugverkehrsleiter von Skyguide dauernd in engem Kontakt mit den Wetterbeobachtern von Meteo Schweiz. Es wird ein permanentes Monitoring der aktuellen Situation in den betroffenen Sektoren gemacht, das durch Pilotenmeldungen ergänzt wird. Hinzu kommt, dass Wetterprognosen und kurzfristig erwartete Entwicklungen mit in die Entscheidung einfließen. Sobald für den entsprechend angewendeten Anflug eine Bedingung nicht mehr erfüllt ist, wird auf die in der Prioritätenreihenfolge nächstmögliche Anflugpiste (bzw. auch Abflugpiste) gewechselt.

Für die Abwicklung eines sicheren, flüssigen und ökonomischen Flugbetriebs sind kurzfristige Umstellungen der Pistenbenützung nicht erwünscht und werden nur durchgeführt, wenn es aus meteorologischen nicht mehr anders geht. Bevorzugt wird deshalb ein möglichst regelmässiger Flugbetrieb mit möglichst gleichbleibender Pistenbenützung.



## 6.4 Pistenbenützungskonzepte am Flughafen Zürich im Jahre 2011

| <b>Nordanflugkonzept</b>  | <b>Ostanflugkonzept</b>  | <b>Südanflugkonzept</b>  |
|---|--|--|
| Landungen von Norden, Starts Richtung Westen und Süden, bei Bise Richtung Osten   | Landungen von Osten, Starts Richtung Norden  | Landungen von Süden, Starts Richtung Norden und Westen   |
| Pistenbenützung<br>Landungen: Piste 14 und 16<br>Starts: Piste 28 und 16, bei Bise Piste 10 und 16                            | Pistenbenützung<br>Landungen: Piste 28<br>Starts: Piste 32 und 34  | Pistenbenützung<br>Landungen: Piste 34<br>Starts: Piste 32, 28, teilweise 34   |
| Generelle Anwendung<br>7.00–21.00 Mo–Fr<br>9.00–20.00 Sa und So, Feiertage D<br>bei schlechter Sicht auch von 21.00–22.00 Uhr | Generelle Anwendung<br>21.00–6.00 Mo–Fr<br>20.00–6.00 Sa und So, Feiertage D<br>bei Westwind auch tagsüber | Generelle Anwendung<br>6.00–7.00 Mo–Fr<br>6.00–9.00 Sa und So, Feiertage D am Abend, wenn Ostanflüge nicht möglich sind (Bise, schlechte Sicht etc.) |

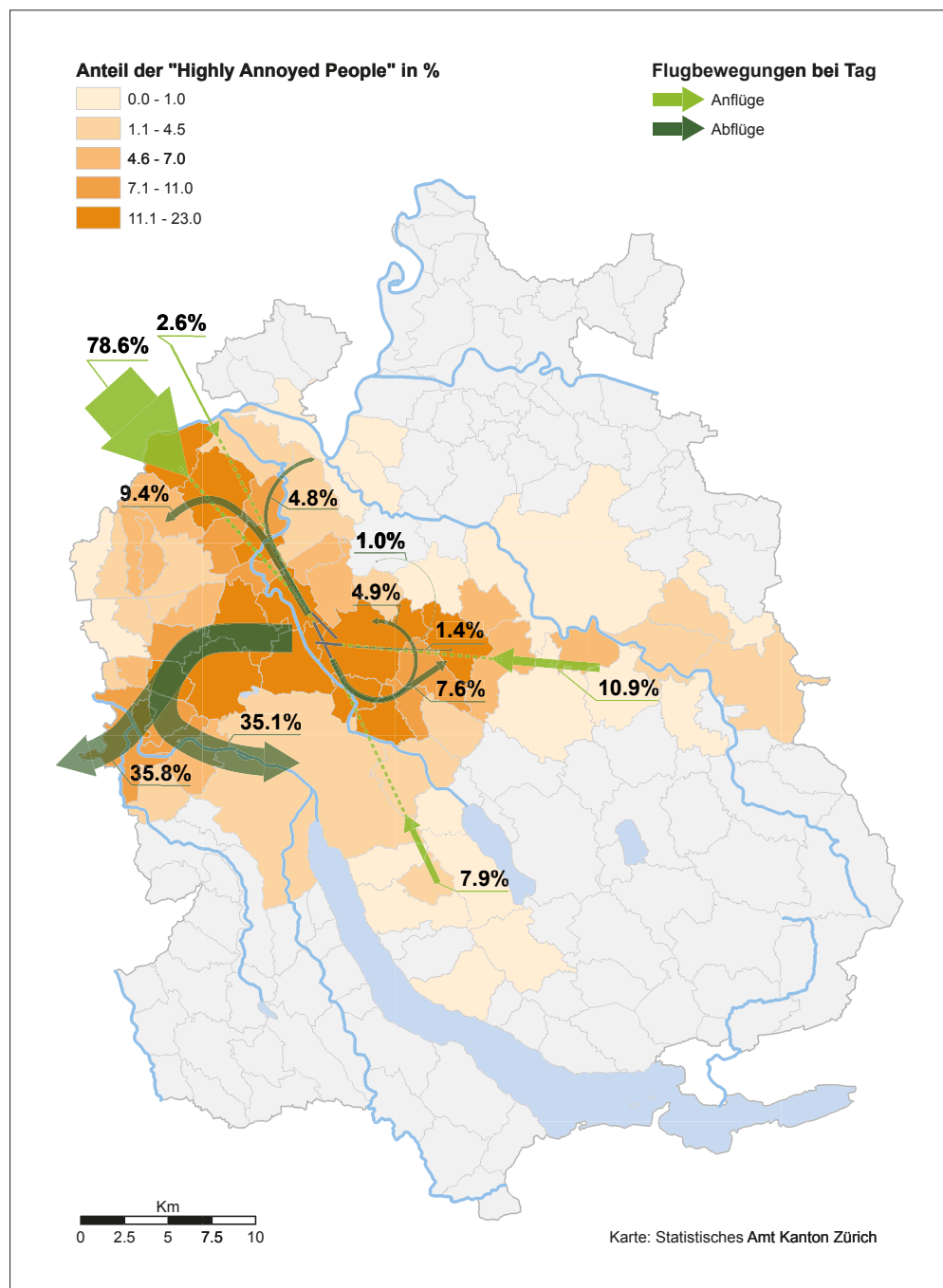
Eine gegenläufige Pistenbenützung, wie beispielsweise Starts auf den Pisten 32 oder 34 in Richtung Norden und Landungen auf den Pisten 14 oder 16 aus Richtung Norden, wird nur in Ausnahmefällen oder bei geringem Verkehrsaufkommen angewendet. Weitere Gründe für eine Abweichung vom generellen Pistenbenützungskonzept können sein: Pistenreparatur, Notlandung, Unfall, Rega etc.

