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

Empa
Materials Science and Technology

FLULA2 — Auswirkungen neuer, aus sonAIR abgeleiteter Quellendaten auf Fluglärm-Belastungsrechnungen

Auftrags-Nr.:	**5214.019893**
Berichts-Nr.:	5214.019893
Anzahl Seiten:	53
Beilagen:	21 Karten
	Technischer Anhang mit 13 Seiten
Finanzierung:	AfV Kt. ZH, AIG, BAFU, BAZL, FZAG
Verfasser:	D. Jäger O. Schwab B. Schäffer

Status: genehmigter Bericht

Dübendorf, 05. April 2019
Der Projektleiter:

O. Schwab

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Der Abteilungsleiter:

K. Eggenschwiler

Anmerkung: Bericht und Unterlagen werden 10 Jahre archiviert.

Zusammenfassung

In diesem Projekt wurde eine Methodik entwickelt, um aus sonAIR-Emissionsmodellen die Quellendaten von FLULA2 zu aktualisieren und neue FLULA2-Richtcharakteristiken (RC) zu generieren.
Der so aktualisierte Quellendatensatz RC2018_01 und der offizielle Datensatz RC2012_01 wurden anhand von Kenndaten, Richtwirkungsdiagrammen und *Footprints* verglichen. Der Vergleich zeigt, dass RC-Typen, die im Datensatz RC2012_01 bereits auf einer guten Datengrundlage basieren, häufig sehr ähnlich sind, sowohl bezüglich Richtcharakteristiken und somit auch bezüglich Kenndaten und Cutback-Wert (z.B. A320). Für Typen, welche hingegen nur auf wenigen Messdaten beruhen, ergeben sich grössere Unterschiede zwischen dem heutigen und aktualisierten Quellendatensatz (z.B. A3403). Zudem wurden einige neue Typen wie die BCS1 oder die B7878 im RC2012 durch Zuordnung zu einem ähnlichen RC-TYP nur ungenügend abgebildet, hier ergeben sich ebenfalls grosse Unterschiede.
Die Vergleiche mit Monitoring-Messungen für den Jahresbetrieb 2017 in Zürich zeigen, dass der aktualisierte Quellendatensatz und die angepassten Cutback-Werte insgesamt zu einer Verbesserung im Ereignispegel führen (reduzierte Streuung). Generell stimmen aber bereits die Ergebnisse mit dem offiziellen Datensatz RC2012_01 sehr gut mit den Monitoringdaten überein, und bei den meisten RC-TYP werden nur geringe Verbesserungen durch die Aktualisierung erreicht. Deutliche Verbesserungen sind bei den RC-Typen A321, A3403, A380, B7878, BCS1, BCS3 und E190 festzustellen.
Ein Vergleich der Jahresbelastungen 2017, berechnet mit RC2012_01 und RC2018_01 zeigte sowohl in Zürich als auch in Genf nur geringfügige Änderungen der Lärmkonturen. Insgesamt ergibt die Berechnung mit RC2018_01 im Bereich unmittelbar um die Flughäfen eine leichte Pegelerhöhung von etwa 0.1 dB, während im Mittel- und Fernbereich tendenziell eine Pegelreduktion von bis zu 1 dB zu beobachten ist.
Mit den aktualisierten RC2018_01-Daten wird der aktuelle Flottenmix und somit Flugbetrieb der Flughäfen Zürich und Genf insgesamt besser nachgebildet als mit RC2012_01. Der neue Datensatz beinhaltet aktuelle Typen, welche im alten Datensatz fehlen, und auch die bereits vorher vorhandenen Typen repräsentieren im neuen Datensatz durch die Berücksichtigung von aktuellen Messdaten den heutigen Flugbetrieb besser. Aus diesem Grund empfehlen wir, dass für die zukünftigen offiziellen Fluglärmberechnungen die aktualisierten RC2018_01-Daten verwendet werden.

Inhalt

1. Einleitung 5
2. Auftrag 5
3. Datengrundlagen für die Aktualisierung der Quellendaten 5
4. Übersicht der aktualisierten Flugzeugtypen 6
5. Anpassung der Bewegungslistenaufbereitung 7
6. Bestimmung der mittleren Flugparameter 8
   6.1. FDR-Typen 8
   6.2. Nicht-FDR Typen 11
7. Erstellung des RC-Datensatzes RC2018_01 11
   7.1. Quellendatenerzeugung für FLULA2 11
   7.2. Bodeneffektkorrektur 12
   7.3. Cutback-Werte 12
   7.4. Dämpfungskoeffizienten 13
   7.5. Kenndaten 13
8. Auswertungen und Vergleiche 13
   8.1. Akustische Kenndaten und Cutback 13
   8.2. Richtcharakteristiken 13
   8.3. Jahresberechnung 14
   8.4. Monitoringdaten des Flughafens Zürich 21
9. Fazit und Empfehlung 26
10. Literatur 28
11. Anhang 29
   11.1. Repräsentative Flugzustände 29
   11.2. Akustische Kenndaten 31
   11.3. Cutback-Werte 32
   11.4. Dämpfungskoeffizienten 33
   11.5. Vergleich Kennzahlen RC2018_01 und RC2012_01 34
   11.6. Vergleich Messdaten Zürich 2017 mit RC2012_01 und RC2018_01 37
   11.7. Vergleich Richtcharakteristiken RC2012_01 und RC2018_01 42

Abkürzungen

AfV	Amt für Verkehr des Kantons Zürich
AIG	Aéroport International de Genève
AP (LAP)	Code für Richtcharakteristik für Landung
ATOW	Aktuelles Abfluggewicht (*Actual Take Off Weight*)
b,m-Koeffizienten	atmosphärische Dämpfungskoeffizienten
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt
CB	Cutback, Differenz im L_{Amax} durch die Schubrücknahme
dB	Dezibel
Empa	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
ES	Empfindlichkeitsstufe
FDR	Flight Data Recorder (Flugdatenschreiber)
FLULA2	Fluglärmberechnungsprogramm der Empa
FT (SFT)	Code für Richtcharakteristik für hohe Startleistung
FZAG	Flughafen Zürich AG
GWK	Grenzwertkurve
L_{AE}	A-bewerteter Ereignispegel
L_{AEt10}	A-bewerteter Ereignispegel über Zeit t10
L_{ASmax}	Maximaler A-bewerteter Pegel, Glättung über eine Sekunde
L_{den}	Beurteilungspegel für den Lärm des Gesamtverkehrs Day-Evening-Night
Lr_{n1}	Beurteilungspegel für den Lärm des Verkehrs von Grossflugzeugen in der 1. Nachtstunde (22-23 Uhr)
Lr_{n2}	Beurteilungspegel für den Lärm des Verkehrs von Grossflugzeugen in der 2. Nachtstunde (23-05 Uhr)
Lr_t	Beurteilungspegel für den Lärm des Gesamtverkehrs am Tag (06-22 Uhr)
LSV	Lärmschutz-Verordnung
MTOW	Maximales Abfluggewicht (*Maximum Take Off Weight*)
N1	Drehzahl der Niederdruckwelle
RC	Richtcharakteristik: richtungsabhängige Schallabstrahlung einer Schallquelle, mittels eines mathematischen Modells beschrieben
RC2012_01	Bisher verwendeter Richtcharakteristik-Datensatz
RC2018_01	Aktualisierter Richtcharakteristik-Datensatz
RC-TYP	Akustischer Referenztyp
t10	Zeit, während welcher Schallpegel höher ist als der Maximalpegel minus 10 dB
TYP10	Referenztyp für eine Gruppe von Flugzeugen mit ähnlichen akustischen Eigenschaften
VG (SVG)	Code für Richtcharakteristik für mittlere Startleistung

1. Einleitung

Mit dem Datensatz der sonAIR Quellenvermessung [5] und der sonAIR Nachfolgeprojekte [9][10] besteht die Möglichkeit, den Quellendatensatz von FLULA2 zu aktualisieren, um die Flottenentwicklung der Landesflughäfen seit der FLULA2-Messkampagne im Jahr 1996 adäquat abzubilden. Hierfür sind jedoch Vergleichsrechnungen angebracht, um die zu erwartenden Unterschiede in den Berechnungsresultaten aufzuzeigen. Basierend auf den Resultaten kann über den Einsatz der aktualisierten Quellendaten in offiziellen Belastungsrechnungen entscheiden werden, was eine entsprechende Aktualisierung der SANC-DB nach sich zieht.
Im Rahmen von sonAIR wurde bereits ein aktualisierter FLULA2-Datensatz aus der Quellenvermessung erstellt [6]. In dem vorliegenden Projekt wird auf den Grundlagen und dem Vorgehen von [6] aufgebaut, und es werden zusätzlich die neu verfügbaren Datengrundlagen der sonAIR Nachfolgeprojekte verwendet. Der Fokus des vorliegenden Berichts liegt auf der Untersuchung der Einflüsse der aktualisierten Datengrundlage auf die Lärmberechnungsresultate.

2. Auftrag

Das Amt für Verkehr des Kantons Zürich (AfV), der Aéroport International de Genève (AIG), das Bundesamt für Umwelt (BAFU), das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) und die Flughafen Zürich AG (FZAG) haben die Empa, Abteilung Akustik / Lärmminderung beauftragt, die Auswirkungen neuer, aus sonAIR abgeleiteter Quellendaten auf Resultate von Fluglärm-Belastungsrechnungen mit FLULA2 zu untersuchen. Es sollen die Quellendaten sowie alle für die Fluglärmberechnung notwendigen Zusatzlisten und Aufbereitungsschritte aktualisiert resp. angepasst werden. Daraufhin werden die neu erstellten Datensätze mit den aktuellen Datensätzen verglichen. Dies beinhaltet den tabellarischen Vergleich von Kenndaten, die graphische Gegenüberstellung von Richtcharakteristiken (RC), den Vergleich von Einzeltypen mit Monitoring-Messungen, sowie der Gegenüberstellung der Jahresbelastungsrechnungen der Flughäfen Zürich und Genf in dem Belastungsjahr 2017 mit beiden Quellendatensätzen (Vergleich auf Ebene *Footprint* und Gesamtbelastung).

3. Datengrundlagen für die Aktualisierung der Quellendaten

Es wird auf eine Reihe von bestehenden Datengrundlagen zurückgegriffen:

- Für die Erstellung der mittleren Flugparameter (Kap. 0) für die Flugzeugtypen der Swiss, für welche 3D sonAIR Modelle basierend auf Cockpit-Daten (Flight Data Recorder, kurz FDR) vorliegen, wird auf die FDR-Datengrundlage des sonAIR Validierungsprojektes zurückgegriffen [10]. Diese Daten werden ergänzt mit neuen Flugzeugtypen wie z.B. der C-Series [9].
- Bei nicht-Swiss Typen bleibt die Datengrundlage im Vergleich zu [6] unverändert. Daher können die mittleren Flugparameter direkt übernommen werden.
- Für die Simulation der Kennzahlen und der Cutback-Werte (Kap. 7.3) wird das wissenschaftliche sonAIR-Simulationstool der Empa verwendet [3].
- Für die Vergleichsberechnungen wird auf die Grundlagen der Belastungsrechnungen der Jahre 2017 der Flughäfen Zürich [7] und Genf [8] zurückgegriffen.

4. Übersicht der aktualisierten Flugzeugtypen

Tabelle 1 listet alle Typen mit neu erstellten RC-Datensätzen auf. Die Tabelle führt die ICAO-Typenbezeichnung, das Triebwerk des Flugzeugtypen, die Herkunft der Datengrundlage (FDR-Daten für Flugzeugtypen der Swiss, Bezeichnung "nicht-FDR" für alle anderen Typen), die TYP10-Bezeichnung der Empa sowie die Zuordnung der Typen zu einem akustischen Referenztypen (RC-TYP) gemäss dem bisherigen Datensatz RC2012_01 [2] und dem neuen Datensatz RC2018_01.

Tabelle 1: RC Benennung der neu erstellten Typen.

ICAO-TYP	Triebwerk	Herkunft	TYP10	RC-TYP	
				RC2012_01	RC2018_01
A319	CFM56-5B	FDR	A319	A319	A319
A320	CFM56-5B	FDR	A320	A320	A320
A321	CFM56-5B	FDR	A321	A321	A321
A333	TRENT7	FDR	A3303	A3302	A3303
A343	CFM56-5C	FDR	A3403	A3403	A3403
A388	TRENT9	nicht-FDR	A380	A3403	A380
B733	CFM56-3	nicht-FDR	B7373	B73S	B7373
B734	CFM56-3	nicht-FDR	B7374	B73F	B7374
B735	CFM56-3	nicht-FDR	B7375	B73V	B7375
B736	CFM56-7B	nicht-FDR	B7376	B73V	B7376
B737	CFM56-7B	nicht-FDR	B7377	B73S	B7377
B738	CFM56-7B	nicht-FDR	B7378	B73F	B7378
B762	CF6-80C2	nicht-FDR	B7672	B7672	B7672
B763	PW4060	nicht-FDR	B7673	B7673	B7673
B764	CF6-80C2	nicht-FDR	B7674	B7673	B7674
B777	GE90-115BL	FDR	B7773	B7772	B7773
B787	Genx-1B	nicht-FDR	B7878	B7772	B7878
BCS1	PW1524G	FDR	BCS1	A319	BCS1
BCS3	PW1524G	FDR	BCS3	A319	BCS3
CRJ9	CF34-8C5	nicht-FDR	CL90	FK70	CL90
E170	CF34-8E	nicht-FDR	E170	FK70	E170
E190	CF34-10E	nicht-FDR	E190	FK70	E190
F100	TAY650-15	nicht-FDR	FK10	FK10	FK10
FA7X	PW307	nicht-FDR	FA7X	DA90	FA7X
RJ1H	LF507	FDR	RJ100	RJ100	RJ100

In FLULA2 wird für gewisse Flugzeugtypen hohe Leistungssetzung für Starts mit einer hohen Abflugmasse mittels einer separaten Richtcharakteristik (als FT bezeichnet) berücksichtigt [2]. Während hier für alle oben aufgeführten Typen eine Richtcharakteristik für leichte bis mittelschwere Flugzeuge (als VG bezeichnet) er-

stellt wird, wird in dem neuen Datensatz RC2018_01 nur für die Flugzeugtypen der Swiss eine FT-Richtcharakteristik erzeugt. Für Belastungsrechnungen in der Schweiz sind dies auch die einzigen Typen, für die in den Bewegungslisten eine Abflugmasse aufgeführt wird, welche die Unterteilung nach Leistungssetzung erlaubt. Für die in Tabelle 1 aufgeführten Flugzeugtypen werden somit für alle Typen je eine Start- (VG) und eine Lande- (AP) Richtcharakteristik erzeugt. Für die Swiss-Typen A319, A320, A321, A3303, A3403, B7773, BCS1, BCS3 und RJ100 wird eine zusätzliche Start-Richtcharakteristik für hohe Leistungssetzungen (FT) erzeugt. Im Vergleich zu dem bisherigen Datensatz RC2012_01 ergeben sich somit einige Flugzeugtypen, welche neu eine FT-Richtcharakteristik erhalten (A319, RJ100 sowie die neuen Typen BCS1 und BCS3), sowie einige Typen welche neu keine FT-Richtcharakteristik mehr haben (B737 Familie).
Bei Flugzeugtypen, für die in sonAIR Modelle unterschiedliche Triebwerkstypen vorliegen, beispielsweise die A320-Familie (Modelle mit den Triebwerken CFM56-5A, CFM56-5B und V2500 verfügbar) wird die in der Schweiz am häufigsten verwendete Variante gewählt, resp. die Variante mit der besten Datengrundlage (A380, B767). Die für die RC-Erstellung verwendeten Triebwerkstypen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

5. Anpassung der Bewegungslistenaufbereitung

In der Bewegungslistenaufbereitung wird jedem Flugzeugtypen jeder Einzelbewegung eine standardisierte Typenbezeichnung zugeordnet: den Empa TYP10. Diese werden den verfügbaren Quellenmodellen zugeordnet: den Empa RC-TYP. Die Aufbereitung wird auf die aktualisierten RC-TYP des Datensatzes RC2018_01 angepasst. Da keine neuen TYP10 erstellt wurden, muss lediglich die Zuordnung der vorhandenen TYP10 zu den RC-TYP abgeändert werden. Hierfür wird für jeden TYP10 geprüft, ob eine Zuordnung zu einem neuen RC-TYP sinnvoll ist. Tabelle 2 zeigt die neu zugeordneten TYP10-Flugzeugtypen. Alle anderen Flugzeugtypen behalten die bisherige RC-TYP-Zuordnung.
Einige Beispiele machen das Vorgehen verständlicher:

- Der TYP10 A320 verweist wie bisher auf den RC-TYP A320. Das dahinterstehe Quellenmodell für den RC-TYP A320 ist aber aktualisiert.
- Der TYP10 A3303 verweist neu auf den neu erstellten RC-TYP A3303. Der bisherige RC-TYP A3302 bleibt aber weiterhin bestehen. Somit verweist der TYP10 A3302 noch immer auf den RC-TYP A3302.
- Die TYP10 A3508 und A3509 verweisen neu auf die neu erstellten RC-TYP A3303, da diese Zuordnung der bisherigen Zuordnung zu dem RC-TYP A3302 zu bevorzugen ist.

Tabelle 2: RC-TYP aus RC2018_01 und neu zugeordnete TYP10.

RC-TYP	Neu zugeordnete TYP10
A3303	A3303, A3508, A3509
A380	A380
B7373	B73S
B7374	B73F
B7375	B73V
B7376	B7376
B7377	B7377
B7378	B7378, B7379
B7674	B7674
B7773	B7773

RC-TYP	Neu zugeordnete TYP10
B7878	B7878, B7879
BCS1	BCS1
BCS3	BCS3
CL90	CL70, CL90, CL100
E170	E170, E175, SU95, SU100
E190	E190, E195
FA7X	FA7X, FA8X, L329

6. Bestimmung der mittleren Flugparameter

Bei der ursprünglichen Erstellung der FLULA2-Quellendatensätze mittels eigener Messkampagnen [1] wurde aus den Messdaten von mehreren Ereignissen pro Typ eine gemittelte Richtcharakteristik erstellt. Im Gegensatz dazu werden beim hier angewendeten Verfahren erst pro Flugphase repräsentative, gemittelte Parameter (Fan speed *N1*, Machzahl *Ma*, Dichte ρ) bestimmt, mit welchen dann die RC-Erstellung pro Typ anhand eines einzigen repräsentativen Flugs bestimmt werden kann.
Für die Flugzeugtypen der Swiss (A319, A320, A321, A333, A343, B7773, BCS1, BCS3, RJ100) wurden aus dem FDR-Datensatz der sonAIR Validierung [10] mittlere Parameter hergeleitet, welche repräsentativ für einen mittleren Flugbetrieb sind. Hierbei müssen die einzelnen Flüge unterschiedlich gewichtet werden, da die Auswahl der Flüge für die Validierung nicht zufällig erfolgte, sondern verstärkt auch Extremfälle abdeckt. Für jeden Flugparameter wird der Erwartungswert des Parameters für den jeweiligen Flugzustand (z.B. Start Nahbereich mit hoher Leistungssetzung) als repräsentatives Mittel hergeleitet. Da Daten für Flüge auf allen verfügbaren Pisten der Flughäfen Zürich und Genf vorliegen, werden die Parameter häufigkeitsgewichtet nach Anzahl Bewegungen auf den verschiedenen Pisten der beiden Flughäfen.
Für alle anderen Flugzeugtypen, für welche keine FDR Daten vorliegen, werden die im sonAIR-Hauptprojekt hergeleiteten mittleren Flugparameter verwendet [6]. Ein Spezialfall bildet die B7878, für welche ein prozedurales Modell vorliegt [9]. Hier wurde ein repräsentativer Flugzustand angenommen.

6.1. FDR-Typen

Im sonAIR-Hauptprojekt wurden die Quellenmodelle von FLULA2 aus Messungen von An- und Abflügen auf der pro Typ meistfrequentierten Piste erstellt [6]. Dabei wurden repräsentative Zustände für den Nahbereich (Starts mit voller (FT) und reduzierter (VG) Leistung sowie Landungen) und Fernbereich ermittelt. Für die Unterscheidung der Starts in FT und VG wird in FLULA2 davon ausgegangen, dass die Schubsetzung proportional zum Abfluggewicht ist. Dies erlaubt die Anwendung eines Unterscheidungskriterium über die Massen ATOW (Actual Takeoff Weight) und MTOW (Maximum Takeoff Weight) mit ATOW/MTOW = 85%. Dieses Kriterium konnte bisher auch für die Unterteilung der sonAIR-Messdaten angewendet werden, da diese jeweils nur von der meistbeflogenen Piste stammten [6].
Im neuen Datensatz sind pro Typ jedoch Daten unterschiedlicher Pisten sowohl in Zürich als auch in Genf verfügbar, welche auch alle für die Ermittlung der mittleren Parameter berücksichtigt werden sollen. Da sich die Pistenlängen voneinander unterscheiden, muss davon ausgegangen werden dass die Schubsetzung auch von der Pistenlänge abhängt, sodass ein einzelnes, rein massenabhängiges Kriterium zur Unterscheidung der

Schubsetzung nicht mehr ausreicht. Es muss daher ein neues Kriterium hergeleitet werden, um den Datensatz in FT und VG unterteilen zu können.
Das Ziel ist, dass das bisherige Vorgehen (d.h. die Anwendung des Unterscheidungskriteriums mit ATOW/MTOW = 85%) bei den FLULA2-Berechnungen erhalten bleibt. Damit fällt die Erweiterung des Unterscheidungskriteriums um die Pistenlänge weg, da dieses neue Kriterium sonst auch in FLULA2-Berechnungen angewendet werden müsste. Stattdessen sollen die FDR-Daten so unterschieden werden, dass bei der Anwendung der daraus abgeleiteten RC-Modelle bei der Simulation die Bewegungsdaten weiterhin über das 85%-Massenkriterium unterteilt werden können. Dies wird erreicht, indem für die Aufteilung der Messdaten das Massenkriterium in ein *N1*-Kriterium überführt wird.
Für jeden Flugzeugtypen wird aus der Bewegungsliste die Bewegungshäufigkeit pro Piste bestimmt. Hierbei werden sowohl die ZRH- als auch die GVA-Pisten berücksichtigt. Aus dieser Verteilung wird für jeden Typen die Piste mit dem höchsten Bewegungsanteil bestimmt (siehe Tabelle 3). Anschliessend werden pro Typ für alle Starts auf dieser Piste die Schubsetzung und das Abfluggewicht aus den FDR-Daten extrahiert und für einen repräsentativen Punkt der Trajektorien im Nahbereich (Punkt, bei dem die Flughöhe 250 m über Grund am nächsten liegt) in einem Scatterplot gegeneinander aufgetragen. In die so entstandene Verteilung wird eine lineare Regressionsgerade gefittet, über welche im Anschluss für jeden Typen ein individuelles, zum 85%-Massenkriterium passendes *N1*-Kriterium bestimmt werden kann (siehe Beispiel in Abbildung 1 und Werte in Tabelle 3).

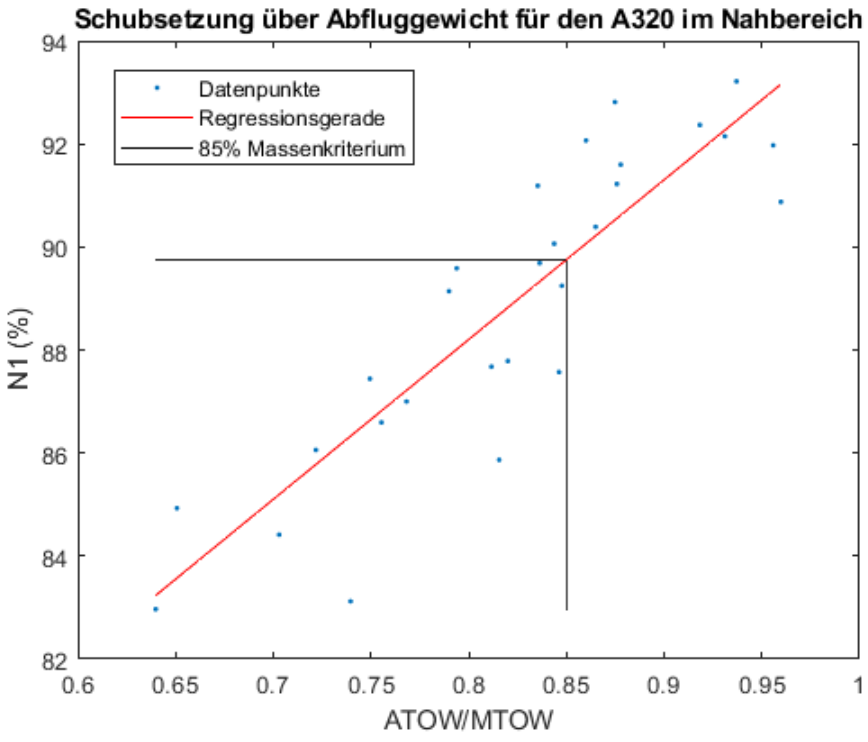


Abbildung 1: Ableitung eines *N1*-Kriteriums aus der Beziehung zwischen Schubsetzung und Abfluggewicht auf der meistbeflogenen Piste (Beispiel: A320, Starts 28 in ZRH).

Tabelle 3: Meistbeflogene Startpiste pro FDR-Flugzeugtyp; ermitteltes *N1*-Kriterium pro Typ

Typ	Meistbeflogene Piste	Flughafen	N1-Kriterium %
A319	28	ZRH	86.5
A320	28	ZRH	89.8
A321	28	ZRH	93.8
A333	16	ZRH	83.7
A343	16	ZRH	92.3
B777	16	ZRH	96.7
BCS1	28	ZRH	84.8
BCS3	23	GVA	84.9
RJ1H	28	ZRH	88.9

Mit den so bestimmten *N1*-Kriterien können die Messdaten direkt in FT und VG unterteilt werden. Da die FDR-Daten ursprünglich für die sonAIR-Validierung [10] ausgewählt wurden und daher verstärkt Extremfälle abbilden (s.o.), repräsentieren sie jedoch den Realbetrieb noch nicht akkurat. Zur Korrektur dieses Umstandes müssen daher die Messdaten an die reale Verteilung angepasst werden. Dies benötigt eine Unterteilung der Jahres-Bewegungsliste in FT und VG. Da in der Bewegungsliste jedoch keine Informationen über die Schubsetzung enthalten sind, muss das *N1*-Kriterium für jede Piste wieder in ein individuelles Massenkriterium rücküberführt werden. Dazu wird obige Analyse pro Typ und Piste invers angewendet: Auftragung von Startgewicht über *N1* pro Typ und Piste, Erstellen einer linearen Regressionsgeraden, Anwendung des zuvor ermittelten, typenspezifischen *N1*-Kriteriums zur Bestimmung eines individuellen Massenkriteriums pro Typ und Piste (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Massenkriterium (ATOW/MTOW) pro Typ und Piste

Typ	Piste					
	ZRH16	ZRH28	ZRH32	ZRH34	GVA05	GVA23
A319	0.95	0.85	0.93	0.92	0.88	0.87
A320	0.94	0.84	0.93	0.92	0.90	0.86
A321	0.94	0.85	0.93	0.96	0.86	0.88
A333	0.87	0.71	0.84	-	0.87	0.86
A343	0.86	0.67	0.84	0.85	0.45	0.63
B777	0.86	0.72	0.82	0.89	0.53	0.51
BCS1	-	0.86	0.89	0.90	0.87	0.85
BCS3	0.95	0.80	0.88	0.82	0.85	0.83
RJ1H	0.93	0.83	0.80	0.83	0.82	0.82

Mit diesen individuellen Massenkriterien können nun auch die Daten aus der Bewegungsliste in FT und VG aufgeteilt werden. Dazu wird angenommen dass vor allem *N1* einen Einfluss auf den Pegel hat und dass für eine einzelne Piste die Schubsetzung bzw. *N1* proportional zur Masse ist. Dies erlaubt eine Angleichung der *N1*-Verteilung aus den FDR-Daten an den Realbetrieb über die Massenverteilung. Die Abfluggewichte aus der Bewegungsliste werden separat für jeden Zustand (Nahbereich FT & VG, Fernbereich) pro Piste als Histogramm dargestellt. Daraus kann für die verschiedenen Abfluggewichte ein Wahrscheinlichkeitswert *p* ermittelt und mit den aus den FDR-Daten extrahierten Parametern verrechnet werden:

$$\text{Erwartungswert für Parameter } x\text{: } E[x] = \sum x * p(x),$$

wobei *x* für die Parameter *N1*, *Ma* und *ρ* steht.

Zum Schluss werden die mittleren Parameter, welche bis hierhin noch pistenspezifisch definiert sind, nach Bewegungen gewichtet und zusammengerechnet. Dazu wird aus der Bewegungsliste für jede Piste den Anteil an den Gesamtbewegungen bestimmt, mit den pistenspezifischen Erwartungswerten multipliziert und dann über alle Pisten aufsummiert. Dabei wird die Bewegungsverteilung über alle Pisten in Zürich (Pisten 16, 28, 32, 34) und Genf (Pisten 05, 23) ermittelt. Somit haben die Daten aus Zürich in der Gesamtbetrachtung leicht höheres Gewicht, da es dort mehr Bewegungen gibt.
Die Erwartungswerte für die Landungen werden als Mittelwert aus allen Daten ermittelt, ohne Trennung nach Schubsetzung oder Piste. Dies kann damit begründet werden, dass während dem Endanflug die Konfiguration bei allen Pisten gleich ist. Durch die Mittelung über alle vorhandenen Daten entfällt auch eine Anpassung der Erwartungswerte an den realen Flugbetrieb.

6.2. Nicht-FDR Typen

Die mittleren Parameter (*N1*, *Ma* und ρ) für die Flugzeugtypen ohne FDR-Datengrundlage (als nicht-FDR Typen bezeichnet) wurden in diesem Projekt nicht neu bestimmt, sondern aus [6] übernommen. Einzig die Boeing B787-800 wurde neu bestimmt, wobei für diese im sonAIR als prozedurales Modell vorliegt [9]. Entsprechend wurden für die verschiedenen Flugphasen dieses Typen anstelle von *N1*-Werten repräsentative Flugzustände angenommen.

7. Erstellung des RC-Datensatzes RC2018_01

7.1. Quellendatenerzeugung für FLULA2

Es wird das Wissenschaftliche Simulationstool (siehe [3]) verwendet mit einer speziellen Funktion für die Kenndaten.
Zunächst werden die Einstellungen für die Atmosphäre gesetzt. Es wird die gleiche Atmosphäre (T=15°C, relF=70%, p=1013.2 hPa) wie in FLULA2 verwendet, die Ausbreitungsberechnung erfolgt nach ISO9613-1 und ohne Bodeneffekt. Die Funktion wurde mittels der *Empa-Akustikfunktion V5.6* validiert: die Ergebnisse sind für jede Terz zu jeder Distanz auf 2/10'000 genau. Die Laufzeit des Schalles wird ebenfalls vernachlässigt. Die Korrektur für Breitbandrauschen wurde sowohl für FLULA2 als auch für sonAIR nicht verwendet; sie ist bei kleinen Distanzen vernachlässigbar.
Die Überflughöhe, der θ-Winkelbereich (1° bis 179° Überflug) und die Geschwindigkeit der Quelle wurden bei der Geometrie und dem Empfänger berücksichtigt und entsprechen den Einstellungen von FLULA2. Die zeitliche Auflösung beträgt 0.1 s, um der Integrationszeit gerecht zu werden. Die Winkel *Track Angle*, *Climb Angle* und *Bank Angle* werden auf 0° gesetzt. Die Gesamtdistanz der Trajektorie ergibt sich mit dem abzudeckenden Winkelbereich und der konstanten Flughöhe und -geschwindigkeit zu 34'924 m. So ergibt sich der Wertebereich der Geometrie zu X=0 m, Y∈[-17'464; 17'464] m, Z=304.8 m. Die Leistungsparameter für die Emissionsberechnung entsprechen den gemäss Kapitel 6 bestimmten mittleren Parameter und werden konstant über die gesamte Trajektorie gesetzt. Die Emission wird mit mittlerer Machzahl geschätzt, das Objekt bewegt sich dennoch mit der vorgegeben Geschwindigkeit V=160 kt über die Trajektorie (die Machzahl wird nur für die Emission verwendet). Die Empfängerposition beträgt X=0, Y=0, Z=0.
Folgende Emissionsmodell-Varianten liegen in sonAIR vor: 3D, 2D und 2Dred. Die Modellierung ist im Detail in [5] beschrieben. Für die Erstellung der Kenndaten wurde das 2Dred Modell (rotationssymmetrische Richtwirkung) verwendet. Das 3D Modell sollte nicht für die Kenndatenrechnung benutzt werden, da die so generierten Richtcharakteristiken nicht mehr mit FLULA2 vergleichbar sind (rotationssymmetrische RC).

Der Dopplereffekt wurde in sonAIR für die Berechnung der Kennwerte verwendet, da das Emissionsmodell um die entsprechende Intensität verringert wurde, der Dopplereffekt aber implizit in den FLULA2-Quellendaten enthalten sind. Es wurde beschlossen den Dopplereffekt mit der mittleren Machzahl und den Leistungsparametern im Nahbereich zu berechnen, da dies auch in FLULA2 implizit so in den Daten integriert ist. Es ist anzumerken dass die Auflösung der Trajektorie mit 0.1 s noch verfeinert werden könnte, was die Genauigkeit von θ_{max} erhöhen würde.

7.2. Bodeneffektkorrektur

Eine grundlegende Schwierigkeit für einen Vergleich zwischen FLULA2-Quellendaten und sonAIR liegt im der Bodeneffekt. Dieser ist zu einem gewissen Grad implizit bereits in den Quellendaten von FLULA2 enthalten. In den FLULA2-Messkampagnen wurden zwar Messungen mit Schalleinfallswinkeln (Elevationswinkel) < 10° verworfen, um starken Bodeneffekt zu vermeiden, die schliesslich verwendeten Messdaten wurden jedoch – im Gegensatz zu sonAIR – nicht um den Bodeneffekt korrigiert. In sonAIR hingegen sind Emission (ohne Bodeneffekt) und Ausbreitung getrennt, und erst durch die Immissionsberechnung mit sonX addiert sich der boden- und geometrieabhängige Bodeneffekt hinzu [4]. Bei der Berechnung der Kenndaten muss deshalb entweder mit sonX gerechnet werden, wobei sich hierdurch die Ausbreitung insgesamt von FLULA2 unterscheiden würde wäre, oder es muss ein mittlerer Bodeneffekt zur Ausbreitung nach ISO 9613 hinzuaddiert werden. Für dieses Projekt wurde der zweite Ansatz gewählt. Es wurde ein mittlerer Bodeneffekt für Grasland gewählt, mit einer konstanten Bodeneffektkorrektur von 2.3 dB bis zur Mittenfrequenz von 315 Hz und einer Abnahme von 1.75/15 dB pro Terz für höhere Frequenzen. Allgemein gilt, dass Empfängerhöhe, Flughöhe und seitlicher Versatz nicht zwingend als separate Parameter mitgeführt werden müssen.

7.3. Cutback-Werte

Der Cutback-Wert wird als Differenz der simulierten L_{ASmax}-Pegel von Fern- und Nahbereich gebildet. Die Unterscheidung der Messdaten in Fern- und Nahbereich geschieht dabei über die Flughöhe, wobei für den Nahbereich eine repräsentative Flughöhe von 250 m und für den Fernbereich 750 m über Grund angenommen wird. Da aus der Statistik hervorgeht, dass einzelne Flugzeugtypen den Schub im Fernbereich im Mittel erhöhen, kann der Cutback-Wert auch negativ sein. Zur Vollständigkeit werden auch die Differenzen in den L_{AE} angegeben (welche aber nicht relevant für FLULA2 sind). Die Übersicht der so berechneten Cutback-Werte findet sich in Anhang 11.3. Die Pegelreduktion auf der Piste bei der Landung einiger Flugzeugtypen (z.B. RJ100 und einige Propellerflugzeuge) wird gesamtheitlich aus RC2012_01 übernommen.

Bemerkung: Die Differenz wird aus folgenden Gründen mittels L_{ASmax} bestimmt. Erstens entspricht dies der bisherigen Methodik von FLULA2 [1]. Zweitens benutzt FLULA2 eine starre Richtcharakteristik, und lediglich der Skalierungsfaktor nach der Leistungsrücknahme bestimmt werden muss. Die Differenz im L_{AE} und im L_{ASmax} sind identisch für die starre Richtcharakteristik. Bei sonAIR ist die Richtcharakteristik jedoch nicht starr, d.h. die Richtcharakteristik im Nah- und Fernbereich können unterschiedlich aussehen, und die Differenz im L_{AE} und im L_{ASmax} können voneinander abweichen. Darum muss die Differenz im L_{ASmax} für die Skalierung gewählt werden.

7.4. Dämpfungskoeffizienten

Die b,m-Koeffizienten beschreiben die atmosphärische Dämpfung ab einer Grenzdistanz von 4'500 m (siehe [2]). Sie werden aus den erzeugten Richtcharakteristiken abgeleitet. Die Übersicht der Dämpfungsparameter ist in Anhang 11.4 gegeben.

7.5. Kenndaten

Zur Bestimmung der FLULA2-Kenndaten werden gerade Überflüge über eine perfekte Ebene auf 304.8 m (1000 ft) Höhe, bei einer Geschwindigkeit V=82.3 m/s (160 kt) von 1° bis 179° für einen Empfänger direkt unter dem Flugpfad simuliert (siehe Vorgehen in [2]). Die Ausbreitung wird nach FLULA2-Standard ohne Bodendämpfung berechnet, jedoch unter Berücksichtigung von geometrischer und atmosphärischer Dämpfung nach ISO9613-1 [11] mit einer homogenen Standardatmosphäre (T=15°C, relF=70%, p=1013.2 hPa). Die Laufzeit des Schalles wird vernachlässigt (Immissionszeit=Emissionszeit). Die Integrationszeit/Zeitschritt beträgt 0.1 s. Somit wird der L_{AE} aus dem L_A(t) aufsummiert mit einer Auflösung von 0.1 s. Der L_A(t) ist nicht mit einer Zeitkonstante geglättet.
Die erstellten Kenndaten der neuen und aktualisierten Flugzeugtypen sind in Anhang 11.2 gegeben.

8. Auswertungen und Vergleiche

8.1. Akustische Kenndaten und Cutback

Die erstellten Kenndaten und Cutback-Werte des Datensatzes RC2018_01 sind direkt mit den bisherigen FLULA2 Kennwerten des Datensatzes RC2012_01 vergleichbar. Die Zusammenstellung der Vergleiche befindet sich in Anhang 11.5. In dieser Tabelle muss beachtet werden, dass als Typ jeweils der TYP10 angegeben ist. Aufgrund von fehlenden Richtcharakteristiken einiger Typen im Datensatz RC2012_01 wurden die Kenndaten eines TYP10 bei der Berechnung mit RC2012_01 mit der RC eines anderen, zugeordneten Typs berechnet, so z.B. die BCS1 und BCS3, welche in RC2012_01 der A319 zugeordnet sind. Für die vollständigen Zuordnungen siehe Tabelle 1 in Kapitel 4.

8.2. Richtcharakteristiken

Die Richtcharakteristiken der beiden RC-Sätze RC2012_01 und RC2018_01 sind direkt miteinander vergleichbar. Exemplarische Resultate für die A320 und die BCS1 sind in Abbildung 2 aufgezeigt, der vollständige Vergleich befindet sich in Anhang 11.7. Flugzeugtypen wie die A320, welche bereits in RC2012_01 mit ausreichend Daten abgedeckte worden waren, weisen ähnliche Richtcharakteristiken auf wie RC2018_01 (Abbildung 2 oben). Für Typen, welche in RC2012_01 noch nicht vorhanden waren und darum einem anderen Typen zugeordnet wurden, zeigen sich hingegen deutliche Unterschiede. Besonders markant ist diese Differenz beispielsweise bei der C-Series, welche bisher der A319 zugeordnet wurde, tatsächlich aber je nach Abstrahlwinkel mehr als 5 dB leiser ist (Abbildung 2 unten).

