

Originalliteratur (NL) mit Abbildungen unter: ULTRAFIJN STOF RONDON SCHIPHOL.

https://www.tno.nl/media/4483/lucht_onderzoek_schiphol_tijdschrift_lucht_6_2014_pag_8_11.pdf

Übersetzung: Diana Ries, fachliche Überarbeitung: Wolfgang Schwämmlein

Bl-Maiz-Bretzenheim – 19.7.2015

ULTRAFEINSTAUB RUND UM SCHIPHOL

Erhöhte Ultrafeinstaubkonzentrationen in Wohngegenden von Amsterdam und Amstelveen

Warum der Ultrafeinstaub rund um Schiphol untersucht wurde

Man ging meist davon aus, dass der Einfluss des Flugverkehrs auf die lokale Luftqualität im Bereich von Schiphol und anderen Flughäfen beschränkt ist. Die NO_2 - und PM_{10} -Konzentrationen sind zwar leicht erhöht, jedoch vor allem durch das starke Verkehrsaufkommen auf und um den Flughafen. Kürzlich durchgeführte Untersuchungen auf internationaler Ebene zeigen, dass große Mengen ultrafeiner Stäube durch den Flugzeugantrieb ausgestoßen werden. Ultrafeine Teilchen (Partikel) sind kleiner als 100 Nanometer (nm), ist man erhöhten Konzentrationen ausgesetzt, könnte dies zu gesundheitlichen Problemen führen. Während des Starts werden ca. 10^{12} Partikel/Sekunde ausgestoßen (Airbus 330, Boeing 767). Die Emissionen eines abfliegenden Flugzeuges liegen 50mal höher als beim Landeanflug und 100mal höher als beim rollenden Flugzeug (taxiing). Allein der Ausstoß eines abhebenden Flugzeuges erfolgt dabei etwa 20 Sekunden auf der Startbahn und dann noch etwa 10 Sekunden in der Mischungsluftschicht bis zur Höhe von einigen hundert Metern. Daraus wurde der Schluss gezogen, dass der Beitrag des Flugverkehrs zum Gehalt an ultrafeinen Partikeln in der Luft berücksichtigt werden muss. Messungen zeigen, dass die Ultrafeinstaubkonzentrationen bei Wind aus Richtung des Flughafens deutlich erhöht sind und zwar bis zu einem Faktor VIER in 10 Kilometern Abstand. Diese Studie und eine vorher erfolgte Untersuchung an einer Startbahn in Schiphol waren der Anlass für eine Prüfung der Ultrafeinstaubkonzentration rund um Schiphol im Jahre 2014 durch TNO (the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research TNO).

Der Flugverkehr in Schiphol

Schiphol war 2012 der viertgrößte Flughafen Europas, mit 52 Millionen Passagieren und 220.000 Landungen und Starts. Das heißt, dass 17 Stunden am Tag etwa alle zwei Minuten ein Flugzeug in Schiphol landet oder startet. Die Verteilung der Windrichtungen und die Verteilung der Starts und Landungen auf die einzelnen Bahnen ist aus Abbildung 1 zu ersehen. Aus Abbildung 1 ist zu ersehen, dass die meisten Flugzeuge von der Kaagbahn in südwestlicher Richtung starten. An zweiter Stelle folgt die Polderbahn in nördliche Richtung und die Almeerbahn in südliche Richtung. Die höchste Flugverkehrsdichte liegt zwischen sechs Uhr morgens und 23 Uhr abends (Tagflugstunden). Fünf Prozent der Flüge findet in den Nachtstunden statt.

Der Untersuchungsansatz

Im Wald von Amsterdam, ca. 7km im Osten von Schiphol wurde an einer Messstation die Luftqualität von März bis Mai 2014 gemessen. Zudem wurden Messungen der Messstelle Cabauw (Hintergrundmessstelle) aus dem Jahre 2012 erneut ausgewertet. Cabauw liegt ca. 40 km südlich von Schiphol in der Nähe von Lopik. An beiden Stellen wurden kontinuierlich die

Partikelanzahlkonzentration (PNC) und die Partikelgrößenverteilung bestimmt. Zeitgleich wurde Ruß (von unvollständiger Verbrennung) als elementarer Kohlenstoff (EC) gemessen. Die Stundenmittelwerte von PNC und EC dienen als Basis für die Windrosendarstellung, die die Abhängigkeit der PNC- und EC-Konzentrationen von der Windrichtung veranschaulicht. Windrichtungen, aus denen hohe PNC- und EC-Werten einströmen geben Hinweise auf PNC- und EC-Quellen. Die Größenverteilung der Partikel gibt Auskunft darüber, welche Partikelgrößen am häufigsten vorkommen. Daraus können Rückschlüsse auf die Art der Quellen gezogen werden.

