

Vorbemerkung:

Die Flughafen-BI Schwanheim/Goldstein beschäftigt sich seit 1998 mit den Auswirkungen des Flughafen-Ausbaus. Entgegen der verbreiteten Zuspitzung auf die Lärmproblematik haben wir von Anfang an den Waldverlust und Schadstoffanstieg in Blick genommen und sind in den vielen Jahren am Thema drangeblieben. Unsere Informationsveranstaltung im Oktober 2018 zum Thema Ultrafeinstaub hat weitere Wellen ausgelöst, darunter auch die folgende intensive Beschäftigung von Dr. Stefan Hensler mit dieser zugegebenermaßen schwierigen Materie, die der differenzierten Darstellung bedarf.

Feines Stöfische oder Gefährlicher Feind - Feinstaubdebatte aus der Schwanheimer Perspektive

Glaubt man dem gesunden Menschenverstand des obersten Verkehrshüters Deutschlands ist die Luft hierzulande so sauber wie niemals zuvor und die bestehenden Grenzwerte für Feinstaub sind bloße Erfindung internationaler Politikzusammenhänge.

Jetzt gilt der gesunde Menschenverstand gemeinhin nicht als die sicherste Wissensgrundlage. Da lohnt es sich aus Sicht der Goldsteiner und Schwanheimer Bevölkerung doch eher, Fakten anzuschauen, nämlich die für die Schwanheimer und Goldsteiner bedeutsamen Quellen von Feinstaub, die Messergebnisse einer auf der Schwanheimer Gemarkung liegenden Luftmessstation des Hessischen Landesamtes für Umwelt und die wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Wirkung von Feinstaub auf die menschliche Gesundheit.

Feinstaub-Quellen (Emissionen) in der Schwanheimer Gemarkung: Feinstäube entstehen bei verschiedenen chemischen und physikalischen Prozessen, sie kommen entweder durch Abrieb (z.B. Straßenbelag, Reifen), durch Verbrennung (insbesondere Kraftstoff, aber auch Kaminholz), durch chemische Zusammenballung (Agglomeration insbesondere von Ammoniak aus Viehhaltung) oder durch Verbreitung bestehender atmosphärischer Stäube (z.B. Saharastaub) in unsere Atemluft. Feinstäube bleiben durch ihr geringes Gewicht lange in der Luft, je höher sie bei der Entstehung in die Höhe geraten desto weiter entfernt können sie getragen werden. Bei niedrigen Entstehungshöhen bleiben sie aber lokal begrenzt und neigen, insbesondere bei wenig Wind, zu lokalen Schwerpunkten.

Die Schwanheimer Gemarkung ist von mehreren sehr stark befahrenen Straßen geradezu umzingelt. Die A5 im Osten ist eine der meistbefahrensten Autostrecken Europas, deren 160 Tausend Fahrzeugen¹ am Tag auf ihrem Weg an der Gemarkung vorbei ca. 80 Tonnen Treibstoff verbrennen. Im Süden liegt die A3, die gemeinsam mit B 43 von der gleichen Menge Fahrzeuge passiert wird, die bei der längeren Strecke an Schwanheim und Goldstein vorbei jedoch das Doppelte an Treibstoff verbrauchen. Die Mainuferstraße als eine der Hauptverkehrsachsen zur Bürostadt Niederrad und der Frankfurter Innenstadt umfasst Schwanheim/Goldstein im Norden über eine Länge von 4 km mit einer insbesondere während der Berufsverkehrszeiten sehr hohen Verkehrsdichte (ca. 60.000 Fahrzeuge/Tag). Im Westen liegt die B 43 in der Verlängerung der Schwanheimer Brücke mit einer ähnlich hohen Verkehrsfrequenz. Der Quellverkehr in Schwanheim und Goldstein ist soweit nur schätzbar, die hohe Kfz-Dichte und die mangelhafte Anbindung an die Schnellbahnen wird die geringere Bevölkerungsdichte im Vergleich zu den innenstadtnahen Stadtteilen aufwiegen.

Die Binnenschifffahrt auf dem Main trägt auch ihren Teil zur Feinstaubbelastung bei, pro Jahr verbrennen Binnenschiffe auf ihrem Weg an der Schwanheimer Gemarkung entlang 725 t Diesel, also ca. 2 Tonnen /Tag², eine Filterpflicht besteht dabei nicht.

