

Dieses Dokument enthält Webseiten-Beiträge der BIFR vom 17.03.24 in Schwarz,  
[Antworten und Kommentare des Projekt-Konsortiums der Belastungsstudie von SOURCE FFR vom 15.05. in hellblau](#)  
und [Erwiderungen der BIFR vom 23.05. in Orange](#)

## **UFP-Projekt des FFR:**

### **Fortsetzung des Zwischenberichts**

Wie angekündigt, wurde das eigentlich für Freitag, den 26.01., geplante, aber verschobene 'Austauschtreffen' zwischen FFR/UNH und den Bürgerinitiativen am 08.03. nachgeholt. Gegenüber dem [Stand Ende Januar](#) waren der Einladung nicht nur Präsentationen eines [Projektberichts](#) und eines [Konzepts](#) für die Wirkungsstudie beigefügt, sondern auch noch eine weitere Präsentation zur [UFP-Belastungsstudie](#). Zusätzlich wurden auf der [Projekt-Webseite](#) zwischenzeitlich noch der ausführliche [Bericht](#) über die *"Erstellung eines Studiendesigns zur Entwicklung einer UFP-Wirkungsstudie"* sowie die [Stellungnahme](#) der "Wissenschaftlichen Qualitätssicherung" dazu eingestellt.

Durch die zusätzlichen Materialien und die Möglichkeit, nicht nur die Folien zu sehen, sondern auch die Erläuterungen dazu zu hören, wurde schon einiges verständlicher. Besonders viel zum besseren Verständnis beigetragen aber die Bereitschaft der beiden Vortragenden, Frau Prof. Hoffmann für das Design der Wirkungsstudie und Herr Prof. Vogel für den Stand der Belastungsstudie, auf alle Fragen aus der Runde ausführlich einzugehen,. Auch die Ergänzungen der Fluglärmschutzbeauftragten, Frau Barth, die als Mitglied des FFR-AK UFP über den dortigen Diskussionsstand berichtete, waren hilfreich.

[Das ist erfreulich – ein gegenseitiger respektvoller Austausch mit den BIs liegt im Interesse der beteiligten Institute der Belastungsstudie.](#)

Es liegt in der Natur der Sache, dass trotzdem etliche Fragen unbeantwortet blieben und etliche Antworten unbefriedigend waren. Darauf wollen wir hier in der logischen Reihenfolge eingehen und zuerst die kritischen Fragen formulieren, die sich aus den vorliegenden Aussagen zur **Belastungsstudie** ergeben. Diese Fragen sind zusammengefasst folgende:

- Werden die UFP-Quellen aus dem Flugverkehr umfassend und im notwendigen Detail erfasst?

[Es werden möglichst quellnah die Partikelemissionen der Flugzeuge auf dem Gelände des Flughafens erfasst. Dies wurde im Vortrag erwähnt, da explizit auf die Messungen](#)

an der Blastwall eingegangen wurde. Weiter wurden die Messstandorte am A-Hof des Terminal 1 und am Standort Ost erwähnt. Aus diesen Messungen sollen Emissionsindices verschiedener Betriebszustände abgeleitet (Idle, Taxi, Approach, Take-off) werden. Es wird zwischen flüchtigen und nicht-flüchtigen Partikeln in den relevanten Größenbereichen unterscheiden – beide Partikeltypen werden messtechnisch erfasst. Nach dem derzeitigen Stand des Wissens werden somit alle relevanten Quellen aus dem Flugverkehr erfasst.

Das haben wir so garnicht bezweifelt. Die Frage war, vereinfacht gesagt, vielmehr, ob denn tatsächlich alle Flugbewegungen in der Region als mögliche Quellen einbezogen werden.

Dazu aber mehr in den “technischen Details” weiter unten.

- Stehen die notwendigen Modellierungstechniken zur Verfügung, um Transport und Umwandlung der aus diesen Quellen emittierten Partikel in notwendigem Detail und Genauigkeit zu modellieren?

Das verwendete Chemie-Transportmodell ist state-of-the-art und in der Lage Transport und chemische Prozesse zu modellieren. In Bezug auf die Simulation ultrafeiner Partikel geht das eingesetzte Chemie-Transportmodell über den Stand der Wissenschaft hinaus, da die Ausbreitung der UFP nicht nur als passiver Tracer modelliert wird, sondern darüber hinaus auch die Größenverteilung der Partikel berücksichtigt wird. Zudem ist geplant, das Wachstum bzw. die Verdampfung von Partikeln durch flüchtiges Material zu parametrisieren. Die Datenlage zu den Quellen erlaubt eine räumlich genaue Simulation, wobei Unsicherheiten der Emissionen mit dem Chemie-Transportmodell quantifiziert werden können.

“... Größenverteilung der Partikel berücksichtigt” ? “... das Wachstum bzw. die Verdampfung von Partikeln durch flüchtiges Material” parametrisiert ?  
Klingt interessant, entzieht sich aber mangels Details jedem weiteren Kommentar.

- Gibt es Messungen in ausreichender Anzahl und Qualität an den richtigen Orten, um diese Modelle validieren zu können?

