



Immissions-Messbericht Emmen 2023

**Titelbild: Blick Richtung Süden von Emmenbrücke
(Juni 2024, Joëlle Rieder)**

Auswertung der Lärm- und Immissionsmessungen mit der mobilen Messstation am Standort «Flugplatz Emmen» im Jahr 2023

**Autorin
Dr. Nadine Engbersen**

**Geprüft
Dr. Christian Ruckstuhl**



[innetag.ch](https://www.innetag.ch)



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
1.1. Messstandorte	2
1.2. Messmethoden.....	3
2. Resultate	4
2.1. Meteo	4
2.2. Feinstaub.....	4
2.3. Stickoxide (NO_x, NO₂)	5
2.4. Ozon (O₃)	6
2.5. Lärm.....	7
2.6. Windeinflüsse.....	9
2.7. Flugbewegungen und Immissionen	9
3. Diskussion und Fazit	11

1. Einleitung

Durch die Luftreinhalte-Verordnung (LRV)¹ werden die Kantone verpflichtet, das Ausmass der Immissionen von Luftschadstoffen zu ermitteln. Im Rahmen dieser Verpflichtung betreiben die Kantone Uri, Schwyz, Nidwalden, Obwalden, Luzern und Zug seit dem Jahr 1999 das Messnetz «in-luft» zur Luftqualitätsüberwachung im Gebiet der Zentralschweiz. Im Rahmen dieses Messnetzes steht eine mobile Messstation zur Verfügung, welche im Jahr 2023 in der Nähe des Flugplatzes Emmen installiert wurde. Ziel dieser Messungen war, zu überprüfen, ob der Flugbetrieb auf dem Flugplatz Emmen einen Einfluss auf die Luftqualität in der unmittelbaren Umgebung hat. Zusätzlich sollen die orientierenden Lärmimmissionsmessungen einen Hinweis auf mögliche Lärmüberschreitungen liefern.

Die inNET Monitoring AG wurde von Umwelt Zentralschweiz beauftragt, diese Auswertungen vorzunehmen. Die Auswertungen beziehen sich auf die Messperiode Januar – Dezember 2023 und betreffen die Luftqualitätsparameter PM10, PM2.5, Partikelanzahl, NO₂, NO_x, O₃ sowie Lärm und meteorologische Daten. Die Ziele sind wie folgt:

- Vergleich der Luftqualität am Standort «Flugplatz Emmen» mit den Referenzstandorten «Ebikon Sedel» und «Luzern Moosstrasse»
- Vergleich mit LRV-Immissionsgrenzwerten
- Einfluss von Flugbewegungen (anhand von Lärm- und Winddaten) auf die kurzzeitige Immissionsbelastung am Standort «Flugplatz Emmen»
- Literaturvergleich Luftimmissionsbelastung bei anderen Flugplätzen der Schweiz
- Analyse der orientierenden Lärmmessungen in Bezug auf Grenzwerte und Lärmkataster

1.1. Messstandorte

Die Auswertungen wurden anhand von Messungen an drei verschiedenen Standorten durchgeführt. Der Hauptstandort «Flugplatz Emmen» lag ca. 500 m südlich des Start- und Landestreifens des Flugplatzes (Abbildung 1). Die dort eingesetzte mobile Messstation befand sich am Rande eines Wohngebietes mit geringem Verkehrsaufkommen. Der Standort «Ebikon Sedel» befindet sich in der nördlichen Peripherie der Stadt Luzern. Je nach Wetterlage kann dieser Standort durch die Verkehrsimmissionen der nahegelegenen Autobahnverzweigung beeinflusst werden. Der Standort «Luzern Moosstrasse» liegt an einer Hauptverkehrsachse in städtischem Gebiet und ist entsprechend stark verkehrsbelastet. Die stark städtisch geprägte räumliche Situation (Strassenschluchten) an diesem Standort bewirkt eine schlechte Durchmischung der Luftmassen, wodurch erhöhte Luftschadstoffkonzentrationen zusätzlich begünstigt werden. Für Temperatur und Niederschlag wurde zusätzlich ein Standort der MeteoSchweiz hinzugezogen. Diese Messstation befindet sich am nördlichen Ende der Luzerner Allmend.

¹ LRV (Luftreinhalte-Verordnung), 1985.

