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

Empa
Materials Science and Technology

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

Flughafen Zürich

Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2020

Auftrags-Nr.:	**5214.026437**
Bericht-Nr.:	5214.026437 - 1
Auftraggeber:	Amt für Mobilität des Kantons Zürich
Anzahl Seiten:	65
Beilagen:	6 Karten (A4-Format)
Die Verfasser:	S. Schalcher J. Meister B. Schäffer

Status: genehmigter Bericht

Dübendorf, 27. Oktober 2021	Abteilung Akustik / Lärmminderung
Der Projektleiter:	Der Abteilungsleiter:
Dr. Beat Schäffer	Dr. Jean Marc Wunderli

Anmerkung: Bericht und Unterlagen werden 10 Jahre archiviert.

Zusammenfassung

Im Februar 2021 beauftragte das Amt für Mobilität des Kantons Zürich die Empa, Abteilung Akustik / Lärmminderung, den Zürcher Fluglärm-Index (*ZFI*) für das Jahr 2020 zu berechnen. Der *ZFI* ist eine Einzahlgrösse, namentlich die Summe der Anzahl der durch Fluglärm während des Wachzustands am Tag stark belästigten Personen (*HA*) und der Anzahl der durch Fluglärm im Schlaf während der Nacht stark gestörten Personen (*HSD*), welche ebenfalls separat ausgewiesen werden sollen. Zudem sollen die Gründe für die Veränderungen des *ZFI* zwischen dem Vorjahr 2019 und dem Berichtsjahr 2020 diskutiert werden (Empa-Bericht Nr. 5214.026437 - 2). Die Berechnungen werden dabei gemäss Vorschrift der ZFI-Verordnung (ZFI-VO) vom 7. Dezember 2011 durchgeführt.

Im Jahr 2020 liegt der *HA*-Wert bei 12'272 und der *HSD*-Wert bei 3'195 Personen. Der *ZFI* für das Jahr 2020 beträgt somit 15'468 Personen und unterschreitet den Richtwert von 47'000 sehr deutlich um 31'532 Personen. Ohne Berücksichtigung der passiven Massnahmen – d.h. gemäss Berechnungsvorschrift der Jahre vor 2011 – würde ein um 399 Personen höherer *HSD*-Wert und somit ein *ZFI*-Wert von 15'866 Personen resultieren.

Der *HA*-Wert des Jahres 2020 nahm gegenüber dem Vorjahr 2019 um 65% ab und der *HSD*-Wert um 86% (Vergleich der offiziellen Monitoringwerte). Insgesamt nahm der *ZFI*-Wert um 73% ab. Gegenüber dem Referenzzustand RZ sank der *ZFI* um 67%, wobei die *HA* um 64% und die *HSD* um 77% abnahmen. Die deutlichen Abnahmen im Berichtsjahr 2020 seit dem Vorjahr sind auf den deutlichen Rückgang der Flugbewegungen infolge der COVID-19 Situation zurückzuführen.

Inhalt

1. Auftrag ... 4
2. Umfang und Inhalt der Untersuchungen ... 5
2.1. Überblick ... 5
2.2. Inhaltliche Systemabgrenzung ... 5
2.3. Zeitliche Systemabgrenzung ... 6
2.4. Räumliche Systemabgrenzung ... 6
3. Grundlagen und Methodik ... 8
3.1. Berechnungsvorschrift für den *ZFI* ... 8
3.2. Technische Umsetzung der *ZFI*-Berechnung ... 11
4. Eingabedaten für die Belastungsrechnungen ... 18
4.1. Belastungsrechnungen ... 18
4.2. Bewegungszahlen und Pistenbelegung ... 19
5. Ergebnisse ... 21
5.1. Fluglärmbelastungen ... 21
5.2. Quantifizierungen zum *ZFI* ... 22
6. Unsicherheit der Berechnungen ... 28
7. Abkürzungen, Datengrundlagen, Literatur ... 29
7.1. Verwendete Abkürzungen ... 29
7.2. Datengrundlagen ... 30
7.3. Literatur ... 30
8. Verzeichnisse ... 34
8.1. Abbildungsverzeichnis ... 34
8.2. Tabellenverzeichnis ... 35
8.3. Kartenverzeichnis ... 36
9. Anhang ... 37
9.1. Untersuchungsperimeter ... 37
9.2. Jährliche Flugbewegungszahlen der Grossflugzeuge ... 44
9.3. Pistenbelegung am Tag und in der Nacht ... 45
9.4. *ZFI* aufgeschlüsselt nach Gemeinden und Kantonen ... 47
9.5. *HA* aufgeschlüsselt nach Gemeinden und Kantonen ... 52
9.6. *HSD* aufgeschlüsselt nach Gemeinden und Kantonen ... 56
9.7. *HA*, *HSD* und *ZFI* nach Stadtzürcher Quartieren ... 61
9.8. *HA*, *HSD* und *ZFI* nach Himmelsrichtung (Quadranten) ... 64

1. Auftrag

Im Februar 2021 beauftragte das Amt für Mobilität des Kantons Zürich die Empa, Abteilung Akustik / Lärmminderung, den Zürcher Fluglärm-Index (*ZFI*) für das Jahr 2020 zu berechnen. Dabei sollen die für dieses Jahr nach wirtschaftlichem Wohnsitz[1] ermittelten Bevölkerungszahlen verwendet werden. Zu Vergleichszwecken soll der *ZFI* auch für den Referenzzustand (RZ) sowie für die Jahre 2005 bis 2019 ausgewiesen werden. Der RZ wurde vom Regierungsrat des Kantons Zürich definiert und bildet die Grundlage des heutigen *ZFI*-Richtwerts (vgl. ZFI-VO [56]). Als Eckwerte wurden die Bevölkerungs- und Bewegungszahlen des Jahres 2000 sowie der Flugbetrieb (Flottenmix und Routenbelegung) des Jahres 2004 festgelegt. Die Zeitreihe erlaubt es, die Entwicklung des *ZFI* resp. der *HA* und der *HSD* über einen längeren Zeitraum hinweg zu beurteilen. Die entsprechenden Werte wurden bereits in früheren Empa-Berichten [10] (RZ) sowie [11, 14, 19, 23, 25, 27, 31, 34, 36, 37, 40, 43, 46] (2005 bis 2019) ausgewiesen. Die Berechnungen sollen nach dem in [7] dokumentierten Verfahren und unter Anwendung der aktuellen ZFI-VO von Dezember 2011 [56] mit Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen (PM) durchgeführt werden. Seit dem Berechnungsjahr 2013 werden dazu in der offiziellen Berechnung Gebäude mit PM, die den Anforderungen der SIA-Norm 181 genügen, mit entsprechenden Einfügungsdämpfungen berücksichtigt. Die Berechnungen erfolgen gemäss der Methodik des 3. Teilberichts zum *ZFI* des Jahres 2012 [30], wobei für das vorliegende Berechnungsjahr 2020 die Gebäude mit PM neu in vier (statt wie bisher in drei) Altersklassen eingeteilt werden. Zusätzlich zum *ZFI* sollen auch 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*), separat ausgewiesen werden. Es wird eine Auflösung in einzelne Gemeinden für die Schweiz und Deutschland gewünscht. Zusätzlich werden der *ZFI* und seine Komponenten für die Stadtzüricher Quartiere und nach Himmelsrichtung in vier Quadranten aufgeschlüsselt. Nebst den gemeinde-, quartiers- und kantonsspezifischen Quantifizierungen soll der *ZFI* auch räumlich auf Karten dargestellt werden.

Des Weiteren sollen die Gründe für die Veränderungen des *ZFI* zwischen dem Vorjahr 2019 und dem Berichtsjahr 2020 diskutiert werden. Die Aussagen sollen dabei die qualitative Ebene verlassen. Dazu werden einzelne Komponenten, wie beispielsweise die Bevölkerung oder die Flugzeugflotte, auf den *ZFI* isoliert betrachtet und quantifiziert. Damit soll aufgezeigt werden, wie sensitiv der *ZFI* reagiert, wenn sich Elemente des Flugbetriebs oder die Bevölkerungsstruktur ändern. Die Sensitivitätsanalyse soll gemäss [13] durchgeführt werden, wobei seit dem Berichtsjahr 2012 zudem die Veränderung des *ZFI* aufgrund neuer passiver Schallschutzmassnahmen als zusätzliche Komponente betrachtet wird.

Die Resultate sollen in zwei technischen Berichten zuhanden des Auftraggebers dokumentiert werden. Der vorliegende erste Teilbericht dokumentiert den *ZFI* resp. dessen Komponenten *HA* und *HSD* für das Jahr 2020 sowie für den RZ und die Jahre 2005 bis 2019. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in einigen Tabellen jedoch lediglich die Werte der letzten 10 Jahre (2011–2020) und des RZ aufgeführt. Die komplette Datenreihe ist in den Datengrundlagen der Empa einsehbar. Der zweite Teilbericht [49] dokumentiert die Sensitivitätsanalyse zwischen dem Berichtsjahr 2020 und dem Vorjahr 2019.

[1] Der wirtschaftliche Wohnsitz einer Person liegt in derjenigen Gemeinde, deren Infrastruktur sie am häufigsten beansprucht, unabhängig davon, wo die Papiere der Person hinterlegt sind.

2. Umfang und Inhalt der Untersuchungen

2.1. Überblick

Der *ZFI* ist eine Einzahlgrösse, die sich aus den *HA* und den *HSD* (Definitionen siehe unten) zusammensetzt. Die *HA* werden direkt mittels einer Belastungs-Wirkungsbeziehung [53] und die *HSD* über die Anzahl durch Fluglärm induzierte zusätzliche Aufwachreaktionen (*AWR*) ermittelt [3, 4]. Der Berechnungsablauf für den *ZFI* ist detailliert in [7] dokumentiert.

Für die Berechnung des *ZFI* des Jahres 2020 wird eine bestehende Belastungsrechnung verwendet, die im Rahmen des jährlichen Fluglärmnachweises für den Flughafen Zürich im Auftrag der Flughafen Zürich AG von der Empa, Abteilung Akustik / Lärmminderung, durchgeführt wurde (vgl. Kap. 4.1). Die für die Berechnungen benötigten Bevölkerungsdaten des Jahres 2020 werden der Empa in elektronischer Form zur Verfügung gestellt (vgl. Kap. 3.2.5).

Zusätzlich zur obigen Berechnung werden die Gründe der Veränderungen des *ZFI* vom Berichtsjahr zum Vorjahr untersucht. Diese Untersuchungen werden im zweiten Teilbericht dokumentiert [49].

2.2. Inhaltliche Systemabgrenzung

Bei der Berechnung des *ZFI* wird strikt nach Tag und Nacht unterschieden. Dabei kommen die in der Lärmschutz-Verordnung LSV [52] aufgeführten Abgrenzungen zur Anwendung (vgl. Kap. 2.3). Für den Tag (06–22 h) wird nur die Belästigung im Wachzustand bestimmt und für die Nacht (22–06 h) nur die Schlafstörung. Eine allfällige Schlafstörung in der Zeit von 06–22 h sowie eine starke Belästigung im Wachzustand von 22–06 h bleiben unberücksichtigt. Schlafstörung und Belästigung werden mittels folgender Indizes beschrieben:

HA ***Highly Annoyed***: Anzahl der durch Fluglärm während des Wachzustands am Tag (06–22 h) stark belästigten Personen. Der Index *HA* wird nur für den Tag berechnet.

HSD ***Highly Sleep Disturbed***: Anzahl der durch Fluglärm im Schlaf während der Nacht (22–06 h) stark gestörten Personen. Der Index *HSD* wird nur für die Nacht berechnet.

ZFI **Zürcher Fluglärm-Index**: Anzahl der durch Fluglärm des Flughafens Zürich stark beeinträchtigten Personen resp. Anzahl Personen, die sich durch Fluglärm stark belästigt und/oder im Schlaf stark gestört fühlen. Der *ZFI* berechnet sich aus der Summe der Teilindizes *HA* und *HSD*. Es ist daher möglich, dass eine Person sowohl tagsüber als auch nachts in den *ZFI* eingeht.

Die *HA* und *HSD* ergeben sich durch Einsetzen der Fluglärmbelastungen in die jeweilige Belastungs-Wirkungsbeziehung (vgl. Kap. 3.1) und durch Multiplikation der daraus resultierenden prozentualen Anteile für starke Belästigung resp. starke Schlafstörung mit der Wohnbevölkerung. Die Daten der Wohnbevölkerung stehen in einer Auflösung von 100 m × 100 m (Hektarraster) zur Verfügung. Es werden die Daten des jeweiligen Berechnungsjahres verwendet. Für die Ermittlung der *HSD* muss in einem Zwischenschritt die Anzahl der durch Fluglärm induzierten zusätzlichen *AWR* während der Nacht (22–06 h) ermittelt und in den prozentualen Anteil für starke Schlafstörung umgerechnet werden.

Bei der Berechnung des *ZFI* werden nur die Bewegungen der Grossflugzeuge berücksichtigt. Als Grossflugzeuge gelten nach LSV Anhang 5 [52] Luftfahrzeuge mit einem höchstzulässigen Abfluggewicht von

mehr als 8'618 kg. Die Kleinluftfahrzeuge werden nicht berücksichtigt, da sie nur einen geringen Einfluss auf die Gesamtbelastung beim Flughafen Zürich und damit auf den *ZFI* haben.

Bei den Fluglärmbelastungen sowie den daraus sich ergebenden *HA*, *HSD* und *ZFI* handelt es sich um Jahresmittelwerte.

2.3. Zeitliche Systemabgrenzung

In der vorliegenden Untersuchung werden die *HA*, die *HSD* und der *ZFI* für das Jahr 2020 ermittelt und zusammen mit den Werten des RZ und der Jahre 2005 bis 2019 ausgewiesen. Tabelle 2-1 gibt einen Überblick über die Zeitperioden, die für die vorliegende Untersuchung massgebend sind (vgl. Kap. 3.1 und 3.2).

Tabelle 2-1 Zeitperioden

Bezeichnung	Abkürzung	Zeitperiode	Beurteilungszeit
Tag [a]	T	06–22 h	16 h
Erste Tagesstunde	T1	06–07 h	1 h
Letzte Tagesstunde	T16	21–22 h	1 h
Übrige Tagesstunden	T2-T15	07–21 h	14 h
Nacht	N	22–06 h	8 h
Erste Nachtstunde [a]	N1	22–23 h	1 h
Zweite Nachtstunde [a]	N2	23–05 h	1 h
Letzte Nachtstunde [a]	N3	05–06 h	1 h

[a] Definition nach Lärmschutz-Verordnung (LSV [52]).

2.4. Räumliche Systemabgrenzung

Tabelle 2-2 weist die Berechnungsausschnitte und die Maschenweite des Hektarrasters aus, welche für die Belastungsrechnungen und somit auch für den *ZFI* des RZ (Verwendung der sog. *Footprints* (Kap. 4.1) des Jahres 2004 [5]), der Jahre 2005 bis 2019 [8, 9, 12, 15, 20, 24, 26, 28, 32, 33, 35, 39, 41, 44, 47] sowie des Jahres 2020 [48] verwendet wurden.

Der Berechnungsausschnitt des RZ und der Jahre 2005 bis 2010 ist identisch. Für die Jahre 2011 bis 2015 wurde der Ausschnitt deutlich vergrössert. Im Jahr 2016 wurde der Berechnungsausschnitt erneut vergrössert sowie die Maschenweite verfeinert (Details siehe [39]).

Tabelle 2-2 Berechnungsausschnitte

Jahr/Zustand	Schweizer Landeskoordinaten (LV03)		Ausdehnung	Maschenweite
	Ecke Südwest	Ecke Nordost		
RZ, 2005–2010	650'000 / 230'000	723'000 / 282'000	West-Ost: 73 km Nord-Süd: 52 km	250 m × 250 m
2011–2015	644'000 / 216'000	732'000 / 300'000	West-Ost: 88 km Nord-Süd: 84 km	250 m × 250 m
2016–2020	642'000 / 216'000	735'000 / 300'000	West-Ost: 93 km Nord-Süd: 84 km	150 m × 150 m

Um die Fluglärmbelastungen mit einer Maschenweite von 250 m bzw. 150 m mit den Bevölkerungsdaten im Hektarraster (vgl. Kap. 3.2.5) zu verknüpfen, werden die Fluglärmbelastungswerte zwischen den Gitterpunkten linear auf das Hektarraster (Hektarpunkte) mit einer Maschenweite von 100 m × 100 m interpoliert.

Die *HA*, *HSD* und der *ZFI* werden nicht im gesamten Berechnungsausschnitt ausgewiesen, sondern nur innerhalb des jeweiligen Untersuchungsperimeters (UP). Dieser wird für die *HA* durch das Abbruchkriterium bei einer Tagesbelastung von 47 dB festgelegt, und für die *HSD* bei einer Nachtbelastung von 37 dB. Unterhalb dieser Belastungen werden somit deren Wirkungen auf die Bevölkerung (*HA*, *HSD*) auf Null gesetzt. Die Festlegung von Abbruchkriterien ist notwendig, damit der *ZFI* nicht zu träge auf Veränderungen reagiert.

3. Grundlagen und Methodik

3.1. Berechnungsvorschrift für den *ZFI*

Der Zürcher Fluglärm-Index *ZFI* berechnet sich durch Addition der *HA* und der *HSD*.

Formel 3-1 $$ZFI = HA + HSD$$

3.1.1. Bestimmung der *HA*-Komponente

Die *HA*-Komponente ergibt sich durch Überlagerung eines Belastungszustandes mit der Wohnbevölkerung unter Verwendung einer vorgegebenen Belastungs-Wirkungsbeziehung nach folgendem Prinzip: In den Hektarpunkten eines vorgegebenen Bodenrasters werden die akustischen Grössen sowie die Anzahl Personen bestimmt. Durch Einsetzen der akustischen Grössen in die Funktionsgleichung der Belastungs-Wirkungsbeziehung ergibt sich je Hektarpunkt *i* der Prozentsatz (oder die Wahrscheinlichkeit) für starke Belästigung ($\%HA_i$). Wird dieser Prozentsatz mit der Anzahl Personen je Hektarpunkt ($N_{pop,i}$) multipliziert, so erhält man die räumliche Verteilung der *HA,* bezogen auf einen vorgegebenen Belastungszustand und eine vorgegebene Wohnbevölkerung. Werden alle Hektarpunktwerte aufsummiert, ergeben sich daraus die *HA*.

Formel 3-2 $$HA = \sum_i N_{pop,i} \cdot \frac{\%HA_i}{100}$$

HA	Anzahl der durch Fluglärm während des Wachzustands am Tag stark belästigten Personen.
$N_{pop,i}$	Einwohnerzahl der Hektare *i*.
$\%HA_i$	Prozentsatz der durch Fluglärm stark belästigten Personen am Hektarpunkt *i*.

Zur Bestimmung des Prozentsatzes für starke Belästigung *%HA* wird eine Belastungs-Wirkungsbeziehung von Miedema und Oudshoorn verwendet [53] (vgl. Abbildung 3-1(a)). Das für die Ermittlung der *%HA* ursprünglich verwendete Belastungsmass *Day-Night-Level* [53] wird dabei mit einem tagesrandstunden-gewichteten 16h-Mittelungspegel (Leq^*_{16}) ersetzt (Details vgl. [7]). Dieser wird ermittelt, indem die Belastungen der ersten (06–07 h) und letzten Tagesstunde (21–22 h) je mit einem Malus von 5 dB versehen werden (Kap. 3.2.1). Das Abbruchkriterium, bei dem die *%HA* auf Null gesetzt wird, wird bei einem Leq^*_{16} von 47 dB festgelegt (UP für die *HA*, vgl. Kap. 2.4). Somit ergibt sich folgende Funktionsgleichung zur Berechnung der *%HA* am Hektarpunkt *i*:

Formel 3-3
$$\%HA_i = -1.395 \cdot 10^{-4} \cdot \left(Leq^*_{16,i} - 42\right)^3 + 4.081 \cdot 10^{-2} \cdot \left(Leq^*_{16,i} - 42\right)^2 + 0.342 \cdot \left(Leq^*_{16,i} - 42\right) \leq 100\% \quad \text{für } Leq^*_{16,i} \geq 47\,dB$$

$$\%HA_i = 0 \quad \text{für } Leq^*_{16,i} < 47\,dB$$

$\%HA_i$	Prozentsatz der durch Fluglärm stark belästigten Personen am Hektarpunkt *i*.
$Leq^*_{16,i}$	Tagesrandstundengewichteter 16h-Mittelungspegel am Hektarpunkt *i*.

3.1.2. Bestimmung der *HSD*-Komponente

Die *HSD*-Komponente wird analog zu den *HA* durch Multiplikation des Prozentsatzes für starke Schlafstörung (*%HSD*) mit der Anzahl Personen je Hektarpunkt ($N_{pop,i}$) berechnet.

Formel 3-4
$$HSD = \sum_i N_{pop,i} \cdot \frac{\%HSD_i}{100}$$

HSD Anzahl der durch Fluglärm im Schlaf während der Nacht stark gestörten Personen.

$N_{pop,i}$ Einwohnerzahl der Hektare *i*.

$\%HSD_i$ Prozentsatz der durch Fluglärm im Schlaf stark gestörten Personen am Hektarpunkt *i*.

Der Prozentsatz *%HSD* wird mittels der Anzahl durch den Fluglärm induzierte zusätzliche *AWR* ermittelt. Eine *AWR* ist eine Schlaftiefenänderung, welche anhand der Hirnströme (EEG) festgestellt wird. Sie führt nur selten zum bewussten Erwachen. Pro Nacht treten ohne Lärmeinwirkung ca. 24 spontane *AWR* auf [4]. Zur Umrechnung der durch Fluglärm induzierten zusätzlichen *AWR* in die *%HSD* wird ein Gewichtsfaktor für starke Schlafstörung (*GsS*) eingesetzt [51]. Gemäss Berechnungsvorschrift für den *ZFI* [7] wird *GsS* = 26 gesetzt. Das Abbruchkriterium, bei dem die *%HSD* auf Null gesetzt wird, wird durch den 8h-Mittelungspegel der Nacht (Leq_N) von 37 dB festgelegt (UP für die *HSD*, vgl. Kap. 2.4).

Formel 3-5
$$\%HSD_i = GsS \cdot AWR_i \leq 100\% \quad \text{für } Leq_{N,i} \geq 37\,\text{dB}$$

$$\%HSD_i = 0 \quad \text{für } Leq_{N,i} < 37\,\text{dB}$$

$\%HSD_i$ Prozentsatz der durch den Fluglärm in ihrem Schlaf stark gestörten Personen am Hektarpunkt *i*.

GsS Gewichtsfaktor für starke Schlafstörung, wobei *GsS* = 26.

AWR_i Anzahl durch Fluglärm induzierte zusätzliche Aufwachreaktionen am Hektarpunkt *i* während der Nacht (22–06 h).

$Leq_{N,i}$ 8h-Mittelungspegel der Nacht (22–06 h) am Hektarpunkt *i*.

Die Anzahl *AWR* wird nach einer Formel aus der Schlafstudie des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) bestimmt [4]. In der DLR-Schlafstudie wird ein funktionaler Zusammenhang zwischen der Wahrscheinlichkeit des Aufwachens[2] und dem maximalen Schallpegel am Ohr des Schläfers postuliert. Dieser Zusammenhang wurde sowohl im Labor als auch im Feld ermittelt. Für die Ermittlung der *AWR* in Formel 3-5 wird die Formel der Feldstudie verwendet. Die vom DLR publizierten Funktionen gelten für Maximalpegelwerte am Ohr des Schläfers. Mit den Fluglärmberechnungen (Kap. 4.1) werden jedoch die Aussenpegel ermittelt. Der Übergang von aussen nach innen wird mit einer Einfügungsdämpfung *D* berücksichtigt (Differenz zwischen Aussen- und Innenpegel), wobei gemäss aktueller ZFI-VO von Dezember 2011 [56] der Effekt passiver Schallschutzmassnahmen[3] (PM) auf die *HSD* berücksichtigt wird. Dazu werden in den Berechnungen folgende Einfügungsdämpfungen eingesetzt: Für Gebäude mit PM, die gemäss erhöhten resp. aufgrund von Art. 32 Abs. 2 LSV verschärften Anforderungen

---

2 Der Wechsel vom Schlaf- zum Wachzustand sowie der Wechsel von den Schlafstadien 4, 3 und 2 ins Schlafstadium 1 wird als Aufwachen interpretiert.

3 Unter passiven Schallschutzmassnahmen versteht man Ersatzmassnahmen beim Empfänger, wie Schallschutzfenster, Komfort- und Schalldämmlüftungen oder Fensterschliessmechanismen. Als aktive Schallschutzmassnahmen hingegen gelten Massnahmen an der Quelle und auf dem Ausbreitungspfad (z.B. leisere Triebwerke, lärmarme An-und Abflugverfahren). Letztere werden rechnerisch in den Lärmberechnungen berücksichtigt, erstere durch (rechnerische) Erhöhung der Einfügungsdämpfung bei der Ermittlung der *HSD*. Bis und mit dem Berechnungsjahr 2017 beinhalteten die PM Komfort- und Schalldämmlüfter, seit 2018 zusätzlich Fensterschliessmechanismen.

der SIA-Norm 181 [55] erstellt wurden, werden entsprechende Einfügungsdämpfungen verwendet (Details siehe Kap. 3.2.4), und für die übrigen Gebäude mit PM wird ein (geringerer) Wert von –25 dB eingesetzt. Für alle übrigen Bauten (ohne passive Massnahmen) wird eine Einfügungsdämpfung von –15 dB verwendet (Wert für gekipptes Fenster [3]). Die Berechnungsformel für die *AWR* lautet:

Formel 3-6

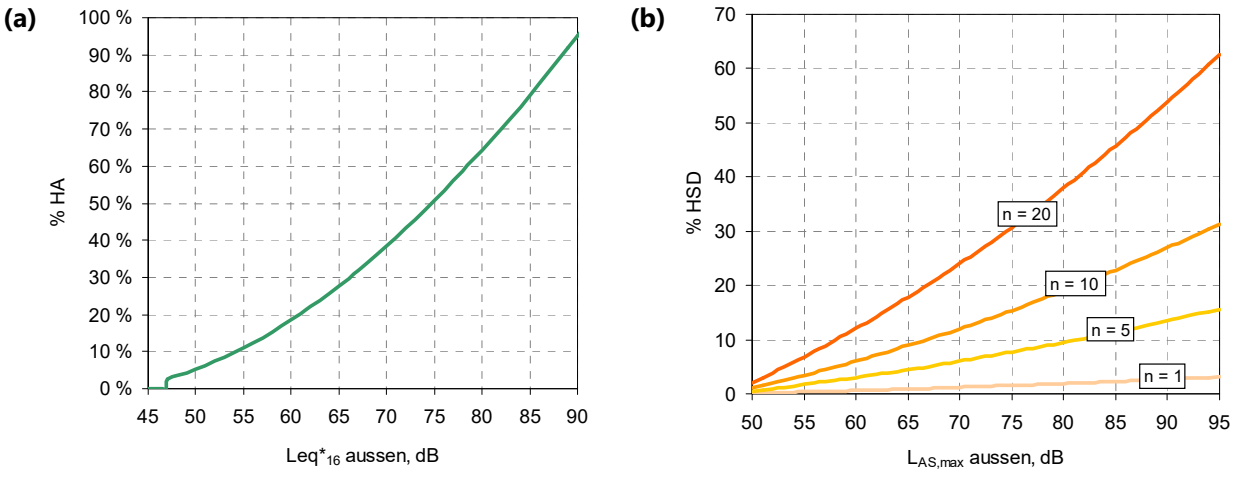
$$AWR_i = \int H_i(L_{AS,\max} + D) \cdot P_{AWR}(L_{AS,\max} + D) dL_{AS,\max}$$

mit

$$P_{AWR}(L_{AS,\max} + D) = 1.894 \cdot 10^{-5} \cdot (L_{AS,\max} + D)^2 + 4.008 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{AS,\max} + D) - 3.3243 \cdot 10^{-2}$$

AWR_i	Anzahl durch Fluglärm induzierte zusätzliche Aufwachreaktionen am Hektarpunkt *i*.
H_i	Häufigkeitsverteilung der Maximalpegel am Hektarpunkt *i*.
$L_{AS,max}$	A-bewerteter Maximalpegel (Zeitkonstante *slow*).
D	Einfügungsdämpfung für den Übergang vom Aussen- zum Innenpegel. Für gekippte Fenster –15 dB. Für Bauten mit passiven Schallschutzmassnahmen (PM) –25 dB. Bei Bauten, die mit erhöhten resp. aufgrund von Art. 32 Abs. 2 LSV verschärften Anforderungen der SIA-Norm 181 erstellt wurden, gelten die entsprechenden Werte.
P_{AWR}	Wahrscheinlichkeit einer zusätzlichen Aufwachreaktion durch ein Fluggeräusch mit dem Maximalpegel $L_{AS,max}$.