Die bisherigen Messungen des HLNUG sind in Anzahl und Qualität für die Charakterisierung von Immissionen rund um einen Flughafen bereits sehr umfassend. Dennoch wird in den kommenden Monaten an weiteren Standorten temporär gemessen werden. Insbesondere unterhalb der Anflugrouten (z.B. Raunheim, Neu-Isenburg, Ginsheim-Gustavsburg), und in der Achse Flughafen-Schwanheim-Riedberg werden Messungen stattfinden. Es werden zusätzlich zur physikalischen Charakterisierung (Größenspektren, Anteil flüchtiger zu nicht-flüchtiger Partikel) auch chemische organische Tracer gemessen und die Morphologie und Elementarzusammensetzung der Partikel gemessen.

Dann warten wir auch hier mit Spannung auf die Ergebnisse.

Es gibt leider hinreichende Indizien für den Verdacht, dass diese Fragen alle mit "Nein" beantwortet werden müssen. Welche Indizien das sind, lässt sich nur erklären, wenn man tiefer in die technischen Details eintaucht, weshalb wir diese Erklärungen in einen [eigenen Beitrag](#) ausgelagert haben.

Hier nur soviel: Dass die UFP-Quellen aus dem Flugverkehr nicht umfassend erfasst werden, lässt sich schon aus der in der Präsentation angedeuteten Definition des Modellierungsgebietes schliessen. Es wurde offensichtlich ausschließlich mit dem Flughafengelände als Quelle festgelegt und umfasst wesentliche Bereiche, in denen hinreichend niedrig geflogen wird, nicht. Dass die Messungen zur Validierung der Modellierungen nicht ausreichen werden, deutet sich dadurch an, dass in vielen Bereichen bisher nicht oder nicht ausreichend gemessen wird. Es gibt aber nur ganz wenige Aussagen über zusätzliche Messungen, die auf keinen Fall ausreichen können. Zu den geplanten Modellierungen gibt es gar keine Aussagen, so dass man auf das zurückgreifen muss, was bisher an Modellen eingesetzt wurde. Das reicht mit Sicherheit nicht aus, und es ist nicht erkennbar, dass im laufenden Projekt relevante Ressourcen für die Entwicklung neuer Techniken eingesetzt würden.

Es werden neben dem Flughafen die An- und Abflugrouten modelliert. Diese Modellierung beruht auf den mit dem Flugradar erfassten An- und Abflughöhen der Flugtrajektorien einzelner Flugzeuge. Die Absenkung der Flugzeugabgasfahnen durch Wirbelschleppen wird durch eine bereits validierte Modellierung der Wirbelschleppen erfasst und in zukünftigen Modellrechnungen mit dem Chemie-Transportmodell berücksichtigt. Messungen mit einer Drohne unterhalb der Anflugroute bei Ginsheim-Gustavsburg, sowie in Frankfurt-Schwanheim werden den Vertikaltransport und die bodennahen Vertikalprofile in der Abluffahne messtechnisch untersuchen.

Auch das lässt etliche Fragen offen. Zunächst würden wir zu gerne wissen, wie die "validierte Modellierung der Wirbelschleppen" aussieht und ob sie wirklich bessere Ergebnisse liefert. Wir haben da schlechte Erfahrungen, und was wir bislang zu dem Thema lesen konnten, war auch nicht überzeugend.

Und ob diese Drohne brauchbare "bodennahe Vertikalprofile" messen kann, erscheint uns auch fraglich. Gibt es da entsprechende Erfahrungen, z.B. aus Berlin? Und was ist mit den Horizontalprofilen? Schließlich driften die Wirbelschleppen ja je nach Wetter unterschiedlich seitlich ab, und das sollte eigentlich auch vor Ort validiert werden.

Auch bei der Untersuchung der gesundheitlichen Wirkungen der Flugzeug-UFP ist leider Skepsis angebracht. Zwar ist das **Design der Wirkungsstudie** noch nicht endgültig festgelegt und der [FFR-Koordinierungsrat](#) wird noch im Einzelnen beschliessen, was aus dem vorgelegten Konzept noch alles aus "finanziellen Gründen" herausgekürzt wird. Aber es gab beim Treffen klare Aussagen zu zwei Dingen, die nicht stattfinden werden.

- Es wird keine Untersuchung dazu geben, welche Wirkungen bei dem Personenkreis festzustellen sind, der am stärksten und direktesten von der Belastung mit UFP aus Flugzeug-Turbinen betroffen ist: diejenigen, die auf dem Vorfeld oder in anderen Bereichen des Flughafens arbeiten oder sich dort häufig aufhalten.
- Und es wird ebenso keine Untersuchungen der gesundheitlichen Wirkungen derjenigen Substanzen geben, die für UFP aus Triebwerken charakteristisch sind: die Partikel, die durch Verdampfen von Triebwerks-Schmierölen entstehen.

Beides darf man als Skandal bezeichnen, denn damit werden genau die Bereiche ausgeblendet, in denen Triebwerks-UFP am direktesten und am spezifischsten wirken und aus denen die eindeutigsten Erkenntnisse zu erwarten wären.

Die Bewertung der Risiken am Arbeitsplatz ist Angelegenheit der Berufsgenossenschaft.

Darum geht es hier nicht. Nach SGB VII § 1 ist es zwar Aufgabe der BG, "mit allen geeigneten Mitteln Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten sowie arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren zu verhüten", aber Grundlagenforschung zur Identifizierung dieser Gesundheitsgefahren gehört nicht dazu.

