

Anhang 6-4

Fluglärm Lärmbelastungs- kataster Prognose 2035

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,
Bevölkerungsschutz und Sport VBS
Bundesamt für Rüstung
Kompetenzbereich Luftfahrtsysteme
Guisanplatz 1
CH-3003 Bern

Militärflugplatz Emmen

Lärmbelastungskataster Prognose 2035, Berechnungen 2023/2024

Auftrags-Nr.: 5214.030149

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Auftraggeber: armasuisse Kompetenzbereich Luftfahrtsysteme

Anzahl Seiten: 38

Beilagen: 22 Karten (Format A4)

Die Verfasser: S. Schucker
S. Schalcher
M. Gligorjevic
B. Schäffer

Die vorliegende Version V2 ersetzt die Version V1 vom 22. Mai 2024. Sie enthält geringfügige textliche Änderungen und Korrekturen.

Status: genehmigter Bericht (Version V2)

Dübendorf, 05. November 2024

Der Projektleiter:

Beat Schaeffer

Digital unterschrieben von Beat
Schaeffer
Datum: 2024.11.06 08:49:08
+01'00'

Dr. Beat Schäffer

Abteilung Akustik / Lärminderung

Der Abteilungsleiter:

Jean-Marc Wunderli

Digital unterschrieben von Jean-
Marc Wunderli
Datum: 2024.11.06 07:37:19 +01'00'

Dr. Jean Marc Wunderli

Zusammenfassung

Mit der Einführung des Lockheed Martin F-35A (im Nachfolgenden als F35 bezeichnet), welche ab 2028 geplant ist und bis 2035 vollständig abgeschlossen sein wird (Flugbetriebsprognose 2035), muss auch der heute gültige Lärmbelastungskataster aus dem Jahr 1997 überarbeitet werden. Gleichzeitig mit der Erarbeitung der neuen Belastungsrechnung zur Anpassung des Sachplans Militär und des Lärmbelastungskatasters soll zudem ein Wechsel des bis anhin empfohlenen Fluglärmrechnungsprogramms FLULA2 auf sonAIR erfolgen. Der vorliegende Bericht dokumentiert die Berechnungsmethodik, die Eingabedaten für die Fluglärmrechnungen sowie die resultierende Lärmbelastung nach Anhang 8 der Lärmschutz-Verordnung und vergleicht die Lärmkurven mit der heutigen Lärmbelastung LBK_MIL18_EMM (Empa-Bericht Nr. 5124.019717-1). Generell nimmt die zukünftige Fluglärmbelastung mit dem Betrieb des F35 im Norden leicht zu durch den lautereren F35 und im Süden deutlich ab, was auf lärmoptimierte Abflugverfahren unter mehrheitlicher Verwendung des Nachbrenners sowie auf geringere Flugbewegungszahlen des F35 im Vergleich zum heutigen Betrieb mit den Jets F/A-18 und F5 zurückzuführen ist. Ein detaillierter Vergleich der früheren mit den vorliegenden Berechnungen zur separaten Quantifizierung der Änderungen wegen des Wechsels des Kampfflugzeugs sowie des Programmwechsels wird in einem separaten Bericht (Empa-Bericht Nr. 5214.03149-4) dokumentiert.

Inhalt

1.	Orientierung	4
1.1.	Hintergrund und Ausgangslage	4
1.2.	Auftrag	4
2.	Umfang und Inhalt der Untersuchungen	6
2.1.	Inhaltliche Systemabgrenzung	6
2.2.	Zeitliche Systemabgrenzung	6
2.3.	Räumliche Systemabgrenzung	6
3.	Grundlagen und Methodik	7
3.1.	Belastungsmasse und Berechnungsvorschrift – militärischer Betrieb	7
3.2.	Belastungsmasse und Berechnungsvorschrift – gemischter Betrieb	9
3.3.	Berechnungsverfahren und Berechnungsablauf	9
3.4.	Lagedaten	11
3.5.	Berechnungsausschnitt, Gelände und Bodenbedeckung	12
3.6.	Flottenmix	12
3.7.	Akustische Quelldaten	13
3.8.	Flugverfahren	14
3.9.	Flugbahndaten	15
3.10.	Flugbewegungszahlen	16
3.11.	Kennzahlen des militärischen Flugbetriebs	17
4.	Berechnungsergebnisse	19
4.1.	Fluglärmkarte Beurteilungspegel L_r	19
4.2.	Genauigkeit der Berechnungen	21
5.	Datengrundlagen, Literatur, Begriffe und Abkürzungen	23
5.1.	Datengrundlagen	23
5.2.	Abkürzungen	23
5.3.	Literatur	24
6.	Technischer Anhang	26
6.1.	Prognostizierte Bewegungsstatistiken	26
6.2.	Monatsstatistik der Jahre 2017 bis 2022	29
6.3.	Akustische Kenndaten	30
6.4.	Profilzuordnung	34

1. Orientierung

1.1. Hintergrund und Ausgangslage

Der Flugbetrieb auf dem Militärflugplatz Emmen basiert heute auf dem Sachplan Militär, Objektblatt 03.31 vom 28. Februar 2001 und dem Lärmbelastungskataster vom 25. September 1998.

Mit der Einführung des Lockheed Martin F-35A (im Nachfolgenden als F35 bezeichnet), welche ab 2028 geplant ist und bis 2035 vollständig abgeschlossen sein wird (Flugbetriebsprognose 2035), muss auch der heute gültige Lärmbelastungskataster überarbeitet werden. Gleichzeitig mit der Erarbeitung der neuen Belastungsrechnung zur Anpassung des Sachplans Militärs und des Lärmbelastungskatasters (LBK) soll zudem ein Wechsel des bis anhin empfohlenen Fluglärmrechnungsprogramms FLULA2 [4] auf sonAIR [6][21] erfolgen. Die Inputdaten für die Fluglärmrechnung sollen daher für den F35 neu erarbeitet sowie für den Betrieb von Propellerflugzeugen überprüft und wo nötig aktualisiert werden. Darauf basierend soll für das Prognosejahr 2035 die Fluglärmbelastung neu ermittelt werden.

1.2. Auftrag

Das Bundesamt für Rüstung armasuisse, Kompetenzbereich Luftfahrtsysteme erteilte der Abteilung Akustik / Lärminderung der Empa mit der Bestellung 8003535833 vom 06. April 2023 in Absprache mit der Vollzugsbehörde (Generalsekretariat VBS, Raum und Umwelt) den Auftrag, für die Militärflugplätze Payerne (PAY), Emmen (EMM) und Meiringen (MEI) die Fluglärmbelastung für das Prognosejahr 2035 zu berechnen. Diese Berechnungen sollen die Grundlage für eine Anpassung der Objektblätter im Sachplan Militär und der LBK bilden. Die Berechnungen sollen mit dem Fluglärmsimulationsprogramm sonAIR (sonAIR Programmversion 5.4.2023.324 / sonX Version 3.3.3) [6][21] gemäss den Vorschriften der Lärmschutz-Verordnung erfolgen (LSV [17], Fluglärmrechnung nach Anhang 8). Die Berechnungen sollen in drei separaten Teilberichten dokumentiert werden, namentlich EMM im vorliegenden Teilbericht 1, MEI im Teilbericht 2 (Bericht Nr. 5214.030149-2 [10]) und PAY in Teilbericht 3 (Bericht Nr. 5214.030149-3 [11]). Neben den neu ermittelten Kurven soll auch ein Vergleich der Lärmbelastung mit derjenigen des heutigen Betriebs [15] erfolgen.

Als Ausgangslage für die Berechnungen werden die bestehenden Datengrundlagen der letzten verfügbaren Berechnungen verwendet, namentlich des Projekts LBK_MIL18_EMM (Empa Bericht Nr. 5214.019717 [15]). Die Daten müssen den im Prognosejahr 2035 zu erwartenden Flugbetrieb berücksichtigen, d.h. sie müssen so modifiziert werden, dass sie die flugbetrieblichen Änderungen seit der letzten Berechnung berücksichtigen (beispielsweise im Flottenmix oder in den Routenbelegungen). Die bestehenden Datengrundlagen werden dazu durch die Luftwaffe verifiziert und mit Angaben zum heutigen Betrieb ergänzt bzw. modifiziert. Zudem werden die Daten so modifiziert, dass sie die Anforderungen des Leitfadens Fluglärm [1] erfüllen.

Neben den offiziellen Berechnungen mit sonAIR sollen zu Vergleichszwecken die Berechnungen mit dem bis anhin für offizielle Fluglärmrechnungen von Militärflugplätzen verwendeten Programm FLULA2 [4] verglichen werden. Dies erlaubt, den Einfluss (i) des Wechsels des Flugzeuges F/A-18 (und F5) auf F35, (ii) des Programmwechsels FLULA2 auf sonAIR und (iii) die gesamte Änderung in der Fluglärmbelastung 2020

zu 2035 separat zu quantifizieren. Diese Berechnungen werden in drei separaten Teilberichten dokumentiert: EMM in Teilbericht 4 (Bericht Nr. 5214.030149-4 [12]), MEI in Teilbericht 5 (Bericht Nr. 5214.030149-5 [13]) und PAY in Teilbericht 6 (Bericht Nr. 5214.030149-6 [14]).

2. Umfang und Inhalt der Untersuchungen

2.1. Inhaltliche Systemabgrenzung

Der vorliegende Bericht beschreibt die Berechnung der Fluglärmbelastung des Militärflugplatzes EMM für das Prognosejahr 2035. Er enthält die Grundlagen und die Methodik der Berechnung, die Beschreibung der Eingabedaten für die Fluglärm-berechnung, sowie die Darstellung der Berechnungsergebnisse. Als Lärm-mass wird der Beurteilungspegel L_r nach LSV Anhang 8 [17] ausgewiesen. Die Berechnungen erfolgen mit dem Fluglärmsimulationsprogramm sonAIR Programmversion 5.4.2023.324 / sonX Version 3.3.3 [6].

2.2. Zeitliche Systemabgrenzung

Die massgeblichen Bezugszeiten für den Lärm von Militärflugplätzen sind durch Anhang 8 der LSV [17] vorgegeben. Dabei müssen bei bestehenden Flugplätzen die Flugbewegungszahlen der sechs verkehrsreichsten Monate eines Betriebsjahres getrennt nach den Flugbewegungen von Flugzeugen mit Strahlantrieb (im Folgenden auch als Jets bezeichnet, Index j) und mit Propellerantrieb (Propellerflugzeuge und Helikopter, Index p) ermittelt werden. Dazu werden die jeweiligen Fluglärmbelastungen als Jahresmittelungspegel separat für Jets und für Flugzeuge mit Propellerantrieb mit einer Bezugsdauer von 12 Stunden berechnet, unter Berücksichtigung der sechs verkehrsreichsten Monate auf einen mittleren Spitzenbetrieb hochgerechnet und schliesslich daraus mittels Pegelkorrekturen die Beurteilungspegel L_{rj} und L_{rp} bestimmt. Daraus wird der Beurteilungspegel L_{rm} des gesamten militärischen Flugbetriebs ermittelt (Details siehe [3] sowie Kap. 3.1). Die Berechnungen beziehen sich dabei auf eine Prognose der Luftwaffe für den Flugbetrieb im Jahre 2035.

2.3. Räumliche Systemabgrenzung

Die räumliche Systemabgrenzung wird durch den Berechnungsausschnitt definiert. Der Berechnungsausschnitt konnte aus der früheren Berechnung übernommen werden [15]. Die Berechnungen werden innerhalb eines rechteckigen Gebiets mit einer West-Ost Ausdehnung von 12 km und einer Nord-Süd Ausdehnung von 13.5 km durchgeführt (Planviereck mit folgenden Schweizer Landeskoordinaten (CH1903+/LV95): südwestliche Ecke: 2'659'000 / 1'210'000; nordöstliche Ecke: 2'671'000 / 1'223'500). Für die Simulation mit sonAIR wird das Gebiet in ein Gitter mit einer Maschenweite von 50 m × 50 m unterteilt.

Das Einflussgebiet besteht aus einem rechteckigen Gebiet mit einer West-Ost Ausdehnung von rund 32 km und einer Nord-Süd Ausdehnung von rund 33.5 km (Planviereck mit folgenden Schweizer Landeskoordinaten (CH1903+/LV95): südwestliche Ecke: 2'649'000 / 1'200'000; nordöstliche Ecke: 2'681'000 / 1'233'500). Das Einflussgebiet beschreibt somit einen Buffer von 10 km um den Berechnungsausschnitt. Das Einflussgebiet wird gebraucht, um den Beitrag der Flüge auch auf den Flugbahnpunkten ausserhalb des Berechnungsgebietes einschliesslich des Geländes und der Bodenbedeckung zu simulieren.

3. Grundlagen und Methodik

3.1. Belastungsmasse und Berechnungsvorschrift – militärischer Betrieb

Die Berechnungen des rein militärischen Betriebs von EMM folgen den Anforderungen nach LSV Anhang 8 [17] bzw. den Präzisierungen des Leitfadens Fluglärm [1]. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über den Berechnungsablauf gegeben (Auszug aus [3]).

Generell berücksichtigt Anhang 8 der LSV folgende Betriebsarten: (i) militärischer Betrieb und (ii) gemischter Betrieb, d.h. militärischer Betrieb mit ziviler Mitbenutzung. Der Beurteilungspegel L_r von Anlagen mit rein militärischem Betrieb – wie hier in EMM – wird gemäss Abbildung 3-1 berechnet, wobei der Teilbeurteilungspegel des militärischen Betriebs L_{r_m} bei rein militärischem Betrieb dem Beurteilungspegel L_r für den Lärm von Militärflugplätzen entspricht.

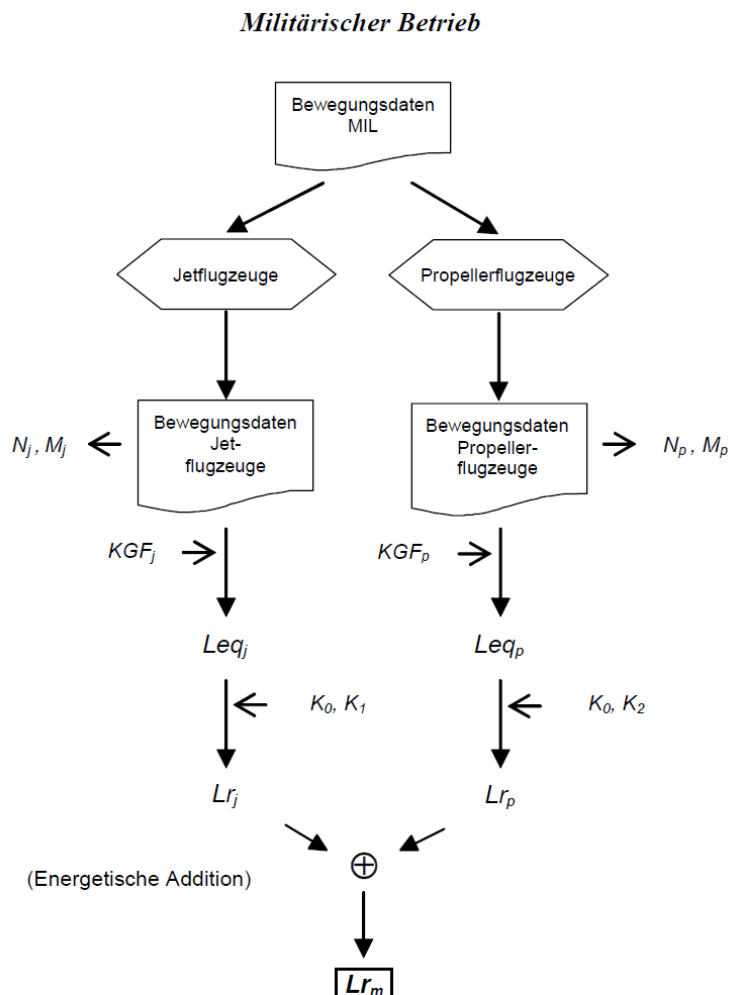


Abbildung 3-1: Ermittlung der Beurteilungspegel L_{r_j} , L_{r_p} und L_{r_m} (aus [3]).

Aus den Bewegungsdaten (Monatsstatistiken, d.h. Bewegungsverteilung über die 12 Monate eines Jahres) werden die Flugbewegungszahlen N_j bzw. N_p des ganzen Betriebsjahres (52 Wochen zu 5 Betriebstagen bzw. 260 Tage zu 12 Stunden) und die Flugbewegungszahlen M_j bzw. M_p der sechs verkehrsreichsten Monate des Betriebsjahres getrennt nach Flugzeugen mit Strahl- und mit Propellerantrieb bestimmt. Aus M_j bzw. M_p werden die stündlichen Flugbewegungen n_j bzw. n_p berechnet, indem M_j bzw. M_p auf 130 Tage (26 Wochen zu 5 Betriebstagen) und 12 Tagesstunden bezogen werden:

$$\text{Gleichung 1} \quad n_j = \frac{M_j}{12 \cdot 130}$$

$$\text{Gleichung 2} \quad n_p = \frac{M_p}{12 \cdot 130}$$

Aus dem Verhältnis von M_j bzw. M_p und der jährlichen Flugbewegungszahl N_j bzw. N_p ergeben sich die Gewichtungsfaktor GF_j bzw. GF_p und die den Gewichtungsfaktoren entsprechenden additiven Terme KGF_j bzw. KGF_p . Der Gewichtungsfaktor gibt an, wie sich der durchschnittliche Flugbetrieb während der sechs verkehrsreichsten Monate zum durchschnittlichen Betrieb im Jahresmittel verhält.

$$\text{Gleichung 3} \quad GF_j = \frac{2 \cdot M_j}{N_j} \quad KGF_j = 10 \cdot \log (GF_j) \text{ [dB]}$$

$$\text{Gleichung 4} \quad GF_p = \frac{2 \cdot M_p}{N_p} \quad KGF_p = 10 \cdot \log (GF_p) \text{ [dB]}$$

Die Bewegungsdaten dokumentieren die Routenbelegung und den Flottenmix des betrachteten Betriebsjahres. Sie werden beschrieben durch sog. Bewegungsstatistiken, d.h. Kreuztabellen, welche in den Spaltenköpfen die An- oder Abflugrouten, in den Zeilenköpfen die verschiedenen Flugzeugtypen und in den Feldern die Anzahl Flugbewegungen je Typ und Route enthalten. Diese Daten bilden die Grundlage, um aus den Ergebnissen der Basissimulation (sog. *Footprint*) mittels Superposition (energetischen Addition) die Fluglärmbelastung zu ermitteln (vgl. Kap. 3.3). Aus den Bewegungsdaten der Flugzeuge mit Strahl- bzw. Propellerantrieb werden die dem mittleren Jahresbetrieb entsprechenden Mittelungspegel Leq'_j bzw. Leq'_p ermittelt. Daraus werden die Mittelungspegel Leq_j bzw. Leq_p des durchschnittlichen Flugbetriebs während des mittleren Spitzenbetriebs (sechs verkehrsreichste Monate) unter Berücksichtigung der Gewichtungsfaktoren wie folgt berechnet:

$$\text{Gleichung 5} \quad Leq_j = Leq'_j + KGF_j$$

$$\text{Gleichung 6} \quad Leq_p = Leq'_p + KGF_p$$

Diese Art der Berechnung des Mittelungspegels berücksichtigt die Routenbelegung und den Flottenmix des gesamten Betriebsjahres und die Bewegungszahlen des durchschnittlichen Spitzenbetriebs während der sechs verkehrsreichsten Monate.

Der Teilbeurteilungspegel Lr_j für den Lärm des Verkehrs von Flugzeugen mit Strahlantrieb ist die Summe des A-bewerteten Mittelungspegels Leq_j und den Pegelkorrekturen K_0 und K_1 :

$$\text{Gleichung 7} \quad Lr_j = Leq_j + K_0 + K_1$$

Der Teilbeurteilungspegel Lr_p für den Lärm des Verkehrs von Flugzeugen mit Propellerantrieb ist die Summe des A-bewerteten Mittelungspegels Leq_p und den Pegelkorrekturen K_0 und K_2 :

$$\text{Gleichung 8} \quad Lr_p = Leq_p + K_0 + K_2$$

Die Pegelkorrektur K_0 (in dB) beträgt hierbei

$$\text{Gleichung 9} \quad K_0 = -8$$

Die Pegelkorrektur K_1 (in dB) wird anhand der jährlichen Flugbewegungszahl N_j der Flugzeuge mit Strahlantrieb wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} \text{Gleichung 10} \quad K_1 &= 0 && \text{für } N_j < 15'000 \text{ Bewegungen} \\ K_1 &= 10 \cdot \log \frac{N_j}{15'000} && \text{für } N_j \geq 15'000 \text{ Bewegungen} \end{aligned}$$

Die Pegelkorrektur K_2 wird anhand der jährlichen Flugbewegungszahl N_p der Flugzeuge mit Propellerantrieb wie folgt berechnet:

$$\text{Gleichung 11} \quad K_2 = 0 \quad \text{für } N_p < 15'000 \text{ Bewegungen}$$

$$K_2 = 10 \cdot \log_{15'000}^{N_p} \quad \text{für } N_p \geq 15'000 \text{ Bewegungen}$$

Der Beurteilungspegel Lr_m des militärischen Betriebs ergibt sich schliesslich aus der energetischen Addition der Teilbeurteilungspegel Lr_j und Lr_p :

Gleichung 12
$$Lr_m = 10 \cdot \log \left[10^{\frac{Lr_j}{10}} + 10^{\frac{Lr_p}{10}} \right]$$

3.2. Belastungsmasse und Berechnungsvorschrift – gemischter Betrieb

Bei gemischtem Betrieb, d.h. militärischem Betrieb mit ziviler Mitbenutzung, ist die Berechnung aufwändiger. Hier muss in einem ersten Schritt separat der Lärm des militärischen Betriebs nach Anhang 8 der LSV (Kap. 3.1) und der Lärm des zivilen Betriebs nach Anhang 5 der LSV berechnet werden. Details zur Berechnungsvorschrift des letzteren findet sich in Kap. 6.3 von [3] bzw. in [1]. Die beiden resultierenden Beurteilungspegel für den militärischen (Lr_m) und zivilen Betrieb (Lr_z) werden schliesslich energetisch zum Beurteilungspegel des Gesamtbetriebs (Lr) summiert (Kap. 6.4 von [3]).

Im vorliegenden Bericht wird keine separate Berechnung für die zivile Mitbenutzung durchgeführt. Der Flugplatz EMM hat eine gelegentliche zivile Mitbenutzung im Sinne von Art. 30 der Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (Bewegungszahlen < 10% am Gesamtbetrieb). In Übereinstimmung mit dem Leitfaden Fluglärm [1] wurden diese Bewegungen dem militärischen Betrieb zugeordnet und nicht separat ausgewiesen. Die Ermittlung des Lr_z ist somit hinfällig, und Lr_m entspricht dem Beurteilungspegel des Gesamtbetriebs (Lr).