Im Gegensatz zur Bestimmung der *HA*, wo direkt mit dem Leq^*_{16} in Formel 3-3 der Prozentsatz der vom Fluglärm stark belästigten Personen berechnet werden kann, muss bei der Ermittlung der *HSD* zuerst die Einzelwirkung, d.h. der Effekt eines einzelnen Flugereignisses auf den Schlaf, bestimmt werden (Formel 3-6). Anschliessend kann die Gesamtwirkung resp. die Wahrscheinlichkeit für starke Schlafstörung durch Addition der Einzelwirkungen ermittelt werden (Formel 3-5; Details vgl. [7]). Abbildung 3-1(b) zeigt die Belastungs-Wirkungsbeziehung zur Bestimmung des Prozentsatzes der Personen, die durch den Fluglärm im Schlaf stark gestört werden, für einen, fünf, zehn und zwanzig Überflüge.



[ZFI20_SENS19.xlsx / %HA]

[ZFI20_SENS19.xlsx / %HSD]

Abbildung 3-1 Belastungs-Wirkungsbeziehungen zur Bestimmung (a) des Prozentsatzes der durch Fluglärm am Tag (06–22 h) stark belästigten Personen (*%HA*), und (b) des Prozentsatzes der durch Fluglärm im Schlaf stark gestörten Personen (*%HSD*) für einen, fünf, zehn und zwanzig Überflüge.

3.2. Technische Umsetzung der *ZFI*-Berechnung

Im Folgenden wird die technische Umsetzung der *ZFI*-Berechnung für das Jahr 2020 erläutert (Details siehe [7]). Im Gegensatz zur Ermittlung des *ZFI* vom RZ und der Jahre 2005 bis 2010, wo für alle Gebäude eine Einfügungsdämpfung von –15 dB verwendet wurde, werden seit dem Berichtsjahr 2011 gemäss ZFI-VO vom Dezember 2011 [56] für Bauten mit PM höhere Einfügungsdämpfungen berücksichtigt (vgl. Kap. 3.1.2). Abgesehen von der berücksichtigten Einfügungsdämpfung sind die Berechnungen der Belastungsjahre 2011 bis 2020 jedoch identisch mit denjenigen für den RZ und die Jahre 2005 bis 2010.

3.2.1. Berechnen der Mittelungspegel

Eine kurze Erläuterung der zugrunde liegenden Fluglärmberechnung findet sich in Kapitel 4.1. Der tagesrandstundengewichtete 16h-Mittelungspegel (Leq^*_{16}) wird gemäss Formel 3-7 aus den sechzehn 1h-Mittelungspegel des Tages (06–22 h) berechnet, welche für das Jahr 2020 bereits vorliegen [48].

Formel 3-7
$$Leq^*_{16} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{16} \cdot \left(10^{0.1 \cdot (Leq_{T1}+5)} + \sum_{i=T2}^{T15} 10^{0.1 \cdot Leq_i} + 10^{0.1 \cdot (Leq_{T16}+5)}\right)\right)$$

Leq^*_{16}	16h-Mittelungspegel mit einem Malus von je 5 dB für die erste (T1) und letzte Tagesstunde (T16).
Leq_{T1}	1h-Mittelungspegel der ersten Tagesstunde (06–07 h).
Leq_i	1h-Mittelungspegel der Tagesstunde *i*.
T2	2. Tagesstunde (07–08 h).
T15	15. Tagesstunde (20–21 h).
Leq_{T16}	1h-Mittelungspegel der letzten Tagesstunde (21–22 h).

Zur Ermittlung des 8h-Mittelungspegel (Leq_N) für die Nacht (N) von 22–06 h werden gemäss Berechnungsvorschrift [7] die drei nach LSV ermittelten 1h-Mittelungspegel der Nacht energetisch addiert und über acht Stunden gemittelt (Formel 3-8). Für die Jahre 2007 bis 2020 wird aus den *Footprints* (Definition: Kap. 4.1) für die Nacht (22–06 h) direkt der Leq_N berechnet (vgl. Kap. 4.1), was dasselbe Resultat liefert wie die Berechnung gemäss Formel 3-8.

Formel 3-8
$$Leq_N = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{8} \cdot \left(\sum_{i=N1}^{N3} 10^{0.1 \cdot Leq_i}\right)\right)$$

Leq_N	8h-Mittelungspegel in der Nacht (22–06 h).
N	Nacht (22–06 h).
N1	1. Nachtstunde (22–23 h).
N2	2. Nachtstunde (23–24 h).
N3	Letzte Nachtstunde (05–06 h).
Leq_i	1h-Mittelungspegel der Nachtstunde *i*.

3.2.2. Berechnen der Maximalpegelhäufigkeiten

In der Berechnung mit FLULA2 (Fluglärmberechnungsprogramm der Empa [21]; Kap. 4.1) wird standardmässig jeweils an vorgegebenen Gitterpunkten des Berechnungsausschnitts (vgl. Kap. 2.4) der energetisch gemittelte Maximalpegel pro Flugzeugtyp und Flugroute bestimmt. Dieser lässt sich als Erwartungswert einer Normalverteilung interpretieren, wobei die Standardabweichung der Verteilung gemäss [7] fix zu 2 dB angenommen wird. Mit den typen- und routenspezifischen Flugbewegungszahlen, welche sich aus den Bewegungslisten des Flughafens ergeben, erhält man auf diese Weise für jeden Gitterpunkt eine Vielzahl von (theoretischen) typen- und routenspezifischen Maximalpegelhäufigkeitsverteilungen. Werden diese über sämtliche Flugzeugtypen und sämtliche Routen aufsummiert, erhält man die vollständige Maximalpegelhäufigkeitsverteilung *H* in Formel 3-6. Somit sind mit den bereits verfügbaren typen- und routenspezifischen Maximalpegeln die Maximalpegelverteilungen ohne zusätzliche Fluglärmberechnungen bestimmbar.

3.2.3. Berechnen der Anzahl Aufwachreaktionen

Die Anzahl *AWR* wird berechnet, indem pro Gitterpunkt des Berechnungsausschnitts die Maximalpegelhäufigkeitsverteilungen ermittelt und in Formel 3-6 eingesetzt werden. Formel 3-6 wird dabei so in FLULA2 implementiert, dass – anstatt die vollständigen Maximalpegelhäufigkeitsverteilungen H_i einzusetzen – für sämtliche typen- und routen spezifischen Häufigkeitsverteilungen direkt die *AWR* berechnet und danach zu einer Gesamtzahl aufsummiert werden. Zur Bestimmung der *AWR* müssen sinnvolle Integrationsgrenzen gewählt werden, d.h. minimale und maximale zu berücksichtigende Maximalpegelwerte. Die untere Integrationsgrenze wird bei 32.6 dB, die obere bei 110.0 dB festgelegt (vgl. Formel 3-6: $P_{AWR} = 0$ für $L_{AS,\max} + D = 32.6$ dB). Anschliessend müssen die *AWR* ins Hektarraster umgerechnet werden. Dazu wird zwischen den Gitterpunkten linear interpoliert.

3.2.4. Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen

Mit der ZFI-VO vom 7. Dezember 2011 [56] wird im *ZFI* seit der Berechnung zum *ZFI* 2011 [25] die Wirkung passiver Schallschutzmassnahmen (PM) mittels der Einfügungsdämpfung berücksichtigt (Formel 3-6). Hierbei beeinflussen solche Massnahmen nur die *HSD*, deren Ermittlung auf Innenpegel („am Ohr des Schläfers") beruht, nicht aber die *HA*, welche mittels Aussenpegel ermittelt werden. Die ZFI-VO schreibt für gewöhnliche Bauten eine Einfügungsdämpfung von –15 dB, für „herkömmliche" Bauten (s.u.) mit PM von –25 dB, und für Bauten, die mit erhöhten resp. aufgrund von Art. 32 Abs. 2 der LSV verschärften Anforderungen der SIA-Norm 181 [55] erstellt wurden, von entsprechender Höhe vor. Letztere können der sogenannten Standardschallpegeldifferenz D_e nach [55] für Wohnräume der Lärmempfindlichkeit „mittel" gleichgesetzt werden [30]. In der Praxis sieht die Fachstelle Lärmschutz (FALS) des Kantons Zürich als Vollzugsbehörde hierbei je nach Beurteilungspegel *Lr* Standardschallpegeldifferenzen D_e zwischen 27 und 54 dB oder gar mehr vor [50] . Für die Berechnung des *ZFI* werden nur D_e-Werte bis 43 dB berücksichtigt, da die Anzahl Baugesuche mit D_e-Werten über 43 dB gering und die Schalldämmungen schwierig zu realisieren sind. Zudem wird so die Konsistenz zu den vergangenen *ZFI*-Berechnungen bewahrt, und die Rechnung stellt eine konservative Abschätzung dar.

Die Grundannahme bei der Ermittlung der *HSD* ist somit, dass Personen in Bauten ohne passive Massnahmen bei offenem Fenster schlafen ($D = -15$ dB), in Bauten mit passiven Massnahmen jedoch bei geschlossenem Fenster ($D \leq -25$ dB).

Bis und mit Belastungsjahr 2011 konnten die Bauten nach SIA-Norm 181 nicht berücksichtigt werden, da die Angaben zu Gebäuden nach SIA-Norm 181 nicht verfügbar waren. Für das Berechnungsjahr 2012 hingegen konnten die entsprechenden Informationen für die Berechnungen aufbereitet werden. Das Amt für Mobilität (damals Amt für Verkehr) entschied sich, diese Daten nicht für die offizielle Berechnung des *ZFI* des Jahres 2012 zu verwenden, sondern zuerst eine zusätzliche Sensitivitätsanalyse durchzuführen [30]. Es zeigte sich, dass die Berücksichtigung der erhöhten Anforderungen der SIA-Norm (D = –27 dB … –43 dB statt D = –25 dB) den rechnerisch ermittelten *ZFI*-Wert des Jahres 2012 um nur 76 Personen gesenkt hätte. Der Einfluss erhöhter Anforderungen auf den *ZFI* war also gering. (Auch für das Jahr 2020 ist der Einfluss sehr gering, mit einer Differenz von 95 Personen). Um die ZFI-VO [56] vollumfänglich umzusetzen, werden ab dem Berichtsjahr 2013 dennoch die Einfügungsdämpfungen gemäss erhöhten Anforderung nach SIA-Norm 181 für die offizielle Berechnung verwendet.

Die Zuordnung zu den Einfügungsdämpfungen erfolgt nach Gebäudeart und -alter (Details vgl. Kap. 3.2.5). Bis und mit dem Berechnungsjahr 2019 wurden dabei drei Altersklassen berücksichtigt, seit dem vorliegenden Berechnungsjahr 2020 vier Altersklassen (neu $D_{e,17}$, da seit dem 18.11.2016 eine neue Fluglärmbelastung (vBR12 [29]) für Baubewilligungen massgebend ist):

- Bauten ohne PM: D = –15 dB
- Bauten mit PM, vor dem 31.12.2006 erstellt: D = –25 dB
- Bauten mit PM, zwischen 01.01.2007 und 31.12.2011 erstellt: $D = D_{e,07}$ (–27 dB … –43 dB)
- Bauten mit PM, zwischen 01.01.2012 und 31.12.2016 erstellt: $D = D_{e,12}$ (–27 dB … –43 dB)
- Bauten mit PM, nach dem 01.01.2017 erstellt: $D = D_{e,17}$ (–27 dB … –43 dB)

(Man beachte, dass in den Vorjahren $D_{e,07}$ als $D_{e,alt}$ und $D_{e,12}$ als $D_{e,akt}$ bezeichnet wurden, und dass $D_{e,akt}$ alle Gebäude ab 01.01.2012 enthielt, auch die nach dem 01.01.2017 erstellten Gebäude, d.h. die aktuellen Gebäudeklassen $D_{e,12}$ mit und $D_{e,17}$.)

Bei der Ermittlung der *HSD* wird somit den Personen, abhängig von Gebäudeart und –alter, die entsprechende Einfügungsdämpfungen zugeordnet (D = –15 dB, D = –25 dB, $D = D_{e,07}$, $D = D_{e,12}$ oder $D = D_{e,17}$). In den Berechnungen werden nur die durch Fluglärm bestimmten Schallschutzanforderungen nach SIA-Norm 181 berücksichtigt, da diese die ganze Gebäudehülle betreffen. Die durch Strassen- und Eisenbahnlärm verursachten Anforderungen werden nicht berücksichtigt, da diese nur an betreffenden lärmexponierten Fassaden gelten, aber nicht an der gesamten Gebäudehülle, welche für den Fluglärm massgebend ist. In den Berechnungen werden die Anforderungen nach SIA-Norm 181 zudem nur für Gebäude im Kanton Zürich berücksichtigt, da der Empa für die anderen Kantonen entsprechende Informationen zu den Gebäuden nicht vorliegen. Allerdings dürfte dies die Resultate nur geringfügig beeinflussen, da der Kanton Zürich den grössten Anteil am *ZFI* ausmacht (2020: 99.8% der *HSD*). Die Berechnungen für Personen ausserhalb des Kantons Zürich werden daher ausschliesslich mit D = –15 dB durchgeführt.

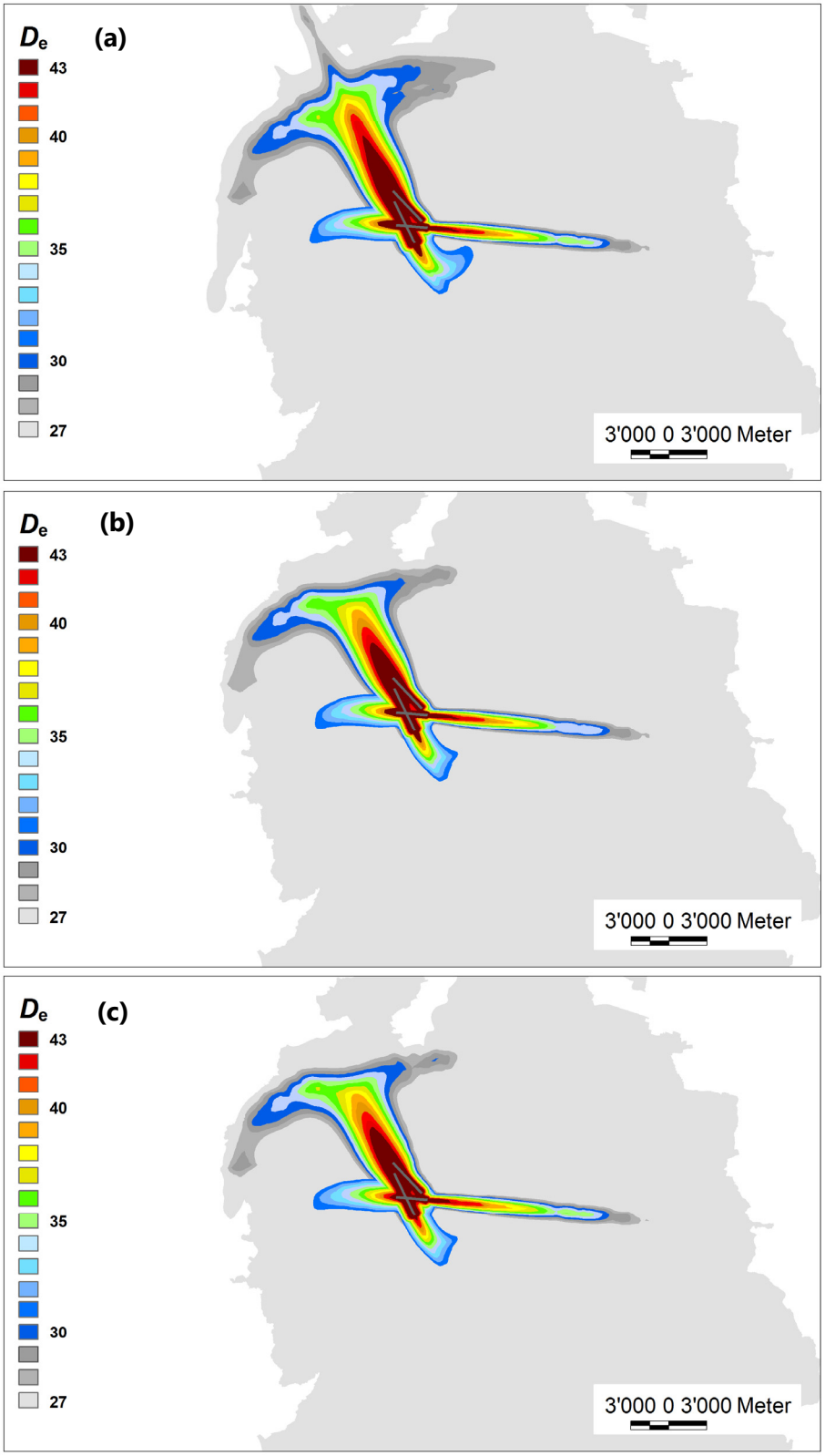
Die originalen $D_{e,07}$- und $D_{e,12}$-Datensätze der FALS wurden der Empa im Rahmen von [30] für die Berechnungen folgendermassen modifiziert (für Details zu den $D_{e,07}$- und $D_{e,12}$-Werten siehe [30]):

- Die Belastung durch den Militärflugplatz Dübendorf wurde nicht berücksichtigt, da der aktuell gültige Kataster die heutige Fluglärmbelastung nicht adäquat repräsentiert [50].
- Als Obergrenze für D_e wird 43 dB verwendet (s.o.).

Abbildung 3-2(a) und (b) zeigt die entsprechenden massgebenden $D_{e,07}$- und $D_{e,12}$- Werte um den Flughafen Zürich (modifizierter Datensatz). Diese Daten wurden dem Statistischen Amt des Kantons Zürich im Rahmen der Berechnung des *ZFI* des Jahres 2013 [31] zur Verfügung gestellt, um die massgebenden D_e-Werte pro Hektare zu bestimmen. Als konservative Abschätzung wurde der jeweils kleinste zu einer Hektare gehörige Wert verwendet, unabhängig davon, ob dieser Wert für ein Gebäude innerhalb der Hektare massgeblich ist oder nicht[4]. Die vom Statistischen Amt so aufbereiteten D_e-Werte wurden der Empa zur Verfügung gestellt. Fehlende minimale D_e-Werte von Hektaren, welche auf der Kantonsgrenze liegen (d.h. Minimalwert der Hektare liegt ausserhalb des Kantons und ist leer), wurden von der Empa auf –27 dB gesetzt. Die Daten werden seither in den *ZFI*-Berechnungen verwendet.

Der neue originale $D_{e,17}$-Datensatz des Amts für Raumentwicklung (ARE) [B] wurde von der Empa im Rahmen der vorliegenden Berechnungen analog wie die $D_{e,07}$- und $D_{e,12}$-Datensätze modifiziert (Nichtberücksichtigung Belastung Militärflugplatz Dübendorf, Obergrenze 43 dB, konservative Abschätzung für massgebenden $D_{e,17}$-Wert pro Hektare). Abbildung 3-2(c) zeigt die entsprechenden massgebenden $D_{e,17}$-Werte um den Flughafen Zürich.

4 Im Gegensatz hierzu wurden in der Sensitivitätsanalyse von [30] die minimalen D_e-Werte verwendet, welche zu tatsächlich existierenden Gebäuden gehörten. Die hier verwendeten D_e-Werte sind somit geringfügig tiefer, d.h. die Berechnung ist etwas konservativer.



[Abbildung_De_um_ZRH_ohneUP.mxd / Abbildung_De_um_ZRH_ohneUP_DE_AKT.png, Abbildung_De_um_ZRH_ohneUP_DE_ALT.png, Abbildung_De_um_ZRH_ohneUP _DE_NEU.png]

Abbildung 3-2 **(a) $D_{e,07}$. (b) $D_{e,12}$ und (c) $D_{e,17}$ Standard-Schallpegeldifferenzen: Anforderungswerte gemäss SIA-Norm 181, konkretisiert von der FALS für die Fluglärmbelastung um den Flughafen Zürich. Graphiken (a) und (b) aus [30].**

3.2.5. Hektardaten der Wohnbevölkerung

Gesamtbevölkerungsdaten: Zur Berechnung des *ZFI* werden Informationen über die Bevölkerungsstruktur und -anzahl um den Flughafen für das jeweilige Jahr benötigt, für das der *ZFI* bestimmt werden soll. Die Erfassungsmethodik für das Berichtsjahr 2020 wird im Folgenden erläutert.

Seit dem Jahr 2011 [25] werden die Bevölkerungsdaten der Kantone Aargau, Schaffhausen, Thurgau, St. Gallen, Zug und Schwyz vom Bundesamt für Statistik (BFS) als geokodierte Hektardaten bezogen. Diese Daten beruhen auf den STATPOP-Daten des BFS und liegen jeweils für das Vorjahresende vor, also zur Berechnung des *ZFI* 2020 für das Jahresende 2019. Auf eine Skalierung der Daten um die provisorischen Einwohnerzahlen auf Gemeindestufe wird seit der Berechnung des *ZFI* für das Jahr 2013 [31] verzichtet, da die tatsächlich betroffene Bevölkerung hauptsächlich im Kanton Zürich lebt (2020: 99.7% der *HA* und 99.9% der *HSD*). Die Nachführung der Einwohnerentwicklung in den genannten Kantonen erfolgt im Rahmen des *ZFI* somit um ein Jahr verzögert.

Die Bevölkerungsdaten des Kantons Zürich basieren hingegen auf der kantonalen Bevölkerungsstatistik. Sie umfasst die wirtschaftliche Bevölkerung zum Jahresendstand 2020. Auf Grundlage der kantonalen Bevölkerungsdaten sind somit für den bezüglich *ZFI* massgeblichen Kanton sowohl Bevölkerungsverteilung und -anzahl insgesamt als auch die Bevölkerung in Gebäuden mit PM konsistent und aktuell.

Die Bevölkerungsdaten für Süddeutschland sind ebenfalls geokodierte Hektardaten, sie beruhen auf den Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg und beziehen sich auf die wirtschaftliche Bevölkerung zum Jahresendstand 2020.

Zusammenfassend wurden die Bevölkerungsdaten der Zürcher Nachbarkantone vom BFS (Jahresendstand 2019), des Kantons Zürich vom Statistischen Amt des Kantons Zürich (Jahresendstand 2020) und Süddeutschlands vom Statistischen Landesamt Baden-Württemberg (Jahresendstand 2020) erfasst. Das Statistische Amt des Kantons Zürich fügte die verschiedenen Datensätze zusammen, ordnete jedem Hektar eine Gemeinde und einen Kanton zu und leitete die Daten der Empa in elektronischer Form weiter [A].

Bevölkerung in Gebäuden mit PM: Für die Berechnung der passiven Massnahmen mit den erhöhten Anforderungen nach SIA-Norm 181 werden Personen in Gebäuden mit PM benötigt. Diese Kategorie umfasst Minergie-Gebäude, Gebäude mit Komfort- und Schalldämm-Lüftungsanlagen, sowie Gebäude mit Fensterschliessmechanismen. Letztere Gebäude werden seit dem Berechnungsjahr 2018 verwendet [42]. Seit dem Berechnungsjahr 2019 werden zudem alle Gebäude mit Baujahr 2017 und jünger als Gebäude mit PM in den Berechnungen berücksichtigt, was im Kanton Zürich zwischen 2018 und 2019 insgesamt zu einer starken Zunahme der in den Berechnungen berücksichtigten Anzahl Personen in Gebäuden mit PM führte (Details vgl. [46]).

Die Gebäude mit PM werden in vier Altersklassen eingeteilt (vgl. Kap. 3.2.4). Hierzu bereitete das Statistische Amt des Kantons Zürich zusätzlich zu den Gesamtbevölkerungsdaten die Hektardaten der in Gebäuden mit PM lebenden Wohnbevölkerung in die vier Altersklassen auf. Die resultierenden Hektardaten der in Gebäuden mit PM lebenden Wohnbevölkerung wurden der Empa in derselben Datei wie die Gesamtbevölkerungsdaten zur Verfügung gestellt [A] und zur Berücksichtigung der in Kapitel 3.2.4 diskutierten Einfügungsdämpfung gemäss ZFI-VO verwendet.

3.2.6. Datenbank

Sämtliche Daten (Belastungen, Bevölkerung, *AWR*, *HA*, *HSD* und *ZFI*) werden nach Interpolation ins Hektarraster (knapp 400'000 Hektarpunkte) in einer Access-Datenbank verwaltet. Zu jedem Hektarpunkt können die Wohnbevölkerung, die Gemeinde- und Kantonszugehörigkeit, die Höhe der Belastungen, die *AWR*, die *HA, HSD* und der *ZFI* abgefragt werden. Die *HA*, *HSD* und der *ZFI* werden in Access unter Anwendung der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Verfahren berechnet. Die Auswertung und Darstellung der Resultate erfolgt in Excel mit Hilfe von Pivot-Tabellen-Abfragen. Die *HA*, *HSD* und der *ZFI* lassen sich dort in tabellarischer Form zusammenfassen und in Diagrammen grafisch darstellen. Die Datenstruktur ermöglicht zudem eine gemeinde- oder kantonsweise Auswertung.

In der Datenbank werden neben den neu berechneten *HA*, *HSD* und *ZFI* des Jahres 2020 auch die *HA*, *HSD* und der *ZFI* des RZ sowie der vorangegangenen Jahre 2005 bis 2019 verwaltet.

3.2.7. Räumliche Darstellung der Resultate

Um eine Vorstellung über die räumliche Ausdehnung und Verteilung der *HA*, *HSD* und des *ZFI* zu erhalten, werden die Daten aus Access in ArcGIS eingelesen und kartografisch dargestellt (vgl. Karten am Ende des Berichts). Pro Hektarpunkt werden die *HA*, die *HSD* und der *ZFI* ausgewiesen. Wo keine Hektarpunkte zu sehen sind, sind (rechnerisch) keine Personen durch den Fluglärm beeinträchtigt.

4. Eingabedaten für die Belastungsrechnungen

4.1. Belastungsrechnungen

Für die Ermittlung des *ZFI* und seiner Komponenten *HA* und *HSD* des Jahres 2020 wird eine bestehende Belastungsrechnung verwendet [48]. Die Belastungsrechnungen wurden mit dem an der Empa entwickelten Fluglärmberechnungsprogramm FLULA2 [21] durchgeführt. Sie erfolgten nach dem Prinzip der Einzelflugsimulation[5] unter Verwendung von Radardaten. Details zu den Eingabedaten (Pisten- und Routenbelegung, Flugzeugflotte) finden sich in [48].

Die Fluglärmbelastungen der Jahre 2004 (verwendet im RZ) [5], 2005 [8] und 2006 [9] wurden mittels sogenannter Standardsimulation, diejenigen der Jahre 2007 bis 2015 [12, 15, 20, 24, 26, 28, 32, 33, 35] mittels *Full-Size*-Simulation ermittelt, wobei die Umstellung auf die *Full-Size*-Simulation aus methodischen Gründen auch ein neues Radardatenaufbereitungsprogramm bedingte. Für die Berechnungsjahre 2016 bis 2020 [39, 41, 44, 47, 48] wird die Belastung am Tag wieder mittels der Standardsimulation gerechnet (Nacht: *Full-Size*), da sich der Berechnungsaufwand mit den Anpassungen an die Anforderungen des Leitfaden Fluglärms [2], insbesondere die Verfeinerung des Berechnungsgitters (Tabelle 2-2), erheblich erhöhte. Bei der Standardsimulation werden pro Typ und Route eine bestimmte Anzahl Flugbahnen (vor 2006: bis zu 100; 2016 und 2017 Tag: bis zu 500; 2018 bis 2020 Tag: bis zu 250) stochastisch ausgewählt (für das Jahr 2006 beispielsweise gesamthaft rund 27'000 Flugbahnen; 2016 tags rund 58’000 Flugbahnen), einzeln durchgerechnet, und daraus die typen- und routenspezifischen *Footprints*[6] ermittelt. Bei der *Full-Size*-Simulation hingegen werden alle verfügbaren Flugbahnen durchgerechnet (z.B. für das Jahr 2015 rund 247'000 Flugbahnen). Für die Standardsimulation (RC, 2005 und 2006) wird pro Typ und Route je ein *Footprint* ermittelt, für die *Full-Size* bzw. kombinierte Standard- *und Full*-Size-Simulation (2007–2020) hingegen pro LSV-Verkehrszeit (T, N1, N2 und N3 [52]) je ein *Footprint*. Die Unterschiede zwischen der Standard- und *Full-Size*-Simulation sind für eine Jahresberechnung grösstenteils vernachlässigbar [38, 54].