Im Triebwerksöl ist das Tricresylphosphat eine aus toxikologischer Sicht relevante Substanz. Das besonders toxische *ortho*-Tricresylphosphat ist in den Triebwerksölen jedoch schon seit Jahren nicht mehr vorhanden.

Weiter muss eingeordnet werden: Organophosphate sind ubiquitäre Stoffe – als Flammenschutzmittel und Weichmacher verwendet sind wir diesen Substanzen tagtäglich, auch aus anderen Quellen abseits des Flughafens, ausgesetzt. Der rein analytische Nachweis von solchen Stoffen bedeutet jedoch noch nicht, dass dies zwangsläufig zu einer Gesundheitsgefährdung führt.

Russ kommt in der Umgebung vermutlich noch häufiger vor, und trotzdem gibt er in der spezifischen Form als Kern ultrafeiner Partikel Anlass zur Besorgnis. Wir wüssten schon gerne, ob Organophosphate in dieser Form ebenfalls spezifische Wirkungen haben.

Schließlich ergaben Experimente zu sog. Fume Events schon vor Jahren:

- *Fumes deriving from engine and hydraulic oils reduce neuronal activity*
- *Engine oil fumes-induced neurotoxicity mainly occurs after prolonged exposure whereas for hydraulic oils already acute exposure affects neuronal activity*
- *Fumes generated from hydraulic oils more potent in inhibition neuronal activity compared to engine oil-derived fumes*

(CAQ III EASA stakeholder meeting, Day1, Session1 / FACTS,

[https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/cabin\\_air\\_quality\\_research\\_workshop\\_-\\_january\\_2023.zip](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/cabin_air_quality_research_workshop_-_january_2023.zip))

Eine toxikologische Untersuchung zur Wirkung von UFP wurde im Rahmen dieser Studie nicht beauftragt.

Genau das halten wir für einen Skandal, aber die Kritik richtet sich natürlich an die Auftraggeber, nicht an diejenigen, die den Auftrag ausführen..

Wenn im Konzept der Wirkungsstudie von "zeitlich hoch aufgelösten" Darstellungen die Rede ist, geht es um Stunden- oder bestenfalls Halbstunden-Werte. Es gibt also auch keine Chance, die bestenfalls Minuten andauernden, extrem hohen Belastungen zu erfassen und zu untersuchen, die regelmäßig bei Überflügen entstehen.

Mittels mobiler Messungen unterhalb der Anflugrouten soll das Auftreten kurzzeitiger Expositionsspitzen untersucht werden. Bei den derzeitigen Messungen direkt unterhalb der landenden Flugzeuge am Standort Ost werden Emissionsspitzen zeitlich hochaufgelöst (Partikelgrößenspektren jede Sekunde) erfasst.

Können wir davon ausgehen, dass dort dann zumindest dann, wenn die Windbedingungen günstig sind und die Wirbelschleppen an der Station ankommen, entsprechende PNC-Maxima gemessen werden?

Für die Raunheimer Station wissen wir das bis heute selbst für die Zeit, als da noch mit einem CPC-Gerät gemessen wurde, nicht genau, da Kurzzeit-Ergebnisse nicht veröffentlicht und Messungen nie mit Überflügen korreliert wurden.

Der Beitrag kurzzeitiger Expositionsspitzen zur Gesamt-UFP-Dosis wird ermittelt werden. Die Expositionsmodellierung kann keine Minuten-aufgelösten Immissionen modellieren. Eine derartig hohe zeitliche Auflösung ist für die Zuordnung von Kurzeiteffekten der UFP auf die menschliche Gesundheit nicht erforderlich. Die stündlich gemittelten Expositionen aus der Belastungsstudie sind bezüglich ihrer Zeitauflösung ausreichend für die nachträgliche Ableitung der Kurzeiteffekte auf die Gesundheit. Wichtiger als die hohe zeitliche Auflösung ist die räumliche Zuordnung der Belastung. Die hohe räumliche Heterogenität durch verschiedene UFP-Quellen des Flughafens und seiner Umgebung, sowie durch Abwärtsmischung von Flugzeugabgasen in der Höhe durch Wirbelschleppen, kann nur mit einem großräumigen, drei-dimensionalen Chemie-Transportmodell untersucht und berücksichtigt werden.

Auch zu dieser Aussage bleibt uns nur neugieriges Abwarten.

Ohne extrem rechthaberisch wirken zu wollen, können wir daher feststellen, dass alle Bedenken, die wir bei der Vorlage der ersten Projektkonzeption im Juli 2022 [formuliert haben](#), sich zu bestätigen scheinen, und dass die Kernaussage des damals präsentierten [Graphical abstract](#) nach wie vor gültig ist:

**Auf dem Weg zu einer Ultrafeinstaubstudie im FFR bestimmt die Luftverkehrswirtschaft die Marschrichtung**

(Wir hätten ja mit solchen Prognosen gerne mal unrecht, aber das ist offenbar systembedingt unmöglich.)