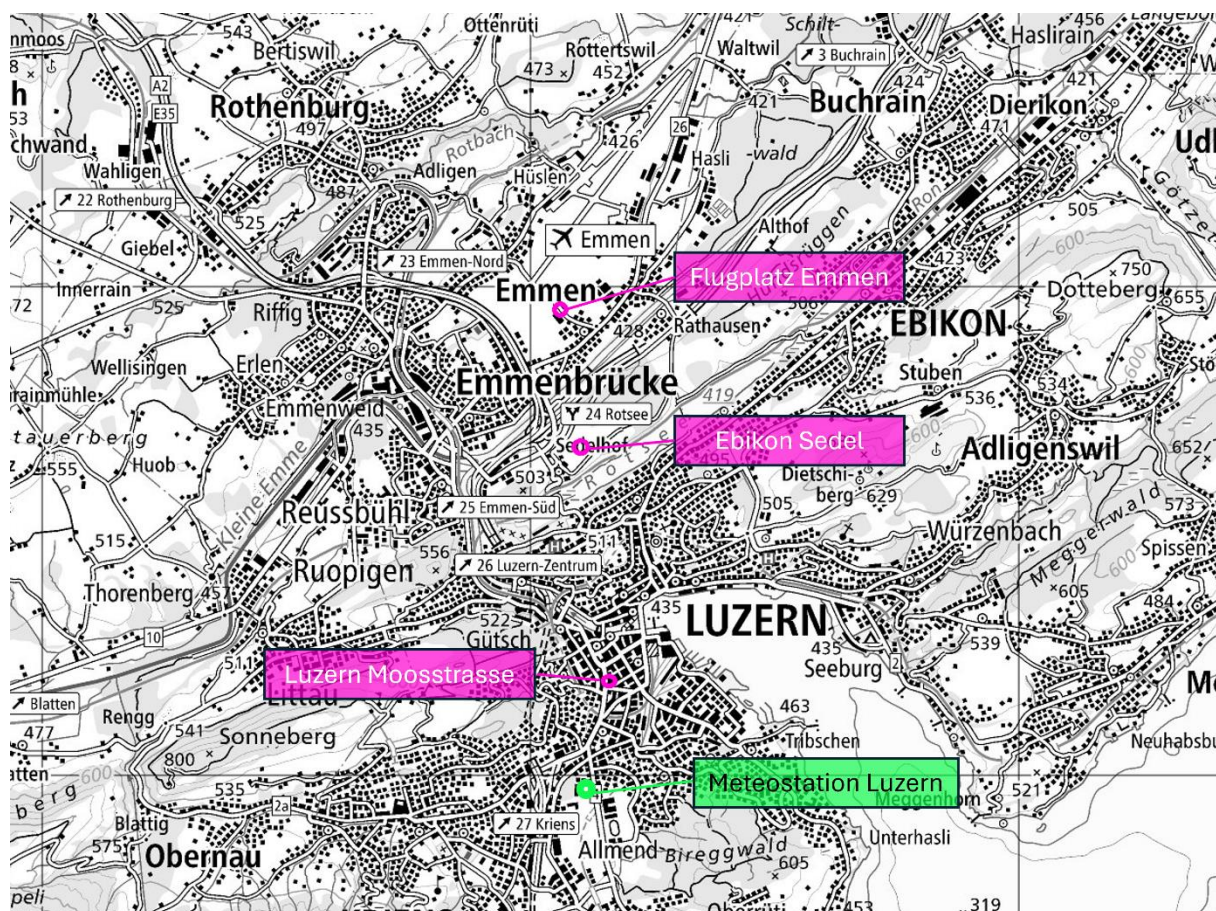


Abbildung 1: Darstellung der räumlichen Verteilung der drei Messstandorte sowie der MeteSchweiz Meteostation Luzern.

1.2. Messmethoden

Bei den dargestellten Feinstaubimmissionsdaten (PM₁₀, PM_{2.5}, Partikelanzahl (180 nm – 18 µm)) handelt es sich um validierte halbstündliche Messungen (Fidas200). Die Feinstaubmessungen für PM₁₀ an allen Standorten und PM_{2.5} am Standort «Luzern Moosstrasse» wurden zusätzlich zur Validierung mittels gravimetrischen Referenzverfahren (High Volume Sampler, HVS) korrigiert. An den Standorten «Ebikon Sedel» und «Flugplatz Emmen» fand keine gravimetrische Korrektur für PM_{2.5} statt, weshalb diese Daten als orientierend betrachtet werden müssen. Die Analyse der Stickoxidkonzentration erfolgte mittels Chemilumineszenz (Norm EN14211) unter Verwendung eines Thermo Scientific™ 42i. Ozon wurde mittels UV-photometrischem Verfahren gemessen (Norm EN14625) mit einem Ozon-Analyser APOA 370 von Horiba. Lärmimmissionen wurden mit einem Phonometer (NSRT_mk3) von Convergence Instruments gemessen.

Für die Datenauswertung wurde die Software R (Version 4.4.0) sowie die Packages *tidyverse*, *lubridate*, *ggplot2* und *openair* verwendet.

2. Resultate

2.1. Meteo

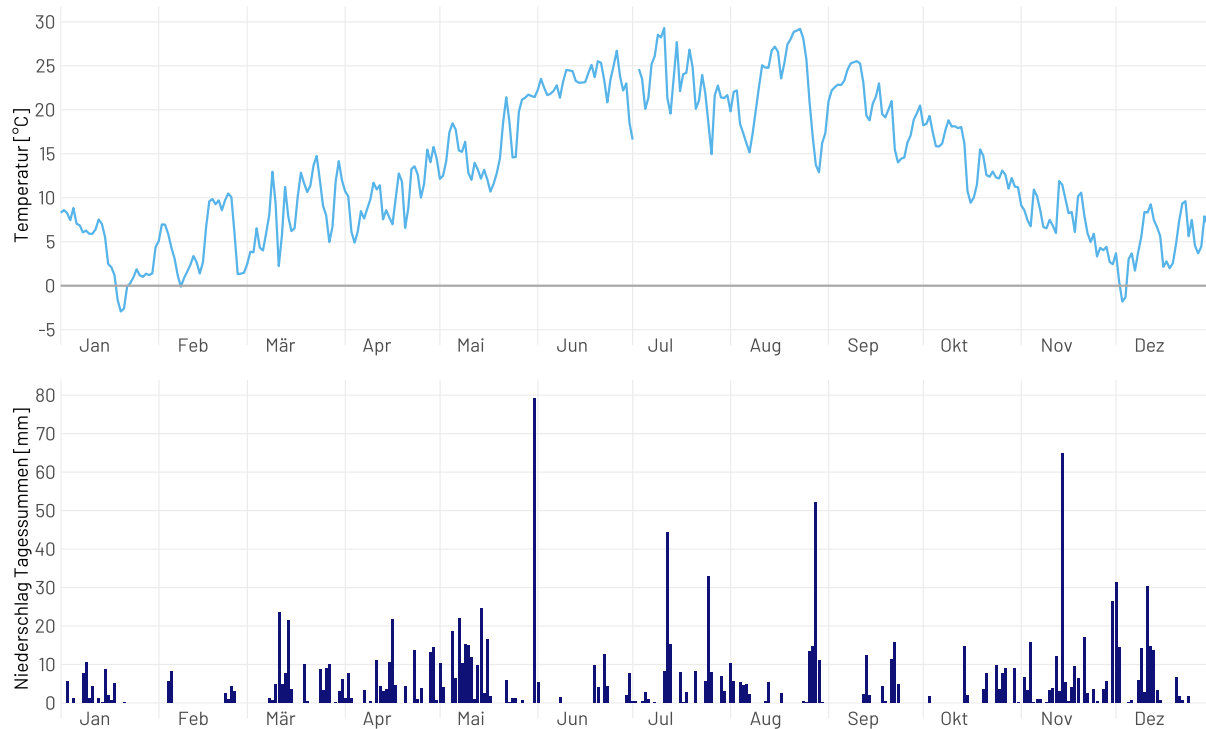


Abbildung 2: Temperaturverlauf (Tagesmittel) am Standort «Luzern Moosstrasse» (oben) und Tagessummen des Niederschlags an der Meteo Station Luzern (unten).

Der Temperaturverlauf wird hier nur am Standort «Luzern Moosstrasse» gezeigt, da die Temperatur an allen drei Standorten einen ähnlichen Jahresverlauf zeigte (Abbildung 2). Das Jahr 2023 zeichnete sich durch einen sehr milden und trockenen Winter aus. Der Frühling hingegen war eher nass. Der Sommer zeichnete sich durch zwei Hitzewellen Anfang Juli und Mitte August aus. Regen fiel oft in Form von Starkniederschlägen. Der Herbst war ungewöhnlich warm, während die Niederschlagsmenge in der Region Luzern durchschnittlich war².