Für die Fluglärmberechnungen des RZ (Belastungsrechnung 2004) wurde FLULA2 Version 002 verwendet, für diejenigen der Jahre 2005 bis 2007 FLULA2 Version 003, und für diejenigen der Jahre 2008 bis 2020 die aktuelle FLULA2 Version 004 (Details siehe [16]). Die oben aufgeführten Änderungen im Berechnungsverfahren wirken sich auch auf den *ZFI* aus. Die resultierenden Auswirkungen wurden exemplarisch für das Jahr 2006 untersucht [17, 18, 22]. Es zeigte sich, dass sich die Auswirkungen der Änderungen im Berechnungsverfahren teilweise kompensieren. Insgesamt (Wechsel von der Standard- zur *Full-Size*-Simulation und Wechsel von FLULA2 Version 003 auf Version 004) führten die Berechnungspassungen zu einer Abnahme in den *HA* um 1.1%, zu einer Zunahme in den *HSD* um 0.4% und zu einer Abnahme im *ZFI* um 0.7%.

Zusätzlich ergaben sich mit dem mit Anfang 2014 verfügbaren Leitfaden Fluglärm (seit 2016 in der endgültigen Fassung [2]) weitere methodische Änderungen. Namentlich wurde im Berechnungsjahr 2013 das Beschleunigungsmodell auf der Piste angepasst [32], und im Jahr 2016 wurde das Gelände sowie das Berechnungsgitter gemäss den Vorgaben des Leitfadens Fluglärm [2] verfeinert. Auf die Resultate wirkt sich dabei insbesondere das Beschleunigungsmodell für Flugzeuge auf der Piste aus, welche die rechnerisch

---

5 Als Simulation bezeichnet man die Berechnung der *Footprints*, indem die Schallquellen rechnerisch entlang der Flugbahnen bewegt werden und daraus die resultierende Fluglärmbelastung am Boden bestimmt wird.

6 Ein *Footprint* entspricht dem typen- und routenspezifischen energetischen Mittelwert der Ereignispegel der entsprechenden simulierten Einzelflüge, normiert auf eine Bewegung.

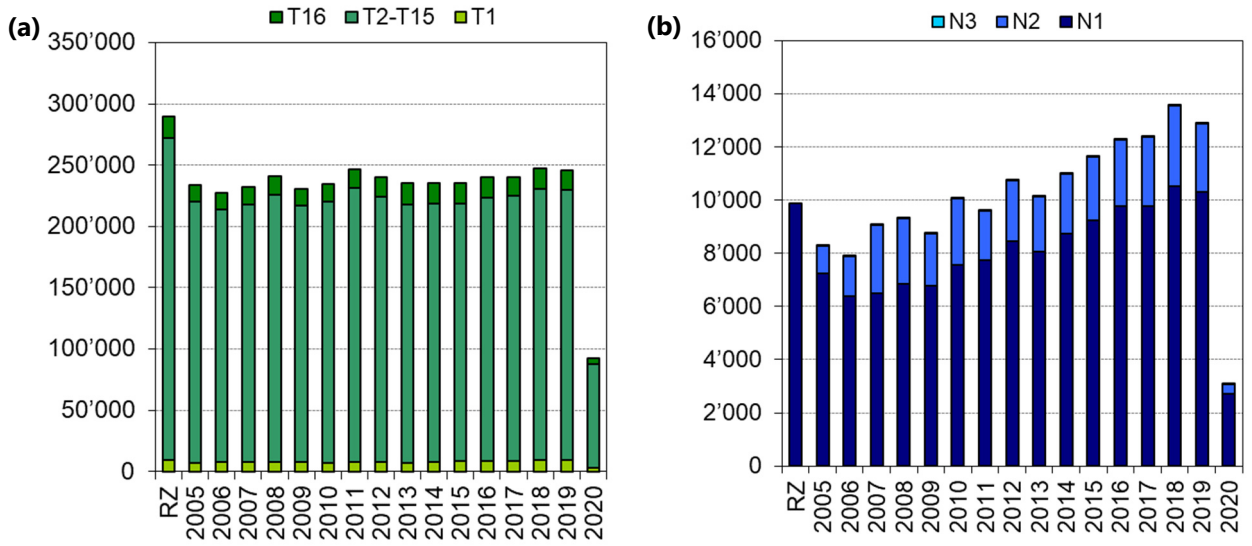
ermittelte Lärmbelastung in unmittelbarer Pistennähe um mehrere dB erhöht. Der Einfluss dieser methodischen Änderung nimmt mit zunehmender Distanz von der Piste stark ab, bewirkt aber in Gemeinden nahe der Pistenschwellen eine rechnerische Zunahme der Belastung [32]. Der Einfluss der ab 2016 eingeführten Änderungen bezüglich Gelände- und Berechnungsgitterauflösung sind hingegen generell gering und für den Tag vernachlässigbar [38].

Schliesslich wurden zwischen den Berechnungsjahren 2017 und 2018 die Quellendaten von FLULA2 basierend auf Messkampagnen in den Jahren 2013 bis 2018 um dem Flughafen Zürich aktualisiert. Mit dem neuen Quellendatensatz werden einerseits die sich seit der letzten Vermessung (1991 und 1996) geänderten Flugverfahren als auch die grossen Veränderungen der am Flughafen Zürich verkehrenden Flugzeuge, insb. der Umflottung der Swiss während der Jahre 2016–2020 mit einer gewissen Verzögerung in Fluglärmberechnungen und somit auch in der Ermittlung des *ZFI* berücksichtigt. Für das Jahr 2017 durchgeführte Vergleichsberechnungen zeigten, dass die Berechnung mit dem aktuellen Quellendatensatz im Bereich unmittelbar um den Flughafen eine leichte Pegelerhöhung von rund 0.1 dB, weiter entfernt hingegen tendenziell eine Pegelreduktion von bis zu 1 dB ergibt [45]. Der Einfluss dieser methodischen Änderung auf den *ZFI* wird in [42] dokumentiert. Es zeigt sich, dass die Aktualisierung des Quellendatensatzes den *ZFI* des Jahres 2017 deutlich um 11% verminderte (*HA*: Abnahme von 14%, *HSD*: Abnahme von 6%). Diese deutlichen Abnahmen sind auf die akustisch günstige Entwicklung der Flugzeuge resp. der Flugverfahren in den letzten Jahren zurückzuführen.

Die Methodenänderungen flossen implizit in die Veränderung der Fluglärmbelastung von 2006 auf 2007 (Wechsel Standard- zu *Full-Size*-Simulation) und von 2007 auf 2008 (Wechsel von FLULA2 Version 003 auf Version 004) ein. Zwischen 2008 und 2012 gab es keine methodischen Änderungen in den Fluglärmberechnungen. Zwischen 2012 und 2013 wurde das neue Beschleunigungsmodell eingeführt, dessen Einfluss auf den *ZFI* nicht quantifiziert wurde. Diese Änderung dürfte die Anzahl *HA*, *HSD* und den *ZFI* jedoch nur geringfügig erhöhen, da sich der Einfluss auf pistennahe Gebiete beschränkt. Im Berechnungsjahr 2016 wurden die übrigen Änderungen gemäss Anforderungen des Leitfadens Fluglärm umgesetzt (feineres Gelände und Berechnungsgitter), sowie für die Berechnung der *Footprints* am Tag von der *Full-Size*- zur Standardmethode gewechselt. Der Einfluss dieser Änderungen auf den *ZFI* dürfte sehr gering sein. Die Aktualisierung des Quellendatensatzes von FLULA2 zwischen 2017 und 2018 verminderte den *ZFI* jedoch deutlich.

4.2. Bewegungszahlen und Pistenbelegung

Abbildung 4-1 zeigt die jährlichen Flugbewegungszahlen des RZ und der Jahre 2005 bis 2020, getrennt für den Tag und die Nacht. Für den Tag sind Flugbewegungen nach den Tagesrand- und übrigen Tagesstunden (T1, T2-T15, T16; vgl. Tabelle 2-1) und für die Nacht nach den drei Nachtstunden der LSV aufgeschlüsselt (N1 bis N3 [52]). Da im RZ sowie in den Jahren 2005 bis 2020 in der letzten Nachtstunde (N3) praktisch keine Flüge stattfanden, sind die entsprechenden Balken in Abbildung 4-1 nicht sichtbar. Die zugehörigen Daten sind im Anhang (Kap. 9.2) zusammengestellt. Ebenfalls im Anhang (Kap. 9.3) finden sich Grafiken zu den Pistenbelegungen am Tag und in der Nacht. Deutlich sichtbar ist der markante Einbruch der Bewegungszahlen zwischen 2019 und 2020 aufgrund der COVID-19 Situation. Am Tag nahmen die Bewegungen insgesamt um 62% und in der Nacht um 76% ab.



[ZFI20_SENS19.xlsx/ Bewegungszahlen]

Abbildung 4-1 Jährliche Flugbewegungszahlen des RZ und der Jahre 2005 bis 2020 für (a) den Tag (06–22 h) und (b) die Nacht (22–06 h).

5. Ergebnisse

Die *HA*, *HSD* und *ZFI* werden in einer Access-Datenbank [ZFI20_SENS19.mdb] hektarpunktspezifisch berechnet und verwaltet. Die pro Gemeinde zusammengefassten Daten befinden sich in einer Excel-Datei [ZFI20_SENS19.xlsx].

5.1. Fluglärmbelastungen

5.1.1. Fluglärmbelastung am Tag

Für die Berechnung der *HA* muss der Leq^*_{16} nach Formel 3-7 ermittelt werden. Auf Karte 1 am Ende des Berichts wird der Leq^*_{16} des Jahres 2020 der LSV-konformen Belastung (ungewichteter 16h-Mittelungspegel Leq_{16}) gegenübergestellt. Die rote 47dB-Kurve markiert die Grenze des UP für die Berechnung der *HA* des Jahres 2020. Die sich aus dem Leq^*_{16} ergebenden UP für den RZ und die Jahre 2005 bis 2020 befinden sich im Anhang (Kap. 9.1). Zusätzlich sind die Untersuchungsperimeter des RZ und der Jahre 2019 und 2020 auf Karte 5 am Ende des Berichts dargestellt.

5.1.2. Fluglärmbelastung in der Nacht

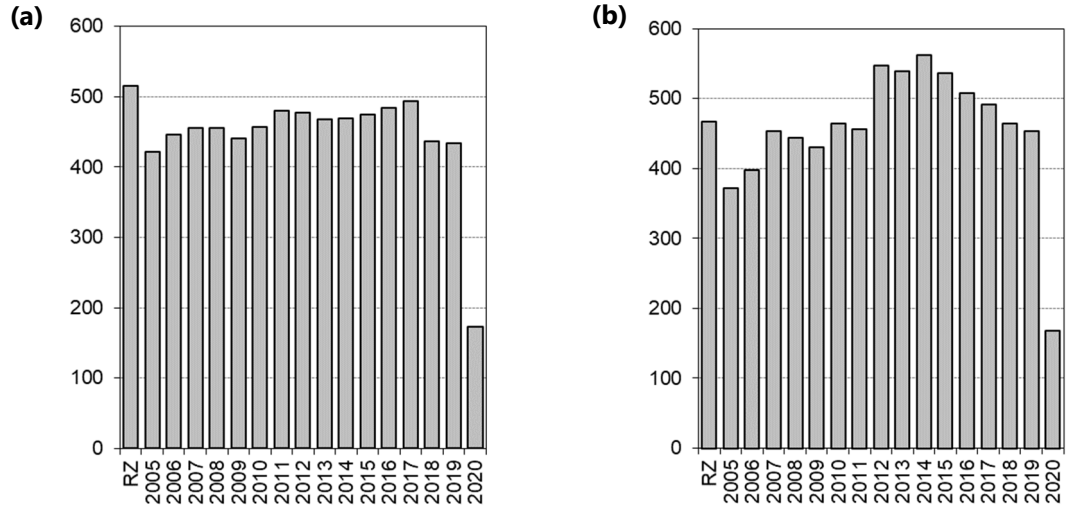
Für die Berechnung der *HSD* werden Maximalpegelhäufigkeitsverteilungen benötigt, aus denen die *AWR* ermittelt werden (siehe Kap. 3.1.2). Die Maximalpegelhäufigkeitsverteilungen lassen sich nicht auf Karten darstellen. Was sich in Form von Isolinien auf Karten darstellen lässt, sind die *AWR*. Da sich diese allerdings durch einen Umrechnungsfaktor (*GsS*) in *%HSD* resp. durch zusätzliche Multiplikation mit der Bevölkerungsdichte in *HSD* umwandeln lassen, wird auf eine kartografische Darstellung der *AWR* verzichtet.

Der 8h-Mittelungspegel Leq_N der Nacht (22–06 h) wird lediglich für die Festlegung des UP bei der Berechnung der *HSD* verwendet. Es wird daher auf eine kartografische Darstellung des Leq_N verzichtet. Hingegen befinden sich die aus dem Leq_N ergebenden UP für den RZ die Jahre 2005 bis 2020 im Anhang (Kap. 9.1). Zusätzlich sind die Untersuchungsperimeter des RZ und der Jahre 2019 und 2020 auf Karte 6 am Ende des Berichts dargestellt.

5.2. Quantifizierungen zum *ZFI*

5.2.1. Flächen der Untersuchungsperimeter

Abbildung 5-1 zeigt die Flächen der UP für den RZ und die Jahre 2005 bis 2020, getrennt für den Tag und die Nacht. Die räumliche Lage der UP ist im Anhang (Kap. 9.1) und auf den Karten 5 und 6 am Ende des Berichts dargestellt. Wie die Flugbewegungszahlen nahmen auch die Flächen der Untersuchungsperimeter zwischen 2019 und 2020 stark ab, nämlich um 60% am Tag und 63% in der Nacht.

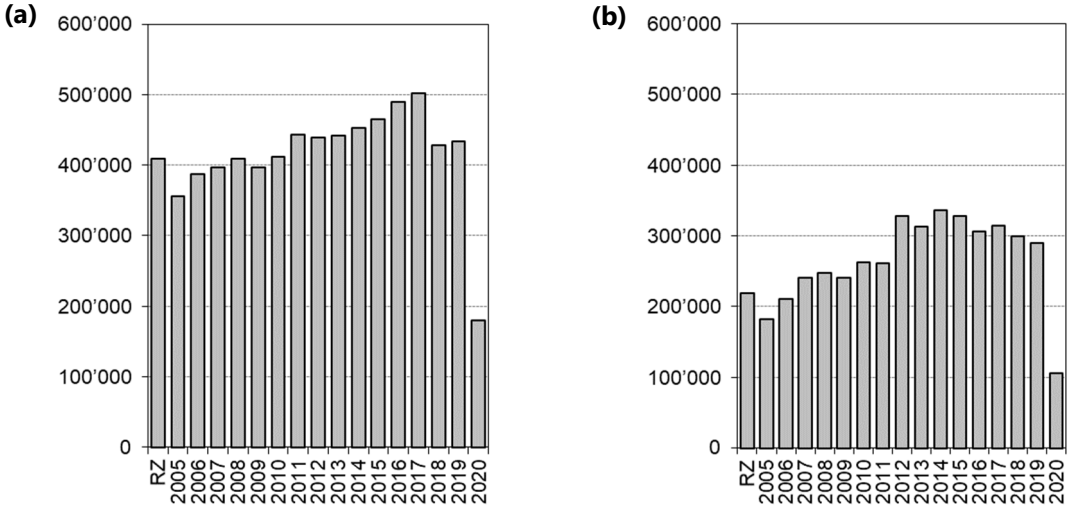


[ZFI20_SENS19.xlsx/ Übersicht]

Abbildung 5-1 Flächen [km²] der Untersuchungsperimeter (a) für den Tag (Leq^*_{16} ≥ 47 dB) und (b) die Nacht (Leq_N ≥ 37 dB). Zahlenwerte: Anhang, Kap. 9.1.

5.2.2. Personen innerhalb der Untersuchungsperimeter

Abbildung 5-2 zeigt die Einwohnerzahlen innerhalb der UP für den RZ und die Jahre 2005 bis 2020, getrennt für den Tag und die Nacht. Mit den Flächen nahmen auch die Personen innerhalb Untersuchungsperimeter zwischen 2019 und 2020 stark ab, nämlich um 58% am Tag und 63% in der Nacht.



[ZFI20_SENS19.xlsx/ Übersicht]

Abbildung 5-2 Personen innerhalb der Untersuchungsperimeter (a) für den Tag (Leq^*_{16} ≥ 47 dB) und (b) die Nacht (Leq_N ≥ 37 dB). Zahlenwerte: Anhang, Kap. 9.1.

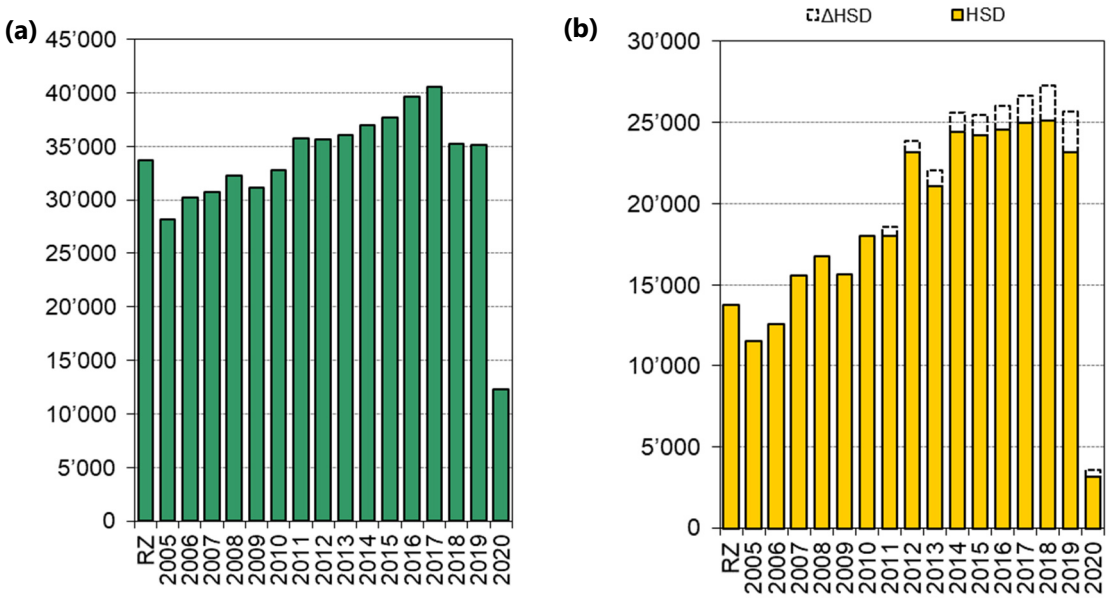
5.2.3. *Highly Annoyed, HA*

Abbildung 5-3(a) zeigt die Summe der *HA* des RZ und der Jahre 2005 bis 2020 innerhalb der jeweiligen UP. Die *HA* des RZ und der letzten 10 Jahre, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Gemeinden und Kantonen, können dem Anhang (Kap. 9.5) entnommen werden. Die räumliche Verteilung der *HA* für das Jahr 2020 ist auf der Karte 3 am Ende des Berichts ausgewiesen. Zwischen 2019 und 2020 nahmen die *HA* um 65% ab.

5.2.4. *Highly Sleep Disturbed, HSD*

Abbildung 5-3(b) zeigt die Summe der *HSD* des RZ und der Jahre 2005 bis 2020 innerhalb der jeweiligen UP. Die Balken für die *HSD* werden seit 2011 in den offiziellen *HSD*-Wert und in die Differenz *ΔHSD* unterteilt. Der offizielle *HSD*-Wert wird nach ZFI-VO [56] seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen berechnet. Zum Vergleich zur früheren Berechnung ohne Berücksichtigung passiver Massnahmen wird die Darstellung um *ΔHSD* ergänzt und repräsentiert den nach neuer ZFI-VO nicht massgebenden *HSD*-Wert ohne passive Massnahmen. Somit wird die Zeitreihe einerseits konsistent fortgeführt, andererseits ist direkt der Einfluss passiver Massnahmen (im Jahr 2020 von 399 Personen) auf den *HSD*-Wert sichtbar.

Die *HSD* des RZ und der letzten 10 Jahre, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Gemeinden und Kantonen, können dem Anhang (Kap. 9.6) entnommen werden. Die räumliche Verteilung der *HSD* für das Jahr 2020 ist auf der Karte 4 am Ende des Berichts ausgewiesen. Zwischen 2019 und 2020 nahmen die *HSD* um 86% ab.

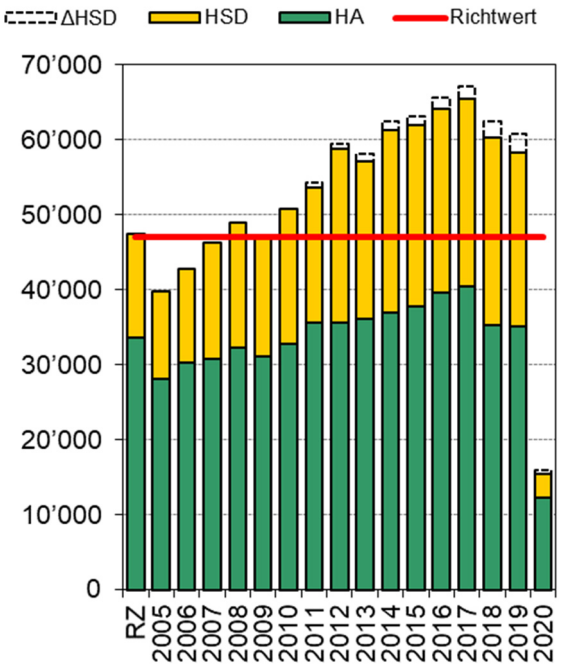


[ZFI20_SENS19.xlsx / Übersicht]

Abbildung 5-3 (a) Anzahl *Highly Annoyed* (*HA*) und (b) Anzahl *Highly Sleep Disturbed* (*HSD*); Fortführung der *HSD* ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen über *ΔHSD*. Zahlenwerte: Tabelle 5-1.

5.2.5. Kombination von *HA* und *HSD* zum *ZFI*

In Abbildung 5-4 werden die *HA* und *HSD* zum *ZFI* summiert und dem Richtwert von 47'000 Personen gegenübergestellt. Der Richtwert ist in der ZFI-VO [56] definiert, für den der RZ die Grundlage bildete und der daher mit aufgeführt wird. Tabelle 5-1 weist die dazugehörigen Zahlenwerte aus. Äquivalent zur *HSD*-Zeitreihe wird einerseits der offiziell gültige Monitoringwert gemäss ZFI-VO [56] unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen (*HA*+*HSD*) als auch der *ZFI*-Wert nach alter Berechnungsvorschrift ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen (*HA*+*HSD*+*ΔHSD*) dargestellt. Der *ZFI* des Jahres 2020 – unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen – beträgt 15'468 und unterschreitet den Richtwert von 47'000 somit sehr deutlich um 31'532 Personen (das erste Mal seit 2009).



[ZFI20_SENS19.xlsx / Übersicht]

Abbildung 5-4 Kombination der *HA* (grüne Säulen) und *HSD* (orange Säulen) zum *ZFI* (Zahlenwerte: Tabelle 5-1) und die Differenz *ΔHSD* zum *ZFI* ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen. Richtwert: 47'000 Personen.

Der *ZFI* des RZ und der letzten 10 Jahre, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Gemeinden und Kantonen kann dem Anhang (Kap. 9.4) entnommen werden. Die räumliche Verteilung des *ZFI* für das Jahr 2020 ist in der Karte 2 am Ende des Berichts ausgewiesen. Zwischen dem Vorjahr 2019 und dem Betriebsjahr 2020 nahmen der *HA*-Wert um 65% und der *HSD*-Wert um 86% ab (s.o.), sodass der *ZFI* um insgesamt 73% abnahm. Gegenüber dem RZ sanken die *HA* um 64%, die *HSD* um 77% und der *ZFI* um 67%. Die starken Abnahmen der *HA*, der *HSD* und des *ZFI* im Berichtsjahr 2020 sind vor allem auf den deutlichen Rückgang der Flugbewegungen aufgrund der COVID-19 Situation zurückzuführen. Sie werden im Teilbericht 2 des *ZFI* [49] genauer analysiert und diskutiert.

Tabelle 5-1 Offizielle Werte *HA*, *HSD* und *ZFI* und deren jährliche Veränderungen (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Jahr		*HA*	*HSD*	*ZFI*
RZ		33'668	13'782	47'450
2011 *		35'685	18'019	53'704
2012 *		35'660	23'124	58'785
2013 *		36'068	21'055	57'123
2014 *		36'949	24'432	61'381
2015*		37'726	24'190	61'916
2016*		39'583	24'528	64'110
2017*		40'539	24'968	65'507
2018*		35'223	25'124	60'347
2019*		35'132	23'168	58'300
2020*		12'272	3'195	15'468
Veränderung 2012 – 2011	absolut	–25	+5'105	+5'080
	prozentual	0%	+28%	+9%
Veränderung 2013 – 2012	absolut	408	–2'070	–1'662
	prozentual	+1%	–9%	–3%
Veränderung 2014 – 2013	absolut	+881	+3'378	+4'259
	prozentual	+2%	+16%	+7%
Veränderung 2015 – 2014	absolut	+777	-243	+534
	prozentual	+2%	–1%	+1%
Veränderung 2016 – 2015	absolut	+1'857	+338	+2'195
	prozentual	+5%	+1%	+4%
Veränderung 2017 – 2016	absolut	+956	+441	+1'397
	prozentual	+2%	+2%	+2%
Veränderung 2018 – 2017	absolut	-5'316	+156	-5'160
	prozentual	-13%	+1%	-8%
Veränderung 2019 – 2018	absolut	-91	-1'956	-2'047
	prozentual	0%	-8%	-3%
Veränderung 2020 – 2019	absolut	-22'860	-19'973	-42'832
	prozentual	-65%	-86%	-73%
Veränderung 2020 – RZ	absolut	-21'396	-10'586	-31'982
	prozentual	-64%	-77%	-67%

Tabelle 5-2 Fortführung von Tabelle 5-1 ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen

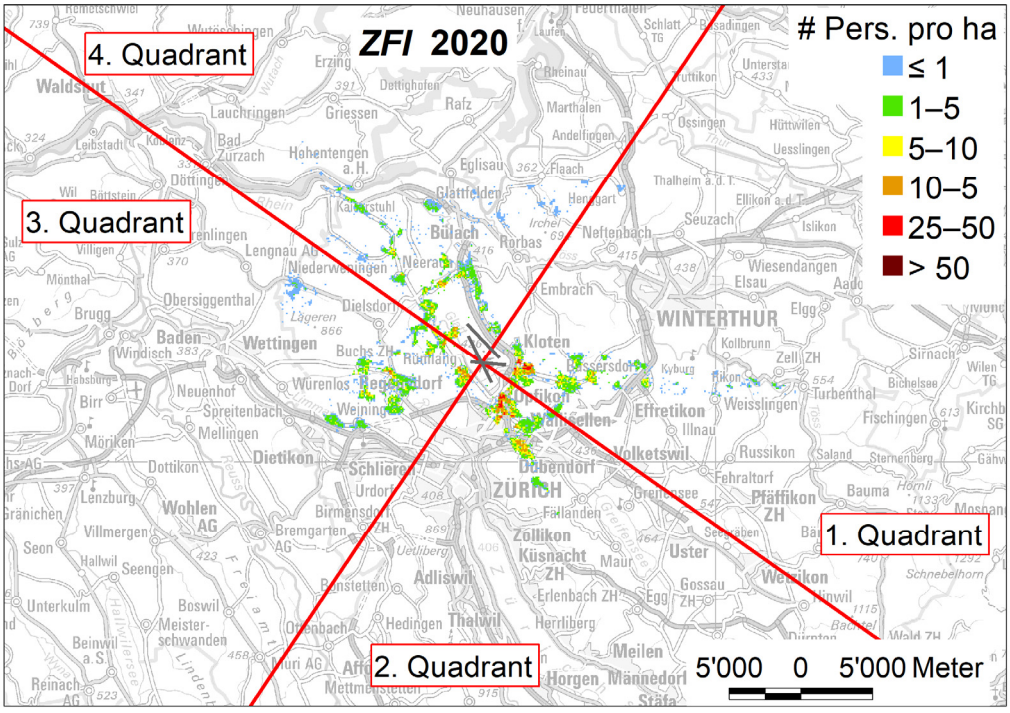
Jahr	*ΔHSD*	in % zum *ZFI*	*HSD*	*ZFI*
2011	564	1%	18'584	54'269
2012	753	1%	23'878	59'538
2013	952	2%	22'007	58'075
2014	1'170	2%	25'602	62'551
2015	1'275	2%	25'465	63'190
2016	1'500	2%	26'027	65'610
2017	1'669	3%	26'638	67'177
2018	2'102	3%	27'226	62'449
2019	2'466	4%	25'634	60'766
2020	399	3%	3'594	15'866

5.2.6. *HA*, *HSD* und *ZFI* nach Stadtzürcher Quartieren und nach Himmelsrichtung (Quadranten)

Im Februar 2013 veröffentlichte das Amt für Mobilität (damals Amt für Verkehr) einen Kurzbericht mit Zusatzauswertungen zum *ZFI* der Jahre 2000 und 2005 bis 2011 [1], welche u.a. die *HA*, die *HSD* und den *ZFI* nach Zürcher Stadtquartiere sowie nach Himmelsrichtung um den Flughafen Zürich darstellte. Diese Auswertung wird seit dem Berichtsjahr 2012 weitergeführt.