Quelle: FZAG

## 6.5 Routenbelegungen

Die folgenden Abbildungen 12 und 13 zeigen auf, wie sich die An- und Abflüge auf den verschiedenen Routen tagsüber (06.00–22.00 Uhr) und nachts (22.00–06.00 Uhr) verteilen und wie sich diese Verteilung auf die Anzahl stark belästigter/gestörter Personen auswirkt (prozentualer Anteil an der Wohnbevölkerung pro Gemeinde).

Abbildung 12  
Aufteilung der An- und Abflüge 2011 tagsüber in Bezug zum Anteil belästigter Personen pro Gemeinde (Quellen: Statistisches Amt, AFV, Flughafen Zürich AG).



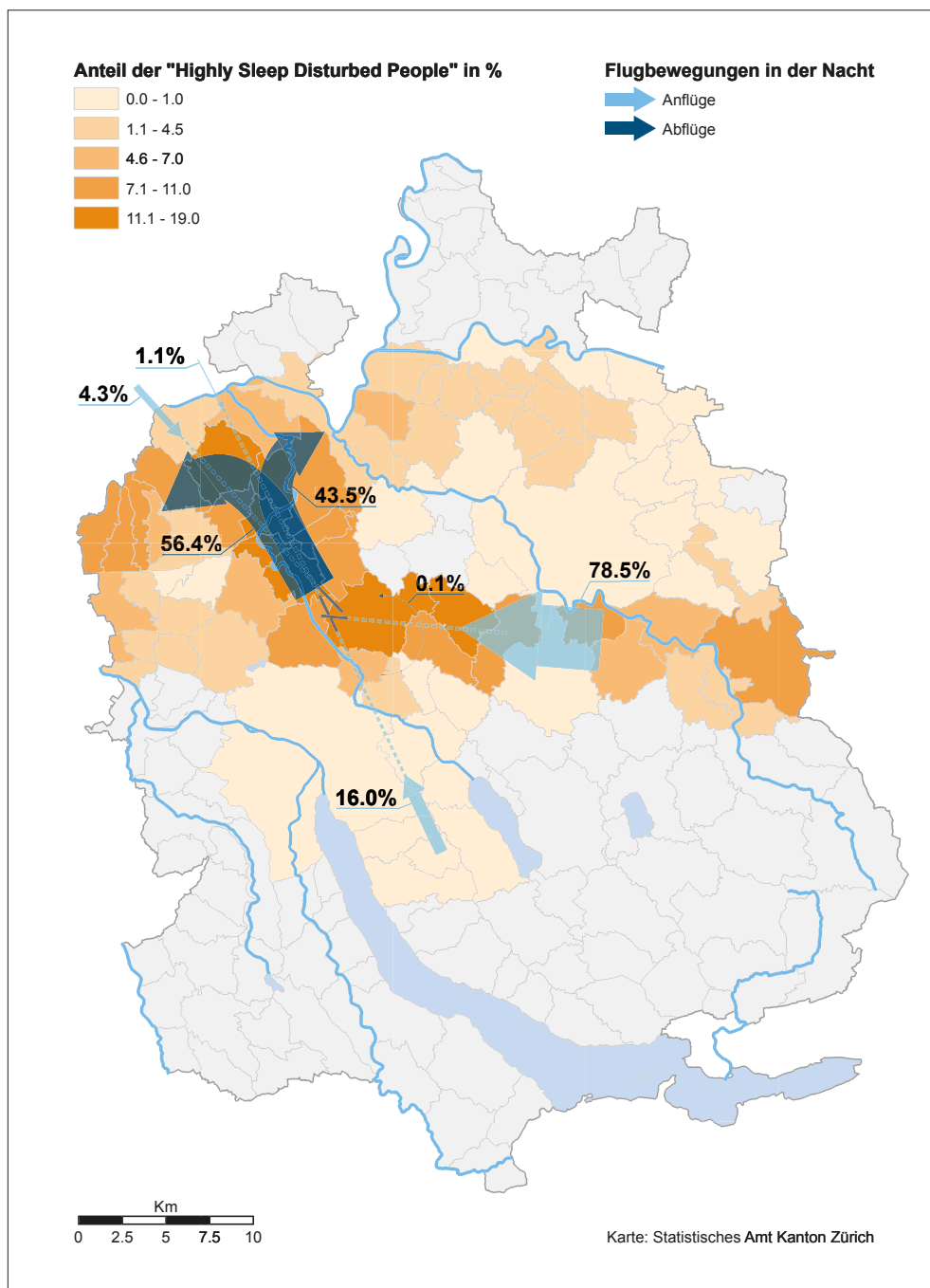


Abbildung 13  
Aufteilung der An- und Abflüge  
2011 nachts in Bezug zum Anteil  
schlafgestörter Personen pro  
Gemeinde (Quellen: Statistisches  
Amt, AFV, Flughafen Zürich AG).

## 6.6 Entwicklung des ZFI 2000 resp. 2007 bis 2011

|  | 2000    | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Richtwert</b>   | 47 000  | 47 000  | 47 000  | 47 000  | 47 000  | 47 000  |
| <b>Monitoringwert (HA+HSD)</b>                           | 59 580  | 46 329  | 49 035  | 46 750  | 50 757  | 53 704  |
| davon im Kt. Zürich absolut                              | 52 565  | 44 085  | 46 726  | 44 824  | 48 375  | 50 539  |
| davon im Kt. Zürich in Prozent                           | 88,2%   | 95,2%   | 95,3%   | 95,9%   | 95,3%   | 94,1%   |
| <b>Am Tag stark belästigte Personen</b>                  |         |         |         |         |         |         |
| (Highly Annoyed, HA)                                     | 43 827  | 30 748  | 32 260  | 31 141  | 32 732  | 35 685  |
| davon im Kt. Zürich absolut                              | 40 913  | 29 798  | 31 294  | 30 241  | 31 747  | 34 539  |
| davon im Kt. Zürich in Prozent                           | 93,4%   | 96,9%   | 97,0%   | 97,1%   | 97,0%   | 96,8%   |
| <b>In der Nacht stark gestörte Personen</b>              |         |         |         |         |         |         |
| (Highly Sleep Disturbed, HSD)                            | 15 753  | 15 581  | 16 775  | 15 609  | 18 026  | 18 019  |
| davon im Kt. Zürich absolut                              | 11 652  | 14 287  | 15 432  | 14 583  | 16 629  | 16 000  |
| davon im Kt. Zürich in Prozent                           | 74,0%   | 91,7%   | 92,0%   | 93,4%   | 92,3%   | 88,8%   |
| <b>Fläche des Untersuchungsgebietes (km<sup>2</sup>)</b> |         |         |         |         |         |         |
| am Tag <sup>1</sup>                                      | 703,0   | 455,7   | 456,0   | 439,9   | 457,4   | 479,7   |
| in der Nacht <sup>1</sup>                                | 555,2   | 453,8   | 443,5   | 430,1   | 463,5   | 455,6   |
| <b>Bevölkerung im Untersuchungsgebiet</b>                |         |         |         |         |         |         |
| am Tag <sup>1</sup>                                      | 497 616 | 397 500 | 409 586 | 396 920 | 411 710 | 443 362 |
| in der Nacht <sup>1</sup>                                | 240 627 | 240 966 | 247 505 | 240 726 | 262 942 | 261 282 |

<sup>1</sup> Das Untersuchungsgebiet des ZFI wird sowohl für den Tag als auch für die Nacht eingegrenzt. Die dabei verwendeten sogenannten Abbruchkriterien liegen am Tag bei 47 dB(A) und in der Nacht bei 37 dB(A); Fluglärmbelastungen unterhalb dieser Grenzen fliessen also nicht in den ZFI ein. Wer sowohl am Tag stark belästigt als auch in der Nacht stark gestört ist, wird doppelt gezählt.