Die Verbreitung von PN rund um Schiphol ist modellhaft für das Jahr 2012 dargestellt, erstellt mit einer Stunde zu Stunde Version des Standard-Fahnenmodells. Die PNC-Konzentration, die von Schiphol ausgeht, wurde in Wohngebieten von Amsterdam und Amstelveen im NO von Schiphol berechnet.

Die Ergebnisse von PNC (Partikelanzahlkonz.) und EC (Elementar Carbon) im Wald von Amsterdam

Die durchschnittlichen PNC- und EC-Konzentrationen im Mess-Zeitraum vom 12.3. bis inklusive 19.5.2014 im Wald von Amsterdam betrugen jeweils 17.300 Partikel pro Kubikzentimeter und 0,7 µg EC pro m³. In Cabauw lagen diese Konzentrationen im Jahr 2012 bei 9.600 Partikel/cm³ (PNC) und bei 0,5 µg/m³ für EC. Auf Abbildung 2 sind die Windrosen mit den Stundenmittelwerten PNC und EC zu sehen (Wald von Amsterdam).

Aus Abbildung 2 wird ersichtlich, dass EC im Amsterdamer Wald vor allem bei Windrichtungen aus Amsterdam und Amstel erhöht ist, und zwar durch Rußemissionen des Straßenverkehrs. EC ist bei Windrichtungen aus Schiphol (240°-270°) kaum erhöht. Alle weiteren Erörterungen betreffen ultrafeine Partikel und nicht EC. Abbildung 3 zeigt die Durchschnitts-PNC während der Tages- und Nachtstunden für Windrichtungen aus Schiphol in Gegenüberstellung zu den restlichen Windrichtungen.

Anmerkung:

Bei Gewichtsbestimmung sind ultrafeine Stäube stets „unauffällig“, denn sie sind nicht nur ultrafein, sondern auch ultraleicht und „fallen nicht ins Gewicht“.

Anhand der Messergebnisse liegt der Durchschnitt bei allen übrigen Windrichtungen (ohne Schiphol) bei 12.700 Partikel/cm³ (n=1.282). Der Durchschnittswert für PNC aller Windrichtungen lag bei 17.300 Partikel/cm³ (n=1.572). Die durchschnittliche Erhöhung von PNC im Amsterdamer Wald betrug demnach 4.600 Partikel/cm³ während der Messphase. Aus Abbildung 3 wird auch ersichtlich, dass es in den Tagesstunden mit Wind aus Schiphol dreimal so hohe Werte ergab, wie aus den übrigen Windrichtungen: 42.000 Partikel/cm³ gegenüber 14.100 Partikel/cm³. Die Windrichtung aus Schiphol (240°-270°) erstreckte sich über 14% der Stunden während der Messphase.

Abhängigkeit zwischen erhöhtem PNC im Wald von Amsterdam und dem Flugbetrieb in Schiphol

Die stundengemittelten PNC-Konzentrationen im Wald von Amsterdam, die von Emissionen von Schiphol ausgehen, sind anhand von PNC-Messungen ermittelt. Berücksichtigt wurden die Hintergrundkonzentrationen, bei Nacht 9.600 Partikel/cm³, bei Tag 14.100 Partikel/cm³. Die erhöhten PNC-Werte im Wald von Amsterdam bei Wind aus Schiphol sind auf Abbildung 4 zu sehen, und zwar im Zusammenhang mit der Flugverkehrsdichte, gemittelt für 2012.

Bei Wind aus Schiphol stimmen die PNC-Stundenmittelwerte im Jahre 2014 völlig mit den gemittelten Flugbewegungen 2012 überein. Die PN-Emissionen des Flugverkehrs von Schiphol werden mit dem Wind in den Amsterdamer Wald zur Messstation getragen.

Das Ergebnis ist in Abbildung 6 zu sehen.