Zürcher Stadtquartiere: Die Unterteilung der Stadt Zürich in Quartiere (nicht zu verwechseln mit den Stadtkreisen 1 bis 12) richtet sich nach den Vorgaben des Statistischen Amt des Kantons Zürich [A]. Die Unterteilung erlaubt im Nahbereich um den Flughafen eine kleinräumige Darstellung der Resultate. Die Tabellen sind im Anhang (Kap. 9.7) dargestellt. In diesen sind die Berechnungsergebnisse des RZ und der letzten 10 Jahre aufgeführt.

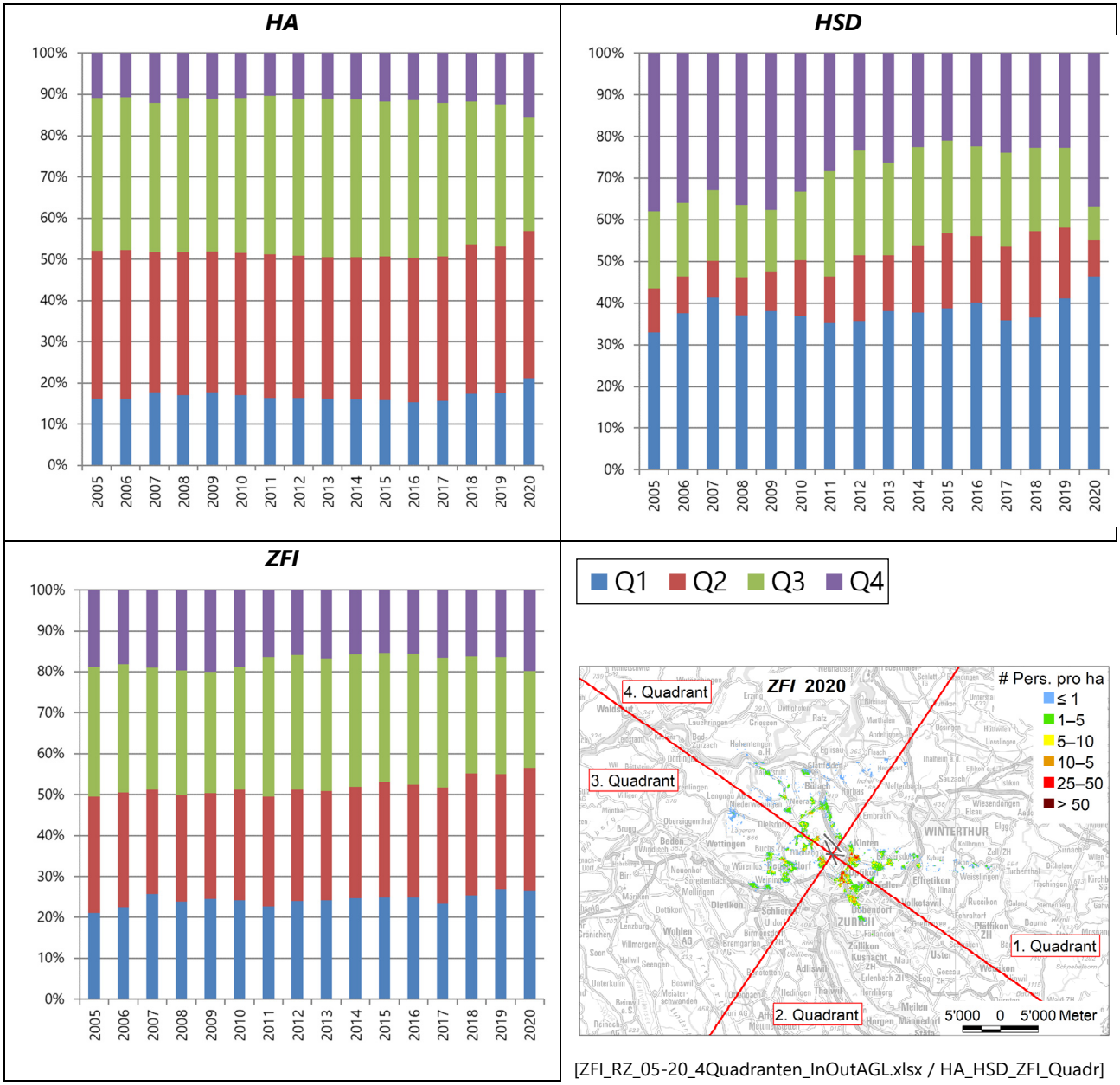
Himmelsrichtung (Quadranten): Die Aufschlüsselung in die Himmelsrichtungen erlaubt es, die *HA*, *HSD* und den *ZFI* nicht nur innerhalb der jeweiligen Untersuchungsperimeter zu analysieren, sondern auch nach Himmelsrichtung. Dazu wurde das Untersuchungsgebiet in Quadraten mit Mittelpunkt im Pistenkreuz (Flughafenbezugspunkt) unterteilt. Da es aufgrund der Ausrichtung des Pistensystems nicht angezeigt war, die Trennlinien der Quadranten genau in Nord-Süd- resp. Ost-West-Ausrichtung verlaufen zu lassen, wurde das "Fadenkreuz" so gedreht, dass die Trennlinien mittig zu den sich aus dem Pistenkreuz ergebenden Winkeln liegen. Mit dieser Darstellungsart wird erreicht, dass die in den jeweiligen Quadranten ausgewiesenen *ZFI*-Werte den darin vorherrschenden An- und Abflugrichtungen entsprechen. Abbildung 5-5 zeigt für den *ZFI* des Jahres 2020 die Unterteilung des Gebietes um den Flughafen Zürich in die vier Quadranten. Die Tabellen sind im Anhang (Kap. 9.8) dargestellt. In diesen sind die Berechnungen des RZ und der letzten 10 Jahre aufgeführt.



[Abbildung_ZFI20_4Quadranten.mxd/png]

Abbildung 5-5 ***ZFI* des Jahres 2020, unterteilt in die vier Quadranten. PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116).**

Abbildung 5-6 zeigt die prozentualen Anteile der vier Quadranten an den *HA*-, *HSD*- und *ZFI*-Werten. Die Summe von 100% entspricht den Absolutwerten in Abbildung 5-4 resp. Tabelle 5-1. Die meisten *HA* am Tag befinden sich im zweiten und dritten Quadranten. Hier widerspiegeln sich die Haupt-Startrichtungen nach Westen und Süden. Die Hauptlanderichtung von Norden (4. Quadrant) wirkt sich auf die *HA* hingegen eher wenig aus. Bei den *HSD* in der Nacht befinden sich hingegen die meisten Personen im ersten und vierten Quadranten, was auf die Starts Richtung Norden und die Landungen von Osten zurückzuführen ist. Zum *ZFI*, welcher sich aus den *HA* des Tages und den *HSD* der Nacht zusammensetzt, tragen die vier Quadranten zu ähnlichen Teilen bei. Im Jahr 2020 waren die *HA* im 1. und 4. Quadranten etwas stärker vertreten als im Vorjahr, und in der Nacht die *HSD* deutlich stärker im 1. und 4. Quadranten, was in beiden Fällen auf mehr Landung von Osten und Starts nach Norden zurückzuführen ist.



[ZFI_RZ_05-20_4Quadranten_InOutAGL.xlsx / HA_HSD_ZFI_Quadr]

Abbildung 5-6 Prozentuale Anteile der *HA*, *HSD* und des *ZFI* in den vier Quadranten (Q1 bis Q4) an den Gesamtzahlen gemäss Tabelle 5-1. Zahlenwerte: Kap. 9.8. Unten rechts der *ZFI* 2020, unterteilt in die 4 Quadranten (grösser dargestellt in Abbildung 5-5).

6. Unsicherheit der Berechnungen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden Funktionsgleichungen aufgeführt, mit deren Hilfe die *HA* und *HSD* berechnet werden können. Da der wahre Wert der *HA* resp. *HSD* jedoch aus verschiedenen Gründen unbestimmbar bleibt, sind die (rechnerisch) ermittelten Werte bloss Schätzungen für diese. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Schätzungen mit dem „wahren" Sachverhalt übereinstimmen, wird vorliegend mittels der (einfachen) Standardunsicherheit beschrieben, was bei einer Normalverteilung einem 68%-Vertrauensintervall entspricht. Die Unsicherheit der *HA* resp. *HSD* wird durch verschiedene Teilunsicherheiten bestimmt, welche in die Ermittlung der Gesamtunsicherheit einzubeziehen sind:

- Unsicherheit in den Belastungsrechnungen und in der Bestimmung der Maximalpegelhäufigkeitsverteilungen
- 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

Geht man von der Annahme aus, dass die Unsicherheit der *HA*-Komponente von der Unsicherheit der Belastungsrechnung dominiert wird und diese über den gesamten massgebenden Pegelbereich 1 dB beträgt, so kann man von einer Unsicherheit der *HA* von 10–35% ausgehen [6]. Die Unsicherheit der *HSD* beträgt rund 40% [6]. Demnach dürfte die Unsicherheit des *ZFI* zwischen 10 und 30% liegen.

Da der *ZFI* aber vor allem als Vergleichsgrösse zwischen verschiedenen Betriebsszenarien dienen soll, welche weitgehend mit denselben Methoden ermittelt werden, ist für die Beurteilung der Ergebnisse nicht die oben gegebene Gesamtunsicherheit massgebend. Verschiedene Einflussfaktoren sind bei den zu vergleichenden Berechnungen identisch und heben sich daher bei einem direkten Vergleich gegenseitig auf (z.B. Unsicherheiten bei der Berechnung der Schallausbreitung in der Atmosphäre, Fluggeometrien, Leistungssetzung der einzelnen Flugzeugtypen, leichte Überbewertung in den *AWR* durch Verwendung der energetischen Maximalpegelmittelwerte etc.). Dadurch reduziert sich die massgebende Unsicherheit beträchtlich und dürfte rund 10% betragen [6]. Dieser Wert wird dann relevant, wenn es darum geht, zu entscheiden, ob zwei Belastungszustände sich im *ZFI* signifikant unterscheiden oder nicht.

7. Abkürzungen, Datengrundlagen, Literatur

7.1. Verwendete Abkürzungen

AWR	Durch Fluglärm induzierte zusätzliche Aufwachreaktionen
BFS	Bundesamt für Statistik
BFS-Nr.	Vom BFS im Amtlichen Gemeindeverzeichnis der Schweiz den politischen Gemeinden zur eindeutigen Gemeindeidentifikation zugeordnete Zahl (= Gemeinde-Nr.)
D	Einfügungsdämpfung für den Übergang vom Aussen- zum Innenpegel zur Berechnung der *AWR*, für gekipptes Fenster rund –15 dB, bei passiven Schallschutzmassnahmen mit geschlossenem Fenster rund –25 dB resp. –27 dB … –43 dB
dB	Dezibel
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
FLULA2	Fluglärmberechnungsprogramm der Empa
GsS	Gewichtsfaktor zur Umrechnung der *AWR* in den prozentualen Anteil der starken Schlafstörung (*%HSD*)
H	Gesamthäufigkeitsverteilung der Maximalpegel
HA	*Highly Annoyed*; Anzahl der durch Fluglärm während des Wachzustands am Tag stark belästigten Personen
HSD	*Highly Sleep Disturbed*; Anzahl der durch Fluglärm im Schlaf während der Nacht stark gestörten Personen
$L_{AS,max}$	A-bewerteter Maximalpegel, Zeitkonstante *slow*
Leq	Mittelungspegel
Leq^*_{16}	Tagesrandstundengewichteter 16h-Mittelungspegel
Leq_{16}	Ungewichteter 16h-Mittelungspegel am Tag (06–22 h) nach LSV
Leq_N	8h-Mittelungspegel in der Nacht (22–06 h)
LSV	Lärmschutz-Verordnung
N	Nacht (22–06 h)
N1	Erste Nachtstunde nach LSV (22–23 h)
N2	Zweite Nachtstunde nach LSV (23–05 h)
N3	Letzte Nachtstunde nach LSV (05–06 h)
N_{pop}	Einwohnerzahl (Population)
PM	Passive Schallschutzmassnahmen, d.h. Komfort- und Schalldämmlüftungen sowie Fensterschliessmechanismen
P_{AWR}	Wahrscheinlichkeit einer durch Fluglärm zusätzlich induzierten Aufwachreaktion
RZ	Referenzzustand
T	Tag (06–22 h)
T1	Erste Tagesstunde (06–07 h)
T16	Letzte Tagesstunde (21–22 h)
T2-T15	Übrige Tagesstunden (07–21 h)
UP	Untersuchungsperimeter
ZFI	Zürcher Fluglärm-Index
ZRH	Zürich
ΔHSD	Differenz der *HSD*-Werte mit und ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen

7.2. Datengrundlagen

[A] Statistisches Amt des Kantons Zürich, 2021: *Bevölkerungsdaten ZFI 2020*. ZFI_4_EW_HA_KSL_EMPA_OHNSAN_MV.txt. Datenlieferung per E-Mail am 07.04.2021.

[B] Amt für Raumentwicklung, 2021. *Geodaten DE_Aktuell für Lärmzwecke, ZFI*. Geoshop (Geoinformation, GIS-Produkte), FTP vom 19.05.2021

7.3. Literatur

[1] AFV, 2013. *Zürcher Fluglärm-Index (ZFI), Zusatzauswertungen zum Berichtsjahr 2011, Februar 2013*. Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich, Amt für Verkehr (AFV), Zürich.

[2] BAFU, BAZL, und GS-VBS, 2016. *Leitfaden zur Fluglärmermittlung. Vorgaben für die Lärmermittlung. Umwelt-Vollzug Nr. 1625*. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), Generalsekretariat des Eidg. Departementes für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS (GS VBS), Bern. URL: http://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/laerm/publikationen-studien/publikationen/leitfaden-fluglaerm.html.

[3] Basner, M., U. Isermann, und A. Samel, 2005. *Die Umsetzung der DLR-Studie in einer lärmmedizinischen Beurteilung für ein Nachtschutzkonzept*. Zeitschrift für Lärmbekämpfung **52**, 109-123.

[4] 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.

[5] Empa, 2005. *Flughafen Zürich Kloten, Fluglärmbelastung im Jahre 2004*. Bericht Nr. 437'000. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[6] Empa, 2006. *Zürcher Fluglärmindex ZFI, Technische Umsetzung der Machbarkeitsstudie. Version 2*. Bericht Nr. 441'255 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[7] Empa, 2006. *Zürcher Fluglärmindex ZFI, Berechnungsvorschrift. Version 2*. Bericht Nr. 441’255 - 4. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[8] Empa, 2007. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2005*. Bericht Nr. 441'549. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[9] Empa, 2007. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2006*. Bericht Nr. 446'085. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[10] Empa, 2008. *Flughafen Zürich, Veränderungen im Zürcher Fluglärm-Index ZFI vom Referenzzustand zum Jahr 2007*. Bericht Nr. 450'617. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[11] Empa, 2008. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2007*. Bericht Nr. 448'144. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[12] Empa, 2008. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2007, Belastungsrechnung mit dem neuen Radarprogramm SELFA2 nach der Full-Size-Methode der Empa (Full Single Flight Simulation)*. Bericht Nr. 448'339. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[13] Empa, 2008. *Flughafen Zürich, Sensitivitäten Zürcher Fluglärm-Index, Entwicklung einer Methode zur isolierten Betrachtung des Einflusses von Veränderungen in der Wohnbevölkerung und im Flugbetrieb auf den Zürcher Fluglärm-Index ZFI. Version 2*. Bericht Nr. 448'451. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[14] Empa, 2009. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2008.* Bericht Nr. 452'380 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[15] Empa, 2009. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2008.* Bericht Nr. 452'555. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[16] Empa, 2009. *Anpassungen in FLULA2 im Zusammenhang mit den Empfehlungen des BAFU für Fluglärmberechnungsverfahren. Bericht 2: Technische Umsetzung.* Bericht Nr. 841'384 - 2. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[17] Empa, 2009. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2006, Vergleich der Full-Size-Methode (Full Single Flight Simulation, SELFA2) mit der Standardmethode der Empa (Single Flight Simulation, SELFA2).* Bericht Nr. 445'518 - 3. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[18] Empa, 2009. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2006, Wirkung methodischer Berechnungsansätze auf Fluglärmbelastungen.* Bericht Nr. 841'425. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[19] Empa, 2010. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2009.* Bericht Nr. 455'224 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[20] Empa, 2010. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2009.* Bericht Nr. 454'915. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[21] Empa, 2010. *FLULA2, Ein Verfahren zur Berechnung und Darstellung der Fluglärmbelastung. Technische Programm-Dokumentation. Version 4*. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf. URL: https://www.empa.ch/de/web/s509/flula2.

[22] Empa, 2010. *Anpassungen in FLULA2 im Zusammenhang mit den Empfehlungen des BAFU für Fluglärmberechnungsverfahren. Bericht 3: Auswirkungen auf die Fluglärmberechnung.* Bericht Nr. 841'384 - 3. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[23] Empa, 2011. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2010.* Bericht Nr. 458'512 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[24] Empa, 2011. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2010.* Bericht Nr. 457'090. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[25] Empa, 2012. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2011.* Bericht Nr. 460'539 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[26] Empa, 2012. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2011.* Bericht Nr. 459'899. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[27] Empa, 2013. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2012.* Bericht Nr. 5214.001738 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[28] Empa, 2013. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2012.* Bericht Nr. 5214.000982. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[29] Empa, 2013. *Flughafen Zürich, Vorläufiges Betriebsreglement, Berechnung des genehmigten Lärms gemäss Bundesgerichtsentscheid.* Bericht Nr. 461'852. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf. URL: https://www.bazl.admin.ch.

[30] Empa, 2013. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2012, Einfluss der erhöhten bzw. verschärften Schallschutzanforderungen der SIA-Norm 181 auf den ZFI.* Bericht-Nr. 5214.001738 - 3. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[31] Empa, 2014. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2013*. Bericht Nr. 5214.005883 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[32] Empa, 2014. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2013*. Bericht Nr. 5214.004983. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[33] Empa, 2015. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2014*. Bericht Nr. 5214.008708. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[34] Empa, 2015. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2014*. Bericht Nr. 5214.008333 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[35] Empa, 2016. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2015*. Bericht Nr. 5214.011975. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[36] Empa, 2016. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2015*. Bericht Nr. 5214.012095 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[37] Empa, 2017. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2016*. Bericht Nr. 5214.014941 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[38] Empa, 2017. *Modifications of aircraft noise calculations with FLULA2 responding to the specifications of the Aircraft Noise Guidelines. Effects on calculation results*. Bericht Nr. 5213.00094. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[39] Empa, 2017. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2016*. Bericht Nr. 5214.014942. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[40] Empa, 2018. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2017*. Bericht Nr. 5214.018366 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[41] Empa, 2018. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2017*. Bericht Nr. 5214.018332. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[42] 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 / Lärmminderung, Dübendorf.

[43] Empa, 2019. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2018*. Bericht Nr. 5214.021166 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[44] Empa, 2019. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2018*. Bericht Nr. 5214.021462. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[45] Empa, 2019. *FLULA2 — Auswirkungen neuer, aus sonAIR abgeleiteter Quellendaten auf Fluglärm-Belastungsrechnungen*. Bericht Nr. 5214.019893. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[46] Empa, 2020. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2019*. Bericht Nr. 5214.024180 - 1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[47] Empa, 2020. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2019*. Bericht Nr. 5214.024057. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[48] Empa, 2021. *Flughafen Zürich, Fluglärmbelastung im Jahre 2020.* Bericht Nr. 5214.026525. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[49] Empa, 2021. *Flughafen Zürich, Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2020, Sensitivitätsbetrachtungen 2019.* Bericht Nr. 5214.026437 - 2. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[50] FALS, 2021. *Webpage: Schallschutz - Gebäudeaussenhülle, Vollzugspraxis Art. 32 LSV, De-WerteDe Wohnräume Lärmempfindlichkeit mittel (PDF: Anforderungswerte D_e Wohnräume Lärmempfindlichkeit mittel)*. Fachstelle Lärmschutz des Kantons Zürich (FALS), Zürich, Schweiz. URL: https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/laerm-schall/planen-bauen-laerm/laermschutz-bauvorhaben.html.

[51] Hofmann, R., 2006. *ZFI, ein Zürcher Fluglärmindex? Machbarkeitsstudie im Auftrag des Amts für Verkehr des Kt. Zürich*. Wallisellen, Schweiz.

[52] LSV, 1986. *Lärmschutz-Verordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986 (Stand am Stand am 1. Juli 2021)*. URL: https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1987/338_338_338/de.

[53] 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.

[54] Schäffer, B., R. Bütikofer, S. Plüss, und G. Thomann, 2011. *Aircraft noise: accounting for changes in air traffic with time of day.* Journal of the Acoustical Society of America **129**, 185-199.

[55] SIA, 2006. *Norm SIA 181:2006 Bauwesen, SN 520181, Schallschutz im Hochbau*. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich

[56] 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.

8. Verzeichnisse

8.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1 Belastungs-Wirkungsbeziehungen zur Bestimmung (a) des Prozentsatzes der durch Fluglärm am Tag (06–22 h) stark belästigten Personen (*%HA*), und (b) des Prozentsatzes der durch Fluglärm im Schlaf stark gestörten Personen (*%HSD*) für einen, fünf, zehn und zwanzig Überflüge. 10
Abbildung 3-2 (a) $D_{e,07}$. (b) $D_{e,12}$ und (c) $D_{e,17}$ Standard-Schallpegeldifferenzen: Anforderungswerte gemäss SIA-Norm 181, konkretisiert von der FALS für die Fluglärmbelastung um den Flughafen Zürich. Graphiken (a) und (b) aus [30]. 15
Abbildung 4-1 Jährliche Flugbewegungszahlen des RZ und der Jahre 2005 bis 2020 für (a) den Tag (06–22 h) und (b) die Nacht (22–06 h). 20
Abbildung 5-1 Flächen [km^2] der Untersuchungsperimeter (a) für den Tag ($Leq^*_{16} \geq 47$ dB) und (b) die Nacht ($Leq_N \geq 37$ dB). Zahlenwerte: Anhang, Kap. 9.1. 22
Abbildung 5-2 Personen innerhalb der Untersuchungsperimeter (a) für den Tag ($Leq^*_{16} \geq 47$ dB) und (b) die Nacht ($Leq_N \geq 37$ dB). Zahlenwerte: Anhang, Kap. 9.1. 22
Abbildung 5-3 (a) Anzahl *Highly Annoyed* (*HA*) und (b) Anzahl *Highly Sleep Disturbed* (*HSD*); Fortführung der *HSD* ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen über *ΔHSD*. Zahlenwerte: Tabelle 5-1. 23
Abbildung 5-4 Kombination der *HA* (grüne Säulen) und *HSD* (orange Säulen) zum *ZFI* (Zahlenwerte: Tabelle 5-1) und die Differenz *ΔHSD* zum *ZFI* ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen. Richtwert: 47'000 Personen. 24
Abbildung 5-5 *ZFI* des Jahres 2020, unterteilt in die vier Quadranten. PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116). 26
Abbildung 5-6 Prozentuale Anteile der *HA*, *HSD* und des *ZFI* in den vier Quadranten (Q1 bis Q4) an den Gesamtzahlen gemäss Tabelle 5-1. Zahlenwerte: Kap. 9.8. Unten rechts der *ZFI* 2020, unterteilt in die 4 Quadranten (grösser dargestellt in Abbildung 5-5). 27
Abbildung 9-1 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* der Jahre 2019 bis 2020. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie. 37
Abbildung 9-2 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* der Jahre 2016 bis 2018. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie. 38
Abbildung 9-3 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* der Jahre 2013 bis 2015. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie. 39
Abbildung 9-4 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* der Jahre 2010 bis 2012. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie. 40
Abbildung 9-5 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* der Jahre 2007 bis 2009. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie. 41
Abbildung 9-6 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* des Jahres 2005, 2006 und des RZ. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie. 42
Abbildung 9-7 Prozentuale Pistenbelegung der (a) Starts und (b) Landungen am Tag für den RZ und die Jahre 2005 bis 2020. 45
Abbildung 9-8 Prozentuale Pistenbelegung der (a) Starts und (b) Landungen in der Nacht für den RZ und die Jahre 2005 bis 2020. 46

8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1 Zeitperioden 6
Tabelle 2-2 Berechnungsausschnitte 6
Tabelle 5-1 Offizielle Werte *HA*, *HSD* und *ZFI* und deren jährliche Veränderungen (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 25
Tabelle 5-2 Fortführung von Tabelle 5-1 ohne Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen 25
Tabelle 9-1 Flächen und Anzahl Personen (AP) im Untersuchungsperimeter (UP) 43
Tabelle 9-2 Jährliche Flugbewegungszahlen der Grossflugzeuge für den RZ und die Jahre 2005 bis 2020 44
Tabelle 9-3 *ZFI* der einzelnen Gemeinden des Kantons Aargau (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 47
Tabelle 9-4 *ZFI* der einzelnen Gemeinden von Deutschland sowie der Kantone Schaffhausen und Thurgau (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 48
Tabelle 9-5 *ZFI* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 1 (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 49
Tabelle 9-6 *ZFI* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 2 (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 50
Tabelle 9-7 *ZFI* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 3 (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 51
Tabelle 9-8 *HA* der einzelnen Gemeinden der Kantone Aargau sowie von Deutschland 52
Tabelle 9-9 *HA* der einzelnen Gemeinden der Kantone Schaffhausen und Zürich – Teil 1 53
Tabelle 9-10 *HA* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 2 54
Tabelle 9-11 *HA* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 3 55
Tabelle 9-12 *HSD* der einzelnen Gemeinden des Kantons Aargau (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 56
Tabelle 9-13 *HSD* der einzelnen Gemeinden der Kantone Schaffhausen und Thurgau (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 57
Tabelle 9-14 *HSD* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 1 (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 58
Tabelle 9-15 *HSD* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 2 (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 59
Tabelle 9-16 *HSD* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 3 (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 60
Tabelle 9-17 *ZFI* der einzelnen Stadtzürcher Quartiere (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 61
Tabelle 9-18 *HA* der einzelnen Stadtzürcher Quartiere 62
Tabelle 9-19 *HSD* der einzelnen Stadtzürcher Quartiere (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]) 63
Tabelle 9-20 Absolutwerte der *HA*, *HSD* und *ZFI* der vier Quadranten. Die Summe entspricht den offiziellen Werten der Berechnungsjahre (Tabelle 5-1) 64
Tabelle 9-21 Prozentuale Anteile der *HA*, *HSD* und *ZFI* der vier Quadranten 65

8.3. Kartenverzeichnis

Karte 1 Vergleich des tagesrandstundengewichteten 16h-Mittelungspegels (Leq^*_{16}) mit dem ungewichteten 16h-Mittelungspegel (Leq_{16}), 2020, Grossflugzeuge Tag (06 bis 22 Uhr)