2.2. Feinstaub

Die Feinstaubfraktionen (Abbildung 3; A. PM10, B. PM2.5, C. Partikelanzahl) zeigen vergleichbare Entwicklungen übers Jahr hinweg. Das Jahr begann mit einem sehr kurzen Peak am 1. Januar, welcher auf das Zünden von Feuerwerkskörpern an Silvester zurückzuführen ist. Die Inversionslagen von Ende Januar³, Anfang Februar³ und Anfang März⁴ führten zu erhöhten Feinstaubkonzentrationen (Abbildung 2). Normalerweise nimmt die Temperatur mit zunehmender Höhe ab, bei einer Inversionslage ist dies jedoch umgekehrt und ab einer bestimmten Höhe in der unteren Troposphäre kommt es zu einer Temperaturinversion, wobei die Temperatur zunimmt. Dabei werden die kälteren Luftmassen unter den wärmeren eingeschlossen, wodurch keine Durchmischung der bodennahen Luftschichten mit den höheren Luftschichten mehr stattfindet. Bodennah emittierte Schadstoffe wie z.B. Feinstaub sammeln sich unter dem Deckel an und werden nicht mehr über ein grosses Luftvolumen verteilt und damit verdünnt. Dieses Phänomen erklärt die erhöhten Feinstaubkonzentrationen wegen Inversionslagen, die vor allem während den Wintermonaten auftreten.

² Meteo Schweiz, 'Klimabulletin 2023', 2023

³ Meteo Schweiz, 'Klimabulletin Winter 2023', 2023.

⁴ Meteo Schweiz, 'Klimabulletin Frühling 2023', 2023.

Nach einem Temperatureinbruch Anfangs August stiegen die Feinstaubkonzentrationen in der zweiten Augushälfte wieder an, was auf die Hochdrucklage⁵ zurückzuführen war. Hochdrucklagen zeichnen sich durch lange Schönwetterperiode mit geringen Luftbewegungen aus, wodurch die bodennah ausgestossenen Schadstoffe nur langsam verteilt werden. Die Feinstaubkonzentrationskurven folgten im Herbst einem typischen Verlauf, bei dem Niederschläge (z. B. Ende August, zweite Septemberhälfte, etc.; vgl. Abbildung 2) die Konzentrationen senkten und Hochdruckphasen⁴ (z. B. erste Oktoberhälfte) zu einem Anstieg führten. Der Tagesgrenzwert¹ für PM10 (50 µg/m³; rot gestrichelte Linie in Abbildung 3A.) wurde an keinem der drei Standorte im Jahr 2023 überschritten.

Die Unterschiede zwischen den Standorten waren gering. Der Standort «Ebikon Sedel» zeigte vereinzelt tiefere Konzentrationen von PM10 (Ende Januar und Juni/Juli) im Vergleich zu den beiden anderen Standorten. Die Konzentration von PM10 am Standort «Flugplatz Emmen» zeigte Anfang September einen hohen Wert, der aber weder in der PM2.5 Messreihe noch in der Messreihe zur Partikelanzahl reproduziert wurde. Dessen Ursache bleibt daher unbekannt. Im Juni wurden am Standort «Flugplatz Emmen» leicht höhere Konzentrationen von PM2.5 und Partikelanzahl gemessen als an den anderen beiden Standorten. Diese schlugen sich auch im Jahresmittelwert für PM2.5 nieder, der am Standort «Flugplatz Emmen» tendenziell höher war als an den anderen beiden Standorten. Der Jahresgrenzwert wurde aber an keinem Messstandort überschritten (Tabelle 1).

2.3. Stickoxide (NO_x, NO₂)

Die Konzentration für NO₂ (Abbildung 3D.) und NO_x (Abbildung 3E.) zeigten klare Höchstwerte in den Wintermonaten (Dezember – Februar), während sie in den Frühlings- und Sommermonaten (April – August) niedriger waren. Der Tagesgrenzwert¹ für NO₂ (80 µg/m³; rot gestrichelte Linie in Abbildung 3 D.) wurde an keinem der drei Standorte im Jahr 2023 überschritten.

Die Konzentrationen für NO₂ und NO_x waren am Standort «Luzern Moosstrasse» konsequent höher als an den beiden anderen Standorten (Abbildung 3D., 3E.). Dies kann auf das höhere Verkehrsaufkommen am Standort «Luzern Moosstrasse» zurückgeführt werden, welcher als «städtisch, verkehrsbelastet» klassifiziert ist. Die Standorte «Flugplatz Emmen» und «Ebikon Sedel» wurden als «kleinstädtisch, ohne dominierende Emissionsquelle» klassifiziert. Die intensivere Verkehrsbelastung am Standort «Luzern Moosstrasse» zeigte sich im NO₂-Jahresmittelwert, welcher hier deutlich erhöht war gegenüber den beiden anderen Standorten (Tabelle 1). Jedoch wurde auch der Jahresmittelgrenzwert an keinem der drei Standorte überschritten (Tabelle 1).

Tabelle 1: Gemessene Jahresmittelwerte in µg/m³ für PM10, PM2.5 und NO₂ für die drei Standorte «Emmen Flugplatz», «Luzern Moosstrasse» und «Ebikon Sedel» sowie die entsprechenden Grenzwerte¹.