Der Einfluss der Luftverkehrswirtschaft wird dabei nicht einmal besonders subtil zur Geltung gebracht. Im neunköpfigen Koordinierungsrat, der letztendlich auch über die finanziellen Hebel darüber entscheidet, was gemacht wird und was nicht, sitzen drei Vertreter der Luftverkehrswirtschaft (Fraport, Lufthansa, DFS), drei Vertreter\*innen der Fraport-Anteilseigner (Land Hessen/Staatskanzlei, HMWEVW, Stadt Frankfurt) und zwei kommunale Vertreter. Dazu kommt der FFR-Vorsitzende, der dort als "Präsident [acatech](#)" geführt wird, aber bei Kenntnis der [Geschichte des Flughafen-ausbaus](#) beim besten Willen nicht als neutral betrachtet werden kann.

Die bisherige Erfahrung des Konsortiums ist, dass Fraport, Lufthansa und DFS äußerst kooperativ sind und Untersuchungen ermöglichen die keineswegs selbstverständlich sind (z.B. Messungen auf dem Vorfeld an der Blastwall der Startbahn West, Ermöglichung des Drohnenaufstiegs). Einflussnahme der genannten Akteure auf die Messungen und die Diskussion der wissenschaftlichen Ergebnisse findet nicht statt – in Übereinstimmung mit der in der Verfassung verankerten Freiheit von Wissenschaft und Forschung.

Damit muss man davon ausgehen, dass auch mit diesem Projekt die entscheidenden Fortschritte beim Verständnis der Wirkungen von Ultrafeinstaub aus Flugzeug-Triebwerken auf die Gesundheit der Anwohner nicht erreicht werden. Das heisst aber nicht, dass das Projekt völlig unbrauchbar wäre. Es gibt immer noch Hoffnung, dass aus den durchgeführten Untersuchungen wichtige Erkenntnisse darüber gewonnen werden können, welche gesundheitlichen Schäden UFP im Allgemeinen anrichten können. Damit könnte auch ein wichtiger Beitrag zur Ableitung von allgemeinen Grenzwerten für die UFP-Belastung geleistet werden.

Ein vollständiges Bild der Belastungen durch den Flugverkehr und der daraus resultierenden Schäden wird es aber nur dann geben, wenn die Betroffenen insgesamt wesentlich mehr Einfluss darauf erzwingen, was untersucht wird.

Wie in dem Vortrag erwähnt: das Konsortium ist offen für Vorschläge (seitens der BI) über weitere Orte für Immissionsmessungen.

Danke, aber dafür müssten wir erst einmal genauer wissen, welche Messungen bereits wo durchgeführt wurden bzw. noch geplant sind.

Im Übrigen bezog sich diese Kritik nicht nur auf die Meßorte.

Wenn also das laufende Projekt absehbar zu klein dimensioniert oder unzureichend ausgerichtet ist, dann kann die Schlussfolgerung daraus nur sein, dass die hier offen bleibenden, aber dringend zu lösenden Fragen anderswo bearbeitet werden müssen. Und es wäre auch nur konsequent, wenn dafür die für die Probleme Verantwortlichen herangezogen würden. Wer potentiell toxische Stoffe in Verkehr bringt und im Verdacht steht, durch ihre Nutzung Gefahren für die Öffentlichkeit zu bewirken, hat zu beweisen, dass die dadurch geschaffenen Risiken tolerabel sind, oder er muss diese Nutzung verändern oder einstellen. Im Klartext: die Hersteller von Turbinen-Ölen, von Flugzeug-Triebwerken und die Fluggesellschaften haben zu untersuchen,

was ultrafeine Partikel aus diesen Ölen bewirken und wie ihre Freisetzung minimiert werden kann.

Ebenso haben Arbeitgeber, die ihre Beschäftigten am Arbeitsplatz oder ihre Kunden spezifischen Risiken aussetzen, diese Risiken zu untersuchen und zu minimieren. Fraport wäre also als Erste in der Pflicht, die UFP-Belastung an den Arbeitsplätzen und in den Aufenthaltsbereichen am Flughafen und deren gesundheitliche Wirkung zu untersuchen und zu minimieren.

Die Belastungsstudie hat zum Ziel die Belastung der Bevölkerung im Einflussgebiet des Flughafens zu untersuchen und nicht etwa die Belastung am Arbeitsplatz Flughafen. Die Bewertung der Risiken am Arbeitsplatz ist Angelegenheit der Berufsgenossenschaft Verkehr.

Selbst wenn es bei diesem Projekt nicht darum geht, die Menschen zu schützen, die sich direkt am Flughafen oder gar auf dem Vorfeld aufhalten, macht es medizinisch natürlich Sinn, die Wirkung einer spezifischen Belastung da zu untersuchen, wo diese Belastung am grössten ist und die Wirkungen wahrscheinlich am deutlichsten auftreten, schon allein um zu wissen, worauf man bei geringeren Belastungen besonders achten muss.

Medizinische Gründe, warum das nicht passieren soll, hat uns bisher noch niemand genannt.

Von selbst werden sie das natürlich nicht tun. Es braucht öffentlichen Druck auf die politisch Verantwortlichen auf allen Ebenen, solche Konsequenzen durchzusetzen. Die nächste Gelegenheit, zuständige Politiker\*innen mit solchen Fragen zu konfrontieren (und die Chance zu haben, dass sie zuhören), sind die [Europawahlen](#) im Juni.