Karte 2 *ZFI*, 2020

Karte 3 Anzahl der durch Fluglärm am Tag stark belästigten Personen *HA*, 2020

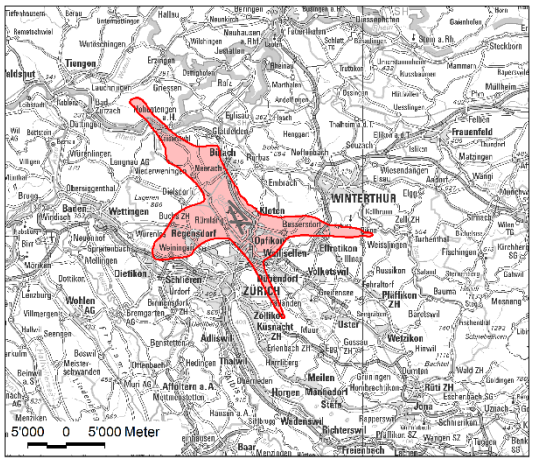
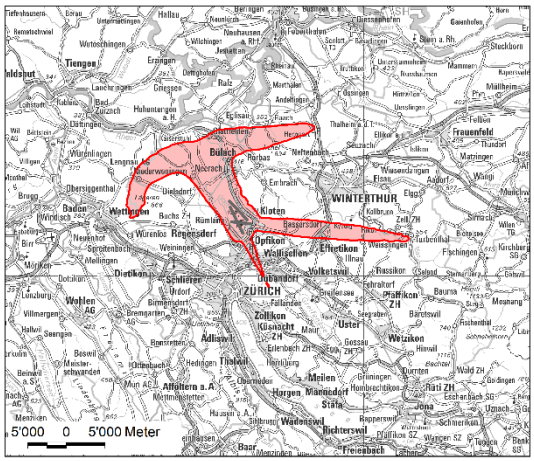
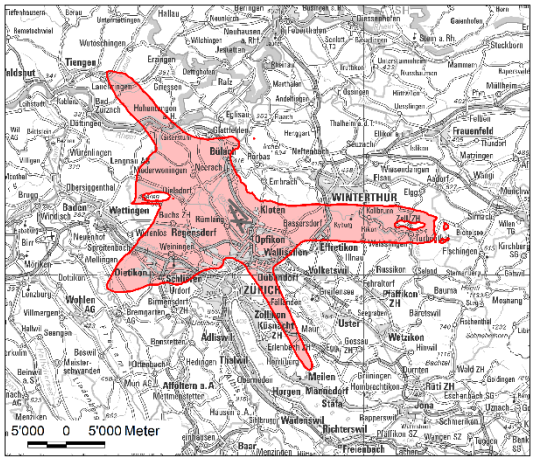
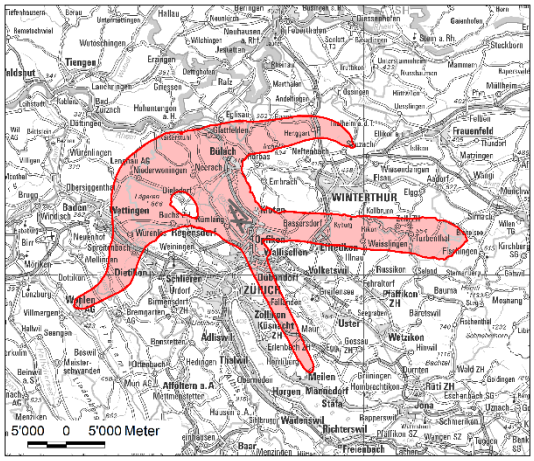
Karte 4 Anzahl der durch Fluglärm im Schlaf während der Nacht stark gestörten Personen *HSD*, 2020

Karte 5 Untersuchungsperimeter *HA* der Jahre 2020, 2019 sowie des Referenzzustands

Karte 6 Untersuchungsperimeter *HSD* der Jahre 20209, 2019 sowie des Referenzzustands

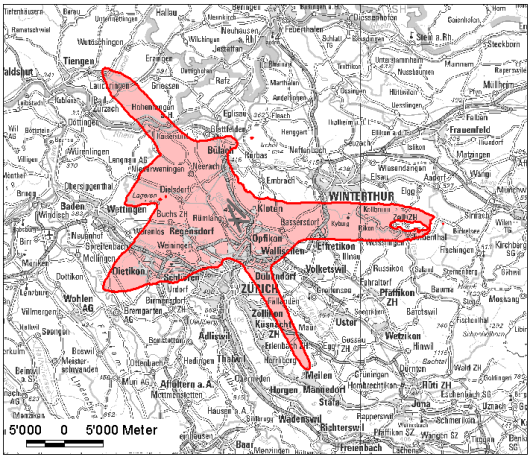
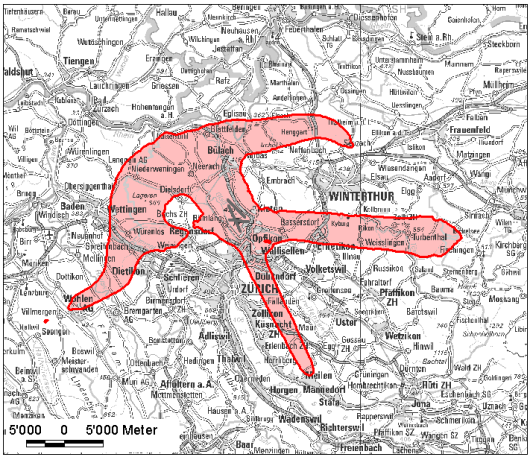
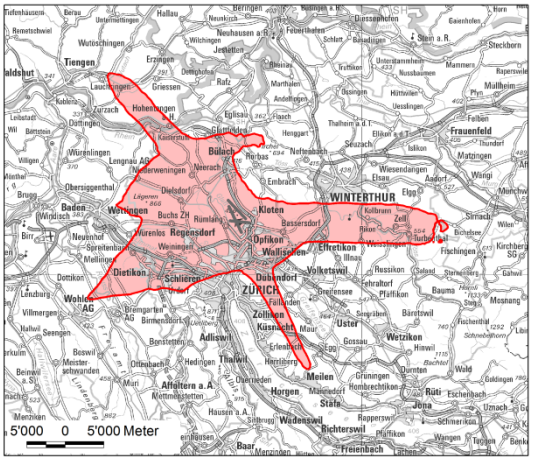
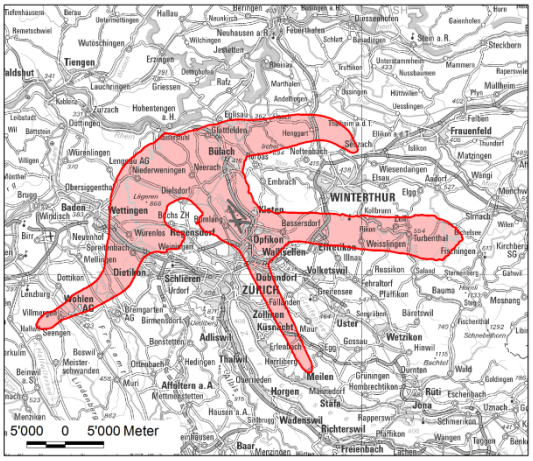
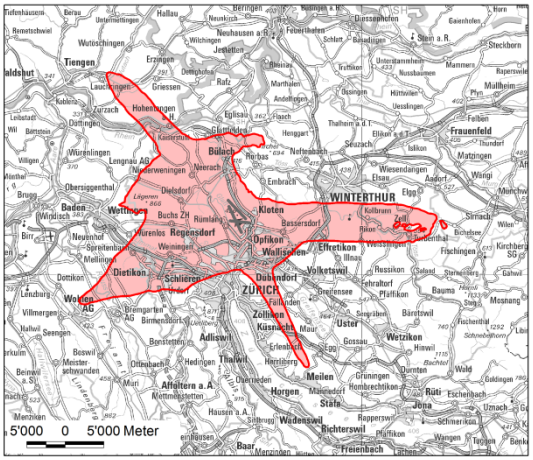
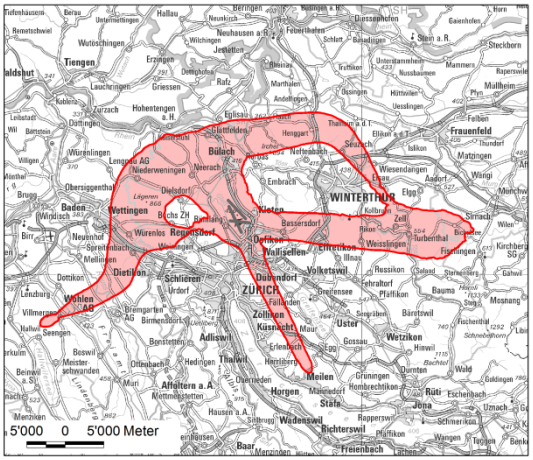
9. Anhang

9.1. Untersuchungsperimeter

	Untersuchungsperimeter *HA*	Untersuchungsperimeter *HSD*
2020		
2019		

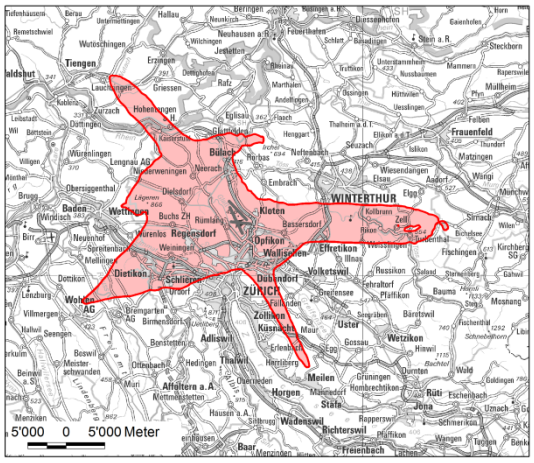
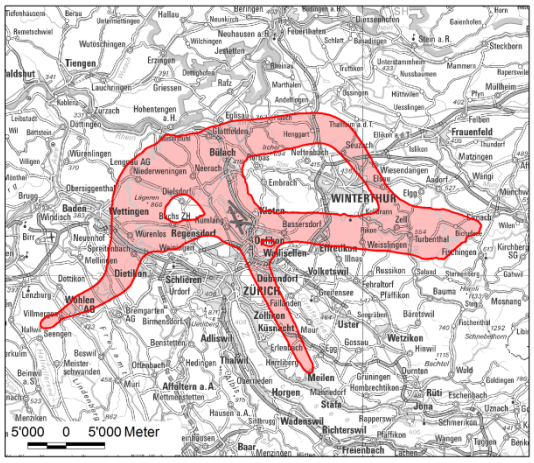
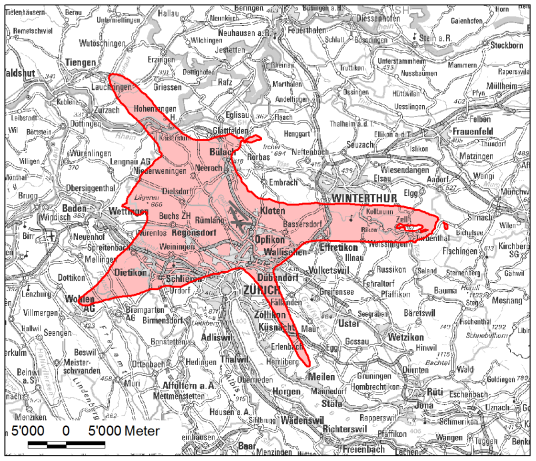
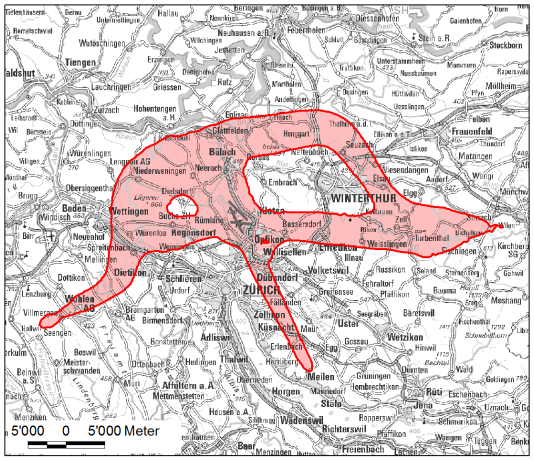
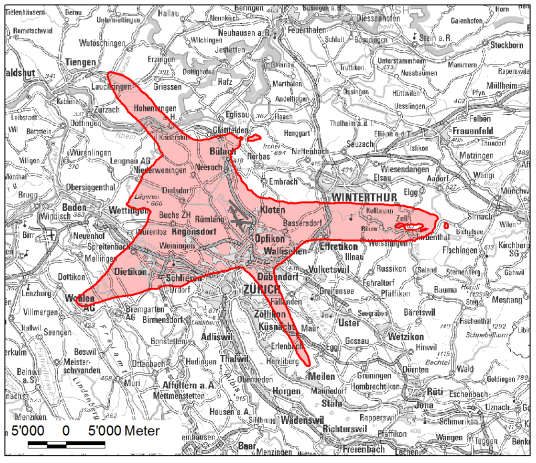
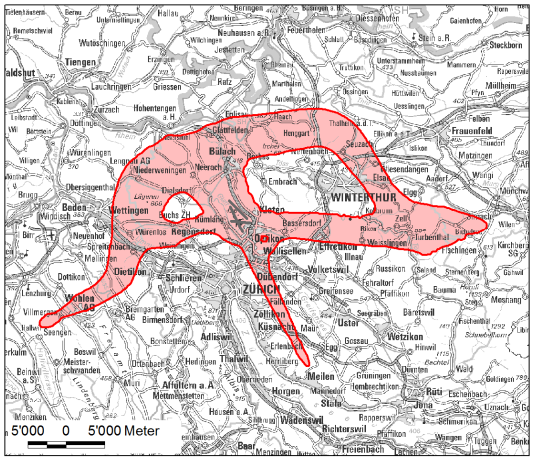
[Untersuchungsperimeter_RZ_05bis20.mxd]

Abbildung 9-1 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* der Jahre 2019 bis 2020. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie.

	Untersuchungsperimeter *HA*	Untersuchungsperimeter *HSD*
2018		
2017		
2016		

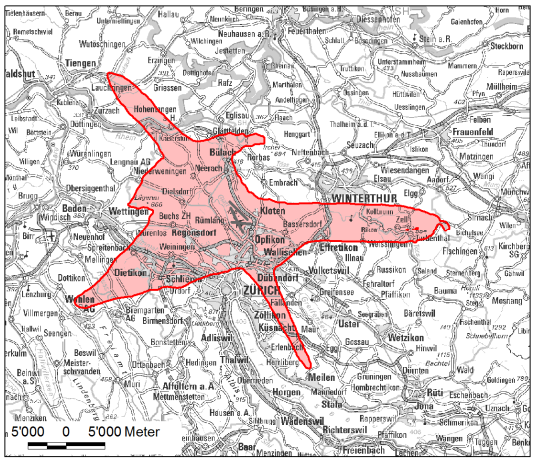
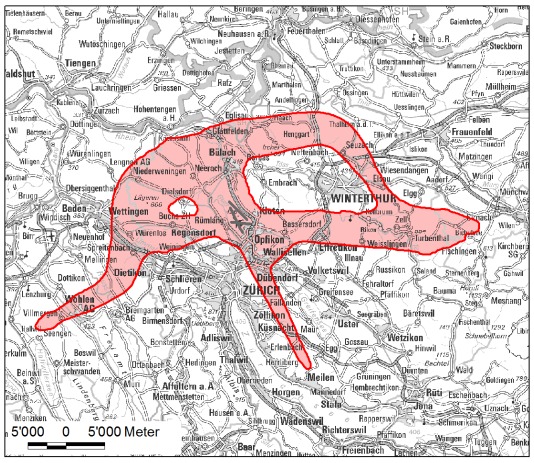
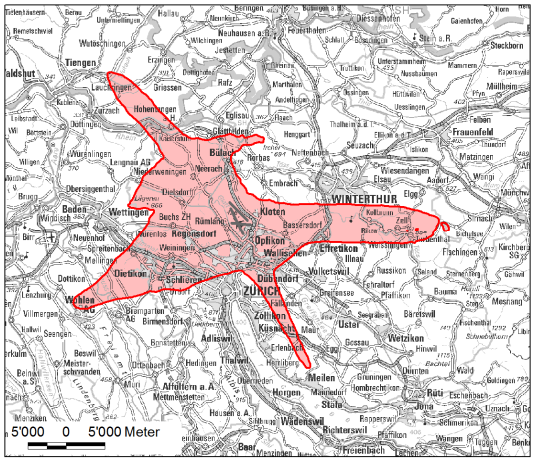
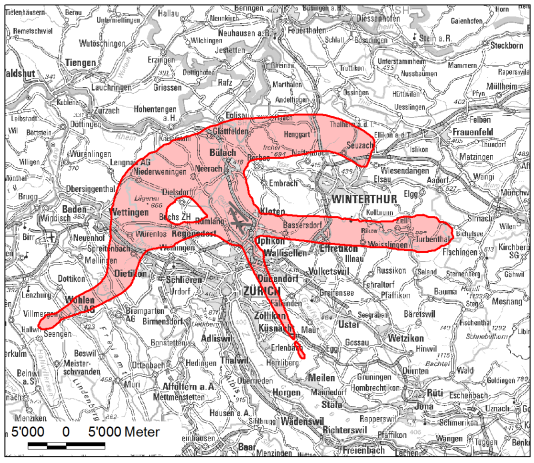
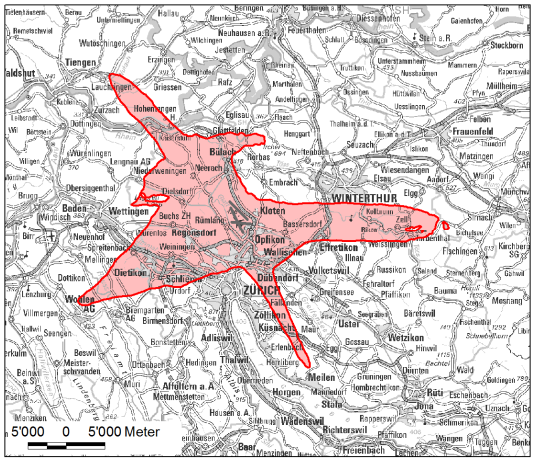
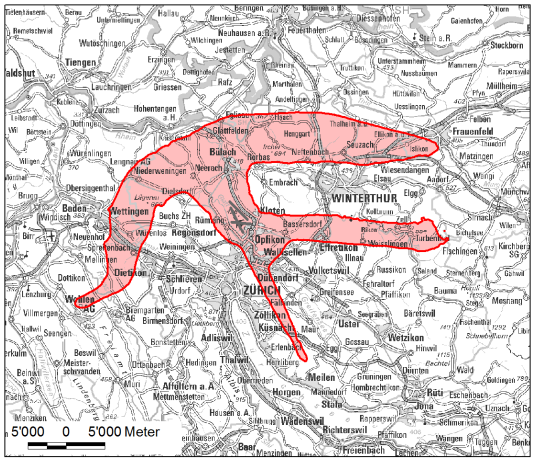
[Untersuchungsperimeter_RZ_05bis20.mxd]

Abbildung 9-2 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* der Jahre 2016 bis 2018. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie.

	Untersuchungsperimeter *HA*	Untersuchungsperimeter *HSD*
2015		
2014		
2013		

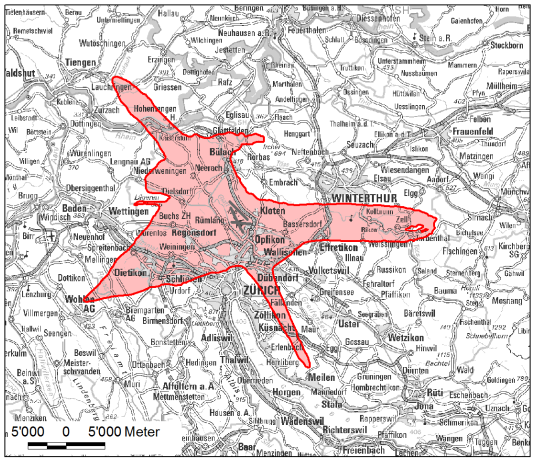
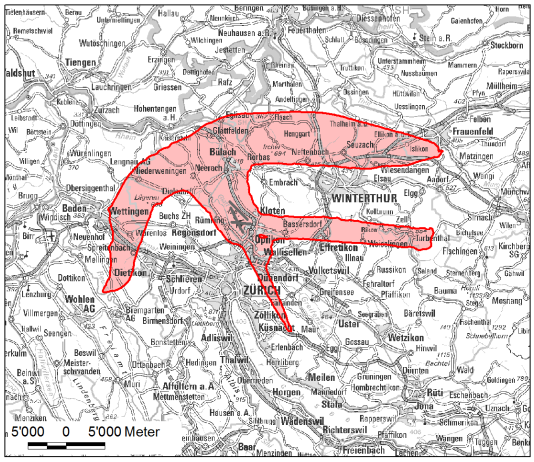
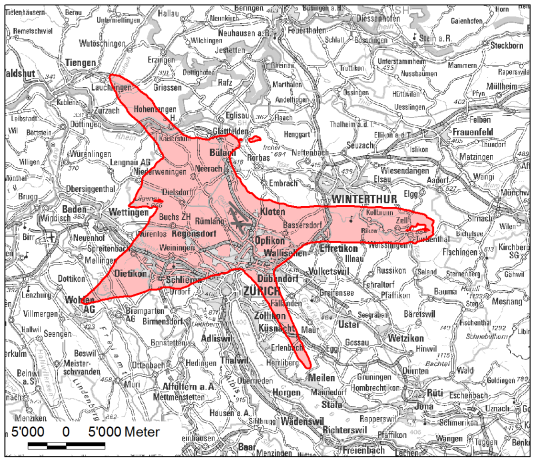
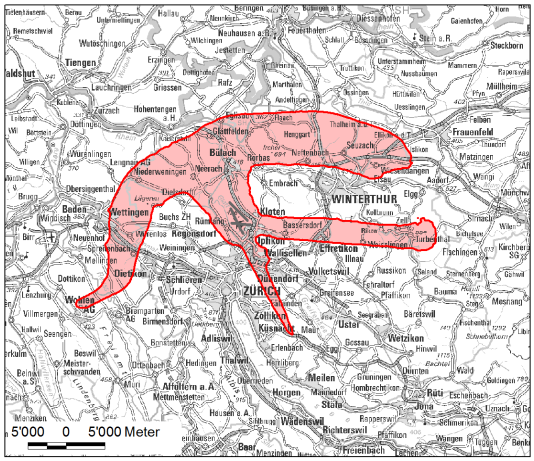
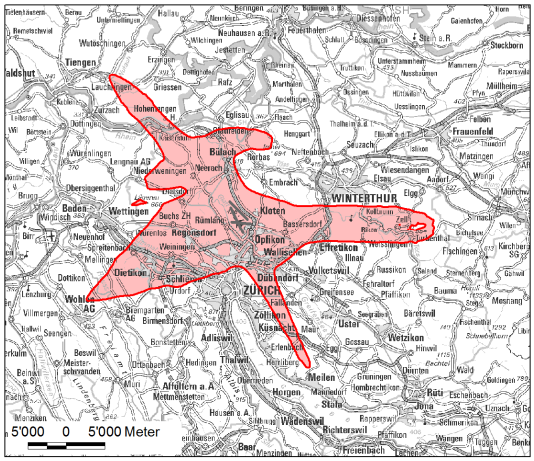
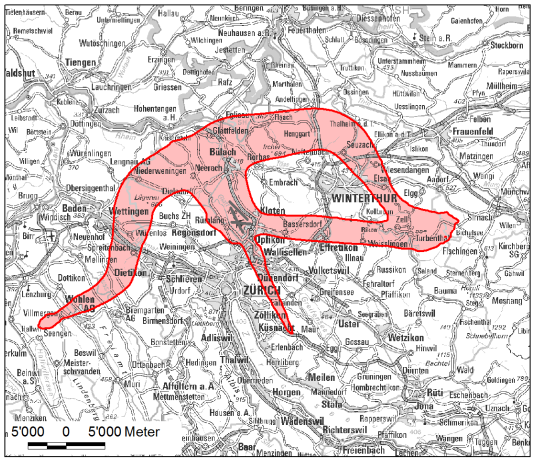
[Untersuchungsperimeter_RZ_05bis20.mxd]

Abbildung 9-3 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* der Jahre 2013 bis 2015. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie.

	Untersuchungsperimeter *HA*	Untersuchungsperimeter *HSD*
2012		
2011		
2010		

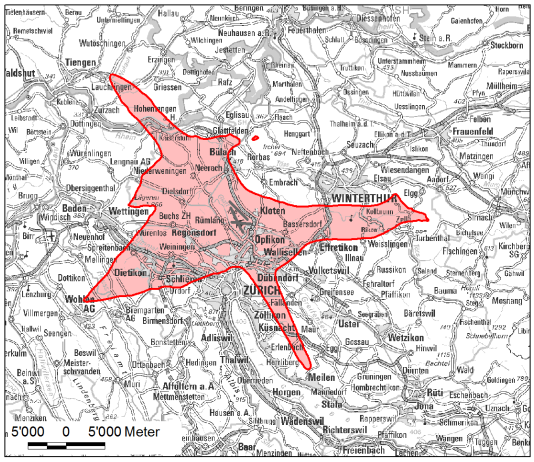
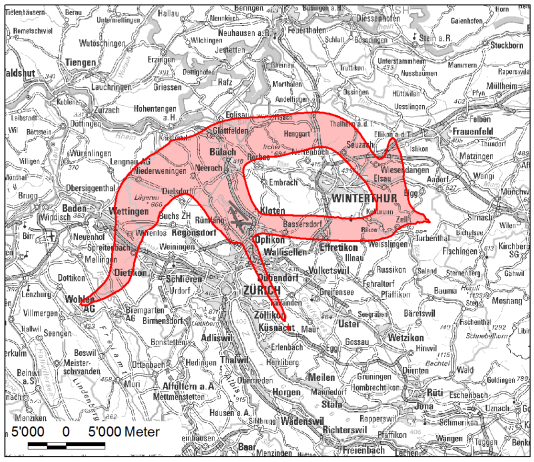
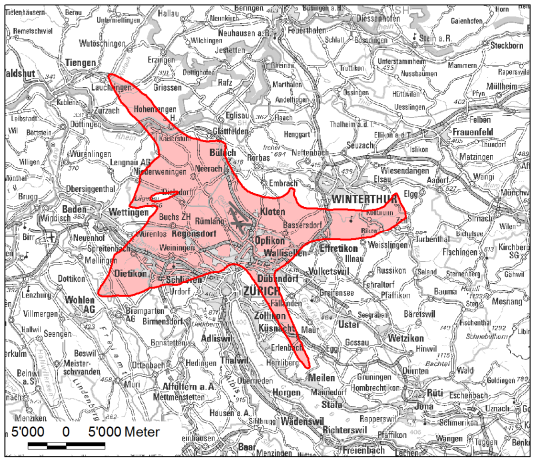
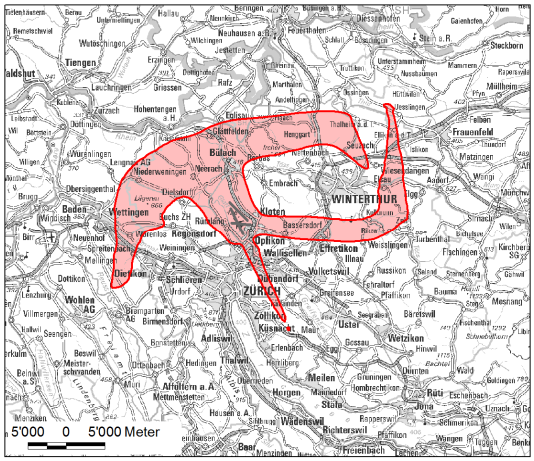
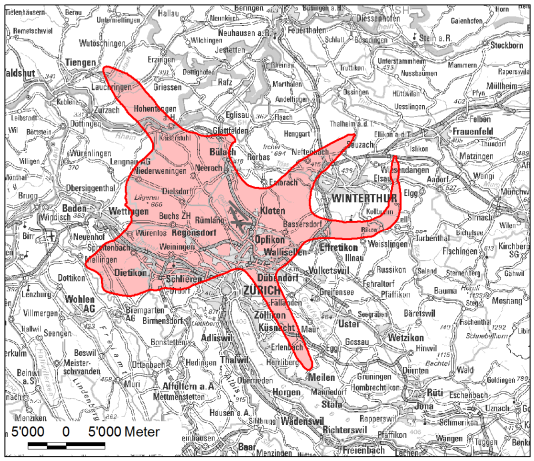
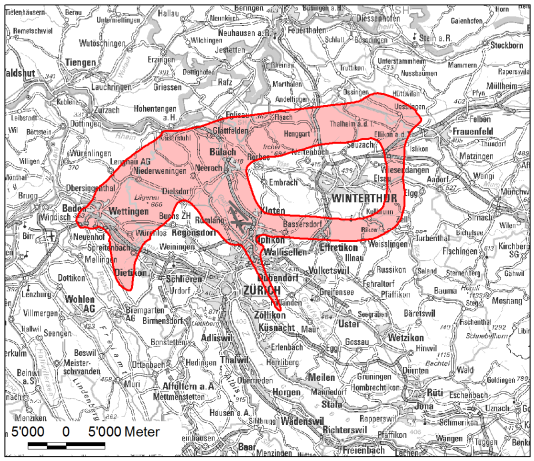
[Untersuchungsperimeter_RZ_05bis20.mxd]

Abbildung 9-4 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* der Jahre 2010 bis 2012. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie.