Die Partikelgrößenverteilung von PNC (Partikelanzahlkonz.) im Amsterdamer Wald und in Cabauw

Wald Amsterdam: Am Tage wurden die Partikelgrößenverteilung der Winde aus Schiphol und der restlichen Windrichtungen verglichen. In der Nacht wurden die Windrichtungen nicht unterschieden. Die Partikelkonzentrationen wurden in mehrere Größenklassen aufgeteilt, von 10 bis 500 Nanometer. Cabauw: Auch hier wurden die Ergebnisse aus den „Schiphol-Windrichtungen“ (340°-350°) und die Ergebnisse aus den übrigen Windrichtungen gemittelt und gegenübergestellt. In Abbildung 5 sind diese fünf Partikelgrößenverteilungen zu sehen.

Abbildung 5 zeigt, dass die Partikelgrößenverteilung im Wald von Amsterdam bei Wind aus Schiphol durch einen relativ hohen Anteil von Partikel zwischen 10 und 20 Nanometer gekennzeichnet ist.

Gerade Partikel unter 50 Nanometer dringen tief in die Lungen ein.

Demgegenüber ist die Partikelgrößenverteilung in Cabauw bei Wind aus Schiphol, hin zu etwas größeren Partikeln von 20 bis 40 Nanometer verschoben, je nach Abstand zur Partikelquelle. Die Partikelgrößenverteilung bei Winde aus Schiphol ist typisch für Emissionen aus Verbrennung von Benzin, Diesel und Kerosin. Kerosin hat einen mittleren Schwefelgehalt von 400mg/kg Brennstoff. Daher bestehen die ultrafeinen Partikel in den Emissionen der Flugzeuge größtenteils aus Schwefelsäure, vermischt mit Kohlenstoffteilchen und organischen Verbindungen.

Ultrafeine Stäube aus Emissionen des Straßenverkehrs bestehen hauptsächlich aus Schmieröl? (wohl besser volatile Partikel), Kohlenstoffteilchen und organischen Verbindungen. Schwefelsäure ist kaum vorhanden, da der Schwefelgehalt von Benzin und Diesel unter 10mg/kg liegt.

Außerdem ist die Partikelgrößenverteilung von PNC in der Umgebung einer vielbefahrenen Schnellstraße schon nach einigen hundert Metern dem normalen Hintergrund vergleichbar.

Bei Schiphol hingegen wird sogar in einem Abstand von sieben Kilometern die Partikelgrößenverteilung im Wald bei Amsterdam von Partikeln von 10 bis 20 Nanometern bestimmt.

Diese Tatsache verdeutlicht die S T Ä R K E der Ultrafeinstaubquelle Schiphol!

Jahresmittelwerte von PNC - Beispiel Amsterdam und Amstel

Die Verteilung der ultrafeinen Stäube, die von Schiphol stammen, wurden für die Wohngebiete von Amsterdam und Amstel im Nordosten berechnet. Einzelheiten der Modellrechnung werden in einem Artikel in einer internationalen Zeitschrift beschrieben (siehe Anmerkung).

Anmerkung:

Der Artikel ist kostenpflichtig. Vor einiger Zeit 39,95\$, mittlerweile 35,95\$.

Total and size-resolved particle number and black carbon concentrations in urban areas near Schiphol airport (the Netherlands).

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231015000175>

Die Verteilung der ultrafeinen Stäube im Jahr 2012 wurde für alle Stunden berechnet und für die Stunden, in denen der Wind aus Schiphol kam (240°-270° - n=8784). Die Ergebnisse sind in Abbildung 6 zu sehen. Abbildung 6 zeigt, dass der PNC-Betrag bei Wind aus Schiphol über 50.000 Partikel/cm³ liegt, sowohl im Stunden- als auch im Jahresmittel. Außerdem zeigt Abbildung 6, dass vor allem bei Wind aus Schiphol, aber auch im Jahresmittel, in den Wohngebieten von Amsterdam und Amstel mit 9.600 Partikeln/cm³ eine bemerkenswerte PNC-Erhöhung gegenüber dem regionalen Umfeld gegeben ist.