## Technische Details

### zur Kritik an den Aussagen zu Belastungs- und Wirkungs-Studie des UFP-Projekts SOURCE FFR im 'Austauschtreffen' mit den BIs am 08.03.2024

#### Belastungsstudie



**SOURCE FFR**  
Belastungsstudie

**Bericht: Emissionsmessungen,  
Partikel-Charakterisierungen,  
nächste Schritte**

Die Belastungsstudie startete am 01.04.2023, läuft also seit fast einem Jahr. Laut [Zeitplan](#) sollte in Kürze bereits der zweite Zwischenbericht vorliegen, aber

die sind nicht öffentlich, so dass man zur Einschätzung des Standes auf andere Materialien wie die beim Treffen vorgelegte [Präsentation](#) angewiesen ist.

Ebenfalls laut Zeitplan sollte inzwischen die Erfassung und Modellierung der Emissionen von ultrafeinen Partikeln im Wesentlichen abgeschlossen sein. Der Vortrag von Prof. Vogel konzentrierte sich allerdings hauptsächlich auf die durchgeführten Emissionsmessungen und machte dabei deutlich, dass diesmal ein Fehler vermieden werden soll, der das Vorgängerprojekt des UBA [zum Scheitern gebracht](#) hat: die Vernachlässigung des weitaus grössten Teils der von Turbinen emittierten Partikel, der sog. volatilen Partikel (volatile Particulate Matter, vPM). Das sind Teilchen, die beim Austritt aus der Turbine noch gasförmig vorliegen, aber relativ schnell kondensieren und ultrafeine Partikel bilden können. (In der Praxis betrachtet man alle Teilchen als volatil, die bei Temperaturen über 300 °C gasförmig vorliegen. Die Temperaturen am Turbinenausgang sind in der Regel mehr als doppelt so hoch.)

Die Präsentation beschreibt eine Reihe von Messungen, die auf dem Flughafen-gelände durchgeführt wurden mit dem Ziel, die relativen Anteile der einzelnen Emissions-Komponenten an der Gesamtemission zu bestimmen, um die zu modellierenden Emissionen mit Hilfe leicht zu erfassender Anteile (z.B. CO<sub>2</sub>) und konstanter Emissionsfaktoren berechnen zu können. Das wird auch an Beispielen erläutert.

Die emittierten UFP wurden auch chemisch und morphologisch charakterisiert und dabei die schon bekannten [Schmieröl-Komponenten](#) nachgewiesen, die zu Stoffgruppen gehören, die ein erhebliches neurotoxisches Potential haben, also das Nervensystem schädigen können.

[Siehe Kommentar oben. Die neurotoxische Wirkung des PM<sub>2.5</sub>-Feinstaubs wurde in Wallraff et al. \(2021\) untersucht. Hierin zeigt sich, dass am Standort Schwanheim Luftmassen aus der Innenstadt Frankfurt eine höhere neurotoxische in-vitro Wirkung zeigen als Luftmassen, die über den Flughafen angeströmt sind.](#)

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152779>

Aber damit ist bestenfalls ein kleiner Teil des Problems gelöst. Die Abschätzungen mit konstanten Koeffizienten bringen bereits eine erhebliche Unsicherheit mit sich (die gezeigten Korrelationen zwischen der CO<sub>2</sub>-Konzentration und Anzahl volatiler Partikel sehen gut aus, eindeutig sind sie natürlich nicht). Aber hauptsächlich will man natürlich wissen, wieviel Partikel sich in der Atemluft der Menschen befinden, also nicht nur aus den Triebwerken emittiert, sondern auch an den Aufenthaltsorten immittiert werden. Und da wird es richtig kompliziert.

Eine präzise Erfassung der Quellstärke ist Grundlage für eine realistische Ausbreitungsmodellierung. Zusätzlich bieten die Emissionsmessungen die Gelegenheit Besonderheiten einzelner Flugzeuge zu erfassen und somit potentielle Minderungsmaßnahmen zu identifizieren.

Diesen Kommentar verstehen wir an dieser Stelle nicht, und auch welche "Besonderheiten einzelner Flugzeuge" und "potentielle Minderungsmaßnahmen" hier gemeint sind, ist uns nicht klar.

Die Präsentation zur Belastungsstudie enthält nur zwei Folien zur Immissionsmodellierung, in denen einerseits ein grobes Ablaufschema dargestellt ist, andererseits zwei Karten gezeigt sind, die das "Gebiet mit relevanter UFP-Belastung aus dem Flugverkehr" zeigen sollen.

Die erste Karte zeigt die Bevölkerungsdichte im Rhein-Main-Gebiet mit den Städten Frankfurt, Wiesbaden, Mainz und Darmstadt, darüber gelegt ein Kreis mit Zentrum Flughafen und einem Durchmesser von 40 km und zwei konzentrische Quadrate mit Seitenlängen von 40 und 50 km. Die zweite Karte zeigt eine grafische Darstellung der Partikelanzahl-Konzentration mit einem Maximum am Flughafen und einer in Südwest-Nordost-Richtung (den Hauptwindrichtungen) ausgedehnten Verteilung und ein umgebendes Quadrat mit 38 km Seitenlänge sowie ein (vermutlich mit dem Quadrat in der ersten Abbildung identisches) 50 km-Quadrat. Das Hereon-Logo in der oberen Ecke lässt vermuten, dass dieser Verteilung eine Ausbreitungs-Simulation mit dem Flughafen als Quelle zugrunde liegt.