Der Flugverkehr ist ebenfalls für das Feinstaubaufkommen bedeutsam. Bis zu einer Flughöhe von 300 Metern tragen Flugzeugabgase zum Aufkommen im Bodenbereich bei, insbesondere beim Start werden bis zum Erreichen dieser Flughöhe 1-2 Tonnen Treibstoff pro Flugbewegung³ verbrannt. Zwar haben Flugzeugabgase laut verschiedener Untersuchungen lediglich einen Anteil von ca. 2% am bundesdeutschen Feinstaub-Gesamtaufkommen. Allerdings gibt es verschiedene Gründe, die dieses Ergebnis in Frage stellen und eine deutliche Mehrbelastung erwarten lassen. Flugzeuge stoßen vornehmlich (und im Laufe ihrer Modernisierung zunehmend) sogenannte ultrafeine Partikel aus (unter 100 nm Durchmesser). Diese Partikel sind um mehrere Potenzen leichter als die sonst üblichen Partikelgrößen und tragen daher nur wenig zum Gesamtgewicht bei, obwohl sie rein zahlenmäßig deutlich überwiegen. Überdies sind ultrafeine Partikel in der Lage, beim Atmen bis auf Lungenbläschenebene einzudringen und werden sogar in die Blutbahn aufgenommen. In der Umwelt verteilen sich ultrafeine Partikel der Flugzeugabgase noch träger als Feinstaub und in ihrer regionalen Ausdehnung, sie breiten sich überwiegend am Entstehungsort und vor allem entlang der Windrichtung aus^{4,9}. Bei durchschnittlich 1400 Flugbewegungen⁵ werden am Frankfurter Flughafen ca. 2000 t Kerosin am Tag verbrannt. Nicht zu vernachlässigen ist aber auch der Flughafenbodenverkehr mit einem sehr regen Quellverkehr ähnlich einer Großstadt-Innenstadt, der mit einem riesigen Heer dieselbetriebener Schlepper, Busse und anderer Transportfahrzeuge (sicher nicht alle neuester Bauart) weitere große Mengen Treibstoff verbraucht und Feinstaub freisetzt.

Der Industriepark Höchst im Westen sowie der Industriepark Griesheim im Norden setzen ebenfalls Feinstäube durch Verbrennung in Kraftwerksbetrieben oder Produktionsprozesse frei und können bei entsprechendem Wind nach Schwanheim und Goldstein getragen werden. Deutschlandweit tragen industrielle Abgase zu einem großen Teil zur Feinstaubbelastung bei (bei 60.000 t / Jahr)⁶. Zwar unterliegen Chemieanlagen der Rückhalterverpflichtung und der ständigen Kontrollen durch das Regierungspräsidium, die Grenzwerte der einzuhaltenden Abluftmengen orientieren sich allerdings an den zu hohen Luftgrenzwerten für Feinstaub. Das Gleiche gilt für das Heiz-Kraftwerk in Niederrad und die Mainkraftwerke in Höchst.

Die Gebäudeheizung hat ebenfalls ihren Anteil am Feinstaubaufkommen. Während insbesondere Gas aber auch Öl feinstaubarm verbrennt, sind Kaminholzöfen ein Problem. Auch wenn die moderneren Öfen die strenger werdenden Emissionsgrenzwerte einhalten können, werden bei hoher Eigenheimdichte in Schwanheim und Goldstein zunehmend Feinstäube aus dieser Quelle entstehen.

Ein großer Teil der Feinstaubbelastung in Deutschland hat ihren Ursprung in der Landwirtschaft. Dabei verbindet sich vor allem Ammoniak mit anderen Molekülen zu Staubpartikeln. Hier ist aber überwiegend die Viehzucht verantwortlich⁷. Sie spielt in der Nähe Schwanheims nur bei Gülledüngung der Felder und damit eine untergeordnete Rolle.

Feinstaub-Messergebnisse (Immissionen) für die Schwanheimer Gemarkung:

Für Schwanheim besteht eine vergleichsweise sehr gute Messsituation, hier werden regelmäßig Luftkonzentrationen von Feinstaub (stündlich) und Ultrafeinstaub (mehrmals am Tag) gemessen. Das ist in Hessen nur an wenigen anderen Luftmessstationen der Fall. Leider liegt die durch das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) betriebene Messstation nicht direkt im Ort, sondern im Wald nahe am Sportplatz. Damit liegt sie zwar näher zum Flughafen, gibt aber die Belastung am Wohnort nicht sicher wieder. Unabhängig davon zeigen sich ein Jahresmittel von 18 Mikrogramm/ m³ und eine Reihe von Spitzen bis 25 Mikrogramm/ m³. Das ist nicht wesentlich weniger Feinstaub als an der als Schwerpunkt einzuschätzenden Messstation auf der Friedberger Landstraße in der Frankfurter Innenstadt (25 bzw. 35 Mikrogramm/ m³)⁸. Zudem zeigen die

Messungen für Ultrafeinstaub (<100 nm) am Schwanheimer Sportplatz, dass an Tagen mit Südwindrichtung die Konzentration an UFP an der Messstation 6 mal höher ausfällt als an Tagen mit anderen Windrichtungen⁹. Daher muss man von einer relevanten Belastung der Schwanheimer Bevölkerung ausgehen.

Wissenschaftliche Erkenntnis zur gesundheitlichen Wirkung des Feinstaubes:

Feinstaub hat auf Grund seiner sehr unterschiedlichen chemischen und größenmäßigen Zusammensetzung sehr verschiedene Wirkungsweisen auf menschliche Gewebe. Sowohl in Studien auf der Ebene von Gewebszellen, in Tierversuchen aber auch in Versuchen an menschlichen Probanden sind krebserregende, gefäßschädigende und andere gewebschädigende Wirkungen nachzuweisen¹⁰. Dabei kommt es auf die Verteilung aktiver Schadstoffe auf den Oberflächen der Staubpartikel an. Je nach Entstehung des Staubes (Abrieb, Verbrennung, u.a.) sind verschiedene reaktionsfreudige Molekülgruppen auf den Partikeln aktiv und reagieren mit den Oberflächen der Gewebe, in der Regel kommt es dabei zu genannten oxidativen Prozessen durch freie Radikale.

Auch die Größe der Partikel spielt eine große Rolle, je kleiner die Partikel, desto tiefer dringen sie in das Lungengewebe ein, ultrafeine Partikel (< 100nm) aus dem Ultrafeinstaub überwinden mühelos die Blutschranke in den Lungenbläschen und verteilen sich über den Kreislauf in anderen Geweben des Körpers. Zudem steigt die reaktive Oberfläche der Partikel in Relation zum Gewicht, je kleiner die Partikel sind, d.h., Ultrafeinstaub ist bei geringerer Konzentration stärker wirksam¹¹.

Wirklich beweisführend für die gesundheitschädigende Wirkung durch Feinstaub sind jedoch Untersuchungen in der Realität der Bevölkerungsebene. Hier gibt es für Feinstaub eine sehr sichere Datenbasis vergleichbar der für die Wirkung des Rauchens. Eine sehr große Anzahl sogenannter Kohortenstudien, angesiedelt in großen Teilen der industrialisierten Welt, vergleicht die Erkrankungs- und Sterbehäufigkeit bei Bevölkerungsgruppen, die unterschiedlich Feinstaub ausgesetzt sind über einen längeren Zeitraum (z.B. Landbevölkerung im Vergleich zu Stadtbevölkerung). Die meisten dieser Kohortenstudien berücksichtigen dabei die anderen wichtigen Risikofaktoren wie das Rauchen in ihren Berechnungen und gehören dem Studientyp an, dem die höchste Abbildung der Wirklichkeit (Evidenzgrad) zugeordnet wird. In der Gesamtsicht dieser Studien können die Daten vieler Millionen Menschen betrachtet werden. Da behördliche Sterberegister benutzt wurden, bei der ausnahmslos alle Fälle erfasst werden, entfällt hierbei die Verzerrung durch einseitige Auswahl. Somit haben die Daten den maximal möglichen Grad an Repräsentativität.

Dabei lässt sich feststellen, dass bei langzeitiger Exposition von Feinstaub, die Wahrscheinlichkeit an kardiovaskulären Erkrankungen (Herzinfarkt, Schlaganfall) oder an Lungenerkrankungen (Lungenkrebs, COPD = chronic obstructive pulmonary disease ~ chronisch-obstruktive Bronchitis) zu sterben, deutlich erhöht ist. Nach einer vorsichtigen Schätzung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind weltweit 3,5 Millionen und in Deutschland 60.000 frühzeitige Todesfälle durch Feinstaub bedingt¹². Eine aktuelle Gesamtsicht aller europäisch angelegten Studien errechnet für Deutschland sogar 120.000 frühzeitige Todesfälle, diese Arbeit wurde gerade veröffentlicht^{13 14 15}. Um Missverständnissen vorzubeugen: die Risikoerhöhung eines vorzeitigen Todes ist über alle Altersklassen verteilt, keineswegs sind nur alte Menschen davon betroffen. Exemplarisch zeigt eine sehr große Kohorte in den USA, wie sich die Sterblichkeit in Abhängigkeit der Erhöhung von Feinstaubkonzentration verhält. Pro 10 Mikrogramm/m³ Differenz erhöht sich die Sterblichkeit um ca. 8%. Und unterhalb 12 Mikrogramm/m³ erhöht sich die Sterblichkeit sogar um 13% pro 10 Mikrogramm/m³Kubikmeter Differenz¹⁶. Dass sich vor allem in niedrigen Konzentrationen der negative Effekt forciert, ist höchst ungewöhnlich, normalerweise sind niedrige Konzentrationen

weniger gefährlich bzw. erst ab Schwellenwerten aktiv. Das ist in zweierlei Hinsicht sehr interessant. Es zeigt zum einen, dass der in der EU geltende Grenzwert von 25 Mikrogramm/m³ mitnichten zu niedrig, sondern zu hoch ausfällt, weil wir dann schon mit einer summierten Sterblichkeitszunahme von 20 % rechnen müssen. Zum anderen weist dieses Ergebnis darauf hin, dass in den niedrigen Konzentrationen andere biologische oder krankheitserregende (sogenannte pathophysiologische) Abläufe vorherrschen. Wahrscheinlich kommt hier zum Tragen, dass die besonders kleinen Partikel des Ultrafeinstaubes (die bei winzigem Eigengewicht trotz weitaus größerer Anzahl zusammen genommen wesentlich weniger wiegen und damit die geringere Konzentration erklären) eine tiefere Eindringung in den menschlichen Organismus erreichen und wegen größerer Oberfläche eine höhere Reaktivität besitzen.

Allerdings ist eine Erhöhung der Erkrankungs- und Sterbehäufigkeit durch Ultrafeinstaub noch nicht sicher. Zwar gibt es einzelne Studien, die einen sterblichkeitssteigernden Effekt¹⁷ zeigen, zum Beweis fehlen noch ausreichend große Untersuchungen. Aus Mangel an Beweisen den Umkehrschluss zu zulassen, Ultrafeinstaubbelastung sei nicht bedeutsam, ist jedoch klar von der Hand zu weisen.

Kernbotschaften:

Feinstaub tötet. In Deutschland sterben bis zu 120.000 Menschen jährlich frühzeitig auf Grund der Feinstaubbelastung (Partikelgrößen < 2,5 Mikrometer), das sind ein Sechstel aller in Deutschland verstorbenen Personen¹⁸. Für Schwanheim und Goldstein bedeutet das bei im Bundesdurchschnitt überdurchschnittlichen Feinstaubwerten jährlich circa 20 bis 40 frühzeitige Todesfälle. Nicht zu vergessen sind eine deutlich größere Zahl frühzeitig eintretender einschränkender Herz- und Lungenerkrankungen.

Ultrafeinstaub ist hochverdächtig ebenfalls zu töten. Mit seiner großen Reaktionsoberfläche und der hohen Eindringtiefe in den Organismus bringt er ein im Vergleich zum Feinstaub höheres krankheits-erregendes Potential mit. Allerdings fehlen zum Beweis noch die Studien auf Bevölkerungsebene, hier besteht dringender Nachholbedarf. Ultrafeinstaub ist für Schwanheim von hoher Bedeutung, an Tagen mit südlichen Windrichtungen steigen die Luftkonzentrationen massiv an, mit den weiteren Ausbauzielen des Frankfurter Flughafens wird sich diese Belastung zunehmend verschärfen.

Was ist zu tun:

Es muss dringend der deutlich zu hohe Grenzwert für Feinstaub in der EU angepasst werden. Der aktuell bei 25 Mikrogramm/m³ liegende muss mindestens auf 10 Mikrogramm/m³ abgesenkt werden. Damit würde man in Deutschland zwischen 40.000 bis 100.000 frühzeitige Todesfälle pro Jahr verhindern.

Es besteht **dringender Forschungsbedarf** zum Thema Ultrafeinstaub. Es müssen zeitnah Messstandards gefunden, ein bundesweites Netz von Messstellen eingerichtet werden und bevölkerungsbezogene Studien zur Wirkung von Ultrafeinstaub auf Herz- und Lungenerkrankungen und die damit verbundene Sterblichkeit durchgeführt werden. Erst dann kann der bislang fehlende Grenzwert gebildet werden, der unbedingt notwendig ist, um vermeidende Maßnahmen rechtlich durchsetzen zu können.

Regulierung des Verkehrs: Der Verkehr auf Basis von Verbrennungsmotoren muss zügig zurückgedrängt werden. Das wird nur mittelfristig bis langfristig politisch möglich sein, insofern ist kurzfristig eine Staubfilterung der bestehenden Fahrzeuge erforderlich.

Regulierung des Flugzeugverkehrs: Auch hier besteht dringend Handlungsbedarf. Effektive Handlungsfelder sind u.a. die überfällige und gerechte Besteuerung des Flugbenzins, die Eindämmung inländischer Flüge und die Elektrifizierung des Rollfeldverkehrs mit Solarstrom aus den enormen großen Flughafenflächen.

Regulierung der Industrie- und Kraftwerksabgase: Chemieanlagen unterliegen der Rückhalteverpflichtung und der ständigen Kontrollen durch das Regierungspräsidium, die Grenzwerte der einzuhaltenden Abluftmengen orientieren sich allerdings an den zu hohen Luftgrenzwerten für Feinstaub. Auch hier muss auf verbrennungsarme Prozesse gedrängt werden. Kurzfristig sind die Emissionen wirkungsvoll zu begrenzen und zu kontrollieren, was über moderne Filtertechnik realisierbar ist.

Kaminholz: Auch hier sind die Emissionen wirkungsvoll zu begrenzen und zu kontrollieren, was über moderne Verbrennungs- und Filtertechnik zu erreichen ist.

Lenkung der Landwirtschaft: Mittelfristig bis langfristig muss eine Eindämmung der Viehwirtschaft und der Güllewirtschaft erfolgen, kurzfristig sind Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung von Ammoniak erforderlich.

Feinstaubfilter als Atemmasken sind für Partikelgrößen um 10 Mikrometer effektiv, bei kleineren Partikeln und bei Ultrafeinstaub sind sie wirkungslos. Insofern werden sie nur einem kleinen Teil Belastung reduzieren, ein vollzeitiges Tragen ist zudem nicht zumutbar.

„**Wegziehen**“: War mal ein guter Tipp der ehemaligen Frankfurter Oberbürgermeisterin, leider gibt es nur wenige Stellen in Deutschland, die nicht feinstaubbelastet sind. In Hessen müsste man auf die Hochlagen der Mittelgebirge ausweichen (z.B. Kleiner Feldberg im Taunus). Eine Ausweisung als Baugebiet für große Teile der Bevölkerung dürfte schwierig werden.

Bei allen eher technischen Vorbetrachtungen darf man nicht die **ethischen Aspekte** vergessen: es ist die Luft, die wir alle atmen. Sie ist unser aller Lebensgrundlage und es ist elementar, dass alles unternommen wird, dass sie das auch bleibt und nicht zur schleichenden und unsichtbaren Lebensgefahr wird. Und es ist nur recht und billig, wenn sich für dieses Ziel auch diejenigen verantwortlich zeigen, die aus den feinstaubzeugenden Prozessen wirtschaftlichen Erfolg erzielen.

Am Ende sehen wir hier zwei Seiten der gleichen Medaille: Ob gesundheitsschädlicher Feinstaub oder die Lebensraum-vernichtende Klimaveränderung, es besteht dringender Handlungsbedarf, unsere Lebensprozesse von den fossilen Brennstoffen zu befreien und eine nachhaltige Landwirtschaft zu betreiben.