3.3. Berechnungsverfahren und Berechnungsablauf

Die Berechnungen erfolgen mit dem an der Empa entwickelten Fluglärmsimulationsprogramm sonAIR (Programmversion 5.4.2023.324 / sonX Version 3.3.3) [6][21]. Die Berechnungen folgen dabei den Vorschriften des Leitfadens Fluglärm [1]. Der Berechnungsablauf ist im Detail in [8] beschrieben, und verläuft im Überblick folgendermassen:

- 1) Aufsetzen des Projekts im sonAIR DL-Tool in ArcGIS Desktop
- 2) Import der Eingabedaten (vgl. Kap. 7) ins Projekt
- 3) Berechnung der Dämpfungsdatenbank (Schallausbreitung); dabei wird kein Luftraumgitter angelegt, sondern die Dämpfung wird für die diskreten Flugzeugpositionen auf den Flugbahnen berechnet.
- 4) Einzelflugsimulation (Zeitschrittverfahren) zur Ermittlung der *Footprints* (sog. Basisimulation). Als *Footprint* bezeichnet man die flugzeugtypen- und flugroutenspezifischen mittleren Ereignispegel, d.h. L_{AE} an einem gitterförmigen Empfangspunktraster (Kap. 2.3), welche auf eine Bewegung normiert und auf eine Sekunde bezogen werden. Während der Simulation werden die typenspezifischen Quellendaten (Kap. 3.7) mit sonAIR in diskreten Zeitschritten von einer Sekunde entlang der Flugbahnen bewegt. Die *Footprints* werden aus allen Flügen eines bestimmten Flugzeug-/Triebwerktypen entlang einer bestimmten Flugroute während einer bestimmten Tageszeit berechnet. Die Einzelflugsimulation berücksichtigt dabei die gewichtete Verteilung der Bewegungen auf die Mittel- und Seiten-Flugbahnen (pro Flugroute 7 Flugbahnen gemäss Anforderungen des Leitfadens Fluglärm [1]).
- 5) Superposition der *Footprints*, d.h. energetische Addition der *Footprints* anhand der Bewegungsstatistiken zur Ermittlung der tageszeitspezifischen Lärmbelastung (hier: Leq' bzw. Leq'_p im Jahresmittel, vgl. Kap. 3.1).

- 6) Hochrechnung der mittleren Jahresbelastung mit den Gewichtungsfaktoren und Anwendung der Pegelkorrekturen zur Ermittlung des Gesamtbeurteilungspegels L_r (Kap. 3.1).
- 7) Ermittlung der Lärmkonturen durch Interpolation des Empfängerrasters mittels ET-Tools: ET Surface Version 7.3 [16]. Ein Vergleich der Konturenerstellung zwischen ET-Tools und NMPLLOT, wird im Teilbericht 4 [12] ausgewiesen, dieser zeigte dabei sehr kleine Differenzen zwischen den beiden Methoden.

3.4. Lagedaten

Die Pistenschwellen sowie Start- und Landepunkte wurden von den früheren Berechnungen unverändert übernommen.

Tabelle 4-1: Lagedaten für die Fluglärmberechnung.

Pisten	Jetflugzeuge	Bezeichnung	04/22
		Koordinaten Pistenschwelle 04	(2'665'102 / 1'215'165)
		Koordinaten Pistenschwelle 22	(2'666'433 / 1'216'928)
		Pistenhöhe	427 m ü. M.
		Pistenlänge	2'209 m
		Pistenbreite	40 m
		Startpunkt Piste 04	Pistenschwelle 04
		Landepunkt Piste 04	Pistenschwelle 22
		Startpunkt Piste 22	Pistenschwelle 22
		Landepunkt Piste 22	Pistenschwelle 04
	Propellerflugzeuge	Bezeichnung	04/22
		Koordinaten Pistenschwelle 04	(2'665'464 / 1'215'644)
		Koordinaten Pistenschwelle 22	(2'666'173 / 1'216'584)
		Pistenhöhe	427 m ü. M.
		Pistenlänge	1'177 m
		Pistenbreite	40 m
		Startpunkt Piste 04	Pistenschwelle 04
		Landepunkt Piste 04	Pistenschwelle 22
		Startpunkt Piste 22	Pistenschwelle 22
		Landepunkt Piste 22	Pistenschwelle 04
	Propellerflugzeuge Volten	Startpunkt Piste 04	Pistenschwelle 04
		Landepunkt Piste 04	Pistenschwelle 22
		Höhe	427 m ü. M.
Start- und Landepätze	Kleinhelikopter EC635	Koordinaten	(2'666'168 / 1'216'806)
		Höhe	427 m ü. M.
	Transporthelikopter AS332	Koordinaten	(2'666'173 / 1'216'584)
		Höhe	427 m ü. M.

3.5. Berechnungsausschnitt, Gelände und Bodenbedeckung

Der Berechnungsausschnitt wurde so gewählt, dass keine Flugspuren im Rechengebiet enden, um "zuge-schnürte" Lärmkonturen zu vermeiden. Der Geländeausschnitt wurde so gewählt, dass er den Berechnungsausschnitt in alle Richtungen überragt.

Der Berechnungsausschnitt (vgl. Kap. 2.3) blieb gegenüber den früheren Berechnungen unverändert. Es wird gemäss den Anforderungen des Leitfadens Fluglärm [1] mit einer Gittermaschenbreite von 50 m x 50 m gerechnet. Der Geländeausschnitt wird gemäss Anforderungen des Leitfadens Fluglärm [1] in einer Auflösung von 25 m x 25 m aus dem aktuellen Geländedatensatz DHM25 abgeleitet (Quelle: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, swissALTI3D LV95). Auch die Bodenbedeckung wird in einer Auflösung von 25 m x 25 m aus dem aktuellen Datensatz abgeleitet (Quelle: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, swissTLM3D). Beide Datensätze werden aus einem an der Empa verfügbaren Datensatz exportiert [23]. Für beide Datensätze – Geländedatensatz und Bodenbedeckung – wird ein zusätzlicher Datensatz mit einer Auflösung von 100 m x 100 m für das Einflussgebiet exportiert (Buffer, vgl. Kap. 2.3).

Für die Luftdämpfung wurde eine homogene Atmosphäre angenommen und Jahres-Mittelwerte für die Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit von 14° Celcius, 1000 Pa und 60% verwendet.

3.6. Flottenmix

Der Flottenmix des Flugplatzes ist für den militärischen Betrieb ausgelegt. Die Flugzeugtypen sind in den Bewegungsstatistiken separat für Flugzeuge mit Strahlantrieb, Propellerflugzeuge und Helikopter aufgelistet. Basierend auf der Zusammenstellung der flugbetrieblichen Eingangsdaten durch den Flugplatz und deren Aufbereitung durch die armasuisse [A], u.a. der Informationen der Bewegungsstatistiken, erstellte die Empa den Flottenmix für die Berechnung mit folgender Methodik:

- Für alle militärischen Typen, die in den Bewegungsstatistiken aufgeführt sind, wird nach Möglichkeit mit dem exakten Quellendatenmodell berechnet. Falls bei einem Flugzeugtypen kein zugehöriges Modell vorliegt, wird dieser bei geringer Bewegungsanzahl einem ähnlichen Typen mit verfügbarem Quellenmodell zugeordnet (sog. Gruppierung). Alternativ wird das Modell aus der *Swiss Aircraft Noise Calculation Database* SANC-DB (vgl. [1], [5]) neu erstellt.
- Zivile Typen, die separat in den Bewegungsstatistiken aufgeführt sind, werden nicht einzeln berechnet, sondern den militärischen Typen zugeordnet und direkt im militärischen Betrieb berücksichtigt (Kap. 3.2). In den Bewegungsstatistiken (vgl. Kap. 6.1) sind die zivilen Typen somit eingerechnet; die Typen und Anzahl Bewegungen des zivilen Betriebs werden dort explizit ausgewiesen.

Nachfolgende Tabelle 3-2 weist den verwendeten Flottenmix aus. Dabei entspricht der "Typ MIL" dem real verkehrenden Flugzeugtypen und "Quellendatenmodell sonAIR" dem Typen, welchem der "Typ MIL" zugewiesen wurde.

Tabelle 3-2 Flottenmix (Typenbezeichnung Militär: Typ MIL) mit der Zuordnung zum dem verwendeten Quelldatenmodell (Richtcharakteristik, RC).

Typ MIL	Quelldatenmodell sonAIR
C56X	C550
CL60	CL65
F900	DA90
F35	F35
B350	BE20
DA42	DA42
DHC6	BE20
PC6T	PC6
PC7	PC7
PC12	PC12
PC21	PC21
AS332	AS332
EC635	EC635

3.7. Akustische Quelldaten

Diese Quelldaten stammen entweder aus Empa-eigenen Messungen (F35) oder aus der SANC-DB (üb-
rige Flugzeugtypen). Dabei wird die Schallemission in Abhängigkeit der Flugzeugtypen und deren Flug-
phase modelliert.

In Fällen, wo weder Empa- noch SANC-DB-Daten vorliegen, oder für Flugzeugtypen mit geringer Anzahl an
Flugbewegungen, werden die Flugzeugtypen mit den Quelldaten eines akustisch ähnlichen Proxy-Typen
beschrieben (namentlich für die Typen B350, DHC6, C56X und CL60, siehe Tabelle 3-2).

Für die Berechnungen wurde auf die neueste Version der SANC-DB (SANC_DB_20230907.txt [B]) zurückge-
griffen, sowie auf die Messergebnisse der Empa auf dem Flugplatz Payerne (im Falle von F35).

Die Quellenmodelle für den F35 wurden mittels der Messkampagne in Payerne im Jahr 2019 erstellt, welche
im Rahmen der Evaluation des neuen Kampffjets (NKF) durchgeführt worden war [2][7][9]. Dabei wurden
zwölf Starts und zwölf Landungen aufgezeichnet, wobei nur bei einem Start der Nachbrenner zum Einsatz
kam. Diese Datengrundlage ist für die Erstellung des F35-Nachbrenner Modells sehr beschränkt. Aber ein
Vergleich mit den Noise-Power-Distance (NPD) Tabellen vom Aviation Environmental Design Tool (AEDT)
ergab relativ geringe Unterschiede von 0 bis 2 dB für Nachbrenner-Starts, was die Glaubwürdigkeit des so-
nAIR-Modells trotz der begrenzten Datenbasis untermauert.

Die sonAIR-Emissionsmodelle des F35 sind sog. Phasenmodelle, d.h. sie beschreiben starre Emissionscha-
rakteristiken mit 3D-Richtwirkung und unterscheiden bei der Start Prozedur zwischen den Flugphasen MIL-
Start (maximale Schubsetzung ohne Verwendung des Nachbrenners, interne Bezeichnung VG) und MAX-
Start (maximaler Schub mit Verwendung des Nachbrenners, NB). Bei der Landung gibt es das ursprüngli-
che, aus den Messungen erstellte Phasenmodell für Landungen sowie je abhängig des Engine-Settings eine

Pegelreduktion um –3 dB, –4.5 dB oder –6 dB. Die Pegelreduktion von –6 dB entspricht der Leistungssetzung nach Aufsetzen auf der Piste und wurde analog zu früheren Berechnungen mit dem F/A-18 aus FLULA2 übernommen. Die Zwischensetzungen von –3 dB und –4.5 dB wurden aus den *Noise-Power-Distance* (NPD) Tabellen von AEDT für den F35 hergeleitet [Interpolation_for_Engine_Settings.xlsx].

In den sonAIR Propeller- und Helikopter-Berechnungen wird gemäss SANC-DB zwischen fünf möglichen Flugphasen unterschieden: *Takeoff Standard Power*, *Initial Climb*, *Continuous Climb*, *Final Approach* und *Landing*. Für die Helikopter AS332 und EC635, deren SANC-DB-Daten ursprünglich aus den FLULA2-Daten erstellt worden waren, enthält die SANC-DB keine Angaben über die akustischen Eigenschaften der Flugphase *Continuous Climb*. Deshalb wurden die akustischen Angaben dieser Phase mit denen der Phase *Initial Climb* gleichgesetzt (bzw. mit derselben Flugphase gerechnet). Die akustischen Kenngrössen der für die Berechnung relevanten Flugzeugtypen werden in Kapitel 6.3 angegeben.

3.8. Flugverfahren

Folgende Flugverfahren werden unterschieden und mit entsprechenden Quelldaten simuliert (Tabelle 3-3).

Tabelle 3-3 Flugverfahren für Start, Landung und Überflug

Verfahren	Abkürzung	Beschreibung
Start	VG	Flugverfahren MIL-Start; bei Jets ohne Nachbrenner
	NB	Flugverfahren Start Jets mit Nachbrenner, Nachbrenner wird bei einem festgesetzten Zeitpunkt ausgeschaltet, ca. 1750m (Verwendung von MAX, dann Umschalten auf MIL)
	D1	Flugverfahren Start Jets mit Nachbrenner, Nachbrenner wird bei einem festgesetzten Zeitpunkt ausgeschaltet, ca. 1400m (Verwendung von MAX, dann Umschalten auf MIL)
	<i>Takeoff Standard Power</i>	Startphase Helikopter und Propellerflugzeuge
	<i>Initial Climb</i>	Startphase Helikopter und Propellerflugzeuge
	<i>Continuous Climb</i>	Startphase Propellerflugzeuge
Landung	AP	Flugverfahren Landung; 4 Landephassen für F35
	<i>Final Approach</i>	Landephase Helikopter und Propellerflugzeuge
	<i>Landing</i>	Landephase Helikopter und Propellerflugzeuge
Überflug	HO	Flugverfahren Horizontalflug Helikopter; bei den Helikopter-Flügen wird beim Übergang vom Steig- zu Horizontalflug von VG nach HO und beim Übergang vom Horizontal- zum Sinkflug von HO nach AP gewechselt

Für Helikopter wird – gemäss Anforderungen des Leitfadens Fluglärm [1] – zusätzlich die Phase des Motor- bzw. Turbinenwarmlaufens vor dem Start bzw. nach der Landung als Fluglärm berücksichtigt, während welcher der Helikopter am Boden steht. Da die genauen Zeiten für diese Phasen aus dem Helikopterbetrieb nicht bekannt sind, wurden hierzu gemäss [1] pro Start drei Minuten und pro Landung eine Minute mit der Quellenleistung wie beim Start –6dB gerechnet.

3.9. Flugbahndaten

Im vorliegenden Projekt werden die Fluglärmberechnungen mittels idealisierter Flugtrajektorien durchgeführt. Die Trajektorien werden durch sogenannte Faltung (siehe Kap. 3.9.3) aus routenspezifischen Spuren sowie flugzeugtyp- und prozedurspezifischen Profilen erstellt.

Die Datengrundlage der Spuren und Profile der Propellerflugzeuge und der Helikopter wurden grösstenteils unverändert aus [15] übernommen. Die Flugspuren für den F35 Betrieb wurden basierend auf den bestehenden Flugspuren für den F/A-18 und F-5 Betrieb übernommen und durch armasuisse in Absprache mit der Luftwaffe den heutigen sowie zukünftig geplanten Operationen angepasst.

3.9.1. Flugspuren

Bei der Fluglärmberechnung auf Basis von idealisierten Flugtrajektorien wird gemäss Leitfaden Fluglärm eine Berechnung mittels 7 Streuspuren pro Route vorgeschrieben [1]. Diese Streuspuren (1 Mittelspur und 6 Seitenspuren) sollen dabei die reale Flugbahnstreuung abbilden. Die Streuspuren der Propellerflugzeuge und Helikopter wurden aus [15] übernommen. Letztere weisen jedoch nur 3 Streuspuren auf (1 Mittel- und 2 Seitenspuren). Daher wurde von der Empa eine Methodik entwickelt, um die 3 Streuspuren auf 7 Spuren zu erweitern. Dazu werden die Spuren räumlich so umgelegt, dass aus den pro Route verfügbaren 3 Flugspuren neu 7 Flugspuren entstehen. Die Mittelspur bleibt unverändert, während die neuen Streuspuren so gelegt werden, dass die gleiche räumliche Streuung wie mit den 3 Spuren abgebildet wird. Die Streurouten links und rechts der Mittelspur werden getrennt behandelt, und es wird jeweils angenommen, dass die Streuung über eine Gauss-Verteilung beschrieben wird, mit der Mittelspur im Maximum der Verteilung. Unter der Bedingung gleichbleibender Streuung ergibt sich so die geometrische Lage sowie die Bewegungsverteilung auf den jeweiligen Streuspuren. Die Methodik ist im Detail in [19] beschrieben. Dieselbe Methodik wurde bereits in den Berechnungen des Projektes MIL_LBK2018 angewendet (auf letzteren Flugspuren basieren die Berechnungen der Flugzeuge mit Propellerantrieb für EMM und MEI). Die Flugbewegungen pro Route werden dabei normalverteilt auf die 7 Flugspuren gelegt (Tabelle 1 in [1]).

3.9.2. Flugprofile

Die Flugprofile für den F35 wurden von der armasuisse zur Verfügung gestellt [NFA_F-35A_optimized_flight_profiles_for_noise_register_calculation_v2.2_20230709.xlsx, klassifiziert] und bilden dabei das reale Beschleunigungsprofil für Starts in fein aufgelösten Zeitschritten ab. Die zur Verfügung gestellten Flugprofile wurden durch die armasuisse in Zusammenarbeit mit Lockheed Martin, mittels einer Simulator-testflugkampagne erarbeitet und in Bezug auf die Fluglärmentwicklung sowie die fliegerische Anwendbarkeit optimiert. Dabei wird anders als in früheren Berechnungen für den F/A-18, für welchen keine Detailinformationen vorlagen, nicht mit einer gleichmässig beschleunigten Bewegung auf der Piste gerechnet, sondern das spezifische Beschleunigungs-Profil des Kampffjets F35 verwendet, was den realen Flugbetrieb besser wiedergibt. In den Flugprofilen ist zudem ersichtlich, wann bei einem Nachbrenner-Start, dieser wieder ausgeschaltet wird (Starts NB und D1, vgl. Tabelle 3-3). Im Gegensatz zu Meiringen [10] und Payerne [11] wurden die Start-Profile für Emmen nicht windkorrigiert, da die Startrichtungen nicht vom Headwind abhängig sind.

Die Flugprofile für die Landungen sind weniger fein aufgelöst, basieren jedoch ebenfalls auf Resultaten der Simulator-Testflugkampagne. Sie wurden nicht windkorrigiert, da bei der Landung ein konstanter (je nach Anflugart unterschiedlicher) Anflugwinkel geflogen wird. Diese Profile enthalten zudem vier verschiedene

Engine Settings, die einen entsprechenden Pegelabschlag von 0 dB (normaler Flugzustand) bis –6 dB (Jet auf der Piste) bewirken.

Für die F35-Volten wurden die Flugprofile entsprechend den realen Flugverfahren definiert, was einem Steigflug auf 5000ft mit maximal 250kt (128.6 Meter pro Sekunde) entspricht und einem anschliessenden Landeanflug mit repräsentativem Geschwindigkeits- sowie Höhenabbau.

Die verwendeten Flugprofile entsprechen den verschiedenen operationellen Anflug- und Abflugverfahren nach Instrumentenflugregeln wie auch nach Sichtflugregeln. Da die F35-Profile klassifizierte Flugleistungsparameter enthalten, können diese im vorliegenden Bericht nicht dargestellt werden.

Die Flugprofile für Propeller und Helikopter (Höhen- und Geschwindigkeitsprofile) wurden aus der früheren Berechnung übernommen [15]; die entsprechenden Details sowie die verwendeten Flugprofile können dort nachgeschlagen werden (Beilage zu [15]). Für die seit der letzten Berechnung gleichbleibenden Flugzeugtypen wurden die Profile unverändert übernommen (Propellerflugzeuge PC6, PC7, PC21; Helikopter AS332 und EC635). Für den neuen Propellerflugzeugtypen PC12 wurden die Profile eines ähnlich fliegenden Flugzeugtypen verwendet, namentlich die Flugprofile des PC7 aus [15]. Eine tabellarische Darstellung der Profilzuordnungen zu den Flugrouten findet sich in Kapitel 6.4.

3.9.3. Flugtrajektorien

Die Flugtrajektorien werden mittels den zuvor erwähnten Flugprofilen zusammen mit den Flugspuren erstellt. Die Flugtrajektorien werden dabei durch geometrisches Zusammenlegen der Flugspuren und Flugprofile gemäss der Zuordnungsliste in Kapitel 6.4 erstellt (sog. Faltung). Dabei wird insbesondere für den F35 nicht gemäss Leitfaden [1] das gleichmässige Beschleunigungsmodell auf der Piste, sondern die fein aufgelösten Profile von armasuisse verwendet, was den realen Flugbetrieb genauer abbildet. Für die übrigen Jets sowie die Propellerflugzeuge und Helikopter wurden die Flugprofile aus den früheren Berechnungen [15] übernommen, unter Anwendung des linearen Beschleunigungsmodells auf der Piste gemäss Anforderungen des Leitfadens Fluglärm [1].

3.10. Flugbewegungszahlen

Die Flugbewegungszahlen basieren auf Angaben der Luftwaffe und wurden in Zusammenarbeit mit der Empa erstellt [A].

Kapitel 6.1 enthält die detaillierten, für die Berechnung verwendeten Bewegungsstatistiken, aufgeteilt nach Jets, Propellerflugzeugen und Helikoptern. Die nachfolgende Tabelle 3-4 gibt eine Übersicht über die prognostizierten jährlichen Flugbewegungszahlen, aufgeteilt nach Flugzeugen mit Strahlantrieb (Jets) und mit Propellerantrieb (Propellerflugzeuge und Helikopter).

Tabelle 3-4 Prognose 2035, Jährliche Flugbewegungszahlen EMM, aufgeteilt nach Flugzeugen mit Strahlantrieb (Jets) und mit Propellerantrieb (Propellerflugzeuge und Helikopter), inklusive zivile Bewegungen [A].

Kategorie	RC-Typen	Jahresdurchschnitt 2017–2022	Prognose 2035
Strahlantrieb	F35, C56X, CL60, F900	4'091 *	1'570
Propellerantrieb	B350, DA42, DHC6, PC6, PC7, PC12, PC21; EC635, AS332	16'947 *	20'160
Total Flugbewegungen		21'038 *	21'730

* Mittelwert über 6 Jahre (gerundet auf ganze Zahlen). Jahresdurchschnitt für Strahlantrieb bezieht sich auf Bewegungen von F/A-18 und F5.

3.11. Kennzahlen des militärischen Flugbetriebs

Aus den Monatsstatistiken werden die Kennzahlen gemäss LSV Anhang 8 [17] berechnet (siehe Kap. 3.1). Hierzu werden die Monatsstatistiken getrennt nach Flugzeugen mit Strahlantrieb (Jets) und mit Propellerantrieb (Propellerflugzeuge und Helikopter) benötigt.