Die gezeigte Modellierung ist eine grobe Modellierung zur Gebietsausdehnung, und hat spezielle Prozesse wie den Wirbelschleppentransport noch nicht implementiert.

Aber trotzdem bestimmt sie das Modellierungsgebiet?

Diskutiert wurde es bei dem Treffen nicht, aber man braucht nicht viel Phantasie, um sich vorzustellen, was es bedeutet. Die Modellierung soll sich weiterhin an dem [lang gehegten Dogma](#) orientieren, wonach die "relevante Belastung" vom Flughafen-Gelände ausgeht. Die beim Start des Projekts [aufgeworfene Frage](#), "wie groß der Einfluss von startenden und landenden Flugzeugen und Überflügen für die UFP-Belastung am Boden ist", ist offensichtlich bereits dahingehend beantwortet, dass er nicht groß genug ist, um weitergehende Modellierungs-Anstrengungen zu rechtfertigen.

Das Konsortium der Belastungsstudie forscht ergebnisoffen und ist frei von jeglicher „Dogmatik“.

Wäre es anders, würde man das Modellierungsgebiet nicht um den Flughafen zentrieren, sondern nachsehen, wo sich die "startenden und landenden" Flugzeuge tatsächlich bewegen, und müsste zu dem Schluss kommen, dass das Gebiet eher ein Rechteck sein müsste, dessen lange Achse sich parallel zu den Bahnen des Flughafens ausdehnt und das die Eindrehbereiche westlich von Mainz und östlich von Hanau mit umfasst.

Wer das ausschliessen will, müsste begründen, warum ultrafeine Partikel in horizontaler Richtung über alle Hindernisse hinweg dutzende Kilometer zurücklegen, aber in vertikaler Richtung in einer abwärts gerichteten Luftströmung nicht einmal einen Kilometer überwinden können. Aber auf eine solche Begründung warten wir schon seit Jahren.

Erste Immissionsmessungen der flughafenspezifischen Tracer zeigen, dass der weitreichende bodennahe Transport der flughafenassoziierten UFP relevant ist. Der Behauptung der BI Raunheim, dass die UFP am Standort Riedberg in den Messungen des HLNUG von der nahen Marie-Curie-Straße und Rosa-Luxemburg-Straße stammen ([https://www.bi-fluglaerm-raunheim.de/aktuell/220206\\_An-HLNUG-UFP4.pdf](https://www.bi-fluglaerm-raunheim.de/aktuell/220206_An-HLNUG-UFP4.pdf)) ist nicht korrekt. Am Standort Riedberg konnte das Konsortium die chemischen Tracer bei entsprechender Windrichtung zweifelsfrei nachweisen. Insofern ist die Modellierung in einem Quadrat ein guter Kompromiss, da es sowohl die Anflugrouten erfasst, aber auch den Transport entlang der Hauptwindrichtungen. Aus technischen Gründen ist eine beliebige Form nicht ohne Weiteres umsetzbar. Weiterhin ist bekannt, dass Aerosolpartikel bodennah mit dem Luftmassentransport über viele hundert Kilometer horizontal verfrachtet werden können.

Dazu haben wir im Haupttext etwas zu sagen.

So bleibt es also wohl dabei, dass lediglich das letzte Stück Anflug bzw. das erste Stück Abflug (unterhalb der berüchtigten 400 Meter-Grenze des HLNUG?) modelliert werden soll, um die Belastungsverteilung dort noch ein bißchen zu modifizieren. Und wenn das, wie von Prof. Vogel angedeutet, in Form von "Linienquellen" anstatt wandernder Punktquellen geschieht, darf man erwarten, dass dabei auch noch die kurzzeitigen Belastungsspitzen, die bei Überflügen entstehen und lokal begrenzt einwirken, weggemittelt werden, so dass sich auch die Wirkungsstudie darum nicht kümmern muss.

Das gewählte Chemie-Transportmodell für die Belastungsstudie hat eine vertikale Ausdehnung bis in 3750 Meter Höhe. Eine Begrenzung auf 400 Meter Höhe wird in den Berechnungen mit dem Modell nicht vorgenommen. Die Emissionen von Flugzeugen entlang der An- und Abfahrtrouten im Modell werden bis zu einer Höhe von 905 Metern, wie im LTO Zyklus festgelegt, in die Atmosphäre abgegeben. Dadurch ergibt sich eine horizontale Ausdehnung der Flugzeugemissionen in einem

Umkreis mit ungefähr 30 km Durchmessern um den Flughafen. Die Modellierung „wanderender Punktquellen“ ist technisch nicht umsetzbar.

Die Orientierung am ICAO-LTO-Zyklus ist zwar ein kleiner Fortschritt, aber letztendlich auch nicht sachgerecht. Die dort gewählte 3000 ft-Begrenzung ist so etwas wie ein „globaler Mittelwert“ für die Höhe der Mischungsschicht, innerhalb derer die für die bodennahen Schadstoff-Konzentrationen relevanten atmosphärischen Prozesse ablaufen.