¹ Bundesautobahn 5 https://de.wikipedia.org/wiki/Bundesautobahn_5 besucht am 23.2.19

² Ifeu -Institut für Energie-und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Aktualisierung der Emissionsberechnung für die Binnenschifffahrt und Übertragung der Daten in TREMOD. November 2013. <https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/IFEU-INFRAS-2013-Aktualisierung-der-Emissionsberechnung-f%C3%BCr-die-Binnenschifffahrt-und-%C3%9Cbertragung-der-Daten-in-TREMOD3.pdf> (besucht am 28.2.19)

³ <https://www.fluglaerm.de/hamburg/klima.htm> (besucht am 28.2.19)

⁴ <https://www.aci-europe.org/component/downloads/downloads/5566.html> (besucht am 28.2.19)

⁵ https://de.wikipedia.org/wiki/Flughafen_Frankfurt_am_Main (besucht am 28.2.19)

⁶ <https://de.wikipedia.org/wiki/Feinstaub> (besucht am 28.2.19)

Flughafen-BI Schwanheim/Goldstein - Dr. med. S. Hensler - April 2019

⁷ Luftverschmutzer Landwirtschaft <https://www.tagesschau.de/inland/feinstaub-landwirtschaft-101.html> besucht am 23.2.19

⁸ www.hlnug.de/?id=9231 (besucht am 28.2.19)

⁹ https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/luft/sonstige_berichte/ufp/1_Zwischenbericht_HLNUG_Ultrafeinstaub_final_Korrigendum_20180619.pdf (besucht am 28.2.19)

¹⁰ Münzel T, Gori T, Al-Kindi S, Deanfield J, Lelieveld J, Daiber A, Rajagopalan S Effects of gaseous and solid constituents of air pollution on endothelial function. *European Heart Journal* (2018) 39, 3543–3550

¹¹ Li N, Georas S, Alexis N, Fritz P, Xia T, Williams MA, Horner E, Nel A. A Work Group Report on Ultrafine Particles (AAAAI) Why Ambient Ultrafine and Engineered Nanoparticles Should Receive Special Attention for Possible Adverse Health Outcomes in Humans. *J Allergy Clin Immunol*. 2016; 138(2): 386–396.

¹² Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, Balakrishnan K, Brunekreef B, Dandona L, Dandona R, Feigin V, Freedman G, Hubbell B, Jobling A, Kan H, Knibbs L, Liu Y, Martin R, Morawska L, Pope CA 3rd, Shin H, Straif K, Shadick G, Thomas M, van Dingenen R, van Donkelaar A, Vos T, Murray CJL, Forouzanfar MH. *Lancet*. 2017; 389(10082):1907-1918

¹³ J. Lelieveld, K. Klingmüller, A. Pozzer, U. Pöschl, M. Fnais, A. Daiber und T. Münzel. Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *European Heart Journal* (2019), 00, 1–7

¹⁴ <https://www.wr.de/politik/guelle-erhoecht-die-feinstaubbelastung-id216235529.html> (besucht am 28.2.19)

¹⁵ <https://www.fr.de/rhein-main/schlechte-luft-verkuerzt-leben-11847616.html> (besucht am 28.4.19)

¹⁶ Di Q Wang Y, Zanobetti A, Wang Y, Koutrakis P, Choirat C, Dominici F, Schwartz JD. Air Pollution and Mortality in the Medicare Population. *N Engl J Med*. 2017; 376(26): 2513–2522

¹⁷ Stafoggia M, Schneider A, Cyrys J, Samoli E, Andersen ZJ, Bedada GB, Bellander T, Cattani G, Eleftheriadis K, Faustini A, Hoffmann B, Jacquemin B, Katsouyanni K, Massling A, Pekkanen J, Perez N, Peters A, Quass U, Yli-Tuomi T, Forastiere F; UF&HEALTH Study Group. Association Between Short-term Exposure to Ultrafine Particles and Mortality in Eight European Urban Areas. *Epidemiology*. 2017; 28(2):172-180

¹⁸ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/156902/umfrage/sterbefaelle-in-deutschland/> (besucht am 28.2.19)