	Untersuchungsperimeter *HA*	Untersuchungsperimeter *HSD*
2009		
2008		
2007		

[Untersuchungsperimeter_RZ_05bis20.mxd]

Abbildung 9-5 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* der Jahre 2007 bis 2009. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie.

	Untersuchungsperimeter *HA*	Untersuchungsperimeter *HSD*
2006		
2005		
RZ		

[Untersuchungsperimeter_RZ_05bis20.mxd]

Abbildung 9-6 Untersuchungsperimeter *HA* und *HSD* des Jahres 2005, 2006 und des RZ. Übersichtskarte PK500: Quelle: Bundesamt für Landestopografie.

Tabelle 9-1 Flächen und Anzahl Personen (AP) im Untersuchungsperimeter (UP)

		Tag (06–22 h)		Nacht (22–06 h)	
Szenario	Jahr	Fläche UP	AP im UP	Fläche UP	AP im UP
ZRH20	2020	172.6	180'561	168.6	106'180
ZRH19	2019	434.3	433'517	453.5	290'228
ZRH18	2018	436.2	428'427	463.8	298'715
ZRH17	2017	493.4	502'330	490.8	314'146
ZRH16	2016	483.6	489'442	507.6	306'403
ZRH15	2015	475.1	465'119	535.6	328'296
ZRH14	2014	469.7	452'968	562.4	336'566
ZRH13	2013	467.1	442'490	539.1	313'687
ZRH12	2012	477.5	438'624	547.4	328'687
ZRH11	2011	479.7	443'362	455.6	261'282
ZRH10	2010	457.4	411'710	463.5	262'942
ZRH09	2009	439.9	396'920	430.1	240'726
ZRH08	2008	456.0	409'586	443.5	247'505
ZRH07	2007	455.7	397'500	453.8	240'966
ZRH06	2006	445.4	386'780	397.8	210'752
ZRH05	2005	421.8	355'656	372.2	181'697
ZRHRZ	RZ	515.2	409'104	467.4	218'813

[ZFI20_SENS19.xlsx/ Übersicht]

Fläche UP Fläche des Untersuchungsperimeters in [km^2]
AP im UP Anzahl Personen im Untersuchungsperimeter

9.2. Jährliche Flugbewegungszahlen der Grossflugzeuge

Tabelle 9-2 Jährliche Flugbewegungszahlen der Grossflugzeuge für den RZ und die Jahre 2005 bis 2020

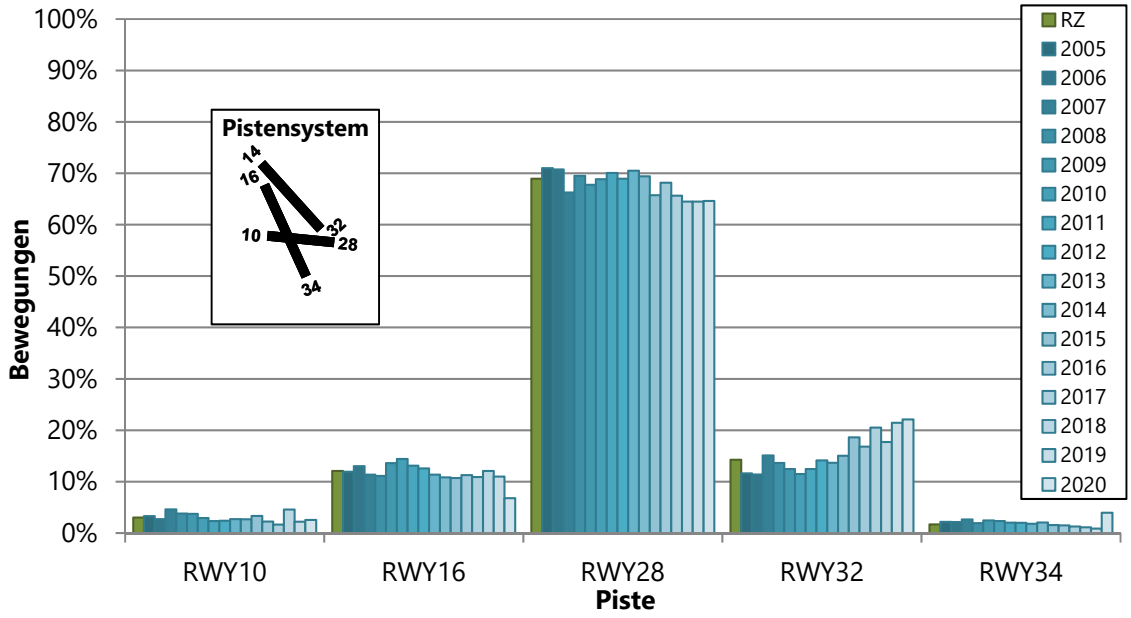
Jahr	T1 (06–07 h)	T2-T15 (07–21 h)	T16 (21–22 h)	Tag (06–22 h)	N1 (22–23 h)	N2 (23–05 h)	N3 (05–06 h)	Nacht (22–06 h)	Total
2020	3'207	84'527	4'792	92'526	2'727	353	2	3'082	**95'608**
2019	9'194	220'791	15'913	245'898	10'306	2'565	1	12'872	**258'770**
2018	9'329	221'594	16'108	247'031	10'528	3'027	3	13'558	**260'589**
2017	8'784	215'967	15'832	240'583	9'761	2'623	6	12'390	**252'973**
2016	8'723	214'904	16'768	240'395	9'781	2'486	6	12'273	**252'668**
2015	8'414	210'401	16'442	235'257	9'230	2'385	7	11'622	**246'879**
2014	7'537	211'124	16'782	235'443	8'740	2'237	5	10'982	**246'425**
2013	6'812	210'997	17'259	235'068	8'068	2'046	3	10'117	**245'185**
2012	7'529	216'495	15'821	239'845	8'457	2'289	3	10'749	**250'594**
2011	7'874	223'475	15'420	246'769	7'747	1'862	3	9'612	**256'381**
2010	7'327	212'673	14'795	234'795	7'580	2'464	12	10'056	**244'851**
2009	7'602	209'195	13'607	230'404	6'775	1'968	6	8'749	**239'153**
2008	7'922	217'808	14'943	240'673	6'839	2'456	8	9'303	**249'976**
2007	7'594	210'486	13'830	231'910	6'501	2'560	5	9'066	**240'976**
2006	7'442	206'177	13'583	227'202	6'394	1'508	2	7'904	**235'106**
2005	6'991	213'293	13'492	233'776	7'229	1'052	4	8'285	**242'061**
RZ	9'153	263'230	17'348	289'731	9'883	0	0	9'883	**299'614**

[ZFI20_SENS19.xlsx / Bewegungszahlen]

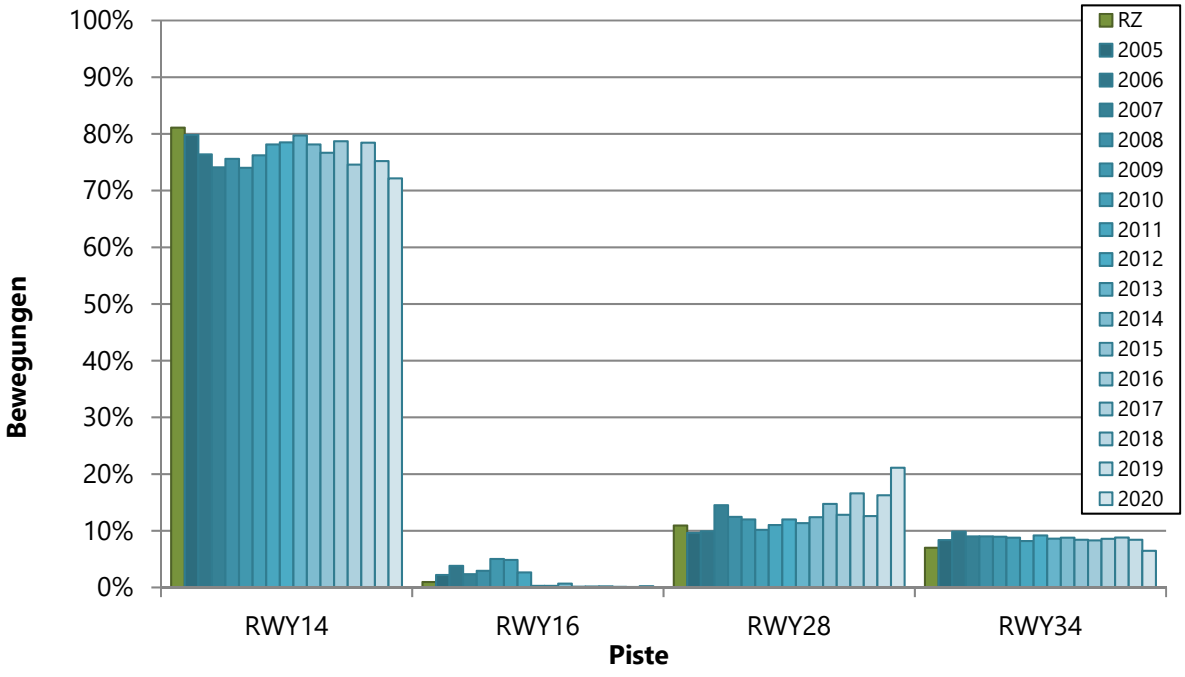
T1	Erste Tagesstunde	T2-T15	Übrige Tagesstunden	T16	Letzte Tagesstunde
N1	Erste Nachtstunde	N2	Zweite Nachtstunde	N3	Letzte Nachtstunde

9.3. Pistenbelegung am Tag und in der Nacht

(a) Starts (Tag)



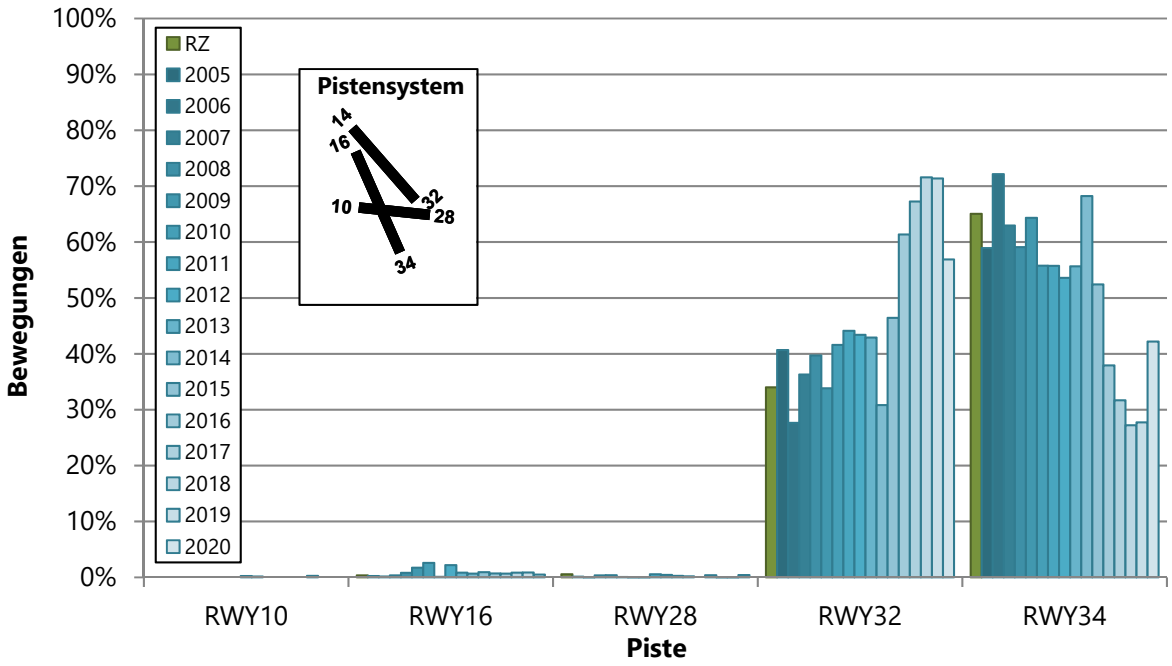
(b) Landungen (Tag)



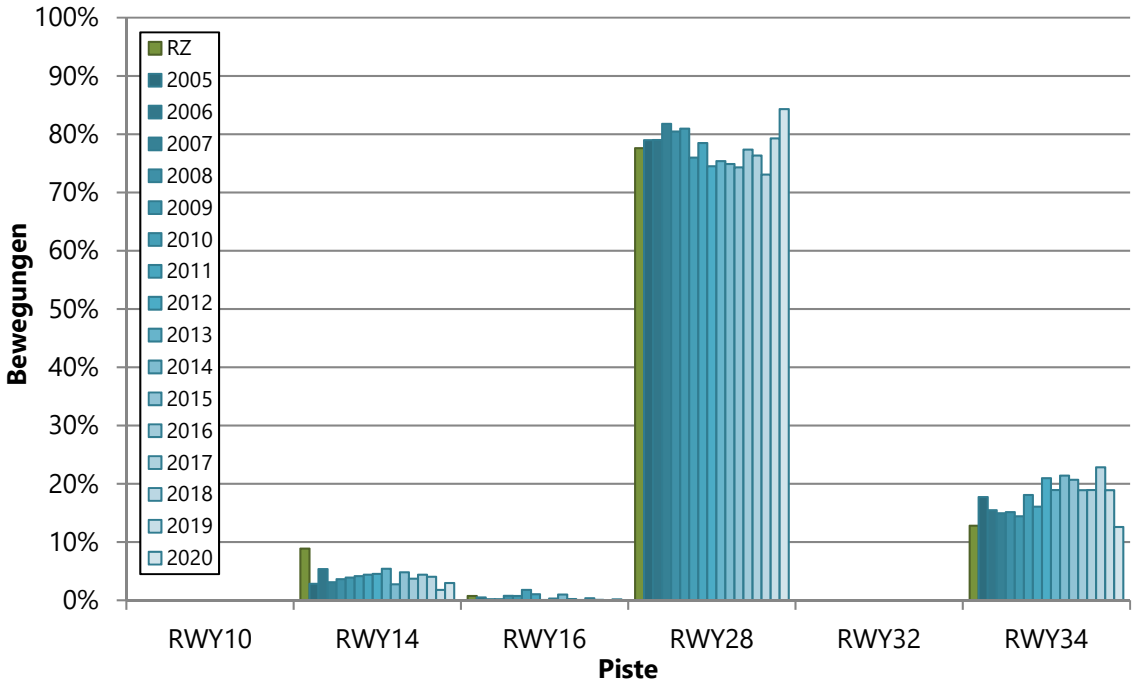
[ZRHRZund05bis20_PistenBelegung.xlsx / PistenRoutenbelegung]

Abbildung 9-7 Prozentuale Pistenbelegung der (a) Starts und (b) Landungen am Tag für den RZ und die Jahre 2005 bis 2020.

(a) Starts (Nacht)



(b) Landungen (Nacht)



[ZRHRZund05bis20_PistenBelegung.xlsx / PistenRoutenbelegung]

Abbildung 9-8 Prozentuale Pistenbelegung der (a) Starts und (b) Landungen in der Nacht für den RZ und die Jahre 2005 bis 2020.

9.4. *ZFI* aufgeschlüsselt nach Gemeinden und Kantonen

Tabelle 9-3 *ZFI* der einzelnen Gemeinden des Kantons Aargau
(* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
Aargau	Baden	4021	345	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bellikon	4022	100	184	193	176	175	170	181	160	142	134	0
	Bergdietikon	4023	109	137	138	135	141	143	149	141	121	117	0
	Eggenwil	4066	0	11	14	8	7	5	5	2	0	0	0
	Ehrendingen	4049	157	134	190	157	215	214	221	251	230	250	0
	Ennetbaden	4026	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fischbach-Göslikon	4067	0	88	103	92	98	95	105	82	43	38	0
	Fisibach	4306	25	22	23	24	24	24	27	29	32	34	3
	Freienwil	4028	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hägglingen	4068	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Kaiserstuhl	4308	47	36	36	37	37	37	38	39	43	43	19
	Killwangen	4030	107	93	108	96	108	111	120	120	115	101	0
	Künten	4031	52	143	150	138	146	145	152	136	120	109	0
	Lengnau (AG)	4312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mellingen	4033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neuenhof	4034	212	83	40	33	45	64	73	136	68	26	0
	Niederrohrdorf	4035	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Niederwil (AG)	4072	0	121	130	117	119	112	130	97	58	51	0
	Oberrohrdorf	4037	123	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	Obersiggenthal	4038	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Remetschwil	4039	82	75	78	72	76	71	82	70	53	46	0
	Rudolfstetten-Friedlisberg	4075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Schneisingen	4318	80	44	57	63	77	72	75	85	80	99	1
	Seengen	4208	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Siglistorf	4319	5	0	1	1	1	1	1	1	1	10	0
	Spreitenbach	4040	889	1'033	1'127	1'025	1'067	1'076	1'185	1'163	990	858	0
	Stetten (AG)	4041	31	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Villmergen	4080	0	73	125	89	86	89	81	116	0	0	0
	Wettingen	4045	601	264	224	194	264	239	263	328	263	225	0
	Widen	4081	11	14	14	13	12	10	12	8	2	2	0
	Wohlen (AG)	4082	0	125	208	124	126	134	139	172	42	19	0
	Würenlos	4048	372	340	404	354	398	401	443	469	423	368	0
Aargau Total			***3'567***	***3'025***	***3'365***	***2'948***	***3'223***	***3'215***	***3'483***	***3'609***	***2'828***	***2'529***	***23***

[ZFI20_SENS19.xlsx / ZFI]

Tabelle 9-4 *ZFI* der einzelnen Gemeinden von Deutschland sowie der Kantone Schaffhausen und Thurgau (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Kanton / Land	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
Deutschland	Hohentengen am Hochrhein		79	60	58	87	86	87	94	93	100	103	14
	Klettgau		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Küssaberg		43	32	31	13	12	11	12	12	16	14	0
	Lauchringen		35	2	1	3	1	1	2	1	27	7	0
Deutschland Total			***157***	***94***	***89***	***103***	***100***	***99***	***108***	***106***	***143***	***124***	***14***
Schaffhausen	Buchberg	2933	34	32	28	35	30	25	24	25	22	19	1
	Rüdlingen	2938	15	10	8	17	12	4	2	1	0	0	0
Schaffhausen Total			***49***	***42***	***36***	***52***	***42***	***29***	***26***	***26***	***22***	***19***	***1***
Thurgau	Aadorf	4551	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	Bichelsee-Balterswil	4721	0	1	162	158	186	183	167	16	9	23	0
	Eschlikon	4724	0	0	30	50	66	37	0	0	0	0	0
	Fischingen	4726	0	0	2	4	18	5	3	2	1	4	0
	Frauenfeld	4566	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gachnang	4571	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neunforn	4601	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sirnach	4761	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	Uesslingen-Buch	4616	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thurgau Total			***102***	***1***	***194***	***213***	***280***	***224***	***170***	***18***	***11***	***27***	***0***

[ZFI20_SENS19.xlsx / ZFI]

Tabelle 9-5 *ZFI* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 1
(* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
Zürich	Adlikon	21	19	9	13	18	16	14	11	1	1	0	0
	Altikon	211	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Andelfingen	30	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Bachenbülach	51	487	526	567	563	582	564	580	646	575	577	102
	Bachs	81	101	92	101	98	105	104	114	116	105	99	14
	Bassersdorf	52	1’421	2’132	2’374	2’201	2’428	2’532	2’615	2’556	2’567	2’600	646
	Berg am Irchel	23	32	28	26	32	27	22	22	22	20	18	6
	Boppelsen	82	83	76	84	92	101	101	106	116	72	77	0
	Brütten	213	20	99	117	108	110	111	103	97	98	89	0
	Buch am Irchel	24	33	40	35	45	37	32	34	33	31	28	8
	Buchs (ZH)	83	516	766	911	821	922	854	777	705	634	833	271
	Bülach	53	1’733	1’896	2’058	2’070	2’215	2’208	2’263	2’510	1’994	2’006	373
	Dägerlen	214	33	36	36	47	39	34	33	30	26	23	0
	Dällikon	84	502	697	729	704	763	746	786	750	701	546	285
	Dänikon	85	150	210	224	209	226	212	220	215	195	166	0
	Dättlikon	215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dielsdorf	86	349	353	352	382	377	377	397	418	314	307	3
	Dietikon	243	1’339	1’755	1’763	1’780	1’829	1’832	1’939	1’831	1’579	1’594	0
	Dietlikon	54	646	618	733	626	688	711	675	758	669	662	122
	Dinhard	216	43	40	15	36	19	13	14	6	1	0	0
	Dorf	26	29	26	26	33	28	23	23	24	21	18	4
	Dübendorf	191	520	432	512	488	550	620	636	684	731	648	139
	Egg	192	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
	Eglisau	55	112	81	63	126	93	49	48	66	47	38	4
	Elgg	294	13	11	16	20	20	16	14	0	5	4	0
	Ellikon an der Thur	218	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Elsau	219	51	0	51	106	90	52	38	0	0	0	0
	Embrach	56	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fällanden	193	80	89	113	106	128	132	132	139	170	143	7
	Flaach	28	45	41	41	52	43	35	33	33	26	20	0
	Freienstein-Teufen	57	52	49	41	40	31	33	40	40	22	18	8
	Geroldswil	244	462	510	527	486	517	498	519	538	469	429	140
	Glattfelden	58	367	343	354	383	378	378	384	420	301	313	87

[ZFI20_SENS19.xlsx / ZFI]

Tabelle 9-6 *ZFI* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 2
(* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
Zürich	Henggart	31	71	90	88	114	95	78	81	75	67	62	6
	Herrliberg	152	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Hettlingen	221	50	94	55	90	70	36	37	6	1	1	0
	Hochfelden	59	457	518	534	509	534	511	508	521	465	460	191
	Höri	60	1'011	937	1'033	1'042	1'042	1'016	1'081	1'123	1'107	1'047	508
	Humlikon	32	18	17	19	24	20	17	17	16	14	13	0
	Hüttikon	87	50	62	66	61	69	74	81	83	69	45	0
	Illnau-Effretikon	296	79	249	308	265	361	405	469	500	455	491	21
	Kloten	62	4'850	5'634	6'092	5'827	6'332	6'569	7'000	6'958	7'247	7'331	2'578
	Küsnacht (ZH)	154	23	18	32	27	37	43	40	44	58	49	0
	Lindau	176	345	628	701	652	763	814	874	893	867	920	259
	Lufingen	63	74	37	40	37	37	38	36	38	37	39	0
	Maur	195	113	93	147	128	166	183	172	183	247	201	0
	Meilen	156	0	0	0	0	1	2	2	2	5	2	0
	Neerach	88	370	501	522	513	508	521	567	612	554	510	144
	Neftenbach	223	159	21	6	9	7	6	6	7	6	3	0
	Niederglatt	89	969	1'083	1'142	1'155	1'149	1'161	1'266	1'366	1'295	1'256	463
	Niederhasli	90	1'368	1'370	1'500	1'519	1'570	1'498	1'588	1'682	1'500	1'505	515
	Niederweningen	91	249	203	229	213	275	266	285	349	279	307	43
	Nürensdorf	64	918	1'337	1'481	1'377	1'566	1'658	1'741	1'703	1'726	1'774	561
	Oberembrach	65	61	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	Oberengstringen	245	335	365	351	353	358	356	372	381	291	298	0
	Oberglatt	92	1'636	1'629	1'721	1'765	1'820	1'781	1'864	1'986	1'917	1'868	848
	Oberweningen	93	126	206	219	197	225	225	235	258	224	168	0
	Oetwil an der Limmat	246	211	242	281	242	268	270	294	311	284	172	13
	Opfikon	66	3'581	4'670	5'062	4'828	5'260	5'595	5'718	5'810	6'315	5'961	2'592
	Ossingen	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Otelfingen	94	147	147	167	143	180	168	203	248	172	147	0
	Pfungen	224	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Regensberg	95	38	24	30	22	22	21	23	32	18	16	0
	Regensdorf	96	2'010	2'546	2'782	2'560	2'871	2'735	2'532	2'479	2'161	2'159	1'079
	Rickenbach (ZH)	225	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[ZFI20_SENS19.xlsx / ZFI]

Tabelle 9-7 *ZFI* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 3
(* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
Zürich	Rorbas	68	59	41	15	39	11	3	8	5	3	1	0
	Rümlang	97	1'433	1'800	1'918	1'929	2'084	2'044	2'172	2'185	2'137	2'127	940
	Schlatt (ZH)	226	48	18	51	52	54	48	41	18	17	16	0
	Schleinikon	98	67	85	91	82	94	93	100	111	97	81	3
	Schlieren	247	605	780	736	743	757	781	860	859	654	682	0
	Schöfflisdorf	99	104	157	169	148	161	167	178	195	159	117	0
	Seuzach	227	35	126	129	203	168	112	102	1	0	0	0
	Stadel	100	513	539	571	560	608	617	649	694	682	633	274
	Stammheim	292	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Steinmaur	101	202	217	248	201	229	232	265	316	219	160	0
	Thalheim an der Thur	39	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Turbenthal	228	0	445	517	488	562	612	647	667	613	689	0
	Unterengstringen	249	213	260	251	258	267	268	281	287	234	240	0
	Urdorf	250	260	271	230	213	211	229	318	285	114	133	0
	Volken	43	13	12	12	14	13	11	11	11	10	9	0
	Wallisellen	69	1'634	1'802	2'144	2'072	2'346	2'484	2'282	2'359	2'445	2'300	593
	Wangen-Brüttisellen	200	282	270	322	272	276	289	285	296	260	268	0
	Weiach	102	185	126	159	169	183	209	223	273	277	305	118
	Weiningen (ZH)	251	339	418	414	415	410	415	450	439	378	376	63
	Weisslingen	180	37	192	234	215	281	309	328	350	339	346	19
	Wiesendangen	298	67	0	61	139	108	45	28	0	0	0	0
	Wila	181	0	23	40	42	69	85	102	103	94	79	0
	Wildberg	182	0	28	38	36	43	47	49	49	49	48	1
	Winkel	72	601	627	682	697	685	684	736	833	800	761	201
	Winterthur	230	167	206	556	733	696	538	396	185	181	180	0
	Zell (ZH)	231	254	593	722	697	776	811	821	813	779	826	51
	Zollikon	161	19	20	27	23	29	30	29	31	36	33	0
	Zumikon	160	131	94	157	116	171	211	205	224	298	248	0
	Zürich	261	7'512	7'714	8'109	7'905	8'468	8'625	9'110	9'740	7'711	6'879	1'127
Zürich Total			***43'574***	***50'542***	***55'101***	***53'807***	***57'736***	***58'348***	***60'323***	***61'749***	***57'343***	***55'601***	***15'430***
Total			**47'450**	**53'704**	**58'785**	**57'123**	**61'381**	**61'916**	**64'110**	**65'507**	**60'347**	**58'300**	**15'468**

[ZFI20_SENS19.xlsx / ZFI]

9.5. *HA* aufgeschlüsselt nach Gemeinden und Kantonen

Tabelle 9-8 *HA* der einzelnen Gemeinden des Kantons Aargau sowie von Deutschland