		Flugplatz Emmen	Luzern Moosstrasse	Ebikon Se- del	Jahresmittel- grenzwert [µg/m ³]
PM10	Jahresmittelwert [µg/m ³]	12.7	13.3	11.9	20
PM2.5	Jahresmittelwert [µg/m ³]	9.3	8.5	8.8	10
NO ₂	Jahresmittelwert [µg/m ³]	14.7	27.8	13.7	30

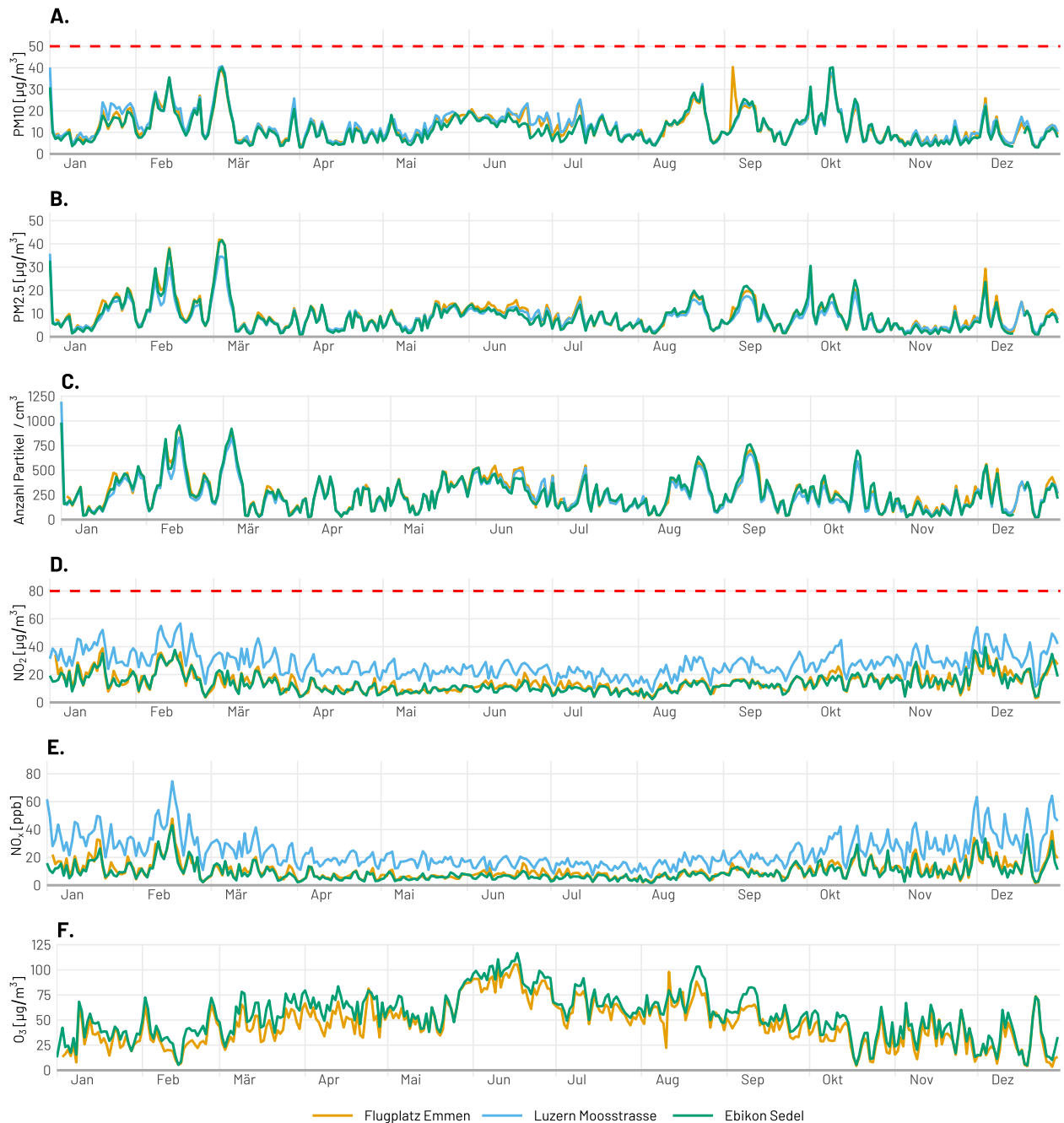


Abbildung 3: Konzentrationen der Schadstoffe PM10 (A.), PM2.5 (B.), Partikelanzahl (C.), NO₂ (D.), NO_x (E.) und O₃ (F.) an den Standorten Flugplatz Emmen (orange), Luzern Moosstrasse (blau) und Ebikon Sedel (grün). O₃ wurde am Standort «Luzern Moosstrasse» nicht gemessen. Die dargestellten Kurven entsprechen den Tagesmittelwerten zwischen dem 01.01.2023 und 31.12.2023. Die rot gestrichelten Linien entsprechen dem 24-h-Grenzwert (A. PM10 = 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; D. NO₂ = 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), der gemäss LRV nur einmal pro Jahr für NO₂ und nur dreimal pro Jahr für PM10 überschritten werden darf.

2.4. Ozon (O₃)

Die Ozon-Konzentrationen waren in den Sommermonaten am höchsten (Abbildung 3F.). Der Juni verzeichnete besonders hohe Werte, was auf die andauernde Schönwetterperiode⁵ im Juni 2023 zurückzuführen war. Am Standort «Ebikon Sedel» wurden fast durchgehend höhere O₃-Konzentrationen

⁵ Meteo Schweiz, 'Klimabulletin 2023'.

gemessen als am Standort «Flugplatz Emmen». Der 1-h-Mittelwert¹ für O₃ (bei 120 µg/m³) wurde am Standort «Ebikon Sedel» 51 mal und am Standort «Flugplatz Emmen» 47 mal überschritten. Erlaubt ist maximal eine Überschreitung des Immissionsgrenzwertes pro Jahr.

2.5. Lärm

Bei den Messungen zur Lärmimmission handelte es sich um rein orientierende Lärmmessungen, da diese nicht den behördlichen Anforderungen gemäss Lärmschutz-Verordnung⁶ (LSV) entsprachen. Gemessen wurde der äquivalente Dauerschallpegel (LEQ), welcher einen an einem bestimmten Ort über eine bestimmte Zeit gemessenen Lärm auf ein vergleichbares Dauergeräusch umrechnet. Der LEQ wird in dB(A) ausgedrückt und beschreibt die menschliche Wahrnehmung eines Schalldruckpegels.