Die Monatsstatistiken der Jahre 2017 bis 2022 wurden von der armasuisse aufbereitet und der Empa in elektronischer Form zur Verfügung gestellt [A]. In Kapitel 6.2 befinden sich die Statistiken sowie die daraus berechneten Kennzahlen (Gewichtungsfaktor GF, vgl. Kap. 3.1). Daraus und aus den Gesamtbewegungszahlen (Kap. 3.10) ergeben sich folgende Kennzahlen für den Militärbetrieb EMM, welche in den Berechnungen verwendet wurden (Tabelle 3-5). Dabei ist zu beachten, dass GF_p bzw. KGF_p dem Jahresmittel 2017–2022 entspricht, während GF_j bzw. KGF_j einem Planungswert entspricht. Da der F35 Flugbetrieb in EMM in Zukunft wesentlich gleichmässiger über das Jahr verteilt sein wird als der heutige Jetflugbetrieb, wird ein GF_j von 1.2 angenommen. Der statistisch ermittelte Wert für GF_j über die Jahre 2017-2022 würde 1.486 betragen.

Tabelle 3-5 Kennzahlen des Militärbetriebs EMM für Flugzeuge mit Strahlantrieb (Jets) und mit Propellerantrieb (Propellerflugzeuge und Helikopter) für die Prognose 2035 sowie den Ist-Zustand (Mittelwert der Jahre 2017–2022). Zur Definition der Kennzahlen vgl. Kap. 3.1. Die Gewichtungsfaktoren für die Prognose wurden aus dem Ist-Zustand übernommen. Zivile Bewegungen inbegriffen.

			Prognose	Ist
Jährliche Flugbewegungszahlen N_x	J	N_j	1'570	4'091
	P+H	N_p	20'160	16'947
Flugbewegungszahlen der sechs verkehrsreichsten Monate M_x	J	M_j	942	3'024
	P+H	M_p	13'003	10'928
Stündliche Flugbewegungszahlen $n_x = M_x / (12 \cdot 130)$	J	n_j [/h]	0.604	1.938
	P+H	n_p [/h]	8.335	7.005
Gewichtsfaktoren $GF_x = 2 \cdot M_x / N_x$ $KGF_x = 10 \cdot \log(GF_x)$	J	GF_j	1.200	
		KGF_j	0.792	dB
	P+H	GF_p	1.290	
		KGF_p	1.106	dB
Pegelkorrekturen	alle	K_0	-8.000	dB
	J	K_1	0.000	dB
	P+H	K_2	1.284	dB

[EMM_BEWSTAT.xlsx]

4. Berechnungsergebnisse

4.1. Fluglärmkarte Beurteilungspegel L_r

Der Beurteilungspegel L_r ist als Resultat der Berechnungen in

Abbildung 4-1 dargestellt. Die Belastung wird hier mit der früheren Belastungsrechnung MIL LBK 2018 [15] für das Jahr 2020 (

Abbildung 4-1) verglichen.

Abbildung 4-1 zeigt die Isolinien des L_r der vorliegenden Berechnung (Prognose 2035, in rot) im Vergleich mit der Berechnung für 2020 (in blau, aus [15]). Es fällt auf, dass die Isolinien der vorliegenden Prognose 2035 deutlich unruhiger verlaufen als diejenigen der früheren Berechnung. Dies ist auf den Wechsel des Fluglärmrechnungsprogrammes zurückzuführen. Für die frühere Berechnung wurde das vom BAFU empfohlene Lärmrechnungsprogramm FLULA2 (Version 004) verwendet. Die Hauptunterschiede zwischen beiden Berechnungsprogrammen FLULA2 und sonAIR sind (vgl. auch [18]):

- Trennung von Emission und Ausbreitung in sonAIR (FLULA2: kombinierte Berechnung)
- Spektrale Modellierung (Terzbandspektren) in sonAIR (FLULA2: A-bewertete Pegel)
- Dreidimensionale Abstrahlcharakteristik in sonAIR (2D in FLULA2)
- Detaillierteres Ausbreitungsmodell, u.a. mit zusätzlicher Dämpfung durch Vegetation und expliziter Berechnung von Bodenreflexionen unter Berücksichtigung der lokalen Bodenbedeckung (FLULA2: empirische Bodenzusatzdämpfung für streifendem Schalleinfall)
- Explizite Modellierung des Dopplereffektes (geschwindigkeitsabhängig) in sonAIR (FLULA2: implizit für mittlere Fluggeschwindigkeit während den Messungen)

Der Einfluss des detaillierten Ausbreitungsmodelles ist besonders östlich von der Piste zu sehen (Region Oberschilt Wald). In diesem Bereich (wie auch auf der westlichen Seite der Piste in der Nähe Rothenburg) kommt es nicht nur zum unruhigeren Kurvenverlauf, sondern auch zu grösseren Differenzen im L_r zwischen sonAIR und FLULA2, z.B. Schallausbreitung durch den Wald. Die Unterschiede im Süden werden durch die steileren Abflugprofile verursacht, da nach Süden im Gegensatz zur Prognose 2020 aus Gründen der Lärmminimierung in dicht besiedelten Gebieten südlich des Flugplatzes ausschliesslich mit Nachbrenner gestartet wird. Im Norden wird es hingegen etwas lauter wegen einem geringen Anteil von Volten (etwas tiefere Flughöhe), die in der Berechnung 2020 nicht beflogen wurde. Weitere Unterschiede zwischen beiden Berechnungsprogrammen und die entsprechenden Auswirkungen auf die Lärmbelastung werden ausführlich im Teilbericht [13] beschrieben.

Im Jahr 2035 werden die Bewegungszahlen der Flugzeuge mit Strahlantrieb im Vergleich mit der Berechnung 2020 von 4'450 Bewegungen [15] auf 1'570 Bewegungen (Tabelle 3-4) deutlich um rund zwei Drittel reduziert. Dies würde bei gleichbleibenden Emissionen der heutigen und zukünftigen Jetflugzeugen den L_r um rund 4.5 dB vermindern. Zudem sind in der Prognoserechnung die Bewegungen gleichmässiger über das Jahr verteilt (GF_j im Jahr 2035 von 1.20 statt 1.53 wie im Jahr 2020), was den resultierenden L_r zusätzlich um rund 1 dB reduziert. Da sich die akustischen Eigenschaften des F35 von denjenigen des F/A-18 (und insbesondere auch F5) jedoch deutlich unterscheiden, führt diese Reduzierung der Bewegungszahlen nicht zu ausgeprägten Pegelabnahmen. Der F35, welcher die Jets F/A-18 und F5 ablösen wird, ist gemäss Empa-Messungen auf den Flugplätzen Payerne und Meiringen im Durchschnitt immissionsseitig rund 3 dB

lauter als der F/A-18 [2][7] (und deutlich lauter als der F5, welcher in der Berechnung 2020 65% der Bewegungen ausmacht). Diese Differenzen sind neben den Lärmemissionen teilweise auch auf unterschiedliche Fluggeometrien, Leistungseinstellungen und Ausbreitungsbedingungen zurückzuführen. Tatsächlich ergibt die emissionsseitige Modellierung der Schallquelle für MIL-Starts eine geringere Differenz von 2.4 dB und für MAX-Starts von 1.9 dB, jeweils bei einem geradlinigen Überflug in 1000 Fuss Abstand (vgl. Kennwerte des F35 in Kap. 6.3 mit den Kennwerten für den F/A-18 in [4]).

Insgesamt fällt die Lärmkontur für die Prognose 2035 Richtung Norden trotz tieferer Bewegungszahlen und GF_j leicht grösser aus als diejenige von der Berechnung 2020. Richtung Süden hingegen ist eine deutliche Abnahme der Lärmbelastung sichtbar. Diese Abnahme der Fluglärmbelastung unter den Flugrouten ist neben der Abnahme in den Flugbewegungen auf das bezüglich Fluglärm optimierte Abflugverfahren in südwestlicher Richtung unter Verwendung des Nachbrenners zurückzuführen. Bei diesem Verfahren wird der Nachbrenner nur während der Anroll- und Startphase verwendet und wird praktisch noch innerhalb des Flugplatzperimeters wieder ausgeschaltet. Durch dieses Verfahren kann über dem dicht besiedelten Gebiet südwestlich der Pistenschwelle eine signifikant steilere Abfluggeometrie erreicht werden.

Die im Vergleich zu den Jets (und auch im Vergleich zu MIL LBK 2018) relativ hohe Bewegungsanzahl von 20'160 im Jahr 2035 der Flugzeuge mit Propellerantrieb (Tabelle 3-4) fällt nur wenig ins Gewicht, da der Beitrag der Lärmbelastung (L_{rp}) der Flugzeuge mit Propellerantrieb, welche deutlich leiser sind als die Flugzeuge mit Strahlantrieb, zur Gesamtbelastung L_{rm} und somit L_r , klein ist. Man kann somit insgesamt davon ausgehen, dass die Fluglärmbelastung des Jahres 2035 ähnlich bleibt wie der heutige Zustand 2020 mit einer geringen Zunahme Richtung Norden und mit einer deutlichen Abnahme Richtung Süden des Flugplatzes.

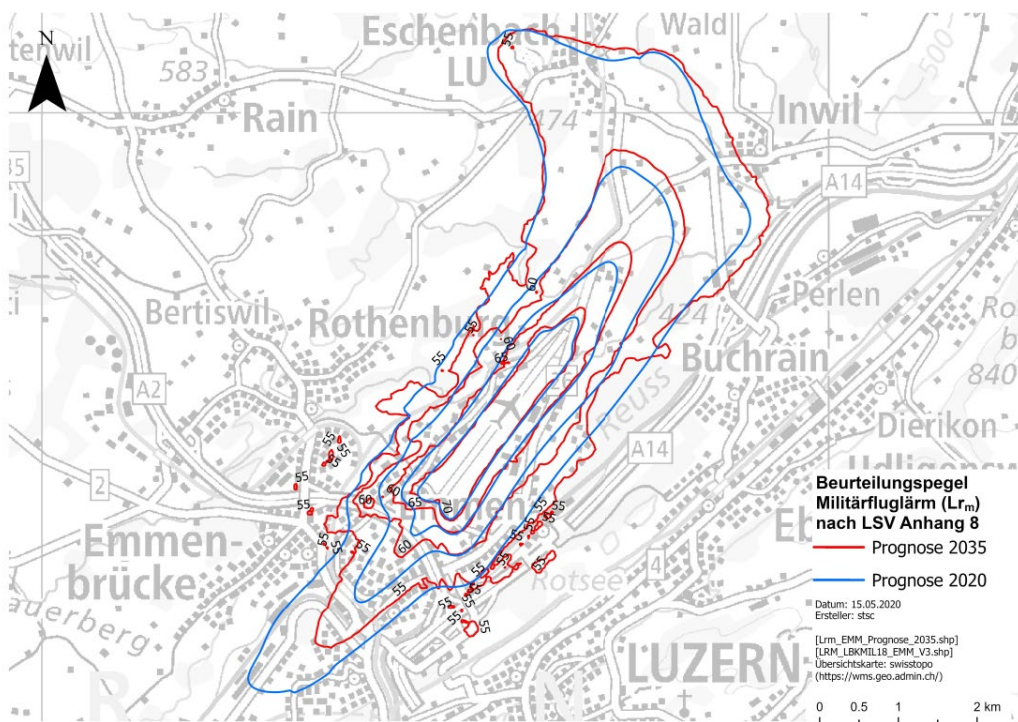


Abbildung 4-1: Beurteilungspegel L_r – Isolinien 55, 60, 65 und 70 dB – der Berechnungen Flugplatz EMM für 2020 (MIL LBK 2018 [8]) und 2035. Übersichtskarte PK100; Quelle: Bundesamt für Landestopografie.

Bemerkung: Gemäss Leitfaden Fluglärm wird bei Flächenflugzeugen der Lärm des Rollverkehrs zu und von der Startbahn (*Taxiing*) dem Industrie- und Gewerbelärm gleichgestellt [1] und somit in den Fluglärmrechnungen nicht berücksichtigt. Bei Helikoptern hingegen soll – neben der Aufwärm- und Abkühlphase das Schweben und Rollen in den Fluglärmrechnungen berücksichtigt werden. Während die Aufwärm- und Abkühlphase berücksichtigt wurde, bleibt das Schweben – wie auch in früheren Berechnungen – aus Aufwandgründen unberücksichtigt. Es kann vernachlässigt werden, da der Jet-Betrieb die Gesamtbelastung dominiert und der Beitrag des Betriebs der Flugzeuge mit Propellerantrieb zur Gesamtbelastung vernachlässigbar ist.

4.2. Genauigkeit der Berechnungen

Die Genauigkeit von Fluglärmrechnungen wurde anhand von FLULA2 detailliert in einer an der Abteilung Akustik / Lärminderung der Empa abgeschlossenen Dissertation untersucht [20]. Sie können generell auch auf Jahresbelastungsrechnungen mit sonAIR übertragen werden, um die Grössenordnung der Unsicherheiten zu schätzen. Es ist mit eher tieferen Unsicherheiten in sonAIR als in FLULA2 zu rechnen, doch eine Unsicherheitsschätzung von sonAIR wurde noch nicht vorgenommen.

Die Unsicherheit der Fluglärmrechnungen wird hauptsächlich durch vier Faktoren beeinflusst:

- Unsicherheiten im akustischen Quellenmodell (Emissionspegel, Richtwirkung) sowie Variationen in den Leistungssetzungen der Flugzeuge je nach Gewicht und Flugsegment (MAX, MIL; *derated take-off, climb power*),
- Schallausbreitung (in sonAIR separat zur Emission modelliert),
- Unsicherheiten bei der Modellierung der Flugwege (Streuungen im Steig- und Geschwindigkeitsprofil und in den Flugspuren),
- Unsicherheiten in der mengenmässigen und typenspezifischen Belegung von Flugrouten, und Unsicherheiten im prognostizierten Flottenmix.

Vergleiche zwischen Simulationen mit FLULA2 unter Verwendung von Radardaten (Einzelflugsimulation) und solchen mit idealisierten Spuren und Profilen ergaben Standardunsicherheiten von rund 0.5 dB. Nicht berücksichtigt bei diesen 0.5 dB sind Unsicherheiten bei der Festlegung der Lage und des Verlaufes der Flugbahnen (Flugspuren und Profile). Diese Unsicherheiten dürften auch für sonAIR gelten. Unsicherheiten in der Belegung von Pisten und Flugrouten in der Grössenordnung von 20 Prozent können lokal zu Unsicherheiten in der Belastung bei gleichbleibendem Flottenmix von 1 dB führen, bei 10 Prozent sind es 0.5 dB.

Generell wird jedoch die Unsicherheit der Fluglärmrechnung durch die Modellierung der Schallquelle und der Schallausbreitung dominiert. Im Falle der hier verwendeten (starren) Phasenmodelle, d.h. Quelldaten, die von Flugphasen abhängen, dürften die Unsicherheiten emissionsseitig ähnlich gross sein wie für FLULA2. Die in sonAIR verwendeten Quellenmodelle des Jetflugzeuges F35, welches den Flugbetrieb akustisch dominiert, wurden von der Empa durch Messungen unter realen Bedingungen ermittelt. Frühere Vergleichsuntersuchungen mit FLULA2 für die von der Empa gemessenen Flugzeuge F/A-18 und F5 mit unabhängigen Messungen an Kampfflugzeugen in MEI zeigten, dass bei der Berechnung der Fluglärmbelastung mit diesen Quellenmodellen die (Standard-)Unsicherheit 1–2 dB beträgt [9]. Eine ähnliche Standardunsicherheit dürfte auch für den F35 gelten, wobei für den MAX-Start mit Nachbrenner die Unsicherheit eher

2–3 dB gelten dürfte (beschränkte Datengrundlage, vgl. Kap. 3.7). Die aus der SANC-DB abgeleiteten Typen (z.B. PC6) dürften mit einer etwas höheren Unsicherheit behaftet sein (2–3 dB). In diesen quellenspezifischen Unsicherheitsabschätzungen von FLULA2 ist die Unsicherheit der Ausbreitungsrechnung bereits enthalten (FLULA2: Immissionsmodell, wo Emission und Ausbreitung zusammen modelliert werden). Für sonAIR dürfte die vorliegende Abschätzung ebenfalls gelten, wobei die Unsicherheit der Schallausbreitung etwas tiefer sein dürfte; zudem wird in sonAIR auch der Doppler-Effekt explizit simuliert.

Wenn für einzelne Flugzeugtypen keine typenspezifischen Quellendaten (RC-Typen) zur Verfügung stehen, müssen diese Typen in Berechnungen vergleichbaren Flugzeugtypen zugeordnet werden, wodurch eine zusätzliche Unsicherheit entsteht. In der vorliegenden Berechnung war das für die Flugzeugtypen C56X, CL60, B350 und DHC6 der Fall (vgl. Tabelle 3-2). Deren Bewegungszahlen (Kap. 6.1) und akustischen Beitrag zur Gesamtbelastung ist jedoch gering, sodass diese zusätzliche Berechnungsunsicherheit vernachlässigbar ist.

Insgesamt muss in der vorliegenden Prognoserechnung von einer Unsicherheit im Sinne einer Standardunsicherheit von ± 2 dB ausgegangen werden.

5. Datengrundlagen, Literatur, Begriffe und Abkürzungen

5.1. Datengrundlagen

- [A] Datenlieferungen der Berechnungsgrundlagen der Luftwaffe: Lieferungen vom 17. Mai 2023 und 11. Juli 2023: Input LBK Berechnungen für PAY EMM MEI.msg, LBK_Berechnungs_Input_(EMM&PAY&MEI)_20230516.zip, Datenlieferung LBK Berechnung.msg, NFA_F-35A_optimized_flight_profiles_for_noise_register_calculation_v2.2_20230709.xlsx, NFA_EMM_Statistics_Input_Noise_Register_v2.3_adapted.xlsx
- [B] Datenlieferung der SANC_DB_20230907.txt, Stand 07.09.2023: Lieferung vom 06.12.2023 durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL.

5.2. Abkürzungen

AEDT	Aviation Environmental Design Tool
AP	Flugverfahren Landung
BAFU	Bundesamt für Umwelt
D1	Flugverfahren Start Jets mit Nachbrenner, Nachbrenner wird bei einem festgesetzten Zeitpunkt ausgeschaltet, ca. 1'400 m (Verwendung von NB, dann Umschalten auf VG)
EMM	Militärflugplatz Emmen
Empa	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
FLULA2	Fluglärmrechnungsprogramm der Empa
G _{Fx}	Gewichtsfaktor zur Umrechnung der Bewegungszahlen im Jahresmittel auf die Bewegungszahlen eines Tages mit durchschnittlichem Spitzenbetrieb (sechs verkehrsreichste Monate), mit x = j (Jet) oder p (Propeller)
GS-VBS	Generalsekretariat VBS
HO	Flugverfahren Horizontalflug Helikopter
K _{G_{Fx}}	Gewichtsfaktor zur Umrechnung der Bewegungszahlen im Jahresmittel auf die Bewegungszahlen eines Tages mit durchschnittlichem Spitzenbetrieb (sechs verkehrsreichste Monate) in dB, mit x = j (Jet) oder p (Propeller)
K _x	Bewegungszahlkorrektur, mit x = j (Jet) oder p (Propeller)
LBK	Lärmbelastungskataster
Leq _x	Mittelungspegel, mit x = j (Jet), p (Propeller), m (Militär) oder z (zivil)
L _{r_x}	Beurteilungspegel für den Lärm des Betriebs auf Militärflugplätzen, mit x = j (Jet), p (Propeller), m (Militär) oder z (zivil)
LSV	Lärmschutz-Verordnung
M _x	Flugbewegungszahlen der sechs verkehrsreichsten Monate, mit x = j (Jet) oder p (Propeller)
NB	Flugverfahren Start Jets mit Nachbrenner, Nachbrenner wird bei einem festgesetzten Zeitpunkt ausgeschaltet, ca. 1'750 m
N _x	Jährliche Flugbewegungszahl, mit x = j (Jet) oder p (Propeller)
n _x	Stündliche Flugbewegungszahl; Anzahl Flugbewegungen pro Stunde sechs verkehrsreichsten Monate, mit x = j (Jet) oder p (Propeller)
SANC-DB	Swiss Aircraft Noise Calculation Data Base
VG	Flugverfahren Start; bei Jets ohne Nachbrenner

5.3. Literatur

- [1] BAFU, BAZL, GS-VBS, 2021. *Leitfaden Fluglärm, Vorgaben für die Lärmermittlung. Umwelt-Vollzug, Lärm Nr. 1625*. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), Generalsekretariat des Eidg. Departementes für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS (GS-VBS), Bern. URL: www.bafu.admin.ch/fluglaerm-ermittlung (Ersetzt Fassung des Leitfadens Fluglärm von 2016).
- [2] Bundesamt für Rüstung - armasuisse ar, Luftfahrtssysteme, 2017. *Neues Kampfflugzeug, Kurzbericht Lärmmessungen und Auswirkungsanalyse F-35A*. Aktenzeichen: ar-213.11-17/17/2/13/11/1/6
- [3] Empa, 2002. *Ermittlung des Fluglärms bei Militärflugplätzen (FLB MIL)*. Bericht Nr. 850'138-1. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [4] Empa, 2010. *FLULA2, Ein Verfahren zur Berechnung und Darstellung der Fluglärmbelastung. Technische Programm-Dokumentation. Version 4*. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf. URL: <http://www.empa.ch/web/s509/flula2>.
- [5] Empa, Lobsiger Consulting, 2012. *SANC-DB, Swiss Aircraft Noise Calculation Database, Technische Dokumentation Version 2.0*. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf, Lobsiger Consulting, Belp.
- [6] Empa, 2020. *Dokumentation zum Fluglärm-Berechnungsmodell sonAIR*. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf. URL: <https://www.empa.ch/web/s509/sonair>.
- [7] Empa, 2021. *Evaluation neues Kampfflugzeug – Messtechnische Ermittlung akustischer Kenngrößen und Auswirkungsanalyse Bericht Nr. 5214.019353*. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf. (KLASSIFIZIERT)
- [8] Empa 2022. *sonAIR – First calculation of annual aircraft noise exposure for Geneva 2017 and Zurich 2017*. Report No. 5214.020920/5214.025794. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [9] Empa 2024. *Improvement of the F/A-18 Hornet and F-35 sound source models for sonAIR aircraft noise simulations Report No. 5214.025300-1*. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf. (KLASSIFIZIERT)
- [10] Empa, 2024. *Militärflugplatz Meiringen, Lärmbelastungskataster Prognose 2035, Berechnungen 2024*. Bericht Nr. 5214.03149-2. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [11] Empa, 2024. *Militärflugplatz Payerne, Lärmbelastungskataster Prognose 2035, Berechnungen 2024*. Bericht Nr. 5214.03149-3. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [12] Empa, 2024. *Militärflugplatz Emmen, Vergleichsrechnung sonAIR und FLULA2 Prognose 2035, Berechnungen 2024*. Bericht Nr. 5214.03149-4. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [13] Empa, 2024. *Militärflugplatz Meiringen, Vergleichsrechnung sonAIR und FLULA2 Prognose 2035, Berechnungen 2024*. Bericht Nr. 5214.03149-5. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [14] Empa, 2024. *Militärflugplatz Payerne, Vergleichsrechnung sonAIR und FLULA2 Prognose 2035, Berechnungen 2024*. Bericht Nr. 5214.03149-6. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [15] Empa, 2024. *Militärflugplatz Emmen, Lärmbelastungskataster Prognose 2020, Berechnungen 2018/2019*. Bericht Nr. 5124.019717-1. Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, Dübendorf.
- [16] ET-Tools: [GIS tools from ET SpatialTechniques \(ian-ko.com\)](http://www.ian-ko.com)
- [17] LSV, 1986. *Lärmschutz-Verordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986 (Stand am 1. Juli 2021)*. SR 814.41. URL: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19860372/index.html>.
- [18] Meister, J., S. Schalcher, J.M. Wunderli, D. Jäger, C. Zellmann, and B. Schäffer, 2021. *Comparison of the aircraft noise calculation programs sonAIR, FLULA2 and AEDT with noise measurements of single flights*. Aerospace 8, Paper No. 388, 16 pp.