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11	ZRH12	ZRH13	ZRH14	ZRH15	ZRH16	ZRH17	ZRH18	ZRH19	ZRH20
Aargau	Bellikon	4022	67	110	107	103	99	94	97	90	78	75	0
	Bergdietikon	4023	109	137	138	135	141	143	149	141	121	117	0
	Eggenwil	4066	0	11	10	8	7	4	5	1	0	0	0
	Ehrendingen	4049	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fischbach-Göslikon	4067	0	44	45	43	43	38	42	30	0	0	0
	Fisibach	4306	24	22	23	23	23	23	26	28	30	32	3
	Hägglingen	4068	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Kaiserstuhl	4308	47	36	36	37	37	37	38	39	43	43	19
	Killwangen	4030	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Künten	4031	52	80	77	73	75	72	74	69	57	52	0
	Mellingen	4033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neuenhof	4034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Niederrohrdorf	4035	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Niederwil (AG)	4072	0	62	59	56	52	41	51	28	0	0	0
	Oberrohrdorf	4037	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Remetschwil	4039	74	27	24	22	22	17	24	15	4	3	0
	Rudolfstetten-Friedlisberg	4075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Schneisingen	4318	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Siglistorf	4319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spreitenbach	4040	619	486	476	466	468	468	522	494	374	324	0
	Stetten (AG)	4041	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Wettingen	4045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Widen	4081	11	14	14	13	12	10	12	8	2	2	0
	Wohlen (AG)	4082	0	17	10	2	0	0	0	0	0	0	0
	Würenlos	4048	195	1	0	0	1	1	9	12	0	0	0
Aargau Total			***1'470***	***1'048***	***1'018***	***980***	***980***	***948***	***1'049***	***955***	***710***	***649***	***22***
Deutschland	Hohentengen am Hochrhein		79	60	58	87	86	87	94	93	100	103	14
	Klettgau		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Küssaberg		43	32	31	13	12	11	12	12	16	14	0
	Lauchringen		35	2	1	3	1	1	2	1	27	7	0
Deutschland Total			***157***	***94***	***89***	***103***	***100***	***99***	***108***	***106***	***143***	***124***	***14***

[ZFI20_SENS19.xlsx / HA]

Tabelle 9-9 *HA* der einzelnen Gemeinden der Kantone Schaffhausen und Zürich – Teil 1

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11	ZRH12	ZRH13	ZRH14	ZRH15	ZRH16	ZRH17	ZRH18	ZRH19	ZRH20
Schaffhausen	Buchberg	2933	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Schaffhausen Total			***0***	***0***	***1***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***
Zürich	Bachenbülach	51	182	197	214	215	224	238	233	259	196	212	23
	Bachs	81	47	36	38	41	43	44	46	48	38	41	3
	Bassersdorf	52	935	1'221	1'234	1'222	1'239	1'236	1'248	1'258	1'214	1'203	474
	Berg am Irchel	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Boppelsen	82	41	21	21	40	42	42	44	48	9	7	0
	Brütten	213	19	99	106	106	108	109	101	96	97	87	0
	Buchs (ZH)	83	516	620	663	685	672	672	713	699	612	600	271
	Bülach	53	508	600	673	667	741	861	856	976	601	697	127
	Dägerlen	214	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dällikon	84	502	576	561	563	580	581	623	614	551	546	285
	Dänikon	85	150	126	118	118	117	112	121	119	100	92	0
	Dielsdorf	86	334	353	352	382	377	377	396	410	314	307	3
	Dietikon	243	1'339	1'755	1'762	1'780	1'829	1'832	1'939	1'831	1'579	1'594	0
	Dietlikon	54	646	618	619	621	675	688	675	665	664	662	122
	Dinhard	216	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dübendorf	191	481	356	376	379	375	406	449	482	453	459	135
	Egg	192	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eglisau	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Elgg	294	1	4	4	4	4	4	4	0	4	3	0
	Elsau	219	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Embrach	56	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fällanden	193	78	66	69	68	71	69	73	81	88	83	7
	Freienstein-Teufen	57	0	8	12	0	1	10	13	13	0	0	0
	Geroldswil	244	462	510	491	486	491	487	514	493	437	429	140
	Glattfelden	58	84	53	62	48	51	84	70	80	5	18	1
	Herrliberg	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hettlingen	221	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hochfelden	59	181	215	220	214	227	235	230	236	196	209	123
	Höri	60	480	477	509	516	527	533	555	575	557	573	384
	Hüttikon	87	32	26	24	24	25	31	35	35	23	10	0
	Illnau-Effretikon	296	20	71	69	64	67	67	68	100	49	67	7

[ZFI20_SENS19.xlsx / HA]

Tabelle 9-10 *HA* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 2

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11	ZRH12	ZRH13	ZRH14	ZRH15	ZRH16	ZRH17	ZRH18	ZRH19	ZRH20
Zürich	Kloten	62	2'701	2'753	2'770	2'801	2'765	2'791	2'874	2'960	3'063	2'985	1'718
	Küsnacht (ZH)	154	23	15	17	15	16	15	16	20	23	23	0
	Lindau	176	142	242	241	238	244	246	252	283	242	260	117
	Lufingen	63	74	37	36	37	36	38	36	38	35	33	0
	Maur	195	113	72	87	81	87	87	89	101	112	112	0
	Meilen	156	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	Neerach	88	183	248	257	264	267	282	295	313	271	264	94
	Neftenbach	223	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Niederglatt	89	444	501	519	531	540	563	587	620	536	560	287
	Niederhasli	90	929	955	1'017	1'080	1'092	1'082	1'135	1'153	989	998	502
	Niederweningen	91	95	5	4	6	34	37	37	78	11	61	0
	Nürensdorf	64	484	610	614	609	623	636	654	681	651	642	333
	Oberembrach	65	61	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	Oberengstringen	245	335	365	351	353	358	356	372	381	291	298	0
	Oberglatt	92	867	903	930	996	1'019	1'045	1'077	1'117	1'045	1'065	647
	Oberweningen	93	53	77	79	85	98	99	97	109	80	61	0
	Oetwil an der Limmat	246	211	199	186	182	181	185	207	197	178	169	13
	Opfikon	66	3'124	3'797	3'774	3'759	3'874	4'086	4'261	4'288	4'532	4'540	2'413
	Otelfingen	94	73	7	5	8	25	17	42	79	3	2	0
	Pfungen	224	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Regensberg	95	22	22	21	22	22	21	21	24	16	15	0
	Regensdorf	96	2'010	2'342	2'292	2'316	2'342	2'360	2'455	2'476	2'145	2'135	1'079
	Rorbas	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rümlang	97	1'039	1'169	1'181	1'227	1'253	1'256	1'340	1'345	1'312	1'310	783
	Schlatt (ZH)	226	15	18	18	17	18	18	18	17	16	15	0
	Schleinikon	98	27	28	28	30	35	35	36	41	30	24	0
	Schlieren	247	605	780	736	743	757	781	860	859	654	682	0
	Schöfflisdorf	99	44	63	66	70	77	81	81	90	62	48	0
	Seuzach	227	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stadel	100	269	289	295	299	327	336	345	361	353	359	209
	Steinmaur	101	104	122	133	143	147	156	162	182	121	117	0
	Turbenthal	228	0	102	107	92	95	107	105	145	84	138	0
	Unterengstringen	249	213	260	251	258	267	268	281	287	234	240	0

[ZFI20_SENS19.xlsx / HA]

Tabelle 9-11 *HA* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 3

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11	ZRH12	ZRH13	ZRH14	ZRH15	ZRH16	ZRH17	ZRH18	ZRH19	ZRH20
Zürich	Urdorf	250	260	271	230	213	211	229	318	285	114	133	0
	Wallisellen	69	1'586	1'626	1'632	1'701	1'835	1'935	1'887	1'771	1'844	1'858	579
	Wangen-Brüttisellen	200	282	270	272	272	276	289	285	289	260	268	0
	Weiach	102	128	115	121	123	132	152	169	198	213	225	118
	Weiningen (ZH)	251	339	418	414	415	410	414	449	438	377	376	63
	Weisslingen	180	6	31	31	31	32	33	31	55	30	41	4
	Wiesendangen	298	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Wildberg	182	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	Winkel	72	277	273	298	317	314	333	337	375	341	351	114
	Winterthur	230	159	184	182	173	178	182	181	178	180	177	0
	Zell (ZH)	231	62	225	222	213	215	221	218	246	212	235	0
	Zollikon	161	19	14	16	14	15	14	15	17	17	17	0
	Zumikon	160	131	77	89	72	75	75	83	103	123	122	0
	Zürich	261	7'154	7'047	6'830	6'933	7'088	7'095	7'713	8'158	5'780	5'500	1'058
Zürich Total			***32'041***	***34'542***	***34'553***	***34'985***	***35'869***	***36'679***	***38'425***	***39'477***	***34'370***	***34'359***	***12'237***
Total			**33'668**	**35'685**	**35'660**	**36'068**	**36'949**	**37'726**	**39'583**	**40'539**	**35'223**	**35'132**	**12'272**

[ZFI20_SENS19.xlsx / HA]

9.6. *HSD* aufgeschlüsselt nach Gemeinden und Kantonen

Tabelle 9-12 *HSD* der einzelnen Gemeinden des Kantons Aargau
(* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
Aargau	Baden	4021	345	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bellikon	4022	33	74	86	73	76	76	84	70	65	59	0
	Bergdietikon	4023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eggenwil	4066	0	0	4	0	0	1	1	1	0	0	0
	Ehrendingen	4049	157	134	190	157	215	214	221	251	230	250	0
	Ennetbaden	4026	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fischbach-Göslikon	4067	0	44	58	50	55	58	63	53	43	38	0
	Fisibach	4306	2	0	0	1	1	1	1	1	1	2	0
	Freienwil	4028	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hägglingen	4068	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Killwangen	4030	44	93	108	96	108	111	120	120	115	101	0
	Künten	4031	0	63	74	64	71	73	78	67	63	57	0
	Lengnau (AG)	4312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neuenhof	4034	212	83	40	33	45	64	73	136	68	26	0
	Niederwil (AG)	4072	0	59	70	61	67	72	79	69	58	51	0
	Oberrohrdorf	4037	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	Obersiggenthal	4038	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Remetschwil	4039	8	48	55	50	54	54	59	55	49	43	0
	Schneisingen	4318	65	44	57	63	77	72	75	85	80	99	1
	Seengen	4208	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Siglistorf	4319	5	0	1	1	1	1	1	1	1	10	0
	Spreitenbach	4040	270	547	652	559	599	608	663	669	616	535	0
	Stetten (AG)	4041	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Villmergen	4080	0	73	125	89	86	89	81	116	0	0	0
	Wettingen	4045	601	264	224	194	264	239	263	327	263	225	0
	Wohlen (AG)	4082	0	109	198	122	126	134	139	172	42	19	0
	Würenlos	4048	177	338	403	353	397	400	435	457	423	368	0
Aargau Total			***2'097***	***1'977***	***2'346***	***1'968***	***2'243***	***2'267***	***2'434***	***2'653***	***2'118***	***1'880***	***1***

[ZFI20_SENS19.xlsx / HSD]

Tabelle 9-13 ***HSD*** **der einzelnen Gemeinden der Kantone Schaffhausen und Thurgau**
(* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56]**)**

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
Schaffhausen	Buchberg	2933	34	31	28	35	30	24	24	25	22	19	1
	Rüdlingen	2938	15	10	8	17	12	4	2	1	0	0	0
Schaffhausen Total			***49***	***42***	***35***	***52***	***42***	***28***	***26***	***25***	***22***	***19***	***1***
Thurgau	Aadorf	4551	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	Bichelsee-Balterswil	4721	0	1	162	158	186	183	167	16	9	23	0
	Eschlikon	4724	0	0	30	50	66	37	0	0	0	0	0
	Fischingen	4726	0	0	2	4	18	5	3	2	1	4	0
	Frauenfeld	4566	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gachnang	4571	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neunforn	4601	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sirnach	4761	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	Uesslingen-Buch	4616	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thurgau Total			***102***	***1***	***194***	***213***	***280***	***224***	***170***	***18***	***11***	***27***	***0***

[ZFI20_SENS19.xlsx / HSD]

Tabelle 9-14 *HSD* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 1
(* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
Zürich	Adlikon	21	19	9	13	18	16	14	11	1	1	0	0
	Altikon	211	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Andelfingen	30	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Bachenbülach	51	305	329	353	348	358	325	347	387	379	365	78
	Bachs	81	54	56	63	57	62	60	68	69	67	58	11
	Bassersdorf	52	486	911	1’140	979	1’188	1’296	1’367	1’298	1’354	1’397	172
	Berg am Irchel	23	32	28	26	32	27	22	22	22	20	18	6
	Boppelsen	82	42	55	63	53	60	58	62	68	64	71	0
	Brütten	213	0	0	11	1	2	2	1	1	1	2	0
	Buch am Irchel	24	33	40	35	45	37	32	34	33	31	28	8
	Buchs (ZH)	83	0	146	248	137	250	182	64	6	22	233	0
	Bülach	53	1’226	1’296	1’385	1’403	1’474	1’347	1’407	1’534	1’393	1’309	246
	Dägerlen	214	29	36	36	47	39	34	33	30	26	23	0
	Dällikon	84	0	121	168	141	183	165	163	136	150	0	0
	Dänikon	85	1	84	106	91	110	100	99	96	96	74	0
	Dättlikon	215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dielsdorf	86	15	0	0	0	0	0	0	7	0	1	0
	Dietikon	243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dietlikon	54	0	0	114	5	14	23	0	93	5	0	0
	Dinhard	216	39	40	15	36	19	13	14	6	1	0	0
	Dorf	26	29	26	26	33	28	23	23	24	21	18	4
	Dübendorf	191	38	76	136	109	175	214	188	202	278	190	5
	Egg	192	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Eglisau	55	112	81	63	126	93	49	48	65	47	38	4
	Elgg	294	12	7	12	16	16	13	10	0	1	1	0
	Ellikon an der Thur	218	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Elsau	219	47	0	51	106	90	52	38	0	0	0	0
	Embrach	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fällanden	193	2	23	45	38	57	63	59	58	82	60	0
	Flaach	28	45	41	41	52	43	35	33	33	26	20	0
	Freienstein-Teufen	57	52	42	30	40	29	22	27	26	22	18	8
	Geroldswil	244	0	0	37	0	26	11	5	45	32	0	0
	Glattfelden	58	284	290	291	335	327	294	314	340	295	295	86

[ZFI20_SENS19.xlsx / HSD]

Tabelle 9-15 *HSD* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 2
(* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
Zürich	Henggart	31	71	90	88	114	95	78	81	75	67	62	6
	Herrliberg	152	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Hettlingen	221	6	94	55	90	70	36	37	6	1	1	0
	Hochfelden	59	276	303	314	295	308	276	278	285	269	251	68
	Höri	60	531	461	524	526	515	482	526	548	550	474	125
	Humlikon	32	18	17	19	24	20	17	17	16	14	13	0
	Hüttikon	87	18	36	42	37	44	43	46	48	45	35	0
	Illnau-Effretikon	296	59	178	240	201	294	338	401	399	405	424	14
	Kloten	62	2’149	2’881	3’322	3’026	3’567	3’779	4’125	3’998	4’185	4’347	860
	Küsnacht (ZH)	154	0	3	15	11	21	28	24	25	35	26	0
	Lindau	176	203	386	460	414	519	568	622	611	625	660	142
	Lufingen	63	0	0	4	0	0	0	0	0	2	6	0
	Maur	195	0	21	60	47	78	95	83	82	135	89	0
	Meilen	156	0	0	0	0	1	2	2	2	4	2	0
	Neerach	88	187	252	265	249	241	239	272	298	283	246	49
	Neftenbach	223	8	21	6	9	7	6	6	7	6	3	0
	Niederglatt	89	526	582	623	625	609	598	679	745	759	696	176
	Niederhasli	90	439	415	484	440	478	416	453	529	511	508	13
	Niederweningen	91	154	199	224	207	241	230	248	271	267	247	43
	Nürensdorf	64	434	726	866	768	943	1’021	1’087	1’022	1’075	1’132	228
	Oberglatt	92	769	726	791	770	801	737	787	869	873	802	201
	Oberweningen	93	73	129	140	111	127	125	138	149	145	106	0
	Oetwil an der Limmat	246	0	43	95	60	87	85	87	114	106	3	0
	Opfikon	66	457	872	1’289	1’069	1’386	1’509	1’457	1’522	1’783	1’421	179
	Ossingen	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Otelfingen	94	75	141	161	134	156	151	161	169	168	144	0
	Regensberg	95	16	3	9	0	0	0	1	9	1	1	0
	Regensdorf	96	0	204	490	244	529	375	77	3	16	25	0
	Rickenbach (ZH)	225	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rorbas	68	59	41	15	39	11	3	8	5	3	1	0
	Rümlang	97	395	631	737	702	831	787	832	840	824	818	157
	Schlatt (ZH)	226	33	1	33	35	36	30	23	1	1	0	0

[ZFI20_SENS19.xlsx / HSD]

Tabelle 9-16 *HSD* der einzelnen Gemeinden des Kantons Zürich – Teil 3
(* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Kanton	Gemeinden	BFS	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
Zürich	Schleinikon	98	40	57	63	51	58	58	65	70	67	57	3
	Schöfflisdorf	99	60	94	102	78	84	86	98	105	98	68	0
	Seuzach	227	0	126	129	203	168	112	102	1	0	0	0
	Stadel	100	244	250	277	260	281	281	304	333	329	274	65
	Stammheim	292	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Steinmaur	101	98	95	115	58	82	77	103	134	99	43	0
	Thalheim an der Thur	39	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Turbenthal	228	0	343	411	396	467	505	542	522	529	551	0
	Volken	43	13	12	12	14	13	11	11	11	10	9	0
	Wallisellen	69	48	176	512	371	511	550	395	589	601	443	14
	Wangen-Brüttisellen	200	0	0	50	0	0	0	0	6	0	0	0
	Weiach	102	57	11	38	46	52	57	54	75	64	80	0
	Weiningen (ZH)	251	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	Weisslingen	180	31	161	203	183	249	276	297	295	309	305	15
	Wiesendangen	298	64	0	61	139	108	45	28	0	0	0	0
	Wila	181	0	23	40	42	69	85	102	103	94	79	0
	Wildberg	182	0	27	37	35	42	47	49	48	48	47	1
	Winkel	72	324	354	384	379	370	351	399	459	459	411	87
	Winterthur	230	8	22	375	560	519	356	215	7	1	3	0
	Zell (ZH)	231	192	368	500	484	561	590	603	568	567	591	51
	Zollikon	161	0	6	11	9	14	16	14	15	19	15	0
	Zumikon	160	0	17	68	44	95	137	122	122	175	126	0
	Zürich	261	358	666	1'279	972	1'380	1'530	1'397	1'582	1'931	1'378	69
Zürich Total			***11'533***	***16'000***	***20'548***	***18'822***	***21'868***	***21'670***	***21'898***	***22'272***	***22'973***	***21'242***	***3'193***
Total			**13'782**	**18'019**	**23'124**	**21'055**	**24'432**	**24'190**	**24'528**	**24'968**	**25'124**	**23'168**	**3'195**

[ZFI20_SENS19.xlsx / HSD]

9.7. *HA*, *HSD* und *ZFI* nach Stadtzürcher Quartieren

Tabelle 9-17 *ZFI* der einzelnen Stadtzürcher Quartiere (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Quartiernummer	Quartier	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
111	Affoltern	929	1'116	1'210	1'269	1'312	1'244	1'293	1'333	950	825	0
91	Albisrieden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	Altstetten	477	405	236	214	216	264	438	449	0	0	0
31	Alt-Wiedikon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	City	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	Enge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
227	Escher-Wyss	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
71	Fluntern	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Friesenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	Gewerbeschule	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	Hard	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Hirslanden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	Hirzenbach	1'602	1'600	1'834	1'661	1'871	1'941	1'976	2'083	2'243	2'059	700
12	Hochschulen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	Höngg	941	931	844	848	868	884	997	1'043	553	540	0
72	Hottingen	11	11	18	12	15	16	16	16	18	15	0
42	Langstrasse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Leimbach	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Lindenhof	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82	Mühlebach	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	Oberstrass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	Oerlikon	535	665	579	604	615	597	689	768	110	62	0
11	Rathaus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
121	Saatlen	519	513	591	532	589	677	635	685	702	617	62
233	Schwamendingen Mitte	1'096	1'083	1'254	1'155	1'269	1'306	1'281	1'338	1'402	1'234	289
119	Seebach	1'232	1'236	1'442	1'511	1'593	1'571	1'590	1'771	1'667	1'489	75
81	Seefeld	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	Sihlfeld	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	Unterstrass	87	123	79	88	94	87	151	182	0	0	0
83	Weinegg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	Werd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	Wipkingen	34	22	5	5	6	5	16	37	0	0	0
74	Witikon	42	8	18	5	20	34	29	34	67	37	0
21	Wollishofen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		**7'512**	**7'714**	**8'109**	**7'905**	**8'468**	**8'625**	**9'110**	**9'740**	**7'711**	**6'879**	**1'127**

[ZFI_RZ_05-20_QuartiereZürich.xlsx / ZFI]

Tabelle 9-18 *HA* der einzelnen Stadtzürcher Quartiere

Quartiernummer	Quartier	ZRHRZ	ZRH11	ZRH12	ZRH13	ZRH14	ZRH15	ZRH16	ZRH17	ZRH18	ZRH19	ZRH20
111	Affoltern	929	1'116	1'210	1'269	1'312	1'244	1'293	1'333	950	825	0
91	Albisrieden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	Altstetten	477	405	236	214	216	264	438	449	0	0	0
31	Alt-Wiedikon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	City	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	Enge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
227	Escher-Wyss	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
71	Fluntern	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Friesenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	Gewerbeschule	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	Hard	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Hirslanden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	Hirzenbach	1'374	1'225	1'243	1'180	1'229	1'241	1'309	1'390	1'403	1'403	652
12	Hochschulen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	Höngg	941	931	844	848	868	884	997	1'043	553	540	0
72	Hottingen	10	9	11	8	8	8	9	9	9	9	0
42	Langstrasse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Leimbach	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Lindenhof	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82	Mühlebach	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	Oberstrass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	Oerlikon	535	665	579	604	615	597	689	768	110	62	0
11	Rathaus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
121	Saatlen	498	449	439	438	449	500	496	512	483	484	62
233	Schwamendingen Mitte	989	862	861	846	849	842	848	886	846	826	268
119	Seebach	1'231	1'232	1'313	1'428	1'436	1'419	1'461	1'533	1'408	1'336	75
81	Seefeld	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	Sihlfeld	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	Unterstrass	87	123	79	88	94	87	151	182	0	0	0
83	Weinegg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	Werd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	Wipkingen	34	22	5	5	6	5	16	37	0	0	0
74	Witikon	42	8	11	4	4	4	8	14	18	17	0
21	Wollishofen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		**7'154**	**7'047**	**6'830**	**6'933**	**7'088**	**7'095**	**7'713**	**8'158**	**5'780**	**5'500**	**1'058**

[ZFI_RZ_05-20_QuartiereZürich.xlsx / HA]

Tabelle 9-19 *HSD* der einzelnen Stadtzürcher Quartiere (* : seit 2011 unter Berücksichtigung passiver Schallschutzmassnahmen nach ZFI-VO [56])

Quartiernummer	Quartier	ZRHRZ	ZRH11*	ZRH12*	ZRH13*	ZRH14*	ZRH15*	ZRH16*	ZRH17*	ZRH18*	ZRH19*	ZRH20*
111	Affoltern	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	Albisrieden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	Altstetten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	Alt-Wiedikon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	City	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	Enge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
227	Escher-Wyss	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	Fluntern	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Friesenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	Gewerbeschule	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	Hard	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Hirslanden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	Hirzenbach	228	375	591	481	641	700	668	693	840	657	48
12	Hochschulen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	Höngg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	Hottingen	0	2	7	5	6	7	7	7	9	6	0
42	Langstrasse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Leimbach	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Lindenhof	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82	Mühlebach	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	Oberstrass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	Oerlikon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Rathaus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
121	Saatlen	21	64	152	94	140	176	140	173	219	133	0
233	Schwamendingen Mitte	107	221	393	309	420	464	433	452	556	408	21
119	Seebach	1	3	129	84	157	152	128	238	258	153	0
81	Seefeld	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	Sihlfeld	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	Unterstrass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	Weinegg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	Werd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	Wipkingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	Witikon	0	0	7	1	16	30	21	20	49	20	0
21	Wollishofen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		**358**	**666**	**1'279**	**972**	**1'380**	**1'530**	**1'397**	**1'582**	**1'931**	**1'378**	**69**

[ZFI_RZ_05-20_QuartiereZürich.xlsx / HSD]

9.8. *HA*, *HSD* und *ZFI* nach Himmelsrichtung (Quadranten)

Tabelle 9-20 Absolutwerte der *HA*, *HSD* und *ZFI* der vier Quadranten. Die Summe entspricht den offiziellen Werten der Berechnungsjahre (Tabelle 5-1).

***Highly Annoyed* (*HA*)**											
Quadrant	**RZ**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Q1	5'168	5'833	5'875	5'848	5'911	5'990	6'089	6'367	6'151	6'158	2'607
Q2	12'366	12'450	12'287	12'412	12'791	13'148	13'819	14'201	12'712	12'492	4'374
Q3	12'604	13'681	13'555	13'821	14'099	14'138	15'140	15'085	12'222	12'144	3'385
Q4	3'529	3'721	3'943	3'988	4'147	4'450	4'534	4'885	4'137	4'337	1'907
Summe	**33'668**	**35'685**	**35'660**	**36'068**	**36'949**	**37'726**	**39'583**	**40'539**	**35'223**	**35'132**	**12'272**

***Highly Sleep Disturbed* (*HSD*)**											
Quadrant	**RZ**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Q1	3'984	6'341	8'268	8'002	9'230	9'389	9'835	8'939	9'174	9'530	1'484
Q2	1'063	2'006	3'651	2'831	3'912	4'335	3'915	4'416	5'222	3'917	278
Q3	3'707	4'581	5'800	4'676	5'771	5'372	5'301	5'639	5'013	4'480	260
Q4	5'029	5'091	5'406	5'545	5'519	5'094	5'477	5'974	5'716	5'241	1'174
Summe	**13'782**	**18'019**	**23'124**	**21'055**	**24'432**	**24'190**	**24'528**	**24'968**	**25'124**	**23'168**	**3'195**

Zürcher Fluglärm Index (*ZFI*)											
Quadrant	**RZ**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Q1	9'152	12'174	14'142	13'850	15'141	15'379	15'924	15'306	15'325	15'688	4'091
Q2	13'428	14'456	15'938	15'243	16'704	17'483	17'735	18'617	17'934	16'409	4'652
Q3	16'311	18'262	19'355	18'497	19'871	19'510	20'441	20'725	17'235	16'624	3'644
Q4	8'558	8'812	9'349	9'533	9'666	9'544	10'011	10'859	9'853	9'578	3'081
Summe	**47450**	**53'704**	**58'785**	**57'123**	**61'381**	**61'916**	**64'110**	**65'507**	**60'347**	**58'300**	**15'468**

[ZFI_RZ_05-20_4Quadranten_InOutAGL.xlsx / HA_HSD_ZFI_Quadr]

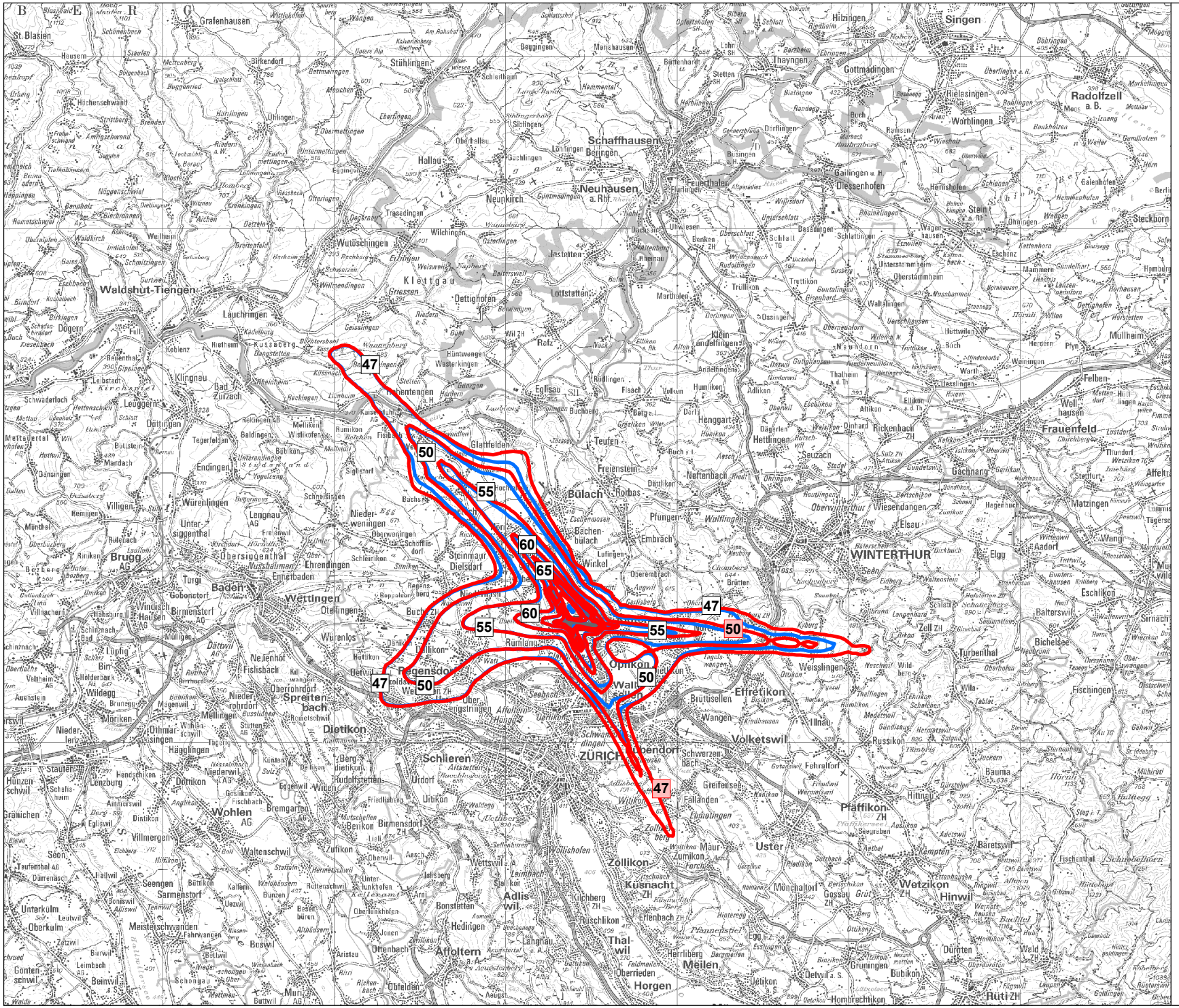
Tabelle 9-21 Prozentuale Anteile der *HA*, *HSD* und *ZFI* der vier Quadranten.