Immissionsgrenzwerte für Lärm werden als Beurteilungspegel L_r in Abhängigkeit von 4 verschiedenen Empfindlichkeitsstufen festgelegt. Dieser Pegel setzt sich aus dem akustischen Mass (LEQ) und verschiedenen Korrekturfaktoren zusammen und berechnet sich für Militärflugplätze gemäss LSV (Anhang 8) wie folgt:

$$L_r = 10 * \log(10^{0.1 * L_{rM}})$$

Für die Berechnung von L_{rM} wird der LEQ und die Korrekturfaktoren K₀ und K₁ angewendet. Diese betragen für Militärflugplätze gemäss LSV (Anhang 8):

LEQ: A-bewerteter Mittelungspegel während der Lärmphase
 K₀: -8 dB
 K₁: Entsprechend Flugbewegungen; hier = 0 dB

Hieraus berechnet sich der L_{rM} wie folgt:

$$L_{rM} = LEQ + K_0 + K_1$$

Abbildung 4 zeigt die stündlichen Maximalwerte der A-bewerteten Mittelungspegel (LEQ) am Standort «Flugplatz Emmen» über das Jahr 2023 hinweg. Hierbei handelte es sich allerdings um eine rein orientierende Messung, da die Vorgaben zu Lärmmessungen gemäss LSV (Anhang 2) nicht eingehalten werden konnten (ebenso: Tabelle 2). Ebenfalls ist zu erwähnen, dass die Berechnung und Darstellung des Beurteilungspegels L_r in Abbildung 4 und Tabelle 2 nur als Orientierung dient, da auch hier eine stark vereinfachte Methode gewählt wurde. So wurde z. B. keine Unterscheidung zwischen strahl- und propellerbetriebenen Flugzeugen sowie zivilen und militärischen Flugbewegungen gemacht. Jedoch entspricht die Grafik den Angaben des Kanton Luzerns⁷, der berichtet, dass die Lärmimmissionsgrenzwerte in der Nähe des Flugplatzes Emmen gelegentlich überschritten werden. Abbildung 4 deutet darauf hin, dass die Überschreitungen der Lärmimmissionsgrenzwerte (rote Linie) im nahe gelegenen Wohngebiet vor allem in den Monaten März und November stattfanden. Diese zwei Monate wiesen auch die höchsten mittleren Monatswerte des Beurteilungspegels L_r auf. Jedoch lagen die mittleren Monatswerte des L_r auch für März und November unter dem Grenzwert (Tabelle 2).

⁶ LSV (Lärmschutz-Verordnung), 1986.

⁷ Kanton Luzern, 'Fluglärm', 2024, https://uwe.lu.ch/themen/laermschutz/Laermbelastung_kanton_luzern/fluglaerm.

Tabelle 2: Monatsmittelwerte für den berechneten Beurteilungspegel Lr am Standort «Flugplatz Emmen». Der angegebene Grenzwert bezeichnet den Immissionsgrenzwert für die Empfindlichkeitsstufe II (Wohnzone) in db(A) gemäss LSV.

Monat	Lr [db(A)]	Grenzwert
Januar	41.7	
Februar	42.1	
März	43.5	
April	41.7	
Mai	41.2	
Juni	41.5	
Juli	40.7	60
August	40.5	
September	40.7	
Oktober	40.9	
November	43.1	
Dezember	41.8	

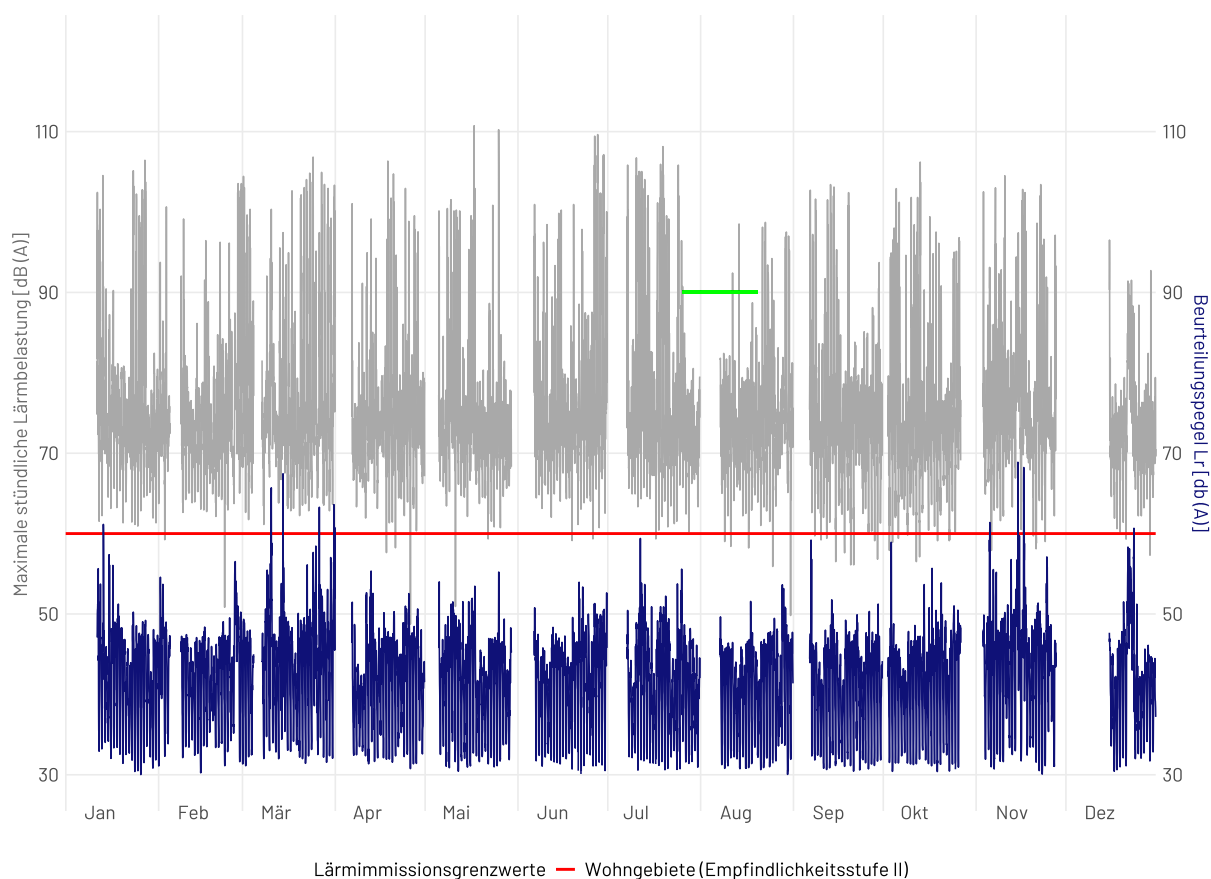


Abbildung 4: Lärmbelastung am Standort «Flugplatz Emmen» für das Jahr 2023. Die linke Achse (grau) zeigt die maximale stündliche Lärmbelastung in dB (A). Hierfür wurde für jede Stunde des Jahres der höchste LEQ Wert ermittelt und dargestellt. Die rechte Achse (blau) zeigt den berechneten Beurteilungspegel Lr mit dem entsprechenden Immissionsgrenzwert für Wohngebiete (rote horizontale Linie). Der Lr wurde für jede Stunde des Jahres auf Basis der gemittelten stündlichen LEQ Werten berechnet. Während der Zeitdauer des grünen Balkens war der Flugplatz Emmen für den Flugbetrieb gesperrt und nur einzelne Helikopterflüge fanden statt. Die Zeitspannen ohne Aufzeichnung sind auf Messlücken zurückzuführen.