- [19] Schwab, O., 2019. Construction of Ground Subtracks for Aircraft Noise Calculations Using an Estimate of Lateral Flight Dispersion. *Acta Acustica united with Acustica* 105, S. 779-783.
- [20] Thomann, G., 2007. *Mess- und Berechnungsunsicherheit von Fluglärmbelastungen und ihre Konsequenzen*. Dissertation, Diss. ETH Nr. 17433. ETH Zürich, Zürich.
URL: <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-005484556>.
- [21] Wunderli, J. M., Zellmann, C., Köpfl, M., and Habermacher, M., 2018. *SonAIR – a GIS-integrated spectral aircraft noise simulation tool for single flight prediction and noise mapping*. *Acta Acustica United with Acustica* 104, 440–451.
- [22] Wunderli, J. M., Meister, J. Jäger, D., Schalcher, S., Zellmann, C., Schäffer, B., 2022: *Aircraft noise in situations with grazing sound incidence—comparing different modeling approaches*. *Journal of the Acoustical Society of America* 151, 3140–3151.
- [23] Zellmann, C., 2019. *Grundlagendaten für sonX: Bereitstellung von Grundlagendaten für die Ausbreitungsberechnung mit sonX*. n-Sphere AG, Zürich.

6. Technischer Anhang

6.1. Prognostizierte Bewegungsstatistiken

6.1.1. Jährliche Starts und Landungen von Flugzeugen mit Strahlantrieb

Zivile Bewegungen auf MIL		
TYPE	MOVS	assigned TYPE
A320	20	F900
CL60	10	CL60
PC24	40	C56X
Total	70	

Starts		RWY04							RWY22					Total	Share
Typ	Perf	SJ04B	SJ04IE	SJ04IS	SJ04R	SJ04S	SJ04E	SJ04VC	SJ22B	SJ22W	SJ22IS	SJ22S	SJ22VC		
C550*		0.0	0.0	8.2	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.7	0.0	35.0	4%
CL65*		0.0	0.0	5.0	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	15.0	0.0	40.0	5%
F35A	MIL	0.0	82.0	217.0	0.0	108.0	21.0	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	451.0	57%
	MAX	0.0	23.0	46.0	0.0	24.0	6.0	0.0	17.0	22.0	78.0	0.0	8.0	224.0	29%
DA90*		0.0	0.0	7.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	9.5	0.0	35.0	4%
Total		0.0	105.0	283.7	29.9	132.0	27.0	23.0	17.0	22.0	97.3	40.2	8.0	785.0	100%
Route		0%	13%	36%	4%	17%	3%	3%	2%	3%	12%	5%	1%	100%	
RWY		77%							23%					100%	

Landungen		RWY04							RWY22						Total	Share
Typ	Perf	LJ04B2	LJ04O	LJ04R	LJ04S	LJ04V	LJ04IC	LJ04VC	LJ22B2	LJ22O	LJ22R	LJ22S	LJ22Y	LJ22VC		
C550		0.0	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	0.0	0.0	35.0	4%
CL65		0.0	5.9	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.8	0.0	0.0	40.0	5%
F35A		70.0	81.0	91.0	71.0	0.0	35.0	23.0	18.0	36.0	141.0	83.0	18.0	8.0	675.0	86%
DA90		0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	35.0	4%
Total		70.0	96.9	108.2	71.0	0.0	35.0	23.0	18.0	36.0	141.0	159.8	18.0	8.0	785.0	100%
Route		9%	12%	14%	9%	0%	4%	3%	2%	5%	18%	20%	2%	1%	100%	
RWY		51%							49%						100%	

Volten

[EMM_BEWSTAT.xlsx, BewStat 1.2]

*Die Start-Routen der Jets ohne Nachbrenner (C550, CL65 und DA90) wurden auf die früheren Jet-Routen SJ04O, SJ04R, SJ22R und SJ22S umgelegt.

6.1.2. Jährliche Starts und Landungen von Propellerflugzeugen

Starts		RWY04									RWY22							Total	Share
RC	Perf	SP0401	SP0402	SP0403	SP0404	SP0407	SP0409	SP0410	SP0411	SP04V1	SP2212	SP2213	SP2214	SP2215	SP2218	SP2219	SP2221		
B350		0	0	0	4	0	4	4	5	0	4	0	0	5	5	4	5	38	0%
DA42		0	0	0	0	0	19	12	74	0	0	0	0	19	52	19	69	267	3%
DHC6		1	0	0	4	0	1	3	5	0	3	0	0	7	2	2	9	37	0%
PC12		19	10	23	19	19	17	19	19	10	14	25	34	45	25	17	25	343	4%
PC21		0	0	424	298	123	36	220	783	152	134	287	39	644	173	287	491	4'096	46%
PC6T		52	20	80	64	64	16	24	32	72	129	143	215	360	143	14	72	1'500	17%
PC7		93	34	123	93	93	78	93	93	100	96	235	350	466	235	143	235	2'559	29%
Total		165	64	650	482	299	172	376	1'012	334	380	690	638	1'547	636	487	907	8'840.0	100%
Route		2%	1%	7%	5%	3%	2%	4%	11%	4%	4%	8%	7%	17%	7%	6%	10%	100%	
RWY		40%									60%							100%	

Landungen		RWY04								RWY22						Total	Share
RC	Perf	LP0422	LP0424	LP0425	LP0426	LP0427	LP0428	LP0429	LP04V1	LP2230	LP2231	LP2232	LP2233	LP2234	LP2235		
B350		5	7	0	0	0	6	0	0	0	6	0	0	6	7	38	0%
DA42		22	42	0	0	0	42	0	0	35	27	0	0	24	72	267	3%
DHC6		3	6	0	0	0	6	0	0	0	5	0	0	8	9	37	0%
PC12		22	10	20	14	8	26	14	10	66	24	12	49	19	47	343	4%
PC21		255	327	272	0	136	136	228	152	446	584	471	0	503	589	4'096	46%
PC6T		100	17	75	50	0	108	17	72	353	106	28	255	71	248	1'500	17%
PC7		165	37	149	85	21	213	85	100	565	173	50	408	117	397	2'559	29%
Total		572	446	515	149	164	537	343	334	1'465	925	560	712	748	1'369	8'840	100%
Route		6%	5%	6%	2%	2%	6%	4%	4%	17%	10%	6%	8%	8%	15%	100%	
RWY		35%								65%						100%	

Zivile Bewegungen auf MIL		
TYPE	MOVS	assigned TYPE
B350	50.2	B350
DA42	34.6	DA42
DR40	32.9	PC7
P28A	31.2	PC7
S22T	32.9	PC7
PC7	20.8	PC7
PC12	185.3	PC12
PC21	192.2	PC21
Total	580.0	

6.1.3. Jährliche Starts und Landungen von Helikoptern

Starts		RWYTA						RWTW04					RWYTW22					Total	Share
RC-Typ	Perf	SHTA01	SHTA03	SHTA05	SHTA08	SHTA12	SHTA34	SHTW0402	SHTW0403	SHTW0404	SHTW0407	SHTW0408	SHTW2210	SHTW2211	SHTW2213	SHTW2216	SHTW2233		
AS332		0	0	0	0	0	0	57	107	48	67	31	57	40	40	80	107	634	51%
EC635		63	177	101	63	101	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	606	49%
Total		63	177	101	63	101	101	57	107	48	67	31	57	40	40	80	107	1'240	100%
Route		5%	14%	8%	5%	8%	8%	5%	9%	4%	5%	2%	5%	3%	3%	6%	9%	100%	
RWY		49%						25%					26%					100%	

Landungen		RWYTA							RWTW04					RWYTW22							Total	Share
RC-Typ	Perf	LHTA20	LHTA21	LHTA22	LHTA23	LHTA24	LHTA31	LHTA32	LHTW0417	LHTW0419	LHTW0420	LHTW0423	LHTW0424	LHTW2225	LHTW2226	LHTW2227	LHTW2228	LHTW2229	LHTW2230			
AS332		0	0	0	0	0	0	0	56	66	106	56	22	39	39	39	56	39	111	634	51%	
EC635		119	151	74	62	74	62	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	606	49%	
Total		120	152	75	63	75	63	63	56	66	106	56	22	39	39	39	56	39	113	1'240	100%	
Route		10%	12%	6%	5%	6%	5%	5%	5%	5%	9%	5%	2%	3%	3%	3%	5%	3%	9%	100%		
RWY		49%							25%					26%							100%	

Zivile Bewegungen auf MIL		
TYPE	MOVS	assigned TYPE
A109	104.0	AS332
AS32	15.2	AS332
EC45	60.8	EC635
Total	180.0	

[EMM_BEWSTAT.xlsx]

6.2. Monatsstatistik der Jahre 2017 bis 2022

Jahr	Kategorie													Summe		GF
		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	N _x	M _x	
2022	Jet	263	118	554	168	176	195	1060	81	227	221	339	122	3'524	2664	1.51
	Prop	1631	1125	1865	1130	1332	1547	1352	186	2479	1499	1634	529	16'309	10655	1.31
	gesamt	1894	1243	2419	1298	1508	1742	2412	267	2706	1720	1973	651	19'833		
2021	Jet	242	202	348	468	184	560	569	107	280	259	132	138	3'489	2484	1.42
	Prop	1'246	1'502	1'941	1'397	1'264	1'426	1'350	433	1'931	1'612	1'419	721	16'242	9831	1.21
	gesamt	1'488	1'704	2'289	1'865	1'448	1'986	1'919	540	2'211	1'871	1'551	859	19'731		
2020	Jet	342	168	407	215	317	303	947	161	377	407	219	94	3'957	2797	1.41
	Prop	1'277	1'504	1'403	1'758	1'433	2'261	1'477	466	2'049	1'700	1'111	876	17'315	10749	1.24
	gesamt	1'619	1'672	1'810	1'973	1'750	2'564	2'424	627	2'426	2'107	1'330	970	21'272		
2019	Jet	340	217	380	351	181	334	128	841	346	398	107	217	3'840	2656	1.38
	Prop	1'089	1'137	1'247	1'392	1'826	1'853	304	1'213	1'938	2'031	1'852	702	16'584	10892	1.31
	gesamt	1'429	1'354	1'627	1'743	2'007	2'187	432	2'054	2'284	2'429	1'959	919	20'424		
2018	Jet	224	241	539	449	225	343	1'206	0	396	654	223	171	4'671	3587	1.54
	Prop	1'687	1'536	1'510	1'537	1'791	1'923	1'007	58	1'574	2'872	1'187	507	17'189	11384	1.32
	gesamt	1'911	1'777	2'049	1'986	2'016	2'266	2'213	58	1'970	3'526	1'410	678	21'860		
2017	Jet	176	231	461	293	388	344	7	1'926	280	357	478	123	5'064	3954	1.56
	Prop	1'448	1'292	2'309	1'185	2'366	1'943	48	2'094	1'663	1'683	1'452	559	18'042	12058	1.34
	gesamt	1'624	1'523	2'770	1'478	2'754	2'287	55	4'020	1'943	2'040	1'930	682	23'106		
		N _x	M _x	GF												
Mittelwerte:		Jets	4'091	3'024	1.478											
		Props	16'947	10'928	1.290											

[Anhang_EMM.xlsx]

6.3. Akustische Kenndaten

Akustische Kennwerte F35 Approach*

Kategorie	Typ	LA _{max}	Theta(LA _{max})	LAE
		[db]	[°]	[dB]
F35	F35 Engine: Phase 30	93.9	124	102.1
	F35 Engine: Phase 20	90.9	124	99.1
	F35 Engine: Phase 15	89.4	124	97.6
	F35 Engine: Phase 10	87.9	124	96.1

Akustische Kennwerte F35 Takeoff*

Kategorie	Typ	LA _{max}	Theta(LA _{max})	LAE
		[db]	[°]	[dB]
F35	F35 MIL	111.8	123	119.7
	F35 MAX	116.1	118	123.6

[Akustische_Kennwerte_sonAIR.xlsx]

*Die Quellenmodelle für den F35 sind mit 0.21 Mach Doppler korrigiert, während die Modelle von FLULA2 implizit die Mach Zahl für den mittleren Flugbetrieb enthalten. Entsprechend sind die sonAIR-Werte ca. 1 dB höher als die akustischen Kenndaten in FLULA2. Dies sollte insbesondere bei Vergleichen mit den FLULA2-Modellen des F/A-18 berücksichtigt werden.

Akustische Kennwerte Final Approach

Kategorie	Typ	LA _{max}	Theta(LA _{max})	LAE
		[dB]	[°]	[dB]
Übrige Jets	C550	65.9	96.2	75.3
	CL65	70.8	68	80.8
	DA90	71.6	96.2	79.8
Helikopter				
	AS332	76.3	83.8	85.3
	EC635	71.0	66.3	80.8
Propeller				
	BE20	68.4	85.4	77.4
	DA42	50.1	91.5	57.2
	PC6	65.9	91.5	73
	PC7	62.5	91.5	69.6
	PC12	57.5	91.5	64.6
	PC21	73.2	87	80.9

[Akustische_Kennwerte_sonAIR.xlsx]

Akustische Kennwerte Landing

Kategorie	Typ	LA _{max}	Theta(LA _{max})	LAE
		[dB]	[°]	[dB]
Übrige Jets	C550	65.9	96.2	75.3
	CL65	70.8	68	80.8
	DA90	71.6	96.2	79.8
Helikopter				
	AS332	76.3	83.8	85.3
	EC635	71.0	66.3	80.8
Propeller				
	BE20	68.4	85.4	77.4
	DA42	44.1	91.5	51.2
	PC6	59.9	91.5	67
	PC7	56.5	91.5	63.6
	PC12	57.5	91.5	58.6
	PC21	67.2	87	74.9

Akustische Kennwerte Takeoff Standard Power

Kategorie	Typ	LA _{max} [dB]	Theta(LA _{max}) [°]	LAE [dB]
Übrige Jets	C550	80.3	112	88.4
	CL65	76.6	96.2	96.2
	DA90	86.2	102.2	93.1
Helikopter	AS332	76.3	85.4	84.5
	EC635	65.3	93.1	73.2
Propeller	BE20	76.5	86.9	82.8
	DA42	65.1	90	65.1
	PC6	81	90	88.0
	PC7	77.5	90	85.0
	PC12	72.5	90	79.5
	PC21	77.7	87	84.0

Akustische Kennwerte Initial Climb

Kategorie	Typ	LA _{max} [dB]	Theta(LA _{max}) [°]	LAE [dB]
Übrige Jets	C550	80.3	112	88.4
	CL65	76.6	96.2	96.2
	DA90	86.2	102.2	93.1
Helikopter	AS332	76.3	85.4	84.5
	EC635	65.3	93.1	73.2
Propeller	BE20	76.5	86.9	82.8
	DA42	65.1	90	65.1
	PC6	81	90	88.0
	PC7	77.5	90	85.0
	PC12	72.5	90	79.5
	PC21	77.7	87	84.0

[Akustische_Kennwerte_sonAIR.xlsx]

Akustische Kennwerte Continuous Climb

Kategorie	Typ	L _{Amax} [dB]	Theta(L _{Amax}) [°]	LAE [dB]
Übrige Jets	C550	80.3	112	88.4
	CL65	76.6	96.2	96.2
	DA90	86.2	102.2	93.1
Helikopter	AS332	NA	NA	NA
	EC635	NA	NA	NA
Propeller	BE20	76.5	86.9	82.8
	DA42	58.1	90	65.1
	PC6	77	90	84.0
	PC7	73.5	90	81.0
	PC12	72.5	90	79.5
	PC21	73.7	87	80.0

L_{Amax} Maximalpegel [dB] bei einem Vorbeiflug in Referenzdistanz von 305 m

Theta (L_{Amax}) Emissionswinkel [°] bezüglich Flugrichtung beim Maximalpegel

LAE Einzelereignispegel [dB] geradliniger Vorbeiflug in 305 m Höhe mit konstanter Geschwindigkeit $v = 160$ kt

[Akustische_Kennwerte_sonAIR.xlsx]

6.4. Profiluordnung

6.4.1. Profilwahl von Jetflugzeugen*

	Route	C56X	CL60		F-35A		F900
RWY04	SJ04B	TO07 LR35	TO07 LR35	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50
	SJ04IE	TO07 LR35 IFR	TO07 LR35 IFR	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50 IFR
	SJ04IS	TO07 LR35 IFR	TO07 LR35 IFR	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50 IFR
	SJ04R	TO07 LR35 IFR	TO07 LR35 IFR	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50 IFR
	SJ04S	TO07 LR35	TO07 LR35	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50
	SJ04E	TO07 LR35	TO07 LR35	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50
	SJ04VC	TO07 LR35	TO07 LR35	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50
RWY22	SJ22B	TO07 LR35	TO07 LR35	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50
	SJ22W	TO07 LR35	TO07 LR35	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50
	SJ22IS	TO07 LR35 IFR	TO07 LR35 IFR	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50 IFR
	SJ22S	TO07 LR35	TO07 LR35	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50
	SJ22IE	TO07 LR35 IFR	TO07 LR35	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50 IFR
	SJ22IC	TO07 LR35 IFR	TO07 LR35	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50 IFR
	SJ22VC	TO07 LR35	TO07 LR35	MIL_dep	MAX_dep AB off 220	MAX_dep AB off 250	TO DA50

[Anhang_EMM.xlsx]

Landungen	Route	C56X	CL60		F-35A		F900
RWY04	LJ04B2	N/A	N/A	EMM VFR circling RWY04	N/A	N/A	N/A
	LJ04O	AP04 LR35	AP04 LR35	EMM VFR RWY04	N/A	N/A	AP04 DA50
	LJ04R	AP04 LR35	AP04 LR35	EMM VFR RWY04	N/A	N/A	AP04 DA50
	LJ04S	AP08 LR35 IFR	AP08 LR35 IFR	EMM Q8° RWY04	EMM Q11° RWY04	N/A	AP08 DA50 IFR
	LJ04V	AP04 LR35	AP04 LR35	EMM VFR RWY04	N/A	N/A	AP04 DA50
	LJ04IC	N/A	N/A	EMM P8° RWY04	EMM P11° RWY04	N/A	N/A
	LJ04VC	AP04 LR35	AP04 LR35	EMM VFR RWY04	N/A	N/A	AP04 DA50
RWY22	LJ22B2	N/A	N/A	EMM VFR circling RWY22	N/A	N/A	N/A
	LJ22O	AP04 LR35	AP04 LR35	EMM VFR RWY22	N/A	N/A	AP04 DA50
	LJ22R	AP04 LR35	AP04 LR35	EMM VFR RWY22	N/A	N/A	AP04 DA50
	LJ22S	AP04 LR35 IFR	AP04 LR35 IFR	EMM Q4° RWY22	EMM M-ILS RWY22	N/A	AP04 DA50 IFR
	LJ22Y	AP04 LR35	AP04 LR35	EMM VFR RWY22	N/A	N/A	AP04 DA50
	LJ22VC	AP04 LR35	AP04 LR35	EMM VFR RWY22	N/A	N/A	AP04 DA50

[Anhang_EMM.xlsx]

*Die finalen Profile der Volten wurden begrenzt wie beschrieben in Kap. 3.9.2

6.4.2. Profilwahl von Propellerflugzeugen

Starts	Route	ADS15	B350	DA42	DH6	PC21	PC6	PC7	PC12
RWY04	SP0401	TO	TO07A	TO	TO10	TO10 PC9	TO03	TO13	TO13 PC7
	SP0402	TO	TO07A	TO	TO10	TO10 PC9	TO03	TO13	TO13 PC7
	SP0403	TO mod	TO07A	TO	TO10	TO10 PC9	TO03	TO13	TO13 PC7
	SP0404	TO	TO07A	TO	TO10	TO10 PC9	TO03	TO13	TO13 PC7
	SP0407	TO	TO07A	TO	TO10	TO10 PC9	TO03	TO13	TO13 PC7
	SP0409	TO IFR	TO07A IFR	TO IFR	TO10 IFR	TO09 PC9 IFR	TO03 IFR	TO14 IFR	TO14 IFR PC7
	SP0410	TO IFR	TO07A IFR	TO IFR	TO10 IFR	TO09 PC9 IFR	TO03 IFR	TO14 IFR	TO14 IFR PC7
	SP0411	TO IFR	TO07A IFR	TO IFR	TO10 IFR	TO09 PC9 IFR	TO03 IFR	TO14 IFR	TO14 IFR PC7
	SP04V1					TO09VA PC9	TO08VA	TO09VA	TO09VA PC7
RWY22	SP2212	TO	TO07A	TO	TO10	TO10 PC9	TO03	TO13	TO13 PC7
	SP2213	TO	TO07A	TO	TO10	TO10 PC9	TO03	TO13	TO13 PC7
	SP2214		TO07A	TO	TO10	TO10 PC9	TO03	TO13	TO13 PC7
	SP2215	TO	TO07A	TO	TO10	TO10 PC9	TO03	TO13	TO13 PC7
	SP2218	TO IFR	TO07A IFR	TO IFR	TO10 IFR	TO09 PC9 IFR	TO03 IFR	TO14 IFR	TO14 IFR PC7
	SP2219	TO IFR	TO07A IFR	TO IFR	TO10 IFR	TO09 PC9 IFR	TO03 IFR	TO14 IFR	TO14 IFR PC7
	SP2221	TO IFR	TO07A IFR	TO IFR	TO10 IFR	TO09 PC9 IFR	TO03 IFR	TO14 IFR	TO14 IFR PC7

[Anhang_EMM_1-5_V2korr.xlsx LBK2018]

Landungen	Route	ADS15	B350	DA42	DH6	PC21	PC6	PC7	PC12
RWY04	LP0422	AP	AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
	LP0424	AP	AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
	LP0425	AP	AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
	LP0426	AP	AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
	LP0427		AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
	LP0428		AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
	LP0429		AP08 IFR	AP IFR	AP08 IFR	AP08 PC9 IFR	AP08 IFR	AP08 IFR	AP08 IFR PC7
	LP04V1					AP04VA PC9	AP04VA	AP04VA	AP04VA PC7
	LP2230	AP	AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
RWY22	LP2231	AP	AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
	LP2232	AP	AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
	LP2233	AP	AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
	LP2234	AP	AP07	AP	AP05	AP08 PC9	AP08	AP07	AP07 PC7
	LP2235	AP IFR	AP08 IFR	AP IFR	AP08 IFR	AP04 PC9 IFR	AP04 IFR	AP04 IFR	AP04 IFR PC7