***Highly Annoyed* (*HA*)**											
Quadrant	**RZ**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Q1	15%	16%	16%	16%	16%	16%	15%	16%	17%	18%	21%
Q2	37%	35%	34%	34%	35%	35%	35%	35%	36%	36%	36%
Q3	37%	38%	38%	38%	38%	37%	38%	37%	35%	35%	28%
Q4	10%	10%	11%	11%	11%	12%	11%	12%	12%	12%	16%
Summe	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

***Highly Sleep Disturbed* (*HSD*)**											
Quadrant	**RZ**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Q1	29%	35%	36%	38%	38%	39%	40%	36%	37%	41%	46%
Q2	8%	11%	16%	13%	16%	18%	16%	18%	21%	17%	9%
Q3	27%	25%	25%	22%	24%	22%	22%	23%	20%	19%	8%
Q4	36%	28%	23%	26%	23%	21%	22%	24%	23%	23%	37%
Summe	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

Zürcher Fluglärm Index (*ZFI*)											
Quadrant	**RZ**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Q1	19%	23%	24%	24%	25%	25%	25%	23%	25%	27%	26%
Q2	28%	27%	27%	27%	27%	28%	28%	28%	30%	28%	30%
Q3	34%	34%	33%	32%	32%	32%	32%	32%	29%	29%	24%
Q4	18%	16%	16%	17%	16%	15%	16%	17%	16%	16%	20%
Summe	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

[ZFI_RZ_05-20_4Quadranten_InOutAGL.xlsx / HA_HSD_ZFI_Quadr]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.026437 - 1

Flughafen Zürich

Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2020

Karte 1

Vergleich des tagesrand-stundengewichteten 16h-Mittelungspegels (Leq^*_{16}) mit dem ungewichteten 16h-Mittelungspegel (Leq_{16}) 2020 Grossflugzeuge Tag (06 bis 22 Uhr)

Kennzahlen Flugbetrieb Grossflugzeuge:
Tag (06 bis 22 Uhr):
T = 16h
$N_{g,t}$ = 92'526, $n^*_{g,t}$ = 253

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb

N = jährliche Flugbewegungszahlen
n* = tägliche Flugbewegungszahlen im Jahresmittel

Fluglärmbelastung (47 bis 70 dB)

Leq^*_{16}

Leq_{16}

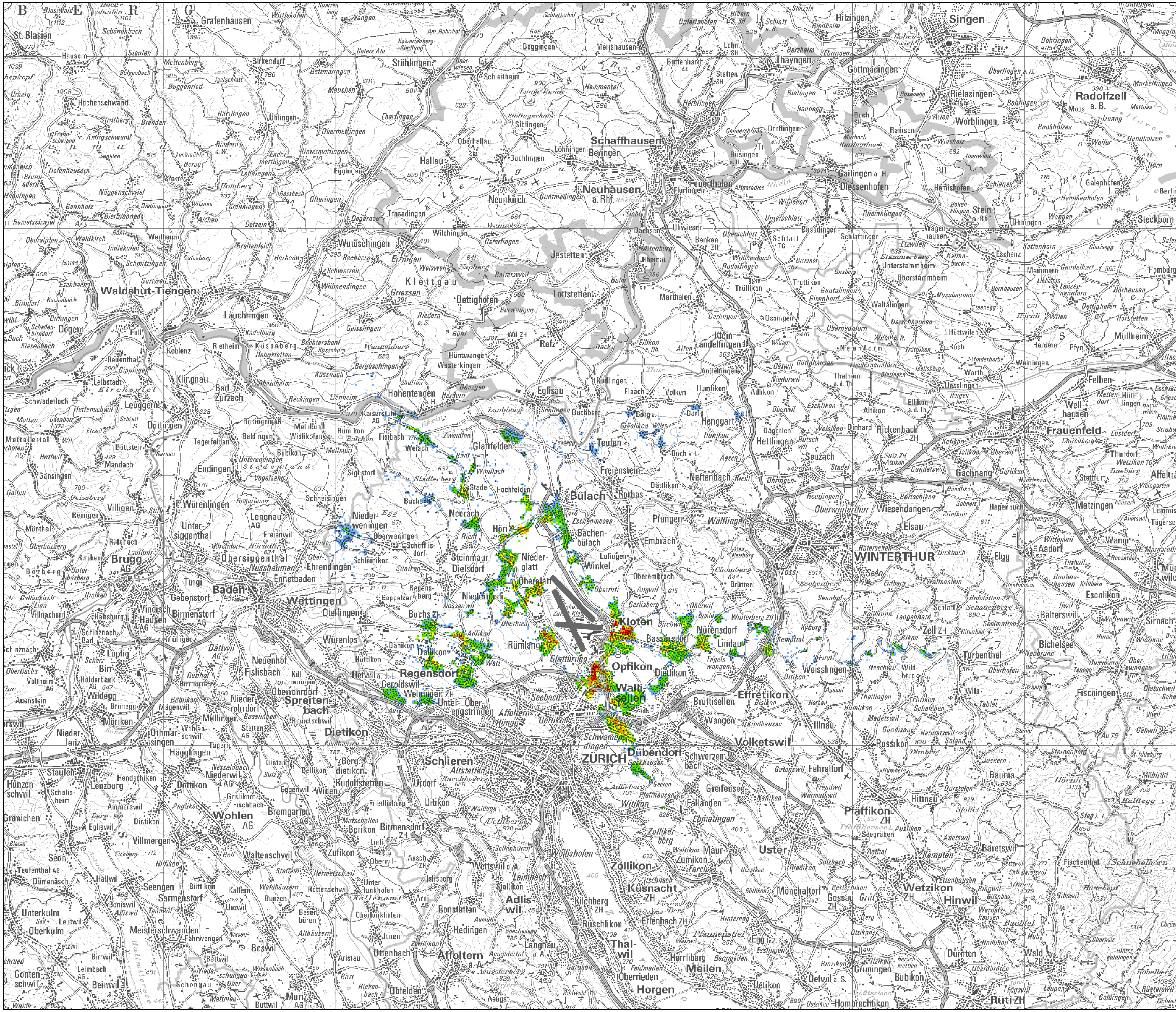
Massstab: 1:300'000

3'000 0 3'000 Meter

Impressum

Übersichtskarte PK200:	Quelle: Bundesamt für Landestopografie
Auftraggeber:	Amt für Verkehr Kt. ZH
Version / Datum / Ersteller:	1 / 2021-06-18 / scst

[01_ZRH_ZFI20_Leq16_TRSG_V1.mxd]
[SL16ZRH20_G8T_TRSG_06_22.shp]
[SL16ZRH20_G8T_06_22.shp]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.026437 - 1

Flughafen Zürich

Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2020

Karte 2

ZFI
2020

Kennzahlen Flugbetrieb Grossflugzeuge:

Tag (06 bis 22 Uhr):
T = 16h
$N_{g,t}$ = 92'526, $n^*_{g,t}$ =253

Nacht (22 bis 06 Uhr):
T = 8h
$N_{g,n}$ = 3'082, $n^*_{g,n}$ = 8

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb

N = jährliche Flugbewegungszahlen
n* = tägliche Flugbewegungszahlen im Jahresmittel

***ZFI* (in Anzahl Personen pro Hektare)**

- ≤ 1
- 1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- > 50

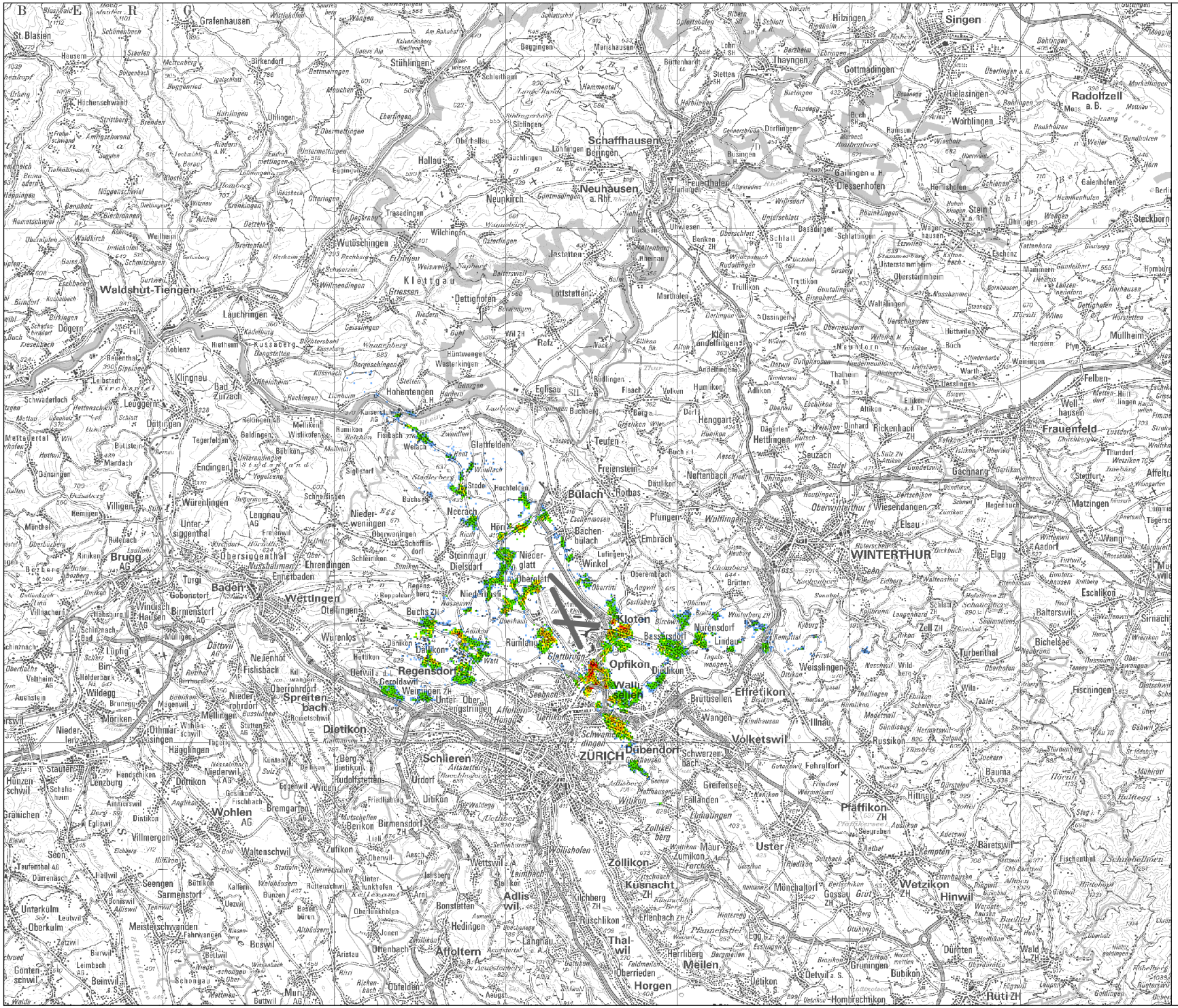
Massstab: 1:300'000

3'000 0 3'000 Meter

Impressum

Übersichtskarte PK200:	Quelle: Bundesamt für Landestopografie
Auftraggeber:	Amt für Verkehr Kt. ZH
Version / Datum / Ersteller:	1 / 2021-06-18 / scst

[02_ZRH_ZFI20_ZFI20_V1.mxd]
[zfi20_sia181]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.026437 - 1

Flughafen Zürich

Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2020

Karte 3

Anzahl der durch Fluglärm am Tag stark belästigten Personen *HA* 2020

Kennzahlen Flugbetrieb Grossflugzeuge:

Tag (06 bis 22 Uhr):
T = 16h
$N_{g,t}$ = 92'526, $n^*_{g,t}$ = 253

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb

N = jährliche Flugbewegungszahlen
n* = tägliche Flugbewegungszahlen im Jahresmittel

***HA* (in Anzahl Personen pro Hektare)**

- ≤ 1
- 1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- > 50

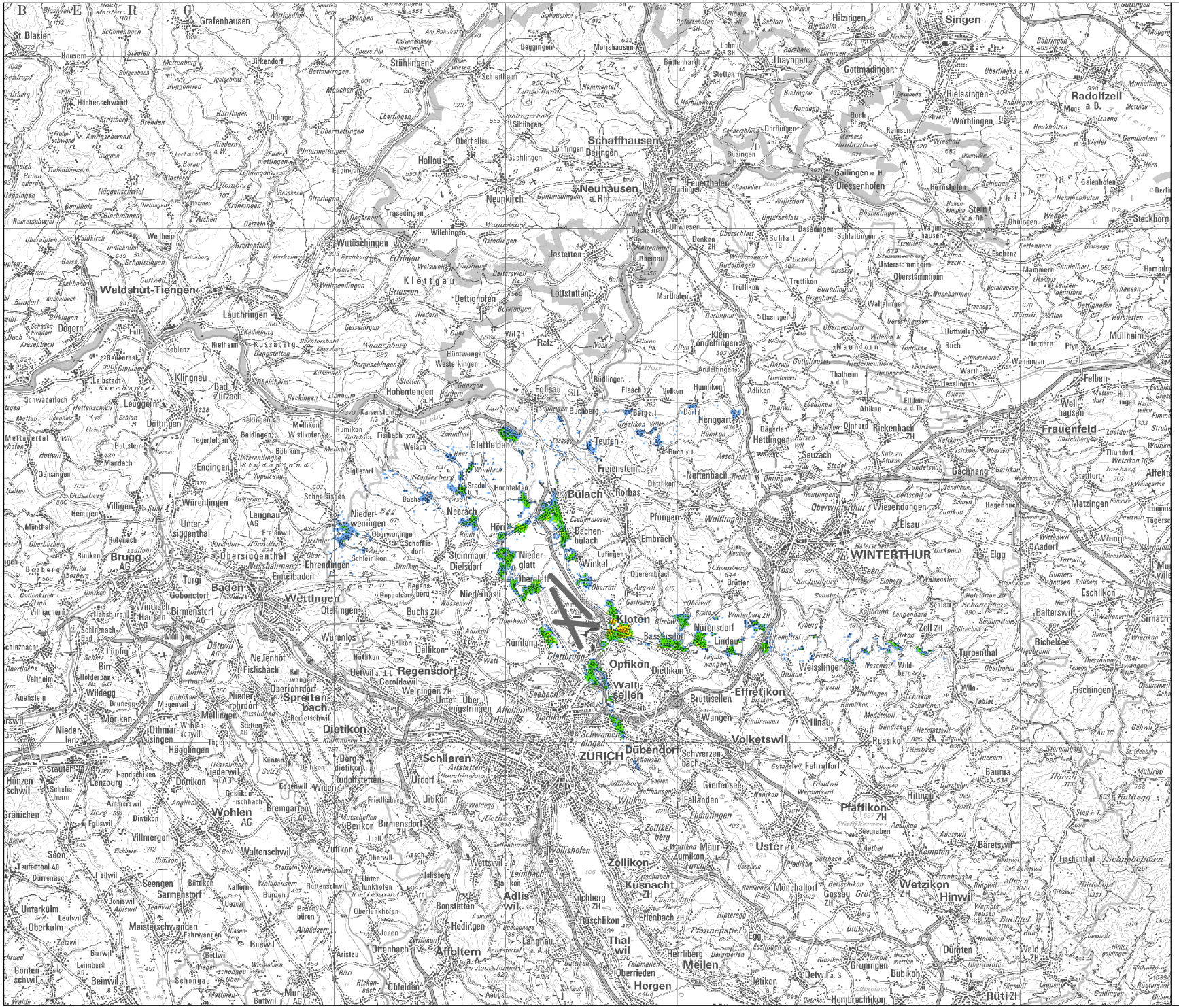
Massstab: 1:300'000

3'000 0 3'000 Meter

Impressum

Übersichtskarte PK200:	Quelle: Bundesamt für Landestopografie
Auftraggeber:	Amt für Verkehr Kt. ZH
Version / Datum / Ersteller:	1 / 2021-06-18 / scst

[03_ZRH_ZFI20_HA20_V1.mxd]
[ha20]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.026437 - 1

Flughafen Zürich

Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2020

Karte 4

Anzahl der durch Fluglärm im Schlaf während der Nacht stark gestörten Personen *HSD* 2020

Kennzahlen Flugbetrieb Grossflugzeuge:

Nacht (22 bis 06 Uhr):
T = 8h
$N_{g,n}$ = 3'082, $n^*_{g,n}$ = 8

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb

N = jährliche Flugbewegungszahlen
n* = tägliche Flugbewegungszahlen
im Jahresmittel

***HSD* (in Anzahl Personen pro Hektare)**

- ≤ 1
- 1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- > 50

Massstab: 1:300'000

3'000 0 3'000 Meter

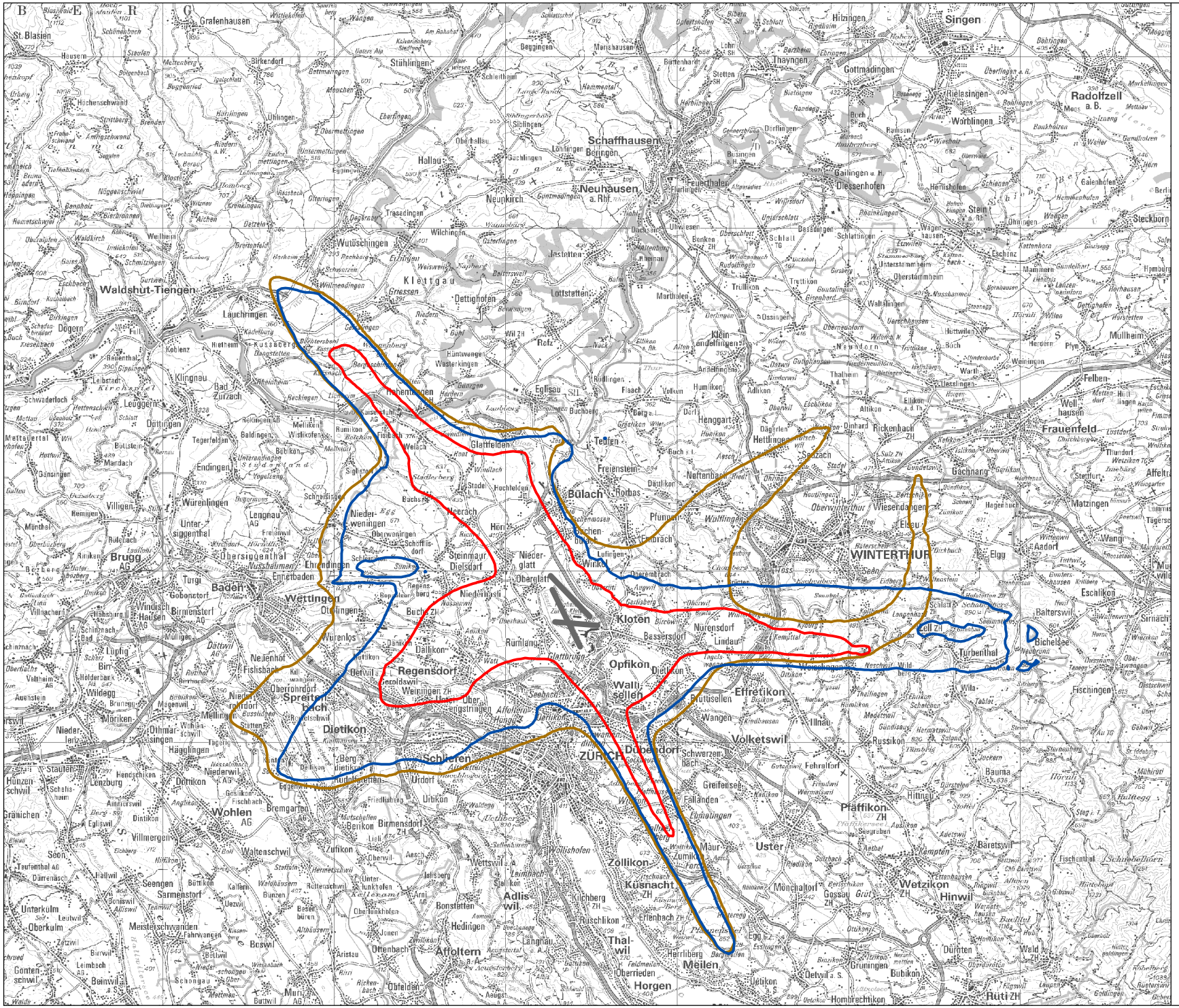
Impressum

Übersichtskarte PK200: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

Auftraggeber: Amt für Verkehr Kt. ZH

Version / Datum / Ersteller: 1 / 2021-06-18 / scst

[04_ZRH_ZFI20_HSD20_V1.mxd]
[hsd20_sia181]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.026437 - 1

Flughafen Zürich

Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2020

Karte 5

Untersuchungsperimeter *HA* der Jahre 2019, 2020 sowie des Referenzzustands

Legende

Untersuchungsperimeter *HA*

- Berichtsjahr 2020
- Vorjahr 2019
- Referenzzustand RZ

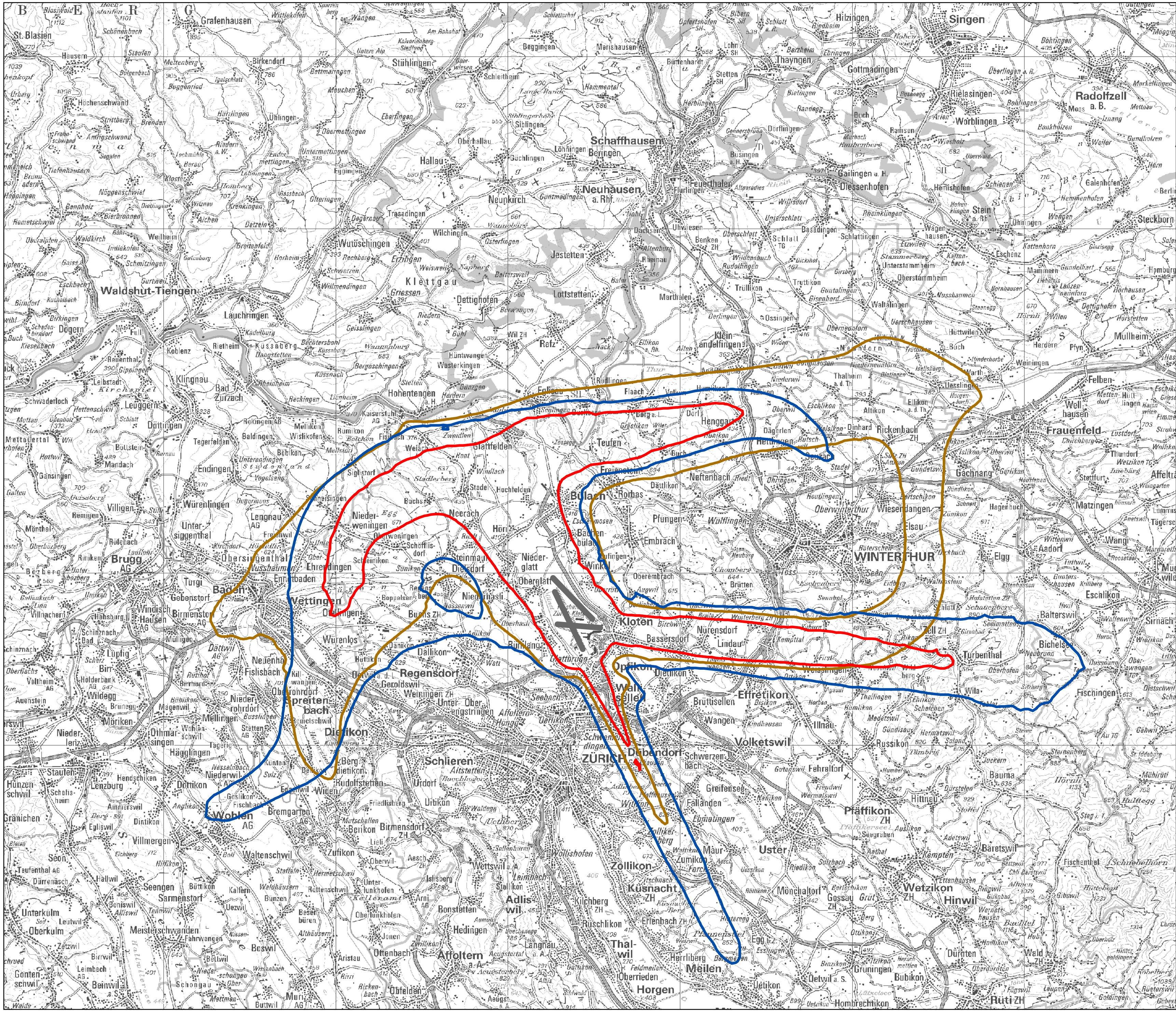
Massstab: 1:300'000

3'000 0 3'000 Meter

Impressum

Übersichtskarte PK200:	Quelle: Bundesamt für Landestopografie
Auftraggeber:	Amt für Verkehr Kt. ZH
Version / Datum / Ersteller:	1 / 2021-05-04 / scst

[05_ZRH_ZFI20_UP_HA_V1.mxd]
[up_ha_zrh20.shp] [up_ha_zrh19.shp]
[up_ha_zrh_zfi_rz2.shp]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.026437 - 1

Flughafen Zürich

Zürcher Fluglärm-Index ZFI im Jahre 2020

Karte 6

Untersuchungsperimeter *HSD* der Jahre 2019, 2020 sowie des Referenzzustands

Legende

Untersuchungsperimeter *HSD*

- Berichtsjahr 2020
- Vorjahr 2019
- Referenzzustand RZ

Massstab: 1:300'000

3'000 0 3'000 Meter

Impressum

Übersichtskarte PK200: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

Auftraggeber: Amt für Verkehr Kt. ZH

Version / Datum / Ersteller: 1 / 2021-05-04 / scst

[06_ZRH_ZFI20_UP_HSD_V1.mxd]
[up_hsd_zrh20.shp] [up_hsd_zrh19.shp]
[up_hsd_zrh_zfi_rz2.shp]