Abbildung 6 zeigt auch eine Windrose der PNC-Messungen, die auf dem Dach des Tropenmuseums im Zeitraum von November 2002 bis März 2004 durchgeführt wurde. Die Messungen wurden vom ECN

(Energy research Centre of the Netherlands) in Zusammenarbeit mit der IRAS (Institute of Risk Assessment Science) und dem GGD-Amsterdam (Public Health Service) durchgeführt.

Bei Windrichtung aus Schiphol beträgt die Erhöhung etwa 5.000 Partikel/cm³ im Vergleich zu anderen Windrichtungen. Das Ergebnis stimmt mit den Modellberechnungen aus dem Jahre 2012 überein. Die Messungen von 2012 wurden auch durch die Messergebnisse aus dem Jahre 2014 aus dem Amsterdamer Wald bestätigt. Der berechnete und gemessene Jahresmittelwert belief sich auf 6.200 (2012), bzw. 4.500 (2014) Partikel/cm³, und bei Windrichtung aus Schiphol auf 34.700 (2012), bzw. 27.900 (2014) Partikel/cm³.

Die räumliche Zuordnung von PNC in Abbildung 6 diente dazu, die Belastung der Bevölkerung abzuschätzen. Zu diesem Zweck sind die PNC-Konzentrationen in Zellen von 50*50 Meter aufgeteilt und Wohnadressen, Büros, Geschäfte zugeordnet. In Abbildung 7 werden die Ergebnisse für die Belastung im Jahresdurchschnitt, sowie für die Höchstbelastung bei Wind aus Schiphol gezeigt.

Abbildung 7 zeigt, dass ein ansehnlicher Teil der 555.000 Adressen im bezeichneten Gebiet einem erhöhten PNC durch Emissionen aus Schiphol ausgesetzt sind. 2012 z.B. waren im Jahresdurchschnitt 20.000 Adressen einem zwei- bis dreifach höheren Wert während 14% der Stunden durch die Auswirkung von Schiphol, als der regional üblichen Belastung ausgesetzt.

Hat die Zunahme von Ultrafeinstaub gesundheitliche Auswirkungen?

Eine Sachverständigengruppe hält auf Grundlage von Studien mit Versuchstieren, freiwilligen Versuchspersonen und epidemiologischen Studien eine Kausalität zwischen Belastung durch ultrafeine Stäube und Sterblichkeit für wahrscheinlich. Diese Einschätzung wird unterstützt durch einen plausiblen Mechanismus (Ansteckungsreaktionen der Luftwege). Auf Grundlage der verfügbaren Literatur schätzt die hierfür einberufene Sachverständigengruppe, dass eine Zunahme der langfristig gemittelten Konzentrationen um 10.000 Partikel/cm³ zu einer durchschnittlichen Erhöhung der Sterblichkeit von 3% führen kann. Die Auswirkung einer Jahresdurchschnittszunahme von 10.000 – 20.000 Partikel/cm³ als Folge der Emissionen von Schiphol wurde für etwa 20.000 Adressen in der näheren Umgebung von Schiphol berechnet. Auf der Grundlage der Literatur könnte das die Sterblichkeit um 3-6% erhöhen, unter der Voraussetzung, dass die ausgestoßenen Partikel die gleiche Toxizität besitzen, wie die untersuchten Partikel früherer epidemiologischen Studien. Dies ist allerdings sehr unsicher. Daher sind weitere Untersuchungen über die Folgen einer erhöhten Belastung durch ultrafeine Stäube in der Umgebung von Schiphol und anderen Flughäfen dringend notwendig. Das gilt umso mehr für die Gesundheit der Menschen, die ihre tägliche Arbeit am Flughafen verrichten.

Schlussfolgerung und Empfehlung

Die Untersuchung zeigt, dass Schiphol eine Quelle für ultrafeine Partikel darstellt, deren Verteilung zu erhöhtem PNC führt, unter anderem in Wohngebieten von Amsterdam und Amstel im NO von Schiphol. Es ist erforderlich, noch mehr Einsicht in die Zusammenhänge von PNC-Belastung und deren gesundheitliche Auswirkungen in der Umgebung von Schiphol zu erhalten. Dadurch können eventuell Richtlinien zur Verringerung der Belastung formuliert werden. Gegebenenfalls ist die Verringerung des Schwefelgehalts im Kerosin eine effektive Maßnahme um den Ausstoß ultrafeiner Partikel der Flugzeuge zu verringern.