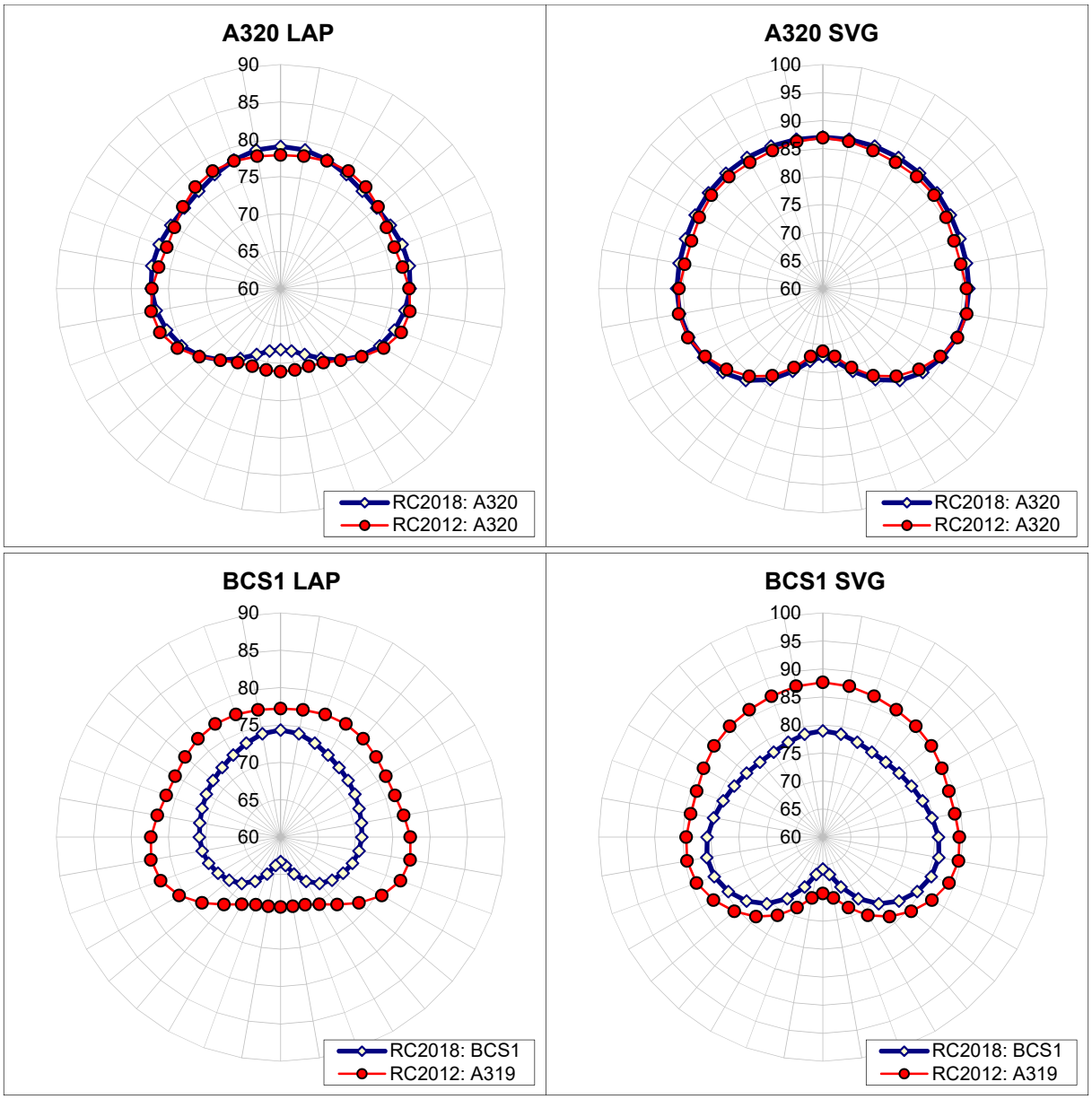


Abbildung 2: Vergleich der Richtcharakteristiken für den A320 (oben) und BCS1 (unten), für einen Radialabstand von 304.8 m

8.3. Jahresberechnung

Die Jahresbelastungsrechnungen der Flughäfen Zürich und Genf für das Jahr 2017 werden mit dem Datensatz RC2018_01 neu simuliert. Die Datengrundlage, bestehend aus Bewegungslisten und Radardaten, werden aus [7] und [8] übernommen. Die Bewegungslisten und die Radardaten werden neu aufbereitet, um dem neuen RC-TYP Flottenmix und der aktualisierten Zuordnung der TYP10 zu RC-TYP zu entsprechen. Die Basissimulation erfolgt wie in [7] und [8], ausser dass mit den angepassten Daten und dem neuen RC-Datensatz simuliert wird. Mittels der Bewegungsstatistiken wird zu einer Gesamtbelastung, getrennt nach LSV-Zeiten, superponiert. Für die Kleinluftfahrzeuge wird die bestehende Belastung aus [7] und [8] übernommen, da diese nicht von den neuen Quellendaten betroffen sind.

Die Bewegungsstatistiken für den neuen Flottenmix sind in Anhang 1 und 2 gegeben. Die Gesamtzahlen entsprechen denen aus [7] und [8]. Anhang 3 und 4 geben die Anteile VG/FT in den Simulationen. Im Vergleich

zu [7] und [8] ist hierbei zu beachten, dass für einzelne Typen erstmals FT-Richtcharakteristiken verfügbar sind und für andere Typen die FT-Richtcharakteristiken wegfallen (siehe dazu auch Kapitel 4).

8.3.1. Gesamtbelastung

Für den Vergleich werden die Belastungen Lr_t, Lr_{n1}, Lr_{n2} sowie die GWK-Differenzenkurven ES II und ES III gebildet. Für den Flughafen Genf wird zusätzlich auch noch ein L_{den}-Vergleich gebildet. Kartographisch sind die Lärmkonturen auf den Karten 1 bis 10 für den Flughafen Zürich, sowie auf den Karten 11 bis 21 für den Flughafen Genf dargestellt. Über alle LSV-Zeiten ergibt sich ein ähnliches Bild: bei den Starts resultieren mit RC2018_01 im Nahbereich generell höhere, im Fernbereich hingegen generell tiefere Pegel als mit RC2012_01. Der Einfluss auf die Landungen wird oft durch die Starts verdeckt; für Landerouten, die isoliert von Startrouten liegen, zeigt sich aber ein heterogenes Bild: je nach Flottenmix auf der Route nehmen die Pegel zu, ab oder bleiben etwa gleich.
Die Unterschiede auf den einzelnen Karten werden im Folgenden kurz diskutiert:

- Flughafen Zürich, Lr_t (Karte 4):
  Im Nahbereich, insbesondere im Einflussbereich der Starts auf Piste 16, sowie im Fernbereich im Nordwesten und Süden, im Einflussbereich der Landerouten S14 und Q34, ergibt sich eine Pegelzunahme. Bei denen Anflügen auf P28 ergibt sich eine leichte Verminderung der Pegel. Bei den Starts auf Piste 28 und 32 ergibt sich eine Reduktion der Pegel im Fernbereich.
- Flughafen Zürich, Lr_{n1} (Karte 5):
  Es zeigt sich eine flächendeckende Reduktion der Pegel auf allen Routen, mit Ausnahme der Starts auf Pisten 32 und 34: hier sind einerseits die Pegel im Nahbereich erhöht, sowie im Fernbereich der Westschleife (Routen N32 und N34). Dies liegt hauptsächlich am Einfluss der A3403 und A380: Zunahme im L_{AE}, vgl. Kapitel 11.5.
- Flughafen Zürich, Lr_{n2} (Karte 6):
  Im Nahbereich zeigt sich grossflächig eine Pegelzunahme für alle Startrouten, insbesondere für die in der Nacht relevanten Starts nach Norden. Auf der Westschleife nehmen die Pegel bis in den Fernbereich (Einfluss A3403: Zunahme im L_{AE}, vgl. Kapitel 11.5), während die Ostschleife (Routen O32 und U34) im Fernbereich eine leichte Pegelreduktion aufweist (Einfluss A3303 und B7773: Reduktion im L_{AE}, vgl. Kapitel 11.5).
- Flughafen Zürich, GWK ES II (Karte 9):
  Eine Vergrösserung der GWK ergibt sich im Nahbereich des Flughafens sowie im Fernbereich auf der Westschleife der Starts auf Piste 32 und 34 (Region Spreitenbach). Deutliche Reduktionen zeigen sich bei den Anflügen auf Piste 28 und 34, sowie bei den Starts auf Piste 28.
- Flughafen Zürich, GWK ES III (Karte 10):
  Eine Vergrösserung der GWK ergibt sich im Nahbereich des Flughafens sowie im Fernbereich auf der Westschleife der Starts auf Piste 32 und 34 (Region Spreitenbach). Zusätzlich zeigt sich bei den Nordstarts (Westschleife) der Einfluss der etwas leiseren neuen Quellendaten A3303 und der etwas lauteren neuen Quellendaten A3403, welche einen etwas späteren Abdrehpunkt hat (Region Oberweningen). Deutliche Reduktionen zeigen sich bei den Anflügen auf Piste 28 und 34, sowie bei den Starts auf Piste 28.

- Flughafen Genf, Lr_t (Karte 15):
  Der Nahbereich wird durch die Starts dominiert, welche im Mittel eine leichte Pegelzunahme bewirken. Der Fernbereich zeigt eine flächendeckende Pegelreduktion.
- Flughafen Genf, Lr_{n1} (Karte 16):
  Der Nahbereich wird durch die Starts dominiert, welche im Mittel eine leichte Pegelzunahme bewirken. Der Fernbereich zeigt eine flächendeckende Pegelreduktion.
- Flughafen Genf, Lr_{n2} (Karte 17):
  Der Nahbereich zeigt in etwa gleichbleibende Pegel. Der Fernbereich zeigt eine flächendeckende Pegelreduktion.
- Flughafen Genf, GWK ES II (Karte 20):
  Insgesamt ergibt sich eine Verkleinerung der GWK, v.a. im Fernbereich.
- Flughafen Genf, GWK ES III (Karte 21):
  Insgesamt ergibt sich eine Verkleinerung der GWK, v.a. im Fernbereich.

8.3.2. Differenzen nach Pegelklassen

Die Differenzen zwischen der Simulation mit RC2018_01 und RC2012_01 werden in Pegelklassen ausgewiesen. Jede Rasterzelle in dem Berechnungsgitter der Gesamtbelastung wird so einer Pegelklasse zugewiesen, und die Differenz zwischen den Pegeln der beiden Simulationen gebildet. Die Differenzen werden für die beiden Flughäfen Zürich und Genf jeweils am Tag (06–22 Uhr) und in der ersten Nachtstunde (22–23 Uhr) gebildet.
Die Darstellungen in Abbildungen 7 bis 10 enthalten pro Pegelklasse von 35 bis 75 dB den Mittelwert mit Balken für die Standardabweichung der Differenzen in der Pegelklasse, sowie die Minimal- und Maximaldifferenzen. Pegelklassen mit negativer mittlerer Differenz zwischen RC2018_01 und RC2012_01 (d.h. mit tieferen Pegeln für RC2018_01) sind blau eingefärbt, solche mit positiver Differenz rot.
Durch die farbliche Unterscheidung zeigt sich deutlich, dass die Differenz in tiefen Pegelklassen (unter 60 dB) für beide Flughäfen und für die beiden betrachteten Zeitperioden negativ sind. Die berechneten Beurteilungspegel im Fernbereich werden demnach durch die aktualisierten Quellendaten reduziert. Für hohe Pegel zeigt sich die umgedrehte Tendenz: die Pegel im Nahbereich steigen leicht an.
Die Plausibilität dieser Beobachtung wird mittels einer einfachen Energiebetrachtung (beispielshaft für den Flughafen Zürich am Tag) verifiziert. Für jeden Eintrag in der Bewegungsstatistik (Anzahl Bewegungen eines Flugzeugtyps auf einer Route) wird die entsprechende Schallenergie aus den Kenndaten berechnet. Bei Typen, welche Richtcharakteristiken sowohl für VG als auch FT für den Start haben, wird gemäss der VG/FT Verteilung des Jahres 2017 aufgeteilt. Für den Fernbereich wird der L_{AE}-Wert aus den Kenndaten um den Cutback-Wert reduziert und ebenfalls in Schallenergie überführt. Dies ist insofern möglich, da die Differenzen im L_{AE} und im L_{ASmax} bei starren Richtcharakteristiken identisch sind (siehe Abschnitt 7.3). Daraus wird die Differenz zwischen den berechneten Schallenergien für RC2018_01 und RC2012_01 berechnet und in dB-Differenzen umgerechnet. Über alle Typen ergibt sich für die Landungen eine Differenz von −0.05 dB, und für die Starts ergibt sich eine Differenz von 0.14 dB im Nahbereich und von −0.9 dB im Fernbereich. Werden Starts und Landungen kombiniert betrachtet, so ergibt sich eine Differenz von 0.12 dB im Nahbereich und von −0.78 dB im Fernbereich. Dies bestätigt die in den Histogrammen sichtbare Tendenz: im Nahbereich fallen die mit den RC2018_01 berechneten Pegel minimal erhöht aus, während im Fernbereich gegenüber den alten RCs eine deutliche Pegelreduktion sichtbar ist.

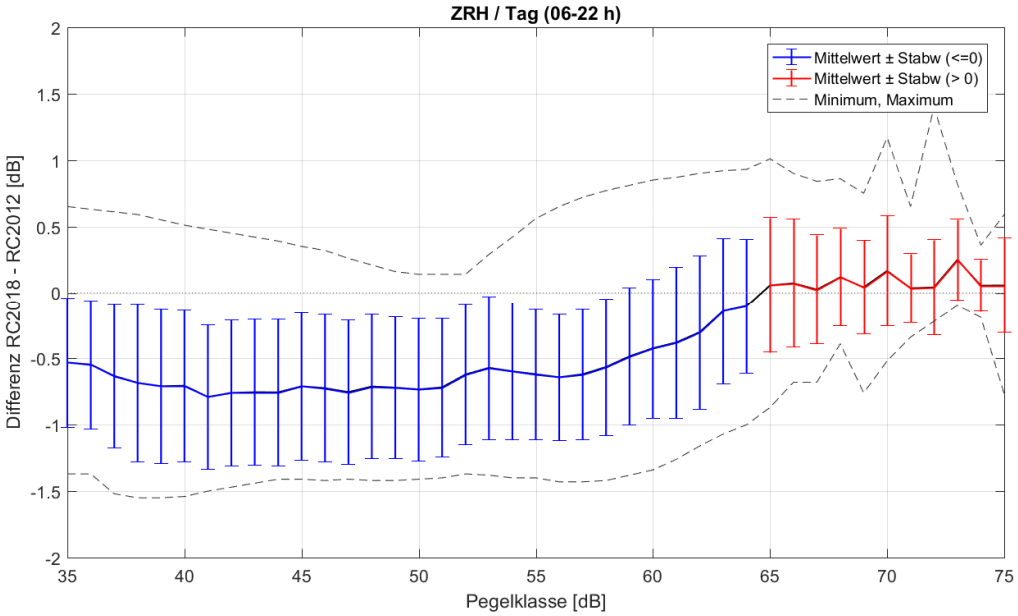


Abbildung 3: Differenzen (RC2018_01 – RC2012_01) nach Pegelklasse zwischen 35 und 75 dB, für den Flughafen Zürich am Tag (06–22 Uhr)

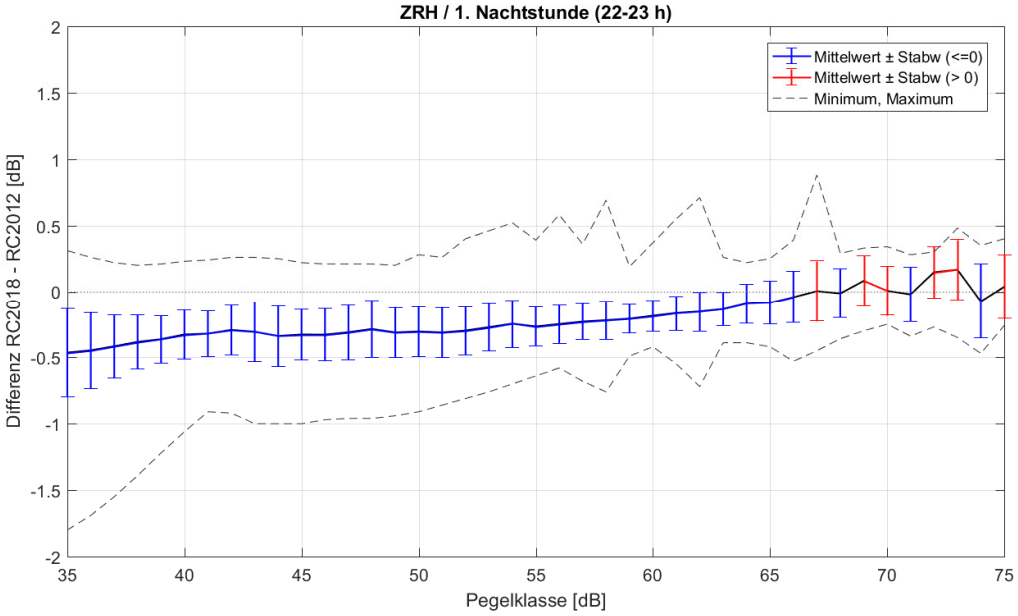


Abbildung 4: Differenzen (RC2018_01 – RC2012_01) nach Pegelklasse zwischen 35 und 75 dB, für den Flughafen Zürich in der 1. Nachtstunde (22-23 Uhr)

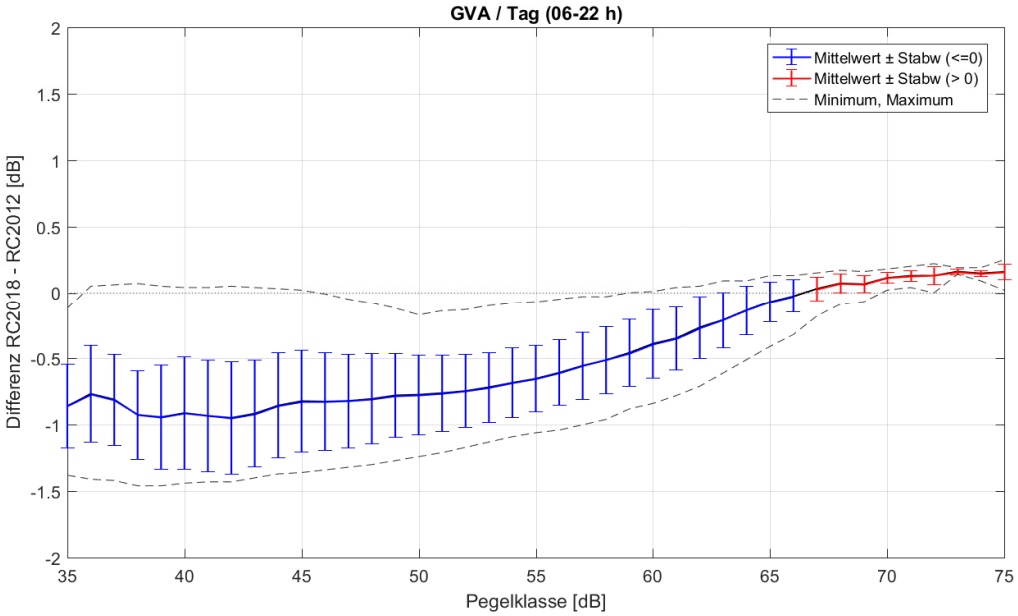


Abbildung 5: Differenzen (RC2018_01 – RC2012_01) nach Pegelklasse zwischen 35 und 75 dB, für den Flughafen Genf am Tag (06-22 Uhr)

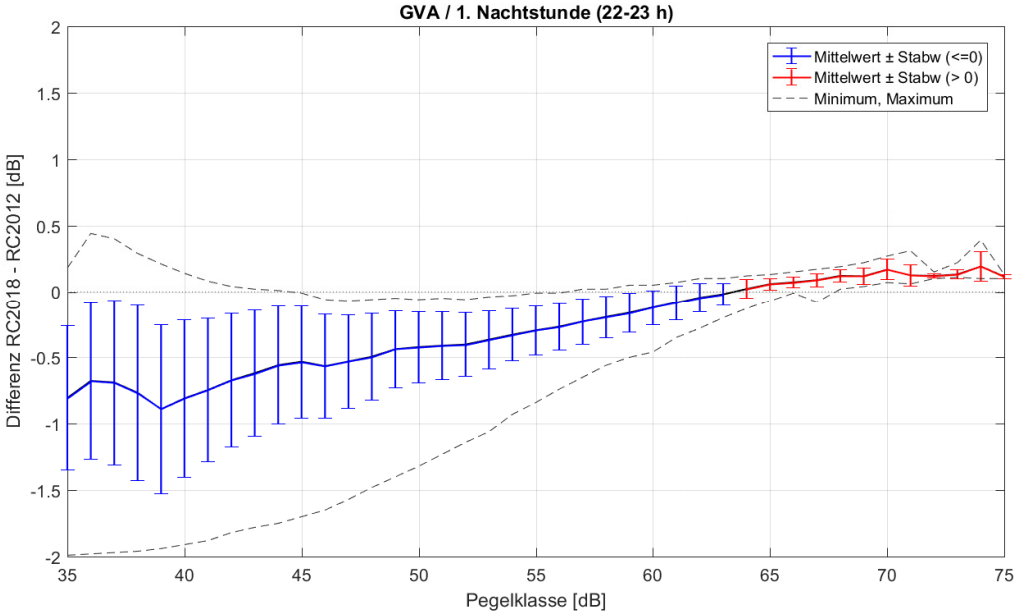


Abbildung 6: Differenzen (RC2018_01 – RC2012_01) nach Pegelklasse zwischen 35 und 75 dB, für den Flughafen Genf in der 1. Nachtstunde (22-23 Uhr)

8.3.3. Footprints

Für ausgewählte wichtige Typen wurden Einzelfootprints verglichen. Hier werden beispielhaft die Footprints der Typen A320 (Abbildung 7), A380 (Abbildung 9) und BCS1 (Abbildung 11) für den Flughafen Zürich sowie A320 (Abbildung 8), E190 (Abbildung 10) und BCS1 (Abbildung 12) für den Flughafen Genf aufgezeigt, jeweils für Starts und Landungen während des Tages.

Da der A320 bereits als RC-TYP im RC2012_01 Datensatz vorlag und keine Zuordnungen der TYP10 zu dem RC-TYP geändert wurden, ist der reine Effekt der aktualisierten Richtcharakteristik zu beobachten. Die Flugpfade aller Flüge, welche mit beiden Datensätzen zu dem Footprint simuliert wurden, sind identisch. Es zeigen sich insgesamt sowohl in Zürich als auch in Genf geringe Unterschiede zwischen RC2012_01 und RC2018_01, im Falle der A320 ist eine leichte Pegelabnahme zu beobachten.
Die A380, E190 und die BCS1 waren in RC2012_01 noch nicht als RC-Typen vorhanden, sondern wurden einem ähnlichen RC-Typ zugeordnet (die A380 der A3403, die E190 der FK70, die BCS1 der A319). Hier fallen die Unterschiede erwartungsgemäss grösser aus, da sich neben dem Effekt der aktualisierten Quellendaten zudem ein Einfluss unterschiedlicher Flugpfade zeigt. Ein Beispiel bilden die A319 und BCS1: für RC2012_01 sind die TYP10 A319 und BCS1 dem RC-TYP A319 zugeordnet, während für RC2018_01 nur der TYP10 A319 auf den aktualisierten RC-TYP A319 verweist, da die BCS1 einen eigenen RC-TYP zugewiesen bekam. Somit sind aber auch die Flugpfade, die in die Simulation fliessen, unterschiedlich. Dies erklärt die teilweise zu beobachtenden starken Schwankungen in den Differenzpegeln über kleine räumliche Distanzen bei der BCS1, aber auch bei der E190 und A380. Im Falle der A380 ist bei der Berechnung mit dem neuen Datensatz in Zürich in den meisten Gebieten eine Pegelzunahme zu sehen, da die A380 wesentlich grösser und schwerer ist und damit auch höhere Emissionen aufweist als der bisher zugeordnete RC-Typ A3403. Ähnlich verhält es sich bei der E190 in Genf, welche bisher dem etwas kleineren und leichteren RC-Typ FK70 zugeordnet wurde. Bei der BCS1 ist es genau umgekehrt: das neue Flugzeug ist deutlich leiser als der bisher zugeordnete RC-Typ A319, was beim Vergleich von RC2018_01 mit RC2012_01 insgesamt sowohl in Zürich als auch in Genf zu einer deutlichen Pegelabnahme führt.

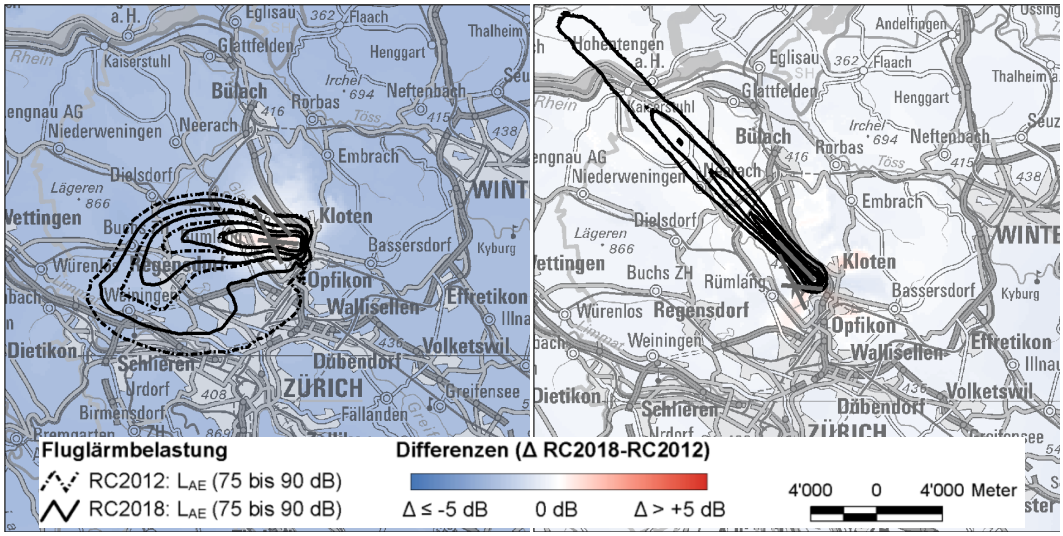


Abbildung 7: **Differenzen für die A320 im L_{AE} während des Tages zwischen RC2018_01 und RC2012_01 für Starts 28 (links) und Landungen 14 (rechts) für den Flughafen Zürich.**

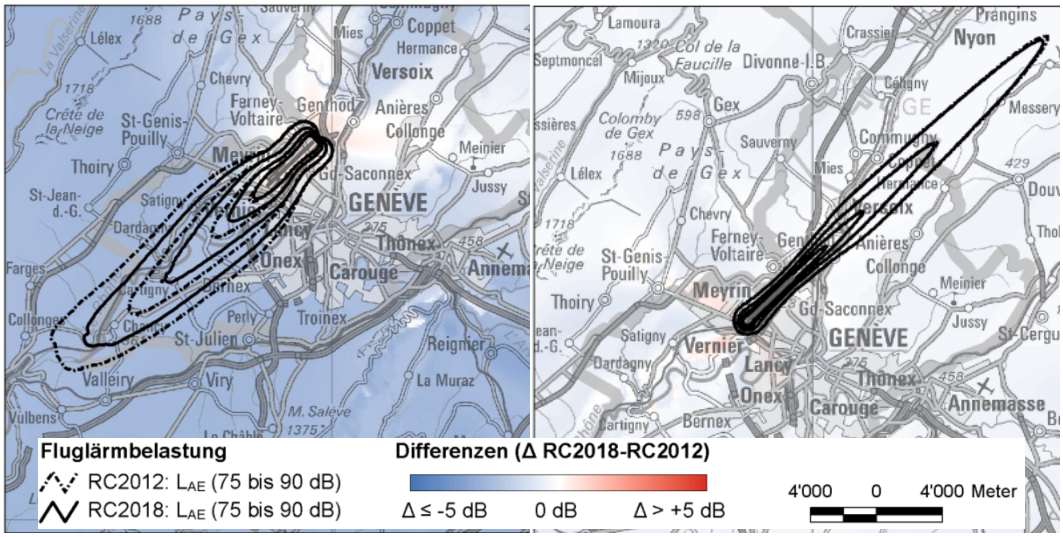


Abbildung 8: **Differenzen für die A320 im L_{AE} während des Tages zwischen RC2018_01 und RC2012_01 für Starts 23 (links) und Landungen 23 (rechts) für den Flughafen Genf.**

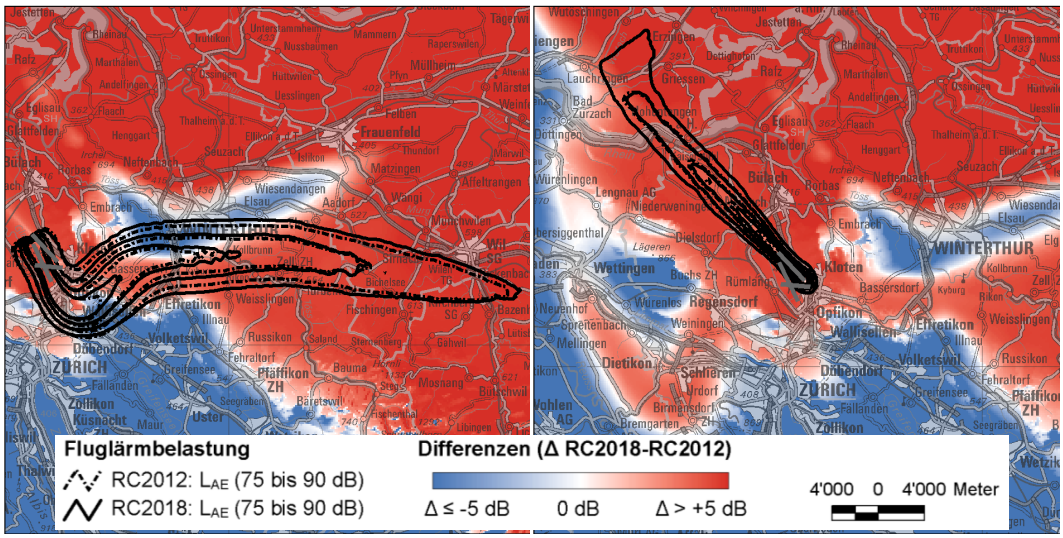


Abbildung 9: **Differenzen für die A380 im L_{AE} während des Tages zwischen RC2018_01 und RC2012_01 für Starts 16 (links) und Landungen 14 (rechts) für den Flughafen Zürich.**

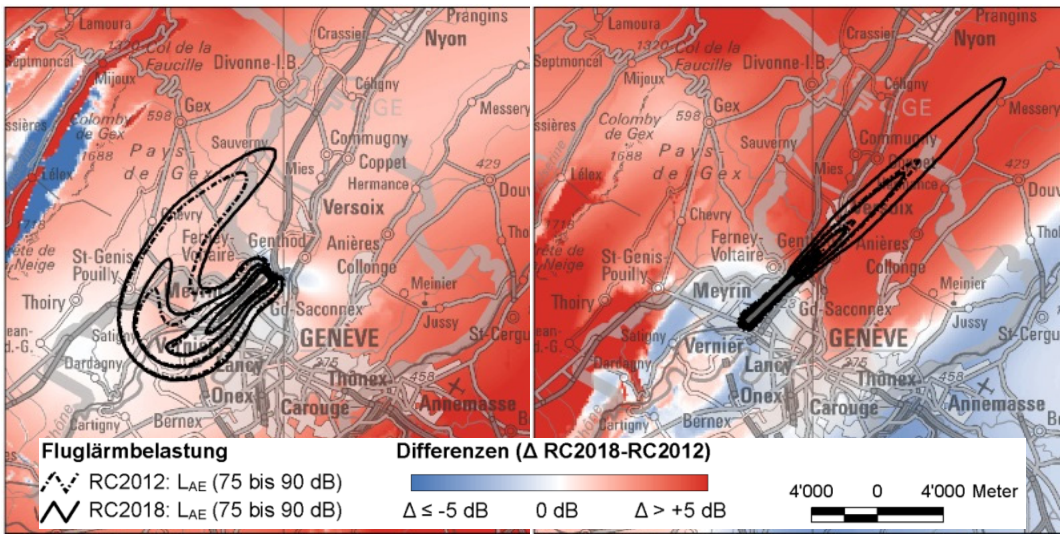


Abbildung 10: **Differenzen für die E190 im L_{AE} während des Tages zwischen RC2018_01 und RC2012_01 für Starts 23 (links) und Landungen 23 (rechts) für den Flughafen Genf.**

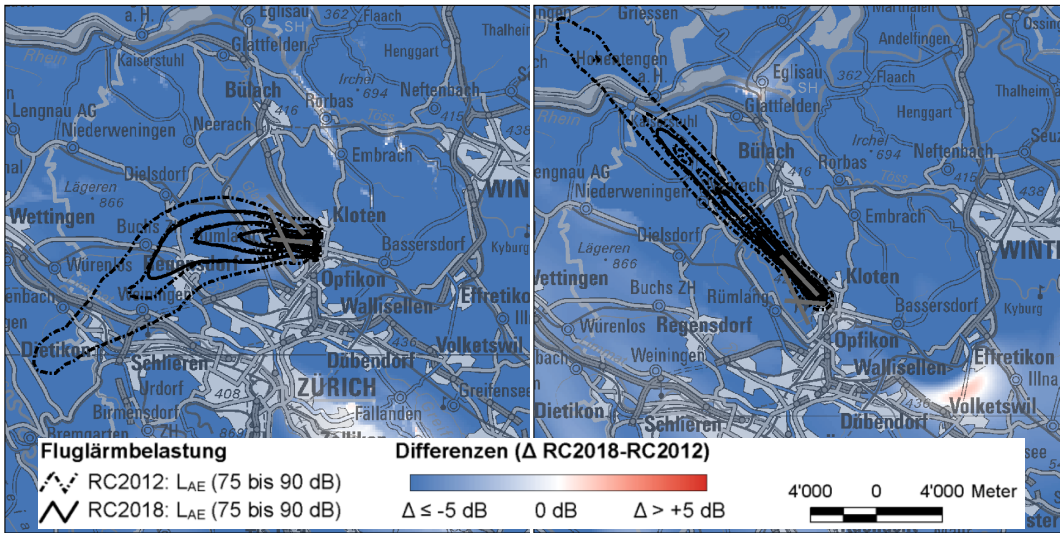


Abbildung 11: **Differenzen für die BCS1 im L_{AE} während des Tages zwischen RC2018_01 und RC2012_01 für Starts 28 (links) und Landungen 14 (rechts) für den Flughafen Zürich.**

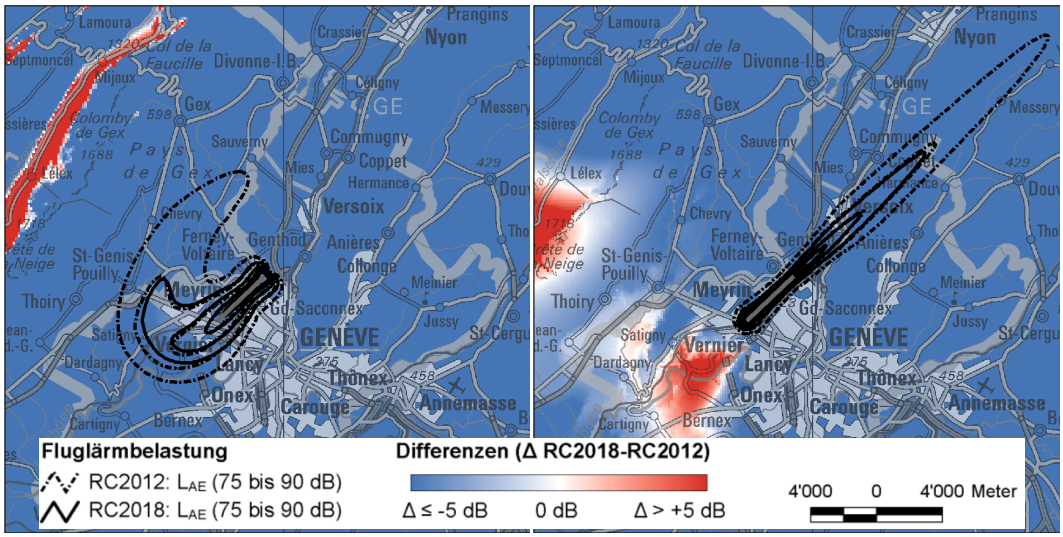


Abbildung 12: **Differenzen für die BCS1 im L_{AE} während des Tages zwischen RC2018_01 und RC2012_01 für Starts 23 (links) und Landungen 23 (rechts) für den Flughafen Genf.**

8.4. Monitoringdaten des Flughafens Zürich

8.4.1. Vergleich der Jahresbelastungen

Die berechneten Beurteilungspegel L_{rg}, L_{rn1} und L_{rn2} (L_{rn3} ist vernachlässigbar) werden mit den Messwerten der Monitoring-Stationen der Flughafen Zürich AG verglichen. Die Differenzen werden als Differenzen der Simulation mit bisherigem Datensatz RC2012_01 sowie dem neuen Datensatz RC2018_01 mit den Messungen der Monitoring-Stationen der FZAG ausgewiesen.

Die Standorte der Monitoring-Stationen mit ihren Koordinaten werden in Tabelle 5 aufgeführt. Zudem sind die Messschwellen der jeweiligen Messstationen angegeben. Abbildung 13 zeigt die Standorte kartographisch.

Tabelle 5: Namen, Koordinaten, Höhen und Messschwellen der Monitoring-Stationen.

	Name	x	y	Höhe	Messschwelle
1	Rümlang	682'075	256'675	456	62
2	Oberhasli/Oberglatt	680'875	257'925	450	60
3	Oberglatt	681'900	259'350	446	62
4	Hochfelden	681'125	263'825	432	60
5	Höri	679'900	262'100	430	60
6	Glattbrugg	685'100	254'150	445	62
7	Wallisellen	686'825	252'500	473	62
8	Furttal	677'775	255'703	457	58
9	Kloten Chasern	686'325	257'250	477	*00-05h*: 55 *05-07h*: 60 *07-20h*: 65 *20-22h*: 62 *22-24h*: 60
10	Nürensdorf	691'075	256'350	546	58
11	Kloten Halden	687'067	256'857	458	62
12	Gockhausen	687'824	248'623	574	62
13	Zürich Mattenhof	687'198	250'595	472	62
14	Dübendorf	689'007	251'024	456	58

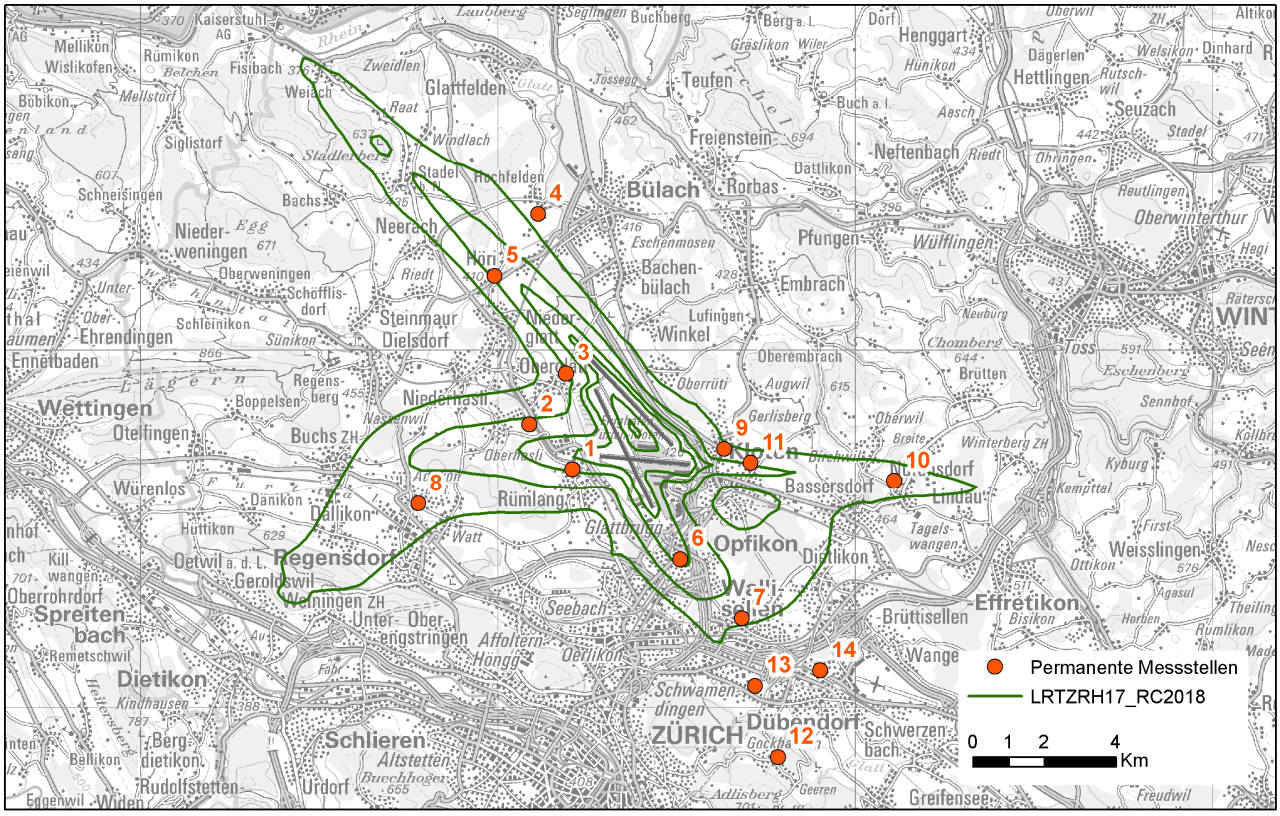


Abbildung 13: Standorte der Monitoringstationen und überlagerter L_{rt} (RC2018_01) für das Berechnungsjahr 2017.

Die Differenzen zwischen Simulation (RC2012_01 und RC2018_01) und den Monitoringwerten sind als Balkendiagramme in Abbildung 14 (Tag) und Abbildung 15 (1. und 2. Nachtstunde) aufgezeigt.
Am Tag werden die Differenzen für sämtliche Standorte ausgewiesen. Bei den Nachtstunden sind nur die Standorte 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12 und 13 ausgewiesen. Die Standorte 1, 2, 7 und 8 liegen in der Nacht fernab der Routen, die in der Nacht am stärksten belegt sind (N32, O32, N34, O34, P28). Mit abnehmenden Pegeln nimmt die Messunsicherheit zu und die Erfassungsrate ab, da der Anteil der Schallenergie des Flugereignisses am Gesamtpegel klein ist und Hintergrundgeräusche dominieren. Bei der Berechnung mit FLULA2 werden hingegen alle Flugereignisse vollständig reproduziert. Eine Analyse der Flughafen Zürich AG zum Vergleich für das Jahr 2014 ergab tiefe Erfassungsraten in der ersten Nachtstunde als in den anderen Verkehrszeiten bei den Stationen 1, 2, 7, 8 und 14. Die Messstellen 1, 2 und 8 sind in der Nacht von Überflügen der Route N betroffen. Die Flugzeuge überfliegen die Messstellen jedoch bereits so hoch, dass sie nicht mehr lückenlos erfasst werden können. Die Messstelle 7 ist seitlich versetzt zu den Anflügen auf Piste 34 und kann diese nicht lückenlos erfassen. Die Messstelle 14 liegt etwas abseits der direkten Flugrouten und wird deshalb zumeist in grosser Höhe überflogen, was wiederum zu einer geringen Erfassungsrate führte. Ausserdem ist diese Station anfällig auf Störgeräusche, was zu vielen nicht validen Lärmereignissen führt.