Die reale Höhe dieser Schicht ist natürlich regional, saisonal und wetterbedingt unterschiedlich und kann zwischen wenigen hundert und bis zu zweitausend Metern schwanken. Für die Fragestellung hier ist relevant, welcher Teil der Flugbewegungen innerhalb dieser Schicht stattfindet, u.U. kann das auch ein relevanter Teil der hier ja extrem ausgedehnten Gegenanflüge sein. Eine Modellierungshöhe von 905 Metern schließt allerdings den grössten Teil davon aus (ansonsten würden die 30 km natürlich nicht reichen).

In gewisser Weise wird das Konzept der Belastungsstudie damit aber wieder in sich schlüssig. Wenn im Wesentlichen nur das Flughafengelände und die dort ablaufenden Prozesse betrachtet werden sollen, dann genügen für die Modellierung dieser spezifischen Quellen natürlich Methoden, die nur den Nahbereich von einigen hundert Metern gut darstellen können. Daran anschliessend kann man dann mit verbesserten Standard-Transportmodellen versuchen, die Ausbreitung in der Region zu erfassen. Wenn man dann noch kurze Stücke der An- und Abflug-Linien als im Tagesverlauf nur wenig veränderliche, weil über längere Zeiträume gemittelte Linienquellen mit eigenen, überlagernden Ausbreitungsmodellen integrieren kann, sieht das erst recht gut aus.

Und wenn man dann in der Region nicht allzu intensiv mißt, kann man sich auch einbilden, alles richtig gemacht zu haben. Man darf aber Zweifel haben, dass auf dieser Basis tatsächlich die jeweiligen lokalen Belastungen in ihrer räumlichen, zeitlichen und Intensitäts-Variabilität erfasst und die dadurch bedingten spezifischen gesundheitlichen Wirkungen identifiziert werden können.

Aber warum ist die Modellierung so schwierig? Das versteht man am besten, wenn man ein einfaches, bekanntes Molekül betrachtet: Wasser ( $H_2O$ ). Das ist natürlich im Abgasstrahl "volatil", d.h. existiert in Form einzelner Moleküle als Wasserdampf. Diese Moleküle können noch eine ganze Weile in dieser Form bleiben und zur Luftfeuchtigkeit beitragen, sie können aber auch mit anderen Molekülen wie z.B. Schwefeldioxid ( $SO_2$ ) zu neuen Substanzen wie Schwefelsäure reagieren und dann als saurer Regen abregnen. Sie können sich aber auch an andere Partikel anlagern und diese vergrössern oder eigene Partikel bilden (Eis oder Wasser) und in dieser Form noch eine Weile in der Luft bleiben oder sich ablagern (z.B. als Regen oder Schnee). All das kann nach kürzerer oder längerer Zeit geschehen und mit unterschiedlichen Transport-Prozessen verbunden sein. Und es gibt noch ein paar Möglichkeiten mehr.

Chemie-Transportmodelle sind in der Lage die o.g. Prozesse zu modellieren.

Ganz ohne jede Vereinfachung?

Es ist natürlich völlig unmöglich, alle diese Prozesse für alle volatilen Partikel im Detail zu modellieren. Die Frage ist vielmehr: gibt es Modelle, die diese Prozesse so vereinfacht darstellen, dass sie über Volumina von vielen Kubik-Kilometern gerechnet werden können und trotzdem noch brauchbare Aussagen zu Zahl und Art der immitierten Partikel an Orten liefern, die kilometerweit vom Emissionsort entfernt sind? Vor sechs Jahren, als das UBA-Projekt am Frankfurter Flughafen durchgeführt wurde, gab es sie noch nicht, aber beide Vortragenden waren optimistisch, dass es inzwischen ausreichend Fortschritte in der Modellierung gegeben habe, um damit arbeiten zu können.

Die Modellierer, die auch im UBA-Projekt tätig waren, haben 2020 im Rahmen des [EU-Projekts AVIATOR](#) deutliche Fortschritte mit der Kombination zweier Modelle [angekündigt](#), aber die zum Projektabschluss 2022 vorgelegten [Ergebnisse](#) waren weniger beeindruckend. Ein [Vergleich](#) von Messung und Modellierung der Gesamtzahl ultrafeiner Partikel (volatil und nicht-volatil) innerhalb eines Flughafen-Geländes ergab *"Übereinstimmungen ... überwiegend innerhalb eines Faktors 2"* (eigene Übersetzung), d.h. die modellierte Partikel-Anzahl konnte halb- oder doppelt so groß sein wie die gemessene.

Zu den Ergebnissen der Modellierung der Verteilung der von einem Flugzeug im Anflug emittierten Partikel heisst es in den 'Schlussfolgerungen' des [Ergebnis-Berichts](#): *"Es wurde gezeigt, dass die gemessenen Konzentrationen von CO<sub>2</sub> und Masse und Anzahl von nicht-volatilen PM durch LASPORT für den untersuchten Entfernungsbereich von 50 bis 250 m hinter dem Flugzeug für alle Triebwerksleistungen recht gut wiedergegeben werden konnten. Unterschiede waren häufig kleiner als ein Faktor 2 und meist kleiner als Faktor 4. Grössere Unterschiede traten auf in Situationen mit starkem Seitenwind, ..."* (eigene Übersetzung)

Die Modellierer, die im aktuellen Projekt beteiligt sind, haben sich in der Vergangenheit offenbar hauptsächlich mit den [Emissionen von Schiffen](#) beschäftigt. Die aktuellste Arbeit in Bezug auf unser Thema, die wir von ihnen gefunden haben, befasst sich mit *"[Modellierung von schiffs-bezogenen UFP und sekundären organischen Aerosolen in einer mediterranen Hafenstadt](#)"*, ein durchaus ähnliches Thema, aber doch so unterschiedlich, dass wir uns nicht trauen, zu beurteilen, was die Ergebnisse bezüglich der hier diskutierten Probleme aussagen können. Positiv stimmt immerhin, dass hier räumliche Grössenordnungen modelliert werden, die mit einer Flughafen-Region vergleichbar sind.