2.6. Windeinflüsse

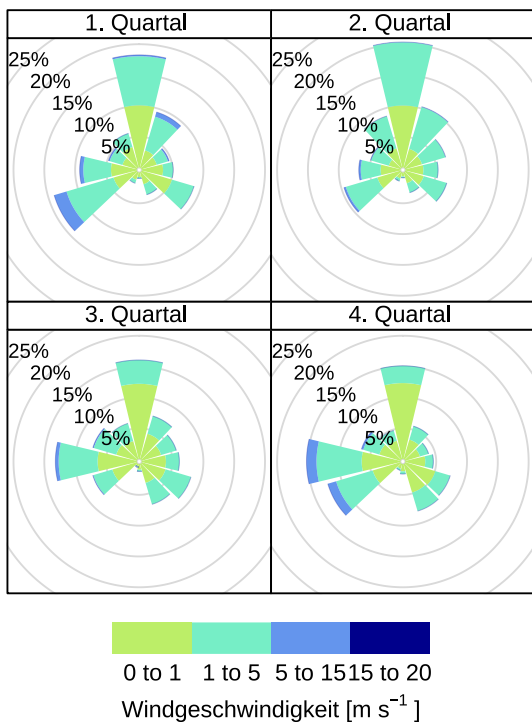


Abbildung 5: Windrosen der vorherrschenden Windrichtungen und -geschwindigkeiten am Standort «Flugplatz Emmen» für jedes Quartal des Jahres 2023.

Die vorherrschende Windrichtung am Standort «Flugplatz Emmen» kam im Jahr 2023 aus Norden (Abbildung 5). Neben dem Nordwind war der Standort aber auch zeitweise von Westwinden geprägt, dies vor allem über den Winter. Der Nordwind wehte mit mässigen Windgeschwindigkeiten (0-5 m/s), während der Westwind höhere Windgeschwindigkeiten bis zu 15 m/s aufzeigte.

Die Hauptanteile der verfrachteten Schadstoffe am Standort kamen aus Norden und aus westlicher Richtung (in Abbildung 6 am Beispiel von PM10 und NO₂). Es konnte vermutet werden, dass der Flugplatz die Hauptquelle für Schadstoffe darstellt, welche aus nördlicher Richtung stammten. Aus westlicher Richtung war zu vermuten, dass die Hauptquelle für die verfrachteten Schadstoffe die Autobahn A2 darstellte, welche in ca. 600 m westlicher Distanz am Messstandort vorbeiführte.

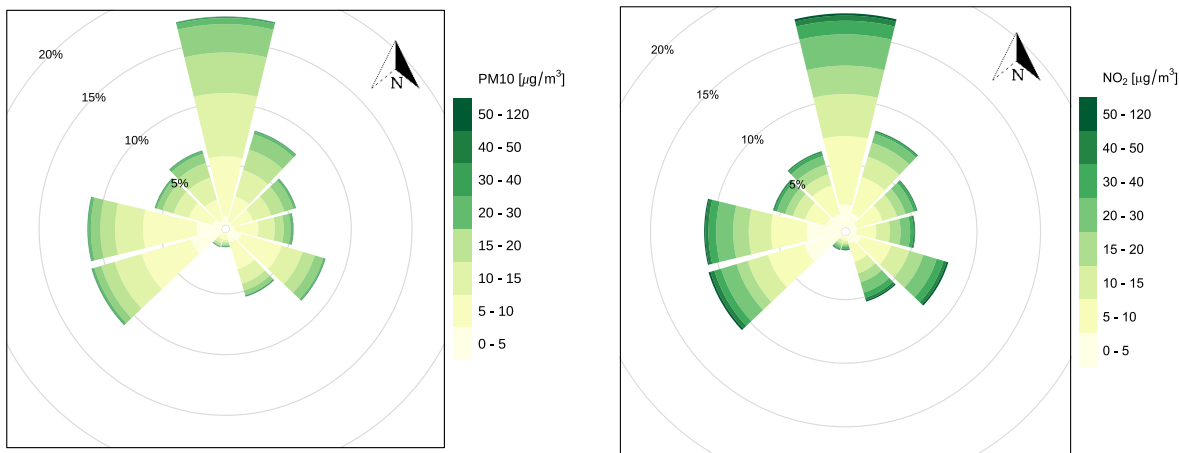


Abbildung 6: Schadstoffrose der Halbstundendaten für PM10 (links) und NO₂ (rechts) am Standort «Flugplatz Emmen» für das Jahr 2023. Die Grösse des Kegels repräsentiert die Anzahl Messungen während einer vorherrschenden Windrichtung. Die farbliche Aufteilung des Kegels zeigt die Häufigkeit eines Schadstoffkonzentrationbereichs entsprechend der Legende.

Lesebeispiele:

1. Ca. 17 % der Messungen wurden vorgenommen, während der Wind aus Norden blies.
2. Ungefähr 5 % der PM10 Messungen fallen in den Bereich 10-15 µg / m³ und wurden bei Nordwind gemessen.

2.7. Flugbewegungen und Immissionen

Ein wichtiger Aspekt dieses Berichts war die Überprüfung, ob zwischen den Flugbewegungen auf dem Flugplatz Emmen und den Luftschadstoffimmissionen am Messstandort «Flugplatz Emmen» ein Zusammenhang bestand. Um eine zeitlich detaillierte Zusammenstellung der Flugbewegungen zu erhalten, wurden die Lärmimmissionsmessungen aus Kapitel 2.5 hinzugezogen.