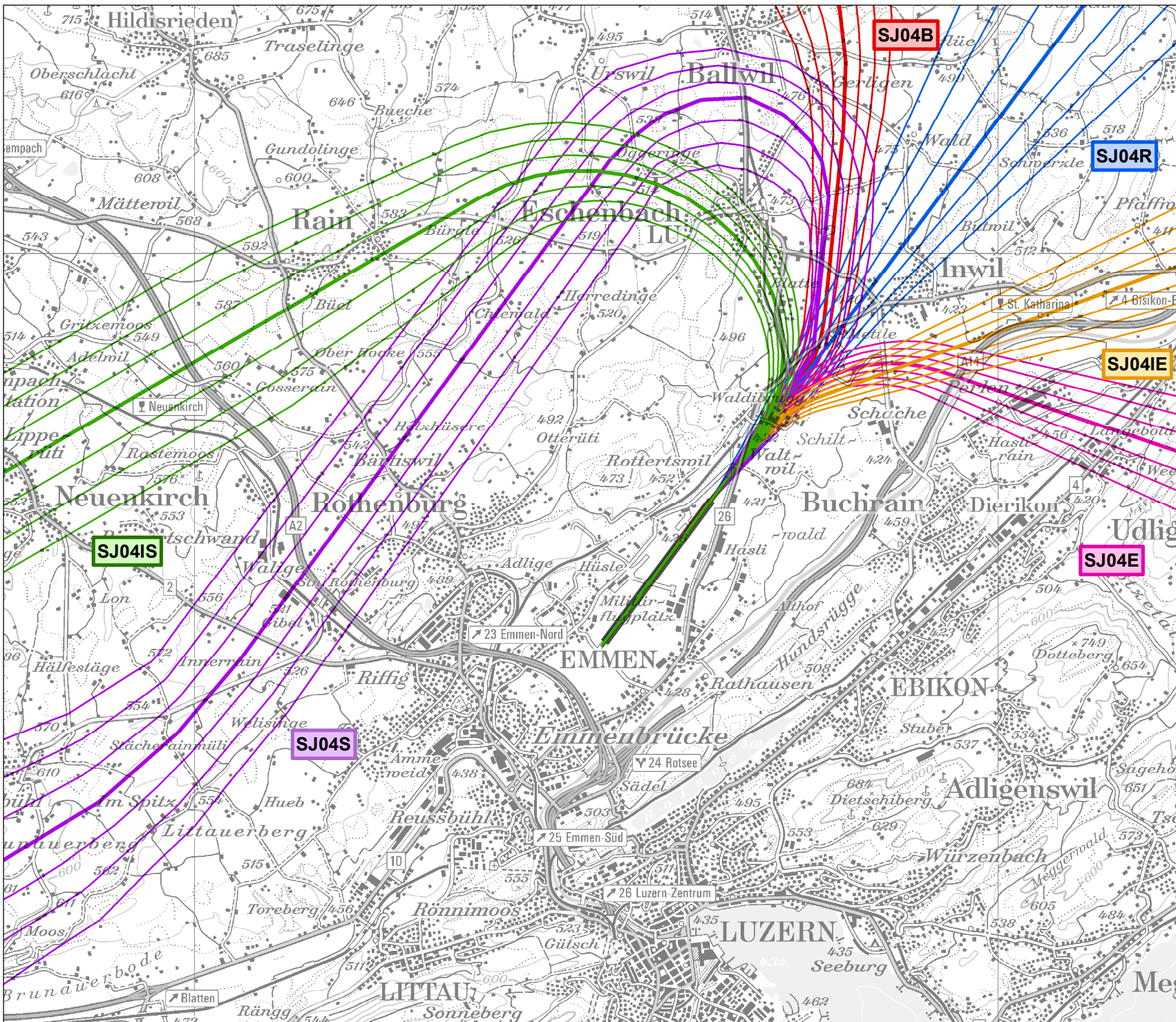
[Anhang_EMM_1-5_V2korr.xlsx LBK2018]

6.4.3. Profilwahl von Helikoptern

Starts	Route	AS332	EC635
RWYTA	SHTA01		TO11C SA316
	SHTA03		TO11C SA316
	SHTA05		TO11C SA316
	SHTA08		TO11C SA316
	SHTA12		TO11C SA316
	SHTA34		TO11C SA316
RWYTW04	SHTW0402	TO11C	
	SHTW0403	TO11C	
	SHTW0404	TO11C	
	SHTW0407	TO11C IFR	
	SHTW0408	TO11C	
RWYTW22	SHTW2210	TO11C	
	SHTW2211	TO11C	
	SHTW2213	TO11C	
	SHTW2216	TO11C IFR	
	SHTW2233	TO11C	

Landungen	Route	AS332	EC635
RWYTA	LHTA20		AP11C SA316
	LHTA21		AP11C SA316
	LHTA22		AP11C SA316
	LHTA23		AP11C SA316
	LHTA24		AP11C SA316
	LHTA31		AP11C SA316
	LHTA32		AP11C SA316
RWYTW04	LHTW0417	AP11C	
	LHTW0419	AP11C	
	LHTW0420	AP11C	
	LHTW0423	AP11C	
	LHTW0424	AP11C IFR	
RWYTW22	LHTW2225	AP11C	
	LHTW2226	AP11C	
	LHTW2227	AP11C	
	LHTW2228	AP11C	
	LHTW2229	AP11C	
	LHTW2230	AP11C IFR	

[Anhang_EMM_1-5_V2korr.xlsx LBK2018]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 1

**Spuren: Flugzeuge mit Strahlantrieb
(F-35A)**

Start Piste 04

VFR: SJ04B, SJ04E, SJ04R, SJ04S

IFR: SJ04IE, SJ04IS

Legende



Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter



Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

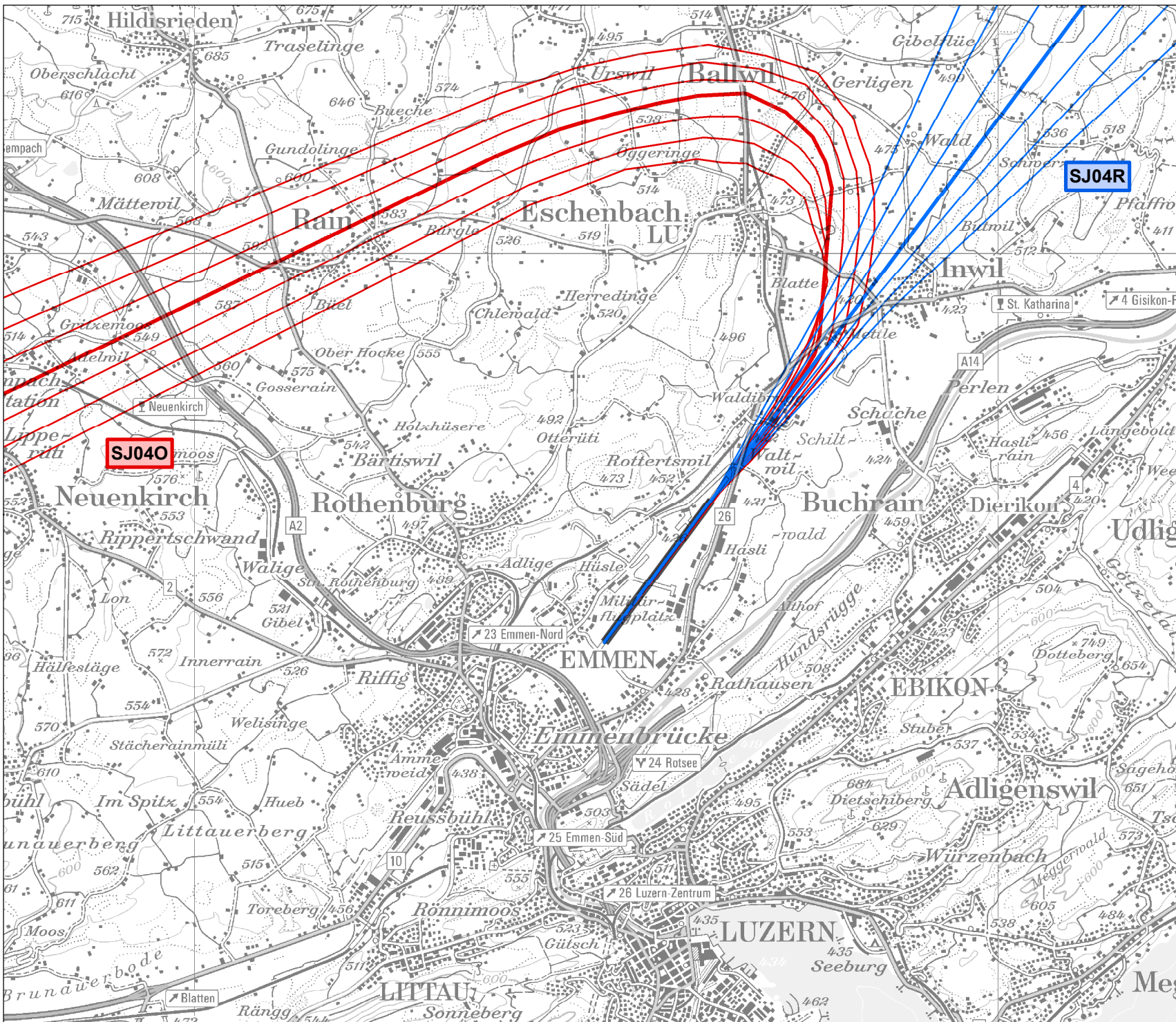
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[01_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_J_S04.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM_v1.0_20230424.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 2

Spuren: Flugzeuge mit Strahlantrieb
(Übrige Jets)

Start Piste 04

VFR: SJ040, SJ04R

IFR: -

Legende

 Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

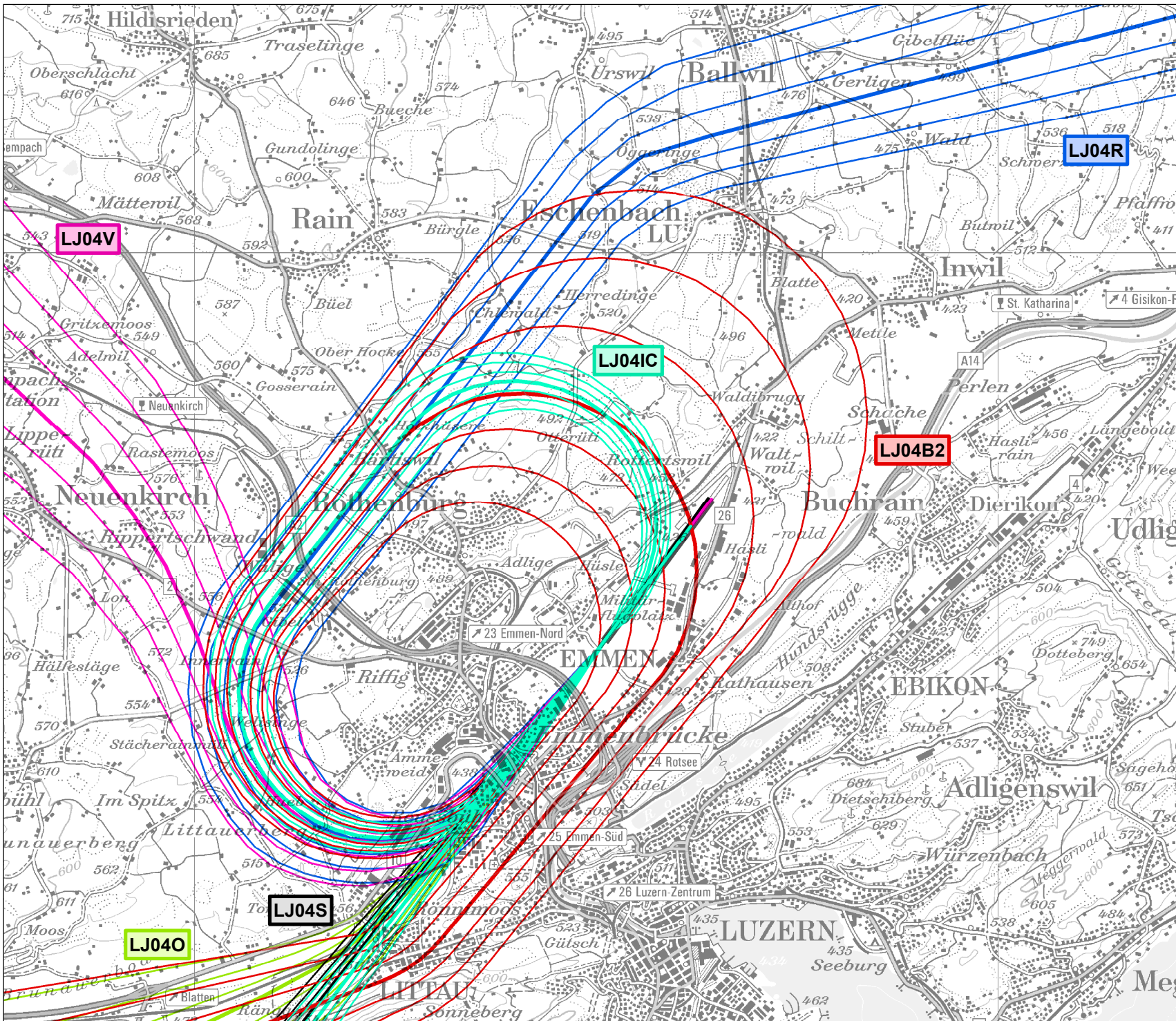
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 16.04.2024 / glma

Ersteller:

[02_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_J_S04.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 3

Spuren: Flugzeuge mit Strahlantrieb
(F-35A)

Landung Piste 04

VFR: LJ04B2, LJ04O, LJ04R,
LJ04V, LJ04S

IFR: LJ04IC

Legende

 Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt
für Landestopografie

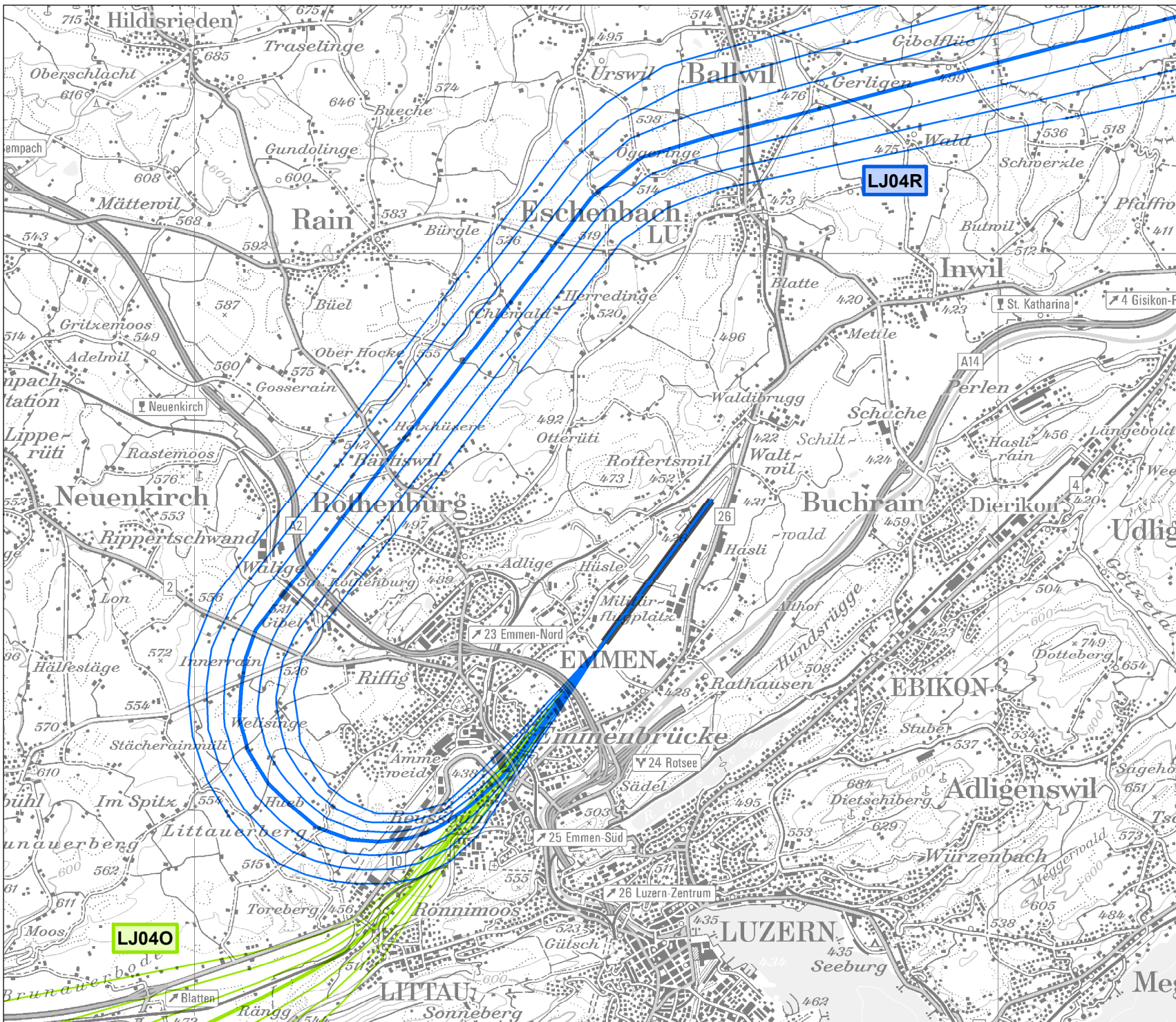
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[03_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_J_L04.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM_v1.0_20230424.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 4

Spuren: Flugzeuge mit Strahltrieb
(Übrige Jets)

Landung Piste 04

VFR: LJ040, LJ04R

IFR: -

Legende



Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter



Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

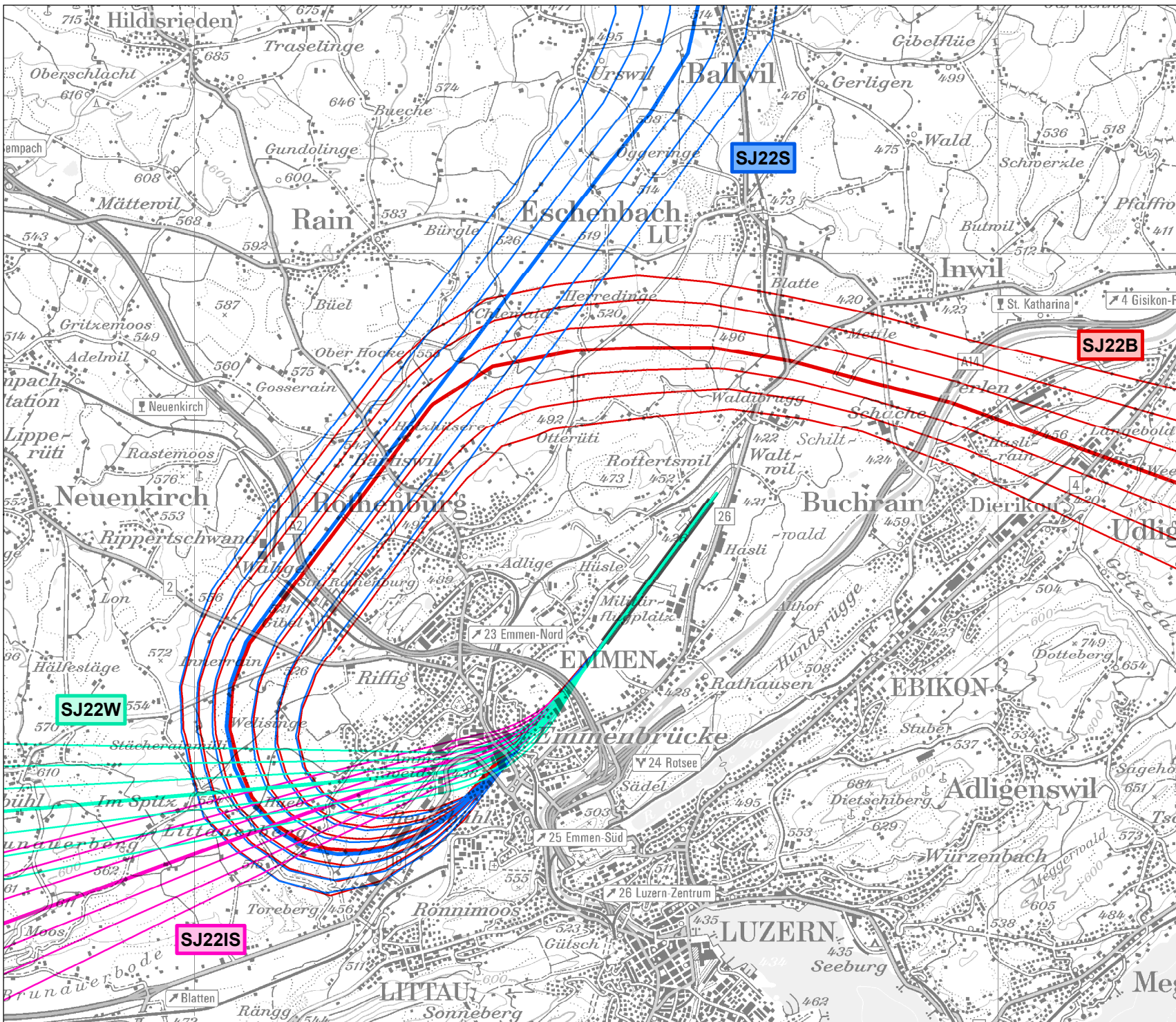
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 16.04.2024 / glma

Ersteller:

[04_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_J_L04.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 5

Spuren: Flugzeuge mit Strahltrieb
(F-35A)