Es bleibt aber durchaus genügend Anlass für Zweifel, ob die benötigten Modellierungstechniken wirklich zur Verfügung stehen, die es brauchte, um aus gut definierten Emissionsdaten zuverlässig die Immissionen in einer mehrere tausend Quadratkilometer umfassenden Fläche zu berechnen. Es ist daher in einem

gewissen Sinn nur konsequent, wenn die Komplexität der vorhandenen Emissionsquellen soweit reduziert wird, dass die vorhandenen Methoden ausreichen, sie darzustellen. Inwieweit damit dann noch die Realität hinreichend genau dargestellt werden kann, müsste sich im Vergleich zwischen Modellergebnissen und Meßdaten zeigen.

Zu den Immissionsmessungen, die laut Zeitplan schon seit einem halben Jahr laufen sollten, gibt es in der Präsentation auch nur zwei Folien. Eine erklärt zu den stationären Messungen, dass in *"Ergänzung der bereits existierenden UFP-Messungen des HLNUG"* zusätzlich auch die *"Erfassung von flüchtigen und nicht-flüchtigen UFP, chemische Tracer und Morphologie ... an weiteren Standorten"* erfolgen sollen und *"erste Messungen derzeit in Riedberg, Schwanheim und Raunheim"* laufen. Aussagen zu Langzeitmessungen im gesamten Projektbereich und über relevante Projekt-Zeiträume gibt es bisher noch nicht, es werden noch "weitere geeignete Standorte gesucht". Auch zu eventuell geplanten instrumentellen Nachrüstungen gibt es bisher nicht viel, obwohl das dringend nötig wäre. Wie eine vernünftige Mindestausstattung aussehen müsste, zeigt das [Projekt ULTRAFLEB](#), das seit November 2020, ebenfalls unter der Leitung von TROPOS, am Berliner BER durchgeführt wird. Hier sind zumindest alle Stationen mit einem Kondensations-Partikelzähler (CPC), der schnelle Veränderungen erfassen kann, und einem Mobilitäts-Partikelgrößen-spektrometer (MPSS), das die Partikelgrößen-Verteilung mißt, ausgerüstet. Ausserdem können an zwei Stationen nicht-volatile Partikel getrennt erfasst werden. Die zweite Folie beschreibt Standorte für "vertikale UFP-Messungen" mithilfe von [Drohnen-Flügen](#), die bei Gustavsborg und bei Schwanheim stattfinden sollen, wobei bei Gustavsborg noch fraglich ist, welche Höhen eigentlich vermessen werden sollen. Die DFS wird der Drohne kaum gestatten, zwischen den landenden Flugzeugen herumzuwuseln. Die Ausbreitung von UFP unterhalb landender Flugzeuge und die dadurch bedingten Immissionen können damit jedenfalls nicht gemessen werden.

[„Zwischen“ landenden Flugzeugen wird selbstverständlich nicht geflogen werden, jedoch unterhalb der Anflugrouten.](#)

Auch hier ist also nicht absehbar, dass innerhalb der verbleibenden Zeit (2 Jahre) noch die quantitativen und qualitativen Verbesserungen erreicht werden könnten, die es brauchte, um die notwendigen Belastungs-Daten in der räumlichen und zeitlichen Auflösung zu liefern, die für eine präzise Bestimmung der gesundheitlichen Folgen notwendig wären.

Somit ergänzen sich dann die Mängel auch hier: die Modellierungsergebnisse sind unzureichend, aber die Messungen, die sie validieren müssten, sind es auch. Mit ein bißchen Glück passt beides dann doch wieder zusammen.

[Die Belastungsstudie wird eine validierte Immissionskarte sowie neue relevante Erkenntnisse zu Prozessen und der \(vertikalen und horizontalen\) UFP-Ausbreitung liefern. Da ergebnisoffen geforscht wird, lässt sich jetzt noch nicht absehen inwiefern](#)

Messungen und Modellierungsergebnisse zueinander passen. Bei signifikanten Abweichungen zwischen Modell und Messungen sollen mobile Messungen weitere etwaige Punktquellen für UFP identifizieren oder ggf. Parameter in der Modellierung anpassen.

Wir wünschen uns sehr, dass das möglichst gut gelingt.

Kontakt:

Bürgerinitiative gegen Fluglärm Raunheim

Dr. Horst Bröhl-Kerner, Sprecher

Bahnhofstr. 47, 65479 Raunheim

Tel. +49 6142 22577

Mail [hbk@bifr.de](mailto:hbk@bifr.de)

Web [www.bi-fluglaerm-raunheim.de](http://www.bi-fluglaerm-raunheim.de)