

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 11 11
F +41 58 765 11 22
www.empa.ch



Amt für Verkehr des Kantons Zürich
Abteilung Flughafen und Luftverkehr
Neumühlequai 10
Postfach
8090 Zürich

Flughafen Zürich

Zürcher Fluglärm Index ZFI, Prognose 2030, Szenarienstudie

Auftrags-Nr.: 5214.022624
Bericht-Nr.: 5214.022624
Auftraggeber: Amt für Verkehr des Kantons Zürich
Anzahl Seiten: 42
Beilagen: Technischer Anhang mit 12 Seiten
Die Verfasser: B. Schäffer
O. Schwab
C. Zellmann
B. Spillmann

Status: genehmigter Bericht

Dübendorf, 23. April 2020
Der Projektleiter:

Abteilung Akustik / Lärminderung
Der Abteilungsleiter:

Dr. B. Schäffer

Dr. Jean Marc Wunderli

Anmerkung: Bericht und Unterlagen werden 10 Jahre archiviert.

Zusammenfassung

Am 17. September 2018 überwies der Kantonsrat dem Regierungsrat das Postulat KR-Nr. 417/2016 und beauftragte ihn mit der Ausarbeitung eines Berichts innert zwei Jahren. Der Regierungsrat wird darin aufgefordert, aufzuzeigen, wie der Zürcher Fluglärm-Index (*ZFI*) auf die im kantonalen Richtplan gemäss Raumordnungskonzept (ROK) vorgesehene Siedlungsentwicklung ausgerichtet werden kann. Das Amt für Verkehr des Kantons Zürich (AFV) erteilte in der Folge der Empa, Abteilung Akustik/Lärminderung, den Auftrag, den Zürcher Fluglärm-Index (*ZFI*) für das **Prognosejahr 2030** zu berechnen. Im vorliegenden Bericht wird für das Prognosejahr 2030 im Sinne einer Szenarienstudie der *ZFI* sowie seine beiden Bestandteile, die Anzahl der durch Fluglärm während des Wachzustands am Tag stark belästigten Personen (*HA*) und die Anzahl der durch Fluglärm im Schlaf während der Nacht stark gestörten Personen (*HSD*), für drei Szenarien ausgewiesen und einander gegenübergestellt. Den Szenarien liegen unterschiedliche Bevölkerungs- und Flugbetriebsprognosen zugrunde. Als **Bevölkerungsprognosen** werden zwei mögliche Entwicklungen in den passiven Schallschutzmassnahmen (PM) abgebildet: PM mit Fortschreibung der Entwicklung wie bisher (Bevölkerungsprognose **B1**); und PM mit beschleunigter Entwicklung (**B1**). Mögliche **Flugbetriebsprognosen** werden mit drei Szenarien abgebildet: Nullfall (Flugbetriebs-Szenario **F1**): Flugbetrieb des Zustands Zt+ der Betriebsreglementsänderung BR2017 (Empa Bericht Nr. 5214.024030 - 1); Fall §3 gemäss Flughafengesetz (**F2**): wie Nullfall, aber reduzierter Flugbetrieb während des Tages, sodass insgesamt 320'000 Bewegungen von Grossluftfahrzeugen resultieren; und Planfall (**F3**): wie Nullfall, aber mit beschleunigt erneuerter Flotte, die dementsprechend geringere Lärmemissionen aufweist. Die **drei Szenarien (S1–S3)** ergeben sich aus folgenden Kombinationen obiger Prognosen:

- **Szenario S1:** Kombination Flugbetriebsprognosen F1 x Bevölkerungsprognosen B1
- **Szenario S2:** Kombination Flugbetriebsprognosen F2 x Bevölkerungsprognosen B1
- **Szenario S3:** Kombination Flugbetriebsprognosen F3 x Bevölkerungsprognosen B2

Die Szenarien berücksichtigen den aktualisierten Quellendatensatz von FLULA2 sowie heutige Kenntnisse über die Entwicklung der Flugzeugflotte bis ins Jahr 2030. Zu Vergleichszwecken wird zudem als Ist-Zustand Z0 der *ZFI* des Jahres 2018 aufgeführt, welcher bereits vorgängig von der Empa berechnet worden war.

Die Berechnungen ergaben folgende Reihenfolge des Zustandes Z0 bzw. der Szenarien S1–S3 bezüglich *ZFI*: Z0 (60'347 Personen) > S1 (59'587 Personen) > S2 (58'340 Personen) >> S3 (51'961 Personen). Bezüglich *HA* ergibt sich die Reihenfolge S1 > S2 > Z0 > S3 und bezüglich *HSD* die Reihenfolge Z0 > S1 = S2 > S3. Somit verursacht das Szenario S1 bezüglich *ZFI* annähernd gleich viele betroffene Personen wie S2 und Z0, während S3 zu einem Rückgang im *ZFI* von –14% (*HA* –6%, *HSD* –25%) führt. Allerdings unterscheiden sich Z0 und S1–S3 bezüglich Berechnungsunsicherheiten statistisch weder in den *HA*, noch in den *HSD*, noch im *ZFI* signifikant voneinander. Der Zustand Z0 sowie die Szenarien S1 und S2 überschreiten den Richtwert von 47'000 deutlich und signifikant (nicht überlappende Fehlerbalken) um 24–28%, während S3 den Richtwert mit 11% weniger stark überschreitet (überlappende Fehlerbalken). Der Einfluss des Flottenmix ist damit grösser als die Beschränkung der Flugbewegungen auf 320'000 Flugbewegungen pro Jahr.

Alle drei Szenarien prognostizieren somit im Vergleich zum heutigen Flugbetrieb (2018) eine Reduktion im *ZFI* bis ins Jahr 2030, und dies trotz markantem Bevölkerungswachstum von 12%, wobei S3 dank beschleunigter Erneuerung der Flugzeugflotte und der passiven Schallschutzmassnahmen die kleinste Anzahl betroffener Personen verursacht.

Eine zusätzlich durchgeführte Sensitivitätsanalyse für den Zustand S1 mit Skalierung auf die Flugbewegungszahlen von Z0 zeigt zudem, dass mit den heutigen Bewegungszahlen (2018), aber mit der zukünftigen Flotte und Bevölkerungszahlen (2030) der Richtwert nur wenig, um knapp 2'600 Personen bzw. 5%, überschritten wäre.

Inhalt

1.	Orientierung.....	5
1.1.	Ausgangslage	5
1.2.	Auftrag.....	5
2.	Umfang und Inhalt der Untersuchungen	6
2.1.	Überblick.....	6
2.2.	Inhaltliche Systemabgrenzung.....	6
2.3.	Zeitliche Systemabgrenzung	7
2.4.	Räumliche Systemabgrenzung	7
3.	Grundlagen und Methodik	8
4.	Genauigkeit der Berechnungen	9
4.1.	Gesamtunsicherheiten.....	9
4.2.	Unsicherheiten für Vergleiche.....	10
5.	Eingabedaten für die Belastungsrechnungen	11
5.1.	Überblick.....	11
5.2.	Bewegungszahlen	12
5.3.	Bevölkerung.....	16
6.	Resultate und Diskussion.....	17
6.1.	Fluglärmbelastungen	17
6.2.	Flächen und Personen der Untersuchungsperimeter	19
6.3.	Quantifizierung der <i>HA</i> , der <i>HSD</i> und des <i>ZFI</i>	20
6.4.	Sensitivitätsanalyse: Szenario S1 mit Bewegungszahlen von Z0.....	27
7.	Datengrundlagen, Literatur, Begriffe und Abkürzungen.....	30
7.1.	Datengrundlagen	30
7.2.	Literatur	30
7.3.	Begriffe und Abkürzungen	32
8.	Verzeichnisse	34
8.1.	Abbildungsverzeichnis	34
8.2.	Tabellenverzeichnis	35
9.	Anhang.....	37
9.1.	Bewegungsanteile, Umrechnungsfaktoren Energie-äquivalente Bewegungen	37
9.2.	Jährliche Flugbewegungszahlen der Grossflugzeuge.....	40
9.3.	Untersuchungsperimeter	40
9.4.	<i>ZFI</i> aufgeschlüsselt nach Handlungsräumen, Kantonen und Staatsgebiet.....	41
9.5.	<i>HA</i> aufgeschlüsselt nach Handlungsräumen, Kantonen und Staatsgebiet.....	41
9.6.	<i>HSD</i> aufgeschlüsselt nach Handlungsräumen, Kantonen und Staatsgebiet	41
9.7.	Beilage 1: Bewegungsstatistiken	42

1. Orientierung

1.1. Ausgangslage

Am 17. September 2018 überwies der Kantonsrat dem Regierungsrat das Postulat KR-Nr. 417/2016 und beauftragte ihn mit der Ausarbeitung eines Berichts innert zwei Jahren. Der Regierungsrat wird darin aufgefordert, aufzuzeigen, wie der Zürcher Fluglärm-Index (*ZFI*) auf die im kantonalen Richtplan gemäss Raumordnungskonzept (ROK) vorgesehene Siedlungsentwicklung ausgerichtet werden kann. Zur Überprüfung der Fluglärmentwicklung und deren Ursachen sowie zur Auswahl effektiver Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung seien neue Grundlagen und Rahmenbedingungen zu schaffen. Der *ZFI* sei so weiterzuentwickeln, dass sowohl eine moderate Entwicklung des Flughafens wie auch die gewünschte Siedlungsentwicklung gewährleistet werden können.

Das mit der Beantwortung beauftragte Amt für Verkehr des Kantons Zürich (AFV) entschied, dass zur Beantwortung des Postulates der *ZFI* in einem Projekt gesamthaft zu betrachten und zu analysieren sei. Dazu wurden vorerst vier Teilprojekte geschaffen, die sich mit dem Richtwert, dem Monitoringwert, den Massnahmen und der daraus abgeleiteten Trendabschätzung befassen. Letztere dient dazu, den Einfluss der 2009 und 2012 beschlossenen Massnahmen erstmalig in verschiedenen Szenarien ins Jahr 2030 zu projizieren.

1.2. Auftrag

Am 6. September 2019 erteilte das Amt für Verkehr des Kantons Zürich (AFV), vertreten durch Mark Denner, der Empa, Abteilung Akustik/Lärminderung, den Auftrag, den Zürcher Fluglärm-Index (*ZFI*) sowie seine beiden Bestandteile, die Anzahl der durch Fluglärm während des Wachzustands am Tag stark belästigten Personen (*HA*) und die Anzahl der durch Fluglärm im Schlaf während der Nacht stark gestörten Personen (*HSD*) für das Prognosejahr 2030 im Sinne einer Szenarienstudie zu berechnen. Dazu soll der *ZFI* des Jahres 2030 gemäss der Verordnung zum *ZFI* (*ZFI-VO* [24]) für drei Szenarien unterschiedlicher möglicher Entwicklungen des Flugbetriebs und der Bevölkerung berechnet werden. Zu Vergleichszwecken wird der *ZFI* des Jahres 2018 als Ist-Zustand *Z0* aufgeführt. Zudem beauftragte das AFV die Empa, in einer Sensitivitätsanalyse zu untersuchen, wie gross der *ZFI* eines der drei Prognose-Szenarien ausfallen würde, wenn das Szenario die Flugbewegungszahlen des Ist-Zustand *Z0* aufweisen würde. Die Ergebnisse der Berechnungen und deren Vergleiche untereinander sowie mit *Z0* werden im vorliegenden Bericht zuhanden des Auftraggebers dokumentiert.

2. Umfang und Inhalt der Untersuchungen

2.1. Überblick

Der *ZFI* ist eine Einzahlgrösse, die sich aus den *HA* und *HSD* zusammensetzt. Die *HA* werden direkt mittels einer Belastungs-Wirkungsbeziehung [21] und die *HSD* über die Anzahl der durch Fluglärm induzierten zusätzlichen Aufwachreaktionen (*AWR*) ermittelt [1]. Die Berechnungen erfolgen dabei gemäss der *ZFI*-Berechnungsvorschrift [5] sowie der aktuellen *ZFI*-VO [24]. Dabei werden nur die Bewegungen von Grossflugzeugen, d.h. der Luftfahrzeuge mit einem höchstzulässigen Abfluggewicht von mehr als 8'618 kg gemäss Lärmschutz-Verordnung (LSV) Anhang 5 [20] berücksichtigt, nicht aber die von Kleinluftfahrzeugen.

Für Definitionen, Hintergründe und Details zur Ermittlung der *HA*, der *HSD* (resp. der *AWR*) und des *ZFI* sei auf die *ZFI*-Berechnungsvorschrift [5], auf die *ZFI*-VO [24], sowie auf Kapitel 3 verwiesen.

2.2. Inhaltliche Systemabgrenzung

In diesem Projekt werden die *HA*, die *HSD* und der *ZFI* dreier Szenarien ermittelt und miteinander verglichen. Die Szenarien bilden unterschiedliche mögliche Bevölkerungs- und Flugbetriebsprognosen ab.

Grundbausteine der Szenarien:

Als **Bevölkerungsprognosen** werden vom Statistischen Amt des Kantons Zürich zwei mögliche Entwicklungen erarbeitet. Diese Bevölkerungs-Szenarien berücksichtigen dieselben Gesamtbevölkerungszahlen, unterscheiden sich aber bezüglich der Entwicklung der passiven Schallschutzmassnahmen (PM) bis ins Jahr 2030:

- **B1:** Bevölkerungsprognose 2030, PM mit Fortschreibung der Entwicklung wie bisher.
- **B2:** Bevölkerungsprognose 2030, PM mit "beschleunigter Entwicklung".

Als **Flugbetriebsprognosen** (Entwicklungen bis ins Jahr 2030) wurden von der Empa in Zusammenarbeit mit der Flughafen Zürich AG (FZAG) und dem AFV drei mögliche Flugbetriebs-Szenarien erarbeitet [A][B].

- **F1:** Nullfall: Original-Bewegungsstatistiken für den *ZFI* des Zustands *Zt+* der Betriebsreglementsänderung 2017 (BR2017) [17], "übersetzt" in den neuen Quellendatensatz von FLULA2 (Details vgl. Kap. 5.2).
- **F2:** Fall §3: Wie F1, aber während des Tages reduzierter Flugbetrieb, so dass insgesamt 320'000 Bewegungen von Grossluftfahrzeugen resultieren. 320'000 Bewegungen gemäss §3 Abs. 3 des Flughafengesetzes [18].
- **F3:** Planfall: Wie F1, aber mit beschleunigt erneuerter Flotte mit entsprechend geringerer Lärmemission

Prognose-Szenarien S1–S3:

Die Bevölkerungs- und Flugbetriebs-Prognosen werden zu **drei Prognose-Szenarien** kombiniert:

- **Szenario S1:** Kombination F1 x B1
- **Szenario S2:** Kombination F2 x B1
- **Szenario S3:** Kombination F3 x B2

Die drei Szenarien werden mit dem **Jahr 2018 (Ist-Zustand Z0)** verglichen, d.h. mit dem realen Betrieb im Jahr 2018 mit insgesamt rund 260'589 Bewegungen von Grossflugzeugen. Die Berechnung des *ZFI* erfolgte bereits unter Verwendung des aktuellen Quellendatensatzes von FLULA2 und ist in [17] dokumentiert.

Die Fluglärmbelastung der Szenarien S1–S3 wird aus dem Zustand Zt+ der BR2017 abgeleitet, welcher unter Verwendung des früheren Quellendatensatzes von FLULA2 berechnet worden war [11, 12, 17]. Daraus werden die HA, HSD und der ZFI berechnet. Z0 (aus [13]) wird zu Vergleichszwecken aufgeführt. Die Berechnung der zugrundeliegenden Fluglärmbelastungen der Grossflugzeuge basiert auf den Basissimulationen (*Footprints*) der Projekte ZRH18 [14] (für Z0) sowie BR2017 [11, 12, 17] und SIL [9, 10] (für S1–S3), wie auch auf den von der Empa in Zusammenarbeit mit der FZAG und dem AFV erarbeiteten Bewegungsstatistiken für den ZFI (Details siehe Kap. 5.2). Als **Bevölkerungsdaten** dienen zum einen diejenigen des Jahres 2018, welche bereits für den ZFI Ist-Zustands Z0 verwendet worden waren [13], und zum anderen diejenigen der Prognose 2030, welche vom Statistischen Amt des Kantons Zürich erarbeitet und der Empa zur Verfügung gestellt wurde [C].

Die **Sensitivitätsanalyse**, welche für das Prognose-Szenario S1 erstellt wird, wird vollumfänglich in Kap. 6.4 abgehandelt.

2.3. Zeitliche Systemabgrenzung

Die im vorliegenden Bericht ermittelten HA-, HSD- und ZFI-Werte basieren auf Flugbetriebs- und Bevölkerungsprognosen für das Jahr 2030. Zu Vergleichszwecken werden die HA-, HSD- und ZFI-Werte des Jahres 2018 aufgeführt. Für die Ermittlung der HA und der HSD gemäss [5, 24] sind folgende Zeitperioden massgebend: Die erste Tagesstunde (T1) von 06–07 Uhr, die letzte Tagesstunde (T16) von 21–22 Uhr und die übrigen Tagesstunden (T2–T15) von 07–21 Uhr für die Ermittlung des tagesrandstundengewichteten 16h-Mittelungspegels für den Tag von 06–22 Uhr (Leq_{16}^*), sowie die Nacht (N) von 22–06 Uhr für die Ermittlung des 8h-Mittelungspegels (Leq_N) und der AWR.

2.4. Räumliche Systemabgrenzung

Die der vorliegenden Untersuchung zugrundeliegenden Fluglärmrechnungen wurden in folgenden rechteckigen Gebieten durchgeführt (Tabelle 2-1):

Tabelle 2-1 Berechnungsausschnitte: Planvierecke in Schweizer Landeskoordinaten (CH1903/LV03), Ausdehnung und Maschenweite

Zustand / Szenario	Planviereck		Ausdehnung		Maschenweite (m × m)
	Südwestliche Ecke	Nordöstliche Ecke	West-Ost (km)	Nord-Süd (km)	
Z0	642'000 / 216'000	735'000 / 300'000	93	84	150 × 150
S1–S3	644'000 / 216'000	732'000 / 300'000	88	84	250 × 250

Um die Fluglärmbelastungen mit den Bevölkerungsdaten, welche im Hektarraster vorliegen, zu verknüpfen, werden die Fluglärmbelastungswerte zwischen den Gitterpunkten linear auf das Hektarraster (Hektarpunkte, 100 m × 100 m) interpoliert. Die HA und HSD werden jedoch nicht im gesamten Berechnungsausschnitt ausgewiesen, sondern nur innerhalb des jeweiligen Untersuchungsperimeters (UP). Am Tag ist der UP durch die Niveaulinie $Leq_{16}^* = 47$ dB definiert und in der Nacht durch die Niveaulinie $Leq_N = 37$ dB [5].

3. Grundlagen und Methodik

Die Berechnung der *HA*, der *HSD* und des *ZFI* erfolgt gemäss aktueller ZFI-VO [24]. Sie ist detailliert in der *ZFI*-Berechnungsvorschrift beschrieben [5]. Allerdings geht man abweichend zu [5] seit dem Berechnungsjahr 2012 für die Ermittlung der *HSD* nicht mehr generell von einem gekippten Fenster aus (alte Vorschrift [23]), sondern es werden gemäss aktueller ZFI-VO [24] Bauten mit PM berücksichtigt (geschlossene Fenster, Details vgl. z.B. [13]). Die PM beinhalten Minergie-Gebäude und Gebäude mit Komfort- und Schalldämm-Lüftungsanlagen, sowie seit 2018 Gebäude mit Fensterschliessmechanismen [13, 15]. Die PM resultieren in höheren berücksichtigten Einfügungsdämpfungen, was die rechnerisch ermittelten *AWR* bzw. *HSD* vermindert. Um die gemäss aktueller [24] und alter [23] Vorschrift ermittelten *HSD*- und *ZFI*-Werte miteinander vergleichen zu können, werden die *HSD* gemäss aktueller Vorschrift sowie die ΔHSD (Differenz zwischen Berechnung nach alter und aktueller Vorschrift) aufgeführt. Die offiziellen Werte sind jedoch diejenigen nach aktueller ZFI-VO.

Sämtliche Daten (Belastungen, Bevölkerung, *AWR*, *HA*, *HSD* und *ZFI*) werden in einer Access-Datenbank verwaltet. Die Daten liegen im Hektarraster mit 379'600 Hektarpunkten vor. Zu jedem Hektarpunkt können die Höhe der Belastungen (Leq^*_{16} , Leq_N) und die *AWR*, des Weiteren – sofern dort entsprechende Daten verfügbar sind – die Wohnbevölkerung, die Gemeinde-, Handlungsraum-, Kantons- und/oder Staatszugehörigkeit, und schliesslich innerhalb der UP die *HA*, die *HSD* und der *ZFI* abgefragt werden. Die *HA*, die *HSD* und der *ZFI* werden separat für jedes der drei Szenarien in Access folgendermassen berechnet [5, 24]: Umrechnung des Leq^*_{16} in den Prozentsatz der *HA*, Umrechnung der *AWR* in den Prozentsatz der *HSD*, Berechnung der *HA* und *HSD* durch Verknüpfung mit den Bevölkerungszahlen, Berechnung des *ZFI* als Summe der *HA* und *HSD*.

Die Auswertung und Darstellung der Resultate erfolgt in Excel mit Hilfe von Pivot-Tabellen-Abfragen. Die *HA*, *HSD* und der *ZFI* lassen sich dort tabellarisch zusammenfassen oder in Diagrammen grafisch darstellen. Die Datenstruktur ermöglicht zudem eine Auswertung nach Gemeinden, Handlungsräumen, Kantonen und/oder Staatsgebiet. In ArcGIS können schliesslich die Belastungen (Leq^*_{16} , Leq_N) sowie die *HA*, die *HSD* und die Werte des *ZFI* eingelesen und kartographisch dargestellt werden.

4. Genauigkeit der Berechnungen

Die Unsicherheit der *ZFI*-Prognoserechnungen wird im Folgenden mittels der (einfachen) Standardunsicherheit beschrieben, was bei einer Normalverteilung einem 68%-Vertrauensintervall entspricht. Sie wird von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Unsicherheit in den Belastungsrechnungen und in der Bestimmung der Maximalpegelhäufigkeitsverteilungen.
 - Unsicherheiten im akustischen Modell (Richtcharakteristik, Schallausbreitung) sowie Variationen in den Leistungssetzungen der Flugzeuge je nach Gewicht und Flugsegment (derated take-off, *climb power*).
 - Unsicherheiten bei der Modellierung der (prognostizierten) Flugwege (Streuungen im Steigprofil und in den Flugspuren).
 - Unsicherheiten in der (prognostizierten) Flugbewegungen, d.h. der mengenmässigen und typenspezifischen Belegung von Flugrouten.
 - Unsicherheiten im prognostizierten Flottenmix.
- Unsicherheit der (prognostizierten) Wohnbevölkerung und der PM
- Unsicherheit in den Fitparametern der Funktionsgleichungen zur Berechnung der *HA* und *HSD*.
- Unsicherheit wegen der Wahl des Abbruchkriteriums und damit wegen der Festlegung des UP.

4.1. Gesamtunsicherheiten

Die Standardunsicherheiten von realen Belastungszuständen (hier: *Z0*) betragen rund ± 0.5 dB am Tag und ± 1.0 dB in der Nacht, diejenigen von Fluglärmprognosen (hier: *S1–S3*) ± 1.0 dB am Tag und ± 1.5 dB in der Nacht [7, 22].

Die Standardunsicherheiten der Anzahl Personen innerhalb der UP für die *HA* am Tag dürften rund $\pm 15\%$ (*Z0*) resp. $\pm 30\%$ (*S1–S3*) und innerhalb der UP für die *HSD* $\pm 30\%$ (*Z0*) resp. $\pm 50\%$ (*S1–S3*) betragen, wenn man von einer Veränderung in der Anzahl Personen von rund 20–30% pro dB ausgeht [4] und die Unsicherheit der Bevölkerungsprognose in erster Näherung vernachlässigt. (Letztere dürfte geringer als die Unsicherheit wegen der UP-Ausdehnung sein und somit nur wenig zur Gesamtunsicherheit der Anzahl Personen innerhalb der UP beitragen). Die Standardunsicherheit der Flächen der UP betragen rund $\pm 10\%$ (*Z0*) resp. $\pm 20\%$ (*S1–S3*) am Tag und $\pm 20\%$ (*Z0*) resp. $\pm 30\%$ (*S1–S3*) in der Nacht, wenn da sich die Flächen von Isolinien unabhängig vom Belastungsniveau pro dB um rund 20% verändern [19]. Die Standardunsicherheiten der *HA* am Tag betragen rund $\pm 10–35\%$ und diejenigen der *HSD* in der Nacht $\pm 40\%$ [6], wobei der Wertebereich sowohl für *Z0* als auch für *S1–S3* gilt. Berücksichtigt man, dass für *Z0* und *S1–S3* die *HA* einen Anteil von 58–64% und die *HSD* einen Anteil von 36–42% am *ZFI* haben, resultiert für den *ZFI* eine Standardunsicherheit von rund $\pm 26\%$.

4.2. Unsicherheiten für Vergleiche

Für Vergleiche dürfte sich ein Teil der Unsicherheiten gegenseitig aufheben. In [7] wurde eine Halbierung der Unsicherheiten angenommen. Somit reduzieren sich die für den Vergleich von Zuständen massgebenden Unsicherheiten für Belastungen zu $<\pm 0.5$ dB (Z0) resp. ± 0.5 dB (S1–S3) am Tag und zu ± 0.5 dB (Z0) resp. ± 1.0 dB (S1–S3) in der Nacht. Dementsprechend werden in dieser Untersuchung für Vergleiche der Zustände die Standardunsicherheiten der **Anzahl Personen innerhalb der UP für die HA zu $\pm 15\%$** und **innerhalb der UP für die HSD zu $\pm 25\%$** geschätzt, und diejenigen der **Flächen zu $\pm 10\%$ am Tag** und zu **$\pm 15\%$ in der Nacht**, basierend auf den (grösseren) Unsicherheiten der Prognosen.

Unter derselben Annahme, d.h. Halbierung der Unsicherheiten, werden die Standardunsicherheiten der **HA am Tag zu $\pm 15\%$** , **der HSD in der Nacht zu $\pm 20\%$** und **des ZFI zu rund $\pm 15\%$** geschätzt. Beim Vergleich zweier Varianten kann man somit davon ausgehen, dass Abweichungen, deren Fehlerbalken sich nicht überschneiden, signifikant sein dürften. Unterschiede, die geringer sind, haben nur eine geringe Aussagekraft und sollten für eine Beurteilung nicht herangezogen werden.

Die fett markierten Werte werden in Abbildung 6-2, Abbildung 6-3, Abbildung 6-14 und Abbildung 6-15 (Kap. 6.2 bis 6.4) als Fehlerbalken dargestellt.

5. Eingabedaten für die Belastungsrechnungen

5.1. Überblick

Details zu den Belastungsrechnungen und der Ermittlung der *HA*, der *HSD* und des *ZFI* des Jahres 2018 (Z0) finden sich in [13, 14]. Für die im Rahmen dieses Projektes ermittelten *HA*, *HSD* und *ZFI* (S1–S3) werden bestehende Belastungsrechnungen verwendet. Details zu diesen Belastungsrechnungen werden untenstehend erläutert und sind auch umfangreich in den zugrunde liegenden Berechnungen zu BR2017 [11, 12, 17] und SIL [9, 10] zusammengestellt.

Footprints and Superposition: Die hier benötigten Belastungen werden durch Superposition bestehender *Footprints* neu berechnet. Die *Footprints* wurden in [14] für Z0 bzw. in [9, 10, 12] für S1–S3 mittels sog. Basisimulation mit dem Fluglärmsimulationsprogramm FLULA2 Version 004 [8] ermittelt. Unter Superposition versteht man die energetische Addition verschiedener Belastungen (*Footprints*) zu einer Teil- oder Gesamtbelastung, wobei die *Footprints* mittels der Bewegungszahlen aus Bewegungsstatistiken gewichtet werden. Es gibt Ereignispegel- (L_{AE}) und Maximalpegel- ($L_{AS,max}$) *Footprints*. Ein *Footprint* entspricht dem typen- und routenspezifischen energetischen Mittelwert der L_{AE} bzw. $L_{AS,max}$ der entsprechenden simulierten Einzelflüge, d.h. dem typen- und routenspezifischen L_{AE} bzw. $L_{AS,max}$, normiert auf eine Bewegung. Die *Footprints*, welche auf idealisierten oder realen Flugbahnen beruhen, liegen tageszeitspezifisch vor (in der vorliegenden Untersuchung je ein *Footprint* für den Tag von 06–22 Uhr und für die Nacht von 22–06 Uhr) oder repräsentieren einen mittleren Ereignispegel für die 24 Stunden eines Tages. Die Datengrundlagen für die *Footprints* (reale und idealisierte Fluggeometrien, akustische Quellendaten, Leistungssetzung und Leistungsreduktion) sind detailliert in [14] (Z0) sowie [9, 10, 12] (S1–S3) aufgeführt.

Tagesrandstundengewichteter 16h-Mittelungspegel (Leq^{*}_{16} , 06–22 Uhr): Zuerst werden aus den L_{AE} -*Footprints* für den Tag bzw. für die 24 Stunden eines Tages durch Superposition die Mittelungspegel für die erste (T1) und letzte Tagesstunde (T16) sowie für die übrigen Tagesstunden (T2–T15) ermittelt. Diese werden danach energetisch zum Leq^{*}_{16} addiert, wobei zu den Belastungen von T1 und T16 je ein Pegelzuschlag von 5 dB addiert wird. Die für die Superpositionen benötigten Bewegungsstatistiken der drei Szenarien (S1–S3) der Zeitperioden T1, T2–T15 und T16 wurden von der Empa basierend auf den Original-Bewegungsstatistiken für BR2017 Zt+ [17] unter Berücksichtigung des Flottenmix gemäss AFV [A] und den Lärmimmissionen neuer Flugzeugtypen gemäss FZAG [B] aufbereitet. Die Bewegungsstatistiken werden in Beilage 1 aufgeführt.

8h-Mittelungspegel der Nacht (Leq_N , 22–06 Uhr): Der Leq_N wird durch Superposition der Ereignispegel-*Footprints* für die Nacht bzw. für die 24 Stunden eines Tages ermittelt. Die für die Superpositionen benötigten Bewegungsstatistiken der Zeitperiode N für die Szenarien S1–S3 wurden ebenfalls von der Empa basierend auf den Original-Bewegungsstatistiken für BR2017 Zt+ [17] unter Berücksichtigung des Flottenmix gemäss AFV [A] und den Lärmimmissionen neuer Flugzeugtypen gemäss FZAG [B] aufbereitet. Die Bewegungsstatistiken werden ebenfalls in Beilage 1 aufgeführt.

Aufwachreaktionen (AWR) der Nacht (22–06 Uhr): Die AWR werden aus Maximalpegelverteilungen ermittelt, welche ausgehend von Maximalpegel-*Footprints* unter Verwendung derselben Bewegungsstatistiken wie für den Leq_N (s.o.) berechnet werden (Details siehe [5]).

5.2. Bewegungszahlen

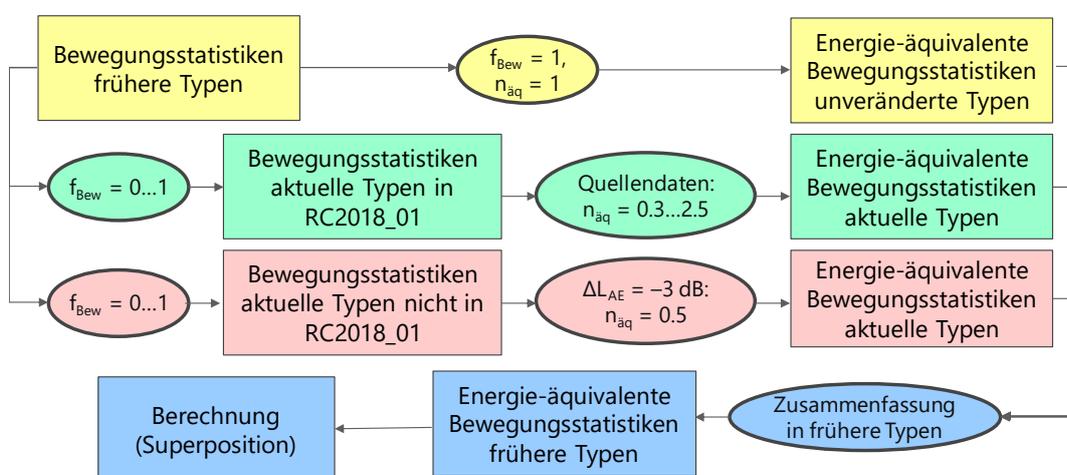
Erarbeitung Bewegungsstatistiken: Die Bewegungsstatistiken für die Flugbetriebs-Szenarien F1–F3 wurden von der Empa in Zusammenarbeit mit der FZAG und dem AFV erarbeitet [A][B]. Ausgang der Berechnungen sind für alle drei Szenarien die Bewegungsstatistiken zur Berechnung des *ZFI* des Zustands $Zt+$ der BR2017 [17]. Diese liegen für den früheren Quellendatensatz von FLULA2 (RC2012_01) vor. Der Datensatz RC2012_01 wurde bis und mit dem Jahr 2018 an der Empa für Fluglärmrechnungen verwendet, enthält aber noch keine Flugzeugmuster wie z.B. A380, B7773, CS100 oder CS300. Seit 2019 wird der aktuelle Quellendatensatz RC2018_01 verwendet, welcher wichtige, auf dem Flughafen Zürich neu oder häufiger verkehrende Flugzeugtypen abbildet (Details siehe [16]).

Da im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen keine Neu-Simulationen zur Ermittlung der prognostizierten Fluglärmbelastung möglich waren, wurden die Original-*ZFI*-Bewegungsstatistiken aus [17] in den aktuellen Quellendatensatz RC2018_01 "übersetzt", indem Änderungen in den Lärmemissionen der aktuellen im Vergleich zu den früheren Quelldaten über die Bewegungszahlen abgebildet wurden (sog. "**Lärm-äquivalente Bewegungen**", vgl. Kap. 6.4.4 in [2] bzw. Anhang G in [3]). Die Lärm-äquivalenten Bewegungen berücksichtigen die Emissionspegel-Differenz zwischen zwei Flugzeugtypen (hier: zwischen dem Proxy-Typen im Quellendatensatz RC2012_01, welchem ein noch fehlender Typen zugeordnet wurde, und dem neu in RC2018_01 explizit verfügbaren Typen) in Form einer Bewegungszahl-Skalierung. Als Beispiel: Beträgt die Emissionspegel-Differenz 3 dB, so entspricht dies einer Halbierung der Schallenergie, was mit einer Halbierung der Bewegungen abgebildet wird. Mit diesem Vorgehen kann die Entwicklung der Flotte bis ins Jahr 2030 abgeschätzt werden.

Die Original-*ZFI*-Bewegungsstatistiken des Zustands $Zt+$ der BR2017 [17] repräsentieren (nach "Übersetzung" in die Energie-äquivalenten Bewegungen) das **Flugbetriebs-Szenario F1**. Dabei berücksichtigen die Energie-äquivalenten Bewegungen sowohl die Differenzen zwischen den Quellendatensätzen RC2012_01 und RC2018_01, als auch die Fortschreibung der Flottenentwicklung bis ins Jahr 2030 wie bisher. Das **Flugbetriebs-Szenario F2** wurde ebenfalls aus den Original-Bewegungsstatistiken des Zustands $Zt+$ der BR2017 abgeleitet, wobei die Bewegungszahlen für den Tag so herunterskaliert wurden, dass insgesamt, d.h. zusammen mit den (gegenüber F1 unveränderten) Nachtbewegungen total 320'000 Bewegungen von Grossflugzeugen resultieren. Danach erfolgte die "Übersetzung" in die energieäquivalente Bewegungen wie für F1, d.h. es wird auch hier die Fortschreibung der Flottenentwicklung wie bisher berücksichtigt. Das **Flugbetriebs-Szenario F3** beruht wie F1 auf den Original-Bewegungsstatistiken des Zustands $Zt+$ der BR2017, berücksichtigt aber bei der Ermittlung der Energie-äquivalenten Bewegungen eine beschleunigt erneuerte Flotte mit entsprechend geringerer Lärmemission.

Methodik: Abbildung 5-1 zeigt den Ablauf der Übersetzung der Original-Bewegungsstatistiken in Energie-äquivalente Bewegungen. In einem ersten Schritt werden die Bewegungen der Flugzeugtypen des früheren Quellendatensatzes RC2012_01 anteilmässig (Faktor $f_{BEW} = 0 \dots 1$) auf die Bewegungen der Flugzeugtypen des aktuellen Datensatzes RC2018_01 umgelegt, d.h. "übersetzt" (prognostizierter Flottenmix: [A]). Danach werden für jeden Typen individuell die Energie-äquivalenten Bewegungen ermittelt. Dazu wird die Differenz im Ereignispegel L_{AE} zwischen dem Typen in RC2018_01 und dem zugewiesenen Ersatztypen in RC2012_01

ermittelt (ΔL_{AE}) und daraus die der Gewichtungsfaktor $n_{\text{äq}}$ zur Ermittlung der Energie-äquivalenten Bewegungen berechnet (z.B. $n_{\text{äq}} = 0.5$ für $\Delta L_{AE} = -3$ dB). Der L_{AE} repräsentiert dabei die Leistungssetzung des Flugzustands nach dem Cutback, ausgewiesen für eine Überflughöhe in 1'000 ft (akustische Kenndaten, aus [8]). Dabei wird in Übereinstimmung mit [11, 12] pauschal für Starts ab Pisten 16, 32 und 34 volle Leistung ("SFT"-Richtcharakteristiken), und für Starts ab Pisten 10 und 28 reduzierte Leistung ("SVG"-Richtcharakteristiken) angenommen. Die Bewegungen jedes Typen werden mit den individuellen $n_{\text{äq}}$ multipliziert, um die Energie-äquivalente Bewegungen zu erhalten. Schliesslich werden die Bewegungen jedes Typen gemäss RC2018_01 (= Bewegungen Originaltyp $\times f_{\text{BEW}} \times n_{\text{äq}}$) in die Typen gemäss RC2012_01 "rückübersetzt", indem die Summe der Bewegungen aller neuen Typen, welche dem früheren Typen entsprangen, gebildet wird. Dieser Schritt ist nötig, da ausschliesslich *Footprints* des Datensatzes RC2012_01 verfügbar sind.



[Fig_Flottenmix-Übersetzung.pptx]

Abbildung 5-1 Ablaufschema: "Übersetzung" der Original-Bewegungsstatistiken in Energie-äquivalente Bewegungsstatistiken. Schritt 1: Umlegen der Bewegungen der früheren Flugzeugtypen (RC2012_01) in die aktuellen Typen (RC2018_01) mittels Bewegungsanteilen (f_{BEW}), Schritt 2: Ermittlung der energieäquivalenten Bewegungen ($n_{\text{äq}}$), Schritt 3: "Rückübersetzung" (Zusammenfassung) in den Flottenmix bzw. die Bewegungsstatistiken von RC2012_01 mit Energie-äquivalenten Bewegungen.

Die "Übersetzung" und "Rückübersetzung" folgt für drei Gruppen von Typen (Abbildung 5-1).

- Unveränderte Typen (gelber Pfad, z.B. A3103): Diese Typen blieben bei der Aktualisierung der Quelldaten unverändert. Deren Bewegungen müssen nicht angepasst werden ($f_{\text{BEW}} = 1$, $n_{\text{äq}} = 1$).
- Neue Typen in RC2018_01 (grüner Pfad, z.B. B7773): Es werden die Bewegungsanteile (f_{BEW}) aufgrund des prognostizierten Flottenmix [A] sowie die Energie-äquivalenten Bewegungen ($n_{\text{äq}}$) für jeden Flugzeugtypen bestimmt.
- Zukünftig wichtige, aber in RC2018_01 noch nicht erfasste Typen (roter Pfad: A320N, A321N, A350, B737 MAX8, E190-E2): Es werden die Bewegungsanteile (f_{BEW}) aufgrund des prognostizierten Flottenmix für jeden Flugzeugtypen bestimmt [A]. Zur Umrechnung in Energie-äquivalente Bewegungen wird pauschal eine Halbierung der Schallenergie angenommen ($n_{\text{äq}} = 0.5$). Diese eher konservative Schätzung basiert auf einer Auswertung der FZAG von bereits greifbaren Messungen [B]. Für diese Typen wurde $n_{\text{äq}} = 0.5$ bereits bei der Aufteilung der Bewegungen mittels f_{BEW} angewendet.

Die für die vorliegende Berechnung verwendeten Bewegungsanteile (f_{BEW}) und Gewichtungsfaktoren ($n_{\text{äq}}$) zur Ermittlung der Energie-äquivalenten Bewegungen befinden sich im Anhang (Kap. 9.1). Als **Ergebnis** erhält man Bewegungsstatistiken mit den Flugzeugtypen gemäss früherem Quellendatensatz in der Original-Form gemäss [17], aber mit Energie-äquivalenten Bewegungen: Je leiser der Flottenmix, desto weniger Bewegungen werden rechnerisch berücksichtigt. Die resultierenden Energie-äquivalenten Bewegungsstatistiken sind in der Beilage 1 am Ende dieses Berichts dokumentiert. Die Original-Bewegungsstatistiken können in [17] nachgeschlagen werden.

Für die Übersetzung der Bewegungs-Prognosen in Energie-äquivalenten Bewegungen wurden folgende **vereinfachende Annahmen** getroffen: (i) gleiche Routenverteilung früherer und neuer Typen, (ii) gleiche Höhen- und Geschwindigkeitsprofile früherer und neuer Typen, (iii) gleiche Flugbahnstreuung früherer und neuer Typen, (iv) gleiche Leistungssetzung früherer und neuer Typen; (v) neue, noch fehlende Flugzeugtypen pauschal mit $\Delta L_{\text{AE}} = -3$ dB berücksichtigen. Diese Annahmen sind im Sinne **erhöhter Unsicherheit** der Berechnungen bei der Interpretation der Resultate zu berücksichtigen.

Im Folgenden wird ein Rechenbeispiel zur Ermittlung der Energie-äquivalenten Bewegungen gegeben.

Beispiel: Ermittlung Energie-äquivalente Bewegungen für den A319 in Flugbetriebs-Szenario F3

A319: 17'347 Landungen von 07–21 Uhr [17] "übersetzen" in neue Typen A319, BCS1 und BCS3:

- $f_{\text{Bew,A319}} = 0.1 \rightarrow 1'735$ Bew.
- $f_{\text{Bew,BCS1}} = 0.4 \rightarrow 6'939$ Bew.
- $f_{\text{Bew,BCS3}} = 0.5 \rightarrow 8'674$ Bew.

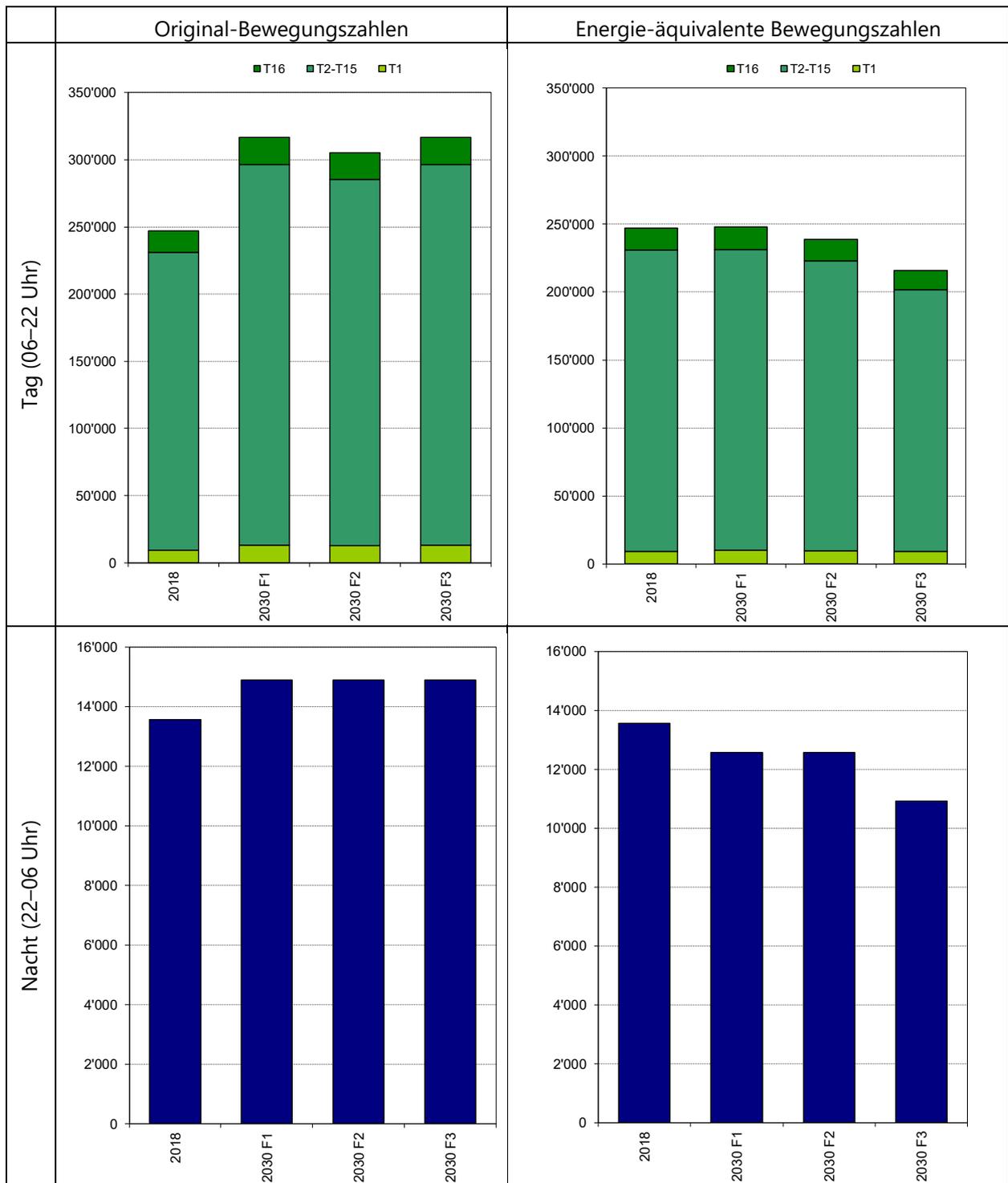
Energie-äquivalente Bewegungen für A319, BCS1 und BCS3:

- $\Delta L_{\text{AE,A319}} = +0.6$ dB $\rightarrow n_{\text{äq,A319}} = 1.1 \rightarrow 1'992$ Bew.
- $\Delta L_{\text{AE,BCS1}} = -5.4$ dB $\rightarrow n_{\text{äq,A319}} = 0.3 \rightarrow 2'001$ Bew.
- $\Delta L_{\text{AE,BCS3}} = -4.1$ dB $\rightarrow n_{\text{äq,A319}} = 0.4 \rightarrow 3'374$ Bew.

"Rückübersetzung" in früheren Typen A319: Summe der Energie-äquivalente Bewegungen für A319, BCS1 und BCS3

Ergebnis: A319 mit 7'367 Bewegungen (= 42% der ursprünglichen Bewegungen, $\Delta L = -3.7$ dB).

Abbildung 5-2 zeigt die jährlichen realen Flugbewegungszahlen getrennt für den Tag und die Nacht des Jahres 2018 (Z0) und der Prognose 2030 (Szenarien F1–F3) sowie die resultierenden Energie-äquivalenten Bewegungszahlen. Die zugehörigen Zahlenwerte sind in Anhang (Kap. 9.2) zusammengestellt. Am Tag (+24% bis +28%) wie auch in der Nacht (+10%) weisen die Szenarien F1–F3 deutlich höhere reale Bewegungszahlen auf als Z0. Am Tag weist F1 annähernd gleich viele Energie-äquivalente Bewegungen auf wie Z0 (+0.3%), während F2 (–3.3%) und insbesondere auch F3 (–12.6%) deutlich weniger Energie-äquivalente Bewegungen als Z0 aufweisen (sowie auch weniger als F1: –3.6% bzw. –12.8%). In der Nacht hingegen weist Z0 mit rund 13'600 Bewegungen am meisten Bewegungen auf, gefolgt von F1 und F2 mit rund 12'600 Energie-äquivalenten Bewegungen (–7.3%), während F3 mit rund 11'000 Bewegungen am wenigsten Energie-äquivalente Bewegungen aufweist (–19.5% im Vergleich zu Z0 bzw. –13.2 im Vergleich zu S1).



[ZFI_Prog2030_V2_fürBericht.xlsx / Bewegungszahlen]

Abbildung 5-2 Jährliche Flugbewegungszahlen von Z0 (2018) sowie der Flugbetriebs-Szenarien F1 bis F3 (Original und Energie-äquivalent) für den Tag von 06–22 Uhr (oben) sowie für die Nacht von 22–06 Uhr (unten).

5.3. Bevölkerung

Die Prognosen der Bevölkerung und der PM für das Jahr 2030 wurden vom Statistischen Amt des Kantons Zürich erarbeitet und der Empa zur Verfügung gestellt [C]. Die Methodik der Bevölkerungsprognose wurde vom Statistischen Amt separat dokumentiert [C]. Die Prognose wurde nur für den Kanton Zürich erarbeitet. Für die angrenzenden Kantone sowie Deutschland wurden die Bevölkerungszahlen des Jahres 2018 verwendet. Die Bevölkerungs-Szenarien berücksichtigen dieselben Gesamtbevölkerungszahlen, unterscheiden sich aber bezüglich der Entwicklung der passiven Schallschutzmassnahmen (PM) bis ins Jahr 2030, wobei B1 die PM mit Fortschreibung der Entwicklung wie bisher berücksichtigt, B2 hingegen eine "beschleunigte Entwicklung" der PM.

Die Prognose 2030 berücksichtigt ein Bevölkerungswachstum von 12%, wobei das Wachstum in den Handlungsräumen "Stadtlandschaft" und "urbane Wohnlandschaft" mit je 13% am stärksten ist (Tabelle 5-1). Gegenüber 2018 nehmen die prognostizierten PM bis im Jahr 2030 um insgesamt 62% (B1) bzw. 74% (B2) zu (Tabelle 5-2). Die beschleunigte Entwicklung der PM (B2) führt bis ins Jahr 2030 zu 7% mehr PM als bei Fortschreibung der Entwicklung der PM (B1) (Tabelle 5-2).

Tabelle 5-1 Absolute (Δ_{abs}) und relative (Δ_{rel}) prognostizierte Zunahme der Bevölkerungszahlen in den Handlungsräumen des Kantons Zürich zwischen den Jahren 2018 und 2030 (B1 und B2).

Kanton	Handlungsraum	Zunahme 2018 → 2030	
		Δ_{abs}	Δ_{rel}
Zürich	Kulturlandschaft	10'296	8%
	Landschaft unter Druck	18'835	8%
	Naturlandschaft	824	9%
	Stadtlandschaft	95'592	13%
	urbane Wohnlandschaft	57'648	13%
Total		183'196	12%

[Vergleiche_Bevha_SZ1vsSZ2 / BEVHA_ZFI>0_Pivot]

Tabelle 5-2 Absolute (Δ_{abs}) und relative (Δ_{rel}) prognostizierte Zunahme der passiven Schallschutzmassnahmen (PM) in den Handlungsräumen des Kantons Zürich zwischen den Jahren 2018 und 2030 (B1 und B2) sowie zwischen den Szenarien B1 und B2.

Gebäude-Kategorie *	Zunahme 2018 → 2030 (B1)		Zunahme 2018 → 2030 (B2)		Zunahme 2030 (B1 → B2)	
	Δ_{abs}	Δ_{rel}	Δ_{abs}	Δ_{rel}	Δ_{abs}	Δ_{rel}
PM	71'752	62%	85'073	74%	13'321	7%
PM2006	13'199	59%	16'314	73%	3'115	9%
PM2011	999	3%	1'262	4%	263	1%
PM2012FF	57'554	95%	67'497	111%	9'943	8%

* Gebäudekategorie (Details siehe Kap. 3.2.4 in [13]):

PM: Alle Gebäude mit passiven Schallschutzmassnahmen

PM2006: Bauten mit PM, vor dem 31.12.2006 erstellt: $D = -25$ dB

PM2011: Bauten mit PM, zwischen 01.01.2007 und 31.12.2011 erstellt: $D = D_{e,alt}$ (-27 dB ... -43 dB)

PM2012FF: Bauten mit PM, nach dem 01.01.2012 erstellt: $D = D_{e,akt}$ (-27 dB ... -43 dB)

[Vergleiche_Bevha_SZ1vsSZ2 / BEVHA_ZFI>0_Pivot]

6. Resultate und Diskussion

Die Werte der *HA* und *HSD* werden in einer Access-Datenbank hektarpunktspezifisch berechnet und verwaltet [ZFI_Prog2030_V1.mdb]. Die pro Handlungsraum, Kanton und Staatsgebiet zusammengefassten Daten befinden sich in einer Excel-Datei [ZFI_Prog2030_V2.xlsx]. Es werden folgende Szenarien hinsichtlich der *ZFI* Prognose 2030 miteinander verglichen:

- Szenarien S2 vs. S1
- Szenarien S3 vs. S1

6.1. Fluglärmbelastungen

Für die Berechnung der *HA* am Tag (06–22 Uhr) wurde der Leq^*_{16} gemäss Kapitel 5.1 ermittelt. Die 47 dB-Kurven der Leq^*_{16} definieren zudem die UP (Kap. 2.4). Abbildung 6-1a zeigt die UP von Z0 (2018) sowie der drei Flugbetriebs-Szenarien F1–F3 der Prognose 2030 für die *HA*. Die UP von F1–F3 verlaufen sehr ähnlich, zeigen jedoch lokal Unterschiede. Alle drei Szenarien unterscheiden sich deutlich vom UP von Z0, insbesondere im Einflussbereich der Startrouten nach Norden ab Pisten 32 und 34 nordöstlich und nordwestlich des Flughafens, sowie im Bereich der Startroute ab Piste 28 im Südwesten und Piste 16 im Osten des Flughafens. Interessanterweise sind trotz geographischer Unterschiede die UP von Z0 und der Szenarien F1 und F2 flächenmässig sehr ähnlich (Differenzen < 3%). F3 ist hingegen rund 10% kleiner als die anderen Szenarien (vgl. Kap. 6.2).

Für die Berechnung der *AWR* bzw. *HSD* in der Nacht (22–06 Uhr) werden Maximalpegelhäufigkeitsverteilungen benötigt, die sich nicht auf Karten darstellen lassen. Der 8h-Mittelungspegel der Nacht Leq_N wird lediglich für die Festlegung des UP bei der Berechnung der *HSD* benötigt (Kap. 2.4). Wie Abbildung 6-1b zeigt, verlaufen die UP von F1–F3 wie am Tag sehr ähnlich, zeigen lokal jedoch grössere Unterschiede als am Tag. Die UP der Szenarien F1–F3 unterscheiden sich stark von Z0, insbesondere im Einflussbereich der Startrouten ab Pisten 32 und 34 nordöstlich sowie nordwestlich des Flughafens. Aber auch im Süden des Flughafens (Südstarts ab Piste 16, Südlandungen auf Piste 34) sowie im Osten (Landungen auf Piste 28) unterscheiden sie sich deutlich von Z0. Der UP von F1 bzw. F2 (identisch für die Nacht) überstreicht die grössten Gebiete, gefolgt von F3 und Z0 (vgl. Kap. 6.2).

Bei der Interpretation obiger Differenzen in den UP ist zu beachten, dass die geographischen Unterschiede zwischen F1–F3 ausschliesslich auf den unterschiedlichen prognostizierten Flottenmix, welcher sich auch in einer unterschiedlichen Routenverteilung niederschlagen kann, beruhen (vereinfachende Annahmen: vgl. Kap. 5.1). Die Unterschiede zwischen F1–F3 und Z0 ergeben sich hingegen wegen unterschiedlichen Flottenmix, Bewegungszahlen, Routenbelegungen, Routenverläufen (insbesondere der BR2017) und Leistungsetzungen.

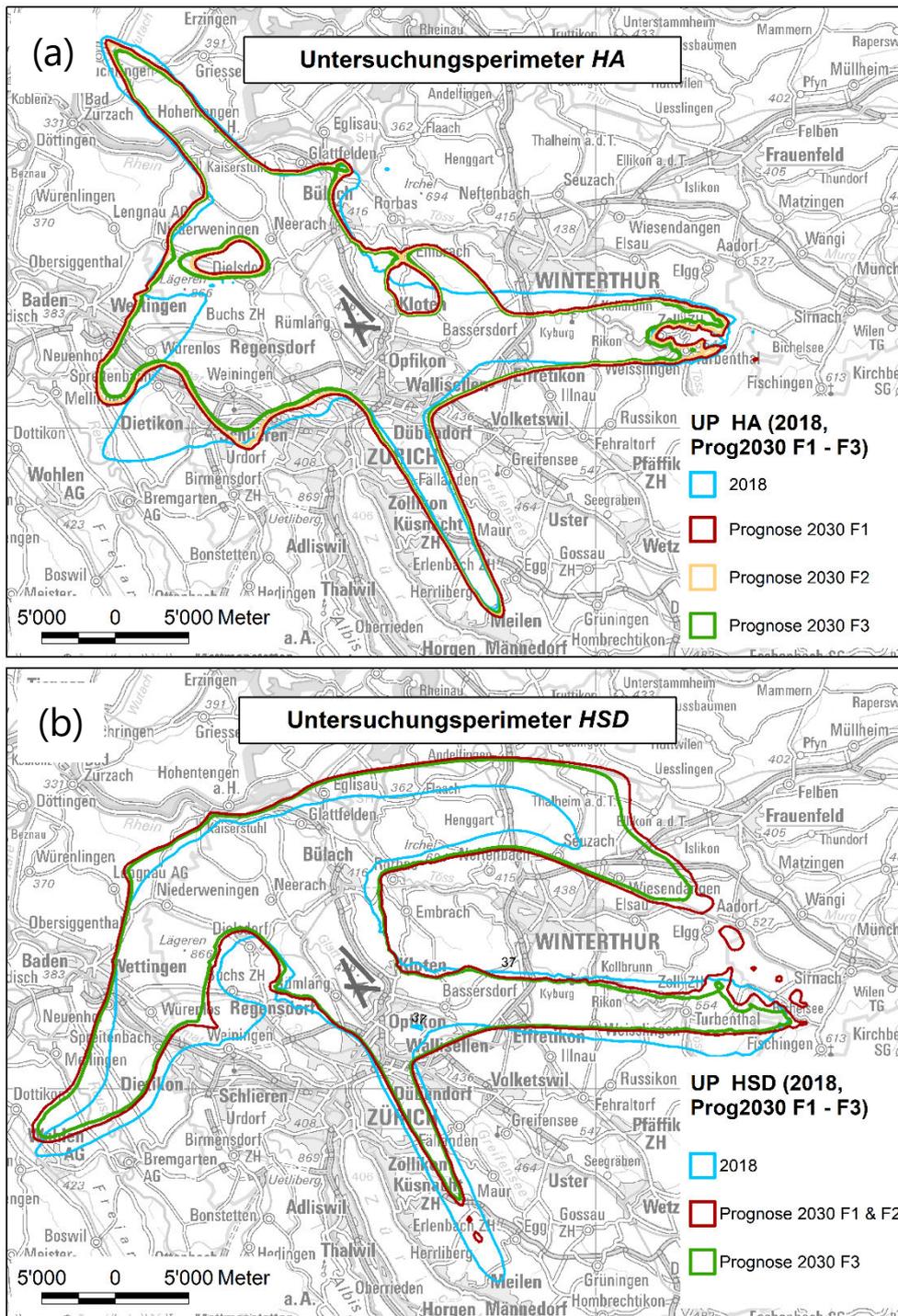
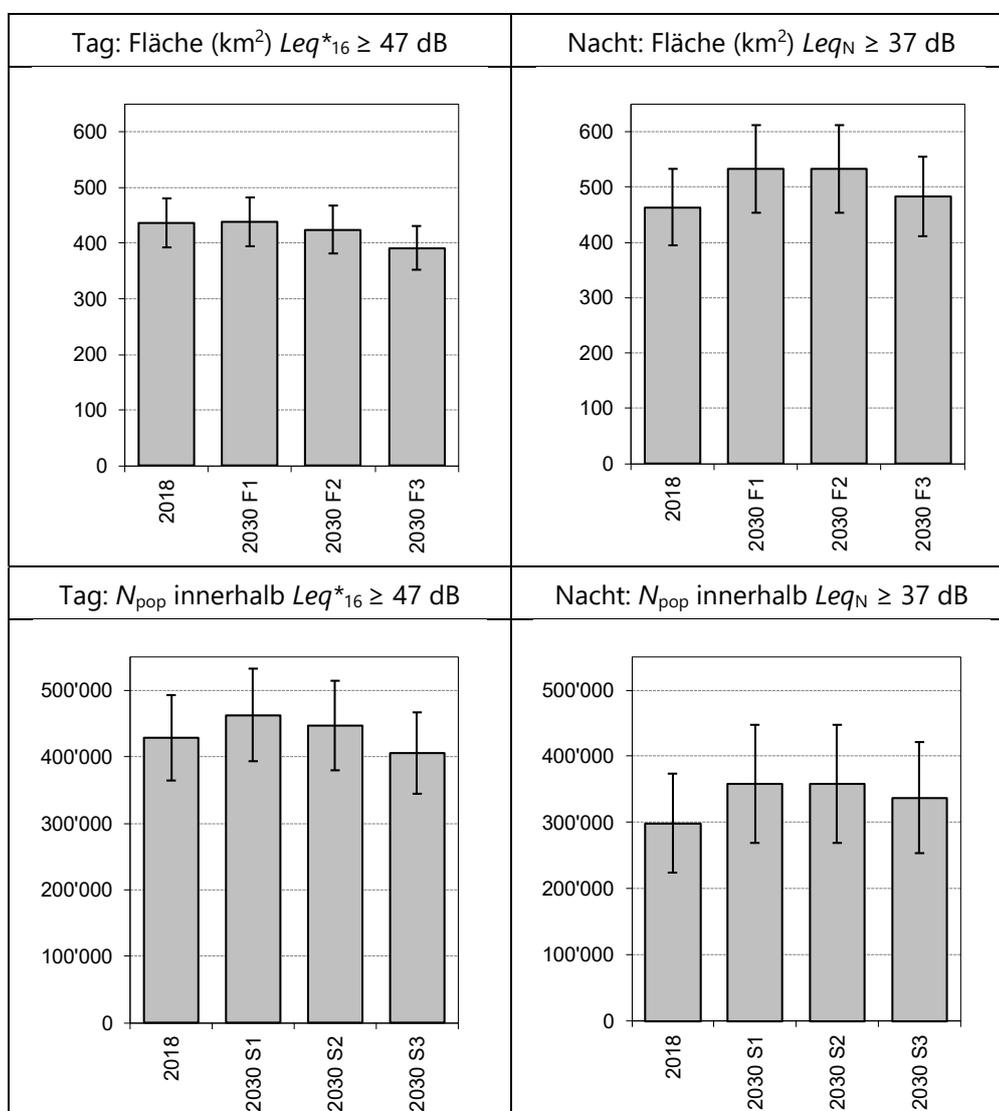


Abbildung 6-1 Untersuchungsperimeter des Jahres 2018 (Z0) und der drei Flugbetriebs-Szenarien der Prognose 2030 (F1–F3) für die Berechnung (a) der HA und (b) der HSD. Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).

6.2. Flächen und Personen der Untersuchungsperimeter

Abbildung 6-2 zeigt die Flächen der UP und die Anzahl Personen innerhalb der UP von Z0 (2018) und der Szenarien S1–S3 für die Prognose 2030. Am Tag sind die Flächen der UP von Z0 und S1–S3 ähnlich gross, wobei sich bezüglich abnehmender Fläche folgende Reihenfolge ergibt: $Z0 \approx S1 (+0.4\%) > S2 (-2.7\%) > S3 (-10.7\%)$. In der Nacht sind die Flächen der UP der Szenarien S1 und S2 identisch, aber grösser als S3 und Z0; es resultiert die Reihenfolge $S1 = S2 > S3 (-9.3\%) > Z0 (-13.0\%)$. Interessanterweise entspricht die Reihenfolge bezüglich Flächen der UP am Tag derjenigen der Bewegungszahlen, in der Nacht jedoch nicht (Abbildung 5-2). Bezüglich Anzahl Personen innerhalb des UP für die HA am Tag ergibt sich folgende Reihenfolge: $S1 > S2 (-3.5\%) > Z0 (-7.4\%) > S3 (-12.3\%)$. In der Nacht resultiert die Reihenfolge: $S1 = S2 > S3 (-5.9\%) > Z0 (-16.7\%)$. Allerdings ergeben sich weder bezüglich Flächen noch Personen und weder am Tag noch in der Nacht statistisch signifikante Differenzen, wie die nicht-überlappenden Fehlerbalken zeigen.



[ZFI_Prog2030_V2_fürBericht.xlsx / Übersicht]

Abbildung 6-2 Flächen der UP des Zustands Z0 (2018) und der Flugbetriebs-Szenarien F1–F3 (oben), Anzahl Personen innerhalb der UP von Z0 und der Szenarien S1–S3 (N_{pop} , unten), und Standardunsicherheiten (Fehlerbalken) für den Tag (links) und die Nacht (rechts). Zahlenwerte: Kap. 9.2.

6.3. Quantifizierung der HA, der HSD und des ZFI

Abbildung 6-3 zeigt die Summen der HA und HSD sowie den ZFI von Z0 (2018) und der Szenarien S1–S3 für die Prognose 2030 innerhalb des jeweiligen UP. Die HA und die HSD, aufgeschlüsselt nach Handlungsräumen und Kantonen bzw. Staatsgebiet, können dem Anhang (Kap. 9.4–9.6) entnommen werden. Tabelle 6-1 weist die dazugehörigen Zahlenwerte aus, Tabelle 6-2 die entsprechenden (nicht offiziellen) Werte gemäss alter ZFI-Verordnung [23]. Die räumlichen Verteilungen des ZFI sind in Abbildung 6-4 bis Abbildung 6-7 aufgeführt, und die räumlichen Differenzen des ZFI in Abbildung 6-8 bis Abbildung 6-12.

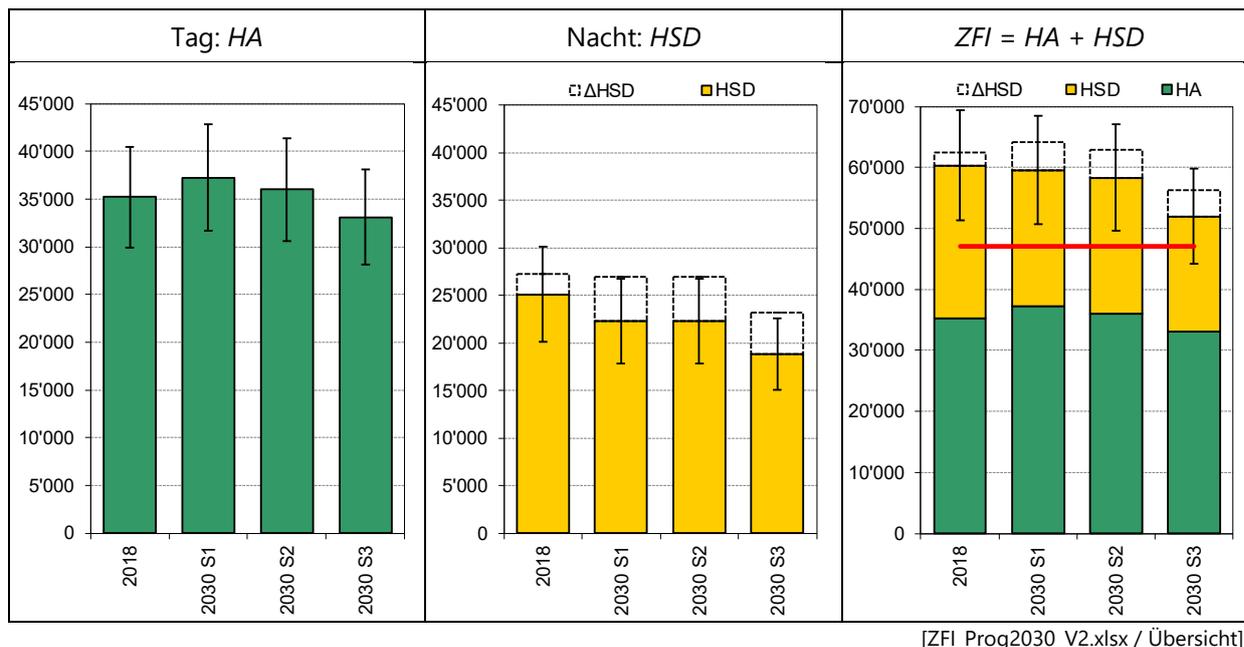


Abbildung 6-3 Anzahl HA am Tag (links), Anzahl HSD in der Nacht (Mitte), und Kombination zum ZFI (rechts), mit Standardunsicherheiten (Fehlerbalken) und Differenz ΔHSD ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen für den Zustand Z0 (2018) und die Szenarien S1–S3 (Prognose 2030). Zahlenwerte: Tabelle 6-1 und Tabelle 6-2.

Am Tag verursacht S1 die meisten HA. Es resultiert die Reihenfolge abnehmender HA von S1 > S2 > Z0 > S3 (Tabelle 6-1). Somit fällt S3 am Tag bezüglich Anzahl HA günstiger aus (–6.0%) als der heutige Zustand Z0. In der Nacht verursacht der heutige Zustand Z0 am meisten HSD. Hier ergibt sich die Reihenfolge abnehmender HSD von Z0 > S1 = S2 > S3. Alle drei Prognose-Szenarien sind somit bezüglich HSD günstiger als der heutige Zustand Z0.

Insgesamt (ZFI) verursachen alle drei Prognose-Szenarien S1–S3 weniger vom Fluglärm betroffene Personen als der Zustand Z0: Es ergibt sich die Reihenfolge abnehmenden ZFI von Z0 > S1 > S2 >> S3 (Abbildung 6-3). Insbesondere S3 verursacht einen deutlich geringeren ZFI als die anderen beiden Szenarien. Die Differenzen zwischen den HA, den HSD und dem ZFI von Z0 und S1–S3 sind jedoch nicht signifikant (überlappende Fehlerbalken). Sowohl Z0 als auch S1 und S2 überschreiten den Richtwert von 47'000 deutlich und signifikant um 24–28% (nicht überlappende Fehlerbalken). Der ZFI von S3, welcher den Richtwert um 11% überschreitet, liegt im Bereich des Richtwerts (überlappende Fehlerbalken).

Die prognostizierten Szenarien für das Jahr 2030 zeigen somit, dass sich trotz des markanten prognostizierten Bevölkerungswachstums von rund 12% bis ins Jahr 2030 (Tabelle 5-1) sowohl die Flottenerneuerung als auch die Entwicklung der PM zumindest tendenziell (wenn auch nicht signifikant) positiv, d.h. senkend, auf den *ZFI* auswirken, insbesondere wenn die Flotte beschleunigt erneuert und die PM gefördert werden (S3). Die Beschränkung des Flugbetriebs auf 320'000 Bewegungen (S2) wirkt sich hingegen, im Vergleich zu S3, deutlich weniger auf die betroffenen Personen aus.

Tabelle 6-1 *HA, HSD und ZFI des Zustands Z0 und der Szenarien S1–S3 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen gemäss ZFI-VO [24].*

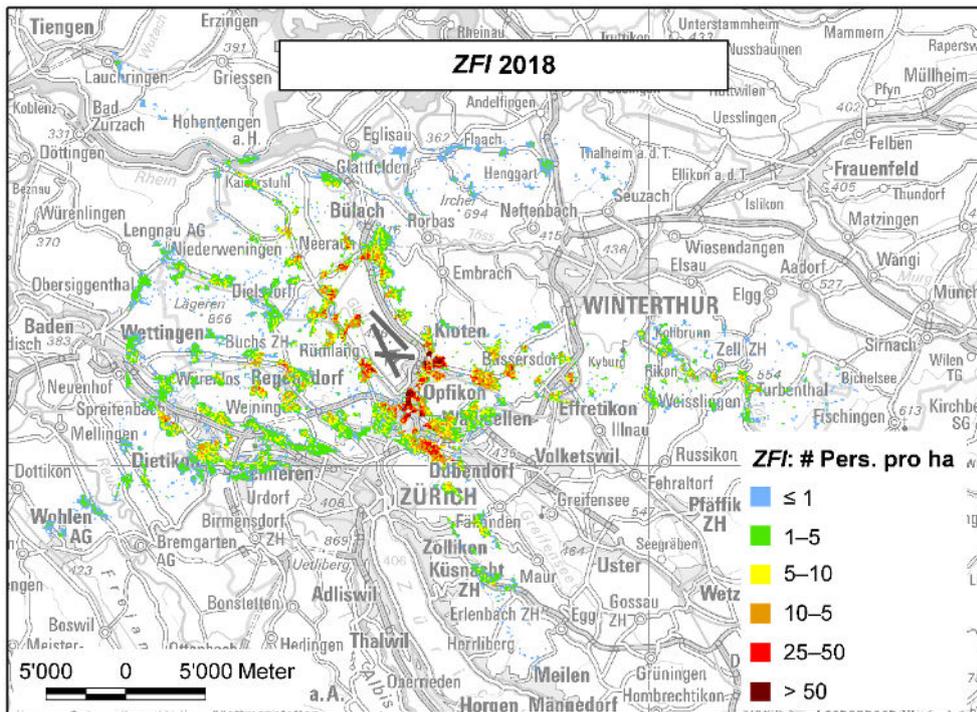
Zustand/Szenario	Jahr	ΔHSD	<i>HSD</i>	<i>ZFI</i>
Z0	2018	35'223	25'124	60'347
S1	2030	37'251	22'336	59'587
S2	2030	36'004	22'336	58'340
S3	2030	33'109	18'852	51'961
Veränderung	absolut	-1'247	0	-1'247
S2 – S1	prozentual	-3%	0%	-2%
Veränderung	absolut	-4'142	-3'485	-7'626
S3 – S1	prozentual	-11%	-16%	-13%

[ZFI_Prog2030_V.2.xlsx/Übersicht]

Tabelle 6-2 *Differenzen (ΔHSD) zwischen den Berechnungen der *HSD* ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach alter *ZFI*-Verordnung [23] und mit Berücksichtigung gemäss aktueller *ZFI*-VO [24], sowie (inoffizielle) *HSD* und *ZFI* ohne passive Massnahmen des Zustands Z0 und der Szenarien (S1 bis S3).*

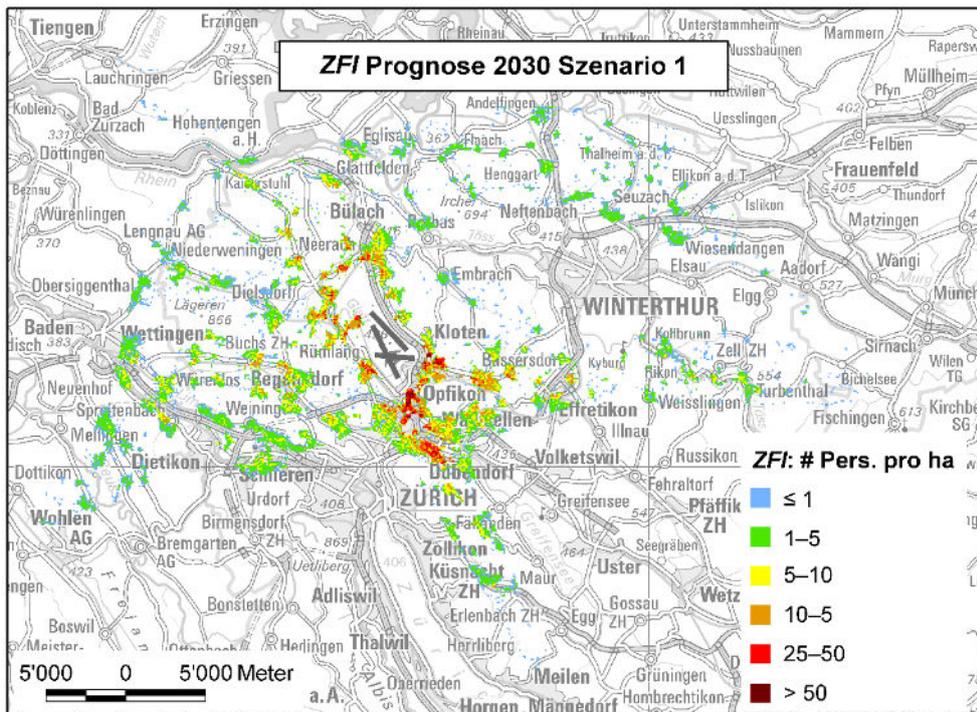
Zustand/Szenario	Jahr	ΔHSD	<i>HSD</i>	<i>ZFI</i>
Z0 (2018)	2018	2'102	27'226	62'449
S1	2030	4'604	26'941	64'191
S2	2030	4'604	23'160	62'945
S3	2030	4'308	25'124	56'269

[ZFI_Prog2030_V.2.xlsx/Übersicht/ ZFI/ HSD/ HA]



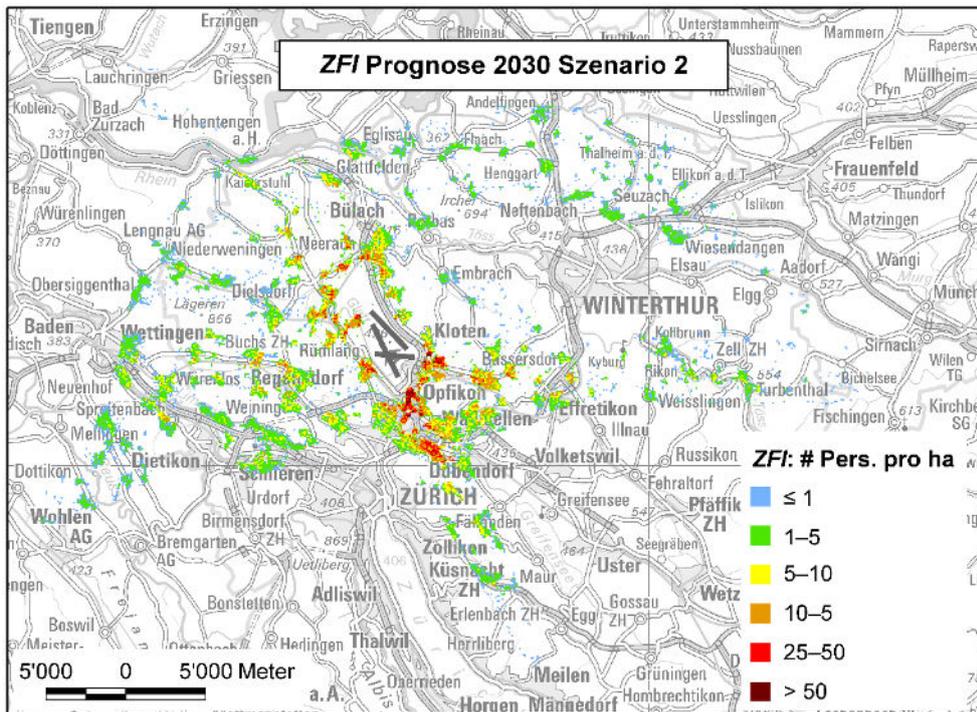
[03_ZFI_2018.mxd/png]

Abbildung 6-4 ZFI pro Hektare für den Zustand Z0 (2018, aus [13]). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).



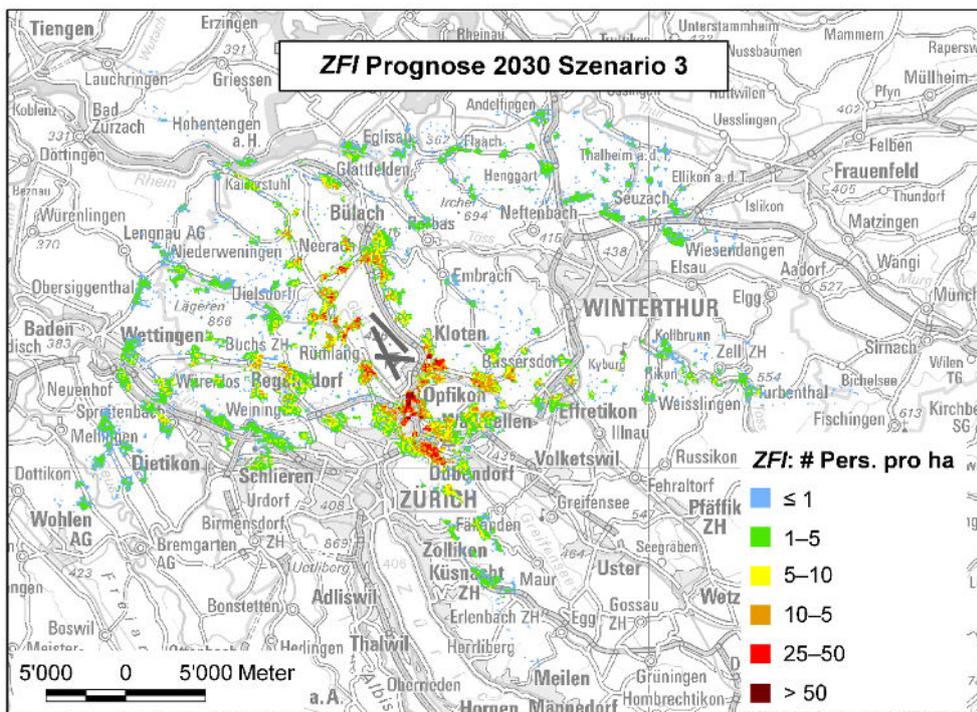
[04_ZFI_Prog2030_S1.mxd/png]

Abbildung 6-5 ZFI pro Hektare für Szenario S1 (2030). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).



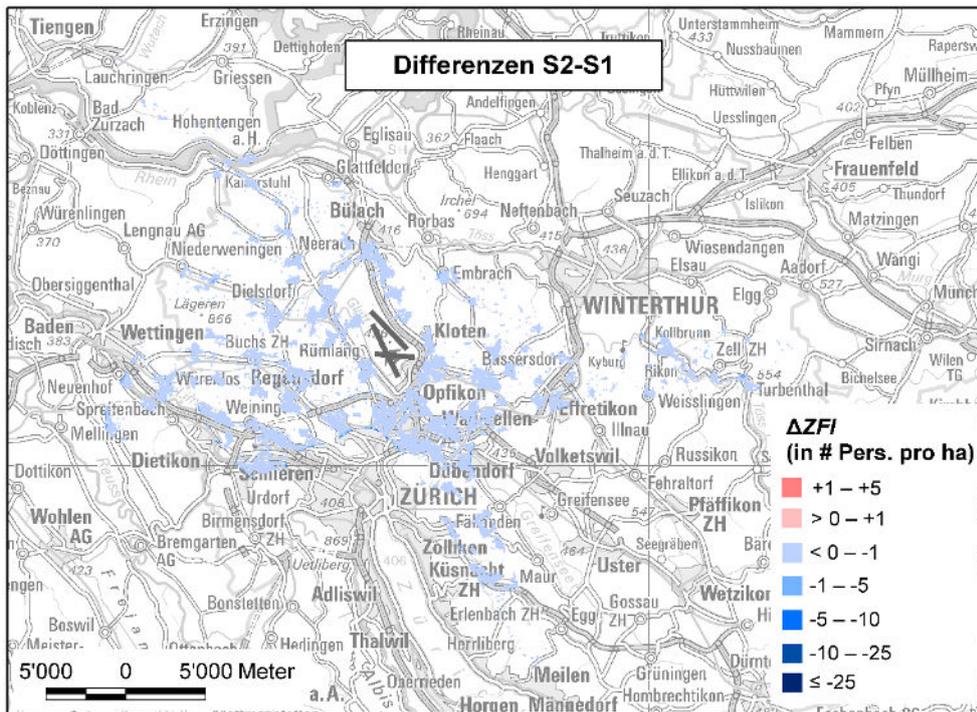
[05_ZFI_Prog2030_S2.mxd/png]

Abbildung 6-6 ZFI pro Hektare für Szenario S2 (2030). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).



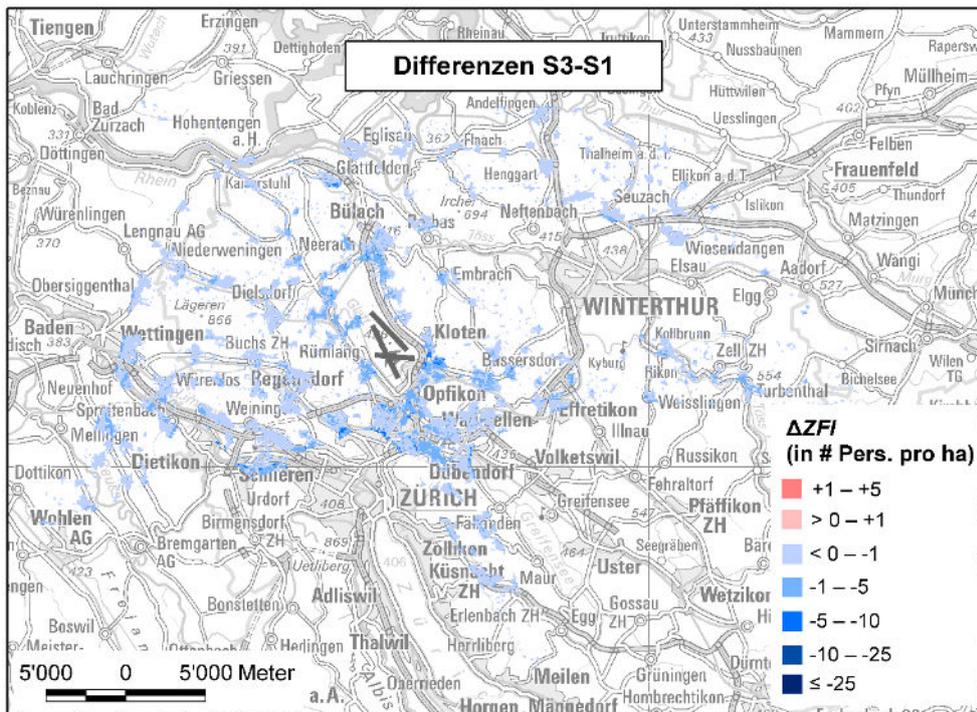
[06_ZFI_Prog2030_S3.mxd/png]

Abbildung 6-7 ZFI pro Hektare für Szenario S3 (2030). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).



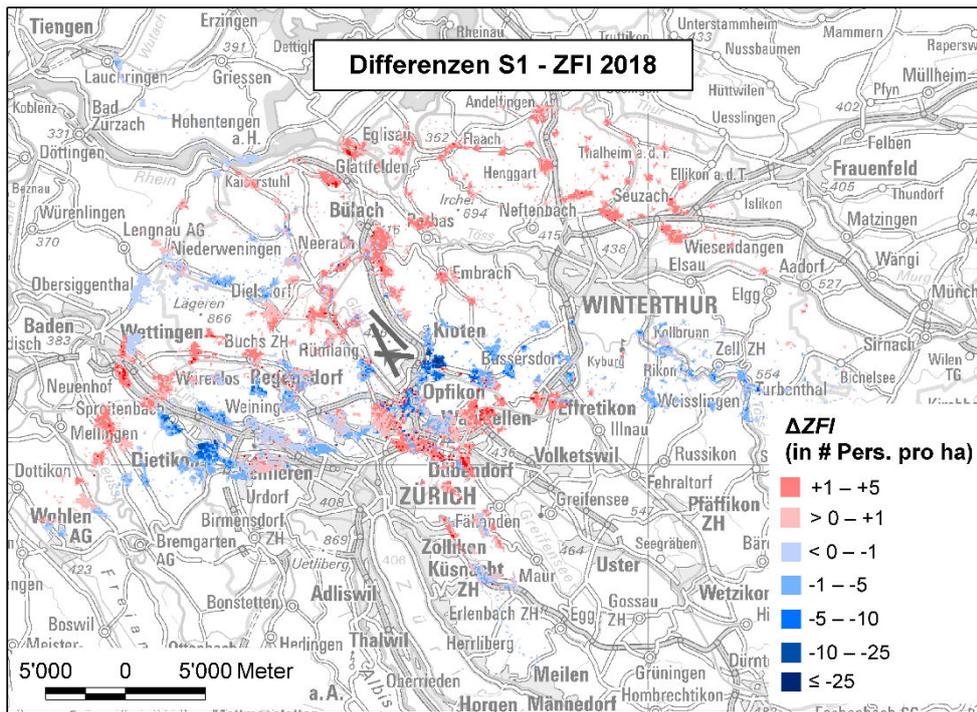
[07_Diff_s2-s1.mxd/png]

Abbildung 6-8 Differenzen im ZFI pro Hektare, Szenario S2 minus S1 (2030). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).



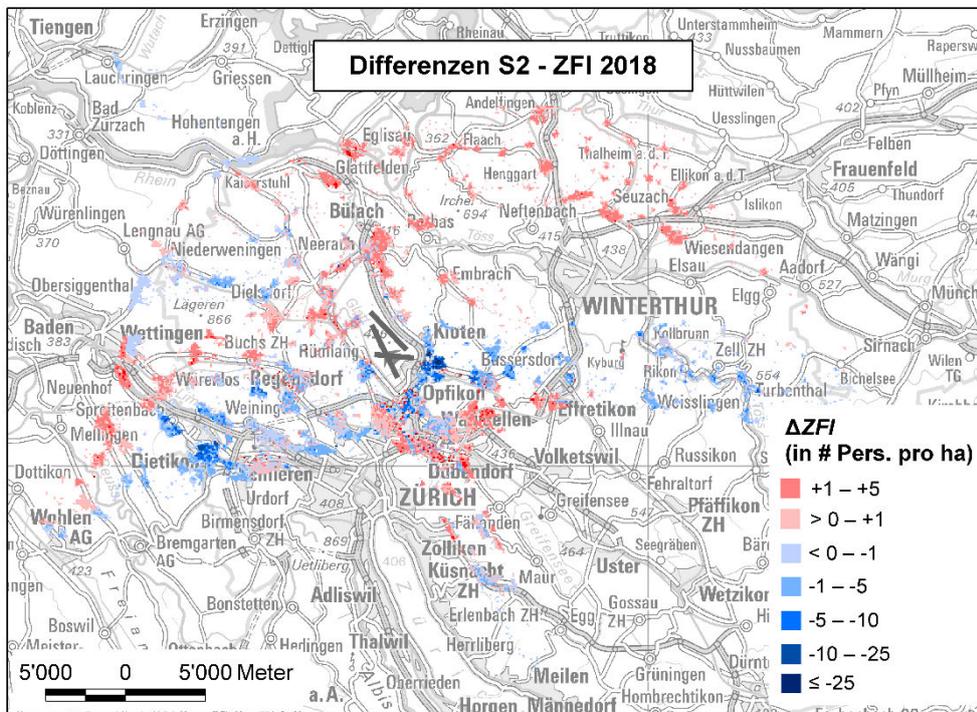
[08_Diff_s3-s1.mxd/png]

Abbildung 6-9 Differenzen im ZFI pro Hektare, Szenario S3 minus S1 (2030). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).



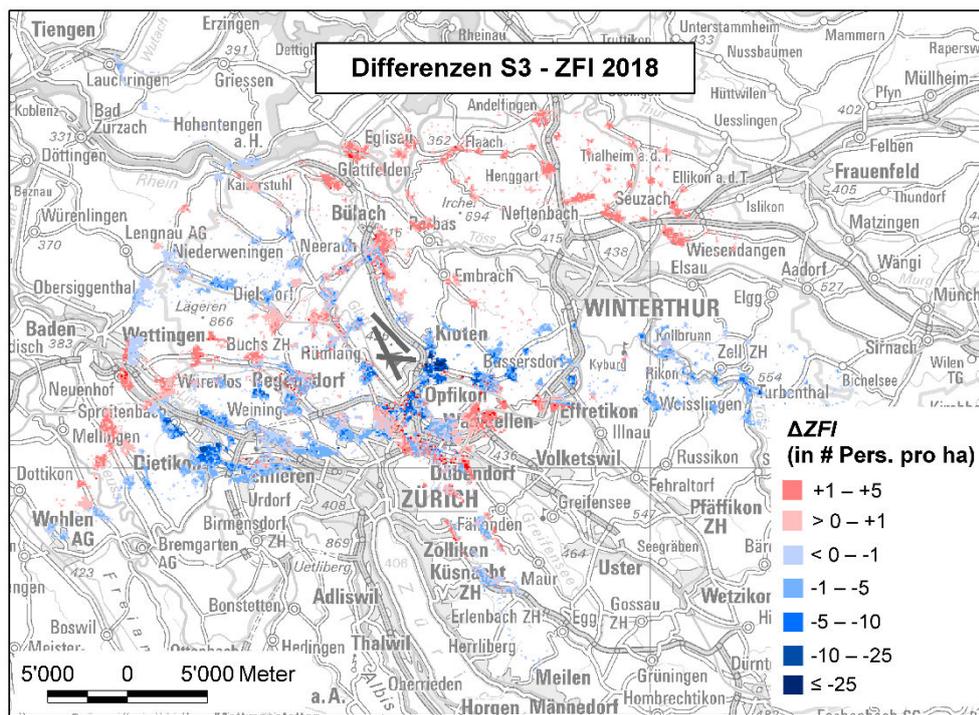
[09_Diff_s1-2018.mxd/png]

Abbildung 6-10 Differenzen im ZFI pro Hektare, Szenario S1 (2030) minus Zustand Z0 (2018). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).



[10_Diff_s2-2018.mxd/png]

Abbildung 6-11 Differenzen im ZFI pro Hektare, Szenario S1 (2030) minus Zustand Z0 (2018). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).



[11_Diff_s3-2018.mxd/png]

Abbildung 6-12 Differenzen im ZFI pro Hektare, Szenario S1 (2030) minus Zustand Z0 (2018). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).

6.4. Sensitivitätsanalyse: Szenario S1 mit Bewegungszahlen von Z0

Methodik: Mit der folgenden Sensitivitätsanalyse wird der Frage nachgegangen, wie viele HA, HSD und ZFI das Szenario S1 mit den Bewegungszahlen von Z0 (2018) verursacht hätte (**Szenario S1_BEW18**). Dazu wurden die Bewegungszahlen von S1 mit denjenigen von Z0 skaliert, separat für den Tag und die Nacht.

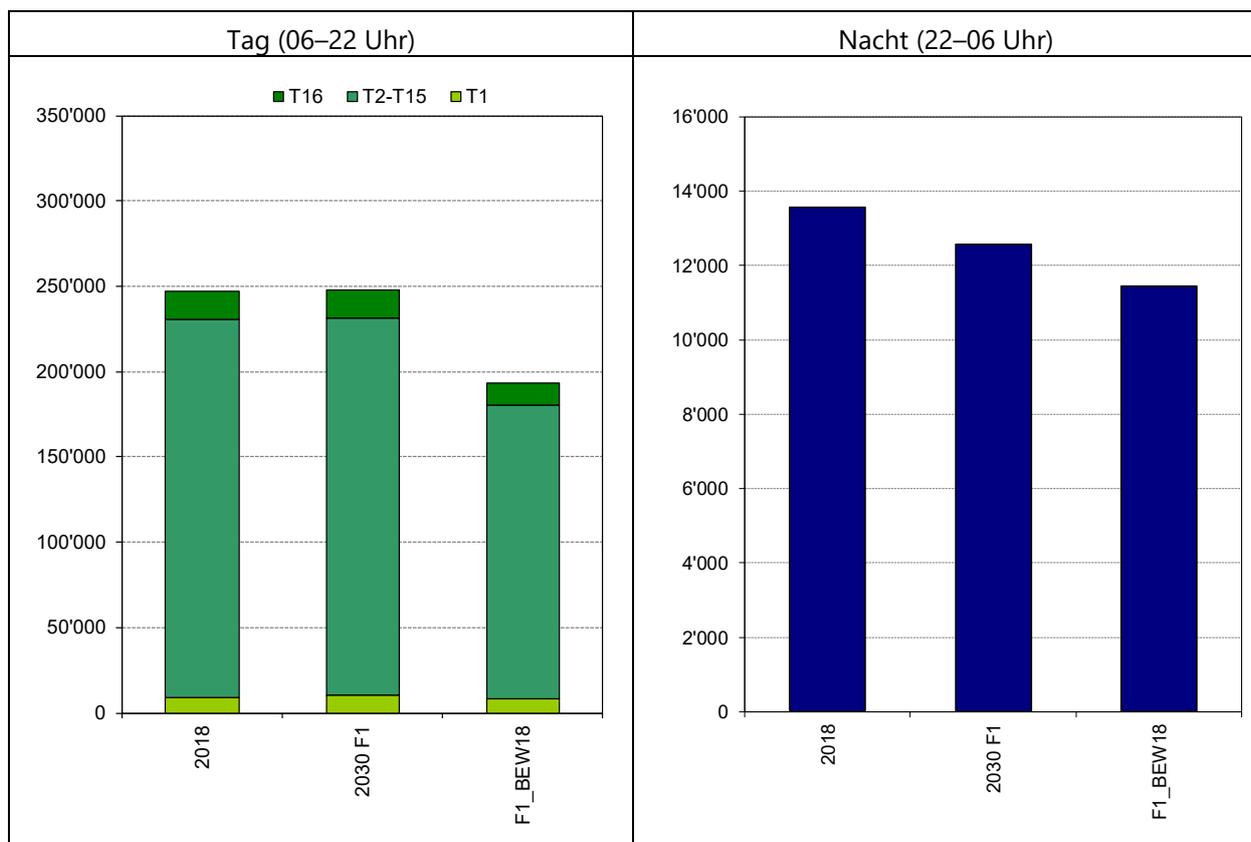
- **Tag:** Mit 247'031 (Z0) bzw. 316'545 Bewegungen am Tag (S1) ergibt sich ein Skalierungsfaktor von 0.78 (= Bewegungen Z0 / Bewegungen S1), bzw. für Pegel ein additiver Term von $10 \times \log(0.78) = -1.08$ dB (vgl. z.B. Kap. 5.1 in [17]). Der Skalierungsfaktor bzw. additive Term gilt für den ganzen Tag (bzw. für T1, T16 und T2-T15) und wird auf den Leq^*_{16} angewandt:

$$Leq^*_{16,skaliert} = Leq^*_{16} - 1.08 \text{ dB.}$$

- **Nacht:** Mit 13'558 (Z0) bzw. 14'894 Bewegungen in der Nacht (S1) ergibt sich ein Skalierungsfaktor von 0.91, bzw. für Pegel ein additiver Term von $10 \times \log(0.91) = -0.41$ dB. Der Skalierungsfaktor bzw. additive Term wird auf die AWR bzw. den Leq_N angewandt:

$$AWR_{skaliert} = 0.91 \times AWR, Leq_{N,skaliert} = Leq_N - 0.41 \text{ dB.}$$

Die skalierten Grössen $Leq^*_{16,skaliert}$, $Leq_{N,skaliert}$ und $AWR_{skaliert}$ für S1_BEW18 werden dabei aus den Leq^*_{16} , Leq_N und AWR von S1 berechnet. Abbildung 6-13 zeigt die aus der Skalierung resultierenden Energie-äquivalenten Bewegungszahlen von S1_BEW18, welche deutlich geringer als diejenigen von F1 und insbesondere auch Z0 (Tag -22%, Nacht -16%) sind.



[ZFI_Prog2030_V2_SENS2018_ohneS2S3_V1_fürBericht.xlsx / Bewegungszahlen]

Abbildung 6-13 Jährliche Energie-äquivalente Flugbewegungszahlen von Z0 (2018) und der Szenarien S1 (Prognose 2030) und S1_BEW18 für den Tag von 06–22 Uhr (links) sowie für die Nacht von 22–06 Uhr (rechts).

Basierend auf $Leq_{16,skaliert}^*$ werden die HA , basierend auf $Leq_{N,skaliert}$ und $AWR_{skaliert}$ die HSD , und daraus der ZFI von S1_BEW18 gemäss der in Kap. 3 erläuterten Methodik ermittelt. Die HA und HSD werden wiederum in einer Access-Datenbank hektarpunktspezifisch berechnet [ZFI_Prog2030_V1_SENS2018.mdb]. Die pro Handlungsraum, Kanton und Staatsgebiet zusammengefassten Daten befinden sich in einer Excel-Datei [ZFI_Prog2030_V2_SENS2018_ohneS2S3_V1.xlsx]. Zu Vergleichszwecken werden neben S1_BEW18 auch S1 und Z0 aufgeführt.

Resultate: Abbildung 6-14 zeigt die Anzahl Personen innerhalb der UP für die HA und die HSD . Am Tag liegt die Anzahl Personen innerhalb des UP für die HA von S1_BEW18 um 14% unter denjenigen von Z0. In der Nacht hingegen liegt die Anzahl Personen innerhalb des UP für die HSD von S1_BEW18 um 14% über denjenigen von Z0. Die Differenzen zwischen den in Abbildung 6-14 dargestellten Zustände bzw. Szenarien sind jedoch statistisch nicht signifikant (überlappende Fehlerbalken).

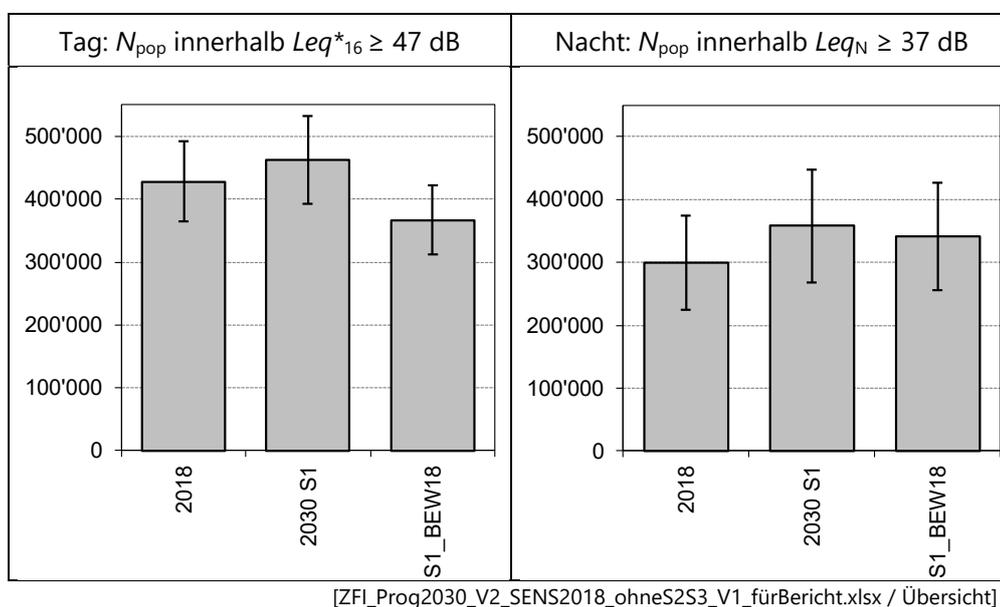
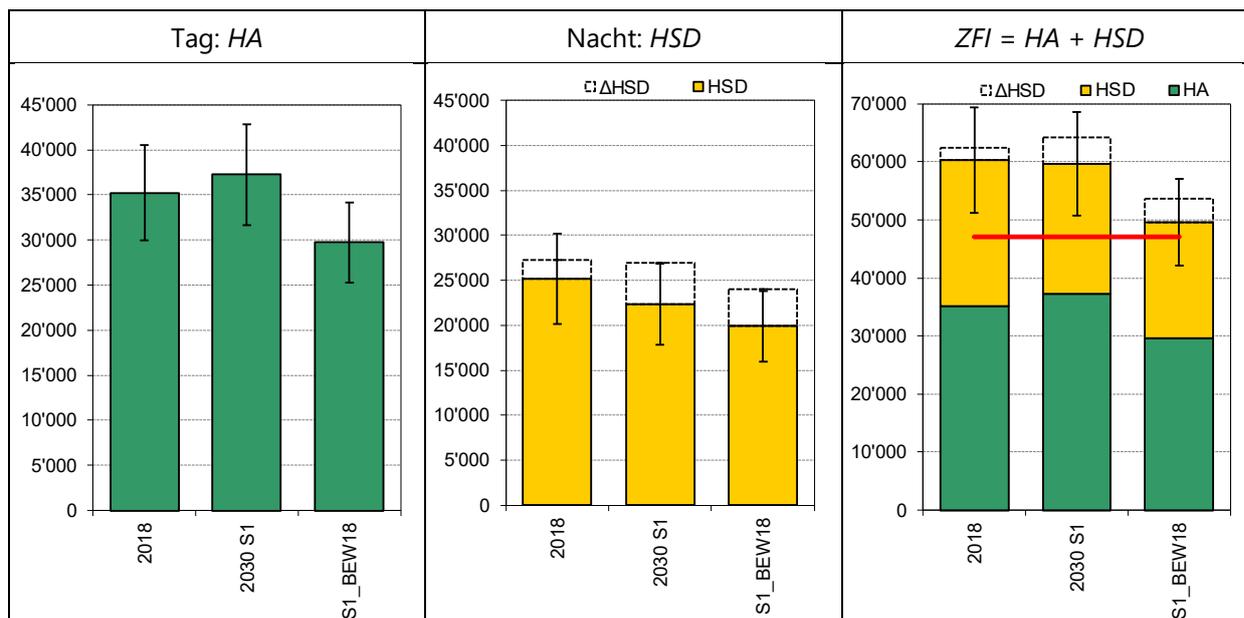


Abbildung 6-14 Anzahl Personen (N_{pop}) innerhalb der UP des Zustands Z0 (2018) und der Szenarien S1 (Prognose 2030) und S1_BEW18, und Standardunsicherheiten (Fehlerbalken) für den Tag (links) und die Nacht (rechts).

Bezüglich betroffener Personen ist das Szenario S1_BEW18 deutlich günstiger als S1 und Z0. Die HA , die HSD und der ZFI liegen um 16%, 21% und 18% unter denjenigen von Z0 (Abbildung 6-15, Tabelle 5-1). Die Differenzen zwischen den in Abbildung 6-15 dargestellten Zustände bzw. Szenarien sind jedoch statistisch nicht signifikant (überlappende Fehlerbalken). Der Zustand S1_BEW18 überschreitet mit 2'582 Personen bzw. 5% den Richtwert von 47'000 nur knapp und nicht signifikant (überlappende Fehlerbalken).



[ZFI_Prog2030_V2_SENS2018_ohneS2S3_V1_fürBericht.xlsx / Übersicht]

Abbildung 6-15 Anzahl HA am Tag (links), Anzahl HSD in der Nacht (Mitte), und Kombination zum ZFI (rechts), mit Standardunsicherheiten (Fehlerbalken) und Differenz ΔHSD ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen für den Zustand Z0 (2018) und die Szenarien S1 (Prognose 2030) und S1_BEW18. Zahlenwerte: Tabelle 6-1 und Tabelle 6-2.

Tabelle 6-3 HA, HSD und ZFI des Zustands Z0 und der Szenarien S1 und S1_BEW18 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen gemäss ZFI-VO [24].

Zustand/Szenario	Jahr	ΔHSD	HSD	ZFI
Z0	2018	35'223	25'124	60'347
S1	2030	37'251	22'336	59'587
S1_BEW18	-	29'708	19'873	49'582
Veränderung	absolut	+2'028	-2'788	-760
S1 – Z0	prozentual	+6%	-11%	-1%
Veränderung	absolut	-5'514	-5'251	-10'766
S1_BEW18 – Z0	prozentual	-16%	-21%	-18%

[ZFI_Prog2030_V2_SENS2018_ohneS2S3_V1_fürBericht.xlsx / Übersicht]

Tabelle 6-4 Differenzen (ΔHSD) zwischen den Berechnungen der HSD ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach alter ZFI-Verordnung [23] und mit Berücksichtigung gemäss aktueller ZFI-VO [24], sowie (inoffizielle) HSD und ZFI ohne passive Massnahmen des Jahres Z0 (2018) und der Szenarien S1 und S1_BEW18.

Zustand/Szenario	Jahr	ΔHSD	HSD	ZFI
Z0	2018	2'102	27'226	62'449
S1	2030	4'604	26'941	64'191
S1_BEW18	-	4'124	23'998	53'706

[ZFI_Prog2030_V2_SENS2018_ohneS2S3_V1_fürBericht.xlsx / Übersicht / ZFI/ HSD/ HA]

7. Datengrundlagen, Literatur, Begriffe und Abkürzungen

7.1. Datengrundlagen

- [A] AFV, 2019. *Version AFV_2030_Anteile_Flugzeugtypen_2019_09_05_Empa*.
Version AFV_2030_Anteile_Flugzeugtypen_2019_09_05_Empa.xlsx (Flottenmix der Szenarien S1–S3: Bewegungsanteile f_{BEW}), Datenlieferung per E-Mail von M. Dennler vom 09.09.2019.
- [B] FZAG, 2019. *ZFI Prognose 2030 Lärmminimiert*. Abschätzung der immissionsseitigen Differenzen zwischen im FLULA2-Quellendatensatz erfassten Flugzeugtypen und ähnlichen, noch nicht erfassten Typen, basierend auf Monitoring-Messungen (interne Auswertung FZAG). E-Mail von M. Bissegger vom 02.09.2019.
- [C] Statistisches Amt des Kantons Zürich, 2019: *WebTransfer ZH*.
ZFI_RESULTATE.accdb (Prognosen Bevölkerung und passive Schallschutzmassnahmen 2030), Methodendokumentation.docx (Dokumentation der Methodik), Datenlieferung per webtransfer von M. Gocke vom 22.08.2019.

7.2. Literatur

- [1] 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, Deutschland.
URL: http://www.dlr.de/me/en/Desktopdefault.aspx/tabid-2018/2944_read-4524/.
- [2] ECAC, 2016. *ECAC.CEAC Doc 29: Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports, Volume 1: Applications Guide. 4th ed.* European Civil Aviation Conference (ECAC), Neuilly-sur-Seine, France. URL: <https://www.ecac-ceac.org/ecac-doc-29>.
- [3] ECAC, 2016. *ECAC.CEAC Doc 29: Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports, Volume 2: Technical Guide. 4th ed.* European Civil Aviation Conference (ECAC), Neuilly-sur-Seine, France. URL: <https://www.ecac-ceac.org/ecac-doc-29>.
- [4] Empa, 2003. *Flughafen Zürich, UVB Vorläufiges Betriebsreglement (Eingabe 31.12.2003), Fachbericht Fluglärm, Hauptuntersuchung – Auswirkungen des Vorhabens auf den Menschen und die Umwelt*. Bericht Nr. 427'733 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [5] Empa, 2006. *Zürcher Fluglärmindex ZFI, Berechnungsvorschrift. Version 2*. Bericht Nr. 441'255 - 4. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf, Switzerland. URL: <http://www.afv.zh.ch/zfi>.
- [6] Empa, 2006. *Zürcher Fluglärmindex ZFI, Technische Umsetzung der Machbarkeitsstudie. Version 2*. Bericht Nr. 441'255 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [7] Empa, 2009. *Flughafen Zürich, Sachplan Infrastruktur Luftfahrt (SIL), Berechnungen 2008 / 2009. Teilbericht 2: Fluglärmrechnungen der Varianten*. Bericht Nr. 450'279 - 2. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
URL: <https://www.bazl.admin.ch>.
- [8] Empa, 2010. *FLULA2, Ein Verfahren zur Berechnung und Darstellung der Fluglärmbelastung. Technische Programm-Dokumentation. Version 4*. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf. URL: <http://www.empa.ch/web/s509/flula2>.
- [9] Empa, 2015. *Flughafen Zürich, Fluglärmrechnungen zum SIL-Koordinationsprozess (SIL2), Berechnungen 2015, Variante 4-LVP. Teilbericht 1: Basissimulation Flugspuren*. Bericht Nr. 5214.009409 - 1.

- Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf. URL: <https://www.bazl.admin.ch>.
- [10] Empa, 2017. *Flughafen Zürich, Fluglärmrechnungen zum SIL-Koordinationsprozess (SIL2), Teilbericht 3: Ergänzender Bericht - Variante 4-LVP**. Bericht Nr. 5214.015797. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [11] Empa, 2019. *Flughafen Zürich, Betriebsreglementsänderung 2017, Fluglärmrechnungen nach Lärmschutz-Verordnung*. Bericht Nr. 5214.022041. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [12] Empa, 2019. *Flughafen Zürich, UVB Pistenverlängerungen 28 und 32, Fluglärmrechnungen nach Lärmschutz-Verordnung*. Bericht Nr. 5214.019524 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [13] Empa, 2019. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2018*. Bericht Nr. 5214.021166 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf. URL: <http://www.vd.zh.ch/flughafenbericht>.
- [14] Empa, 2019. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2018*. Bericht Nr. 5214.021462. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [15] Empa, 2019. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2018, Einfluss der Fensterschliessmechanismen und des aktualisierten Quellendatensatzes von FLULA2 auf den ZFI*. Bericht Nr. 5214.021166 - 3. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [16] Empa, 2019. *FLULA2 — Auswirkungen neuer, aus sonAIR abgeleiteter Quellendaten auf Fluglärm-Belastungsrechnungen*. Bericht Nr. 5214.019893. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [17] Empa, 2020. *Flughafen Zürich, UVB Pistenverlängerung 28 und 32, Zürcher Fluglärm-Index ZFI gemäss ZFI-VO*. Bericht Nr. 5214.024030 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [18] Flughafengesetz, 1999. *Gesetz über den Flughafen Zürich (Flughafengesetz) vom 12. Juli 1999*. LS 748.1. URL: <http://www.zhlex.zh.ch/Erlass.html?Open&Ordnr=748.1>.
- [19] Isermann, U., K. Matschat, E.-A. Müller, und V. Nitsche, 1989. *The effect of air traffic increase and phasing-out of stage 2 aircraft on the noise exposure around airports*. in *Proceedings of the 1989 International Conference on Noise Control Engineering (Inter-Noise 1989)*. Newport Beach, California: ISBN 0-931784-20-4, available from Noise Control Foundation, Arlington Branch Poughkeepsie, NY 12603.
- [20] LSV, 1986. *Lärmschutz-Verordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986 (Stand am Stand am 7. Mai 2019)*. SR 814.41. URL: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/8/814.41.de.pdf>.
- [21] Miedema, H.M.E. und 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.
- [22] Thomann, G., 2007. *Mess- und Berechnungsunsicherheit von Fluglärmbelastungen und ihre Konsequenzen*. Dissertation, Diss. ETH Nr. 17433. ETH Zürich, Zürich, Schweiz. URL: <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/view/eth:29931>.
- [23] ZFI-Verordnung, 2009. *Verordnung über den Zürcher Fluglärm-Index vom 4. November 2009*. LS 748.15.
- [24] ZFI-Verordnung, 2011. *Verordnung zum Zürcher Fluglärm-Index (ZFI-VO) vom 7. Dezember 2011*. LS 748.15. URL: <http://www.zhlex.zh.ch/Erlass.html?Open&Ordnr=748.15>.

7.3. Begriffe und Abkürzungen

AWR	Aufwachreaktionen
B1	Bevölkerungs-Szenario 2030, PM mit Fortschreibung der Entwicklung wie bisher
B2	Bevölkerungs-Szenario 2030, PM mit beschleunigter Entwicklung
BR2017	Betriebsreglementsänderung 2017
F1	Flugbetriebs-Szenario, Nullfall
F2	Flugbetriebs-Szenario, Fall §3, total 320'000 Bewegungen
F3	Flugbetriebs-Szenario, Planfall mit beschleunigt erneuerter Flotte
f _{BEW}	Bewegungsanteile der Flugzeugtypen gemäss aktuellem Quellendatensatz RC2018_01 an den Bewegungen der Flugzeugtypen gemäss früherem Quellendatensatz RC2012_01
FLULA2	Fluglärmsimulationsprogramm der Empa
Footprint	Flugzeugtyp- und flugbahn- resp. flugroutenspezifischer mittlerer Ereignis- oder Maximalpegel, normiert auf eine Bewegung und bezogen auf eine Sekunde
HA	<i>Highly Annoyed</i> ; Anzahl der durch Fluglärm während des Wachzustands am Tag stark belästigten Personen
HSD	<i>Highly Sleep Disturbed</i> ; Anzahl der durch Fluglärm im Schlaf während der Nacht stark gestörten Personen
L _{AE}	Ereignispegel
LAP	Quellendaten: Code für Landungen
L _{AS,max}	Maximalpegel
Leq* ₁₆	Tagesrandstundengewichteter 16h-Mittelungspegel am Tag (06–22 Uhr)
Leq _N	8h-Mittelungspegel in der Nacht (22–06 Uhr)
LSV	Lärmschutz-Verordnung
N	Nacht (22–06 h)
n _{äq}	Gewichtungsfaktoren zur Ermittlung der Energie-äquivalente Bewegungen
PM	Passive Schallschutzmassnahmen
ROK	Raumordnungskonzept
S1	Szenario 1: Kombination der Flugbetriebs-Prognose F1 mit der Bevölkerungsprognose B1
S1_BEW18	Szenario S1 mit den Bewegungszahlen 2018, verwendet für Sensitivitätsanalyse
S2	Szenario 1: Kombination der Flugbetriebs-Prognose F2 mit der Bevölkerungsprognose B1
S3	Szenario 3: Kombination der Flugbetriebs-Prognose F3 mit der Bevölkerungsprognose B2
SFT	Quellendaten: Code für Starts mit voller Leistung
SIL	Sachplan Infrastruktur Luftfahrt
SVG	Quellendaten: Code für Starts mit reduzierter Leistung
T1	Erste Tagesstunde (06–07 h)

T16	Letzte Tagesstunde (21–22 h)
T2-T15	Übrige Tagesstunden (07–21 h)
UP	Untersuchungsperimeter
Z0	Ist-Zustand, realer Betrieb im Jahr 2018
ZFI	Zürcher Fluglärm-Index
ZFI-VO	Verordnung zum Zürcher Fluglärm-Index
ΔHSD	Differenz der <i>HSD</i> -Werte mit und ohne Berücksichtigung der PM

8. Verzeichnisse

8.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5-1	Ablaufschema: "Übersetzung" der Original-Bewegungsstatistiken in Energie-äquivalente Bewegungsstatistiken. Schritt 1: Umlegen der Bewegungen der früheren Flugzeugtypen (RC2012_01) in die aktuellen Typen (RC2018_01) mittels Bewegungsanteilen (f_{BEW}), Schritt 2: Ermittlung der energieäquivalenten Bewegungen ($n_{\text{äq}}$), Schritt 3: "Rückübersetzung" (Zusammenfassung) in den Flottenmix bzw. die Bewegungsstatistiken von RC2012_01 mit Energie-äquivalenten Bewegungen.	13
Abbildung 5-2	Jährliche Flugbewegungszahlen von Z0 (2018) sowie der Flugbetriebs-Szenarien F1 bis F3 (Original und Energie-äquivalent) für den Tag von 06–22 Uhr (oben) sowie für die Nacht von 22–06 Uhr (unten).	15
Abbildung 6-1	Untersuchungsperimeter des Jahres 2018 (Z0) und der drei Flugbetriebs-Szenarien der Prognose 2030 (F1–F3) für die Berechnung (a) der <i>HA</i> und (b) der <i>HSD</i> . Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).	18
Abbildung 6-2	Flächen der UP des Zustands Z0 (2018) und der Flugbetriebs-Szenarien F1–F3 (oben), Anzahl Personen innerhalb der UP von Z0 und der Szenarien S1–S3 (N_{pop} , unten), und Standardunsicherheiten (Fehlerbalken) für den Tag (links) und die Nacht (rechts). Zahlenwerte: Kap. 9.2.	19
Abbildung 6-3	Anzahl <i>HA</i> am Tag (links), Anzahl <i>HSD</i> in der Nacht (Mitte), und Kombination zum <i>ZFI</i> (rechts), mit Standardunsicherheiten (Fehlerbalken) und Differenz ΔHSD ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen für den Zustand Z0 (2018) und die Szenarien S1–S3 (Prognose 2030). Zahlenwerte: Tabelle 6-1 und Tabelle 6-2.	20
Abbildung 6-4	<i>ZFI</i> pro Hektare für den Zustand Z0 (2018, aus [13]). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).	22
Abbildung 6-5	<i>ZFI</i> pro Hektare für Szenario S1 (2030). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).	22
Abbildung 6-6	<i>ZFI</i> pro Hektare für Szenario S2 (2030). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).	23
Abbildung 6-7	<i>ZFI</i> pro Hektare für Szenario S3 (2030). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).	23
Abbildung 6-8	Differenzen im <i>ZFI</i> pro Hektare, Szenario S2 minus S1 (2030). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).	24
Abbildung 6-9	Differenzen im <i>ZFI</i> pro Hektare, Szenario S3 minus S1 (2030). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).	24
Abbildung 6-10	Differenzen im <i>ZFI</i> pro Hektare, Szenario S1 (2030) minus Zustand Z0 (2018). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).	25

Abbildung 6-11	Differenzen im <i>ZFI</i> pro Hektare, Szenario S1 (2030) minus Zustand Z0 (2018). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).....	25
Abbildung 6-12	Differenzen im <i>ZFI</i> pro Hektare, Szenario S1 (2030) minus Zustand Z0 (2018). Übersichtskarte PK500: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).....	26
Abbildung 6-13	Jährliche Energie-äquivalente Flugbewegungszahlen von Z0 (2018) und der Szenarien S1 (Prognose 2030) und S1_BEW18 für den Tag von 06–22 Uhr (links) sowie für die Nacht von 22–06 Uhr (rechts).....	27
Abbildung 6-14	Anzahl Personen (N_{pop}) innerhalb der UP des Zustands Z0 (2018) und der Szenarien S1 (Prognose 2030) und S1_BEW18, und Standardunsicherheiten (Fehlerbalken) für den Tag (links) und die Nacht (rechts).....	28
Abbildung 6-15	Anzahl <i>HA</i> am Tag (links), Anzahl <i>HSD</i> in der Nacht (Mitte), und Kombination zum <i>ZFI</i> (rechts), mit Standardunsicherheiten (Fehlerbalken) und Differenz ΔHSD ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen für den Zustand Z0 (2018) und die Szenarien S1 (Prognose 2030) und S1_BEW18. Zahlenwerte: Tabelle 6-1 und Tabelle 6-2.....	29

8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1	Berechnungsausschnitte: Planvierecke in Schweizer Landeskoordinaten (CH1903/LV03), Ausdehnung und Maschenweite.....	7
Tabelle 5-1	Absolute (Δ_{abs}) und relative (Δ_{rel}) prognostizierte Zunahme der Bevölkerungszahlen in den Handlungsräumen des Kantons Zürich zwischen den Jahren 2018 und 2030 (B1 und B2).....	16
Tabelle 5-2	Absolute (Δ_{abs}) und relative (Δ_{rel}) prognostizierte Zunahme der passiven Schallschutzmassnahmen (PM) in den Handlungsräumen des Kantons Zürich zwischen den Jahren 2018 und 2030 (B1 und B2) sowie zwischen den Szenarien B1 und B2.....	16
Tabelle 6-1	<i>HA</i> , <i>HSD</i> und <i>ZFI</i> des Zustands Z0 und der Szenarien S1–S3 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen gemäss ZFI-VO [24].....	21
Tabelle 6-2	Differenzen (ΔHSD) zwischen den Berechnungen der <i>HSD</i> ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach alter <i>ZFI</i> -Verordnung [23] und mit Berücksichtigung gemäss aktueller <i>ZFI</i> -VO [24], sowie (inoffizielle) <i>HSD</i> und <i>ZFI</i> ohne passive Massnahmen des Zustands Z0 und der Szenarien (S1 bis S3).....	21
Tabelle 6-3	<i>HA</i> , <i>HSD</i> und <i>ZFI</i> des Zustands Z0 und der Szenarien S1 und S1_BEW18 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen gemäss ZFI-VO [24].....	29
Tabelle 6-4	Differenzen (ΔHSD) zwischen den Berechnungen der <i>HSD</i> ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach alter <i>ZFI</i> -Verordnung [23] und mit Berücksichtigung gemäss aktueller <i>ZFI</i> -VO [24], sowie (inoffizielle) <i>HSD</i> und <i>ZFI</i> ohne passive Massnahmen des Jahres Z0 (2018) und der Szenarien S1 und S1_BEW18.....	29

Tabelle 9-1	Bewegungsanteile (f_{BEW}) der Flugzeugtypen gemäss aktuellem Quellendatensatz RC2018_01 an den Bewegungen der Flugzeugtypen gemäss früherem Quellendatensatz RC2012_01, für die Flugbetriebs-Szenarien F1 bis F3. Die Werte der grauen Spalten wurden für die Ermittlung der Energie-äquivalenten Bewegungsstatistiken verwendet. 37
Tabelle 9-2	Ereignispegel (L_{AE}) bei einem Überflug in 1'000 ft nach dem Cutback (aus [8]) für Starts mit reduzierter (SVG) und voller Leistung (SFT) für die Flugzeugtypen des früheren (RC2012_01) und aktuellen (RC2018_01) Quellendatensatz, Pegeldifferenzen (ΔL_{AE}) und resultierende Gewichtungsfaktoren zur Ermittlung der Energie-äquivalente Bewegungen ($n_{\text{äq}}$). Annahme: SFT ab Pisten 16, 32 und 34, SVG ab Pisten 10 und 28. Die Werte der grauen Spalten wurden für die Ermittlung der Energie-äquivalenten Bewegungsstatistiken verwendet. 38
Tabelle 9-3	Ereignispegel (L_{AE}) bei einem Überflug in 1'000 ft [8] für Landungen (LAP) für die Flugzeugtypen des früheren (RC2012_01) und aktuellen (RC2018_01) Quellendatensatz, Pegeldifferenzen (ΔL_{AE}) und resultierende Gewichtungsfaktoren zur Ermittlung der Energie-äquivalente Bewegungen ($n_{\text{äq}}$). Die Werte der grauen Spalten wurden für die Ermittlung der Energie-äquivalenten Bewegungsstatistiken verwendet. 39
Tabelle 9-4	Jährliche Flugbewegungszahlen der Grossflugzeuge des Zustands Z0 (2018) sowie der Flugbetriebs-Szenarien F1–F3 (Prognose 2030): Reale (Original-Bewegungsstatistiken des Zustands BR2017 Zt+ [17]) und Energie-äquivalenten Flugbewegungszahlen (En-äq.), sowie relative Differenzen (in %) zwischen Z0 und S1–S3 (2018). Die Energie-äquivalenten Bewegungen sind grau markiert. Bewegungen während erster Tagesstunde (T1), übrigen Tagesstunden (T2-T15), letzter Tagesstunde (T16), gesamtem Tag (T), Nacht (N), sowie insgesamt (total). 40
Tabelle 9-5	Flächen (km ²) und Anzahl Personen (AP) im Untersuchungsperimeter (UP) des Zustands Z0 und der Szenarien S1–S3. 40
Tabelle 9-6	ZFI für den Zustand Z0 (2018) und die Szenarien S1–S3 (2030) in den Kantonen Aargau, Schaffhausen, Thurgau und Zürich, sowie in Deutschland, unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [24]. 41

Das Tabellenverzeichnis der Beilage 1 (Bewegungsstatistiken) ist in Kapitel 9.7 aufgeführt.

9. Anhang

9.1. Bewegungsanteile, Umrechnungsfaktoren Energie-äquivalente Bewegungen

Tabelle 9-1 Bewegungsanteile (f_{BEW}) der Flugzeugtypen gemäss aktuellem Quelldatensatz RC2018_01 an den Bewegungen der Flugzeugtypen gemäss früherem Quelldatensatz RC2012_01, für die Flugbetriebs-Szenarien F1 bis F3. Die Werte der grauen Spalten wurden für die Ermittlung der Energie-äquivalenten Bewegungsstatistiken verwendet.

Starts und Landungen		F1 und F2	F3
RC-Typ RC 2012_01	RC2018_01	Anteile	
		f_{BEW} für F1 und F2	f_{BEW} für F3
A3103	A3103	1	1
A319	A319	0.1	0.1
	BCS1	0.4	0.4
	BCS3	0.5	0.5
A320	A320 (inkl. 70% (F1&F3) bzw. 90% (F3) A320N) *	0.65	0.55
A321	A321 (inkl. 70% (F1&F3) bzw. 90% (F3) A321N) *	0.65	0.55
A3302	A3302	0	0
	A3303	1	1
A3403	A3403	0.1	0
	A380	0.9	1
A3406	A3406	1	1
AS332	AS332	1	1
B73F	B7374	0.5	0.1
	B7378 (inkl. 10% (F1&F3) bzw. 90% (F3) B737Max) *	0.25	0.45
B73S	B7373	0.5	0.1
	B7377	0.5	0.9
B7473	B7473	1	1
B7474	B7474	1	1
B7572	B7572	1	1
B7673	B7673	0.4	0.4
	B7674	0.6	0.6
B7772	B7772	0.1	0
	B7773 (inkl. 30% (F1&F3) bzw. 40% (F3) A350) *	0.45	0.4
	B7878	0.3	0.4
CL65	CL65	1	1
E145	E145	1	1
FK10	FK10	1	1
FK70	FK70	0	0
	CL90	0.2	0.2
	E170	0.2	0.2
	E190 (inkl. 30% (F1&F3) bzw. 60% (F3) E190-E2) *	0.45	0.3
MD11	MD11	1	1
TU54M	TU54M	1	1

* zugeordnete Typen enthalten bereits eine pauschale Korrektur $n_{\text{äq}} = 0.5$.

Hier ist die Summe der f_{BEW} pro früherem (RC2012_01) Typ kleiner als 1..

[BewAnteile_GewFaktorenAeqBew_V1.xlsx]

Tabelle 9-2 Ereignispegel (L_{AE}), welcher für die Leistungssetzung des Flugzustands nach dem Cutback repräsentiert, ausgewiesen für eine Überflughöhe in 1'000 ft (aus [8]) für Starts mit reduzierter (SVG) und voller Leistung (SFT) für die Flugzeugtypen des früheren (RC2012_01) und aktuellen (RC2018_01) Quelldatensatz, Pegeldifferenzen (ΔL_{AE}) und resultierende Gewichtungsfaktoren zur Ermittlung der Energie-äquivalente Bewegungen ($n_{\text{äq}}$). Annahme: SFT ab Pisten 16, 32 und 34, SVG ab Pisten 10 und 28. Die Werte der grauen Spalten wurden für die Ermittlung der Energie-äquivalenten Bewegungsstatistiken verwendet.

Starts		F1-F3							
RC-Typ		RC2012_01		RC2018_01		RC2018_01 vs. RC2012_01			
RC 2012_01	RC2018_01	L_{AE} SVG [dB]	L_{AE} SFT [dB]	L_{AE} SVG [dB]	L_{AE} SFT [dB]	ΔL_{AE} SVG [dB]	ΔL_{AE} SFT [dB]	$n_{\text{äq}}$ SVG	$n_{\text{äq}}$ SFT
A3103	A3103	96.8	96	96.8	96	0	0	1	1
A319	A319	92.9	-	92.4	92.7	-0.5	-	0.9	-
	BCS1	92.9	-	87.9	87.8	-5	-	0.3	-
	BCS3	92.9	-	87.9	87.7	-5	-	0.3	-
A320	A320 (inkl. A320N) *	94	93.6	92.1	92.3	-1.9	-1.3	0.6	0.7
A321	A321 (inkl. A321N) *	95.5	94.9	93.2	93.3	-2.3	-1.6	0.6	0.7
A3302	A3302	96.8	96.8	96.8	96.8	0	0	1	1
	A3303	96.8	96.8	95.3	95.1	-1.5	-1.7	0.7	0.7
A3403	A3403	94.3	96.1	96.8	96.6	2.5	0.5	1.8	1.1
	A380	94.3	96.1	97.7	-	3.4	-	2.2	-
A3406	A3406	97.8	-	97.8	-	0	-	1	-
AS332	AS332	84.5	-	84.5	-	0	-	1	-
B73F	B7374	94.7	94.4	94.7	-	0	-	1	-
	B7378 (inkl. B737Max) *	94.7	94.4	94.8	-	0.1	-	1.0	-
B73S	B7373	94.7	94.6	93.7	-	-1	-	0.8	-
	B7377	94.7	94.6	92.7	-	-2	-	0.6	-
B7473	B7473	101.7	103.1	101.7	103.1	0	0	1	1
B7474	B7474	98.3	101.3	98.3	101.3	0	0	1	1
B7572	B7572	94.1	-	94.1	-	0	-	1	-
B7673	B7673	99.7	98.9	99.2	-	-0.5	-	0.9	-
	B7674	99.7	98.9	95.2	-	-4.5	-	0.4	-
B7772	B7772	95.9	95.1	95.9	95.1	0	0	1	1
	B7773 (inkl. A350) *	95.9	95.1	96.9	96	1	0.9	1.3	1.2
	B7878	95.9	95.1	93.3	-	-2.6	-	0.5	-
CL65	CL65	85.2	-	85.2	-	0	-	1	-
E145	E145	87	-	87	-	0	-	1	-
FK10	FK10	93	-	93.1	-	0.1	-	1.0	-
FK70	FK70	91.5	-	91.5	-	0	-	1	-
	CL90	91.5	-	91	-	-0.5	-	0.9	-
	E170	91.5	-	92.3	-	0.8	-	1.2	-
	E190 (inkl. E190-E2) *	91.5	-	91.8	-	0.3	-	1.1	-
MD11	MD11	100.5	100.8	100.5	100.8	0	0	1	1
TU54M	TU54M	101.1	-	101.1	-	0	-	1	-

* zugeordnete Typen. Unterschiedliche Schallemissionen werden bereits in Bewegungsanteilen berücksichtigt.

[BewAnteile_GewFaktorenAeqBew_V1.xlsx]

Tabelle 9-3 Ereignispegel (L_{AE}), welcher für die Leistungssetzung des Flugzustands nach dem Cutback repräsentiert, ausgewiesen für eine Überflughöhe in 1'000 ft (aus [8]), für Landungen (LAP) für die Flugzeugtypen des früheren (RC2012_01) und aktuellen (RC2018_01) Quelldatensatz, Pegeldifferenzen (ΔL_{AE}) und resultierende Gewichtungsfaktoren zur Ermittlung der Energie-äquivalente Bewegungen ($n_{äq}$). Die Werte der grauen Spalten wurden für die Ermittlung der Energie-äquivalenten Bewegungsstatistiken verwendet.

Starts		F1-F3			
RC-Typ		RC2012_01	RC2018_01	RC2018_01 vs. RC2012_01	
RC 2012_01	RC2018_01	L_{AE} LAP [dB]	L_{AE} LAP [dB]	ΔL_{AE} LAP [dB]	$n_{äq}$ LAP
A3103	A3103	88.2	88.2	0	1
A319	A319	85.5	86.1	0.6	1.1
	BCS1	85.5	80.1	-5.4	0.3
	BCS3	85.5	81.4	-4.1	0.4
A320	A320 (inkl. A320N) *	85.7	85.5	-0.2	1.0
A321	A321 (inkl. A321N) *	86.8	86.1	-0.7	0.9
A3302	A3302	87.2	87.2	0	1
	A3303	87.2	86.8	-0.4	0.9
	B7878 ("alte ZuO") ‡	87.2	85.8	-1.4	0.7
A3403	A3403	86.2	87.3	1.1	1.3
	A380	86.2	89.7	3.5	2.2
A3406	A3406	87.7	87.7	0	1
AS332	AS332	85.3	85.3	0	1
B73F	B7374	86.9	84.9	-2	0.6
	B7378 (inkl. B737Max) *	86.9	84.9	-2	0.6
B73S	B7373	85.776	85.7	-0.076	1.0
	B7377	85.776	84.1	-1.676	0.7
B7473	B7473	97.4	97.4	0	1
B7474	B7474	91.1	91.1	0	1
B7572	B7572	87.2	87.2	0	1
B7673	B7673	87.7	87.9	0.2	1.0
	B7674	87.7	90.8	3.1	2.0
B7772	B7772	87.5	87.5	0	1
	B7773 (inkl. A350) *	87.5	87.5	0	1.0
	B7878 ("neue ZuO") ‡	87.5	85.8	-1.7	0.7
CL65	CL65	80.8	80.8	0	1
E145	E145	79.6	79.6	0	1
FK10	FK10	82.3	82.4	0.1	1.0
FK70	FK70	79.8	79.8	0	1
	CL90	79.8	82	2.2	1.7
	E170	79.8	82.4	2.6	1.8
	E190 (inkl. E190-E2) *	79.8	83.8	4	2.5
MD11	MD11	91.3	91.3	0	1
TU54M	TU54M	90.8	90.8	0	1

* zugeordnete Typen. Unterschiedliche Schallemissionen werden bereits in Bewegungsanteilen berücksichtigt.

‡ B7878 in ursprünglichen Bewegungsstatistiken (RC2012_01) dem A3302 zugeordnet, später dem B7772.

[BewAnteile_GewFaktorenAeqBew_V1.xlsx]

9.2. Jährliche Flugbewegungszahlen der Grossflugzeuge

Tabelle 9-4 Jährliche Flugbewegungszahlen der Grossflugzeuge des Zustands Z0 (2018) sowie der Flugbetriebs-Szenarien F1–F3 (Prognose 2030): Reale (Original-Bewegungsstatistiken des Zustands BR2017 Zt+ [17]) und Energie-äquivalenten Flugbewegungszahlen (En-äq.), sowie relative Differenzen (in %) zwischen Z0 und S1–S3 (2018). Die Energie-äquivalenten Bewegungen sind grau markiert. Bewegungen während erster Tagesstunde (T1), übrigen Tagesstunden (T2–T15), letzter Tagesstunde (T16), gesamtem Tag (T), Nacht (N), sowie insgesamt (total).

		T1 (06–07 h)	T2-T15 (07–21 h)	T16 (21–22 h)	T (06–22 h)	N (22–06 h)	Total
Zustand / Szenario	Z0 (2018)	9'329	221'594	16'108	247'031	13'558	260'589
	S1 (2030)	13'132	283'190	20'224	316'545	14'894	331'439
	S2 (2030)	12'657	272'956	19'493	305'106	14'894	320'000
	S3 (2030)	13'132	283'190	20'224	316'546	14'894	331'439
	S1 _{En-äq.}	10'197	221'049	16'576	247'823	12'574	260'397
	S2 _{En-äq.}	9'829	213'061	15'977	238'867	12'574	251'441
	S3 _{En-äq.}	9'146	192'683	14'162	215'990	10'918	226'909
Relative Differenzen	S1 – Z0	41%	28%	26%	28%	10%	27%
	S2 – Z0	36%	23%	21%	24%	10%	23%
	S3 – Z0	41%	28%	26%	28%	10%	27%
	S1 _{En-äq.} – Z0	9%	0%	3%	0%	-7%	0%
	S2 _{En-äq.} – Z0	5%	-4%	-1%	-3%	-7%	-4%
	S3 _{En-äq.} – Z0	-2%	-13%	-12%	-13%	-19%	-13%

[ZFI_Prog2030_V2.xlsx / Bewegungszahlen]

9.3. Untersuchungsperimeter

Tabelle 9-5 Flächen (km²) und Anzahl Personen (AP) im Untersuchungsperimeter (UP) des Zustands Z0 und der Szenarien S1–S3

Zustand / Szenario	Tag (06–22 Uhr)		Nacht (22–06 Uhr)	
	Fläche UP	AP im UP	Fläche UP	AP im UP
Z0 (2018)	436.2	428'427	463.8	298'715
S1 (2030)	438.2	462'813	532.9	358'486
S2 (2030)	424.4	446'594	532.9	358'486
S3 (2030)	391.1	405'766	483.2	337'302

[ZFI_Prog2030_V2.xlsx / Übersicht]

9.4. ZFI aufgeschlüsselt nach Handlungsräumen, Kantonen und Staatsgebiet

Tabelle 9-6 ZFI für den Zustand Z0 (2018) und die Szenarien S1–S3 (2030) in den Kantonen Aargau, Schaffhausen, Thurgau und Zürich, sowie in Deutschland, unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [24].

Kanton / Land	Handlungsraum	Z0*	S1*	S2*	S3*
Aargau	-	2'828	3'114	3'040	2'416
Deutschland	-	143	99	94	82
Schaffhausen	-	22	119	119	106
Thurgau	-	11	15	15	2
Zürich	Kulturlandschaft	4'978	4'509	4'437	3'858
	Landschaft unter Druck	13'273	14'212	13'991	12'498
	Naturlandschaft	273	728	723	651
	Stadtlandschaft	31'376	28'681	27'963	25'293
	urbane Wohnlandschaft	7'444	8'109	7'957	7'056
Total		60'347	59'587	58'340	51'961

[ZFI_Prog2030_V2.xlsx / ZFI]

9.5. HA aufgeschlüsselt nach Handlungsräumen, Kantonen und Staatsgebiet

Tabelle 9-4 HA für den Zustand Z0 (2018) und die Szenarien S1–S3 (2030) in den Kantonen Aargau, Schaffhausen, Thurgau und Zürich, sowie in Deutschland.

Kanton / Land	Handlungsraum	Z0	S1	S2	S3
Aargau	-	710	588	514	323
Deutschland	-	143	99	94	82
Schaffhausen	-	0	0	0	0
Thurgau	-	0	0	0	0
Zürich	Kulturlandschaft	1'965	1'734	1'662	1'493
	Landschaft unter Druck	6'776	7'751	7'530	6'992
	Naturlandschaft	64	190	185	172
	Stadtlandschaft	21'238	22'491	21'773	20'166
	urbane Wohnlandschaft	4'328	4'398	4'246	3'881
Total		35'223	37'251	36'004	33'109

[ZFI_Prog2030_V2.xlsx / HA]

9.6. HSD aufgeschlüsselt nach Handlungsräumen, Kantonen und Staatsgebiet

Tabelle 9-5 HSD für den Zustand Z0 (2018) und die Szenarien S1–S3 (2030) in den Kantonen Aargau, Schaffhausen, Thurgau und Zürich, sowie in Deutschland, unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [24].

Kanton / Land	Handlungsraum	Z0*	S1*	S2*	S3*
Aargau	-	2'118	2'526	2'526	2'093
Deutschland	-	0	0	0	0
Schaffhausen	-	22	119	119	106
Thurgau	-	11	15	15	2
Zürich	Kulturlandschaft	3'013	2'775	2'775	2'365
	Landschaft unter Druck	6'497	6'461	6'461	5'505
	Naturlandschaft	209	538	538	479
	Stadtlandschaft	10'138	6'190	6'190	5'127
	urbane Wohnlandschaft	3'116	3'711	3'711	3'175
Total		25'124	22'336	22'336	18'852

[ZFI_Prog2030_V2.xlsx / HSD]

9.7. Beilage 1: Bewegungsstatistiken

Beilage 1, welche sich am Schluss des Berichts befindet, enthält folgende Tabellen:

Tabelle 1:	F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 2:	F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 3:	F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 4:	F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 5:	F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 6:	F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 7:	F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 22-06 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 8:	F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 22-06 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 9:	F2: Fall §3, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 10:	F2: Fall §3, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 11:	F2: Fall §3, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 12:	F2: Fall §3, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 13:	F2: Fall §3, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 14:	F2: Fall §3, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 15:	F2: Fall §3, Grossflugzeuge, 22-06 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 16:	F2: Fall §3, Grossflugzeuge, 22-06 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 17:	F3: Planfall, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 18:	F3: Planfall, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 19:	F3: Planfall, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 20:	F3: Planfall, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 21:	F3: Planfall, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 22:	F3: Planfall, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Landungen 2030
Tabelle 23:	F3: Planfall, Grossflugzeuge, 22-06 Uhr, jährliche Starts 2030
Tabelle 24:	F3: Planfall, Grossflugzeuge, 22-06 Uhr, jährliche Landungen 2030

Tabelle 1: F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil				
		S16_3056	S16_3057E	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023T	S32_7024T	S32_7025T	S32_7026T	S32_7050T	S32_7091T	S34_7004T	S34_7006T	S34_7011T	S34_7018T			S34_7051T	S34_7092T		
A3103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A319	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	24	30	26	1	3	1	2	75	19	1	0	1	0	14	3	207	10%
A320	0	1	3	0	5	0	1	1	0	0	0	0	0	1	48	58	51	2	7	2	3	146	37	3	1	3	0	27	7	405	19%
A321	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	27	33	29	1	4	1	2	82	21	2	0	2	0	15	4	227	11%
A3302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A3403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A3406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B73F	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	11	9	0	1	0	1	27	7	0	0	0	0	5	1	73	3%
B73S	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	8	0	1	0	0	22	5	0	0	0	0	4	1	61	3%
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7772	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
CL65	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	40	14	1	5	0	1	35	9	2	0	1	0	8	2	132	6%
E145	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	22	27	24	1	3	1	2	69	17	1	0	1	0	13	3	190	9%
FK10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	1	0	16	1%
FK70	0	1	5	0	10	0	1	2	0	0	0	0	0	3	98	120	105	3	14	4	7	302	76	6	1	6	0	56	14	835	39%
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Total	0	3	14	0	25	0	4	5	0	1	0	7	247	330	267	9	38	9	17	763	191	15	4	14	1	144	36	2'146	60%		
Route	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	9%	8%	0%	1%	0%	0%	21%	5%	0%	0%	0%	0%	4%	1%	60%			
Piste	0%	2%											24%			29%					6%					60%					

Tabelle 2: F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28	RWY34		Total	Anteil
		A14T09	S14	T16	A28T12	Q34E	Q34W		
A3103	0	3	4	0	0	31	25	63	1%
A319	0	6	9	0	1	64	53	133	2%
A320	0	15	23	1	3	164	134	340	4%
A321	0	8	12	0	2	90	74	187	2%
A3302	0	34	52	2	3	375	307	772	10%
A3403	0	18	27	1	2	194	159	400	5%
A3406	0	8	13	0	1	92	75	190	2%
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B73F	0	1	2	0	0	13	10	26	0%
B73S	0	2	3	0	0	19	16	40	0%
B7473	0	0	0	0	0	0	0	1	0%
B7474	0	3	4	0	0	27	22	56	1%
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7673	0	0	0	0	0	1	1	2	0%
B7772	0	206	309	11	18	2'247	1'838	4'630	58%
CL65	0	6	9	0	1	64	52	132	2%
E145	0	5	7	0	1	52	43	108	1%
FK10	0	0	1	0	0	4	4	9	0%
FK70	0	43	64	2	9	464	379	960	12%
MD11	0	0	0	0	0	1	1	2	0%
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Total	0	358	538	18	42	3'903	3'193	8'051	
Route	0%	4%	6%	0%	0%	41%	33%	84%	
Piste	0%	9%		0%	0%	74%		84%	

$N_{S,T1}$ = 10'197
 d = 365
 $n_{S,T1}^*$ = 36
 z = 1 h
 $\rho_{S,T1}$ = 36

Tabelle 3: F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil			
		V00	S16_305E	S16_305TE	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023T	S32_7024T	S32_7025T	S32_7026T	S32_7050T	S32_7091T	S34_7004T	S34_7006T	S34_7011T			S34_7018T	S34_7051T	S34_7092T
A3103	0	1	73	0	5	5	52	0	0	0	4	0	4	10	1	0	6	6	1	2	1	3	0	0	3	1	0	177	0%	
A319	0	56	273	0	156	6	206	32	0	3	0	118	2'532	2'071	634	14	186	265	53	166	53	34	3	12	35	31	9	6'946	7%	
A320	0	109	534	0	305	12	403	62	0	7	0	231	4'956	4'053	1'241	27	364	519	104	325	103	66	7	23	68	60	18	13'595	14%	
A321	0	61	300	0	171	7	226	35	0	4	0	130	2'784	2'277	697	15	204	292	59	182	58	37	4	13	38	34	10	7'637	8%	
A3302	0	5	661	0	44	47	470	0	4	3	32	0	36	98	11	4	53	56	7	15	6	24	2	3	24	6	3	1'617	2%	
A3403	0	4	449	0	30	32	319	0	2	2	22	0	24	66	319	7	3	36	38	5	10	4	16	1	2	16	4	2	1'096	1%
A3406	0	2	219	0	15	16	156	0	1	1	11	0	12	31	3	1	17	19	2	5	2	8	1	1	8	2	1	534	1%	
AS332	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0%
B73F	0	20	97	0	55	2	73	11	0	1	0	42	897	734	225	5	66	94	19	59	19	12	1	4	12	11	3	2'461	3%	
B73S	0	16	80	0	46	2	60	9	0	1	0	35	741	606	186	4	54	78	16	49	15	10	1	3	10	9	3	2'034	2%	
B7473	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	
B7474	0	1	65	0	4	5	46	0	0	0	3	0	3	9	1	0	5	6	1	1	1	2	0	0	2	1	0	158	0%	
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0%	
B7673	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	
B7772	0	47	5'910	0	394	422	4'200	3	32	31	286	0	311	839	93	39	470	504	60	135	55	217	18	30	216	58	24	14'393	15%	
CL65	0	68	399	0	240	8	274	40	0	4	0	164	3'697	2'700	749	16	229	414	58	169	60	40	4	12	55	31	10	9'440	10%	
E145	0	51	250	0	143	6	189	29	0	3	0	108	2'324	1'900	582	12	171	244	49	152	48	31	3	11	32	28	8	6'375	7%	
FK10	0	4	21	0	12	0	16	2	0	0	0	9	193	158	48	1	14	20	4	13	4	3	0	1	3	2	1	530	1%	
FK70	0	224	1'100	0	629	25	830	127	0	14	0	477	10'220	8'357	2'558	55	750	1'071	215	477	213	136	14	47	141	123	37	28'032	29%	
MD11	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0%	
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0%	
Total	40	667	10'434	0	2'250	595	7'522	351	40	77	358	1'315	28'744	23'917	7'038	197	2'626	3'627	651	1'954	642	639	59	162	664	401	128	95'097		
Route	0%	0%	7%	0%	2%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	1%	20%	16%	5%	0%	2%	2%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	65%		
Piste	0%	16%											41%			7%					1%					65%				

Tabelle 4: F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28	RWY34		Total	Anteil
		A14T09	S14			Q34E	Q34W		
A3103	0	54	82	3	14	10	8	172	0%
A319	0	2'414	3'622	123	787	232	190	7'367	6%
A320	0	6'151	9'227	314	2'005	590	483	18'769	15%
A321	0	3'377	5'065	172	1'101	324	265	10'304	8%
A3302	0	668	1'003	34	175	127	104	2'110	2%
A3403	0	346	520	18	90	66	54	1'094	1%
A3406	0	164	246	8	43	31	26	518	0%
AS332	40	0	0	0	0	0	0	40	0%
B73F	0	471	707	24	154	45	37	1'438	1%
B73S	0	726	1'088	37	236	70	57	2'214	2%
B7473	0	1	1	0	0	0	0	2	0%
B7474	0	49	73	2	13	9	8	154	0%
B7572	0	3	5	0	1	0	0	11	0%
B7673	0	2	3	0	1	0	0	7	0%
B7772	0	4'009	6'013	205	1'047	761	623	12'658	10%
CL65	0	3'136	4'704	160	1'014	316	259	9'590	8%
E145	0	1'950	2'925	99	636	187	153	5'951	5%
FK10	0	162	243	8	53	16	13	494	0%
FK70	0	17'382	26'074	887	5'665	1'668	1'365	53'042	42%
MD11	0	2	3	0	0	0	0	6	0%
TU54M	0	3	5	0	1	0	0	11	0%
Total	40	41'073	61'609	2'096	13'035	4'455	3'645	125'952	
Route	0%	30%	45%	2%	9%	3%	3%	92%	
Piste	0%	75%		2%	9%	6%		92%	

$N_{S,11}$ = 221'049
 d = 365
 $n_{S,11}^*$ = 776
 z = 1 h
 $\rho_{S,11}$ = 55

Tabelle 5: F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil			
		V00	S16_3056	S16_3057E	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023T	S32_7024T	S32_7025T	S32_7026T	S32_7050T	S32_7091T	S34_7004T	S34_7006T	S34_7011T			S34_7018T	S34_7051T	S34_7092T
A3103	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0%
A319	0	0	1	0	7	0	1	1	0	0	0	0	3	40	39	17	3	47	115	17	36	14	8	1	3	15	7	2	378	7%
A320	0	0	3	0	13	0	1	2	0	0	0	5	78	76	33	6	93	226	34	71	27	16	1	7	30	14	5	740	14%	
A321	0	0	1	0	7	0	1	1	0	0	0	3	44	43	18	3	52	127	19	40	15	9	1	4	17	8	3	415	8%	
A3302	0	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	13	5	0	0	0	18	6	2	93	2%	
A3403	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	9	3	0	0	0	12	4	1	63	1%	
A3406	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	4	2	0	0	0	6	2	1	31	1%	
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B73F	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	14	14	6	1	17	41	6	13	5	3	0	1	5	3	1	134	3%	
B73S	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	12	11	5	1	14	34	5	11	4	2	0	1	4	2	1	111	2%	
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	2	1	0	9	0%	
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7772	0	0	44	0	23	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	3	0	0	371	17	116	45	0	0	9	159	51	19	861	17%
CL65	0	0	2	0	10	0	0	0	0	0	0	2	58	25	7	2	31	168	7	53	20	5	0	1	22	10	4	428	8%	
E145	0	0	1	0	6	0	1	1	0	0	0	3	37	36	15	3	43	106	16	33	13	7	1	3	14	6	2	347	7%	
FK10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	4	9	1	3	1	1	0	0	1	1	0	29	1%	
FK70	0	1	5	0	26	0	2	4	0	0	0	11	161	156	67	13	191	465	70	146	56	33	3	14	61	29	10	1'525	29%	
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%
Total	0	2	70	0	102	2	6	10	0	2	0	29	449	403	173	32	493	1'755	196	550	212	85	7	43	369	143	51	5'183		
Route	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	5%	2%	0%	6%	22%	2%	7%	3%	1%	0%	1%	5%	2%	1%	65%		
Piste	0%	3%											13%			41%					9%					65%				

Tabelle 6: F1: Nullfall, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28		RWY34		Total	Anteil
		A14T09	S14	T16	A28T12	Q34E	Q34W			
A3103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A319	0	27	40	1	585	95	78	827	827	7%
A320	0	69	103	3	1'490	243	199	2'107	2'107	18%
A321	0	38	56	2	818	133	109	1'157	1'157	10%
A3302	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0%
A3403	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0%
A3406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B73F	0	5	8	0	114	19	15	162	162	1%
B73S	0	8	12	0	176	29	23	249	249	2%
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7572	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0%
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7772	0	0	0	0	2	4	3	10	10	0%
CL65	0	6	10	0	139	23	19	196	196	2%
E145	0	22	33	1	473	77	63	668	668	6%
FK10	0	2	3	0	39	6	5	56	56	0%
FK70	0	194	291	10	4'212	687	562	5'956	5'956	52%
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TU54M	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0%
Total	0	371	556	19	8'051	1'318	1'078	11'393	11'393	
Route	0%	3%	5%	0%	66%	11%	9%	93%		
Piste	0%	8%		0%	66%	20%		93%		

$N_{S,T1}$ = 16'576
 d = 365
 $n_{S,T1}^*$ = 55
 z = 1 h
 $n_{S,T1}$ = 55

Tabelle 9: F2: Fall 53, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil:				
		S16_3056	S16_3057E	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023T	S32_7024T	S32_7025T	S32_7026T	S32_7050T	S32_7091T	S34_7004T	S34_7006T	S34_7011T	S34_7018T			S34_7051T	S34_7092T		
A3103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A319	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	24	29	25	1	3	1	2	72	18	1	0	1	0	13	3	199	10%	
A320	0	0	3	0	5	0	1	1	0	0	0	1	46	56	49	2	7	2	3	141	35	3	1	3	0	26	7	390	19%		
A321	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1	26	32	28	1	4	1	2	79	20	1	0	1	0	15	4	219	11%		
A3302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
A3403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
A3406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B73F	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	10	9	0	1	0	1	26	6	0	0	0	0	5	1	71	3%	
B73S	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8	7	0	1	0	0	21	5	0	0	0	0	4	1	58	3%	
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7772	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
CL65	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	10	39	14	1	4	0	1	33	8	2	0	1	0	8	2	127	6%		
E145	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	22	26	23	1	3	1	1	66	17	1	0	1	0	12	3	183	9%		
FK10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	1	0	15	1%		
FK70	0	1	5	0	10	0	1	2	0	0	0	3	95	116	101	3	13	4	6	291	73	5	1	5	0	54	14	805	39%		
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
Total	0	3	13	0	24	0	4	5	0	1	0	7	239	318	258	9	37	9	16	735	184	15	4	14	1	139	35	2'068			
Route	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	9%	8%	0%	1%	0%	0%	21%	5%	0%	0%	0%	0%	4%	1%	60%			
Piste	0%	2%											24%			29%					6%					60%					

Tabelle 10: F2: Fall 53, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28		RWY34		Total	Anteil:
		A14T09	S14	T16	A28T12	Q34E	Q34W			
A3103	0	3	4	0	0	29	24	61	1%	
A319	0	6	9	0	1	62	51	129	2%	
A320	0	15	22	1	3	158	129	327	4%	
A321	0	8	12	0	2	87	71	180	2%	
A3302	0	33	50	2	3	361	295	744	10%	
A3403	0	17	26	1	2	187	153	386	5%	
A3406	0	8	12	0	1	89	73	183	2%	
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B73F	0	1	2	0	0	12	10	25	0%	
B73S	0	2	3	0	0	19	15	39	0%	
B7473	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	
B7474	0	2	4	0	0	26	22	54	1%	
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7673	0	0	0	0	0	1	1	2	0%	
B7772	0	199	298	10	18	2'166	1'772	4'463	58%	
CL65	0	6	8	0	1	61	50	127	2%	
E145	0	5	7	0	1	50	41	104	1%	
FK10	0	0	1	0	0	4	3	9	0%	
FK70	0	41	62	2	8	447	366	925	12%	
MD11	0	0	0	0	0	1	1	2	0%	
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
Total	0	345	518	18	40	3'762	3'078	7'760		
Route	0%	4%	6%	0%	0%	41%	33%	84%		
Piste	0%	9%		0%	0%	74%		84%		

$N_{g,11}$ = 9'829
 d = 365
 $n_{g,11}^*$ = 35
 z = 1 h
 $D_{g,11}$ = 35

Tabelle 11: F2: Fall 93, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil			
		V00	S16_305E	S16_305TE	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023T	S32_7024T	S32_7025T	S32_7026T	S32_7050T	S32_7091T	S34_7004T	S34_7006T	S34_7011T			S34_7018T	S34_7051T	S34_7092T
A3103	0	1	70	0	5	5	50	0	0	0	3	0	4	10	1	0	6	6	1	2	1	3	0	0	3	1	0	171	0%	
A319	0	54	263	0	150	6	198	30	0	3	0	114	2'441	1'996	611	13	179	256	51	160	51	32	3	11	34	29	9	6'695	7%	
A320	0	105	514	0	294	12	388	59	0	7	0	223	4'777	3'906	1'196	26	351	501	101	313	99	64	6	22	66	58	17	13'104	14%	
A321	0	59	289	0	165	7	218	33	0	4	0	125	2'684	2'195	672	14	197	281	56	176	56	36	4	12	37	32	10	7'361	8%	
A3302	0	5	637	0	43	46	453	0	3	3	31	0	35	95	10	4	51	54	6	15	6	23	2	3	23	6	3	1'559	2%	
A3403	0	3	433	0	29	31	308	0	2	2	21	0	23	63	7	3	34	37	4	10	4	16	1	2	16	4	2	1'057	1%	
A3406	0	2	211	0	14	15	150	0	1	1	10	0	11	30	3	1	17	18	2	5	2	8	1	1	8	2	1	514	1%	
AS332	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0%
B73F	0	19	93	0	53	2	70	11	0	1	0	40	865	707	216	5	64	91	18	57	18	12	1	4	12	10	3	2'372	3%	
B73S	0	16	77	0	44	2	58	9	0	1	0	33	715	584	179	4	52	75	15	47	15	10	1	3	10	9	3	1'960	2%	
B7473	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	
B7474	0	0	63	0	4	4	44	0	0	0	3	0	3	9	1	0	5	5	1	1	1	2	0	0	2	1	0	152	0%	
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0%	
B7673	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	
B7772	0	45	5'696	0	380	407	4'048	3	31	30	276	0	300	809	89	38	453	485	58	130	53	209	17	29	208	56	23	13'873	15%	
CL65	0	65	384	0	231	7	264	39	0	4	0	158	3'564	2'602	722	15	221	399	56	163	58	39	3	11	53	30	10	9'099	10%	
E145	0	49	241	0	138	5	182	28	0	3	0	105	2'240	1'832	561	12	165	235	47	147	47	30	3	10	31	27	8	6'145	7%	
FK10	0	4	20	0	11	0	15	2	0	0	0	9	186	152	47	1	14	19	4	12	4	2	0	1	3	2	1	510	1%	
FK70	0	216	1'060	0	606	24	800	123	0	14	0	460	9'850	8'055	2'466	53	723	1'032	207	646	205	131	13	45	136	119	35	27'019	29%	
MD11	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0%	
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0%	
Total	39	643	10'057	0	2'169	573	7'251	339	38	74	345	1'268	27'705	23'052	6'783	190	2'531	3'496	628	1'883	618	616	57	156	640	386	124	91'660		
Route	0%	0%	7%	0%	2%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	1%	20%	16%	5%	0%	2%	2%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	65%		
Piste	0%	16%											41%			7%					1%					65%				