Für jedes 30-minütige Intervall des Jahres 2023 wurde der maximale Lärmimmissionswert (L_{max}) ermittelt und demjenigen Schadstoffimmissionswert zugewiesen, der am Ende des 30-minütigen Intervalls gemessen wurde. So wurde z. B. ein maximaler Lärmimmissionswert von 14:12 Uhr dem gemessenen Schadstoffimmissionswert von 14:30 Uhr zugeordnet. Dies unterlag einerseits der Überlegung, dass die emittierten Schadstoffe auf dem Flugplatz eine gewisse Zeit brauchen, um mit dem Wind zum Messstandort «Flugplatz Emmen» verfrachtet zu werden. Andererseits unterlag diese Zuordnung der Tatsache, dass das kleinste gemeinsame Messintervall der validierten Lärm-, Schadstoff- und Winddaten bei 30 min lag. Die nachfolgenden Auswertungen wurden auch für ein 10-minütiges Zeitintervall ausgeführt, da es dabei aber zu den gleichen Resultaten kam, wurden hier die validierten 30-minütigen Werte beibehalten.

Die Lärmimmissionsgrenze für eine Flugbewegung wurde bei 90 dB angesetzt. Das heisst, alle 30-minütigen Intervalle deren L_{max} gleich oder über 90 dB waren, wurden als Flugbewegung gekennzeichnet. Dies basiert auf einer Studie der EMPA zu den Lärmemissionen des Typ F/A-18 Kampffjets, welche ergab, dass der Jet einen maximalen Lärmpegel von 120.6 dB beim Start und 102 dB bei der Landung emittiert⁸. Diese Lärmemissionen wurden in einer Distanz von 305m gemessen. Da sich der Messstandort «Flugplatz Emmen» 1400m vom Mittelpunkt der Start- und Landepiste entfernt befindet, ist dort mit einem Schallpegel von 113 dB beim Start und 94.5 dB bei der Landung zu rechnen (Abnahme Schallpegel von beweglichen Quellen -3 dB pro Verdopplung der Distanz; 1400m entspricht ca. einer Verfünffachung der Distanz, wodurch der Schallpegel um -7.5 dB abnimmt⁹).

Um andere Emissionsquellen nebst dem Flugplatz (wie z. B. die Autobahn in westlicher Richtung) möglichst auszuschliessen, wurden des Weiteren nur die Luftschadstoff- und Lärmimmissionsdaten ausgewählt, die gemessen wurden, als die vorherrschende Windrichtung aus Norden (von Nord-Nord-West (340°) bis Nord-Nord-Ost (20°)) kam.

Abbildung 7 zeigt die gemessenen Luftschadstoffimmissionswerte am Standort «Flugplatz Emmen» für jene Messzeitpunkte, in denen innerhalb der letzten 30 Minuten eine Flugbewegung stattfand (Flugbewegung = ja, blau) und jene, in denen innerhalb der letzten 30 Minuten keine Flugbewegung stattfand (Flugbewegung = nein, rot). Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die Flugbewegungen auf dem Flugplatz Emmen keinen signifikanten Zusammenhang mit den Luftschadstoff-immissionen am Standort «Flugplatz Emmen» haben.

⁸ Schäffer et al. 2023, Lärmberechnungen des F-35A.

⁹ Persönliche Kommunikation mit B. Schäffer, 5.7.2024.

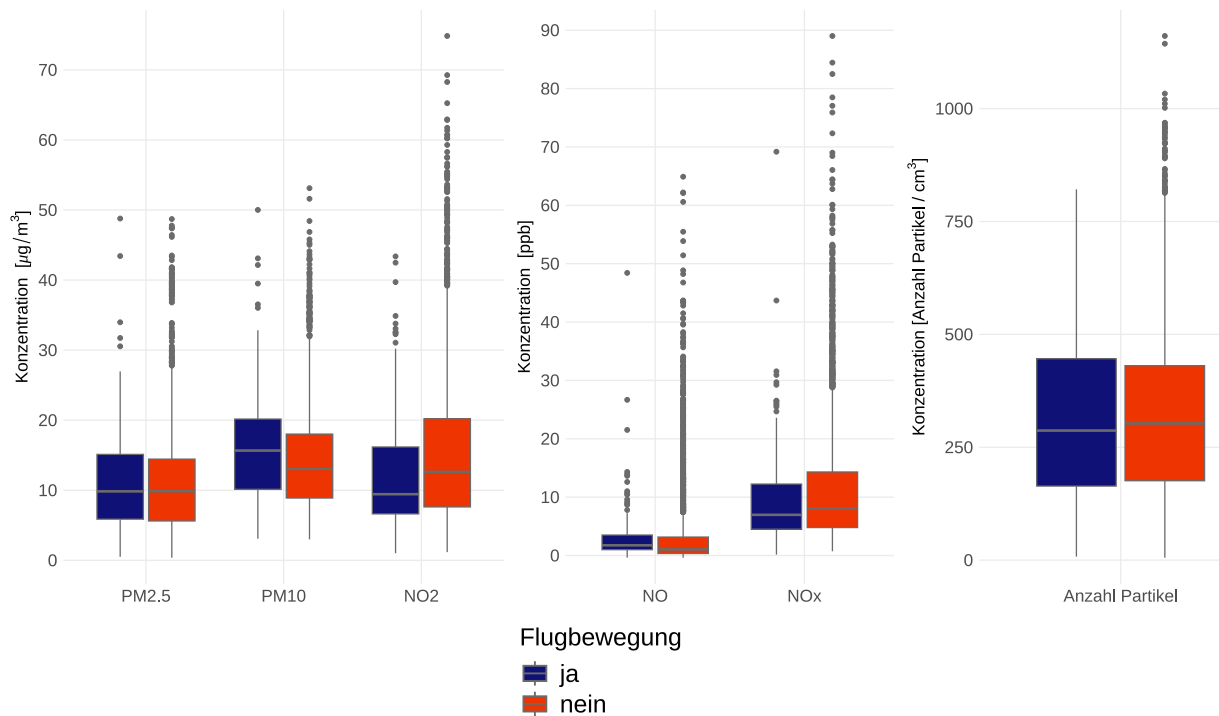


Abbildung 7: Boxplots über die Konzentrationen der Schadstoffe PM2.5, PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, NO und NO_x in ppb (parts per billion) und Anzahl Partikel in Anzahl Partikel / cm^3 am Standort «Flugplatz Emmen». Die Boxen beinhalten 50 % der Verteilung der Messpunkte, wobei der durchgezogene Strich in der Mitte der Boxen den Median darstellt. Die Whisker (vertikaler Strich) nach oben und unten beinhalten jeweils weitere 25 % der Verteilung der Messpunkte und die Punkte ausserhalb der Whisker gelten als Ausreisser aus der Verteilung. Die Verfrachtung dieser Schadstoffe geschah nur aus nördlicher Richtung, zwischen 320° und 20°. Die Konzentrationen wurden unterteilt je nachdem ob in den 30 Minuten vor dem Messwert eine Flugbewegung stattgefunden hat (blau) oder nicht (rot).