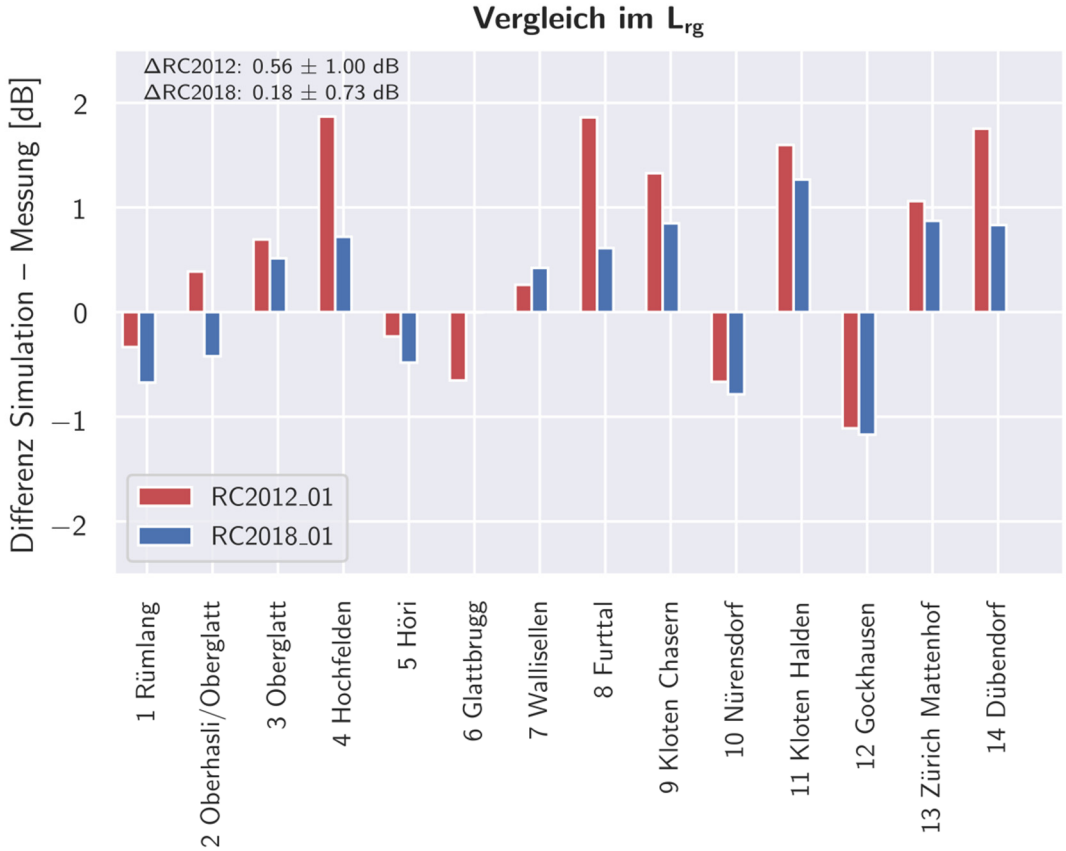


Abbildung 14: Vergleich des Beurteilungspegels L_{rg} an den einzelnen Monitoring-Stationen, Berechnung für RC2012_01 und RC2018_01

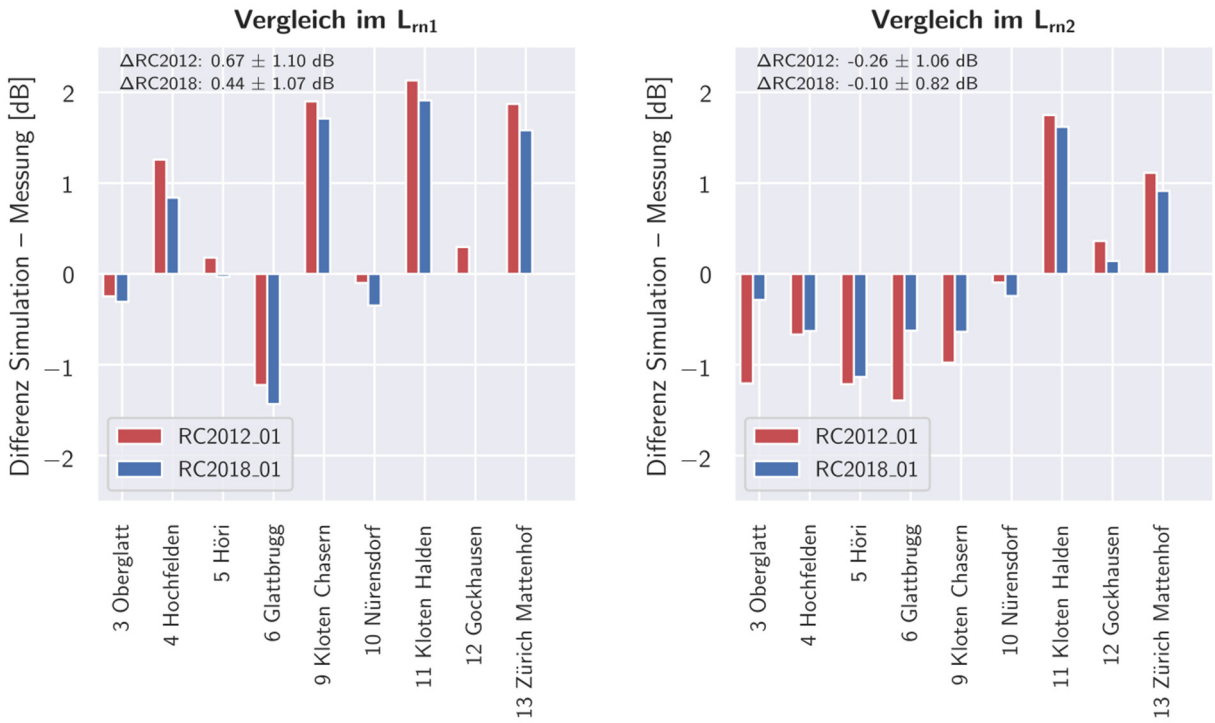


Abbildung 15: Vergleich der Beurteilungspegel L_{rn1} und L_{rn2} an den einzelnen Monitoring-Stationen, Berechnung für RC2012_01 und RC2018_01

Die berechneten und gemessenen Pegel am Tag (06-22 Uhr) stimmen gut überein für die Berechnungen mit beiden RC-Datensätzen: es ergeben sich Differenzen von maximal ±2 dB. Die Berechnung mit dem aktualisierten Datensatz RC2018_01 reduziert jedoch die Differenzen für die meisten der Standorte. Vor allem die Standorte mit hohen Pegelwerten (in dem gesetzrelevanten Bereich), sind besser abgebildet und haben eine tiefere Streuung.

In den Nachtstunden sind die Differenzen zu den gemessenen Pegeln grösser, da auch die Unsicherheiten zunehmen. Generell sind die Differenzen an den relevanten Standorten innerhalb ±2 dB. Die beiden Datensätze RC2012_01 und RC2018_01 liefern sehr ähnliche Werte. Die grösseren Abweichungen im Vergleich zu den Differenzen am Tag lassen sich auch mit der Aktualisierung des RC-Datensatzes nicht verringern. Die Vermutung, dass insbesondere die Erstellung eines aktualisierten Modells für die B777-300 die Differenzen in der Nacht erheblich verkleinern würde stellt sich als nichtzutreffend heraus.

Fehlende Informationen, wie beispielsweise Abfluggewicht des Flugzeugs, tragen zu den Differenzen zwischen Berechnung und Messung bei, da die Schubsetzung (Richtcharakteristik FT für volle und VG für reduzierte Leistung) nicht richtig bestimmt werden kann. Zudem führt die starre Richtcharakteristik in FLULA2 dazu, dass auf lokaler Ebene die sich ändernden Flugzustände so nicht abgebildet werden können.

Die gemessenen Lärmereignisse werden der Empa von der Flughafen Zürich AG sowohl als Einzelereignisse als auch als Mittelungspegel zur Verfügung gestellt. Für den Vergleich mit den Fluglärmsimulationsergebnissen wurden die bereits gemittelten Pegel verwendet. Hier ist anzumerken, dass bei der Messung die Zuordnung von Einzelereignissen zu den Betriebszeiten gemäss LSV von jener für die Simulation mit FLULA2 abweicht. Bei der Mittelung der Messungen der Flughafen Zürich AG wird nach Zeitpunkt des Spitzenpegels unterteilt. Für die Fluglärmsimulation werden Flüge gemäss Start- und Landezeitpunkt in die Betriebszeiten aufgeteilt. Für das Jahr 2016 wurde diese Inkonsistenz im Vergleich untersucht, um die Auswirkungen auf die

Vergleichbarkeit abzuschätzen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Unterschiede über alle Betriebszeiten kleiner als ±1 dB sind.
Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Simulation mit beiden RC-Datensätzen RC2012_01 und RC2018_01 die Monitoring-Werte gut abbilden. Am Tag zeigt insgesamt sich eine leichte Verbesserung, in den Nachtstunden sind die Resultate vergleichbar. Es lässt sich vermuten, dass die Differenzen daher vor allem durch Einflüsse entstehen, welche nicht berücksichtigt werden können, beispielsweise der genaue Aufbau der Messstationen (z.B. Reflexionen an Dächern, durch unterschiedliche Bodenbedeckungen etc.), Unsicherheiten wegen unkontrollierter Messungen aber auch Unsicherheiten in der Berechnung (z.B. fehlende Angaben zu Abflugmasse) und im Vergleich (Zuordnung der Flüge zu den LSV-Zeiten). Die Vermutung, dass insbesondere die Erfassungsrate eine wichtige Rolle spielt wird unterstützt durch die Beobachtung des Vergleichs mit den Messungen auf Einzeltyp-Basis (siehe Abschnitt 8.4.2): hier zeigt sich eine deutliche Verbesserung mit dem aktualisierten RC-Datensatz: die Einzeltypen werden durch die Aktualisierung deutlich besser abgebildet. Dieser Datensatz wurde so gefiltert, dass nur Ereignisse berücksichtigt werden, welche sowohl in den Positionsdaten als auch in den Messdaten verfügbar sind.

8.4.2. Vergleich von Einzeltypen

Der Vergleich mit Monitoring-Messungen erfolgt getrennt nach Flugzeugtyp TYP10. Hierfür werden alle Ereignisse des Jahres 2017 am Tag (06–22 h) für den Flughafen Zürich an den Standorten der Zürcher Monitoring-Messungen mittels einer *Full-Size* Simulation simuliert, einmal mit dem Quellendatensatz RC2012_01 und einmal mit RC2018_01. Die Simulation und die Messungen werden so gefiltert, dass Flüge ignoriert werden, die nicht in beiden Datensätzen (Flugbahnen und Monitoringwerten) vorhanden sind.
Es fliessen nur Ereignisse in den Vergleich ein, für die der TYP10 dem zugeordneten RC-TYP entspricht. So enthält der Vergleich "A3303" alle Flüge des TYP10 A3303, nicht aber die Flüge der TYP10 A3508 und A3509, welche ebenfalls dem RC-TYP A3303 zugeordnet werden. Für Typen mit unterschiedlichen Triebwerksoptionen, bspw. die A320-Familie, wird im Unterschied zu [6] nicht zusätzlich nach dem Triebwerk gefiltert. Der Vergleich der A320 enthält somit alle Subtypen der A320, also auch jene mit CFM56-5A und V2500 Triebwerk.
Für den Vergleich können nur Messpunkte betrachtet werden, welche nicht zu weit vom Flugpfad der jeweiligen Route entfernt sind. Tabelle 6 zeigt die auswertbaren Beurteilungspunkte pro Route. Zudem sollte eine ausreichende Anzahl Events vorliegen (hier wird ein Minimum von 10 Flügen pro Typ und Route vorausgesetzt). Als Vergleichsmass wird der L_{AE} verwendet.

Tabelle 6: Auswertbare Beurteilungspunkte für den Vergleich mit Monitoringwerten.

Route	Auswertbare Beurteilungspunkte
E16	1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11
F16	6, 7, 10
I28	1, 2, 8
K28	1, 2, 8
Q34	6, 7, 12, 13

Die vollständige Gegenüberstellung pro Flugzeugtyp ist in Anhang 11.6 gegeben. Ein Datenpunkt entspricht dem Mittel aller betrachteten Flüge eines bestimmten Flugzeugtypen auf einer gegebenen Route und einen Monitoring-Standort. Allgemein lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse für den offiziellen Datensatz

RC2012_01 bereits sehr gut mit den Messwerten übereinstimmen. Die Verbesserung mit dem aktualisierten Datensatz RC2018_01 im L_{AE} ist für die meisten Typen somit sehr gering. Eine klare Verbesserung zeigt sich jedoch für die Flugzeugtypen, welche bisher einem ähnlichen Referenztypen zugeordnet waren, jetzt aber eine eigene Richtcharakteristik haben, so bspw. die BCS1 oder die B7878 (siehe z.B. Abbildung 16 rechts für die B7878). RC2018_01 reduziert auch insgesamt die Streuung um die 1:1-Kurve (vgl. Abbildung 16 links).

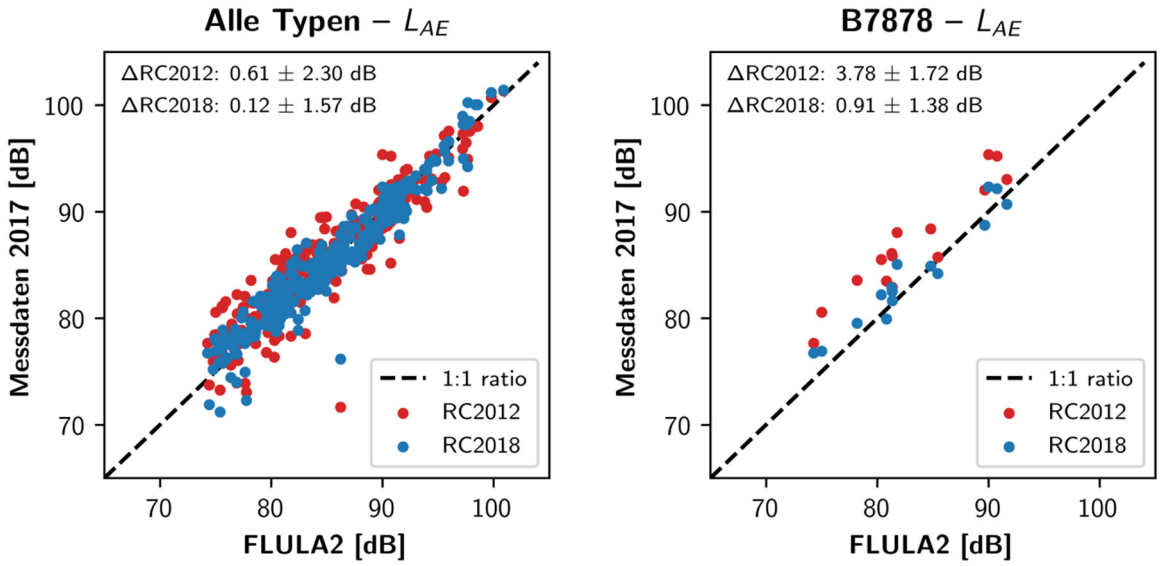


Abbildung 16: Vergleich Messdaten mit RC2012_01 und RC2018_01 für den Flugafen Zürich: links für alle Typen (FDR/nicht-FDR), rechts exemplarisch für die B7878.

9. Fazit und Empfehlung

In diesem Projekt wurde eine Methodik entwickelt, um aus sonAIR-Emissionsmodellen die Quellendaten von FLULA2 zu aktualisieren und neue RC-TYP zu generieren. Dazu wurden für alle in sonAIR verfügbaren Quellenmodelle mittlere Leistungsparameter für Start und Landung im Nahbereich der Flughäfen Zürich und Genf ermittelt. Beim Start wurden die Leistungsparameter für Typen mit FDR-Daten zusätzlich in hohe und niedrige Startleistungen (FT und VG) unterteilt. Für alle Typen wurde zudem eine Pegeländerung nach dem Cutback bestimmt.

Der so aktualisierte Quellendatensatz RC2018_01 und der offizielle Datensatz RC2012_01 wurden anhand von Kenndaten, Richtwirkungsdiagrammen und *Footprints* verglichen. Der Vergleich zeigt, dass RC-TYP, die im Datensatz RC2012_01 bereits auf einer guten Datengrundlage basieren, häufig sehr ähnlich sind, sowohl bezüglich Richtcharakteristiken und somit auch bezüglich Kenndaten und Cutback-Wert (z.B. A320). Bei einigen RC-TYP wie der RJ100, führten allerdings die betriebliche Änderungen seit der Quellenvermessung 1996 von FLULA2 zu deutlichen Unterschieden zwischen den beiden Quellendatensätzen. So kommt bei der RJ100 heutzutage eine moderne Software zum Einsatz, welche das Startgewicht und die Umgebungseinflüsse genauer berücksichtigt als die früher zum Einsatz kommenden Nachschlagetabellen. Dies führt zu im Mittel deutlich reduzierten Startschüben bei der RJ100. Für Typen, welche hingegen nur auf wenigen Messdaten beruhen, ergeben sich grössere Unterschiede zwischen dem heutigen und aktualisierten Quellendatensatz

(z.B. A3403). Zudem wurden einige neue Typen wie die BCS1 oder die B7878 wurden im RC2012 durch Zuordnung zu einem ähnlichen RC-TYP nur ungenügend abgebildet, hier ergeben sich ebenfalls grosse Unterschiede.
Die Vergleiche mit Monitoring-Messungen für den Jahresbetrieb 2017 in Zürich zeigen, dass der aktualisierte Quellendatensatz und die angepassten Cutback-Werte insgesamt zu einer Verbesserung im Ereignispegel führen (reduzierte Streuung). Generell stimmen aber bereits die Ergebnisse mit dem offiziellen Datensatz RC2012_01 sehr gut mit den Monitoringdaten überein, und bei den meisten RC-TYP werden nur geringe Verbesserungen durch die Aktualisierung erreicht. Deutliche Verbesserungen sind bei den RC-TYP A321, A3403, A380, B7878, BCS1, BCS3 und E190 festzustellen.
Ein Vergleich der Jahresbelastungen 2017, berechnet mit RC2012_01 und RC2018_01 zeigte sowohl in Zürich als auch in Genf nur geringfügige Änderungen der Lärmkonturen. Insgesamt ergibt die Berechnung mit RC2018_01 im Bereich unmittelbar um die Flughäfen eine leichte Pegelerhöhung um etwa 0.1 dB, während im Mittel- und Fernbereich tendenziell eine Pegelreduktion von bis zu 1 dB zu beobachten ist.
Mit den aktualisierten RC2018_01-Daten wird der aktuelle Flottenmix und somit Flugbetrieb der Flughäfen Zürich und Genf insgesamt besser nachgebildet als mit RC2012_01. Der neue Datensatz beinhaltet aktuelle Typen, welche im alten Datensatz fehlen, und auch die bereits vorher vorhandenen Typen repräsentieren im neuen Datensatz durch die Berücksichtigung von aktuellen Messdaten der heutige Flugbetrieb besser. Aus diesem Grund empfehlen wir, dass für die zukünftigen offiziellen Fluglärmberechnungen die aktualisierten RC2018_01-Daten verwendet werden.

10. Literatur

[1] Empa, 2001. *Fluglärmmessung ZRH96, Aufbereitung und Auswertung der Messdaten*. Interner Bericht, Bericht Nr. 880'025. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[2] 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. http://www.empa.ch/web/s509/flula2.

[3] Empa, 2016. *Dokumentation sonAIR: Umsetzungen der Einzelflugsimulation*. Bericht Nr. 5211.00687.100.15. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[4] Empa, 2016. *Dokumentation des sonX Ausbreitungsmodells. Programmversion: sonRAIL V5.0.0 bzw. sonARMS V4.0.0 bzw. sonAIR V2.2.0 (vom 12. September 2016)*. Bericht Nr. 5211.00687.100.14. Empa, Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[5] Empa, 2016. *Dokumentation sonAIR: Entwicklung Emissionsmodell und Aufbau Emissionsdatenbank*. Bericht Nr. 5211.00687.100.12. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[6] Empa, 2016. *Dokumentation sonAIR: Akustische Kenndaten und Vergleich mit FLULA2*. Bericht Nr. 5211.00687.100.17. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

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

[8] Empa, 2018. *Exposition au bruit des aéronefs, Aéroport International de Genève (AIG), Notice technique 2017*. Bericht Nr. 5214.018331. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[9] Empa, 2019. *Dokumentation sonAIR Monitoring Projekt*. Bericht Nr. 5211.01323.100.01-1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[10] Empa, 2019. *Validierung sonAIR*. Bericht Nr. 5211.01324.100.01 (Teilberichte 1-4). Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Abteilung Akustik / Lärmminderung, Dübendorf.

[11] ISO, 1993. ISO 9613-1. *Acoustics – attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: calculation of the absorption of sound by the atmosphere*. International Organisation for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland.

11. Anhang

11.1. Repräsentative Flugzustände

Nahbereich FDR:

RC-TYP	Perf	N1	Ma	rho	FlightPhase
A319	VG	84.05	0.23	1.17	-
	FT	88.03	0.24	1.14	-
	AP	47.04	0.20	1.15	-
A320	VG	87.57	0.23	1.17	-
	FT	91.63	0.24	1.13	-
	AP	48.34	0.21	1.15	-
A321	VG	91.13	0.24	1.16	-
	FT	95.17	0.24	1.11	-
	AP	50.83	0.22	1.16	-
A3303	VG	81.62	0.24	1.15	-
	FT	87.91	0.26	1.15	-
	AP	42.26	0.21	1.16	-
A3403	VG	90.87	0.25	1.19	-
	FT	95.53	0.26	1.16	-
	AP	48.72	0.22	1.15	-
B7773	VG	87.65	0.27	1.15	-
	FT	102.63	0.30	1.15	-
	AP	53.25	0.22	1.15	-
BCS1	VG	82.91	0.21	1.16	-
	FT	87.40	0.21	1.12	-
	AP	40.43	0.20	1.15	-
BCS3	VG	82.83	0.22	1.16	-
	FT	88.38	0.23	1.13	-
	AP	42.35	0.21	1.16	-
RJ100	VG	87.31	0.22	1.15	-
	FT	91.92	0.23	1.12	-
	AP	58.05	0.20	1.14	-

Nahbereich nicht-FDR:

RC-TYP	Perf	N1	Ma	rho	FlightPhase
A380	VG	82.16	0.26	1.15	-
	AP	55.00	0.22	1.16	-
B7373	VG	90.60	0.25	1.15	-
	AP	55.27	0.21	1.15	-
B7374	VG	93.42	0.28	1.16	-
	AP	45.86	0.20	1.15	-
B7375	VG	90.50	0.24	1.14	-
	AP	51.22	0.21	1.14	-
B7376	VG	88.82	0.23	1.16	-
	AP	51.64	0.21	1.15	-
B7377	VG	89.31	0.23	1.15	-
	AP	53.87	0.21	1.14	-
B7378	VG	93.09	0.25	1.15	-
	AP	55.27	0.23	1.14	-

RC-TYP	Perf	N1	Ma	rho	FlightPhase
B7672	VG	100.97	0.28	1.15	-
	AP	58.51	0.24	1.16	-
B7673	VG	95.71	0.29	1.14	-
	AP	56.19	0.23	1.16	-
B7674	VG	110.45	0.29	1.16	-
	AP	58.51	0.24	1.16	-
B7878	VG	-	0.26	1.13	20
	AP	-	0.22	1.14	60
CL90	VG	87.76	0.26	1.17	-
	AP	58.12	0.21	1.15	-
E170	VG	86.33	0.23	1.15	-
	AP	50.06	0.20	1.15	-
E190	VG	91.01	0.23	1.14	-
	AP	56.50	0.20	1.14	-
FA7X	VG	83.81	0.22	1.12	-
	AP	51.34	0.19	1.14	-
FK10	VG	84.21	0.24	1.15	-
	AP	56.18	0.21	1.15	-

Fernbereich FDR (für Cutback Bestimmung):

RC-TYP	N1	Ma	rho	FlightPhase
A319	83.39	0.23	1.10	-
A320	84.13	0.23	1.09	-
A321	86.85	0.25	1.09	-
A3303	77.42	0.26	1.10	-
A3403	91.03	0.26	1.11	-
B7773	91.96	0.30	1.09	-
BCS1	86.33	0.21	1.08	-
BCS3	86.34	0.23	1.09	-
RJ100	88.59	0.23	1.08	-

Fernbereich nicht-FDR (für Cutback Bestimmung):

RC-TYP	N1	Ma	rho	FlightPhase
A380	85.46	0.28	1.08	-
B7373	91.01	0.27	1.08	-
B7374	87.79	0.26	1.06	-
B7375	91.36	0.26	1.08	-
B7376	90.28	0.25	1.07	-
B7377	90.91	0.24	1.08	-
B7378	95.88	0.27	1.09	-
B7672	102.28	0.34	1.05	-
B7673	98.54	0.27	1.09	-
B7674	101.59	0.33	1.04	-
B7878	-	0.26	1.13	30
CL90	89.28	0.27	1.09	-
E170	85.95	0.24	1.09	-
E190	91.01	0.24	1.08	-
FA7X	88.64	0.26	1.06	-
FK10	84.06	0.25	1.09	-

11.2. Akustische Kenndaten

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

RC-TYP	Perf	L_{Amax}	L_{AE}	L_{AEt10}	t_{10}	θ_{max}
A319	VG	85.03	93.51	93.09	13.80	88.45
	FT	85.55	94.39	94.01	14.30	88.45
	AP	78.49	86.11	85.55	12.10	86.91
A320	VG	86.09	94.51	94.10	13.40	88.45
	FT	86.71	95.29	94.91	13.60	88.45
	AP	77.41	85.53	85.00	13.50	85.37
A321	VG	87.30	95.60	95.17	13.20	90.00
	FT	88.00	96.39	95.99	13.20	93.09
	AP	77.80	86.06	85.55	13.90	85.37
A3303	VG	89.68	97.86	97.42	12.90	94.63
	FT	93.03	101.02	100.58	12.30	99.20
	AP	77.63	86.80	86.34	16.60	82.31
A3403	VG	89.04	97.31	96.85	13.40	96.16
	FT	91.07	99.09	98.64	12.70	97.69
	AP	78.22	87.25	86.77	16.10	90.00
A380	VG	88.13	97.29	96.86	15.60	80.80
	AP	79.86	89.61	89.19	18.40	93.09
B7373	VG	86.66	94.27	93.78	11.70	93.09
	AP	77.98	85.67	85.12	12.50	91.55
B7374	VG	88.03	95.70	95.22	11.70	94.63
	AP	77.05	84.82	84.27	12.70	91.55
B7375	VG	86.50	94.08	93.60	11.70	94.63
	AP	77.54	85.29	84.74	12.60	91.55
B7376	VG	84.17	92.57	92.12	13.30	91.55
	AP	75.03	83.84	83.35	15.10	83.84
B7377	VG	84.26	92.65	92.19	13.20	91.55
	AP	75.13	83.90	83.41	14.90	83.84
B7378	VG	85.68	94.05	93.60	13.30	94.63
	AP	76.16	85.04	84.56	15.20	82.31
B7672	VG	89.70	97.61	97.14	12.50	97.69
	AP	81.69	90.69	90.22	16.10	85.37
B7673	VG	90.85	98.37	97.90	11.40	91.55
	AP	78.34	87.92	87.50	17.50	85.37
B7674	VG	94.13	101.64	101.17	11.30	102.19
	AP	81.69	90.69	90.22	16.10	85.37
B7773	VG	87.63	96.03	95.60	13.70	96.16
	FT	94.59	102.14	101.70	11.50	96.16
	AP	77.71	87.43	87.02	17.40	93.09
B7878	VG	84.60	92.86	92.40	13.00	88.45
	AP	75.84	85.73	85.28	18.60	82.31
BCS1	VG	80.91	88.01	87.47	10.70	97.69
	FT	82.07	89.01	88.48	10.30	97.69
	AP	70.94	80.11	79.63	16.30	83.84
BCS3	VG	79.65	87.20	86.65	11.80	96.16
	FT	81.37	88.71	88.18	11.30	97.69
	AP	72.13	81.35	80.86	16.50	82.31

RC-TYP	Perf	L_{Amax}	L_{AE}	L_{AEt10}	t_{10}	θ_{max}
CL90	VG	81.67	90.56	90.14	14.80	102.19
	AP	72.84	82.03	81.50	15.90	86.91
E170	VG	84.06	92.45	92.00	13.20	85.37
	AP	74.04	82.40	81.90	13.70	83.84
E190	VG	84.10	91.93	91.46	12.10	94.63
	AP	75.26	83.71	83.21	14.20	90.00
FK10	VG	84.79	93.46	93.08	13.40	105.11
	AP	73.26	82.53	82.05	15.90	83.84
FA7X	VG	83.41	91.46	91.08	12.20	97.69
	AP	71.83	80.65	80.19	14.70	83.84
RJ100	VG	79.88	87.83	87.33	12.60	97.69
	FT	81.51	89.49	89.02	12.70	99.20
	AP	73.64	81.91	81.38	13.50	91.55

11.3. Cutback-Werte

RC-TYP	Perf	L_{Amax} vor CB	L_{Amax} nach CB	ΔL_{Amax}
A319	VG	85.03	83.95	1.08
	FT	85.55	83.95	1.60
A320	VG	86.09	83.73	2.35
	FT	86.71	83.73	2.97
A321	VG	87.30	84.88	2.43
	FT	88.00	84.88	3.13
A3303	VG	89.68	87.13	2.55
	FT	93.03	87.13	5.91
A3403	VG	89.04	88.52	0.51
	FT	91.07	88.52	2.54
A380	VG	88.13	88.54	-0.41
B7373	VG	86.66	86.21	0.45
B7374	VG	88.03	87.00	1.04
B7375	VG	86.50	86.32	0.18
B7376	VG	84.17	84.02	0.16
B7377	VG	84.26	84.36	-0.10
B7378	VG	85.68	86.33	-0.65
B7672	VG	89.70	88.47	1.23
B7673	VG	90.85	91.58	-0.73
B7674	VG	94.13	87.79	6.34
B7773	VG	87.63	88.48	-0.85
	FT	94.59	88.48	6.11
B7878	VG	84.60	85.04	-0.45
BCS1	VG	80.91	80.91	0.00
	FT	82.07	80.91	1.16
BCS3	VG	79.65	80.33	-0.69
	FT	81.37	80.33	1.03
CL90	VG	81.67	82.19	-0.52
E170	VG	84.06	83.96	0.10
E190	VG	84.10	84.02	0.08
FK100	VG	84.79	84.54	0.26
FA7X	VG	83.41	86.23	-2.82
RJ100	VG	79.88	80.98	-1.09
	FT	81.51	80.98	0.54

11.4. Dämpfungskoeffizienten

RC-TYP	Perf	b	m	A_{atm}	α
A319	VG	0.1805	0.5218	14.55	1.69
	FT	0.2622	0.4795	14.81	1.59
	AP	0.0694	0.6354	14.55	2.06
A320	VG	0.2601	0.4817	14.95	1.61
	FT	0.3150	0.4579	14.84	1.52
	AP	0.1164	0.5798	15.28	1.98
A321	VG	0.2558	0.4821	14.76	1.59
	FT	0.2603	0.4753	14.18	1.50
	AP	0.1411	0.5595	15.62	1.95
A3303	VG	0.2575	0.4861	15.37	1.67
	FT	0.2044	0.5065	14.48	1.64
	AP	0.2959	0.4828	17.17	1.85
A3403	VG	0.2286	0.5001	15.35	1.72
	FT	0.2199	0.5029	15.12	1.70
	AP	0.1625	0.5363	14.80	1.77
A380	VG	0.3890	0.4409	15.87	1.56
	AP	0.2795	0.4834	16.31	1.76
B7373	VG	0.2098	0.4993	14.00	1.56
	AP	0.1203	0.5804	15.87	2.06
B7374	VG	0.2243	0.4905	13.89	1.52
	AP	0.1073	0.5943	15.91	2.11
B7375	VG	0.2010	0.5032	13.85	1.56
	AP	0.1348	0.5694	16.22	2.06
B7376	VG	0.2400	0.4819	13.82	1.49
	AP	0.1932	0.5238	15.83	1.85
B7377	VG	0.2415	0.4799	13.68	1.47
	AP	0.2089	0.5152	15.92	1.83
B7378	VG	0.2228	0.4885	13.57	1.48
	AP	0.2092	0.5153	15.95	1.83
B7672	VG	0.3918	0.4354	15.27	1.49
	AP	0.1349	0.5621	15.26	1.91
B7673	VG	0.3754	0.4457	15.95	1.59
	AP	0.2220	0.5095	16.13	1.84
B7674	VG	0.2239	0.4846	13.19	1.43
	AP	0.1349	0.5621	15.26	1.91
B7773	VG	0.3107	0.4711	16.34	1.72
	FT	0.2807	0.4813	16.08	1.73
	AP	0.2146	0.5031	14.78	1.66
B7878	VG	0.3776	0.4592	17.98	1.85
	AP	0.1536	0.5456	15.12	1.84
BCS1	VG	0.2421	0.5057	17.05	1.93
	FT	0.1871	0.5300	16.15	1.91
	AP	0.1328	0.5609	14.87	1.86
BCS3	VG	0.2361	0.5054	16.57	1.87
	FT	0.1990	0.5231	16.21	1.89
	AP	0.1522	0.5481	15.31	1.87
CL90	VG	0.1366	0.5554	14.60	1.81
	AP	0.1980	0.5257	16.49	1.94

RC-TYP	Perf	b	m	A_{atm}	α
E170	VG	0.3078	0.4713	16.22	1.71
	AP	0.1971	0.5284	16.79	1.98
E190	VG	0.2016	0.5103	14.75	1.68
	AP	0.1066	0.5816	14.20	1.84
FK10	VG	0.2768	0.4982	18.28	2.03
	AP	0.2585	0.5014	17.54	1.96
FA7X	VG	0.1449	0.5486	14.63	1.79
	AP	0.3125	0.4701	16.30	1.71
RJ100	VG	0.5685	0.4131	18.36	1.69
	FT	0.2863	0.4726	15.25	1.61
	AP	0.4046	0.4621	19.73	2.04

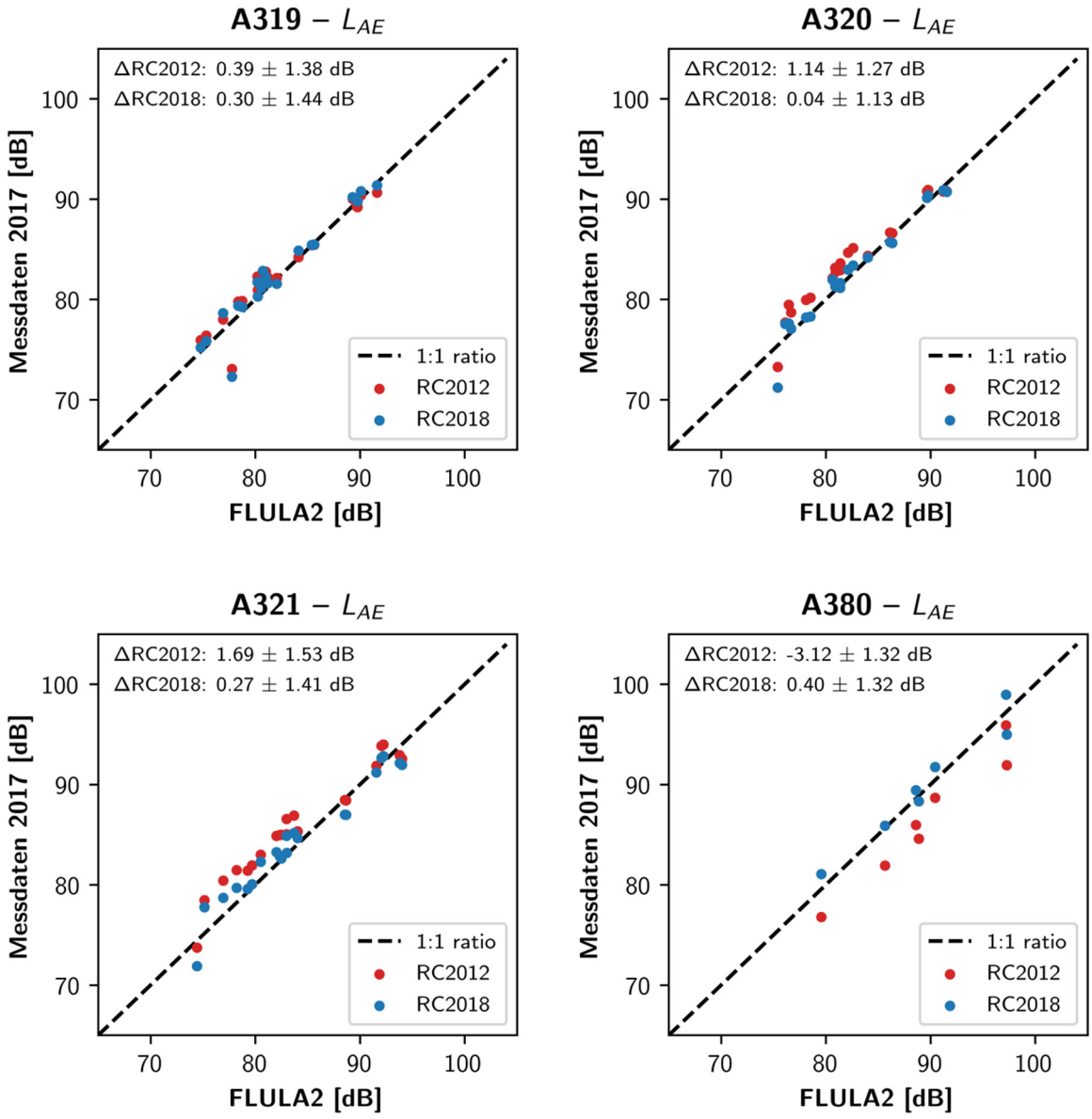
11.5. Vergleich Kennzahlen RC2018_01 und RC2012_01

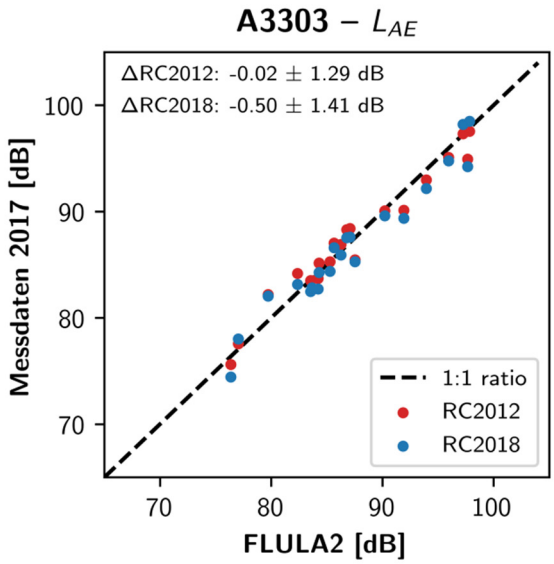
TYP10	Perf	RC	L_{Amax}	L_{AE}	Cutback	ΔL_{Amax}	ΔL_{AE}	ΔCutback
A319	VG	RC2018	85.03	93.51	1.08	0.53	0.31	0.78
		RC2012	84.50	93.20	0.30			
	FT	RC2018	85.55	94.39	1.60	-	-	-
		RC2012	-	-	-			
	AP	RC2018	78.49	86.11	-	0.99	0.61	-
		RC2012	77.50	85.50	-			
A320	VG	RC2018	86.09	94.51	2.35	0.09	0.41	2.25
		RC2012	86.00	94.10	0.10			
	FT	RC2018	86.71	95.29	2.97	-0.99	-0.21	1.07
		RC2012	87.70	95.50	1.90			
	AP	RC2018	77.41	85.53	-	-0.09	-0.17	-
		RC2012	77.50	85.70	-			
A321	VG	RC2018	87.30	95.60	2.43	-0.50	-0.20	2.13
		RC2012	87.80	95.80	0.30			
	FT	RC2018	88.00	96.39	3.13	-2.20	-1.21	0.43
		RC2012	90.20	97.60	2.70			
	AP	RC2018	77.80	86.06	-	-0.70	-0.74	-
		RC2012	78.50	86.80	-			
A3303	VG	RC2018	89.68	97.86	2.55	-1.32	-1.34	0.15
		RC2012	91.00	99.20	2.40			
	FT	RC2018	93.03	101.02	5.91	1.03	0.82	2.51
		RC2012	92.00	100.20	3.40			
	AP	RC2018	77.63	86.80	-	0.93	-0.40	-
		RC2012	76.70	87.20	-			
A3403	VG	RC2018	89.04	97.31	0.51	4.04	3.01	0.51
		RC2012	85.00	94.30	0.00			
	FT	RC2018	91.07	99.09	2.54	-1.03	-0.01	-0.46
		RC2012	92.10	99.10	3.00			
	AP	RC2018	78.22	87.25	-	2.52	1.05	-
		RC2012	75.70	86.20	-			
A380	VG	RC2018	88.13	97.29	-0.41	3.13	2.99	-0.41
		RC2012	85.00	94.30	0.00			
	FT	RC2018	-	-	-	-	-	-
		RC2012	92.10	99.10	3.00			
	AP	RC2018	79.86	89.61	-	4.16	3.41	-

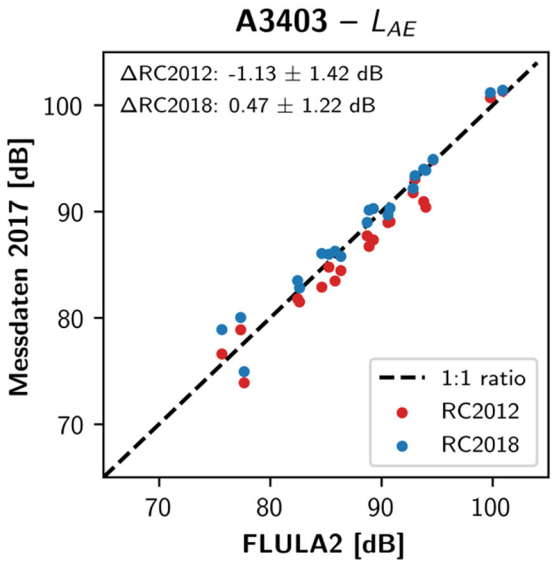
TYP10	Perf	RC	L_{Amax}	L_{AE}	Cutback	ΔL_{Amax}	ΔL_{AE}	ΔCutback
		RC2012	75.70	86.20	-			
B7373	VG	RC2018	86.66	94.27	0.45	-0.84	-0.43	0.45
		RC2012	87.50	94.70	0.00			
	FT	RC2018	-	-	-	-	-	-
		RC2012	89.40	96.50	1.90			
	AP	RC2018	77.98	85.67	-	-0.22	-0.13	-
		RC2012	78.20	85.80	-			
B7374	VG	RC2018	88.03	95.70	1.04	0.63	1.00	1.04
		RC2012	87.40	94.70	0.00			
	FT	RC2018	-	-	-	-	-	-
		RC2012	90.50	97.50	3.10			
	AP	RC2018	77.05	84.82	-	-2.25	-2.08	-
		RC2012	79.30	86.90	-			
B7375	VG	RC2018	86.50	94.08	0.18	0.50	0.88	0.08
		RC2012	86.00	93.20	0.10			
	AP	RC2018	77.54	85.29	-	-0.06	0.19	-
		RC2012	77.60	85.10	-			
B7376	VG	RC2018	84.17	92.57	0.16	-1.83	-0.63	0.06
		RC2012	86.00	93.20	0.10			
	AP	RC2018	75.03	83.84	-	-2.57	-1.26	-
		RC2012	77.60	85.10	-			
B7377	VG	RC2018	84.26	92.65	-0.10	-3.24	-2.05	-0.10
		RC2012	87.50	94.70	0.00			
	FT	RC2018	-	-	-	-	-	-
		RC2012	89.40	96.50	1.90			
	AP	RC2018	75.13	83.90	-	-3.07	-1.90	-
		RC2012	78.20	85.80	-			
B7378	VG	RC2018	85.68	94.05	-0.65	-1.72	-0.65	-0.65
		RC2012	87.40	94.70	0.00			
	FT	RC2018	-	-	-	-	-	-
		RC2012	90.50	97.50	3.10			
	AP	RC2018	76.16	85.04	-	-3.14	-1.86	-
		RC2012	79.30	86.90	-			
B7672	VG	RC2018	89.70	97.61	1.23	-2.60	-1.69	1.03
		RC2012	92.30	99.30	0.20			
	AP	RC2018	81.69	90.69	-	4.49	2.99	-
		RC2012	77.20	87.70	-			
B7673	VG	RC2018	90.85	98.37	-0.73	-0.65	-1.33	-0.73
		RC2012	91.50	99.70	0.00			
	FT	RC2018	-	-	-	-	-	-
		RC2012	95.60	102.40	3.50			
	AP	RC2018	78.34	87.92	-	1.14	0.22	-
		RC2012	77.20	87.70	-			
B7674	VG	RC2018	94.13	101.64	6.34	2.63	1.94	6.34
		RC2012	91.50	99.70	0.00			
	FT	RC2018	-	-	-	-	-	-
		RC2012	95.60	102.40	3.50			
	AP	RC2018	81.69	90.69	-	4.49	2.99	-
		RC2012	77.20	87.70	-			
B7773	VG	RC2018	87.63	96.03	-0.85	-0.46	0.12	-0.85

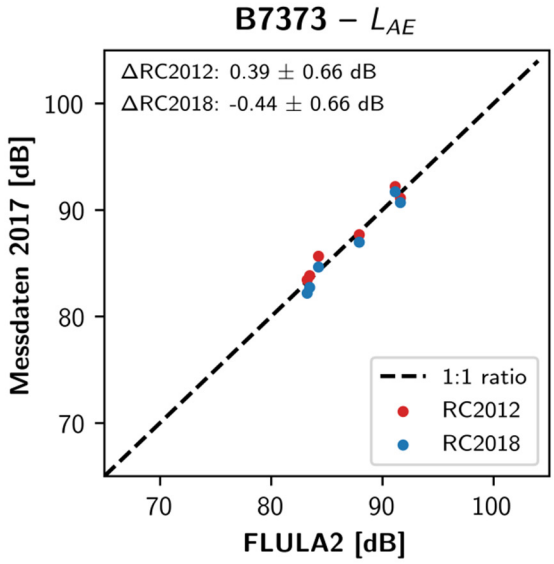
TYP10	Perf	RC	L_{Amax}	L_{AE}	Cutback	ΔL_{Amax}	ΔL_{AE}	ΔCutback
		RC2012	88.09	95.91	0.00			
	FT	RC2018	94.59	102.14	6.11	1.82	2.33	1.41
		RC2012	92.77	99.81	4.70			
	AP	RC2018	77.71	87.43	-	0.70	-0.04	-
		RC2012	77.01	87.47	-			
B7878	VG	RC2018	84.60	92.86	-0.45	-3.49	-3.05	-0.45
		RC2012	88.09	95.91	0.00			
	AP	RC2018	75.84	85.73	-	-1.17	-2.01	-
		RC2012	77.01	87.47	-			
BCS1	VG	RC2018	80.91	88.01	0.00	-3.61	-5.15	-0.30
		RC2012	84.52	93.16	0.30			
	FT	RC2018	82.07	89.01	1.16	-	-	-
		RC2012	-	-	-			
	AP	RC2018	70.94	80.11	-	-6.59	-5.37	-
		RC2012	77.53	85.48	-			
BCS3	VG	RC2018	79.65	87.20	-0.69	-4.87	-5.96	-0.99
		RC2012	84.52	93.16	0.30			
	FT	RC2018	81.37	88.71	1.03	-	-	-
		RC2012	-	-	-			
	AP	RC2018	72.13	81.35	-	-5.4	-4.13	-
		RC2012	77.53	85.48	-			
CL90	VG	RC2018	81.67	90.56	-0.52	-2.83	-0.94	-0.52
		RC2012	84.50	91.50	0.00			
	AP	RC2018	72.84	82.03	-	2.94	2.23	-
		RC2012	69.90	79.80	-			
E170	VG	RC2018	84.06	92.45	0.10	-0.14	0.95	0.10
		RC2012	84.20	91.50	0.00			
	AP	RC2018	74.04	82.40	-	4.14	2.60	-
		RC2012	69.90	79.80	-			
E190	VG	RC2018	84.10	91.93	0.08	-0.10	0.43	0.08
		RC2012	84.20	91.50	0.00			
	AP	RC2018	75.26	83.71	-	5.36	3.91	-
		RC2012	69.90	79.80	-			
FK10	VG	RC2018	84.79	93.46	0.26	-3.41	-1.94	-2.14
		RC2012	88.20	95.40	2.40			
	AP	RC2018	73.26	82.53	-	0.76	0.23	-
		RC2012	72.50	82.30	-			
FA7X	VG	RC2018	83.41	91.46	-2.82	-2.79	-1.64	-2.82
		RC2012	86.20	93.10	0.00			
	AP	RC2018	71.83	80.65	-	0.23	0.85	-
		RC2012	71.60	79.80	-			
RJ100	VG	RC2018	79.88	87.83	-1.09	-2.02	-1.97	-1.09
		RC2012	81.90	89.80	0.00			
	FT	RC2018	81.51	89.49	0.54	-	-	-
		RC2012	-	-	-			
	AP	RC2018	73.64	81.91	-	-1.06	-0.49	-
		RC2012	74.70	82.40	-			

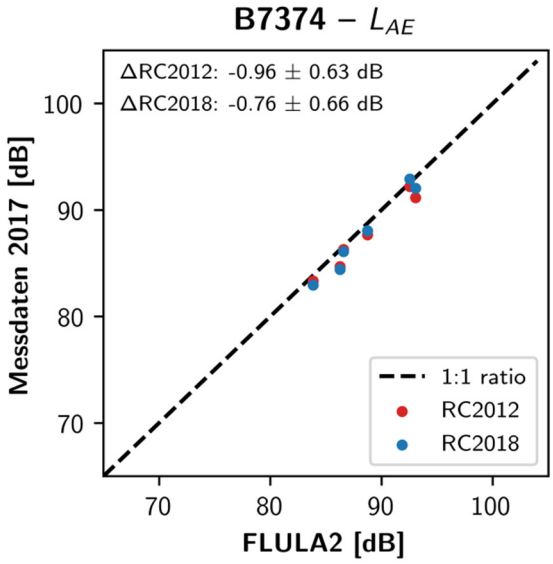
11.6. Vergleich Messdaten Zürich 2017 mit RC2012_01 und RC2018_01

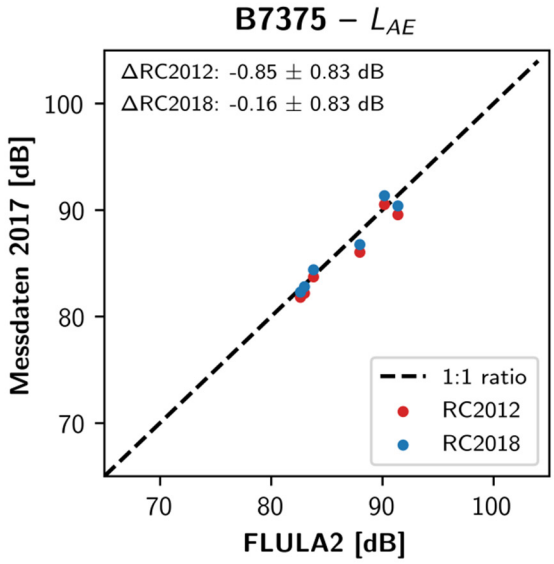


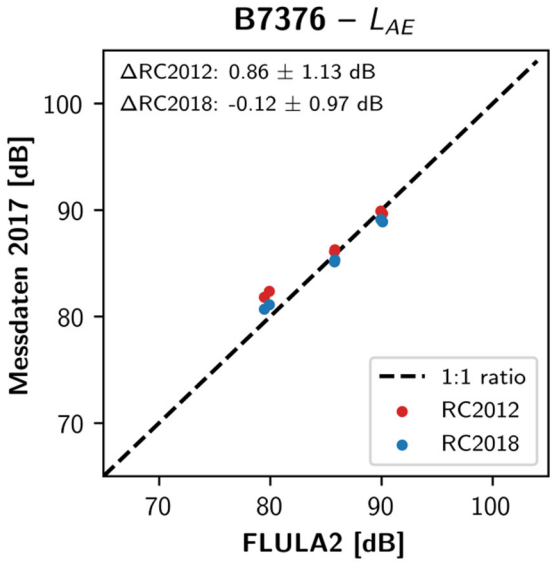

A3303 – L_{AE}
ΔRC2012: -0.02 ± 1.29 dB
ΔRC2018: -0.50 ± 1.41 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

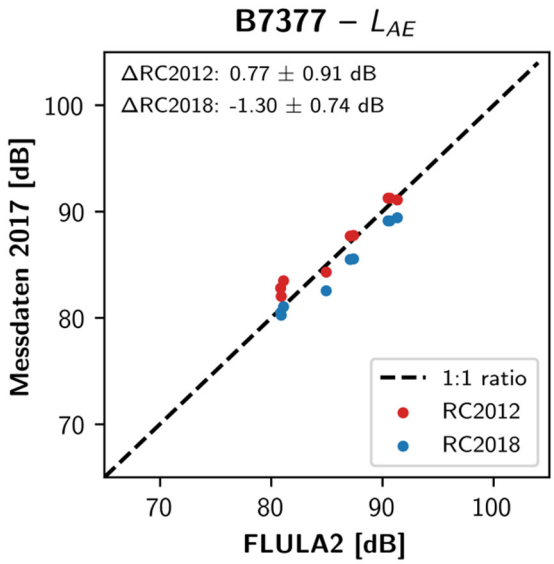

A3403 – L_{AE}
ΔRC2012: -1.13 ± 1.42 dB
ΔRC2018: 0.47 ± 1.22 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

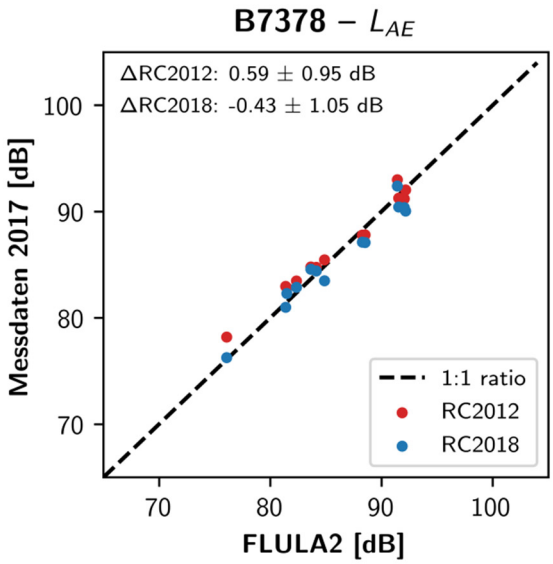

B7373 – L_{AE}
ΔRC2012: 0.39 ± 0.66 dB
ΔRC2018: -0.44 ± 0.66 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

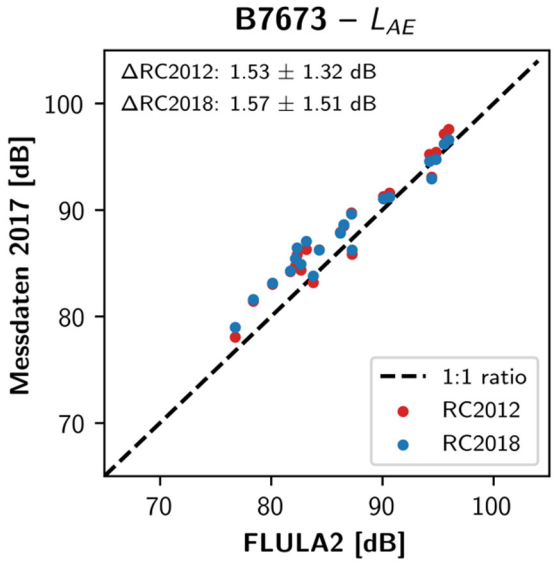

B7374 – L_{AE}
ΔRC2012: -0.96 ± 0.63 dB
ΔRC2018: -0.76 ± 0.66 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

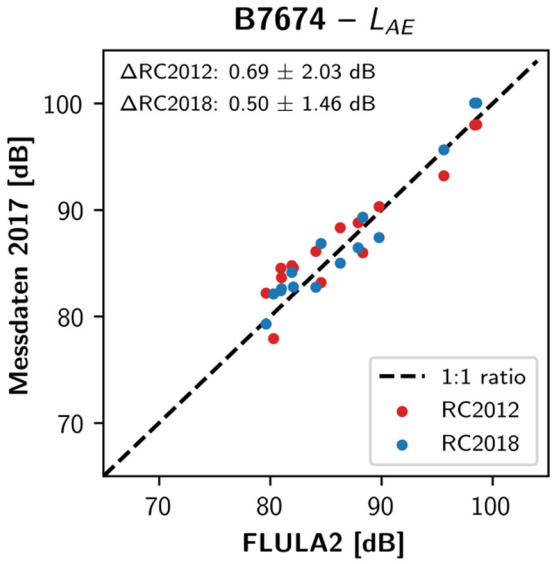

B7375 – L_{AE}
ΔRC2012: -0.85 ± 0.83 dB
ΔRC2018: -0.16 ± 0.83 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

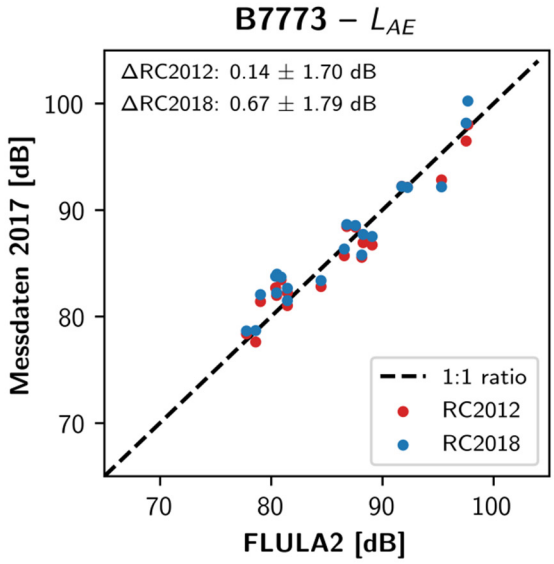

B7376 – L_{AE}
ΔRC2012: 0.86 ± 1.13 dB
ΔRC2018: -0.12 ± 0.97 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

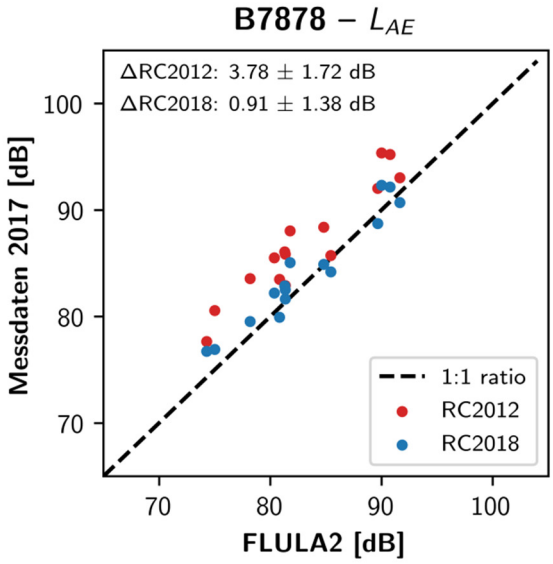

B7377 – L_{AE}
ΔRC2012: 0.77 ± 0.91 dB
ΔRC2018: -1.30 ± 0.74 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

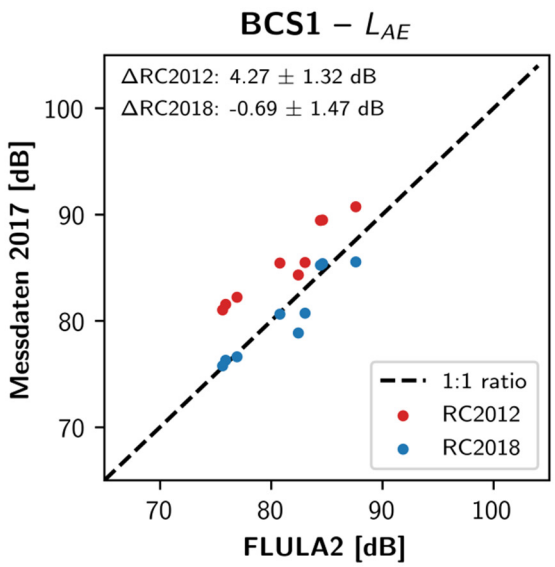

B7378 – L_{AE}
ΔRC2012: 0.59 ± 0.95 dB
ΔRC2018: -0.43 ± 1.05 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

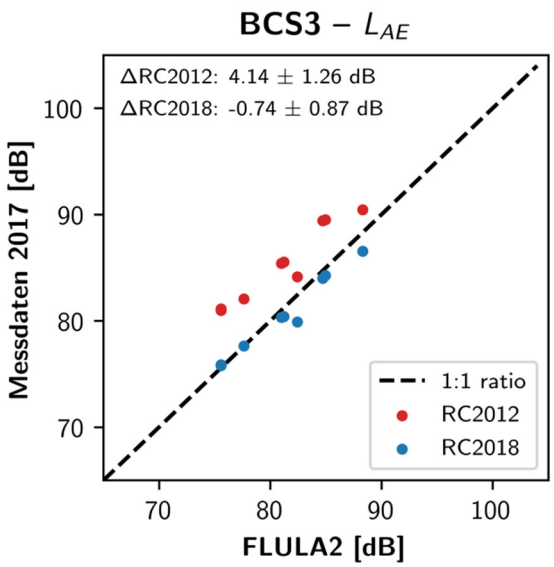

B7673 – L_{AE}
ΔRC2012: 1.53 ± 1.32 dB
ΔRC2018: 1.57 ± 1.51 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

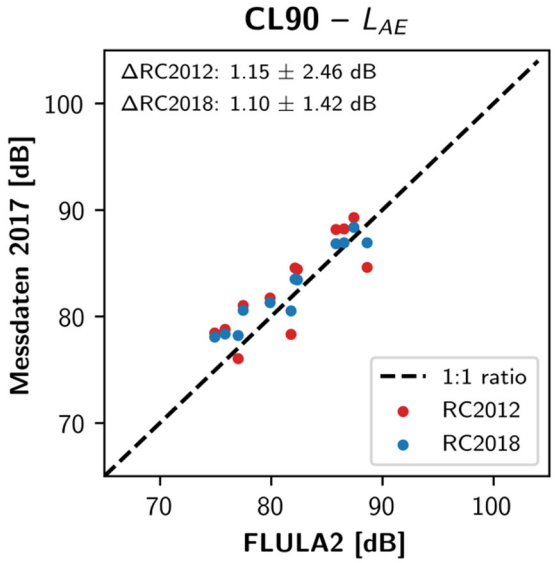

B7674 – L_{AE}
ΔRC2012: 0.69 ± 2.03 dB
ΔRC2018: 0.50 ± 1.46 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

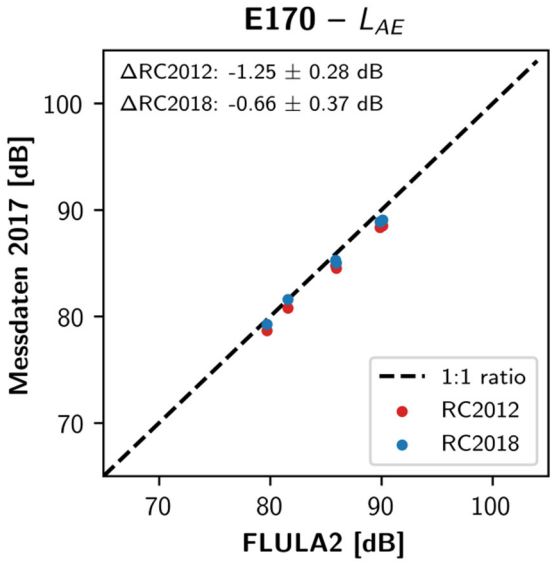

B7773 – L_{AE}
ΔRC2012: 0.14 ± 1.70 dB
ΔRC2018: 0.67 ± 1.79 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

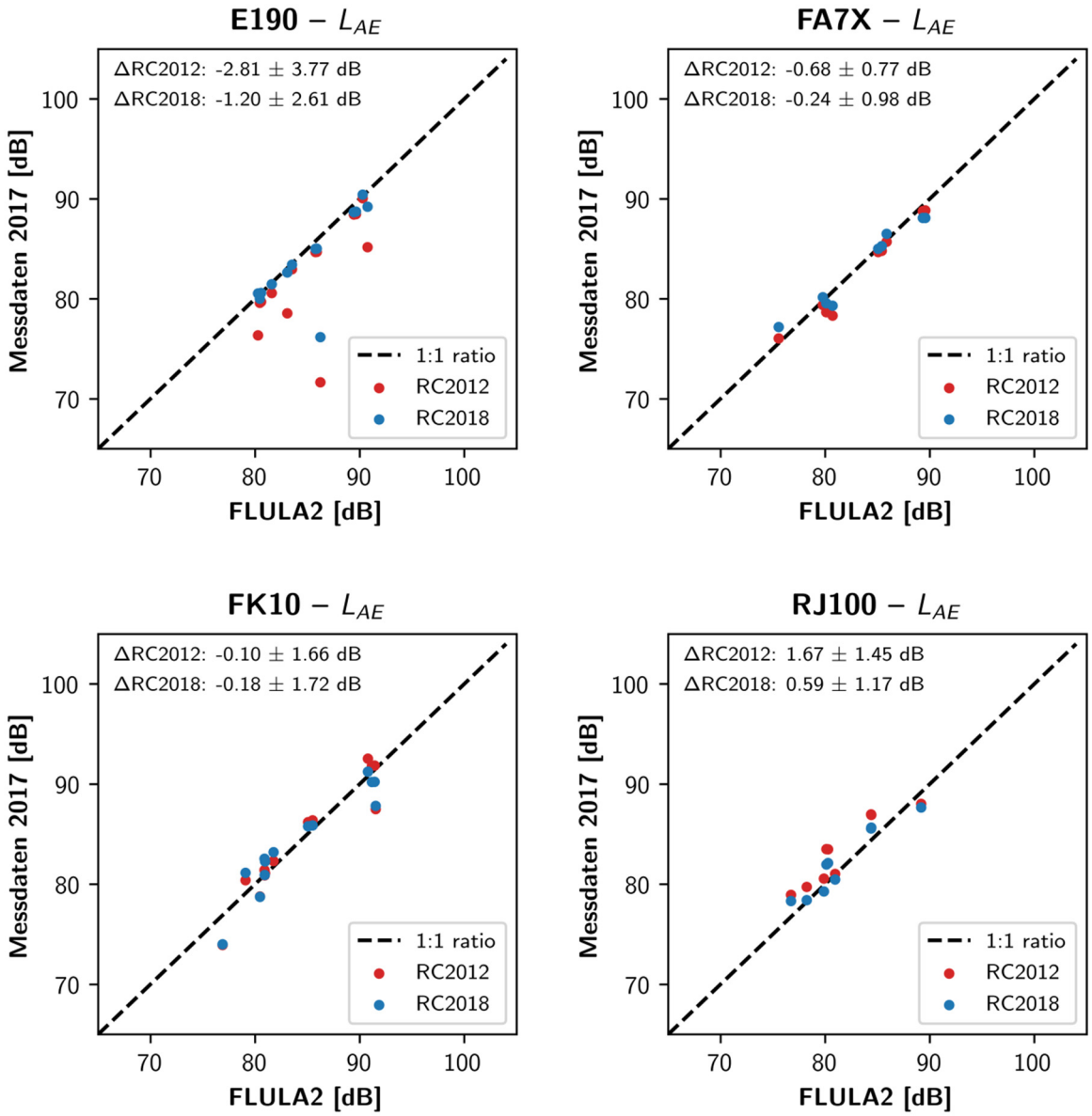

B7878 – L_{AE}
ΔRC2012: 3.78 ± 1.72 dB
ΔRC2018: 0.91 ± 1.38 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100


BCS1 – L_{AE}
ΔRC2012: 4.27 ± 1.32 dB
ΔRC2018: -0.69 ± 1.47 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100


BCS3 – L_{AE}
ΔRC2012: 4.14 ± 1.26 dB
ΔRC2018: -0.74 ± 0.87 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

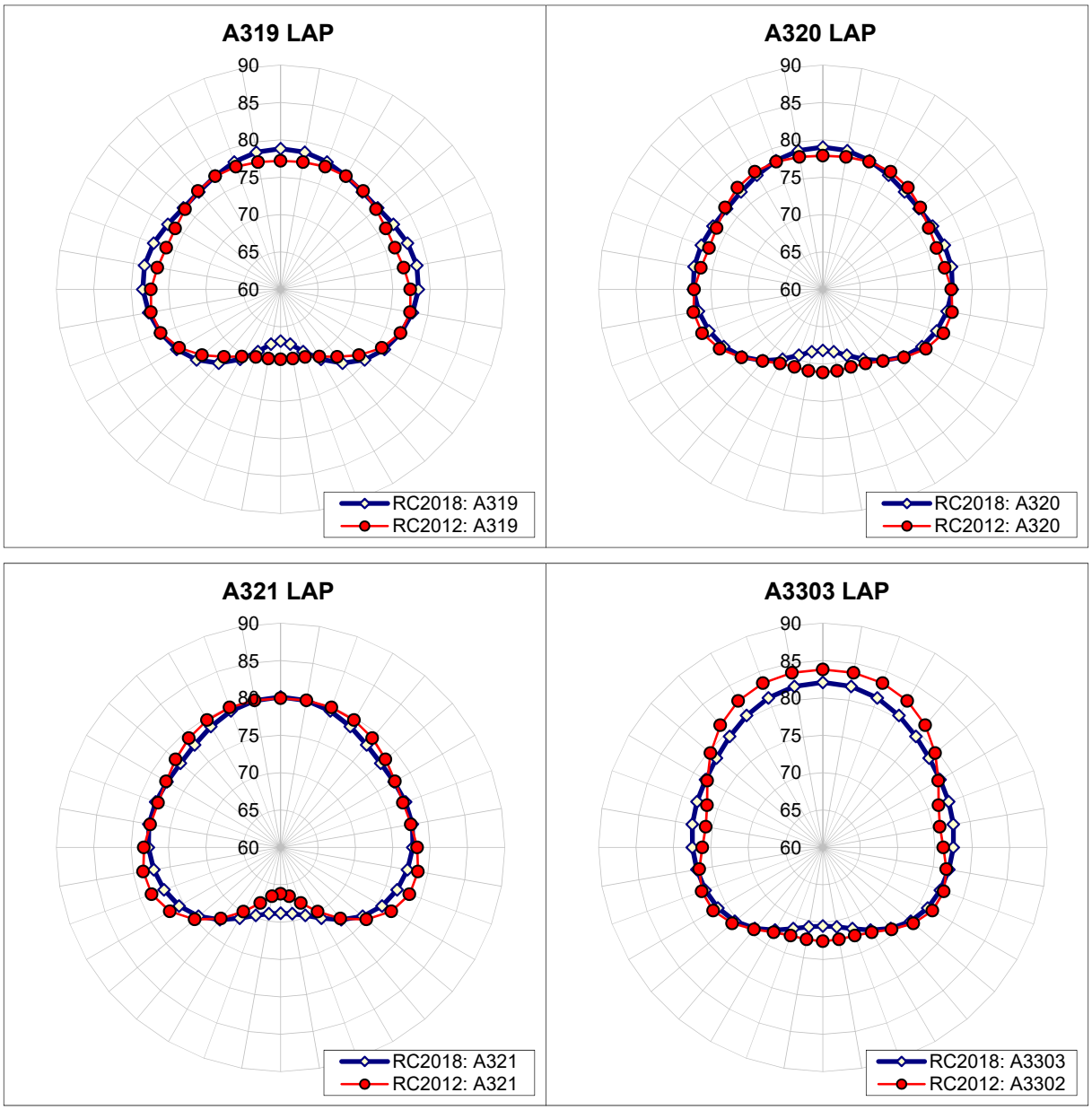

CL90 – L_{AE}
ΔRC2012: 1.15 ± 2.46 dB
ΔRC2018: 1.10 ± 1.42 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

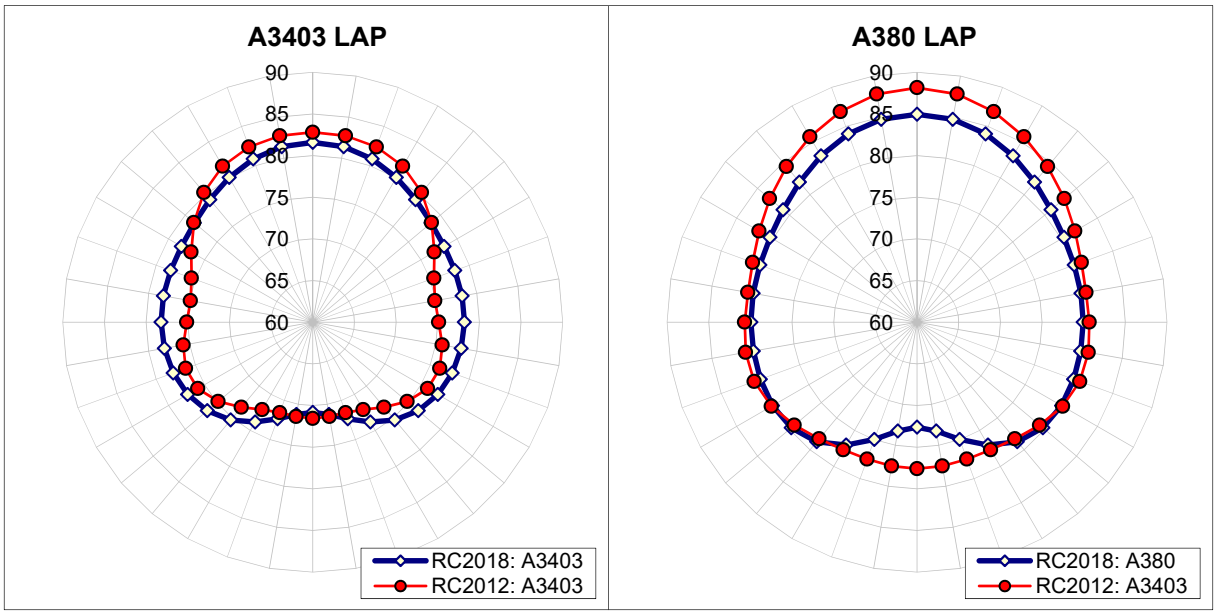

E170 – L_{AE}
ΔRC2012: -1.25 ± 0.28 dB
ΔRC2018: -0.66 ± 0.37 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100


E190 – L_{AE}
ΔRC2012: -2.81 ± 3.77 dB
ΔRC2018: -1.20 ± 2.61 dB
FA7X – L_{AE}
ΔRC2012: -0.68 ± 0.77 dB
ΔRC2018: -0.24 ± 0.98 dB
FK10 – L_{AE}
ΔRC2012: -0.10 ± 1.66 dB
ΔRC2018: -0.18 ± 1.72 dB
RJ100 – L_{AE}
ΔRC2012: 1.67 ± 1.45 dB
ΔRC2018: 0.59 ± 1.17 dB
1:1 ratio
RC2012
RC2018
Messdaten 2017 [dB]
FLULA2 [dB]
70
80
90
100

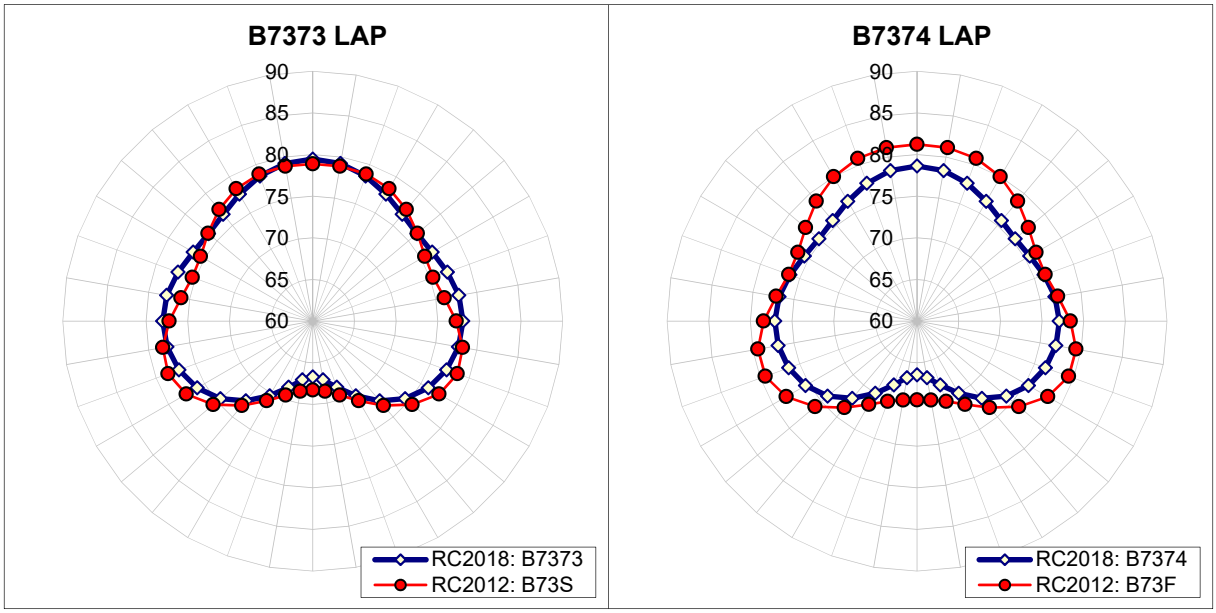
11.7. Vergleich Richtcharakteristiken RC2012_01 und RC2018_01

11.7.1. Landungen LAP

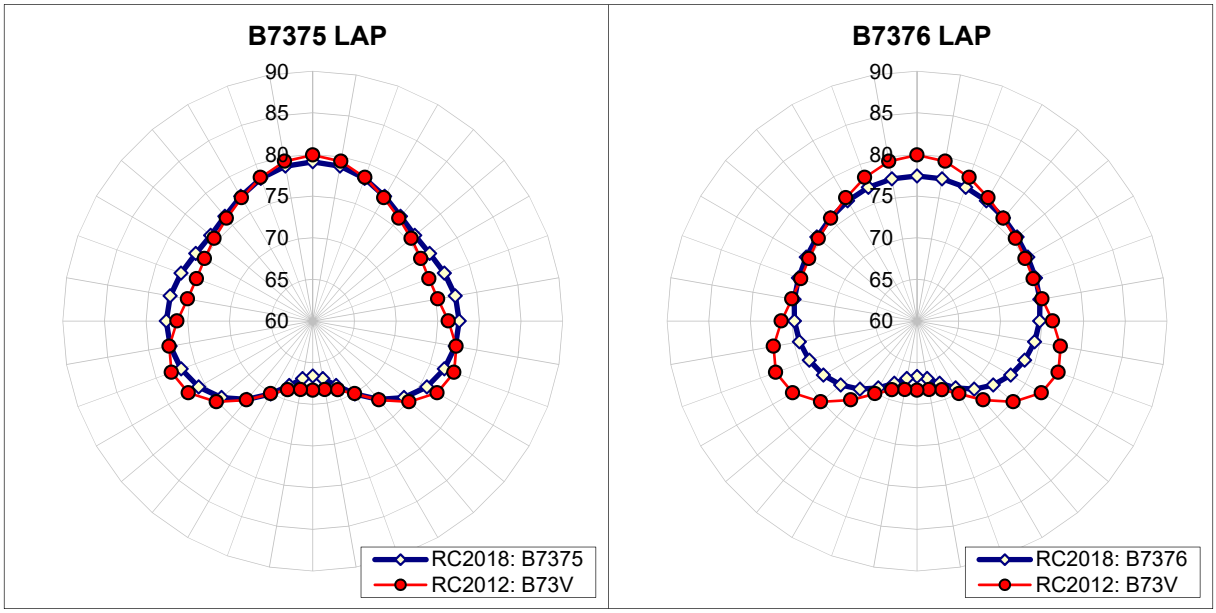



A3403 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: A3403
RC2012: A3403

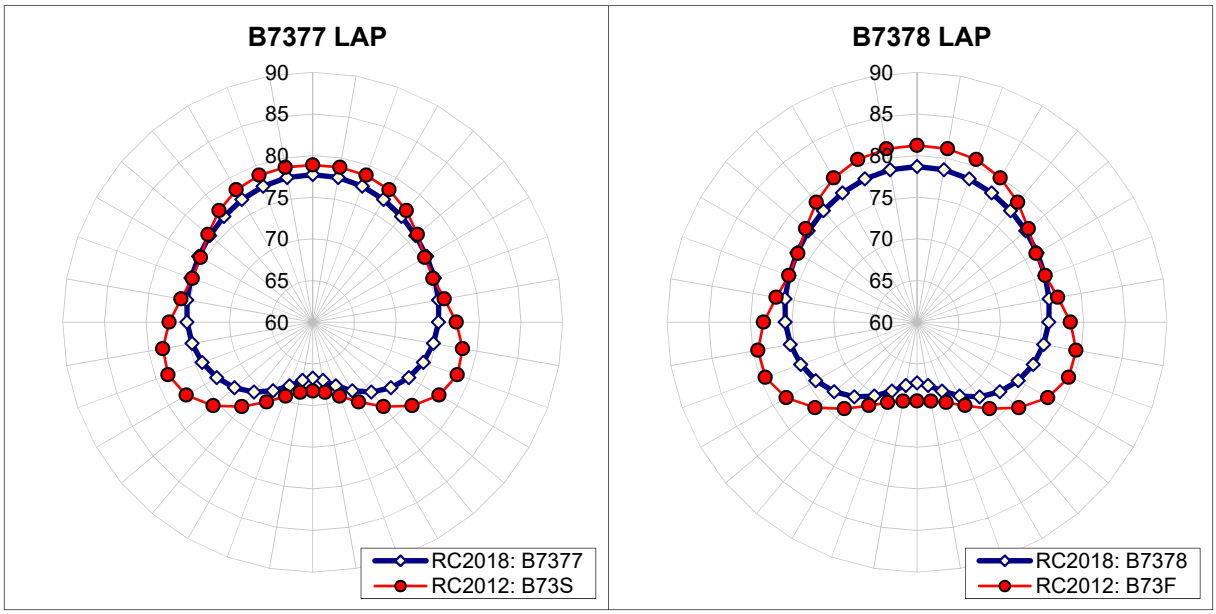
A380 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: A380
RC2012: A3403


B7373 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7373
RC2012: B73S

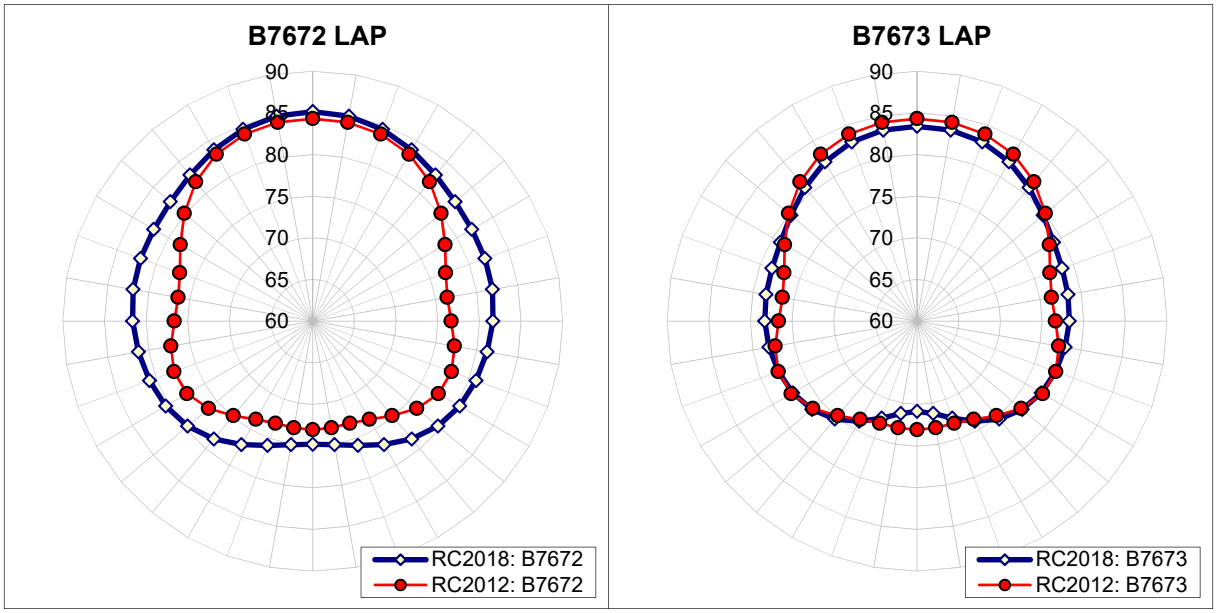
B7374 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7374
RC2012: B73F


B7375 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7375
RC2012: B73V

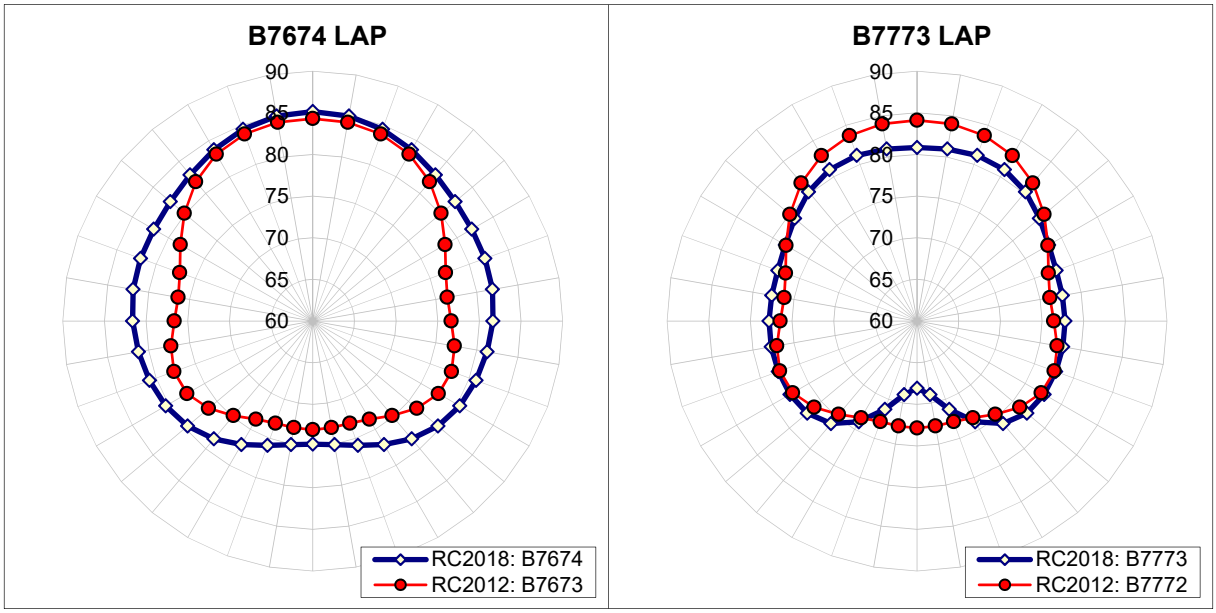
B7376 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7376
RC2012: B73V


B7377 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7377
RC2012: B73S

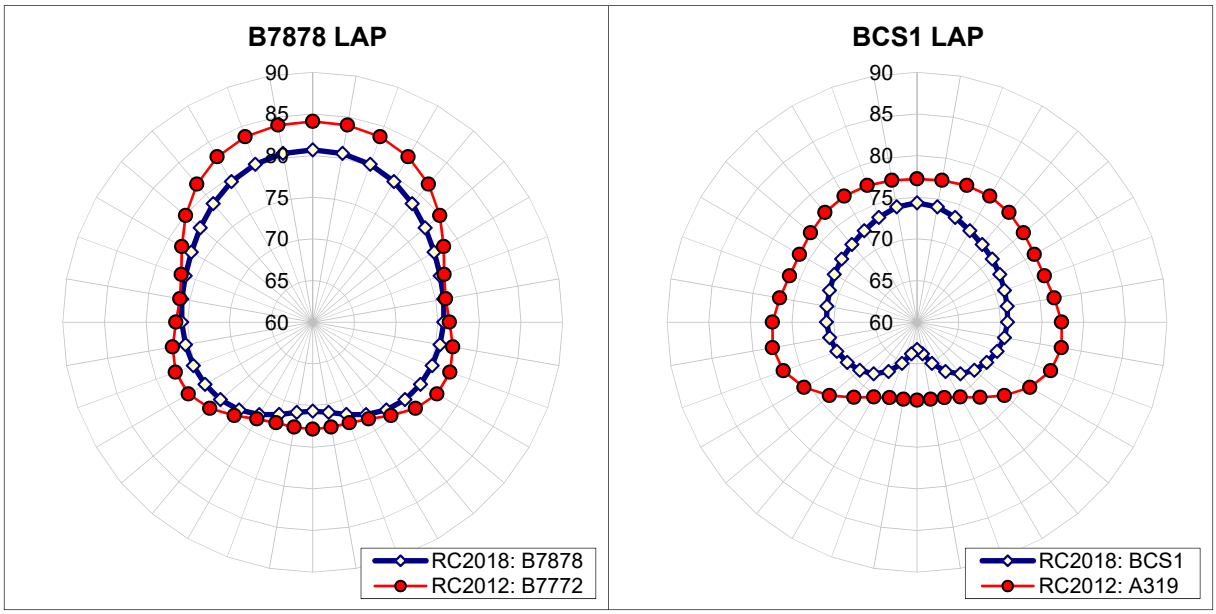
B7378 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7378
RC2012: B73F


B7672 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7672
RC2012: B7672

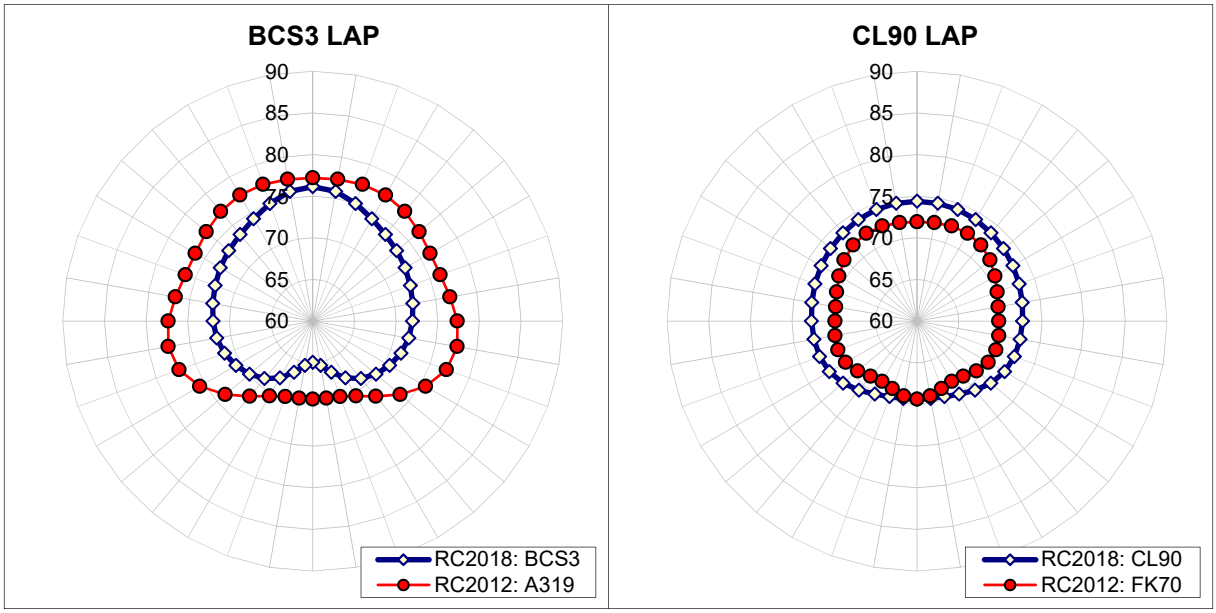
B7673 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7673
RC2012: B7673


B7674 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7674
RC2012: B7673

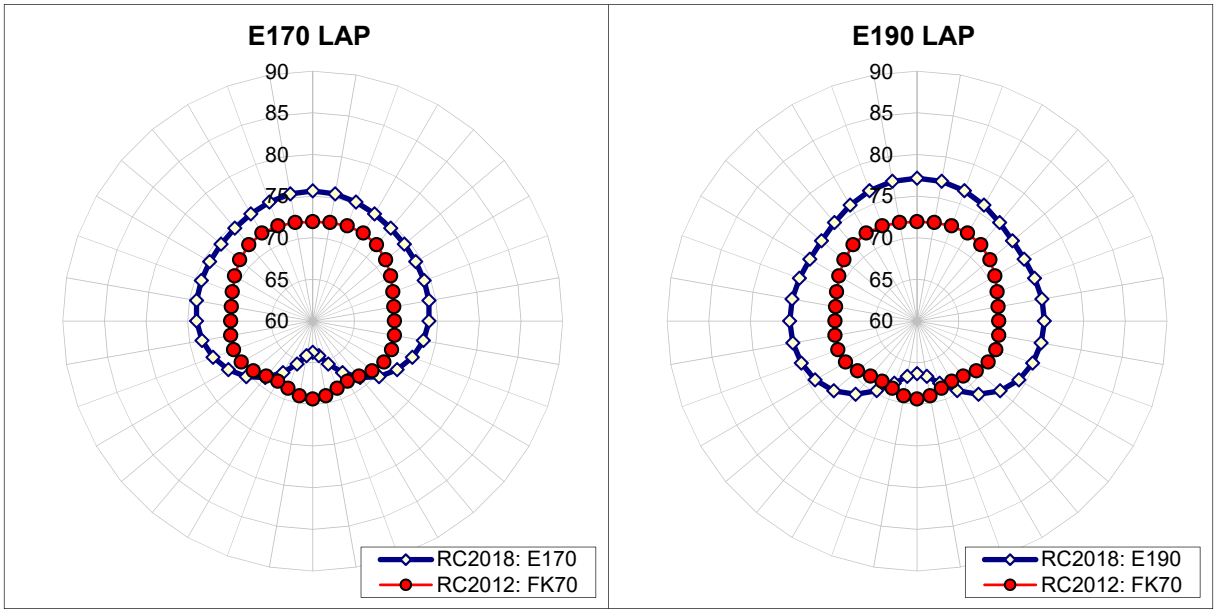
B7773 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7773
RC2012: B7772


B7878 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7878
RC2012: B7772

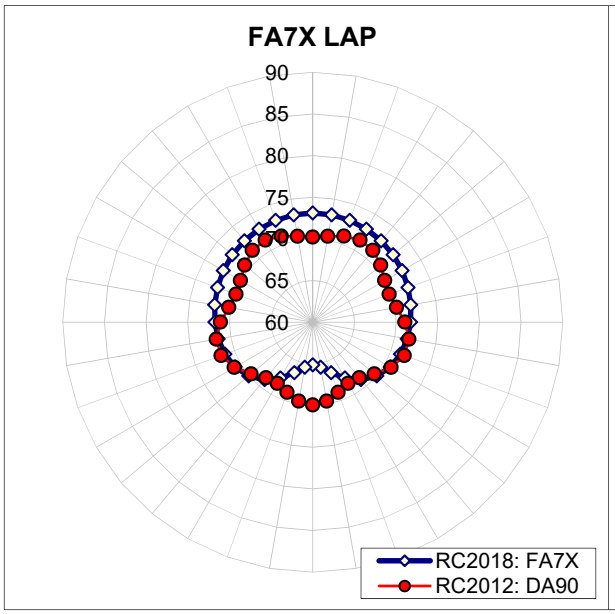
BCS1 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: BCS1
RC2012: A319

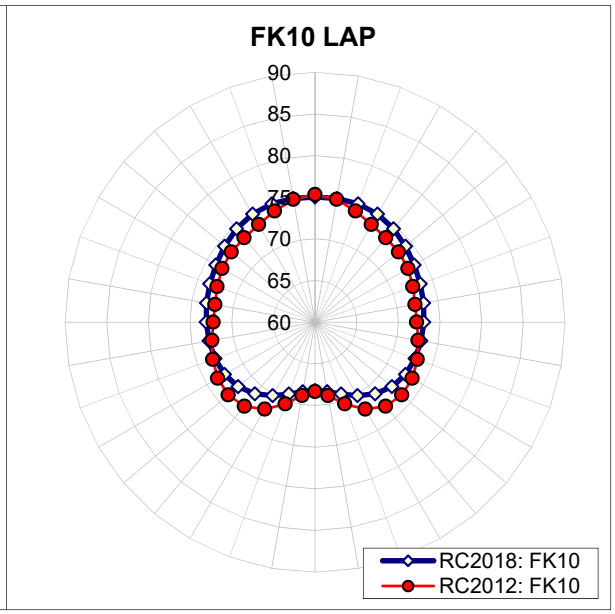

BCS3 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: BCS3
RC2012: A319

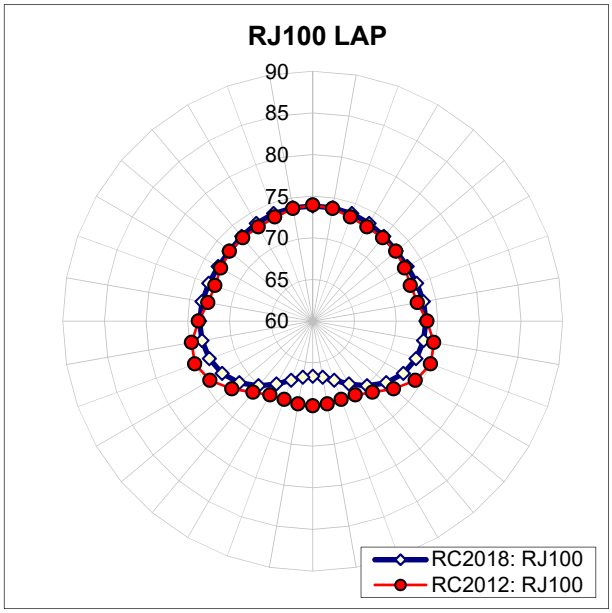
CL90 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: CL90
RC2012: FK70


E170 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: E170
RC2012: FK70

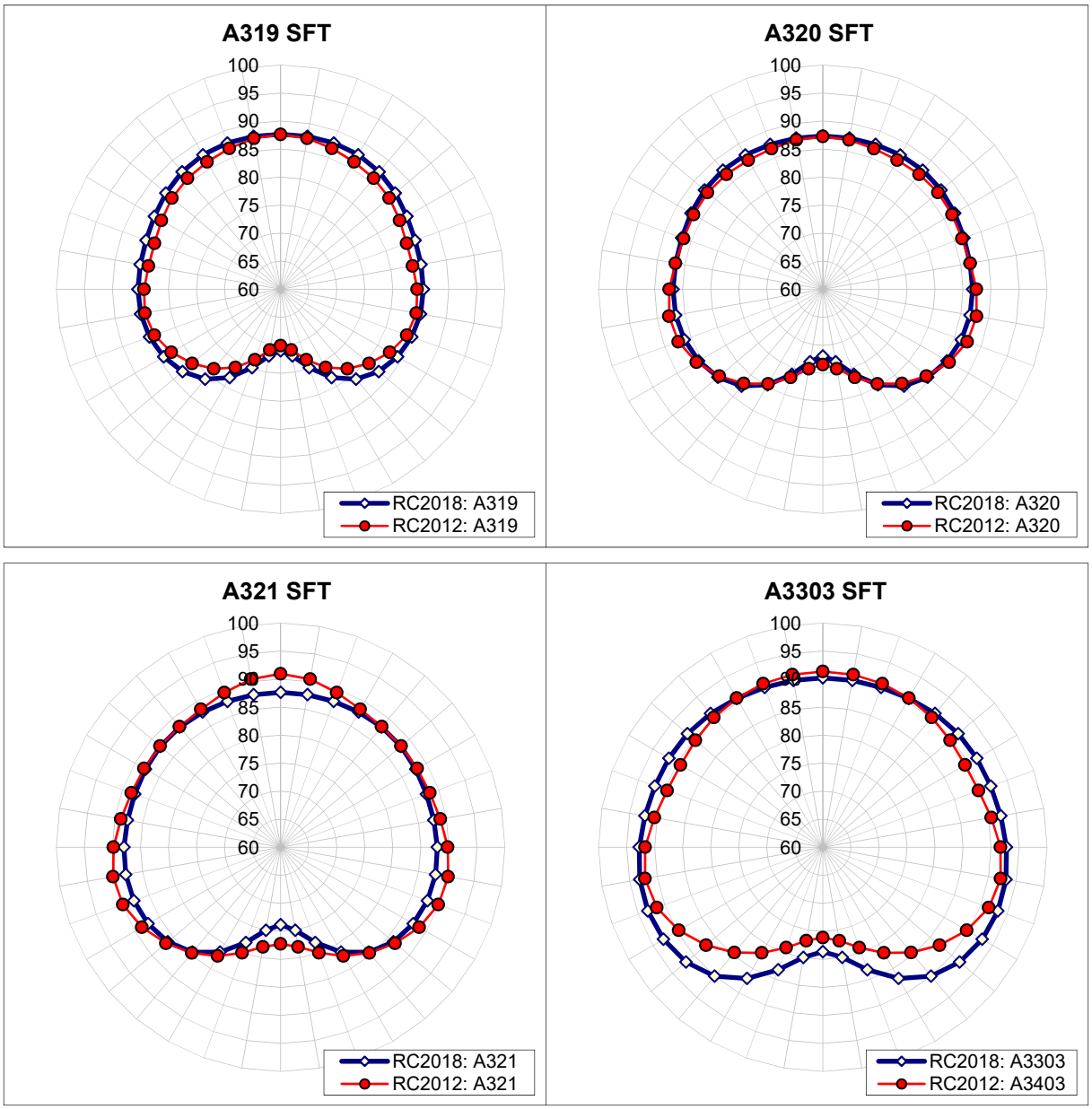
E190 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: E190
RC2012: FK70

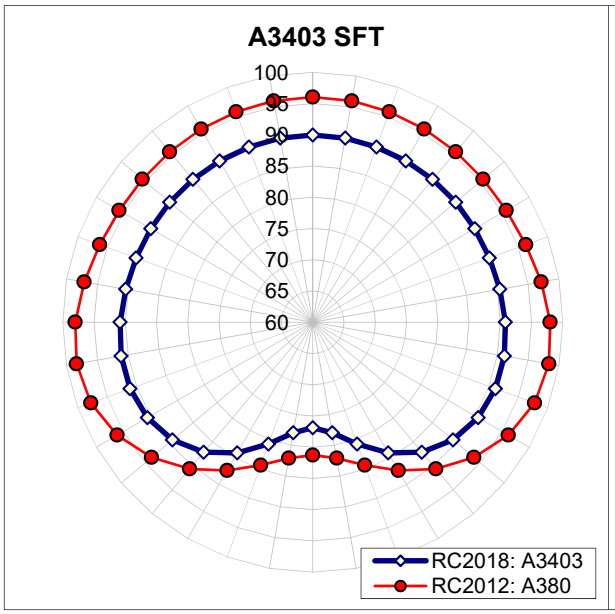

FA7X LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: FA7X
RC2012: DA90

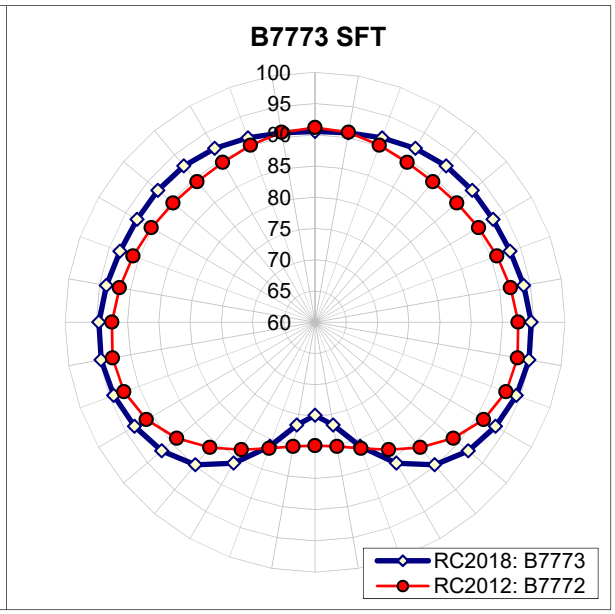

FK10 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: FK10
RC2012: FK10

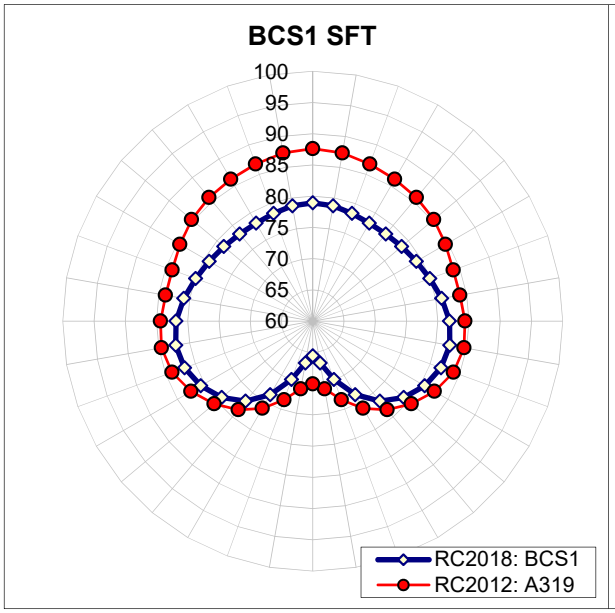

RJ100 LAP
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: RJ100
RC2012: RJ100

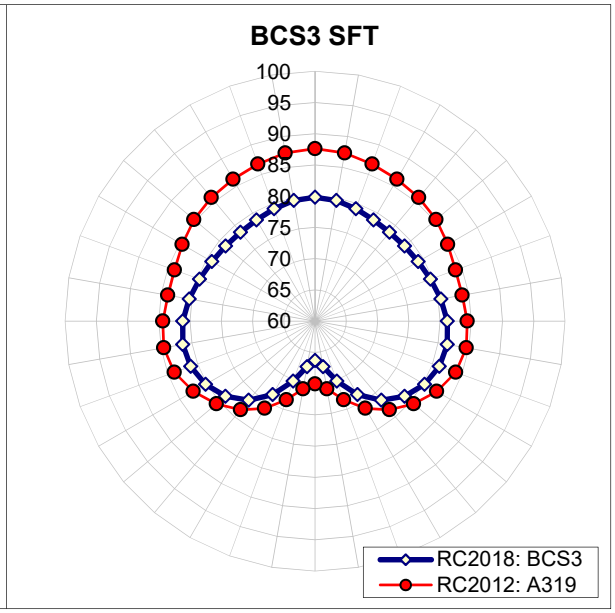
11.7.2. Starts mit voller Leistung SFT

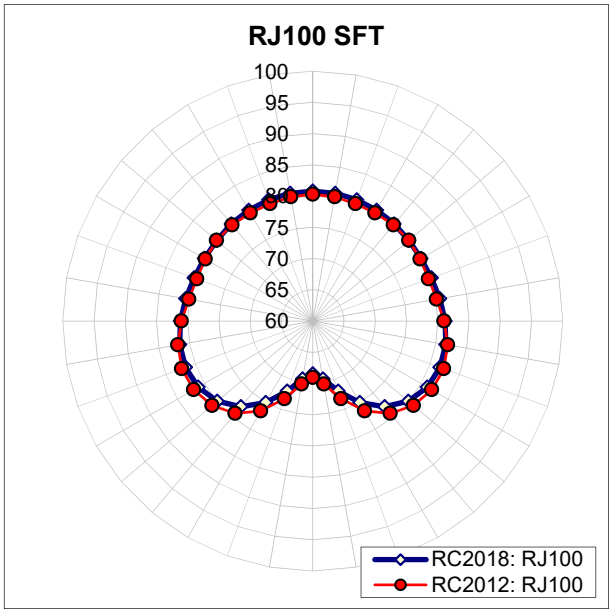



A3403 SFT
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: A3403
RC2012: A380

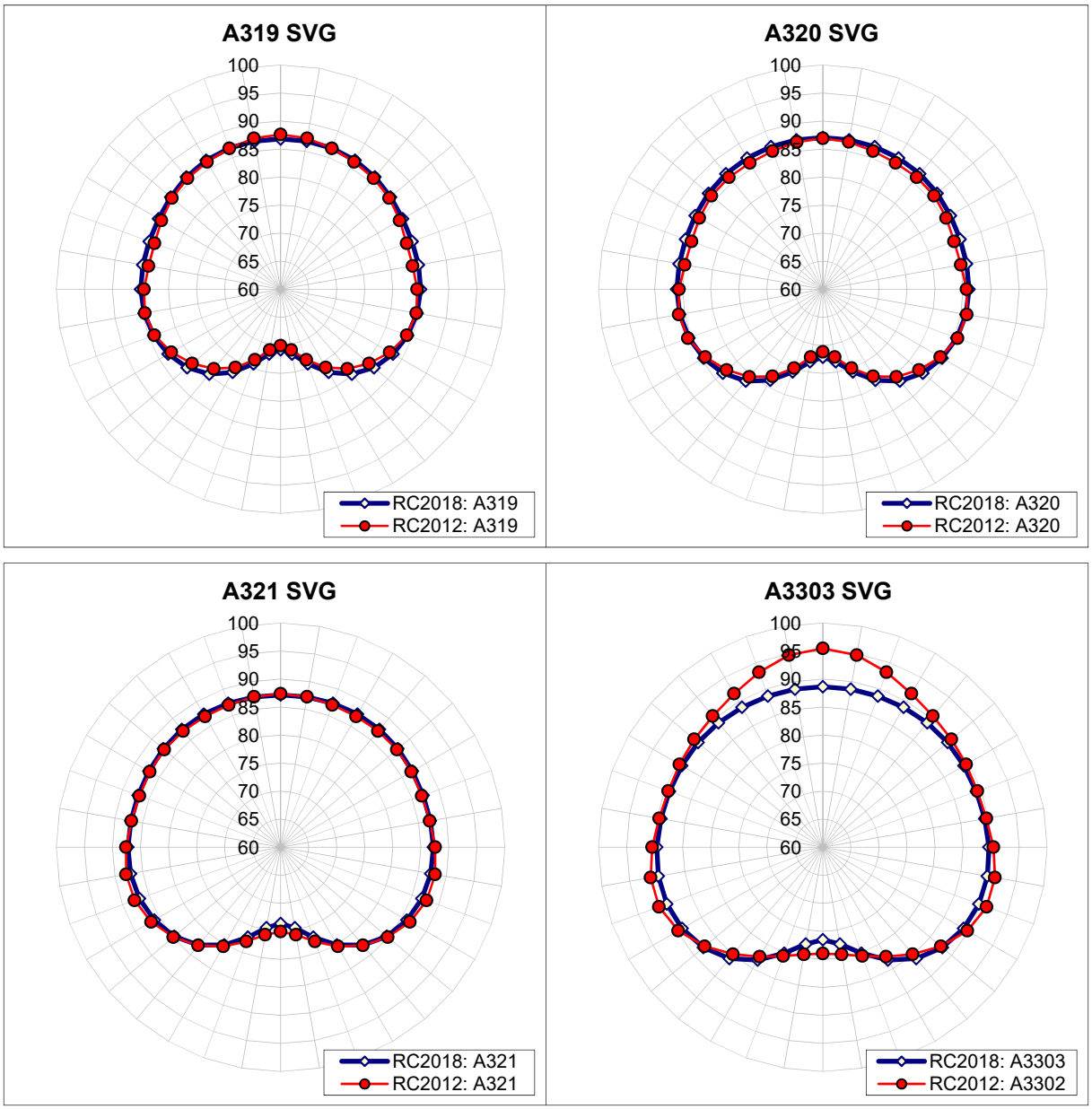

B7773 SFT
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7773
RC2012: B7772

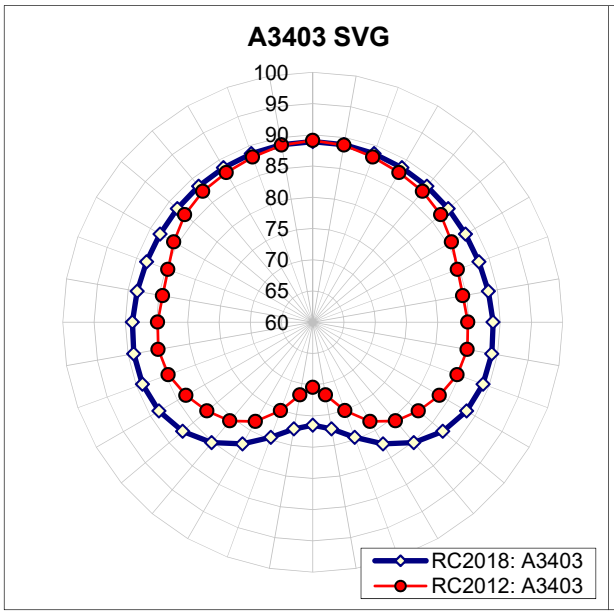

BCS1 SFT
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: BCS1
RC2012: A319

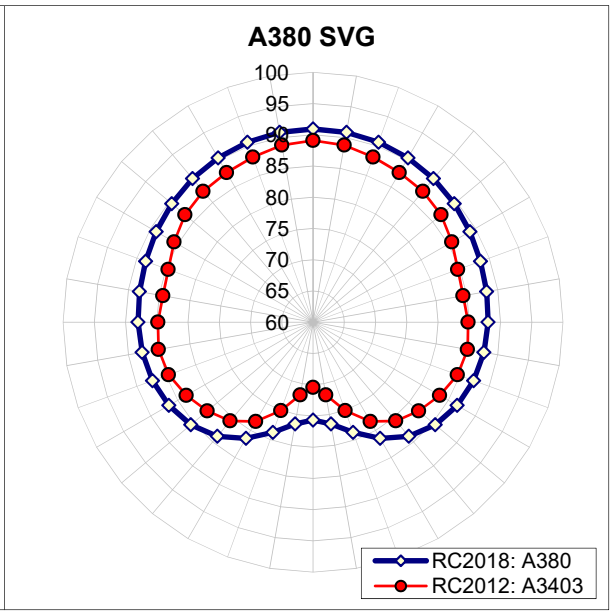

BCS3 SFT
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: BCS3
RC2012: A319

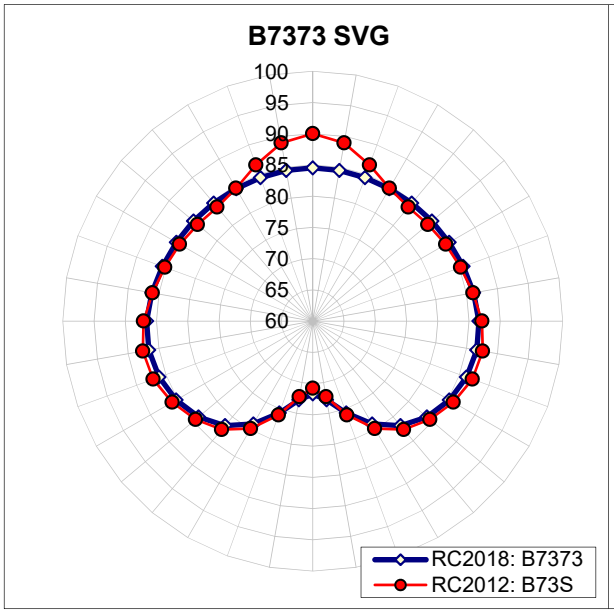

RJ100 SFT
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: RJ100
RC2012: RJ100

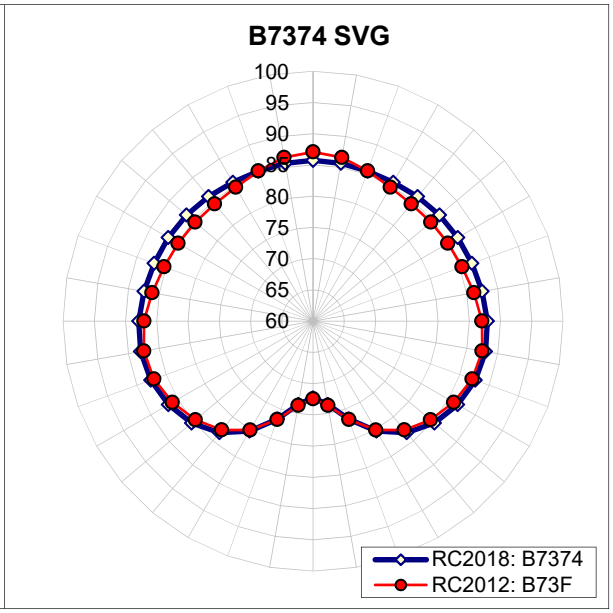
11.7.3. Starts mit reduzierter Leistung SVG

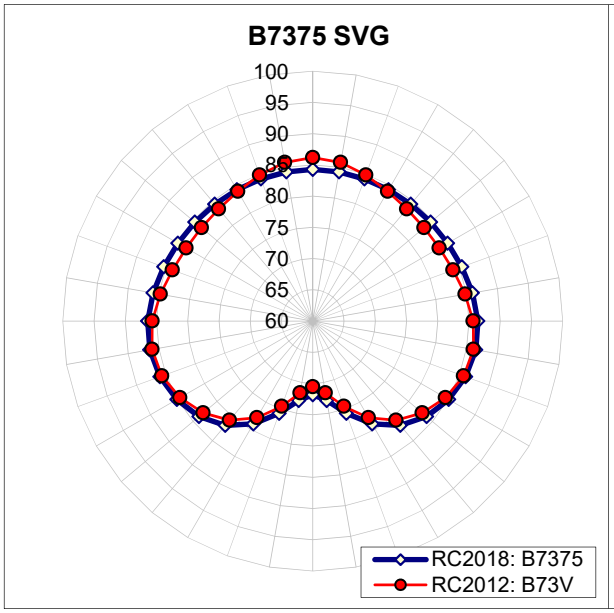


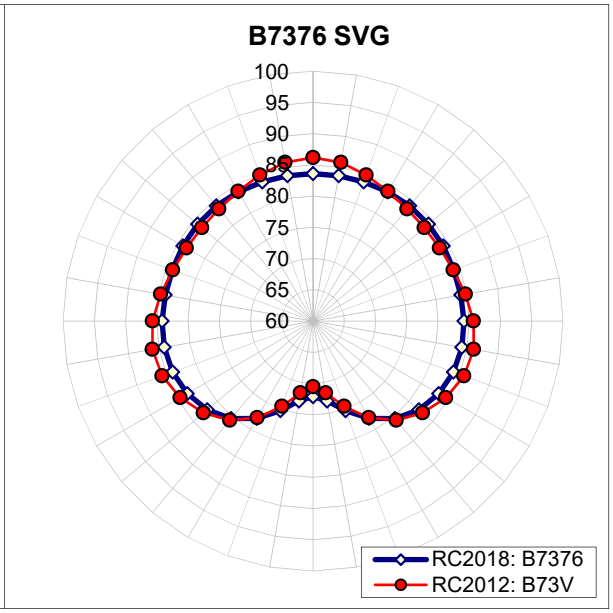

A3403 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: A3403
RC2012: A3403

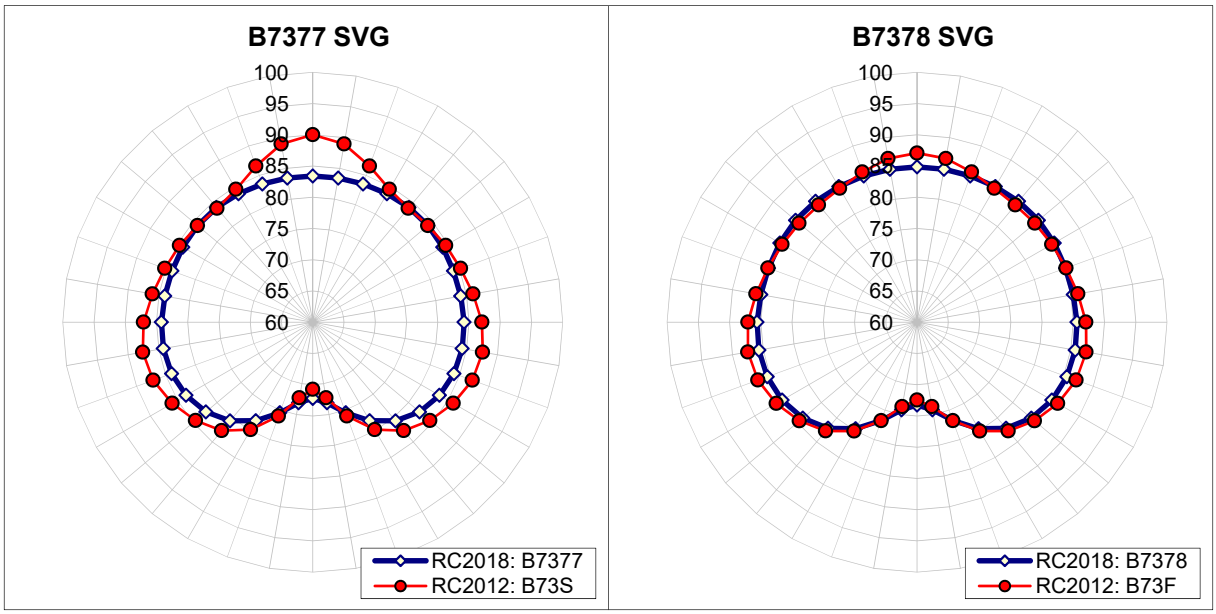

A380 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: A380
RC2012: A3403


B7373 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7373
RC2012: B73S

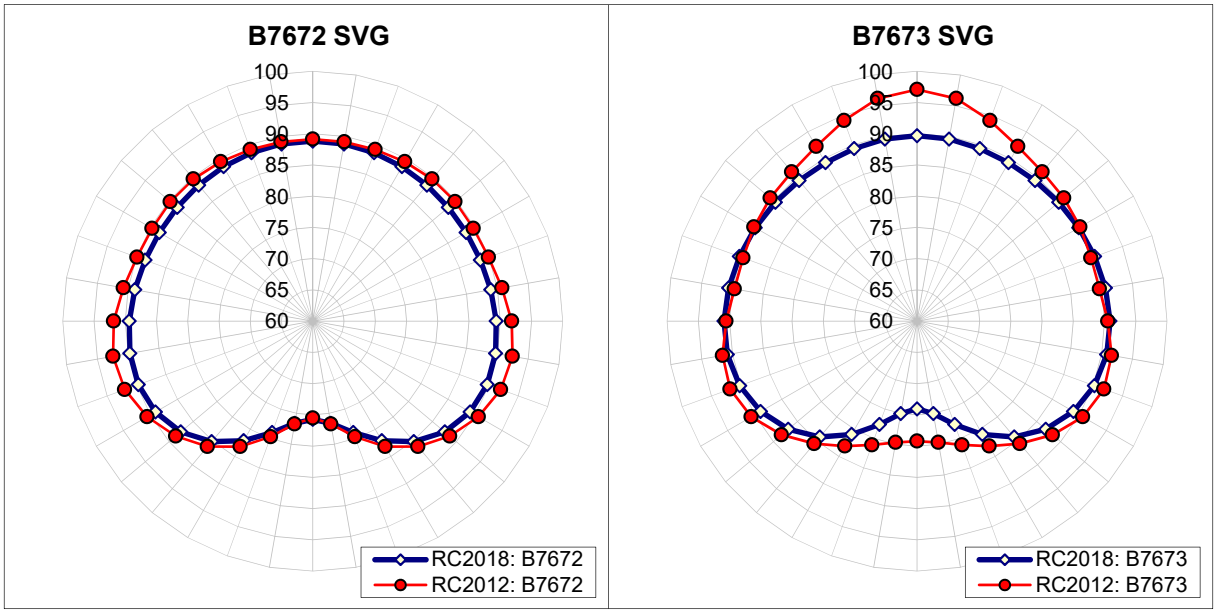

B7374 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7374
RC2012: B73F


B7375 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7375
RC2012: B73V

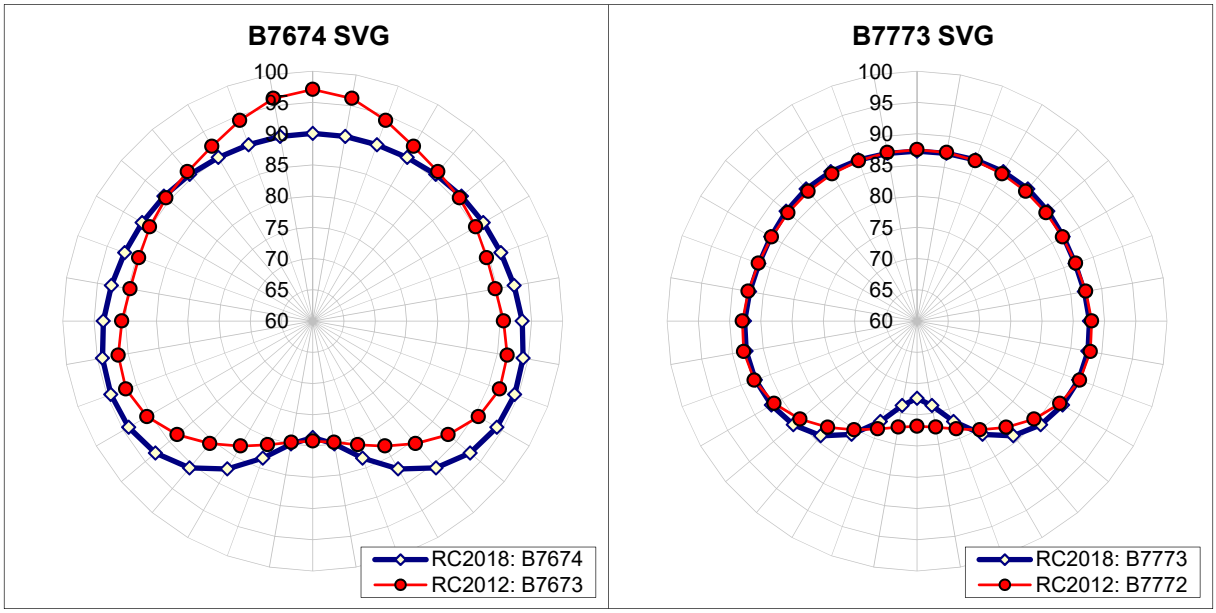

B7376 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7376
RC2012: B73V


B7377 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7377
RC2012: B73S

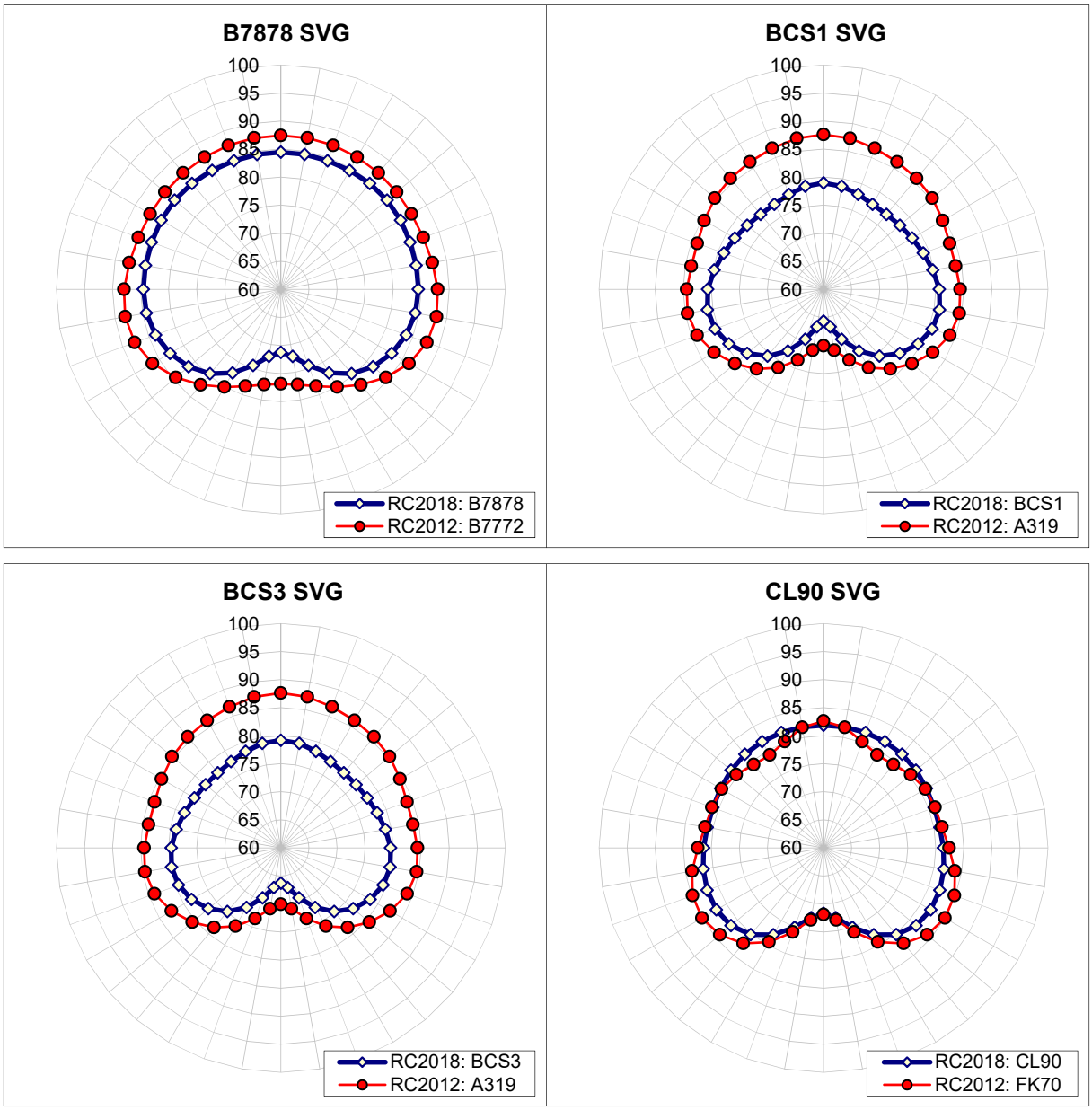
B7378 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7378
RC2012: B73F

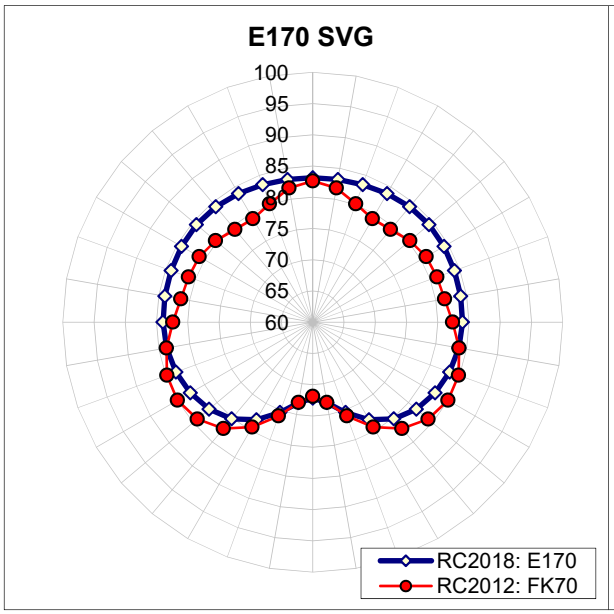

B7672 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7672
RC2012: B7672

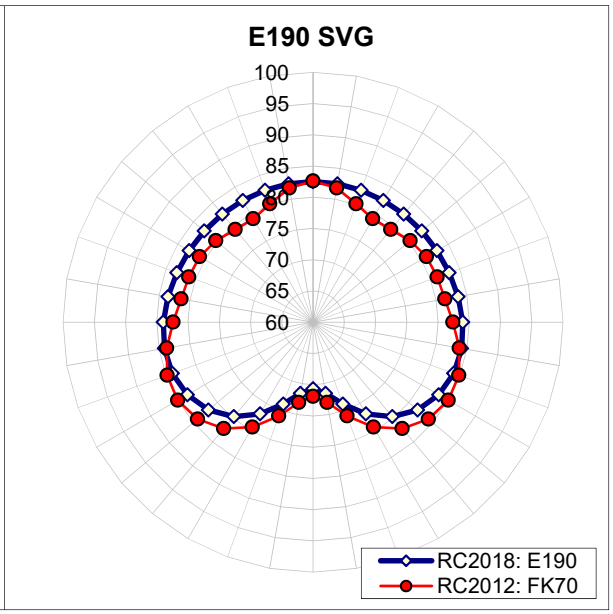
B7673 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7673
RC2012: B7673

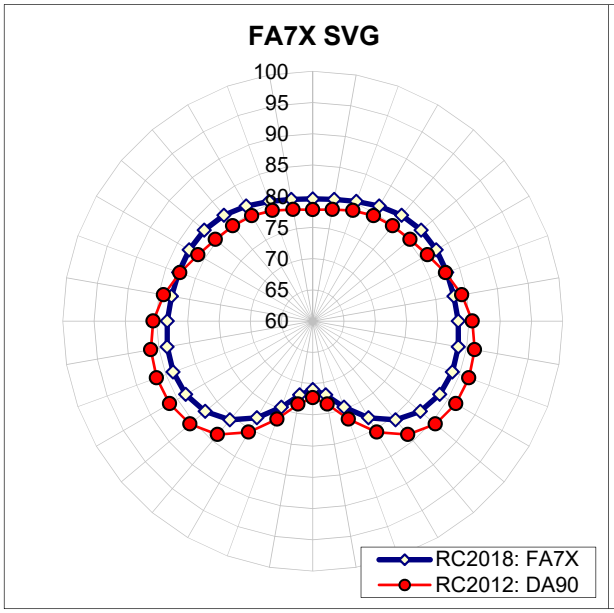

B7674 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7674
RC2012: B7673

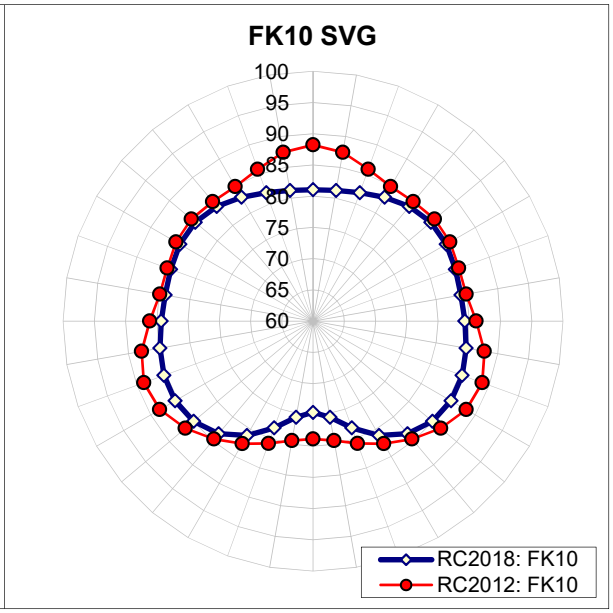
B7773 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7773
RC2012: B7772


B7878 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: B7878
RC2012: B7772
BCS1 SVG
RC2018: BCS1
RC2012: A319
BCS3 SVG
RC2018: BCS3
RC2012: A319
CL90 SVG
RC2018: CL90
RC2012: FK70


E170 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: E170
RC2012: FK70


E190 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: E190
RC2012: FK70


FA7X SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: FA7X
RC2012: DA90


FK10 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: FK10
RC2012: FK10

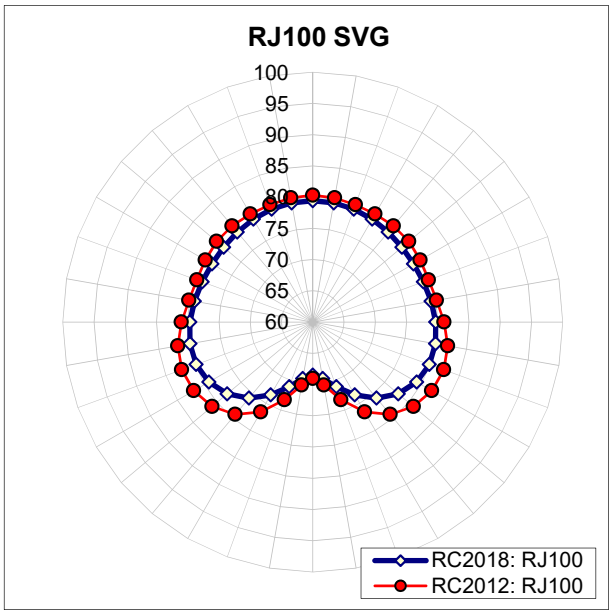

RJ100 SVG
100
95
90
85
80
75
70
65
60
RC2018: RJ100
RC2012: RJ100

Tabelle 1: ZRH: Jährliche Starts 2017, Grossflugzeuge, 06-22 Uhr

	RWY10			RWY16			RWY28			RWY32		RWY34		RWY00		
RC-Typ	A10	C10	D10	E16	F16	G16	I28	K28	V28	N32	O32	N34	O34	V00	Total	Anteil:
A3103	0	3	0	0	7	0	74	0	0	16	3	0	0	0	103	0%
A319	127	133	0	54	153	0	5147	5768	0	2693	721	111	47	0	14'954	12%
A320	238	358	0	351	569	0	13577	11537	0	6271	2199	236	491	0	35'827	29%
A321	69	103	0	1449	879	2	3740	3021	0	2233	727	115	73	0	12'411	10%
A3302	1	2	0	0	103	0	64	45	0	36	15	6	2	0	274	0%
A3303	1	15	0	2548	1617	1	555	82	0	533	112	46	10	0	5'520	5%
A3403	1	3	0	402	966	0	67	50	0	30	10	117	74	0	1'720	1%
A3406	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0%
A380	0	0	0	1	646	0	0	0	0	74	9	3	1	0	734	1%
AN12	0	0	0	0	0	0	5	4	0	2	1	0	0	0	12	0%
AS332	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	29	34	0%
AT42	0	0	0	0	0	0	17	23	0	5	0	0	0	0	45	0%
B7373	0	4	0	0	51	0	163	2	0	24	20	0	0	0	264	0%
B7374	0	1	0	0	21	0	27	2	0	14	2	0	0	0	67	0%
B7375	0	6	0	1	31	0	126	0	0	9	13	0	0	0	186	0%
B7376	0	7	0	0	3	0	148	42	0	22	3	0	0	0	225	0%
B7377	13	19	0	0	3	0	488	685	0	207	30	9	1	0	1'455	1%
B7378	11	31	0	3	37	0	1356	515	0	408	104	4	0	0	2'469	2%
B7473	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0%
B7474	0	0	0	2	0	0	4	1	0	2	0	0	0	0	9	0%
B74SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0%
B7572	3	1	0	4	0	0	10	89	0	19	2	0	0	0	128	0%
B7672	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0%
B7673	5	0	0	510	73	0	38	318	0	107	2	4	0	0	1'057	1%
B7674	0	0	0	514	106	0	0	7	0	32	0	25	0	0	684	1%
B7772	1	0	0	0	16	0	9	1	0	39	7	12	6	0	91	0%
B7773	3	5	0	518	1168	0	140	65	0	172	96	25	20	0	2'212	2%
B7878	0	5	0	156	98	0	353	9	0	169	36	5	0	0	831	1%
BCS1	57	61	0	1	3	0	2077	2536	0	1082	251	19	8	0	6'095	5%
BCS3	0	2	0	0	7	0	185	191	0	62	20	3	0	0	470	0%
C130	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0%
C550	17	19	0	0	0	0	535	556	0	142	47	1	1	0	1'318	1%
C650	0	0	0	0	0	0	68	21	0	8	3	0	0	0	100	0%
CL65	13	11	0	0	2	0	461	526	1	194	61	1	0	0	1'270	1%
CL90	0	31	0	0	19	0	1508	59	0	247	76	0	0	0	1'940	2%
D328	0	0	0	0	0	0	9	22	0	4	1	0	0	0	36	0%
DA90	6	4	0	0	0	0	70	137	0	37	5	0	0	0	259	0%
DC10	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4	0%
DC3	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	4	0%
DH8	27	84	2	1	2	7	2897	1874	0	969	312	0	1	0	6'176	5%
E145	14	11	0	0	0	0	256	281	0	97	19	1	0	0	679	1%
E170	12	21	0	0	0	0	577	823	0	177	23	0	0	0	1'633	1%
E190	112	92	0	36	21	0	2270	4936	0	1563	299	20	6	0	9'355	8%
F2TH	5	8	0	0	0	0	163	291	0	67	21	2	1	0	558	0%
FA7X	5	4	0	0	0	0	139	334	0	98	18	3	1	0	602	0%
FK10	29	65	0	2	23	0	1998	1609	0	672	294	2	2	0	4'696	4%
FK50	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0%
FK70	26	24	0	13	11	0	408	708	0	172	39	5	3	0	1'409	1%
HS257	2	5	0	0	0	0	184	202	0	59	24	0	0	0	476	0%
LR35	2	0	0	0	0	0	28	37	0	9	1	0	0	0	77	0%
LR55	0	7	0	0	0	0	175	184	0	44	16	1	0	0	427	0%
MD80	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	4	0%
MD83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0%
MD87	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0%
RJ100	35	29	0	1	1	0	710	973	0	317	101	4	1	0	2'172	2%
SB20	8	0	0	2	0	0	23	260	0	54	0	0	0	0	347	0%
SF34	0	1	0	0	0	0	17	27	0	4	2	1	0	0	52	0%
TU54B	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	4	0%
YK42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Total	843	1'176	2	6'573	6'637	10	40'876	38'869	1	19'196	5'746	782	751	29	121'491	
Route	1%	1%	0%	5%	5%	0%	34%	32%	0%	16%	5%	1%	1%	0%	100%	
Piste	2%			11%			66%			21%		1%		0%	100%	

File: ZRH17_RC2018_G8T_06-22_s_rout.txt

Tabelle 2: ZRH: Jährliche Landungen 2017, Grossflugzeuge, 06-22 Uhr

	RWY14	RWY16		RWY28	RWY34	RWY00		
RC-Typ	S14	S16	T16	P28	Q34	V00	Total	Anteil:
A3103	94	0	0	11	1	0	106	0%
A319	10879	0	33	2424	927	0	14'263	12%
A320	25181	0	75	6683	1714	0	33'653	28%
A321	8234	1	19	2268	654	0	11'176	9%
A3302	176	0	2	28	78	0	284	0%
A3303	3501	0	18	374	1944	0	5'837	5%
A3403	1749	0	3	270	492	0	2'514	2%
A3406	6	0	0	1	1	0	8	0%
A380	865	0	3	113	115	0	1'096	1%
AN12	10	0	0	1	0	0	11	0%
AS332	5	1	1	0	0	27	34	0%
AT42	40	0	0	4	2	0	46	0%
B7373	227	0	0	35	3	0	265	0%
B7374	50	0	0	15	3	0	68	0%
B7375	168	0	0	19	0	0	187	0%
B7376	205	0	0	18	1	0	224	0%
B7377	1049	0	5	146	37	0	1'237	1%
B7378	2157	0	6	387	83	0	2'633	2%
B7473	1	0	0	1	0	0	2	0%
B7474	7	0	1	0	0	0	8	0%
B74SP	1	0	0	1	0	0	2	0%
B7572	108	0	2	18	1	0	129	0%
B7672	2	0	0	1	0	0	3	0%
B7673	726	0	3	73	254	0	1'056	1%
B7674	486	0	2	16	180	0	684	1%
B7772	94	0	0	23	7	0	124	0%
B7773	1521	0	4	256	1129	0	2'910	2%
B7878	543	0	2	78	406	0	1'029	1%
BCS1	4284	0	14	1164	506	0	5'968	5%
BCS3	291	0	2	137	39	0	469	0%
C130	3	0	0	0	0	0	3	0%
C550	1091	0	2	188	30	0	1'311	1%
C650	87	0	0	10	2	0	99	0%
CL65	956	0	1	205	44	0	1'206	1%
CL90	1547	0	5	247	133	0	1'932	2%
D328	32	0	1	1	2	0	36	0%
DA90	223	0	0	36	3	0	262	0%
DC10	5	0	0	0	0	0	5	0%
DC3	4	0	0	0	0	0	4	0%
DH8	4981	0	11	890	272	0	6'154	5%
E145	570	0	4	84	16	0	674	1%
E170	1398	0	4	179	20	0	1'601	1%
E190	7067	0	12	1418	390	0	8'887	7%
F2TH	473	0	0	73	10	0	556	0%
FA7X	490	0	2	78	39	0	609	1%
FK10	3353	0	7	1018	381	0	4'759	4%
FK50	2	0	0	0	0	0	2	0%
FK70	1147	0	4	172	91	0	1'414	1%
HS257	376	0	2	81	12	0	471	0%
LR35	64	0	0	12	2	0	78	0%
LR55	349	0	3	59	14	0	425	0%
MD80	2	0	0	2	0	0	4	0%
MD83	0	0	0	1	0	0	1	0%
MD87	1	0	0	0	0	0	1	0%
RJ100	1606	0	4	416	142	0	2'168	2%
SB20	270	0	0	35	42	0	347	0%
SF34	45	0	0	7	1	0	53	0%
TU54B	2	0	0	0	2	0	4	0%
YK42	0	0	0	0	0	0	0	0%
Total	88'804	2	257	19'777	10'225	27	119'092	
Route	75%	0%	0%	17%	9%	0%	100%	
Piste	75%	0%		17%	9%	0%	100%	

File: ZRH17_RC2018_G8T_06-22_l_rout.txt

$N_{\alpha t}$	=	240'583
d	=	365
$n^*_{\alpha t}$	=	659
z	=	16 h
$n_{\alpha t}$	=	41

Tabelle 3: ZRH: Jährliche Starts 2017, Grossflugzeuge, 22-23 Uhr

	RWY16		RWY28		RWY32		RWY34			
RC-Typ	E16	F16	I28	K28	N32	O32	N34	O34	Total	Anteil:
A3103	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0%
A319	0	0	1	2	177	36	5	3	224	7%
A320	4	4	3	5	749	99	32	36	932	29%
A321	4	0	0	0	137	26	8	8	183	6%
A3302	0	0	0	0	2	2	4	0	8	0%
A3303	0	0	0	0	49	60	4	0	113	4%
A3403	2	0	0	0	1	0	234	8	245	8%
A380	0	1	0	0	257	81	0	4	343	11%
AT42	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0%
B7373	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0%
B7374	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0%
B7375	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0%
B7377	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0%
B7378	0	1	1	0	177	44	3	1	227	7%
B7772	0	1	0	0	14	4	8	4	31	1%
B7773	0	3	0	0	20	48	9	11	91	3%
B7878	0	1	1	0	139	42	4	4	191	6%
BCS1	1	0	0	1	96	7	47	10	162	5%
BCS3	0	0	0	0	15	6	14	1	36	1%
C130	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0%
C550	0	0	0	0	6	1	0	0	7	0%
CL65	0	0	0	0	8	3	0	0	11	0%
CL90	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0%
DA90	0	0	0	0	2	0	1	0	3	0%
DC10	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0%
DH8	0	0	1	0	9	9	0	0	19	1%
E145	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0%
E170	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0%
E190	0	0	0	0	22	4	0	1	27	1%
F2TH	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0%
FA7X	0	0	0	0	12	2	0	0	14	0%
FK10	0	0	0	0	92	35	28	30	185	6%
FK70	0	0	0	0	15	2	1	0	18	1%
HS257	0	0	0	0	2	1	0	0	3	0%
LR55	0	0	0	0	3	0	1	0	4	0%
RJ100	0	0	0	0	25	4	40	0	69	2%
SF34	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0%
Total	11	12	7	9	2'050	517	443	121	3'170	
Route	0%	0%	0%	0%	65%	16%	14%	4%	100%	
Piste	1%		1%		81%		18%		100%	

File: ZRH17_RC2018_G8T_22-23_s_rout.txt

Tabelle 4: ZRH: Jährliche Landungen 2017, Grossflugzeuge, 22-23 Uhr

	RWY14	RWY16	RWY28	RWY34		
RC-Typ	S14	T16	P28	Q34	Total	Anteil:
A319	42	5	656	180	883	13%
A320	92	7	2246	477	2'822	43%
A321	61	2	1026	231	1'320	20%
A3303	0	0	1	0	1	0%
A3403	0	0	2	1	3	0%
A380	0	0	0	1	1	0%
AN12	0	0	1	0	1	0%
B7377	5	0	174	40	219	3%
B7378	2	0	67	13	82	1%
B7772	0	0	0	1	1	0%
B7773	0	0	2	1	3	0%
B7878	0	0	0	1	1	0%
BCS1	16	1	245	84	346	5%
BCS3	4	1	34	8	47	1%
C550	2	0	4	2	8	0%
C650	0	0	1	0	1	0%
CL65	1	0	28	6	35	1%
CL90	1	0	5	2	8	0%
DA90	0	0	1	0	1	0%
DH8	5	0	27	8	40	1%
E145	0	0	7	4	11	0%
E170	0	0	22	6	28	0%
E190	19	1	347	92	459	7%
F2TH	0	0	4	2	6	0%
FA7X	0	0	5	1	6	0%
FK10	7	0	119	31	157	2%
FK70	1	0	5	4	10	0%
HS257	0	0	5	1	6	0%
LR55	0	0	4	0	4	0%
RJ100	2	0	53	26	81	1%
Total	260	17	5'091	1'223	6'591	
Route	4%	0%	77%	19%	100%	
Piste	4%	0%	77%	19%	100%	

File: ZRH17_RC2018_G8T_22-23_l_rout.txt

$N_{q,n1}$	=	9'761
d	=	365
$n^*_{q,n1}$	=	27
z	=	1 h
$n_{q,n1}$	=	27

Tabelle 5: ZRH: Jährliche Starts 2017, Grossflugzeuge, 23-05 Uhr

	RWY16			RWY28		RWY32		RWY34			
RC-Typ	E16	F16	G16	I28	K28	N32	O32	N34	O34	Total	Anteil:
A3103	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0%
A319	0	0	0	0	1	21	1	3	2	28	2%
A320	2	0	1	0	0	71	17	26	5	122	7%
A321	0	1	0	0	0	12	22	7	18	60	3%
A3303	0	3	0	0	0	54	145	3	4	209	11%
A3403	18	1	0	0	0	0	0	514	24	557	30%
A380	0	3	0	0	0	10	8	0	0	21	1%
B7377	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0%
B7378	0	1	1	0	0	7	9	0	3	21	1%
B7673	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0%
B7772	0	1	0	0	0	0	0	0	2	3	0%
B7773	0	30	0	0	0	54	221	96	209	610	33%
B7878	0	0	0	1	0	0	7	0	0	8	0%
BCS1	0	0	0	0	0	38	4	42	6	90	5%
BCS3	0	0	0	0	0	4	0	8	1	13	1%
C550	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0%
CL65	0	0	0	0	0	5	3	0	0	8	0%
DH8	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0%
E145	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0%
E190	0	1	0	0	0	3	1	3	0	8	0%
F2TH	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0%
FK10	0	0	0	1	0	13	11	6	14	45	2%
LR35	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0%
LR55	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0%
RJ100	0	0	0	0	0	11	0	8	0	19	1%
Total	20	41	2	2	1	307	454	717	289	1'833	
Route	1%	2%	0%	0%	0%	17%	25%	39%	16%	100%	
Piste	3%			0%		42%		55%		100%	

File: ZRH17_RC2018_G8T_23-05_s_rout.txt

Tabelle 6: ZRH: Jährliche Landungen 2017, Grossflugzeuge, 23-05 Uhr

	RWY14	RWY16	RWY28	RWY34		
RC-Typ	S14	T16	P28	Q34	Total	Anteil:
A319	2	0	41	17	60	8%
A320	27	5	284	89	405	51%
A321	13	2	111	30	156	20%
A3303	0	0	1	0	1	0%
A3403	0	0	0	1	1	0%
A380	0	0	1	0	1	0%
B7377	1	0	3	1	5	1%
B7378	1	0	2	0	3	0%
B7673	0	1	0	0	1	0%
BCS1	5	1	18	8	32	4%
BCS3	0	0	2	1	3	0%
CL65	4	0	35	7	46	6%
CL90	1	0	1	0	2	0%
DH8	0	0	2	0	2	0%
E170	0	0	5	1	6	1%
E190	6	0	26	11	43	5%
FK10	1	0	7	4	12	2%
HS257	0	0	1	0	1	0%
LR55	1	0	1	1	3	0%
RJ100	0	0	4	3	7	1%
Total	62	9	545	174	790	
Route	8%	1%	69%	22%	100%	
Piste	8%	1%	69%	22%	100%	

File: ZRH17_RC2018_G8T_23-05_l_rout.txt

$N_{a,n2}$	=	2'623
d	=	365
$n^*_{a,n2}$	=	7
z	=	1 h
$n_{a,n2}$	=	7

Tabelle 7: ZRH: Jährliche Starts 2017, Grossflugzeuge, 05-06 Uhr

	RWY32			
RC-Typ	N32	O32	Total	Anteil:
C550	0	1	1	50%
CL65	1	0	1	50%
Total	1	1	2	
Route	50%	50%	100%	
Piste	100%		100%	

File: ZRH17_RC2018_G8T_05-06_s_rout.txt

Tabelle 8: ZRH: Jährliche Landungen 2017, Grossflugzeuge, 05-06 Uhr

	RWY14	RWY28		
RC-Typ	S14	P28	Total	Anteil:
C550	1	0	1	25%
CL65	0	2	2	50%
LR55	1	0	1	25%
Total	2	2	4	
Route	50%	50%	100%	
Piste	50%	50%	100%	

File: ZRH17_RC2018_G8T_05-06_l_rout.txt

$N_{q,n3}$	=	6
d	=	365
$n^*_{q,n3}$	=	0
z	=	1 h
$n_{q,n3}$	=	0

Tabelle 9: GVA: Jährliche Starts 2017, Grossflugzeuge, 06-22 Uhr

	RWY05				RWY23						RWY00		
RC-Typ	05EAST	05NORT	05SOUT	05WEST	23KOLO	23KOSH	23MOLU	23NORT	23SOUT	23WEST	DH	Total	Anteil:
A109S	0	9	4	3	0	2	1	14	8	3	0	44	0%
A3103	16	0	0	0	32	0	2	0	1	0	0	51	0%
A319	1189	4107	1027	1371	14	1828	21	6424	2043	2623	0	20'647	25%
A320	1374	3683	2861	1805	3	2177	30	5878	5212	2961	0	25'984	31%
A321	582	292	34	106	40	405	492	397	28	166	0	2'542	3%
A3302	59	0	6	0	6	0	107	0	12	1	0	191	0%
A3303	50	214	156	38	10	16	59	346	252	49	0	1'190	1%
A3403	5	0	11	2	5	0	15	0	12	0	0	50	0%
A3406	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0%
AS332	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	21	23	0%
AT42	70	8	0	0	0	139	0	13	3	4	0	237	0%
B707F	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0%
B7272	1	1	0	1	0	0	1	3	2	0	0	9	0%
B7373	26	70	1	0	16	18	15	73	1	3	0	223	0%
B7374	31	1	0	0	20	32	10	4	1	1	0	100	0%
B7375	29	0	0	1	2	46	1	1	0	0	0	80	0%
B7376	15	18	12	7	0	21	0	38	41	0	0	152	0%
B7377	26	328	21	21	1	58	3	566	30	23	0	1'077	1%
B7378	249	328	280	117	12	231	170	436	460	156	0	2'439	3%
B7474	1	2	3	0	1	0	2	2	3	0	0	14	0%
B74SP	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0%
B7572	137	79	2	0	163	0	65	117	7	0	0	570	1%
B7672	0	1	3	0	0	0	0	1	4	1	0	10	0%
B7673	3	108	8	35	1	0	3	213	3	45	0	419	1%
B7674	2	85	1	21	0	0	1	130	3	36	0	279	0%
B7772	16	0	43	1	4	0	29	3	69	2	0	167	0%
B7773	87	1	139	2	20	0	112	2	233	1	0	597	1%
B7878	12	1	50	1	0	0	10	0	57	0	0	131	0%
BCS1	248	234	57	65	0	424	4	431	134	106	0	1'703	2%
BCS3	88	108	121	97	1	178	2	275	352	213	0	1'435	2%
C130	0	0	2	0	0	0	0	0	5	0	0	7	0%
C172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0%
C550	107	235	203	58	0	200	1	366	376	92	0	1'638	2%
C650	0	3	6	1	1	3	2	9	7	3	0	35	0%
CL65	157	113	91	22	2	280	5	174	234	26	0	1'104	1%
CL90	413	102	7	16	0	723	2	154	16	20	0	1'453	2%
D328	7	2	0	0	0	9	0	3	0	0	0	21	0%
DA20	0	2	7	13	0	0	1	2	6	6	0	37	0%
DA90	61	90	67	10	6	56	31	162	93	24	0	600	1%
DC3	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	6	0%
DH8	33	620	0	0	4	33	2	972	0	0	0	1'664	2%
E145	121	123	143	35	0	185	6	192	234	48	0	1'087	1%
E170	248	152	183	3	0	399	2	278	314	0	0	1'579	2%
E190	1126	808	81	14	8	2016	13	1290	171	24	0	5'551	7%
F18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
F2TH	73	135	144	38	1	146	2	198	285	57	0	1'079	1%
FA7X	68	116	65	18	11	56	47	170	112	41	0	704	1%
FK10	96	0	0	0	0	168	1	2	2	1	0	270	0%
FK70	224	331	262	87	5	338	10	562	414	110	0	2'343	3%
HS257	73	54	55	23	1	123	1	105	96	28	0	559	1%
LR35	21	41	29	5	0	21	2	55	52	11	0	237	0%
LR55	85	193	106	18	0	136	4	323	193	50	0	1'108	1%
MD80	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0%
MD87	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3	0%
RJ100	127	124	19	3	1	104	0	158	34	10	0	580	1%
SB20	366	34	105	50	1	525	1	100	217	71	0	1'470	2%
SF34	3	1	0	0	0	7	0	0	0	2	0	13	0%
Total	7'726	12'960	6'416	4'109	393	11'108	1'290	20'643	11'835	7'019	21	83'520	
Route	9%	16%	8%	5%	0%	13%	2%	25%	14%	8%	0%	100%	
Piste	37%				63%						0%	100%	

File: GVA17_RC2018_G8T_06-22_s_rout.txt

Tabelle 10: GVA: Jährliche Landungen 2017, Grossflugzeuge, 06-22 Uhr

	RWY05	RWY23	RWY00		
RC-Typ	A05C	A23C	AH	Total	Anteil:
A109S	17	29	0	46	0%
A3103	15	36	0	51	0%
A319	7070	11630	0	18'700	24%
A320	8922	14432	0	23'354	30%
A321	1002	1491	0	2'493	3%
A3302	68	131	0	199	0%
A3303	444	826	0	1'270	2%
A3403	22	29	0	51	0%
A3406	0	1	0	1	0%
AS332	0	0	24	24	0%
AT42	73	175	0	248	0%
B707F	1	1	0	2	0%
B7272	4	5	0	9	0%
B7373	99	124	0	223	0%
B7374	30	74	0	104	0%
B7375	30	50	0	80	0%
B7376	55	98	0	153	0%
B7377	332	567	0	899	1%
B7378	950	1467	0	2'417	3%
B7474	5	9	0	14	0%
B74SP	2	0	0	2	0%
B7572	203	396	0	599	1%
B7672	4	6	0	10	0%
B7673	142	278	0	420	1%
B7674	86	193	0	279	0%
B7772	71	111	0	182	0%
B7773	251	395	0	646	1%
B7878	69	76	0	145	0%
BCS1	454	798	0	1'252	2%
BCS3	370	827	0	1'197	2%
C130	2	5	0	7	0%
C172	1	0	0	1	0%
C550	581	1031	0	1'612	2%
C650	12	23	0	35	0%
CL65	392	700	0	1'092	1%
CL90	525	926	0	1'451	2%
D328	11	10	0	21	0%
DA20	18	19	0	37	0%
DA90	228	371	0	599	1%
DC3	0	7	0	7	0%
DH8	605	926	0	1'531	2%
E145	395	686	0	1'081	1%
E170	526	819	0	1'345	2%
E190	1828	3062	0	4'890	6%
F18	0	5	0	5	0%
F2TH	390	675	0	1'065	1%
FA7X	258	433	0	691	1%
FK10	98	171	0	269	0%
FK70	862	1474	0	2'336	3%
HS257	212	341	0	553	1%
LR35	97	136	0	233	0%
LR55	417	684	0	1'101	1%
MD80	0	1	0	1	0%
MD87	0	3	0	3	0%
RJ100	200	248	0	448	1%
SB20	546	886	0	1'432	2%
SF34	5	8	0	13	0%
Total	29'000	47'905	24	76'929	
Route	38%	62%	0%	100%	
Piste	38%	62%	0%	100%	

File: GVA17_RC2018_G8T_06-22_l_rout.txt

$N_{a,t}$	=	160'449
d	=	365
$n^*_{a,t}$	=	440
z	=	16 h
$n_{a,t}$	=	27

Tabelle 11: GVA: Jährliche Starts 2017, Grossflugzeuge, 22-23 Uhr

	RWY05				RWY23						RWY00		
RC-Typ	05EAST	05NORT	05SOUT	05WEST	23KOLO	23KOSH	23MOLU	23NORT	23SOUT	23WEST	DH	Total	Anteil:
A319	1	79	6	9	0	17	1	166	27	29	0	335	23%
A320	42	174	16	38	0	96	2	311	36	57	0	772	52%
A321	22	3	0	0	0	13	12	2	0	0	0	52	4%
A3302	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	4	0%
A3303	1	0	11	0	0	5	2	0	56	0	0	75	5%
A3403	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0%
AS332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0%
AT42	3	1	0	0	0	6	0	1	0	0	0	11	1%
B7374	0	1	0	0	1	0	1	2	0	0	0	5	0%
B7377	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0%
B7378	1	0	2	0	0	1	1	3	5	2	0	15	1%
B7572	2	0	0	0	11	0	12	0	0	0	0	25	2%
B7673	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0%
B7772	2	0	3	0	0	0	3	0	7	0	0	15	1%
B7773	7	0	9	0	0	0	7	0	23	0	0	46	3%
B7878	1	0	5	0	0	0	2	0	5	0	0	13	1%
BCS1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	2	0	5	0%
BCS3	1	2	0	1	0	7	0	4	0	0	0	15	1%
C550	3	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	7	0%
CL65	1	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	6	0%
CL90	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0%
DA90	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0%
DH8	0	2	0	0	1	0	0	12	0	0	0	15	1%
E145	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0%
E170	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0%
E190	1	1	2	0	0	2	0	3	1	0	0	10	1%
FA7X	0	0	1	0	0	0	1	2	1	0	0	5	0%
FK70	2	3	2	0	0	4	0	2	5	2	0	20	1%
HS257	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0%
LR35	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0%
LR55	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0%
RJ100	1	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	6	0%
SB20	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0%
Total	93	267	62	48	14	163	46	517	174	92	1	1'477	
Route	6%	18%	4%	3%	1%	11%	3%	35%	12%	6%	0%	100%	
Piste	32%				68%						0%	100%	

File: GVA17_RC2018_G8T_22-23_s_rout.txt

Tabelle 12: GVA: Jährliche Landungen 2017, Grossflugzeuge, 22-23 Uhr

	RWY05	RWY23		
RC-Typ	A05C	A23C	Total	Anteil:
A319	617	1098	1'715	30%
A320	964	1496	2'460	43%
A321	34	53	87	2%
A3303	1	1	2	0%
B7374	2	1	3	0%
B7377	55	112	167	3%
B7378	15	22	37	1%
B7773	0	2	2	0%
BCS1	68	133	201	3%
BCS3	37	92	129	2%
C550	4	6	10	0%
CL65	3	7	10	0%
CL90	0	4	4	0%
DA90	2	3	5	0%
DH8	42	77	119	2%
E145	1	6	7	0%
E170	55	119	174	3%
E190	193	316	509	9%
F2TH	5	2	7	0%
FA7X	5	3	8	0%
FK10	1	0	1	0%
FK70	6	16	22	0%
HS257	1	1	2	0%
LR35	0	1	1	0%
LR55	2	7	9	0%
RJ100	23	34	57	1%
SB20	10	22	32	1%
Total	2'136	3'612	5'748	
Route	37%	63%	100%	
Piste	37%	63%	100%	

File: GVA17_RC2018_G8T_22-23_l_rout.txt

$N_{q,n1}$	=	7'225
d	=	365
$n^*_{q,n1}$	=	20
z	=	1 h
$n_{q,n1}$	=	20

Tabelle 13: GVA: Jährliche Starts 2017, Grossflugzeuge, 23-05 Uhr

	RWY05				RWY23							
RC-Typ	05EAST	05NORT	05SOUT	05WEST	23KOLO	23KOSH	23MOLU	23NORT	23SOUT	23WEST	Total	Anteil:
A319	1	14	2	4	0	0	1	37	5	6	70	22%
A320	4	21	6	6	0	3	0	92	8	11	151	46%
A321	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	5	2%
A3302	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	1%
A3303	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0	7	2%
B7374	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	3	1%
B7376	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0%
B7377	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0%
B7378	0	0	2	0	0	0	1	2	0	0	5	2%
B7572	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	4	1%
B7773	0	0	1	0	0	0	2	0	2	0	5	2%
B7878	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0%
BCS1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0%
BCS3	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	4	1%
C550	1	0	0	0	0	0	0	3	1	0	5	2%
C650	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0%
CL65	0	1	1	0	0	2	2	2	0	0	8	2%
CL90	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0%
DA90	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1%
DH8	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	1%
E145	1	0	2	0	0	0	0	2	2	0	7	2%
E170	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%
E190	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1%
F2TH	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	1%
FA7X	1	0	4	0	0	0	1	0	0	2	8	2%
FK70	2	1	3	0	0	3	0	1	5	2	17	5%
LR35	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1%
LR55	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	1%
SB20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0%
Total	14	43	28	12	1	9	11	152	31	24	325	
Route	4%	13%	9%	4%	0%	3%	3%	47%	10%	7%	100%	
Piste	30%				70%						100%	

File: GVA17_RC2018_G8T_23-05_s_rout.txt

Tabelle 14: GVA: Jährliche Landungen 2017, Grossflugzeuge, 23-05 Uhr

	RWY05	RWY23		
RC-Typ	A05C	A23C	Total	Anteil:
A319	176	455	631	24%
A320	337	755	1092	42%
A321	9	11	20	1%
B707F	0	1	1	0%
B7377	5	8	13	0%
B7378	2	2	4	0%
BCS1	89	168	257	10%
BCS3	34	99	133	5%
C550	11	18	29	1%
C650	0	1	1	0%
CL65	4	12	16	1%
CL90	2	0	2	0%
DA90	1	1	2	0%
DH8	12	21	33	1%
E145	3	8	11	0%
E170	31	32	63	2%
E190	55	110	165	6%
F2TH	3	5	8	0%
FA7X	8	9	17	1%
FK70	10	17	27	1%
HS257	2	4	6	0%
LR35	4	2	6	0%
LR55	2	3	5	0%
RJ100	32	48	80	3%
SB20	1	5	6	0%
Total	832	1790	2622	
Route	32%	68%	100%	
Piste	32%	68%	100%	

File: GVA17_RC2018_G8T_23-05_l_rout.txt

$N_{a,n2}$	=	2'947
d	=	365
$n^*_{a,n2}$	=	8
z	=	1 h
$n_{a,n2}$	=	8

Tabelle 15: GVA: Jährliche Starts 2017, Grossflugzeuge, 05-06 Uhr

	RWY23		
RC-Typ	23SOUT	Total	Anteil:
CL65	1	1	100%
Total	1	1	
Route	100%	100%	
Piste	100%	100%	

File: GVA17_RC2018_G8T_05-06_s_rout.txt

Tabelle 16: GVA: Jährliche Landungen 2017, Grossflugzeuge, 05-06 Uhr

	RWY05		
RC-Typ	A05C	Total	Anteil:
CL65	1	1	100%
Total	1	1	
Route	100%	100%	
Piste	100%	100%	

File: GVA17_RC2018_G8T_05-06_l_rout.txt

$N_{q,n3}$	=	2
d	=	365
$n^*_{q,n3}$	=	0
z	=	1 h
$n_{q,n3}$	=	0

Tabelle 17: ZRH: Prozentualer Anteil FT- und VG-Starts pro Typ und Route in der Simulation, 06-22 Uhr

RC	Performance	A10	C10	E16	F16	G16	I28	K28	N32	N34	O32	O34
A319	VG	90	73	91	85	-	89	93	79	90	71	83
	FT	10	27	9	15	-	11	7	21	10	29	17
A320	VG	73	70	35	17	-	68	63	61	45	55	38
	FT	27	30	65	83	-	32	37	39	55	45	62
A321	VG	62	79	6	12	50	77	56	54	89	68	88
	FT	38	21	94	88	50	23	44	46	11	32	12
A3302	VG	100	100	4	14	-	99	92	100	100	100	100
	FT	0	0	96	86	-	1	8	0	0	0	0
A3303	VG	0	87	4	8	0	99	88	19	4	29	0
	FT	100	13	96	92	100	1	12	81	96	71	100
A3403	VG	100	100	33	30	-	100	94	100	23	100	5
	FT	0	0	67	70	-	0	6	0	77	0	95
B7772	VG	100	-	30	58	-	100	100	100	100	100	100
	FT	0	-	70	42	-	0	0	0	0	0	0
B7773	VG	67	100	9	54	-	100	100	43	32	66	45
	FT	33	0	91	46	-	0	0	57	68	34	55
BCS1	VG	28	26	0	33	-	25	36	32	37	42	50
	FT	72	74	100	67	-	75	64	68	63	58	50
BCS3	VG	-	100	-	29	-	75	85	79	67	70	-
	FT	-	0	-	71	-	25	15	21	33	30	-
RJ100	VG	85	55	100	33	-	70	77	55	0	51	100
	FT	15	45	0	67	-	30	23	45	100	49	0

Files: ZRH17_RC2018_G8T_06-22_*_ SIM_FLUEGE.LIS

Tabelle 18: ZRH: Prozentualer Anteil FT- und VG-Starts pro Typ und Route in der Simulation, 22-23 Uhr

RC	Performance	E16	F16	I28	K28	N32	N34	O32	O34
A319	VG	-	-	100	100	90	60	86	67
	FT	-	-	0	0	10	40	14	33
A320	VG	50	25	67	80	73	81	71	81
	FT	50	75	33	20	27	19	29	19
A321	VG	0	-	-	-	56	25	54	13
	FT	100	-	-	-	44	75	46	88
A3303	VG	-	-	-	-	98	0	95	-
	FT	-	-	-	-	2	100	5	-
B7773	VG	-	33	-	-	15	33	6	18
	FT	-	67	-	-	85	67	94	82
BCS1	VG	0	-	-	0	56	77	29	60
	FT	100	-	-	100	44	23	71	40
BCS3	VG	-	-	-	-	93	86	33	100
	FT	-	-	-	-	7	14	67	0
RJ100	VG	-	-	-	-	80	88	25	-
	FT	-	-	-	-	20	13	75	-

Files: ZRH17_RC2018_G8T_22-23_*_ SIM_FLUEGE.LIS

Tabelle 19: ZRH: Prozentualer Anteil FT- und VG-Starts pro Typ und Route in der Simulation, 23-05 Uhr

RC	Performance	E16	F16	G16	K28	N32	N34	O32	O34
A319	VG	-	-	-	100	90	67	100	100
	FT	-	-	-	0	10	33	0	0
A320	VG	50	-	0	-	79	62	53	60
	FT	50	-	100	-	21	38	47	40
A321	VG	-	100	-	-	20	14	14	0
	FT	-	0	-	-	80	86	86	100
A3303	VG	-	100	-	-	96	0	96	100
	FT	-	0	-	-	4	100	4	0
A3403	VG	0	0	-	-	-	1	-	4
	FT	100	100	-	-	-	99	-	96
B7773	VG	-	0	-	-	4	0	2	0
	FT	-	100	-	-	96	100	98	100
BCS1	VG	-	-	-	-	42	45	50	33
	FT	-	-	-	-	58	55	50	67
RJ100	VG	-	-	-	-	64	86	-	-
	FT	-	-	-	-	36	14	-	-

Files: ZRH17_RC2018_G8T_23-05_*_ SIM_FLUEGE.LIS

Tabelle 20: GVA: Prozentualer Anteil FT- und VG-Starts pro Typ und Route in der Simulation, 06-22 Uhr

RC	Performance	05EAST	05NORT	05SOUT	05WEST	23KOLO	23KOSH	23MOLU	23NORT	23SOUT	23WEST
A319	VG	92	97	97	96	79	92	90	93	98	98
	FT	8	3	3	4	21	8	10	7	2	2
A320	VG	91	95	95	95	67	89	93	97	95	95
	FT	9	5	5	5	33	11	7	3	5	5
A321	VG	96	99	100	100	100	95	95	98	100	99
	FT	4	1	0	0	0	5	5	2	0	1
A3303	VG	100	59	99	26	100	100	100	51	100	45
	FT	0	41	1	74	0	0	0	49	0	55
BCS1	VG	64	32	30	9	-	59	33	24	25	10
	FT	36	68	70	91	-	41	67	76	75	90
BCS3	VG	99	94	53	41	100	94	0	88	59	35
	FT	1	6	47	59	0	6	100	12	41	65
RJ100	VG	97	65	84	67	100	94	-	59	79	20
	FT	3	35	16	33	0	6	-	41	21	80

Files: GVA17_RC2018_G8T_06-22_*_ SIM_FLUEGE.LIS

Tabelle 21: GVA: Prozentualer Anteil FT- und VG-Starts pro Typ und Route in der Simulation, 22-23 Uhr

RC	Performance	05EAST	05NORT	05SOUT	05WEST	23KOSH	23MOLU	23NORT	23SOUT	23WEST
A319	VG	100	100	100	100	94	100	98	100	100
	FT	0	0	0	0	6	0	2	0	0
A320	VG	100	97	100	100	100	100	98	100	100
	FT	0	3	0	0	0	0	2	0	0
BCS3	VG	0	100	-	0	80	-	100	-	-
	FT	100	0	-	100	20	-	0	-	-

Files: GVA17_RC2018_G8T_22-23_*_ SIM_FLUEGE.LIS



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Zürich

Jahresbelastung 2017
berechnet mit RC2018

Karte 01

Gesamtverkehr
Tag (06 bis 22 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_t

Kennzahlen Flugbetrieb:
Grossflugzeuge, Tag:
T = 16h
$N_{g,t}$ =240'583, $n^*_{g,t}$ = 659
Kleinluftfahrzeuge:
T = 12h
N_k = 17'449, n^*_k = 48
GF = 1.298, K = 0.657 dB

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb
N = jährliche Flugbewegungszahlen
n* = tägliche Flugbewegungszahlen im Jahresmittel
GF = Gewichtsfaktor Spitzenbetrieb
K = Pegelkorrektur

Fluglärmbelastung
Lr_t (53 bis 70 dB)

Massstab: 1:275'000
4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.01.2019 / jad

[01_ZRH17_RC2018_Tag_Lrt.mxd]
[LRTZRH17_RC2018.shp]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Zürich

Jahresbelastung 2017 berechnet mit RC2018

Karte 02

Grossflugzeuge
1. Nachtstunde (22 bis 23 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_n

Kennzahlen Flugbetrieb:
Grossflugzeuge, 1. Nachtstunde:
T = 1h
$N_{g,n1}$ = 9'761, $n^*_{g,n1}$ = 27

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb

N = jährliche Flugbewegungszahlen
n* = tägliche Flugbewegungszahlen im Jahresmittel

Fluglärmbelastung

Lr_n (43 bis 70 dB)

Massstab: 1:275'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 11.02.2019 / jad

[02_ZRH17_RC2018_Lrn1.mxd]
[SL01ZRH17_RC2018_G8T_22_23.shp]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Zürich

Jahresbelastung 2017
berechnet mit RC2018

Karte 03

Grossflugzeuge
2. Nachtstunde (23 bis 24 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_n

Kennzahlen Flugbetrieb:
Grossflugzeuge, 2. Nachtstunde:
T = 1h
$N_{g,n2}$ = 2'623, $n^*_{g,n2}$ = 7

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb

N = jährliche Flugbewegungszahlen
n* = tägliche Flugbewegungszahlen
im Jahresmittel

Fluglärmbelastung

Lr_n (43 bis 65 dB)

Massstab: 1:275'000
4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.01.2019 / jad

[03_ZRH17_RC2018_Lrn2.mxd]
[SL01ZRH17_RC2018_G8T_23_05.shp]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Zürich

Vergleich Jahresbelastung 2017, berechnet mit RC2018 und RC2012

Karte 04

Gesamtverkehr
Tag (06 bis 22 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_t

Legende

Fluglärmbelastung

RC2012: L_{rt} (53 bis 65 dB)
RC2018: L_{rt} (53 bis 65 dB)

Differenzen (Δ RC2018-RC2012)

Δ ≤ -1 dB | 0 dB | Δ > +1 dB

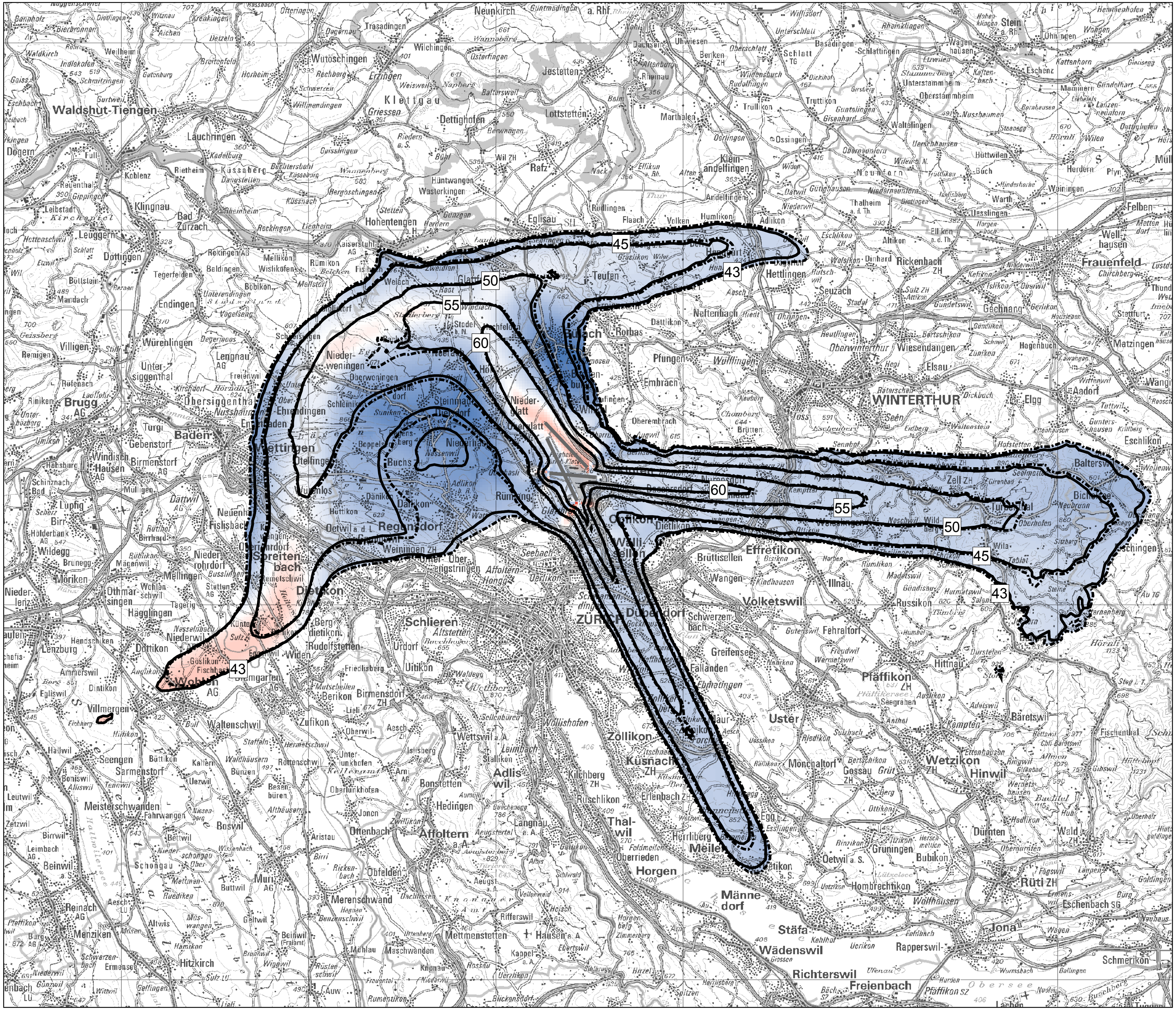
Massstab: 1:275'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.03.2019 / jad

[04_ZRH17_RC2018_RC2012_vglLRT.mxd]
[LRTZRH17.shp]
[LRTZRH17_RC2018.shp]
[LRTZRH17_diff_RC2018_RC2012.asc]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Zürich

Vergleich Jahresbelastung 2017, berechnet mit RC2018 und RC2012

Karte 05

Grossflugzeuge
1. Nachtstunde (22 bis 23 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_n

Legende

Fluglärmbelastung

RC2012: L_{rn1} (43 bis 60 dB)
RC2018: L_{rn1} (43 bis 60 dB)

Differenzen (Δ RC2018-RC2012)

Δ ≤ -1 dB 0 dB Δ > +1 dB

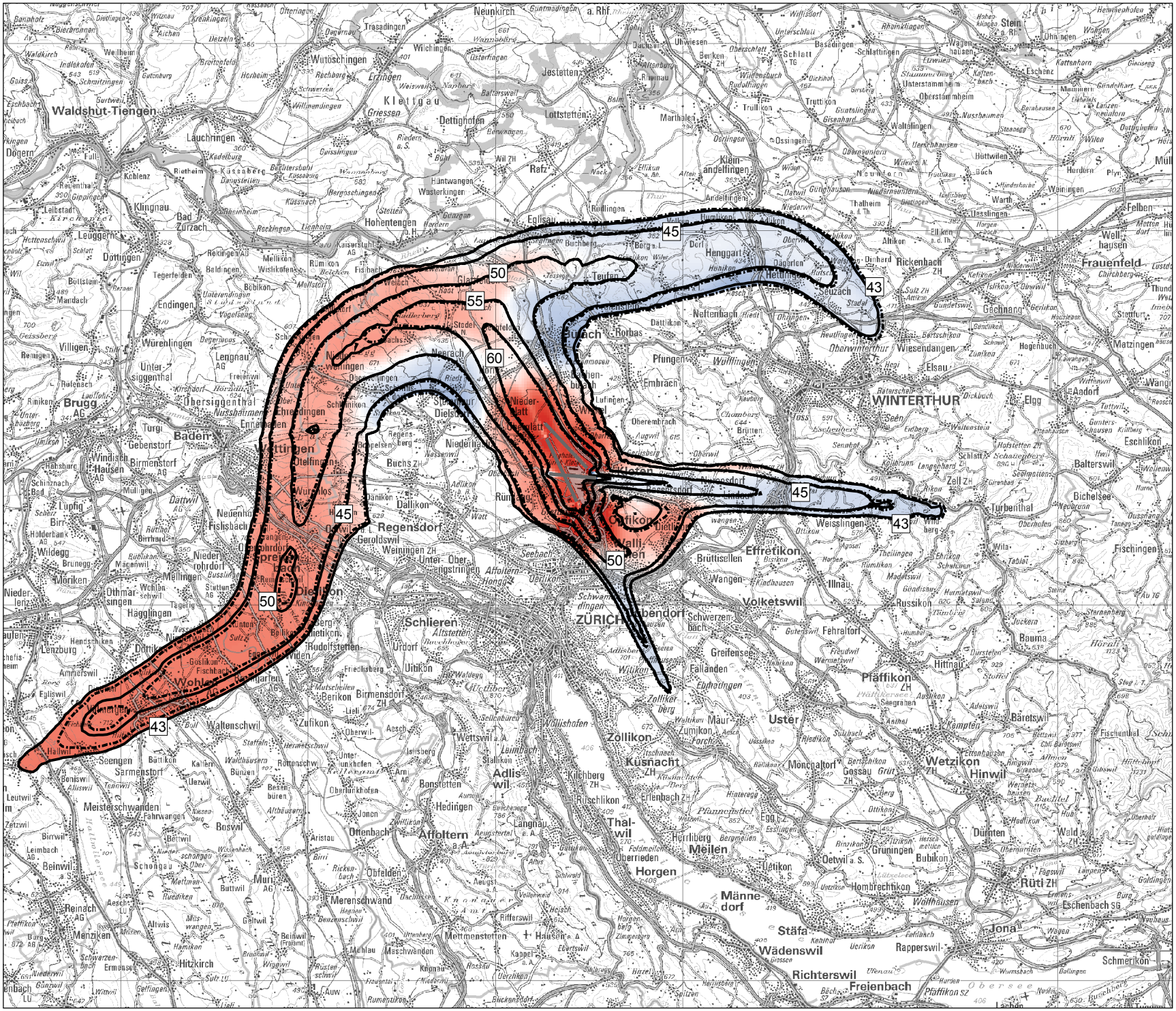
Massstab: 1:275'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.03.2019 / jad

[05_ZRH17_RC2018_RC2012_vglLRN1.mxd]
[SL01ZRH17_G8T_22_23.shp]
[SL01ZRH17_RC2018_G8T_22_23.shp]
[SL01ZRH17_N1_diff_RC2018_RC2012.asc]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Zürich

Vergleich Jahresbelastung 2017, berechnet mit RC2018 und RC2012

Karte 06

Grossflugzeuge
2. Nachtstunde (23 bis 05 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_n

Legende

Fluglärmbelastung

RC2012: L_{rn2} (43 bis 60 dB)
RC2018: L_{rn2} (43 bis 60 dB)

Differenzen (Δ RC2018-RC2012)

Δ ≤ -1 dB | 0 dB | Δ > +1 dB

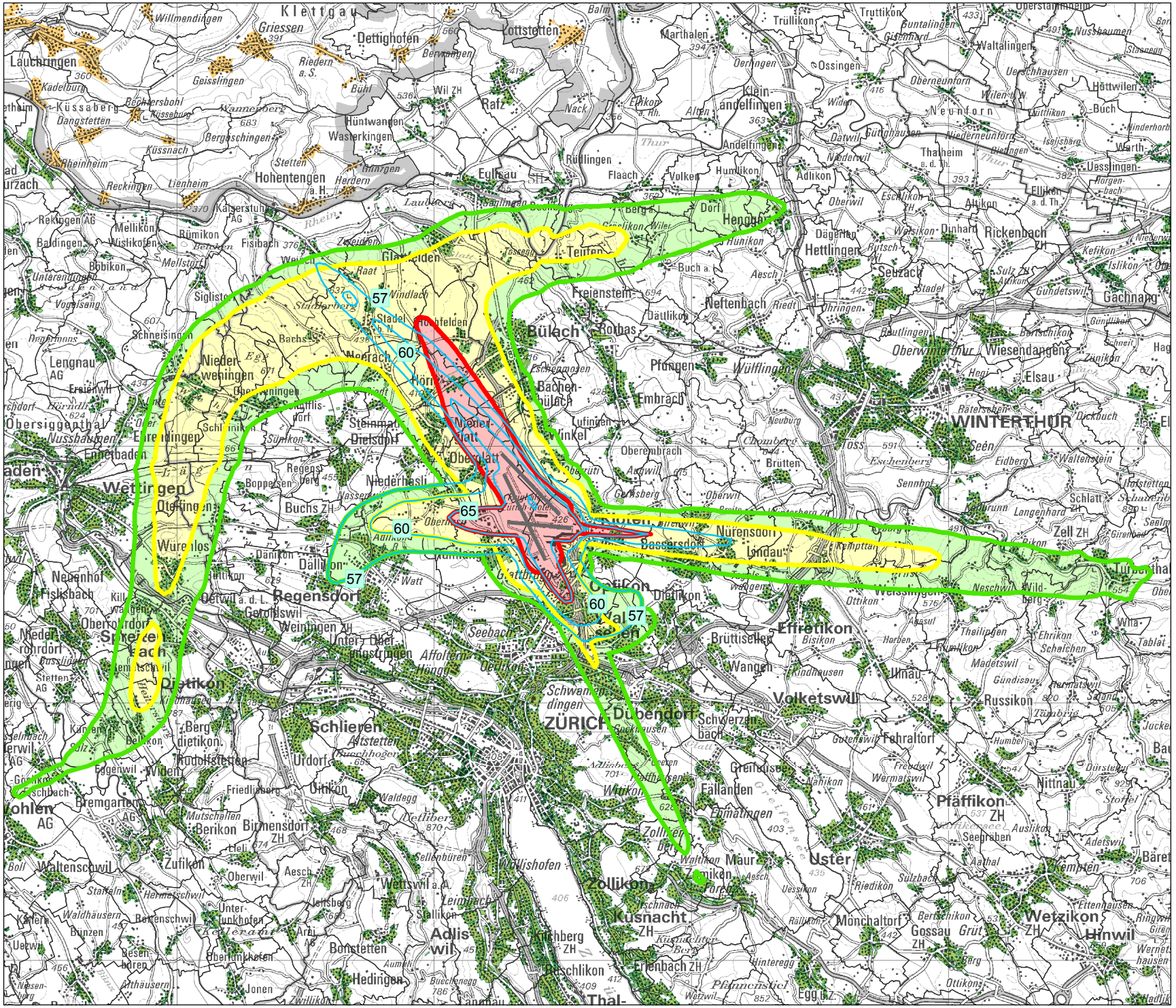
Massstab: 1:275'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.03.2019 / jad

[06_ZRH17_RC2018_RC2012_vglLRN2.mxd]
[SL01ZRH17_G8T_23_05.shp]
[SL01ZRH17_RC2018_G8T_23_05.shp]
[SL01ZRH17_N2_diff_RC2018_RC2012.asc]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Zürich

Jahresbelastung 2017 berechnet mit RC2018

Karte 07

Gebiete der ES II über den Belastungsgrenzwerten der LSV

Legende

Grenzwertkurven ES II (Umhüllende Tag und Nacht)

- PW (Lr_k: 55 dB; Lr_t: 57 dB; Lr_{n1}: 50 dB; $Lr_{n2,3}$: 47 dB)
- IGW (Lr_k: 60 dB; Lr_t: 60 dB; Lr_{n1}: 55 dB; $Lr_{n2,3}$: 50 dB)
- AW (Lr_k: 70 dB; Lr_t: 65 dB; Lr_{n1}: 65 dB; $Lr_{n2,3}$: 60 dB)

Fluglärmbelastung Tag (06 bis 22 Uhr)

- Lr_t (57, 60 und 65 dB)

Nutzungsplanung und Siedlungsgebiete

- ES II
- Siedlungs- und Verkehrsfläche D

Gemeindegrenzen

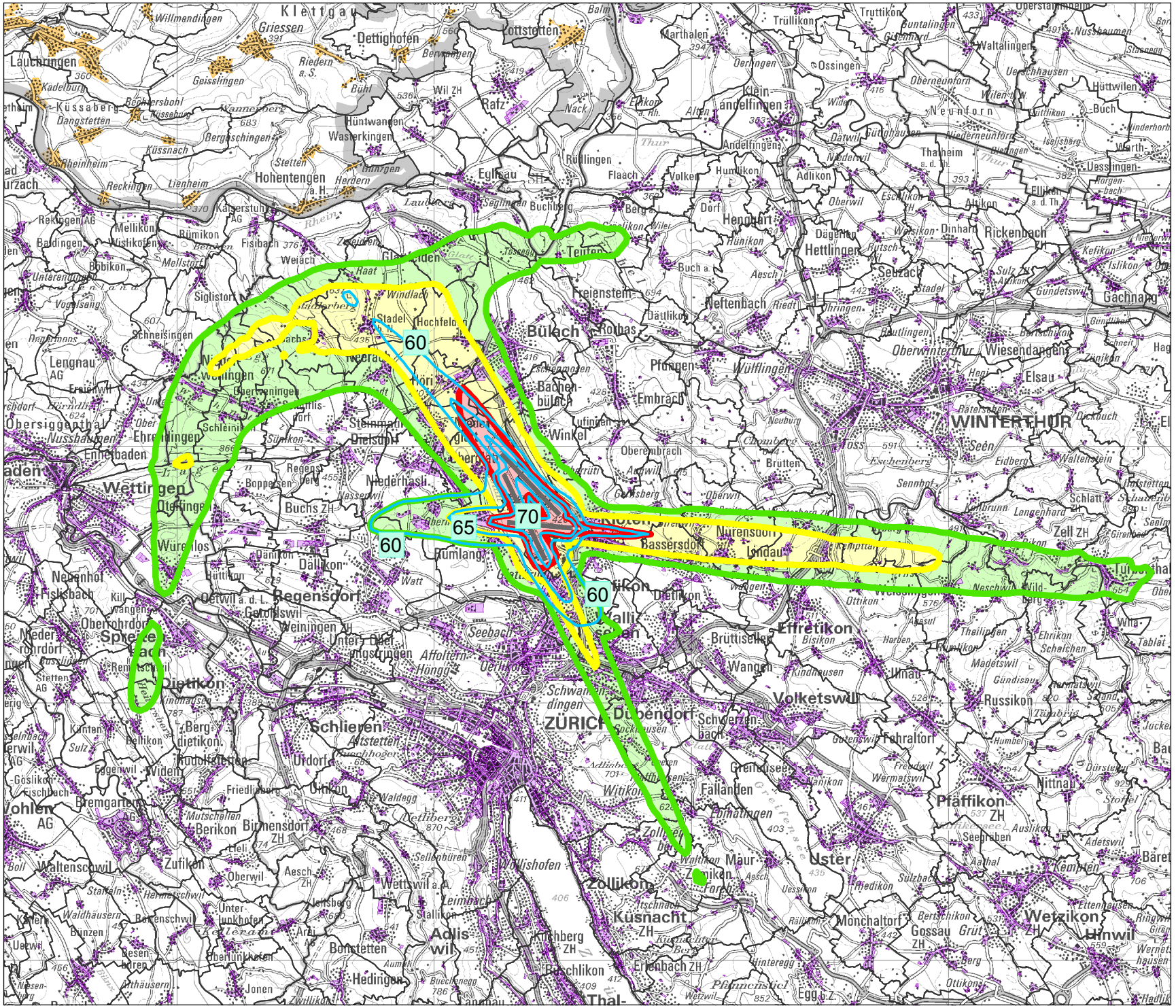
- Gemeindegrenzen CH und D

Massstab: 1:200'000
4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Nutzungszonen:	ZH: ARE Kt. ZH, 04.07.2016 AG: BVU Kt. AG, 04.07.2016 TG: AGI Kt. TG, 06.07.2016 SH: Baudep. Kt. SH, 29.06.2012
Gemeindegrenzen:	Vector25, Mai 2008
Grenzwerte:	LSV vom 15. Dezember 1986 (Stand 1. Januar 2016)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.01.2019 / jad

[07_ZRH17_RC2018_GWK_ESII.mxd]
[GWK_ZRH17_RC2018.shp]
[LRTZRH17_RC2018.shp] [Bauzonen 2016]
[geostat_2008.shp] [d_gemeinde_d_sdlgbt]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Zürich

Jahresbelastung 2017
berechnet mit RC2018

Karte 08

Gebiete der ES III über den Belastungsgrenzwerten der LSV

Legende

Grenzwertkurven ES III
(Umhüllende Tag und Nacht)

- PW (Lr_k: 60 dB; Lr_t: 60 dB; $Lr_{n1,2,3}$: 50 dB)
- IGW (Lr_k: 65 dB; Lr_t: 65 dB; $Lr_{n1,2,3}$: 55 dB)
- AW (Lr_k: 70 dB; Lr_t: 70 dB; $Lr_{n1,2,3}$: 65 dB)

Fluglärmbelastung Tag (06 bis 22 Uhr)

- Lr_t (60, 65 und 70 dB)

Nutzungsplanung und Siedlungsgebiete

- ES III
- Siedlungs- und Verkehrsfläche D

Gemeindegrenzen

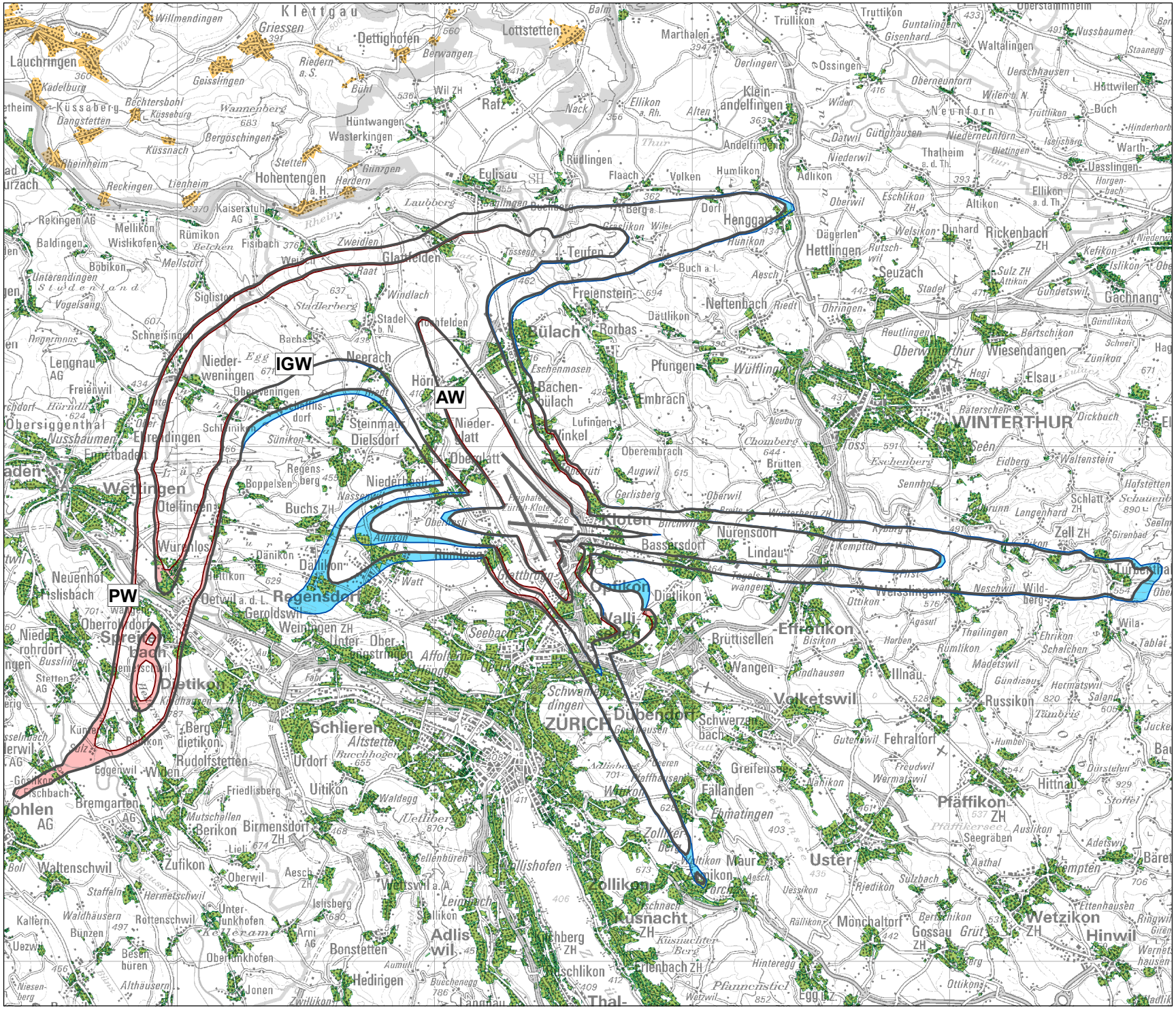
- Gemeindegrenzen CH und D

Massstab: 1:200'000
4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Nutzungszonen:	ZH: ARE Kt. ZH, 04.07.2016 AG: BVU Kt. AG, 04.07.2016 TG: AGI Kt. TG, 06.07.2016 SH: Baudep. Kt. SH, 29.06.2012
Gemeindegrenzen:	Vector25, Mai 2008
Grenzwerte:	LSV vom 15. Dezember 1986 (Stand 1. Januar 2016)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.01.2019 / jad

[08_ZRH17_RC2018_GWK_ESIII.mxd]
[GWK_ZRH17_RC2018.shp]
[LRTZRH17_RC2018.shp] [Bauzonen 2016]
[geostat_2008.shp] [d_gemeinde_d_sdlgbt]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Zürich

Jahresbelastung 2017
berechnet mit RC2018

Karte 09

Vergleich der Grenzwertkurven der ES II zwischen Berechnungen mit RC2012 und RC2018

Legende

Grenzwertkurven ES II
(Umhüllende Tag und Nacht)

PW, IGW, AW berechnet mit RC2018

Zuwachs / Abnahme der Grenzwertkurven

Alte Gebiete aus Berechnung mit RC2012

Neue Gebiete aus Berechnung mit RC2018

Nutzungsplanung und Siedlungsgebiete

ES II

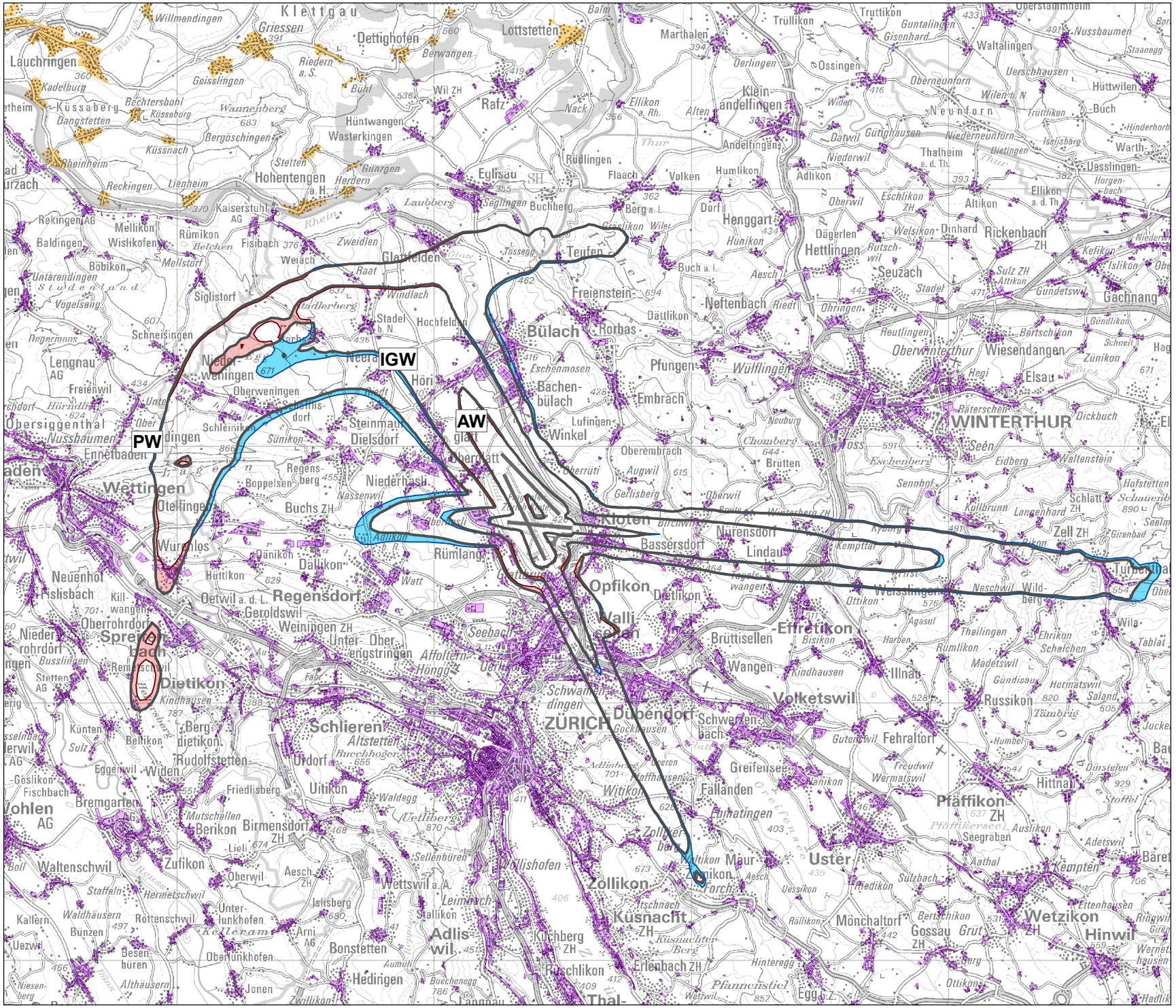
Siedlungs- und Verkehrsfläche D

Massstab: 1:200'000
4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Nutzungszonen:	ZH: ARE Kt. ZH, 04.07.2016 AG: BVU Kt. AG, 04.07.2016 TG: AGI Kt. TG, 06.07.2016 SH: Baudep. Kt. SH, 29.06.2012
Grenzwerte:	LSV vom 15. Dezember 1986 (Stand 1. Januar 2016)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.01.2019 / jad

[09_ZRH17_RC2018_RC2012_vglGWK_ESII.mxd]
[GWK_ZRH17_RC2018.shp]
[d_gemeinde_d_sdlgbt] [ESII_RC2018_RC2012.shp]
[Bauzonen 2016]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Zürich

Jahresbelastung 2017
berechnet mit RC2018

Karte 10

Vergleich der Grenzwertkurven der ES III zwischen Berechnungen mit RC2012 und RC2018

Legende

Grenzwertkurven ES III
(Umhüllende Tag und Nacht)

PW, IGW, AW berechnet mit RC2018

Zuwachs / Abnahme der Grenzwertkurven

Alte Gebiete aus Berechnung mit RC2012

Neue Gebiete aus Berechnung mit RC2018

Nutzungsplanung und Siedlungsgebiete

ES III

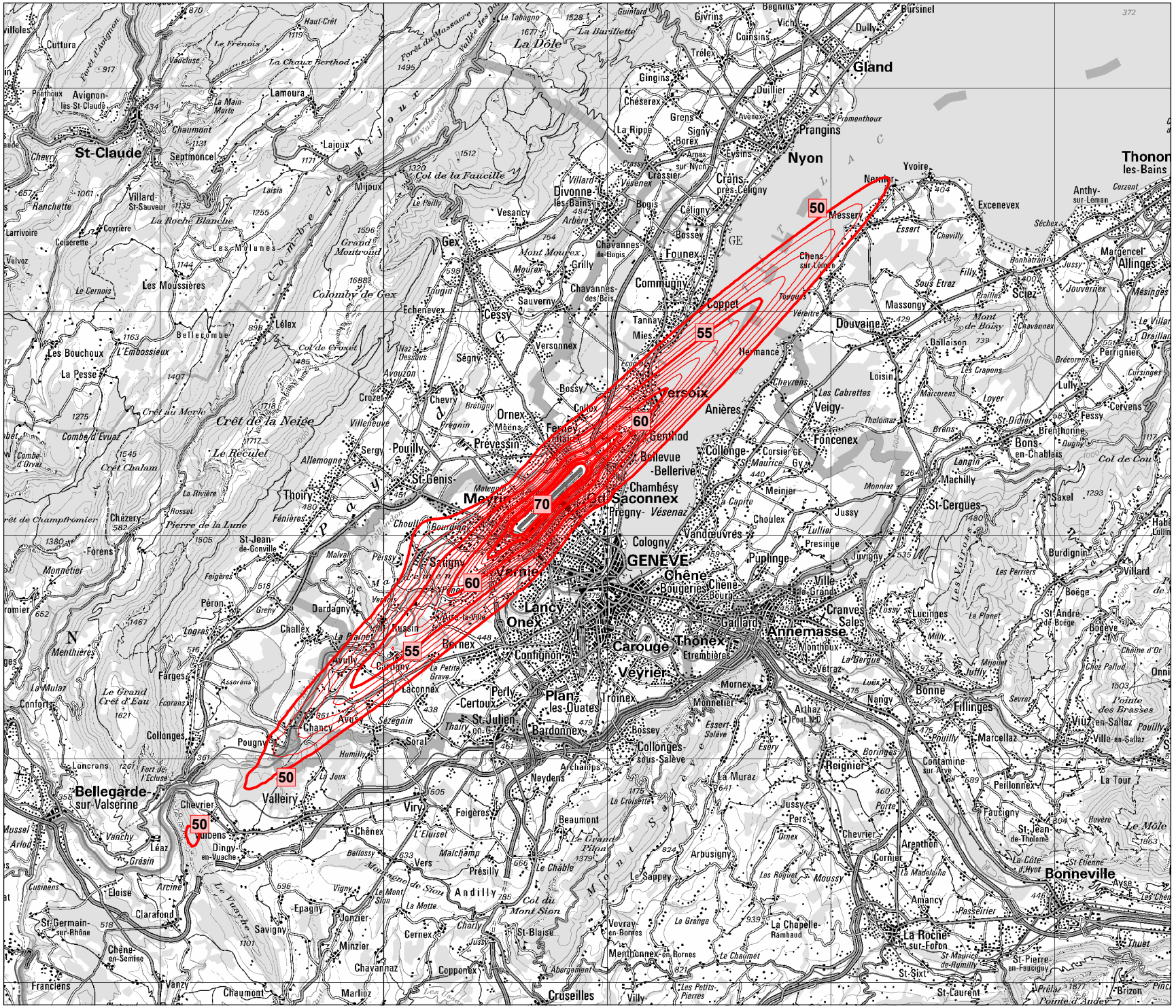
Siedlungs- und Verkehrsfläche D

Massstab: 1:200'000
4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Nutzungszonen:	ZH: ARE Kt. ZH, 04.07.2016 AG: BVU Kt. AG, 04.07.2016 TG: AGI Kt. TG, 06.07.2016 SH: Baudep. Kt. SH, 29.06.2012
Grenzwerte:	LSV vom 15. Dezember 1986 (Stand 1. Januar 2016)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.01.2019 / jad

[10_ZRH17_RC2018_RC2012_vglGWK_ESIII.mxd]
[GWK_ZRH17_RC2018.shp] [d_gemeinde_d_sdlgbt]
[ESIII_RC2018_RC2012.shp]
[Bauzonen 2016]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Jahresbelastung 2017 berechnet mit RC2018

Karte 11

Gesamtverkehr
Tag (06 bis 22 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_t

Kennzahlen Flugbetrieb:
Grossflugzeuge, Tag:
T = 16h
$N_{g,t}$ =160'449, $n^*_{g,t}$ = 27.5

Kleinluftfahrzeuge:
T = 12h
N_k = 20'102, n_k = 5.7
K_{GF} = 0.913 dB, K = 1.271 dB

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb

N = jährliche Flugbewegungszahlen
n = stündliche Flugbewegungszahlen
K = Pegelkorrektur
K_{GF} = Korrekturfaktor Hochrechnung auf Mittelbetrieb

Fluglärmbelastung

Lr_t (50 - 70 dB)

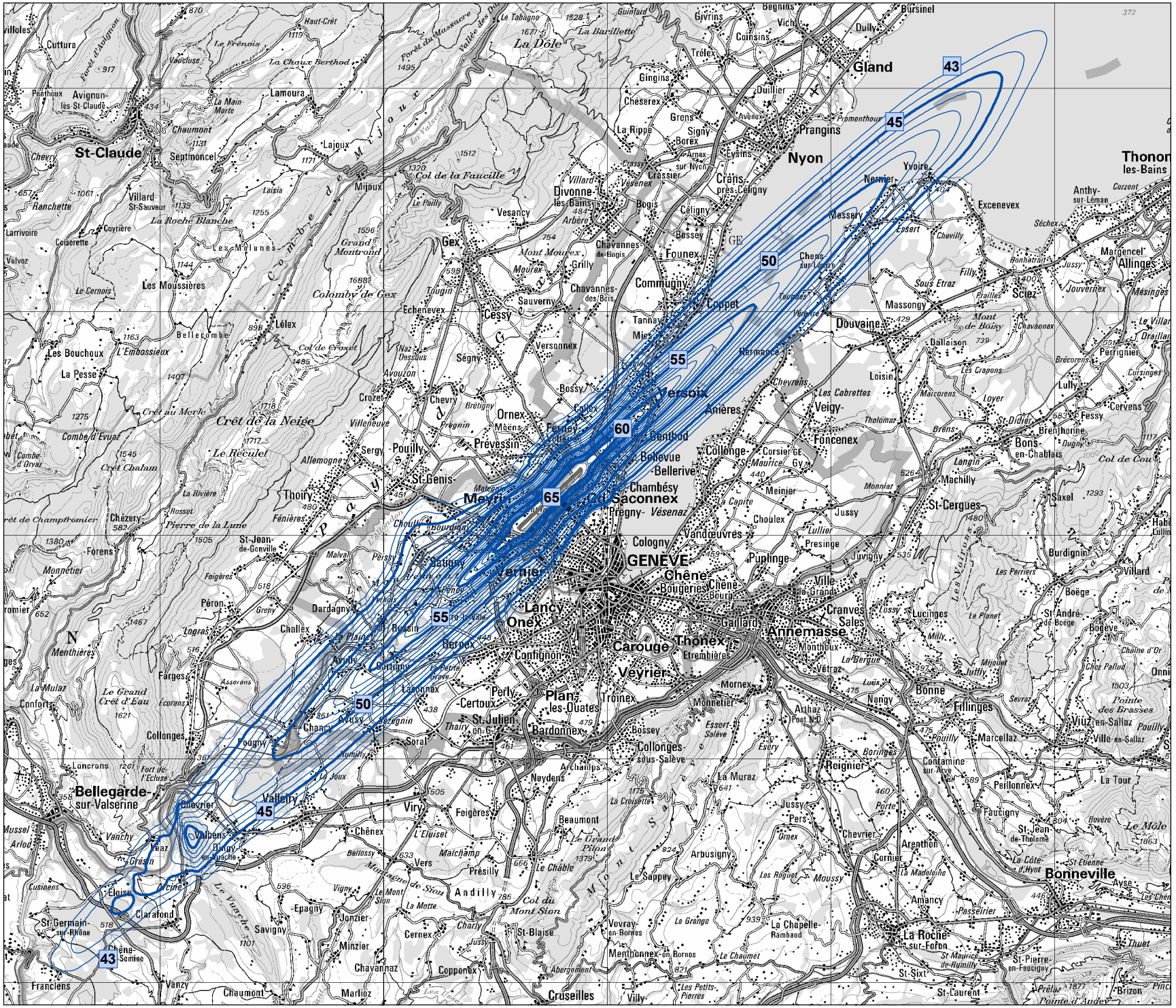
Massstab: 1:230'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.01.2019 / jad

[11_GVA17_RC2018_Lrt.mxd]
[LRT_GVA17_RC2018]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Jahresbelastung 2017
berechnet mit RC2018

Karte 12

Grossflugzeuge
1. Nachtstunde (22 bis 23 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_{n1}

Kennzahlen Flugbetrieb:
Grossflugzeuge, 1. Nachtstunde:
T = 1h
$N_{g,n1}$ =7'257, $n^*_{g,n1}$ = 19.9

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb
N = jährliche Flugbewegungszahlen
n = stündliche Flugbewegungszahlen

Fluglärmbelastung

Lr_{n1} (43 - 65 dB)

Massstab: 1:230'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.01.2019 / jad

[12_GVA17_RC2018_Lrn1.mxd]
[SL01GVA17_RC2018_G8T_22_23.shp]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Jahresbelastung 2017
berechnet mit RC2018

Karte 13

Grossflugzeuge
2. Nachtstunde (23 bis 24 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_{n2}

Kennzahlen Flugbetrieb:
Grossflugzeuge, 2. Nachtstunde:
T = 1h
$N_{g,n2}$ =2'953, $n^*_{g,n2}$ = 8.1

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb

N = jährliche Flugbewegungszahlen
n = stündliche Flugbewegungszahlen

Fluglärmbelastung

Lr_n (43 - 60 dB)

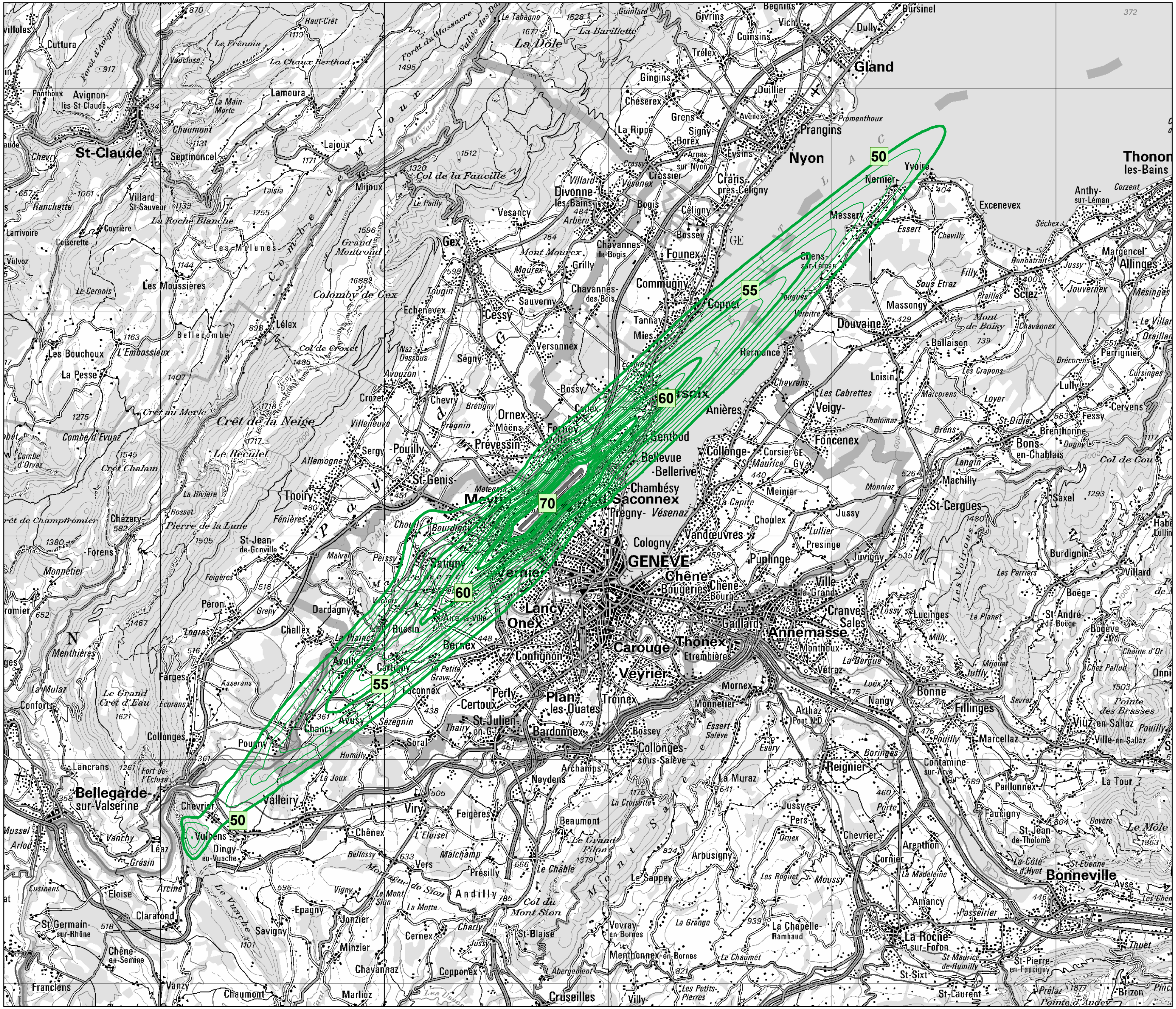
Massstab: 1:230'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.01.2019 / jad

[13_GVA17_RC2018_Lrn2.mxd]
[SL01GVA17_RC2018_G8T_23_05.shp]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Jahresbelastung 2017
berechnet mit RC2018

Karte 14

Gesamtverkehr
Tag (06 bis 18 Uhr)
Abend (18 bis 22 Uhr)
Nacht (22 bis 06 Uhr)
Beurteilungspegel L_{den}

Kennzahlen Flugbetrieb:
Tag:
T = 12 h
N_d =134'644, n_d = 30.7
Abend:
T = 4 h
N_e = 45'732, n_e = 31.3
Nacht:
T = 8 h
N_n = 10'387, n_n = 3.6

Legende

Kennzahlen Flugbetrieb

N = jährliche Flugbewegungszahlen
n = stündliche Flugbewegungszahlen

Fluglärmbelastung

L_{den} (50 - 70 dB)

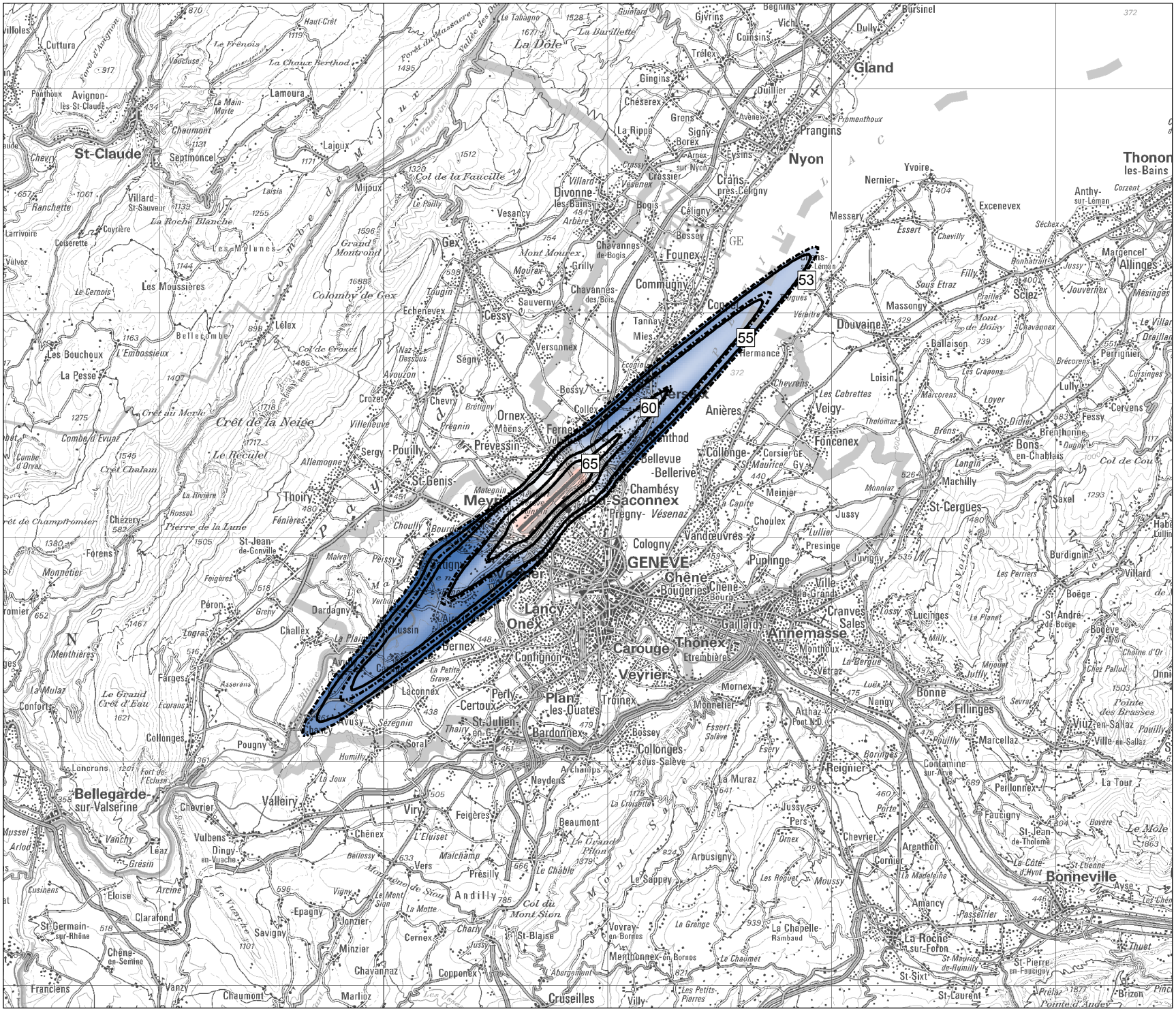
Massstab: 1:230'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.01.2019 / jad

[14_GVA17_RC2018_Lden.mxd]
[GVA17_RC2018_LDEN_061822_TOT.shp]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Vergleich Jahresbelastung 2017, berechnet mit RC2018 und RC2012

Karte 15

Gesamtverkehr
Tag (06 bis 22 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_t

Legende

Fluglärmbelastung

RC2012: L_{rt} (53 bis 65 dB)
RC2018: L_{rt} (53 bis 65 dB)

Differenzen (Δ RC2018-RC2012)

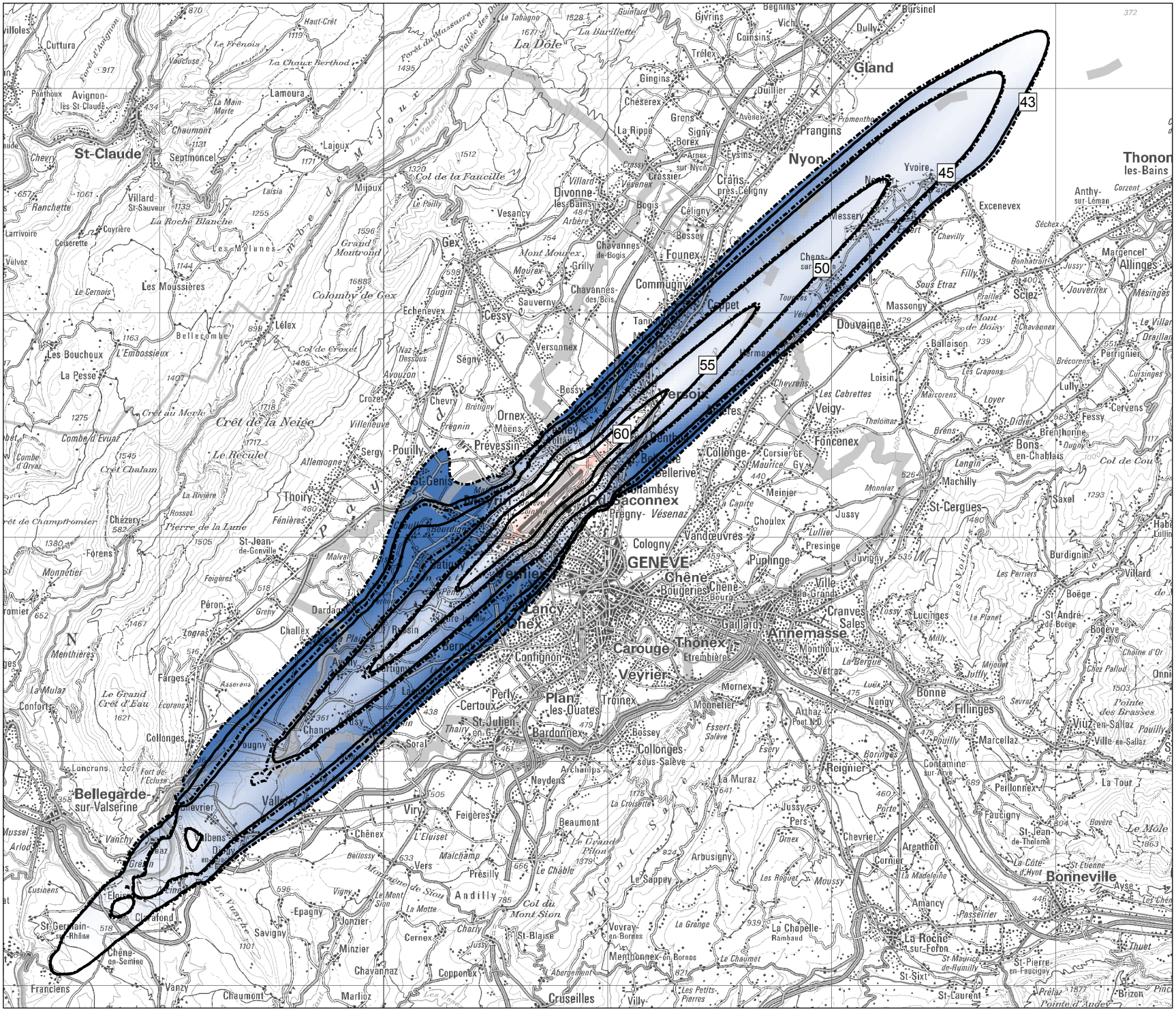
Δ ≤ -1 dB | 0 dB | Δ > +1 dB

Massstab: 1:230'000
4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.03.2019 / jad

[15_GVA17_RC2018_RC2012_vglLRT.mxd]
[LRT_GVA17.shp]
[LRT_GVA17_RC2018.shp]
[LRTGVA17_diff_RC2018_RC2012.asc]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Vergleich Jahresbelastung 2017, berechnet mit RC2018 und RC2012

Karte 16

Grossflugzeuge
1. Nachtstunde (22 bis 23 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_n

Legende

Fluglärmbelastung

RC2012: L_{rn1} (43 bis 60 dB)
RC2018: L_{rn1} (43 bis 60 dB)

Differenzen (Δ RC2018-RC2012)

Δ ≤ -1 dB | 0 dB | Δ > +1 dB

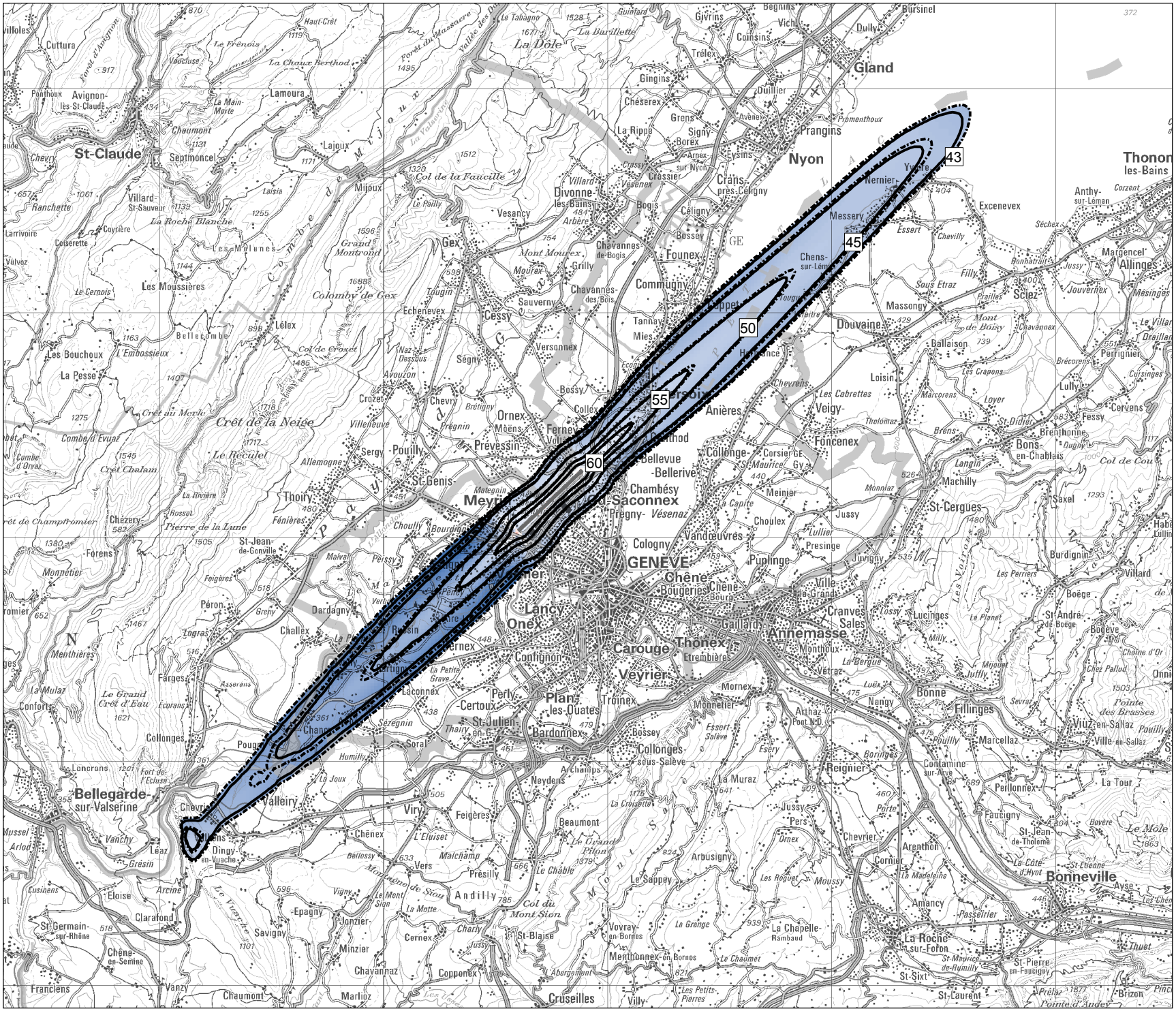
Massstab: 1:230'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.03.2019 / jad

[16_GVA17_RC2018_RC2012_vglLRN1.mxd]
[SL01GVA17_G8T_22_23.shp]
[SL01GVA17_RC2018_G8T_22_23.shp]
[SL01GVA17_N1_diff_RC2018_RC2012.asc]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Vergleich Jahresbelastung 2017, berechnet mit RC2018 und RC2012

Karte 17

Grossflugzeuge
2. Nachtstunde (23 bis 05 Uhr)
Beurteilungspegel Lr_n

Legende

Fluglärmbelastung

RC2012: L_{rn2} (43 bis 60 dB)
RC2018: L_{rn2} (43 bis 60 dB)

Differenzen (Δ RC2018-RC2012)

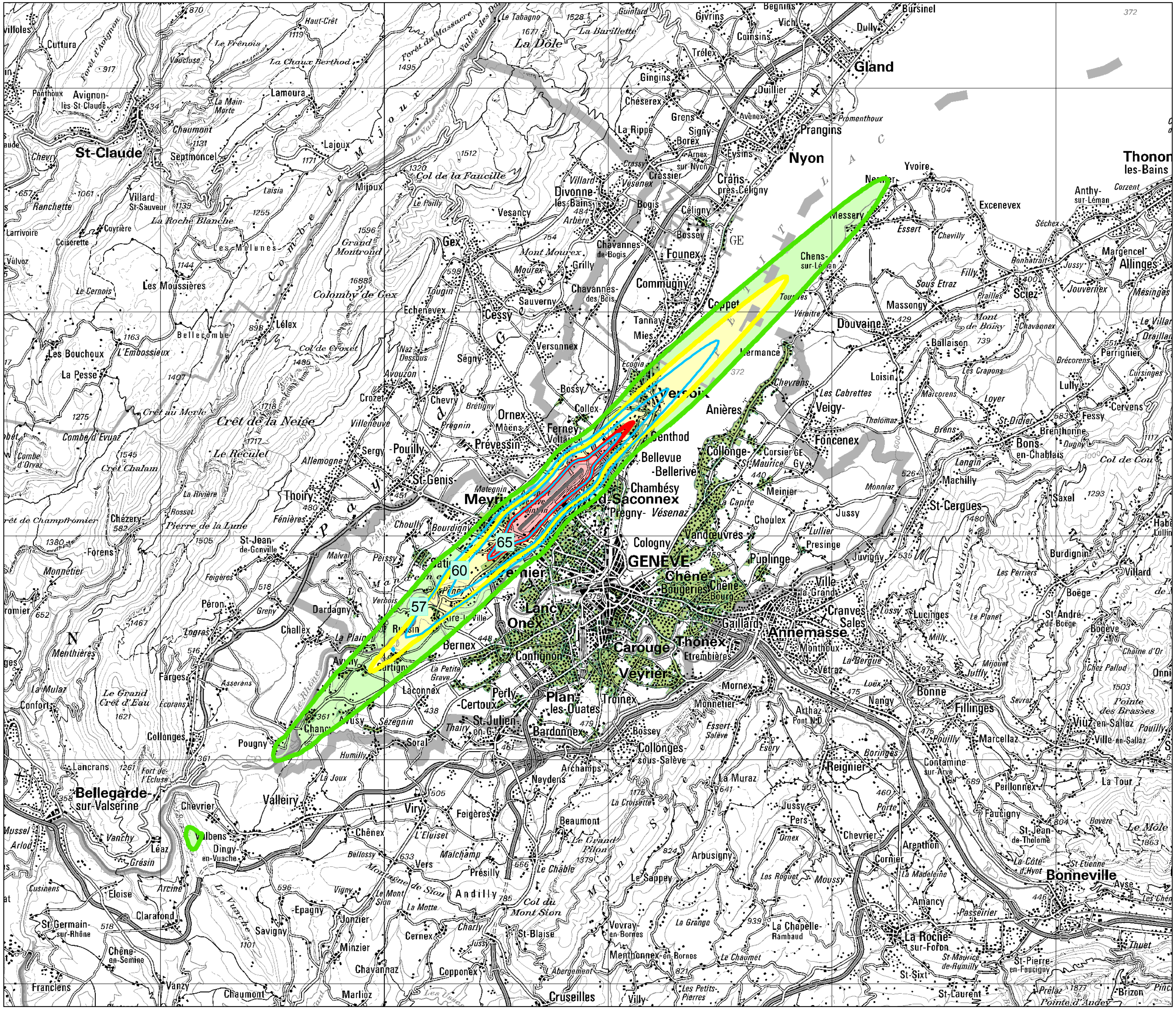
Δ ≤ -1 dB | 0 dB | Δ > +1 dB

Massstab: 1:230'000
4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 28.03.2019 / jad

[17_GVA17_RC2018_RC2012_vglLRN2.mxd]
[SL01GVA17_G8T_23_05.shp]
[SL01GVA17_RC2018_G8T_23_05.shp]
[SL01GVA17_N2_diff_RC2018_RC2012.asc]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Jahresbelastung 2017 berechnet mit RC2018

Karte 18

Gebiete der ES II über den Belastungsgrenzwerten der LSV

Legende

Grenzwertkurven ES II (Umhüllende Tag und Nacht)

PW (Lr_k: 55 dB; Lr_t: 57 dB; Lr_{n1}: 50 dB; $Lr_{n2,3}$: 47 dB)

IGW (Lr_k: 60 dB; Lr_t: 60 dB; Lr_{n1}: 55 dB; $Lr_{n2,3}$: 50 dB)

AW (Lr_k: 70 dB; Lr_t: 65 dB; Lr_{n1}: 65 dB; $Lr_{n2,3}$: 60 dB)

Fluglärmbelastung Tag (06 bis 22 Uhr)

Lr_t (57, 60 und 65 dB)

Nutzungsplanung und Siedlungsgebiete

ES II

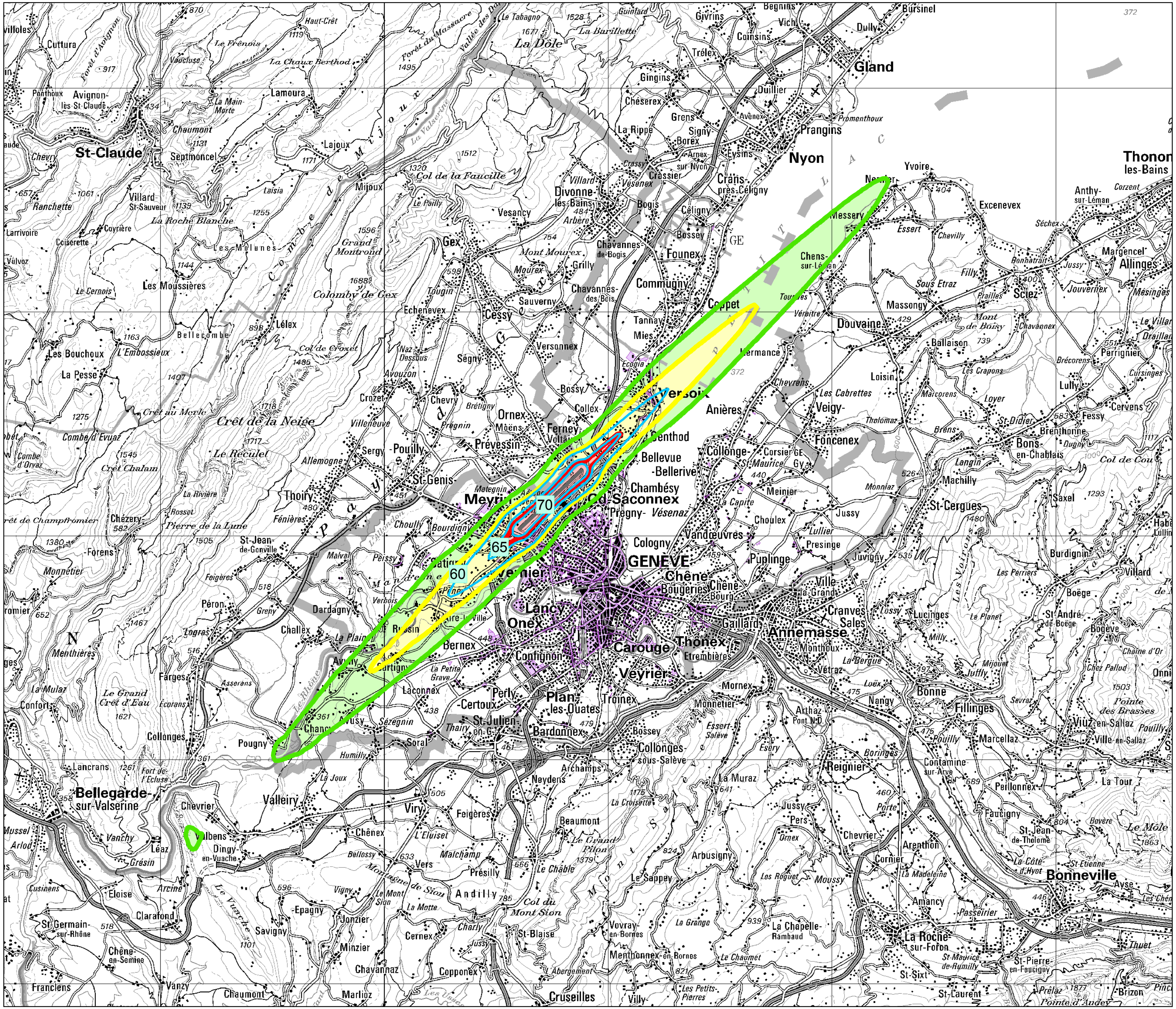
Massstab: 1:230'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 11.02.2019 / jad

[18_GVA17_RC2018_GWK_ESII.mxd]
[GWK_GVA17_RC2018.shp]
[LRT_GVA17_RC2018.shp]
[SIT_DEGRES_SENSIBILITE_OPB.shp]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Jahresbelastung 2017 berechnet mit RC2018

Karte 19

Gebiete der ES III über den Belastungsgrenzwerten der LSV

Legende

Grenzwertkurven ES III (Umhüllende Tag und Nacht)

PW (Lr_k: 60 dB; Lr_t: 60 dB; $Lr_{n1,2,3}$: 50 dB)

IGW (Lr_k: 65 dB; Lr_t: 65 dB; $Lr_{n1,2,3}$: 55 dB)

AW (Lr_k: 70 dB; Lr_t: 70 dB; $Lr_{n1,2,3}$: 65 dB)

Fluglärmbelastung Tag (06 bis 22 Uhr)

Lr_t (60, 65 und 70 dB)

Nutzungsplanung und Siedlungsgebiete

ES III

Massstab: 1:230'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

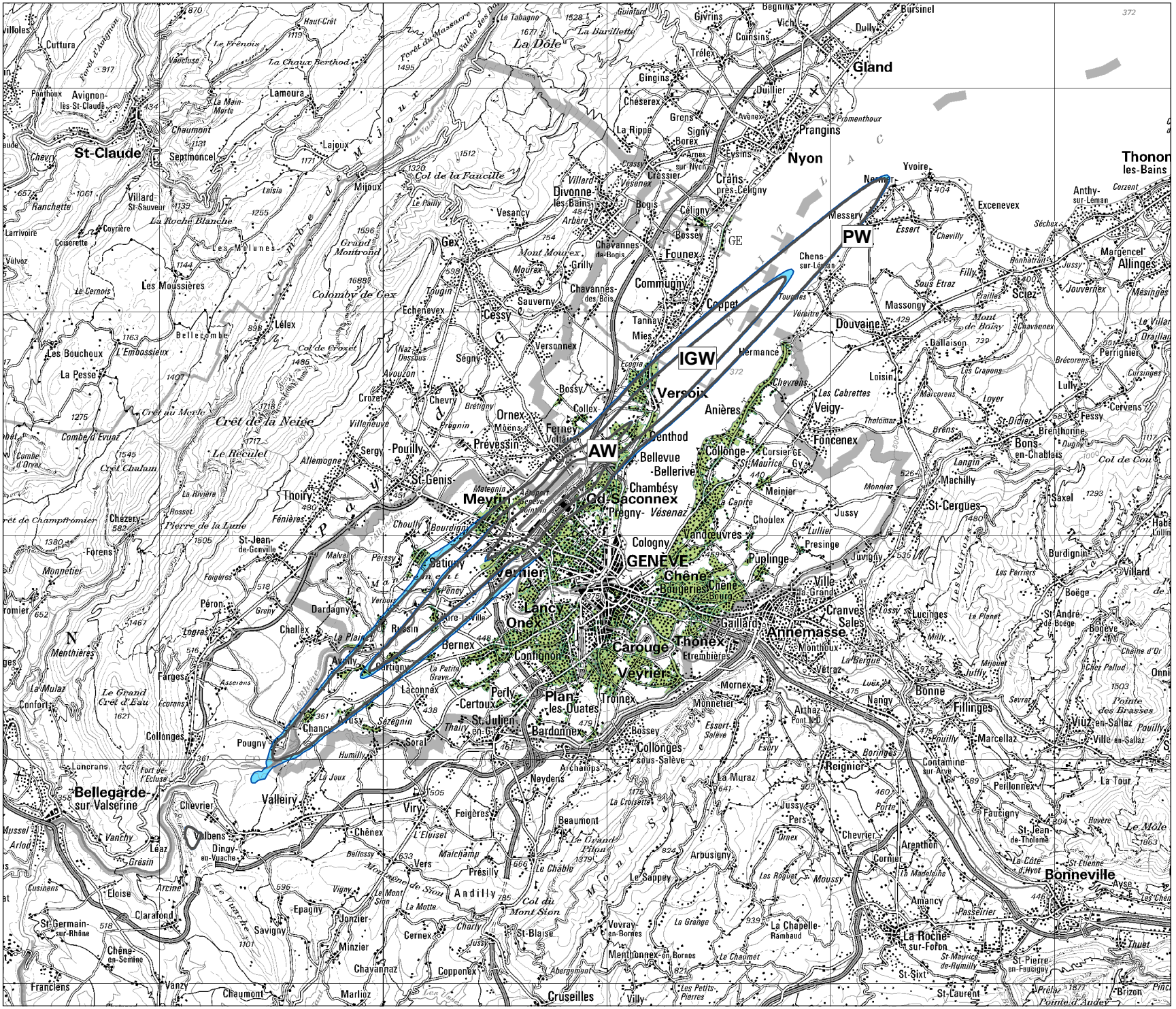
Berechnung: Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004

Übersichtskarte: PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)

Auftraggeber: AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG

Version / Datum / Ersteller: 1 / 11.02.2019 / jad

[19_GVA17_RC2018_GWK_ESIII.mxd]
[GWK_GVA17_RC2018.shp]
[LRT_GVA17_RC2018.shp]
[SIT_DEGRES_SENSIBILITE_OPB.shp]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Jahresbelastung 2017 berechnet mit RC2018

Karte 20

Vergleich der Grenzwertkurven der ES II zwischen Berechnungen mit RC2012 und RC2018

Legende

Grenzwertkurven ES II (Umhüllende Tag und Nacht)

PW, IGW, AW berechnet mit RC2018

Zuwachs / Abnahme der Grenzwertkurven

Alte Gebiete aus Berechnung mit RC2012

Neue Gebiete aus Berechnung mit RC2018

Nutzungsplanung und Siedlungsgebiete

ES II

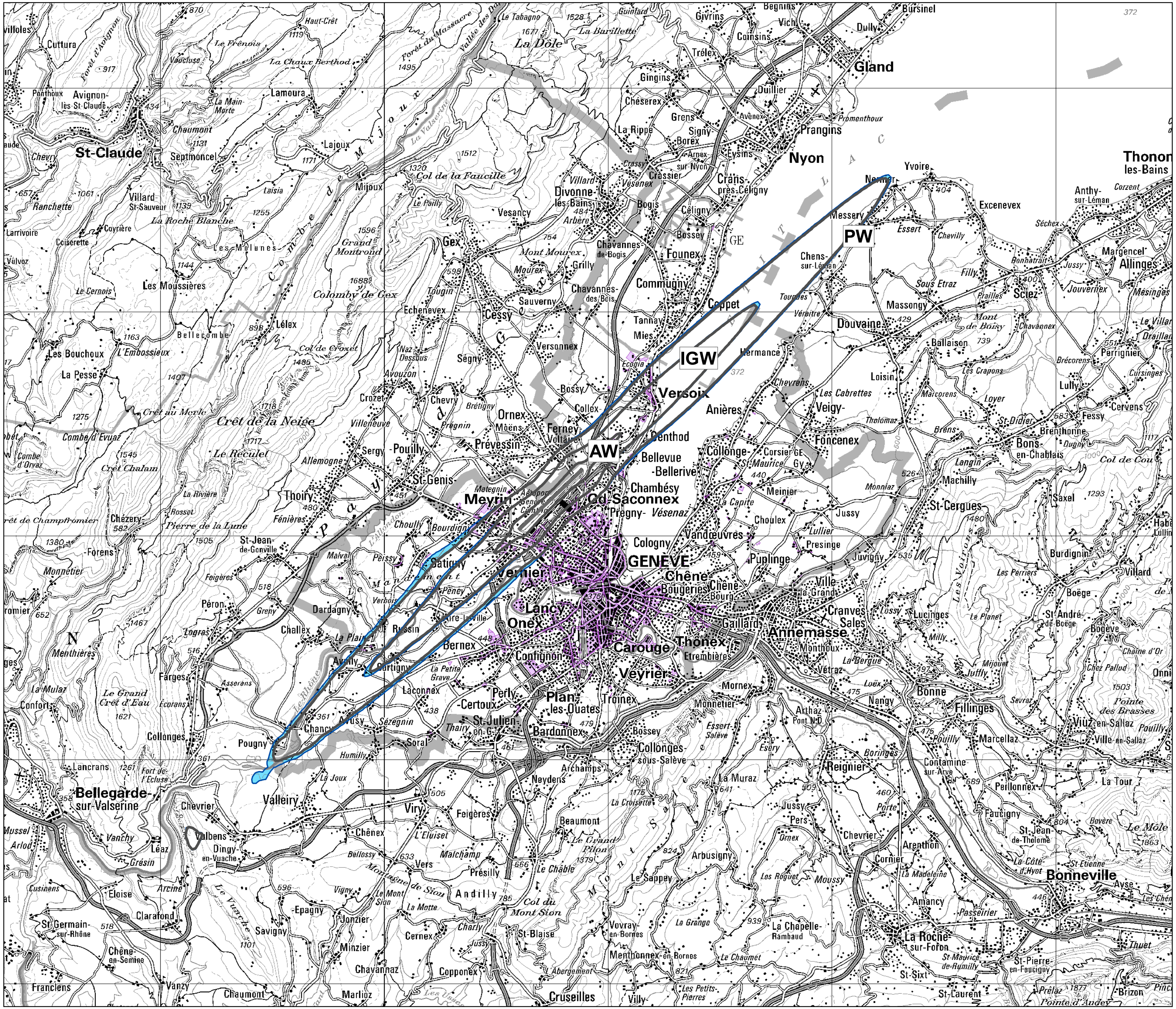
Massstab: 1:230'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 11.02.2019 / jad

[20_GVA17_RC2018_RC2012_vglGWK_ESII.mxd]
[GWK_GVA17_RC2018.shp]
[ESII_RC2018_RC2012.shp]
[SIT_DEGRES_SENSIBILITE_OPB.shp]



Empa
Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärmminderung
Bericht-Nr.: 5214.019893

Flughafen Genf

Jahresbelastung 2017 berechnet mit RC2018

Karte 21

Vergleich der Grenzwertkurven der ES III zwischen Berechnungen mit RC2012 und RC2018

Legende

Grenzwertkurven ES III (Umhüllende Tag und Nacht)

PW, IGW, AW berechnet mit RC2018

Zuwachs / Abnahme der Grenzwertkurven

Alte Gebiete aus Berechnung mit RC2012

Neue Gebiete aus Berechnung mit RC2018

Nutzungsplanung und Siedlungsgebiete

ES III

Massstab: 1:230'000

4'000 0 4'000 Meter

Impressum

Berechnung:	Full-Size-Methode Empa; FLULA2, Version 004
Übersichtskarte:	PK200: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100116)
Auftraggeber:	AfV, AIG, Bafu, Bazl, FZAG
Version / Datum / Ersteller:	1 / 11.02.2019 / jad

[21_GVA17_RC2018_RC2012_vglGWK_ESIII.mxd]
[GWK_GVA17_RC2018.shp]
[ESIII_RC2018_RC2012.shp]
[SIT_DEGRES_SENSIBILITE_OPB.shp]