Tabelle 12: F2: Fall 93, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28	RWY34		Total	Anteil
		A14T09	S14	T16	A28T12	Q34E	Q34W		
A3103	0	53	79	3	14	10	8	166	0%
A319	0	2'327	3'491	119	758	223	183	7'101	6%
A320	0	5'929	8'893	302	1'932	569	466	18'091	15%
A321	0	3'255	4'882	166	1'061	312	256	9'932	8%
A3302	0	644	966	33	168	122	100	2'034	2%
A3403	0	334	501	17	87	63	52	1'054	1%
A3406	0	158	237	8	41	30	25	500	0%
AS332	39	0	0	0	0	0	0	39	0%
B73F	0	454	682	23	148	44	36	1'386	1%
B73S	0	699	1'049	36	228	67	55	2'134	2%
B7473	0	1	1	0	0	0	0	2	0%
B7474	0	47	70	2	12	9	7	148	0%
B7572	0	3	5	0	1	0	0	10	0%
B7673	0	2	3	0	1	0	0	6	0%
B7772	0	3'864	5'796	197	1'009	734	600	12'200	10%
CL65	0	3'023	4'534	154	978	305	249	9'243	8%
E145	0	1'880	2'819	96	613	180	148	5'736	5%
FK10	0	156	234	8	51	15	12	477	0%
FK70	0	16'754	25'131	855	5'460	1'608	1'316	51'125	42%
MD11	0	2	3	0	0	0	0	6	0%
TU54M	0	3	5	0	1	0	0	10	0%
Total	39	39'588	59'383	2'020	12'564	4'294	3'513	121'401	
Route	0%	30%	45%	2%	9%	3%	3%	92%	
Piste	0%	75%		2%	9%	6%		92%	

N _{g,T1}	=	213'061
d	=	365
n _{g,T1}	=	748
z	=	1 h
P _{g,T1}	=	53

Tabelle 13: F2: Fall 93, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil:			
		V00	S16_3056	S16_3057E	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023T	S32_7024T	S32_7025T	S32_7026T	S32_7050T	S32_7091T	S34_7004T	S34_7006T	S34_7011T			S34_7018T	S34_7051T	S34_7092T
A3103	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	1	2	1	0	0	0	3	1	0	18	0%
A319	0	0	1	0	6	0	1	1	0	0	0	0	3	38	37	16	3	46	111	17	35	13	8	1	3	15	7	2	364	7%
A320	0	0	2	0	12	0	1	2	0	0	0	5	75	73	32	6	89	217	33	68	26	15	1	6	29	13	5	713	14%	
A321	0	0	1	0	7	0	1	1	0	0	0	3	42	41	18	3	50	122	18	38	15	9	1	4	16	7	3	400	8%	
A3302	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	13	5	0	0	0	17	5	2	89	2%	
A3403	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	9	3	0	0	0	12	4	1	61	1%	
A3406	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	4	2	0	0	0	6	2	1	30	1%	
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B73F	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	14	13	6	1	16	39	6	12	5	3	0	1	5	2	1	129	3%	
B73S	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	11	11	5	1	13	33	5	10	4	2	0	1	4	2	1	107	2%	
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	2	1	0	9	0%	
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7772	0	0	42	0	22	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	357	17	112	43	0	0	8	153	49	19	830	17%	
CL65	0	0	2	0	9	0	0	0	0	0	0	2	56	24	7	2	30	162	7	51	20	5	0	1	21	10	3	413	8%	
E145	0	0	1	0	6	0	0	1	0	0	0	2	35	34	15	3	42	102	15	32	12	7	1	3	13	6	2	334	7%	
FK10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	3	8	1	3	1	1	0	0	1	1	0	28	1%	
FK70	0	1	5	0	25	0	2	4	0	0	0	11	155	151	65	12	184	448	68	141	54	32	3	13	59	27	9	1'470	29%	
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%
Total	0	2	67	0	98	2	6	9	0	2	0	28	433	388	167	31	475	1'692	188	531	204	82	7	42	356	137	49	4'996		
Route	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	5%	2%	0%	6%	22%	2%	7%	3%	1%	0%	1%	5%	2%	1%	65%		
Piste	0%	3%											13%			41%					9%					65%				

Tabelle 14: F2: Fall 93, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28		RWY34		Total	Anteil:
		A14T09	S14	T16	A28T12	Q34E	Q34W			
A3103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A319	0	26	39	1	564	92	75	797	797	7%
A320	0	66	99	3	1'437	234	192	2'031	2'031	18%
A321	0	36	54	2	789	129	105	1'115	1'115	10%
A3302	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0%
A3403	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0%
A3406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B73F	0	5	8	0	110	18	15	156	156	1%
B73S	0	8	12	0	169	28	23	240	240	2%
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7572	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0%
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7772	0	0	0	0	2	4	3	10	10	0%
CL65	0	6	9	0	134	22	18	189	189	2%
E145	0	21	31	1	455	74	61	644	644	6%
FK10	0	2	3	0	38	6	5	54	54	0%
FK70	0	187	280	10	4'060	662	542	5'740	5'740	52%
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TU54M	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0%
Total	0	357	536	18	7'760	1'270	1'039	10'981	10'981	
Route	0%	3%	5%	0%	66%	11%	9%	93%		
Piste	0%	8%		0%	66%	20%		93%		

$N_{S,T1}$ = 15'977
 d = 365
 $n_{S,T1}^*$ = 53
 Z = 1 h
 $n_{S,T1}$ = 53

Tabelle 15: F2: Fall 93, Grossflugzeuge, 22-06 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil								
		V00	S16_3056	S16_3057E	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023N	S32_7024N	S32_7025N	S32_7026N	S32_7050N	S32_7091N	S34_7004N	S34_7006N	S34_7011N			S34_7018N	S34_7051N	S34_7092N					
A3103	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	6	11	3	3	1	4	1	7	2	49	1%					
A319	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	5	18	9	2	46	14	8	2	1	4	20	6	145	2%		
A320	0	0	10	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3	0	9	36	17	3	90	27	15	4	1	7	39	11	285	4%		
A321	0	0	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	5	20	9	2	51	15	9	2	1	4	22	6	160	2%		
A3302	0	0	12	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10	42	18	53	104	30	27	6	33	12	65	19	442	7%		
A3403	0	0	8	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7	28	12	36	71	20	18	4	23	8	44	13	300	5%		
A3406	0	0	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14	6	18	34	10	9	2	11	4	22	6	146	2%		
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B73F	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	7	3	1	16	5	3	1	0	1	7	2	52	1%		
B73S	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	5	2	0	13	4	2	1	0	1	6	2	43	1%		
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	
B7474	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2	5	10	3	3	1	3	1	6	2	43	1%		
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%
B7772	0	4	111	0	0	0	0	35	38	0	0	0	0	0	0	0	11	4	4	91	374	159	473	930	265	237	57	299	106	584	167	3'949	61%		
CL65	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	3	10	5	13	27	8	5	1	6	2	11	3	103	2%		
E145	0	0	5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	4	17	8	1	42	12	7	2	1	3	18	5	133	2%		
FK10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	1	1	0	0	0	2	0	0	12	0%	
FK70	0	0	21	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	18	6	0	18	74	34	6	186	55	32	8	3	15	80	24	587	9%		
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Total	0	7	191	0	0	0	0	44	65	0	0	0	0	0	0	59	20	7	161	656	287	619	1'636	472	377	92	386	170	934	269	6'452	78%			
Route	0%	0%	2%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	2%	8%	3%	7%	20%	6%	5%	1%	5%	2%	11%	3%	78%							
Piste	0%	4%											1%			46%					27%					78%									

Tabelle 16: F2: Fall 93, Grossflugzeuge, 22-06 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28		RWY34		Total	Anteil
		A14T09	S14	T16	A28T12	Q34E	Q34W			
A3103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A319	0	16	24	1	314	48	39	442	771	7%
A320	0	41	62	2	801	121	99	1'127	1'127	18%
A321	0	23	34	1	440	67	54	619	619	10%
A3302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A3403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A3406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B73F	0	3	5	0	61	9	8	86	86	1%
B73S	0	5	7	0	94	14	12	133	133	2%
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7572	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0%
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7772	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
CL65	0	5	8	0	102	15	13	144	144	2%
E145	0	13	20	1	254	38	31	357	357	6%
FK10	0	1	2	0	21	3	3	30	30	0%
FK70	0	117	176	6	2'263	342	280	3'184	3'184	52%
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0%
Total	0	225	338	11	4'351	658	539	6'122	6'122	
Route	0%	3%	5%	0%	66%	10%	8%	93%		
Piste	0%	9%		0%	66%	18%		93%		

N _{g,T1}	=	12'574
d	=	365
n _{g,T1}	=	41
z	=	1 h
n _{g,T1}	=	5

Tabelle 17: F3: Planfall, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil				
		S16_3056	S16_3057E	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023T	S32_7024T	S32_7025T	S32_7026T	S32_7050T	S32_7091T	S34_7004T	S34_7006T	S34_7011T	S34_7018T			S34_7051T	S34_7092T		
A3103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A319	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	24	30	26	1	3	1	2	75	19	1	0	1	0	14	3	207	11%
A320	0	0	2	0	4	0	1	1	0	0	0	0	0	1	40	49	43	1	6	2	3	124	31	2	1	2	0	23	6	343	18%
A321	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23	28	24	1	3	1	2	70	17	1	0	1	0	13	3	192	10%
A3302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A3403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A3406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B73F	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	8	7	0	1	0	0	20	5	0	0	0	0	4	1	54	3%
B73S	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	8	7	0	1	0	0	20	5	0	0	0	0	4	1	55	3%
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7772	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
CL65	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	40	14	1	5	0	1	35	9	2	0	1	0	8	2	132	7%
E145	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	22	27	24	1	3	1	2	69	17	1	0	1	0	13	3	190	10%
FK10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	1	0	16	1%
FK70	0	1	4	0	8	0	1	2	0	0	0	0	0	2	81	99	86	3	11	3	5	248	62	5	1	5	0	46	12	686	37%
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Total	0	2	12	0	22	0	3	4	0	0	0	6	216	291	233	8	34	8	15	665	167	14	3	13	1	126	32	1'875			
Route	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	8%	7%	0%	1%	0%	0%	19%	5%	0%	0%	0%	0%	4%	1%	53%			
Piste	0%	1%											21%			25%					5%					53%					

Tabelle 18: F3: Planfall, Grossflugzeuge, 06-07 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28		RWY34		Total	Anteil
		A14T09	S14	T16	A28T12	Q34E	Q34W			
A3103	0	3	4	0	0	31	25	63	1%	
A319	0	6	9	0	1	64	53	133	2%	
A320	0	13	19	1	3	139	114	287	4%	
A321	0	7	11	0	1	76	62	158	2%	
A3302	0	34	52	2	3	375	307	772	11%	
A3403	0	19	28	1	2	203	166	418	6%	
A3406	0	8	13	0	1	92	75	190	3%	
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B73F	0	1	1	0	0	9	8	19	0%	
B73S	0	2	2	0	0	17	14	34	0%	
B7473	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	
B7474	0	3	4	0	0	27	22	56	1%	
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7673	0	0	0	0	0	1	1	2	0%	
B7772	0	184	276	9	16	2'001	1'637	4'123	57%	
CL65	0	6	9	0	1	64	52	132	2%	
E145	0	5	7	0	1	52	43	108	1%	
FK10	0	0	1	0	0	4	4	9	0%	
FK70	0	34	51	2	7	368	301	762	10%	
MD11	0	0	0	0	0	1	1	2	0%	
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
Total	0	324	485	17	37	3'524	2'884	7'271		
Route	0%	3%	5%	0%	0%	37%	30%	76%		
Piste	0%	8%		0%	0%	67%		76%		

$N_{S,T1}$ = 9'146
 d = 365
 $n_{S,T1}^*$ = 36
 z = 1 h
 $\rho_{S,T1}$ = 36

Tabelle 19: F3: Planfall, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil:			
		V00	S16_3056	S16_3057E	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023T	S32_7024T	S32_7025T	S32_7026T	S32_7050T	S32_7091T	S34_7004T	S34_7006T	S34_7011T			S34_7018T	S34_7051T	S34_7092T
A3103	0	1	73	0	5	5	52	0	0	0	4	0	4	10	1	0	6	6	1	2	1	3	0	0	3	1	0	177	0%	
A319	0	56	273	0	156	6	206	32	0	3	0	118	2'532	2'071	634	14	186	265	53	166	53	34	3	12	35	31	9	6'946	8%	
A320	0	92	451	0	258	10	341	52	0	6	0	196	4'194	3'429	1'050	23	308	439	88	275	87	56	6	19	58	51	15	11'503	14%	
A321	0	52	254	0	145	6	191	29	0	3	0	110	2'356	1'927	590	13	173	247	50	154	49	31	3	11	32	28	8	6'462	8%	
A3302	0	5	661	0	44	47	470	0	4	3	32	0	36	98	11	4	53	56	7	15	6	24	2	3	24	6	3	1'617	2%	
A3403	0	4	472	0	31	34	335	0	3	2	23	0	25	67	7	3	38	40	5	11	4	17	1	2	17	5	2	1'149	1%	
A3406	0	2	219	0	15	16	156	0	1	1	11	0	12	31	3	1	17	19	2	5	2	8	1	1	8	2	1	534	1%	
AS332	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0%
B73F	0	15	72	0	41	2	54	8	0	1	0	31	665	544	167	4	49	70	14	44	14	9	1	3	9	8	2	1'825	2%	
B73S	0	15	72	0	41	2	55	8	0	1	0	31	673	551	169	4	49	71	14	44	14	9	1	3	9	8	2	1'847	2%	
B7473	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	
B7474	0	1	65	0	4	5	46	0	0	0	3	0	3	9	1	0	5	6	1	1	1	2	0	0	2	1	0	158	0%	
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0%	
B7673	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	
B7772	0	41	5'142	0	343	367	3'654	3	28	27	249	0	271	730	81	34	409	438	52	118	48	189	16	26	188	50	21	12'523	15%	
CL65	0	68	399	0	240	8	274	40	0	4	0	164	3'697	2'700	749	16	229	414	58	169	60	40	4	12	55	31	10	9'440	11%	
E145	0	51	250	0	143	6	189	29	0	3	0	108	2'324	1'900	582	12	171	244	49	152	48	31	3	11	32	28	8	6'375	8%	
FK10	0	4	21	0	12	0	16	2	0	0	0	9	193	158	48	1	14	20	4	13	4	3	0	1	3	2	1	530	1%	
FK70	0	184	904	0	517	20	682	104	0	12	0	392	8'396	6'866	2'102	45	617	880	177	550	175	112	11	38	116	101	30	23'031	27%	
MD11	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0%	
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0%	
Total	40	589	9'333	0	1'996	533	6'724	310	36	69	322	1'160	25'390	21'099	6'196	174	2'324	3'216	574	1'720	566	567	52	143	591	353	113	84'190		
Route	0%	0%	6%	0%	1%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	1%	17%	14%	4%	0%	2%	2%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	58%		
Piste	0%	14%											36%			6%					1%					58%				

Tabelle 20: F3: Planfall, Grossflugzeuge, 07-21 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28	RWY34		Total	Anteil:
		A14T09	S14			Q34E	Q34W		
A3103	0	54	82	3	14	10	8	172	0%
A319	0	2'414	3'622	123	787	232	190	7'367	7%
A320	0	5'205	7'807	266	1'696	500	409	15'882	15%
A321	0	2'857	4'286	146	931	274	224	8'719	8%
A3302	0	668	1'003	34	175	127	104	2'110	2%
A3403	0	362	543	18	95	69	56	1'142	1%
A3406	0	164	246	8	43	31	26	518	0%
AS332	40	0	0	0	0	0	0	40	0%
B73F	0	346	519	18	113	33	27	1'055	1%
B73S	0	620	930	32	202	60	49	1'892	2%
B7473	0	1	1	0	0	0	0	2	0%
B7474	0	49	73	2	13	9	8	154	0%
B7572	0	3	5	0	1	0	0	11	0%
B7673	0	2	3	0	1	0	0	7	0%
B7772	0	3'570	5'355	182	933	678	555	11'273	10%
CL65	0	3'136	4'704	160	1'014	316	259	9'590	9%
E145	0	1'950	2'925	99	636	187	153	5'951	5%
FK10	0	162	243	8	53	16	13	494	0%
FK70	0	13'796	20'694	704	4'496	1'324	1'083	42'098	39%
MD11	0	2	3	0	0	0	0	6	0%
TU54M	0	3	5	0	1	0	0	11	0%
Total	40	35'366	53'048	1'804	11'203	3'867	3'164	108'493	
Route	0%	26%	39%	1%	8%	3%	2%	79%	
Piste	0%	64%		1%	8%	5%		79%	

$N_{S,T1}$ = 192'683
 d = 365
 $n_{S,T1}^*$ = 776
 z = 1 h
 $\rho_{S,T1}$ = 55

Tabelle 21: F3: Planfall, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil:				
		V00	S16_3056	S16_3057E	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023T	S32_7024T	S32_7025T	S32_7026T	S32_7050T	S32_7091T	S34_7004T	S34_7006T	S34_7011T			S34_7018T	S34_7051T	S34_7092T	
A3103	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0%
A319	0	0	1	0	7	0	1	1	0	0	0	3	40	39	17	3	47	115	17	36	14	8	1	3	15	7	2	378	8%		
A320	0	0	2	0	11	0	1	2	0	0	0	5	66	64	28	5	78	191	29	60	23	13	1	6	25	12	4	626	14%		
A321	0	0	1	0	6	0	1	1	0	0	0	3	37	36	16	3	44	107	16	34	13	8	1	3	14	7	2	352	8%		
A3302	0	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	13	5	0	0	0	18	6	2	93	2%		
A3403	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	9	4	0	0	0	13	4	2	66	1%		
A3406	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	4	2	0	0	0	6	2	1	31	1%		
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B73F	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	10	10	4	1	12	30	5	9	4	2	0	1	4	2	1	99	2%		
B73S	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	11	10	4	1	13	31	5	10	4	2	0	1	4	2	1	100	2%		
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	2	1	0	9	0%		
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7772	0	0	38	0	20	1	0	0	0	0	1	0	2	0	3	0	0	322	15	101	39	0	0	8	138	44	17	749	16%		
CL65	0	0	2	0	10	0	0	0	0	0	0	2	58	25	7	2	31	168	7	53	20	5	0	1	22	10	4	428	9%		
E145	0	0	1	0	6	0	1	1	0	0	0	3	37	36	15	3	43	106	16	33	13	7	1	3	14	6	2	347	8%		
FK10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	4	9	1	3	1	1	0	0	1	1	0	29	1%		
FK70	0	1	4	0	22	0	2	3	0	0	0	9	132	129	55	10	157	382	58	120	46	27	2	11	50	23	8	1'253	27%		
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	
TUS4M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	
Total	0	2	62	0	90	1	5	9	0	2	0	25	397	352	151	28	431	1'558	170	488	188	74	6	38	329	127	46	4'580			
Route	0%	0%	1%	0%	1%	0%	5%	4%	2%	0%	5%	20%	2%	6%	2%	1%	0%	0%	4%	2%	1%	58%									
Piste	0%	2%											11%			36%					8%					58%					

Tabelle 22: F3: Planfall, Grossflugzeuge, 21-22 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28		RWY34		Total	Anteil:
		A14T09	S14	T16	A28T12	Q34E	Q34W			
A3103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A319	0	27	40	1	585	95	78	827	9%	
A320	0	58	87	3	1'261	206	168	1'783	19%	
A321	0	32	48	2	692	113	92	979	10%	
A3302	0	0	0	0	0	1	1	2	0%	
A3403	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	
A3406	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B73F	0	4	6	0	84	14	11	118	1%	
B73S	0	7	10	0	150	25	20	212	2%	
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7572	0	0	0	0	1	0	0	1	0%	
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7772	0	0	0	0	2	4	3	9	0%	
CL65	0	6	10	0	139	23	19	196	2%	
E145	0	22	33	1	473	77	63	668	7%	
FK10	0	2	3	0	39	6	5	56	1%	
FK70	0	154	231	8	3'343	545	446	4'727	49%	
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
TUS4M	0	0	0	0	1	0	0	1	0%	
Total	0	312	468	16	6'770	1'109	907	9'582		
Route	0%	3%	4%	0%	55%	9%	7%	78%		
Piste	0%	6%		0%	55%		16%		78%	

$N_{g,11}$ = 14'162
 d = 365
 $n_{g,11}^*$ = 55
 z = 1 h
 $D_{g,11}$ = 55

Tabelle 23: F3: Planfall, Grossflugzeuge, 22-06 Uhr, jährliche Starts 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY16											RWY28			RWY32					RWY34					Total	Anteil:							
		V00	S16_3056	S16_3057E	S16_7033	S16_7058	S16_7061E	S16_7067E	S16_7090	S16_7133	S16_7190A	S16_7233E	S16_7333	S28_5059	S28_7001	S28_7012	S32_7023N	S32_7024N	S32_7025N	S32_7026N	S32_7050N	S32_7091N	S34_7004N	S34_7006N	S34_7011N			S34_7018N	S34_7051N	S34_7092N				
A3103	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	6	11	3	3	1	4	1	7	2	49	1%				
A319	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	9	2	46	14	8	2	1	4	20	6	145	3%				
A320	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	0	8	30	14	3	76	23	13	3	1	6	33	10	241	4%	
A321	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	4	17	8	1	43	13	7	2	1	3	18	5	135	2%	
A3302	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10	42	18	53	104	30	27	6	33	12	65	19	442	8%	
A3403	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7	30	13	38	74	21	19	5	24	8	47	13	315	5%	
A3406	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14	6	18	34	10	9	2	11	4	22	6	146	3%	
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B73F	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	5	2	0	12	4	2	1	0	1	5	2	38	1%	
B73S	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	0	12	4	2	1	0	1	5	2	39	1%				
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	
B7474	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2	5	10	3	3	1	3	1	6	2	43	1%	
B7572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%
B7772	0	3	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3	3	79	325	138	412	809	231	206	50	260	92	508	145	3'436	60%	
CL65	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	3	10	5	13	27	8	5	1	6	2	11	3	103	2%	
E145	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	4	17	8	1	42	12	7	2	1	3	18	5	133	2%	
FK10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	1	0	0	0	2	0	0	12	0%	
FK70	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5	0	15	61	28	5	152	45	26	7	2	12	66	19	482	8%	
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Total	0	6	171	0	0	39	58	0	0	0	0	0	52	18	6	144	585	255	558	1'458	421	337	82	347	152	834	240	5'764						
Route	0%	0%	2%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	2%	7%	3%	7%	18%	5%	4%	1%	4%	2%	10%	3%	69%						
Piste	0%					3%							1%					41%						24%										

Tabelle 24: F3: Planfall, Grossflugzeuge, 22-06 Uhr, jährliche Landungen 2030 (Energie-äquivalente Bewegungen)

Piste	RWY00	RWY14		RWY16	RWY28		RWY34		Total	Anteil:
		A14T09	S14	T16	A28T12	Q34E	Q34W			
A3103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A319	0	16	24	1	314	48	39	442	953	9%
A320	0	35	53	2	678	103	84	953	953	18%
A321	0	19	29	1	372	56	46	523	523	10%
A3302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A3403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A3406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B73F	0	2	3	0	45	7	6	63	63	1%
B73S	0	4	6	0	81	12	10	114	114	2%
B7473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7572	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0%
B7673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
B7772	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
CL65	0	5	8	0	102	15	13	144	144	3%
E145	0	13	20	1	254	38	31	357	357	7%
FK10	0	1	2	0	21	3	3	30	30	1%
FK70	0	93	139	5	1'796	272	222	2'527	2'527	49%
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TU54M	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0%
Total	0	190	284	10	3'663	554	453	5'155		
Route	0%	3%	4%	0%	56%	8%	7%	78%		
Piste	0%		7%	0%	56%		15%	78%		

$N_{g,T11}$ = 10'918
 d = 365
 $N_{g,T11}^*$ = 41
 z = 1 h
 $D_{g,T11}$ = 5