Start Piste 22

VFR: SJ22B, SJ22S, SJ22W

IFR: SJ22IS

Legende

 Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt
für Landestopografie

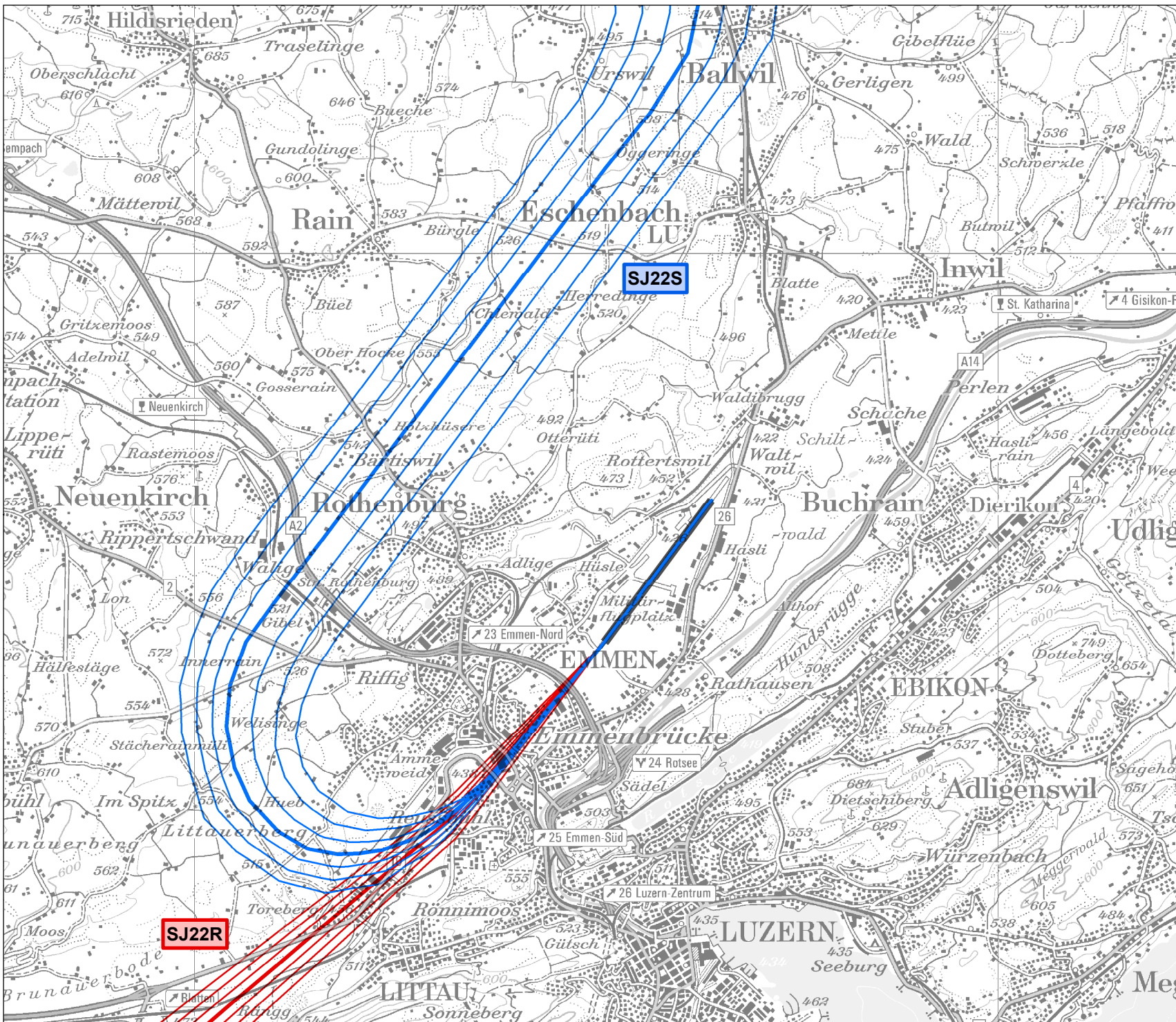
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[05_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_J_S22.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM_v1.0_20230424.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 6

Spuren: Flugzeuge mit Strahlantrieb
(Übrige Jets)

Start Piste 22

VFR: SJ22S, SJ22R

IFR: -

Legende

 Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

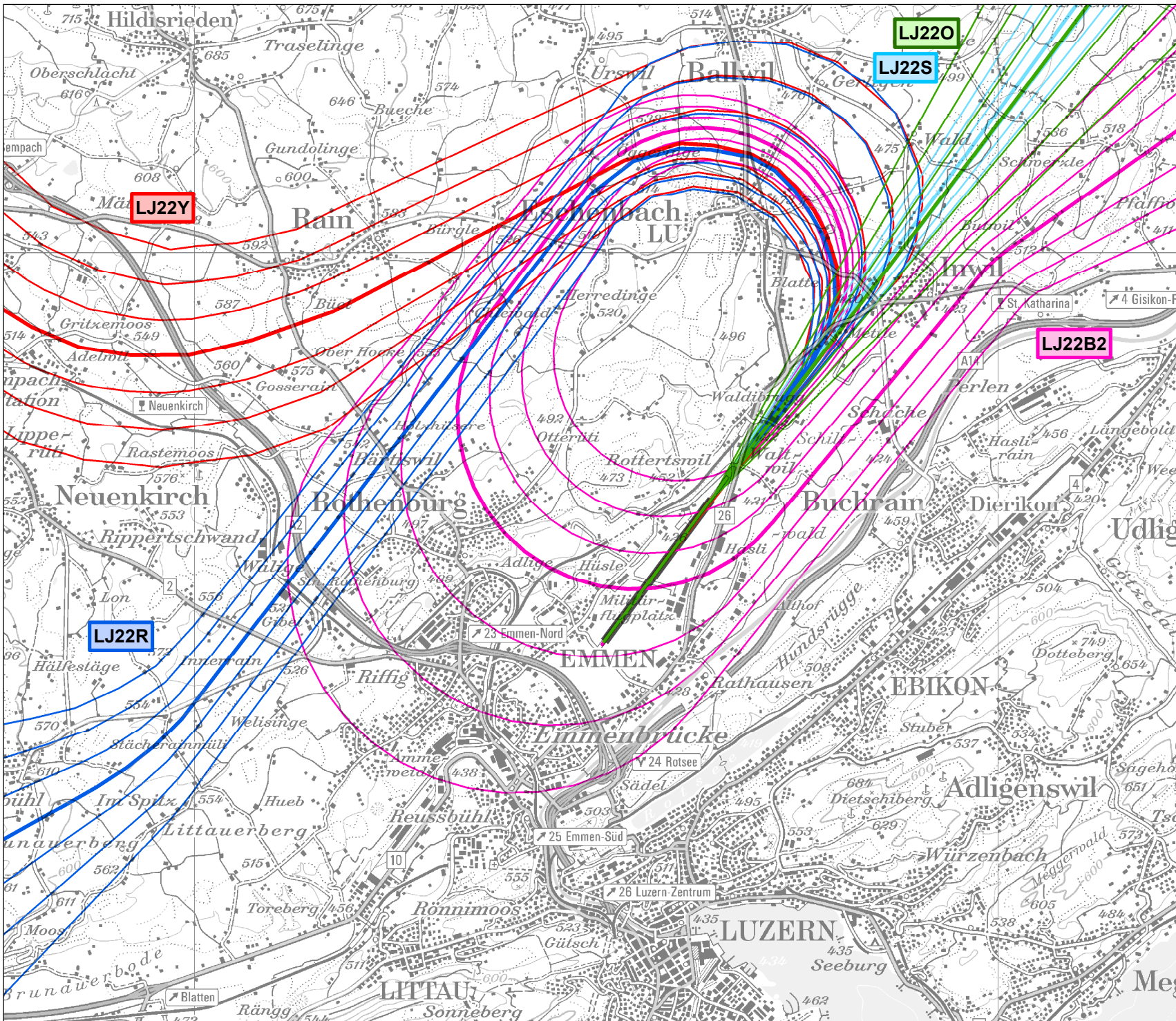
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 16.04.2024 / glma

Ersteller:

[06_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_J_S22.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 7

Spuren: Flugzeuge mit Strahltrieb
(F-35A)

Landung Piste 22

VFR: LJ22B2, LJ22O, LJ22R,
LJ22Y

IFR: LJ22S

Legende

 Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt
für Landestopografie

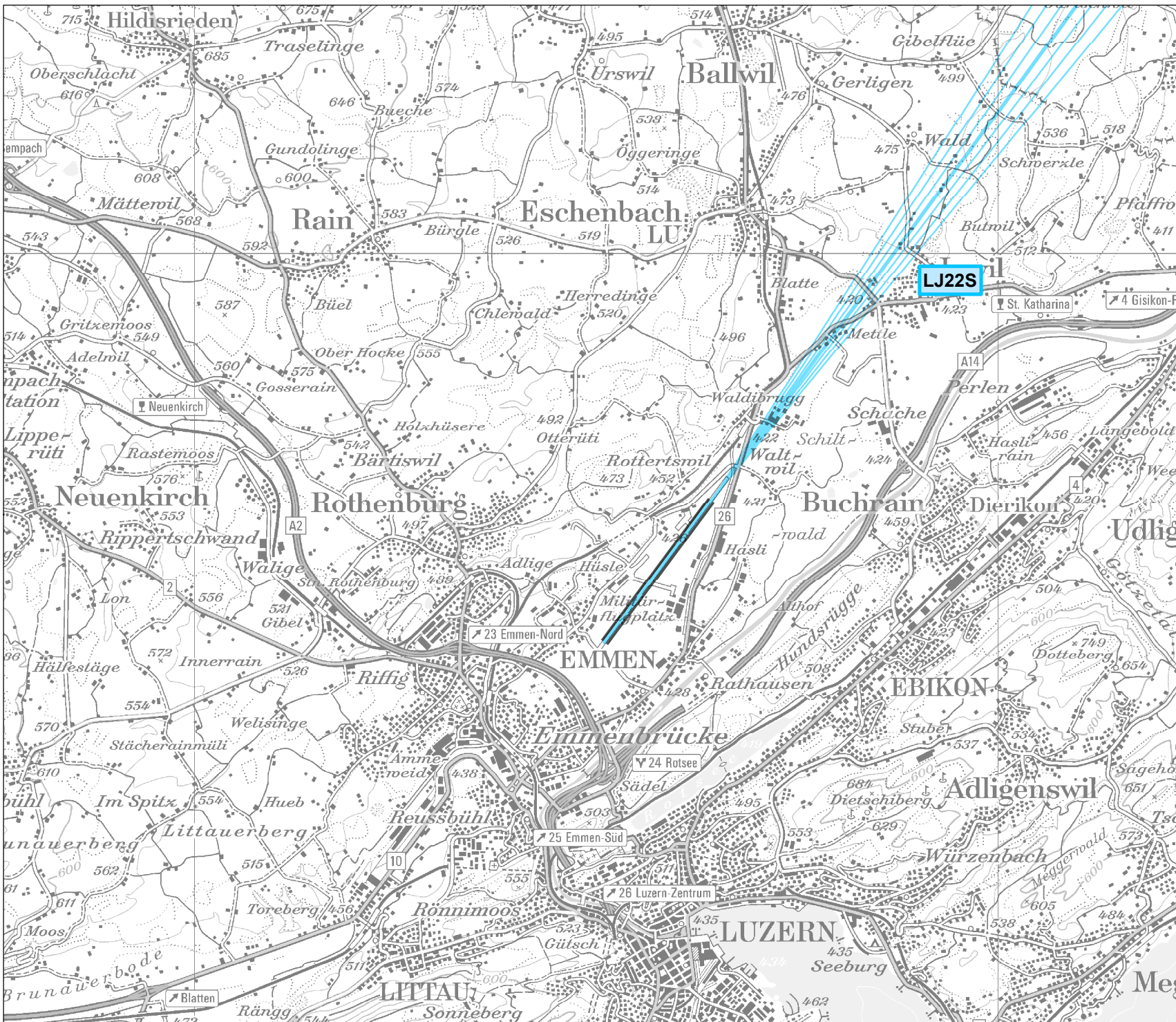
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[07_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_J_L22.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM_v1.0_20230424.shp]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 8

**Spuren: Flugzeuge mit Strahlantrieb
(Übrige Jets)**

Landung Piste 22

VFR: -

IFR: LJ22S

Legende



Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter



Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

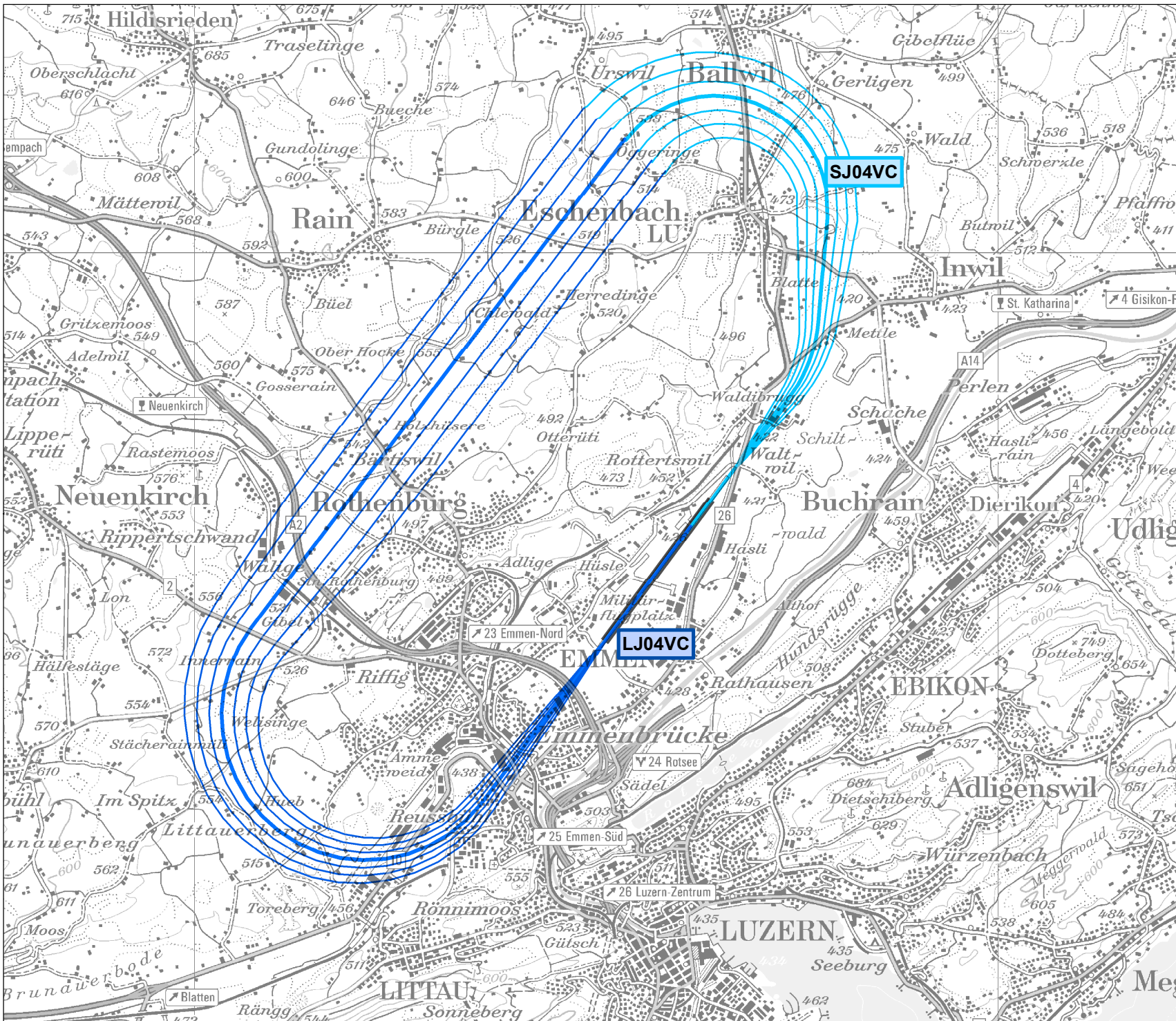
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 16.04.2024 / glma

Ersteller:

[08_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_J_L22.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 9

Spuren: Flugzeuge mit Strahltrieb
(F-35A)

Volten Piste 04

Legende

Start Landung

J04VC



Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

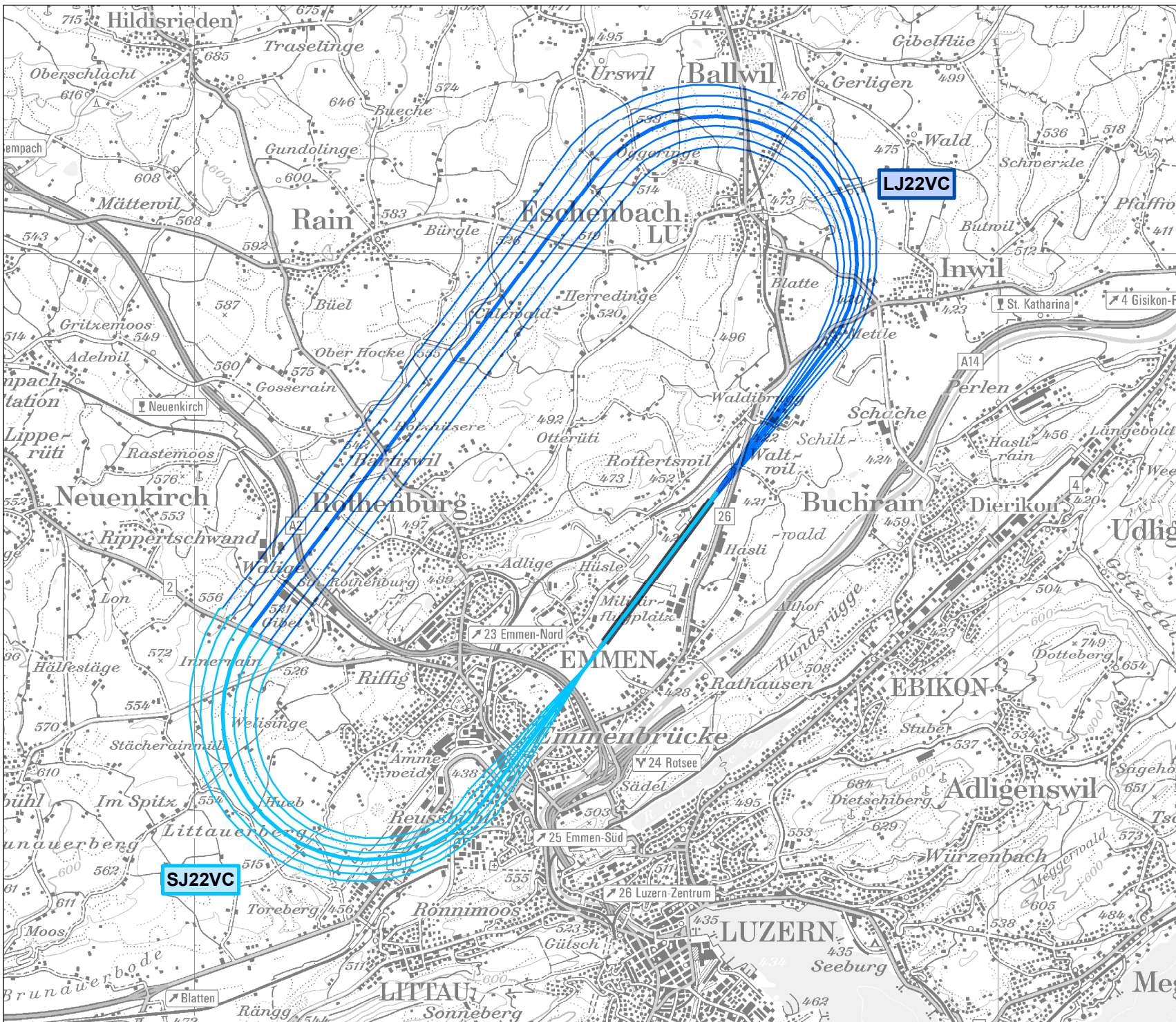
Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS
Version / Datum / 1 / 12.04.2024 / glma
Ersteller:

[09_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_J_Volten_04.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM_v1.0_20230424.shp,
SPUR_VOLTEN_EMM_J.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 10

Spuren: Flugzeuge mit Strahlantrieb
(F-35A)

Volten Piste 22

Legende

Start Landung

J22VC



Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter



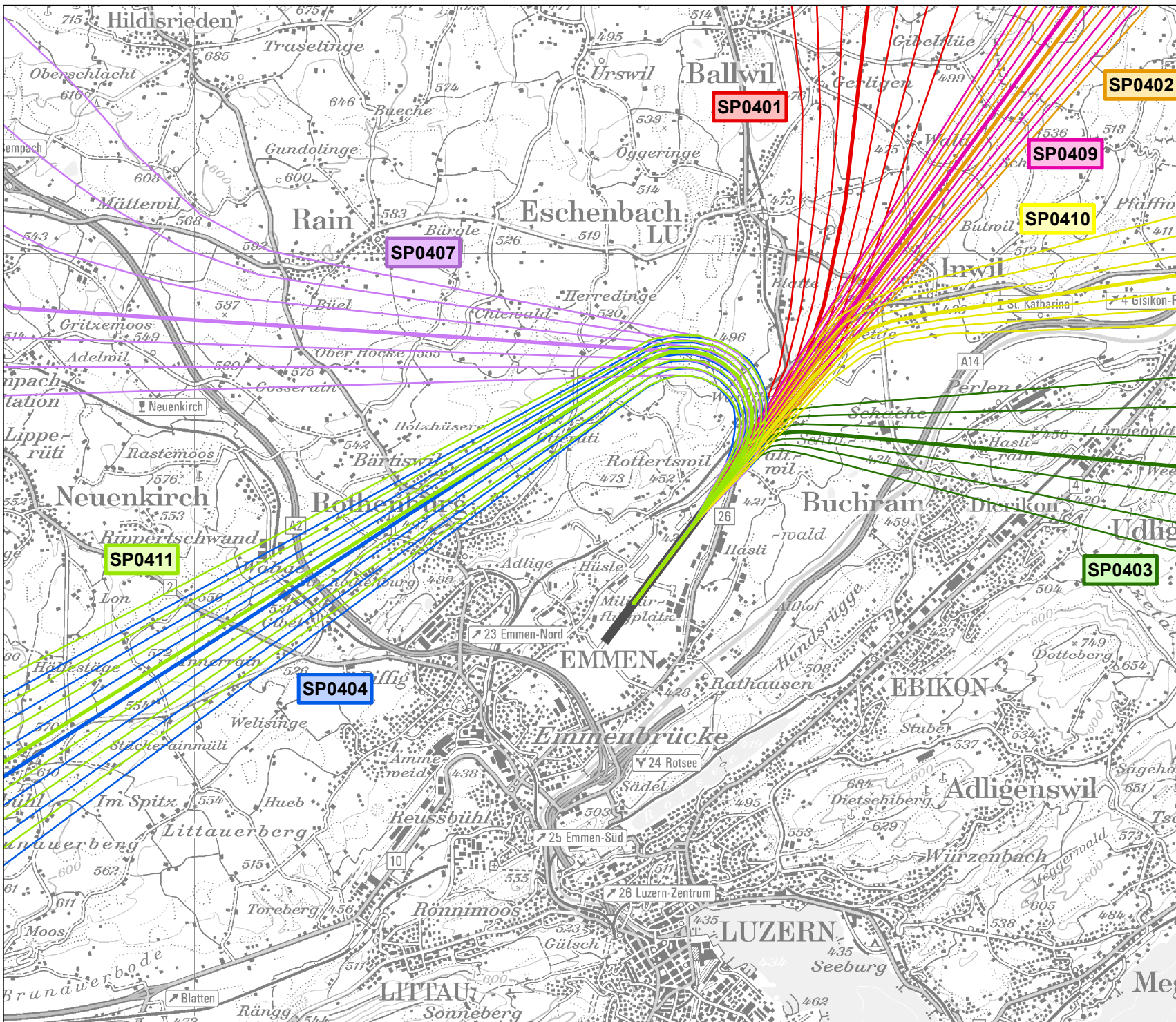
Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS
Version / Datum / 1 / 12.04.2024 / glma
Ersteller:

[10_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_J_Volten_22.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM_v1.0_20230424.shp,
SPUR_VOLTEN_EMM_J.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 11

Spuren: Propellerflugzeuge

Start Piste 04

VFR: SP0401, SP0402, SP0403
SP0404, SP0407

IFR: SP0409, SP0410, SP0411

Legende

 Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

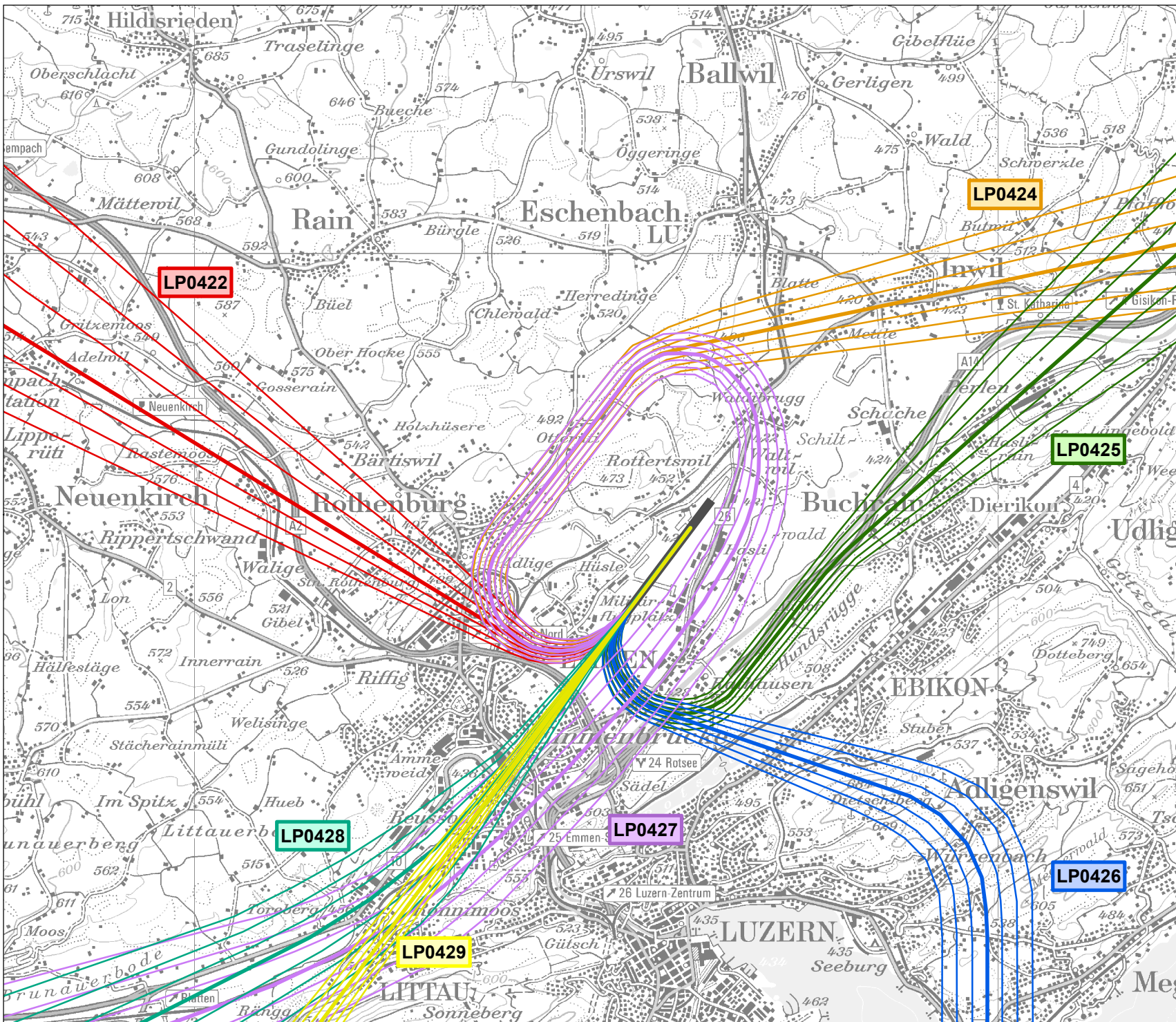
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[11_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_P_S04.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 12

Spuren: Propellerflugzeuge

Landung Piste 04

VFR: LP0422, LP0424, LP0425

LP0426, LP0427, LP0428

IFR: LP0429

Legende



Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

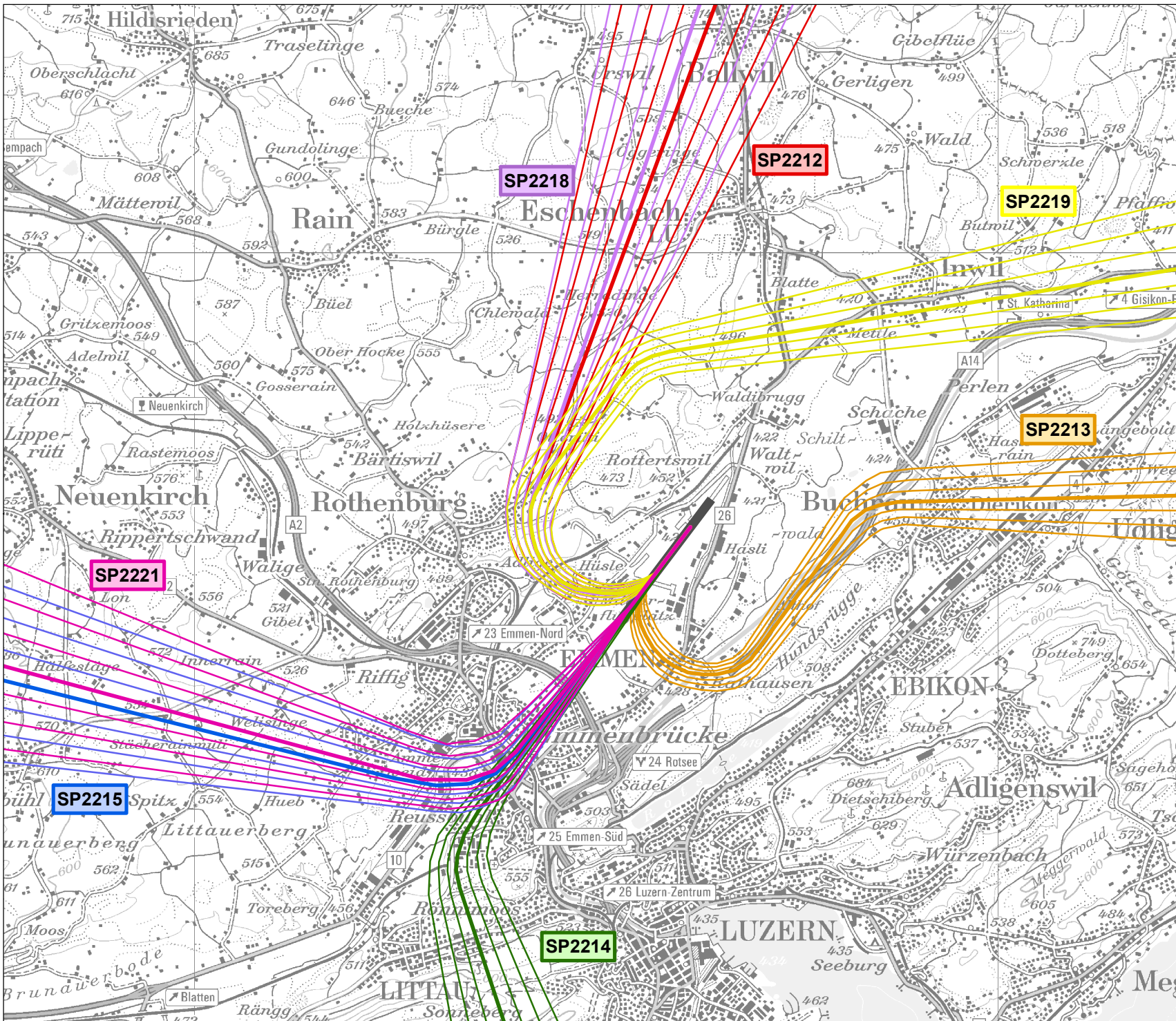
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[12_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_P_L04.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 13

Spuren: Propellerflugzeuge

Start Piste 22

VFR: SP2212, SP2213, SP2214
SP2215

IFR: SP2218, SP2219, SP2221

Legende

 Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

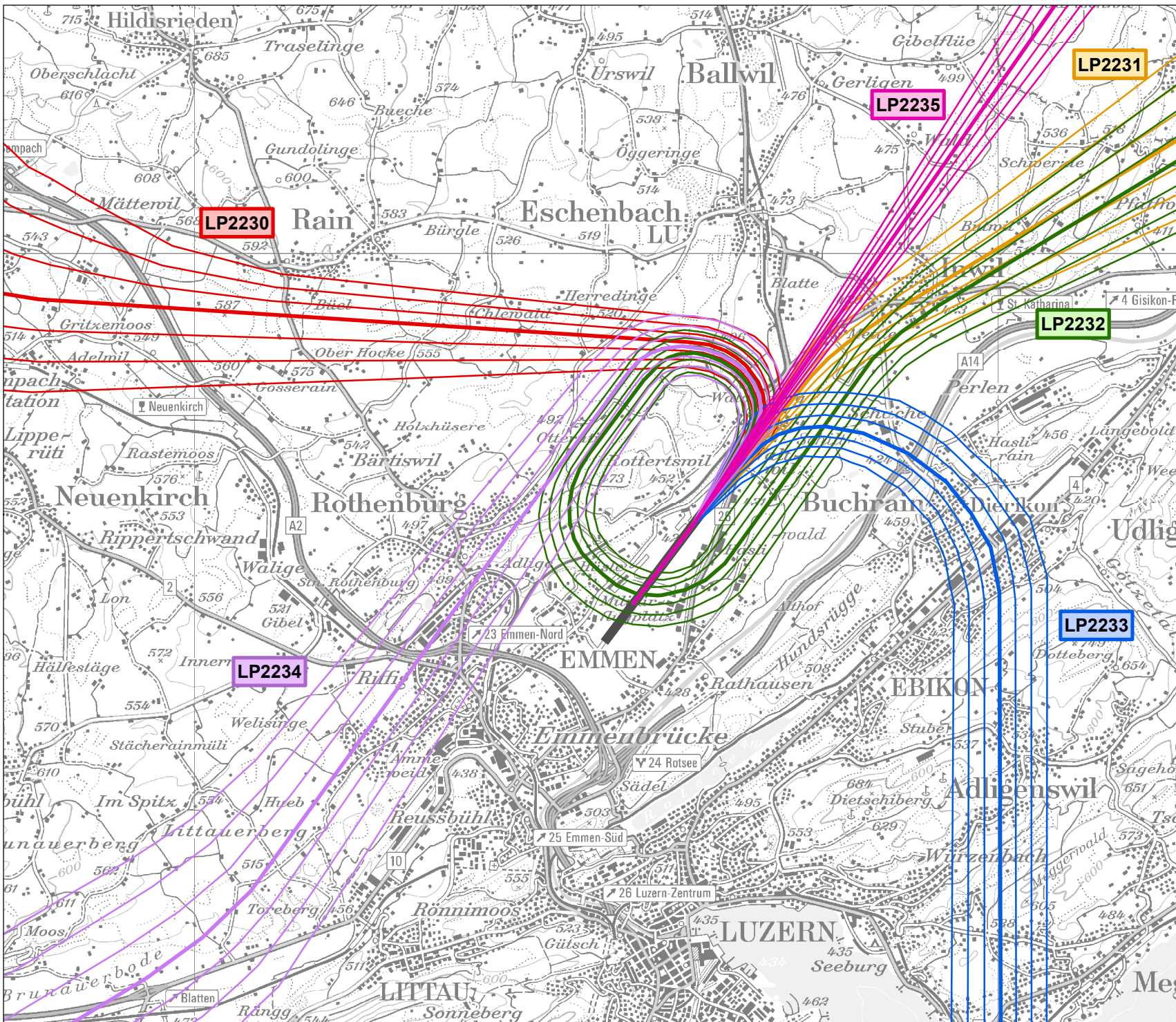
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[13_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_P_S22.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 14

Spuren: Propellerflugzeuge

Landung Piste 22

VFR: LP2230, LP2231, LP2232
LP2233, LP2234

IFR: LP2235

Legende



Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

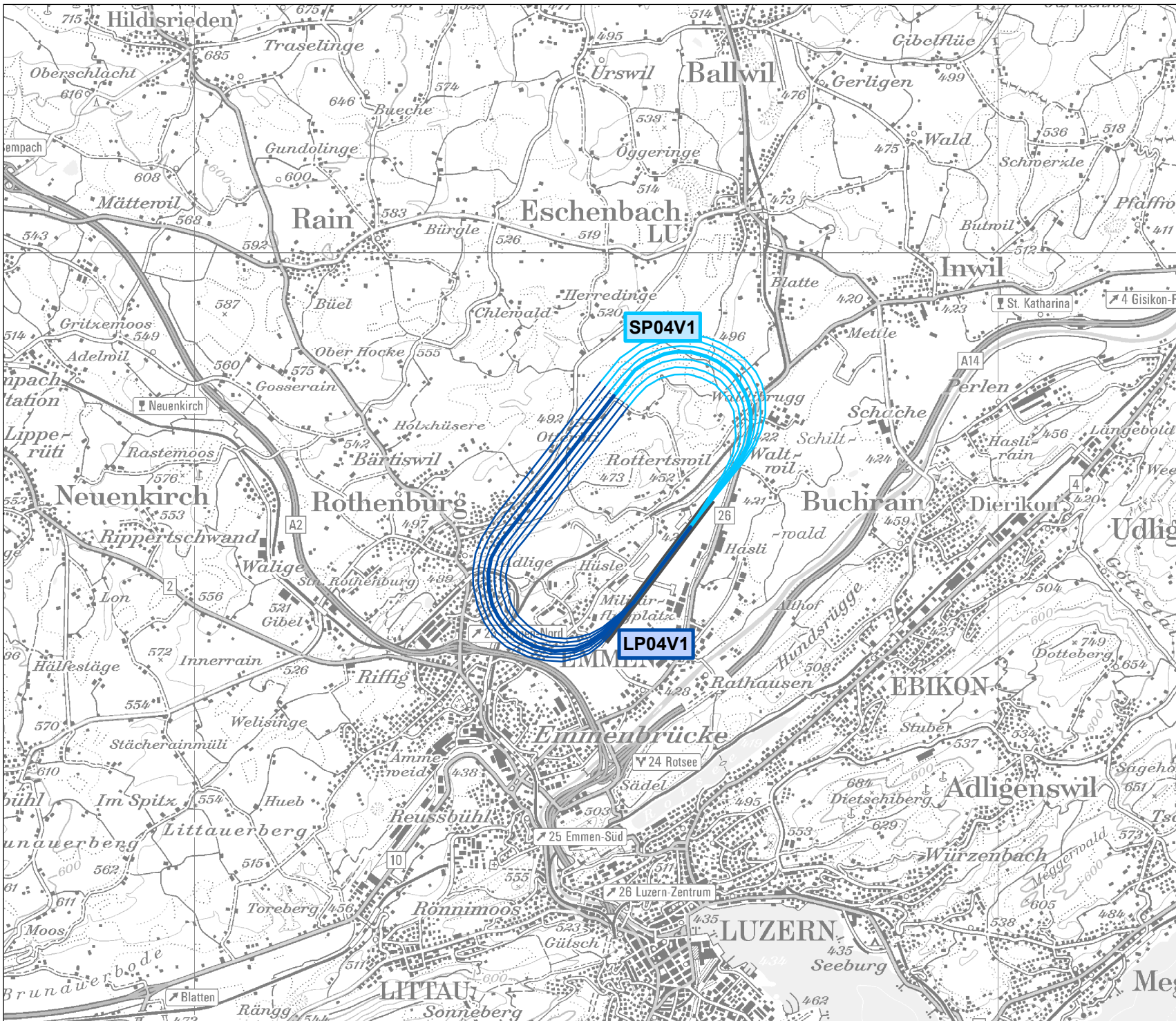
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[14_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_P_L22.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Empa

Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 15

Spuren: Propellerflugzeuge

Volten

Legende

Start Landung

P04V1



Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

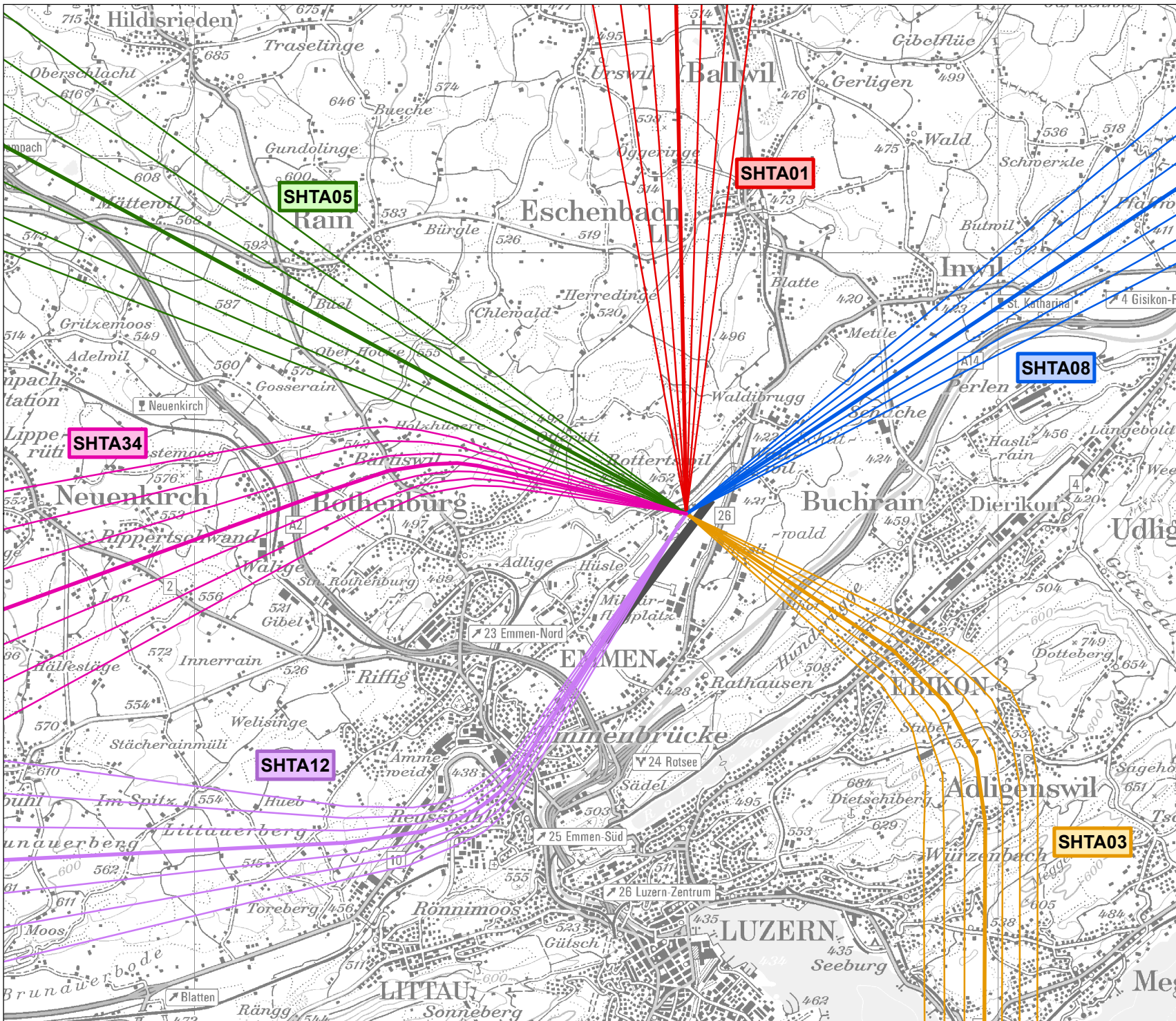


Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS
Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma
Ersteller:

[15_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_P_04_Volten.mxd]
[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 16

Spuren: Helikopter

Start Piste TA

VFR: SHTA01, SHTA03, SHTA05
SHTA08, SHTA12, SHTA34

IFR: —

Legende

 Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

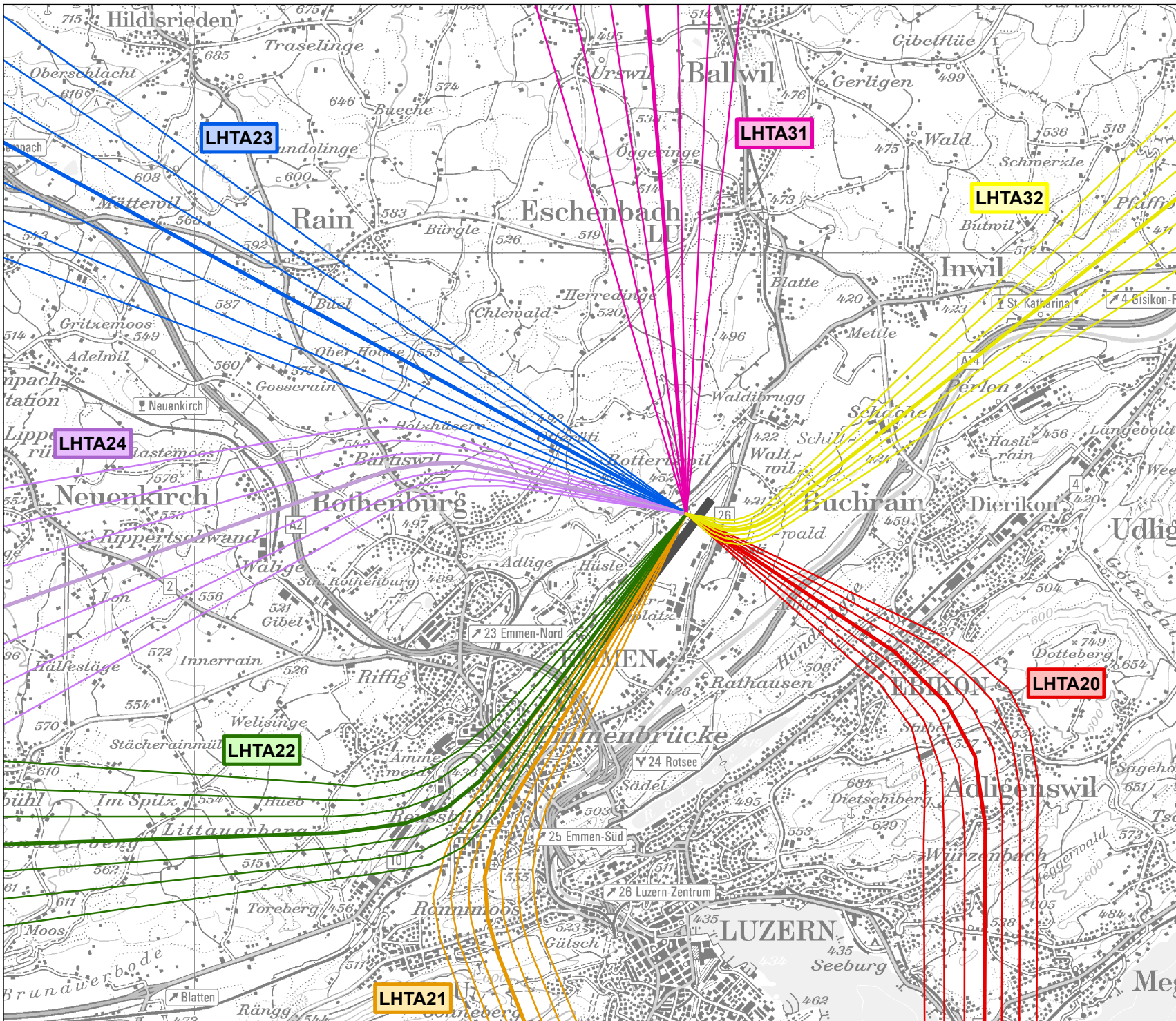
1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS
Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma
Ersteller:

[16_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_H_SHTA.mxd]
[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 17

Spuren: Helikopter

Landung Piste TA

VFR: LHTA20, LHTA21, LHTA22

LHTA23, LHTA24, LHTA31

LHTA32

IFR: —

Legende



Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter



Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

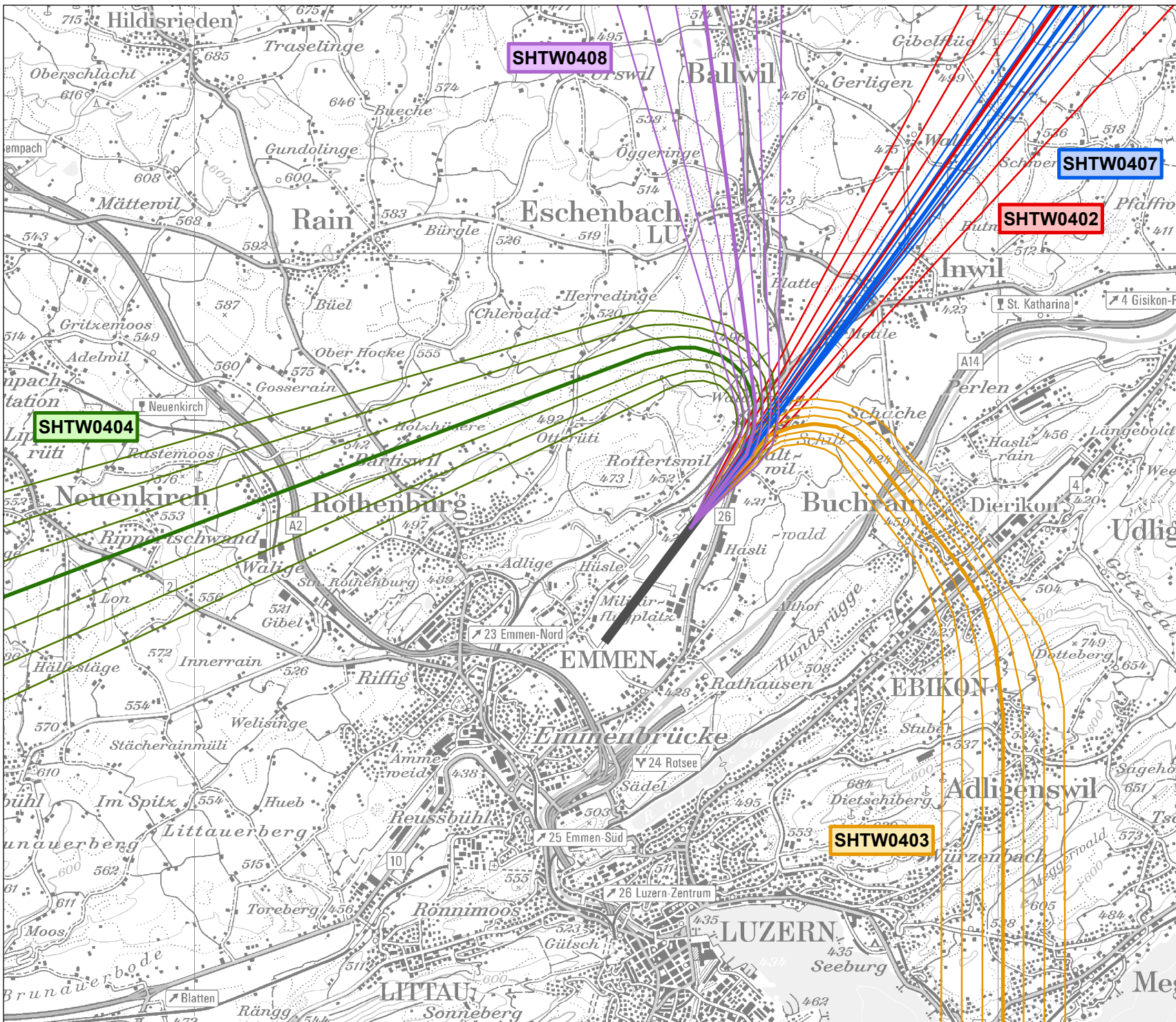
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[17_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_H_LHTA.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 18

Spuren: Helikopter

Start Piste TW04

VFR: SHTW0402, SHTW0403

SHTW0404, SHTW0408

IFR: SHTW0407

Legende



Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

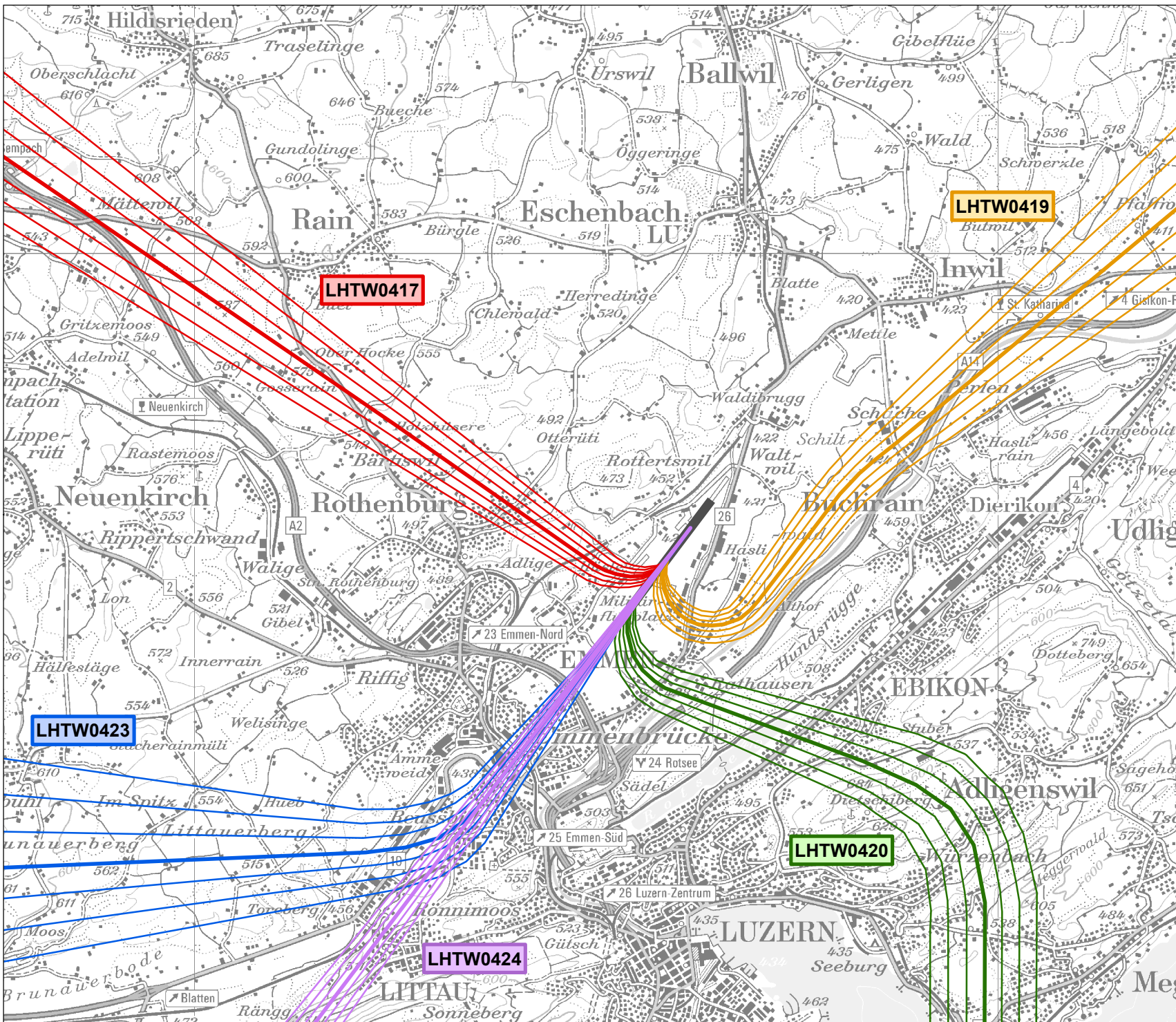
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[18_LBKMLF35_EMM_Spuren_H_SHTW04.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 19

Spuren: Helikopter

Landung Piste TW04

VFR: LHTW0417, LHTW0419

LHTW0420, LHTW0423

IFR: LHTW0424

Legende

 Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[19_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_H_LHTW04.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]

Karte 20
Spuren: Helikopter
Start Piste TW22
VFR: SHTW2210, SHTW2211

SHTW2213, SHTW2233

IFR: SHTW2216

Legende


Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter


Impressum
Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

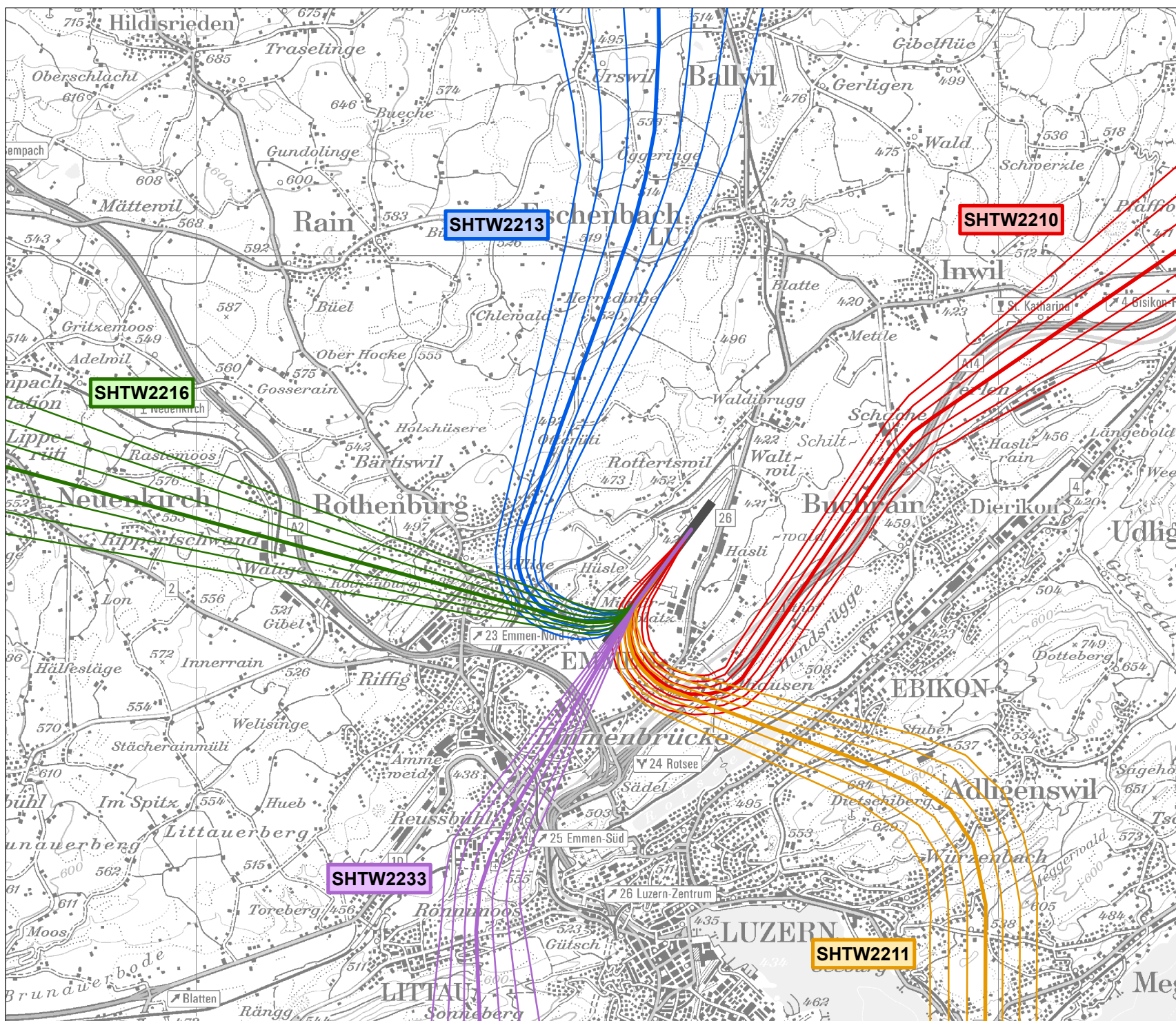
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

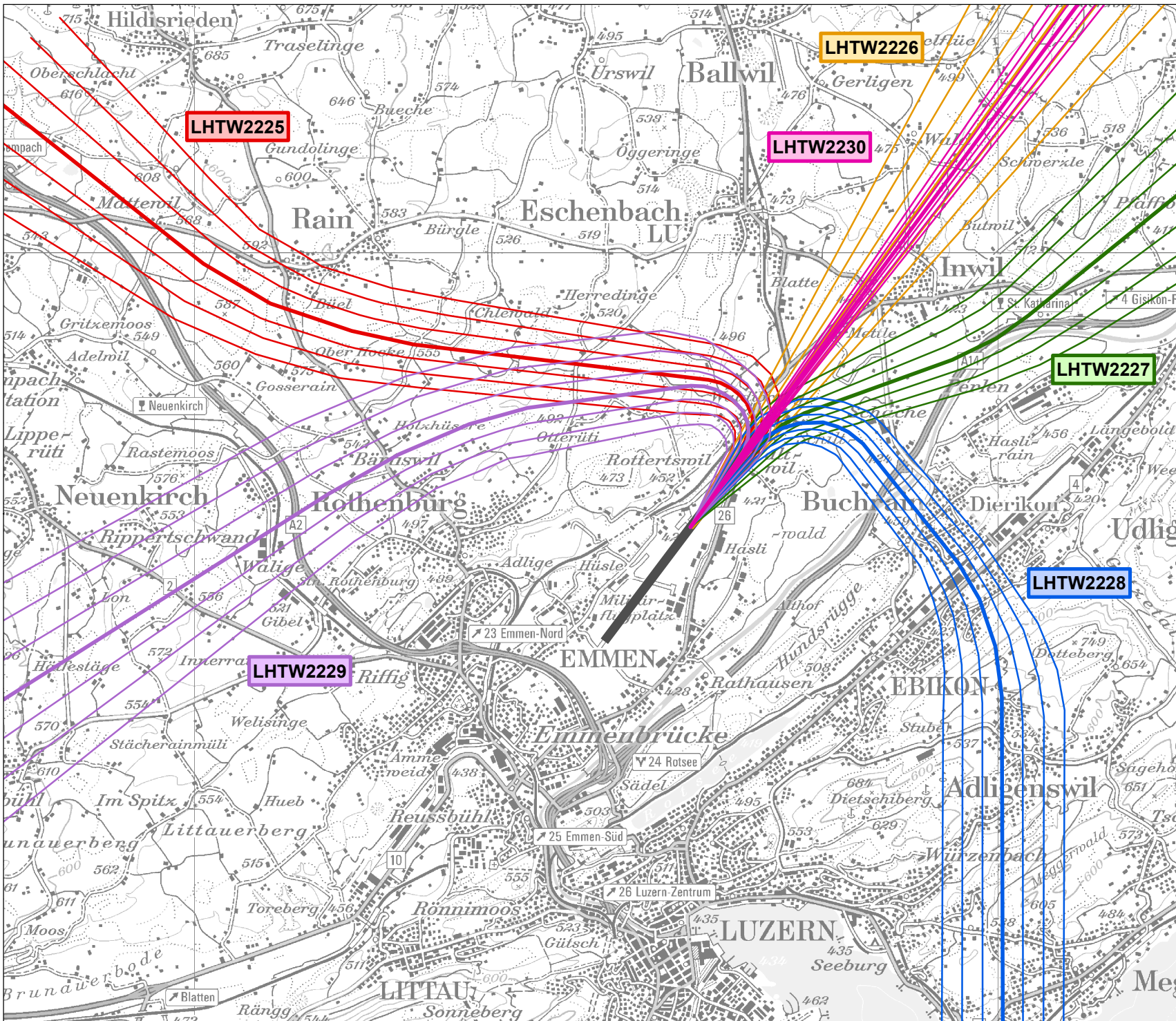
Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[20_LBK MIL_F35_EMM_Spuren_H_SHTW22.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]





Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 21

Spuren: Helikopter

Landung Piste TW22

VFR: LHTW2225, LHTW2226,
LHTW2227, LHTW2228,
LHTW2229

IFR: LHTW2230

Legende

 Idealisierte Flugspuren

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt
für Landestopografie

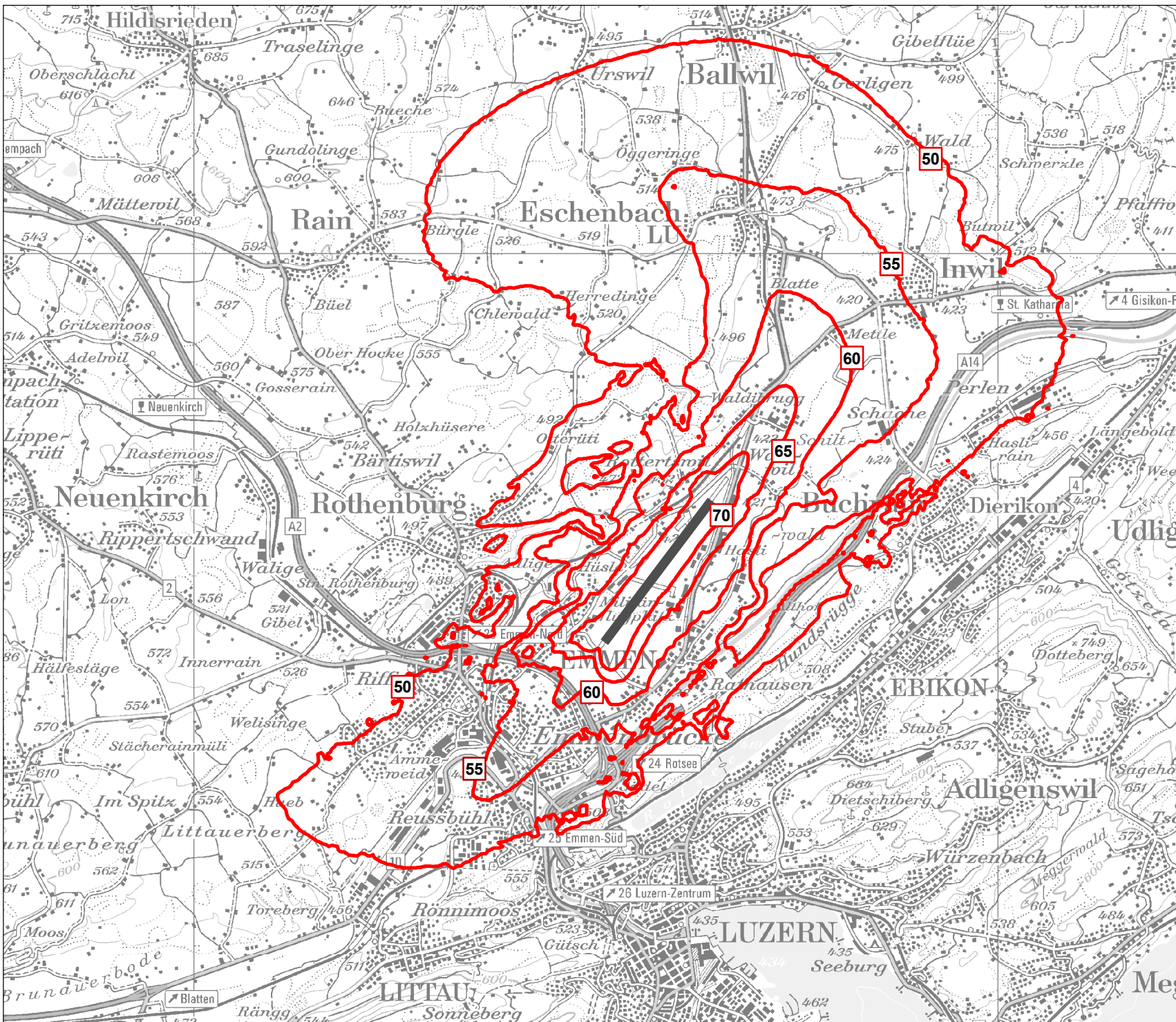
Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 10.04.2024 / glma

Ersteller:

[21_LBKMIL_F35_EMM_Spuren_H_LHTW22.mxd]

[Spuren_aktuell_EMM.shp]



Materials Science and Technology

Abteilung Akustik / Lärminderung

Bericht-Nr.: 5214.030149-1

Militärflugplatz Emmen

Karte 22

Beurteilungspegel L_r ($L_{r,m}$) nach LSV Anhang 8

Kennzahlen Flugbetrieb:

$N_f = 1'570$, $KGF_f = 0.792$ dB

$N_p = 20'160$, $KGF_p = 1.106$ dB

$K_0 = -8$ dB, $K_1 = 0$, $K_2 = 1.284$ dB

Legende

N: jährliche Flugbewegungszahlen

KGF: Gewichtungsfaktor Spitzenbetrieb

K: Pegelkorrekturen

j: Strahlantrieb (Jets)

p: Propellerantrieb (Prop und Heli)

Fluglärmbelastung



L_r (50 bis 70 dB)

Massstab: 1:65'000

1'500 0 1'500 Meter

Impressum

Übersichtskarte: PK100: Quelle: Bundesamt für Landestopografie

Auftraggeber: armasuisse/GS-VBS

Version / Datum / 1 / 15.04.2024 / stsc

Ersteller:

[22_LBK MIL_F35_EMM_LRM.mxd]

[Lrm_EMM_Prognose_2035_sonAIR_ONLY.shp]