3. Diskussion und Fazit

In diesem Bericht konnte nicht nachgewiesen werden, dass die Flugbewegungen am Militärflugplatz Emmen zu erhöhten Luftschadstoffimmissionen an der nahe-gelegenen Messstation führten, welche sich 440m südöstlich vom südwestlichen Pistenende befand. Der Messstandort «Flugplatz Emmen» ist vergleichbar mit dem Standort «Ebikon Sedel», da beide Standorte als vorstädtisch ohne unmittelbare Emissionsquellen klassifiziert waren. In Abbildung 3 konnte dargestellt werden, dass diese beiden Standorte bezüglich des jährlichen Verlaufs der Luftschadstoffimmissionen keine nennenswerten Unterschiede zeigten. Im Gegensatz hierzu war eine deutlich erhöhte Belastung mit Stickoxiden am verkehrsbelasteten Standort «Luzern Moosstrasse» sichtbar. Somit lässt sich darauf schliessen, dass die Belastung durch Luftschadstoffe an stark befahrenen Verkehrsachsen deutlich grösser ist als in der Nähe des Flugplatzes Emmen.

Der Flugplatz Emmen hatte im Jahr 2023 knapp über 20'000 Flugbewegungen, von denen 3'470 auf Bewegungen von Kampffjets zurückzuführen waren⁹. Der Flugplatz Meiringen im Kanton Bern verzeichnet mit 5'000 Bewegungen von Kampffjets eine ähnliche, jedoch leicht höhere Aktivität von Kampffjets¹⁰. Im Jahr 2012 wurde in der Umgebung des Flugplatzes Meiringen eine Studie zur Erfassung und Beurteilung der Luftbelastung durchgeführt¹¹. Diese kam ebenfalls zum Ergebnis, dass keine erhöhte Luftbelastung im Umfeld des Flugplatzes vorhanden war. Die Studie berücksichtigte nebst NO₂-Immissionen auch flüchtige organische Verbindungen, jedoch nicht Feinstaub. Feinstaub wurde jedoch bei einer kürzlich durchgeführten Messkampagne in der Umgebung des Landesflughafens Genf gemessen. Diese Studien

⁹ Flugplatzkommando Emmen 2023, Bulletin Emmen Flugfeld 2/2023

¹⁰ Flugplatz Meiringen 2024, Flugplatznews 1/2024

¹¹ Schläpfer & Schneider 2012, Erfassung und Beurteilung der Luftbelastung im Nahbereich des Flugplatzes Meiringen 2011-2012

finden ebenfalls keinen signifikanten Einfluss des Flugverkehrs auf die Luftimmissionswerte von PM10, PM2.5 und NO₂^{12,13}. Mit über 99'000 Flugbewegungen¹⁴ ist der Landesflughafen Genf ein deutlich aktiverer Flughafen als Emmen oder Meiringen, aber selbst hier konnten keine Einbussen bei der Luftqualität nachgewiesen werden. Lediglich in der Umgebung des Flughafens Frankfurts (430'436 Flugbewegungen im Jahr 2023¹⁵) konnte ein Einfluss des Flugbetriebs auf die Zusammensetzung der ultrafeinen Partikelfraktion des Feinstaubes nachgewiesen werden¹⁶.

Dieser Querschnitt durch die Literatur lässt darauf schliessen, dass die auf kleineren und mittelgrossen Flugplätzen verursachten Emissionen nicht direkt in der nahen Umgebung nachzuweisen sind. Es lässt sich vermuten, dass die ausgestossenen Emissionen beim Start eines Flugzeugs nicht lateral entlang des Bodens verfrachtet werden, sondern eher vertikal aufsteigen. Dies basiert auf der Tatsache, dass beim Start heisse Abgase mit hoher Geschwindigkeit nach hinten ausgestossen werden und dort auf kühlere Umgebungsluft treffen, wodurch die Abgase rasch aufsteigen¹⁷. Die Emissionen steigen nicht nur auf, sondern werden durch die beim Start entstehenden Luftbewegungen schnell verteilt und verdünnt. Zusätzlich ist zu bedenken, dass Kampffjets verhältnismässig schnell von der Startpiste abheben und somit nur ein geringer Anteil der Startemissionen in Bodenhöhe ausgestossen wird. Somit liegt die Vermutung nahe, dass ein einzelner Messstandort auf dem Boden – obwohl in Windrichtung – nicht ausreicht, um die auf einem Flugplatz verursachten Emissionen abzubilden. Zusätzlich lässt die Studie vom Flughafen Frankfurt vermuten, dass sich die Auswirkungen eines Flugplatzes eher im Bereich der Ultrafeinpartikel zeigen, diese Partikel aber solch geringe Massen haben, dass sie kaum zur Massenkonzentration von PM2.5 beitragen. Die Verschiebung hin zu einer zunehmenden Ultrafeinstaubfraktion ist gesundheitlich sehr bedenklich, denn je kleiner die Partikel sind, desto tiefer können diese in die menschliche Lunge und – in geringem Masse – auch in den Blutkreislauf gelangen¹⁸.

Zudem ist zu erwähnen, dass die hier durchgeführten Messungen bewusst in der nahen Umgebung des Flugplatzes durchgeführt wurden, um die Exposition der Bevölkerung zu untersuchen. Hingegen wurde nicht untersucht, welcher Schadstoffexposition die Mitarbeitenden des Flugplatzes direkt in der näheren Umgebung der Flugzeuge ausgesetzt sind.

¹² SABRA 2023, Évaluation de l'impact local du trafic aérien – Bellevue (mai 2021–avril 2022)

¹³ SABRA 2024, Évaluation de l'impact local du trafic aérien – Grand-Saconnex (juin 2022 – juin 2023)

¹⁴ https://de.wikipedia.org/wiki/Flughafen_Genf, Besucht am: 5.6.2024

¹⁵ https://de.wikipedia.org/wiki/Flughafen_Frankfurt_Main, Besucht am: 5.6.2024

¹⁶ Ditas et al. 2022, Bericht zur Untersuchung der regionalen Luftqualität auf ultrafeine Partikel im Bereich des Flughafens Frankfurt

¹⁷ Pandey et al. 2023, Accounting for plume rise of aircraft emissions in AERMOD

¹⁸ WHO 2021, WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide