

BREMSSTAUB: DIE RISIKEN FÜR UNSERE GESUNDHEIT

OKTOBER 2022

INHALTSVERZEICHNIS

Bremsstaub: die Risiken für unsere Gesundheit



P.3



Einleitung

Bremsstaub: eine dringliche Problematik



P.5



Teil 1

Wissenswertes zum Thema Feinstaub durch Brems- und Reifenabrieb

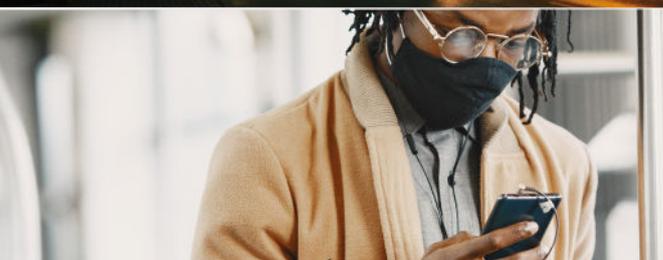


P.8



Teil 2

Bremsabrieb – eine der Hauptursachen für Feinstaub

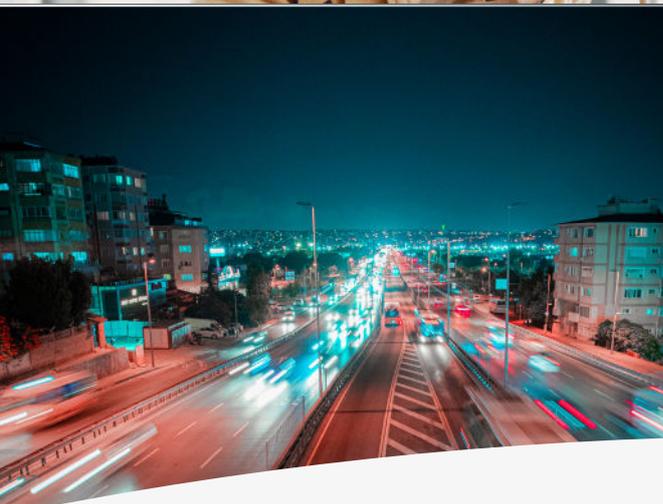


P.10



Teil 3

Ein ernstzunehmendes Problem für die öffentliche Gesundheit



P.13



Lösungen

Zeit für eine gesetzliche Regelung



Bremsstaub: eine dringliche Problematik

Sonntag, der 10. Juli 2022, an der Rennstrecke in Spielberg, beim Großen Preis von Österreich. Nach dem Formel-1-Rennen wird Sebastian Vettel von einem Journalisten gefragt, warum er mit schwarzem Staub bedeckt ist. Der deutsche Fahrer antwortet, dass es sich dabei um Bremsstaub handelt, und fügt hinzu:



Sebastian VETTEL

Das ist etwas, woran sie (die Hersteller, Anm. d. Red.) meiner Meinung nach arbeiten müssen, denn durch das Design der Bremskanäle in diesem Jahr bläst uns die Vorderachse den ganzen Bremsstaub ins Gesicht. Offensichtlich ist es nicht gesund, Carbonstaub einzuatmen. Ich hoffe also, dass die FIA¹ sich das sehr bald ansieht, denn es ist sinnlos und leicht zu ändern.



Zum ersten Mal spricht ein vierfacher Formel-1-Weltmeister im Fernsehen über die Gefahren des durch Abrieb erzeugten Feinstaubes. Aber worum genau handelt es sich dabei? Was ist Bremsstaub? Und welche Risiken entstehen dadurch für unsere Gesundheit?

FEINSTAUB: DIE UNTERSCHÄTZTE GEFAHR



Es ist schon lange kein Geheimnis mehr: Wir alle sind täglich dem Feinstaub ausgesetzt, insbesondere in großen Stadt- und Ballungsgebieten. Wie dieser Feinstaub entsteht? Für die Hälfte bzw. ein Viertel dieser Emissionen sind die Bau- und Wohnbranche sowie der Straßenverkehr verantwortlich.² Diese fortwährende Belastung bleibt nicht ohne Auswirkungen auf unsere Gesundheit: insbesondere bei Kindern und Senioren kann Feinstaub zu Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen. Im Durchschnitt würde eine Reduzierung der Luftverschmutzung durch Feinstaub auf das von der Weltgesundheitsorganisation empfohlene Niveau³ in einem Land wie Deutschland oder Frankreich zu einer um zwei Jahre erhöhten Lebenserwartung führen – in Neu-Delhi wären es sogar bis zu zehn Jahre⁴. Schlimmer noch: Allein in Europa ist diese Art der Verschmutzung für 307.000 vorzeitige Todesfälle pro Jahr verantwortlich.⁵ Laut Studien der Harvard University bleiben diese offiziellen Zahlen sogar noch weit hinter der Realität zurück: allein in Frankreich können 100.000 vorzeitige Todesfälle pro Jahr auf die Luftverschmutzung durch fossile Brennstoffe zurückgeführt werden.⁶ Unsere Straßen und unser Verkehr sind für mindestens ein Viertel dieser Feinstaubemissionen verantwortlich.

FEINSTAUB DURCH ABRIEB – DIE VERKANNT BEDROHUNG

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die öffentliche Aufmerksamkeit vornehmlich auf den aus Abgasen entstehenden Feinstaub und weitaus weniger auf den Brems- und Reifenabrieb konzentriert.

Dies hat in erster Linie rechtliche Gründe: So wurde die Automobilindustrie im Laufe der Jahre durch immer strengere Auflagen gezwungen, den von Motoren erzeugten Feinstaub zu reduzieren. In der Folge wurden leistungsstarke Technologien entwickelt. Die Effizienz der Partikelfilter verbesserte sich kontinuierlich und in einigen Jahren dürften Elektroautos dieser Art der Verschmutzung ein Ende setzen. Jedoch haben diese Änderungen keinerlei Auswirkung auf die aus Abrieb entstehenden Feinpartikel, für die es zudem noch keinerlei gesetzlichen Rahmen gibt – tatsächlich sind die davon ausgehenden Gefahren der breiten Öffentlichkeit noch weitgehend unbekannt.



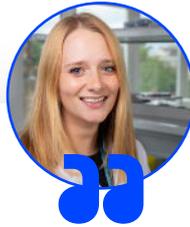
AKTUELLE STUDIEN, GERICHTSVERFAHREN UND BERICHTERSTATTUNG IN DEN MEDIEN: DAS BLATT WENDET SICH

Im Dezember 2020 wurde die neunjährige Ella Roberta Adoo Kissi-Debrah das erste offizielle Opfer von Feinstaubpartikeln im Straßenverkehr. Der aus ihrem Tod entfachte Medienprozess in London eröffnete gleichzeitig eine öffentliche Debatte. Seit etwa zehn Jahren häufen sich insbesondere in Übersee die wissenschaftlichen Studien und erbringen zahlreiche Indizien für die Schädlichkeit der aus Bremsabrieb entstehenden Partikel. Auch in den Medien wird dieses Thema immer präsenter. So drehte der französische Journalist Hugo Clément im Juli 2020 ein Video⁷ über die Luftqualität in der U-Bahn, die sogar eine

dreimal höhere Verschmutzung aufweist, als die Luft auf der Straße. Infolgedessen wurde er zum Sprachrohr einer Untersuchung der französischen Behörde für Lebensmittelsicherheit, Umweltschutz und Arbeitsschutz (Anses) über durch das Bremsen der U-Bahn entstehenden Feinstaub. Diese neue Mobilisierung weckt die Hoffnung, dass endlich offizielle Grenzwerte für die Feinstaubbelastung erlassen werden, angefangen mit der Euro-7-Abgasnorm zur Reduzierung der Schadstoffemissionen auf europäischer Ebene.

Dieses Whitepaper soll das Thema Bremsstaub näher beleuchten und die tatsächliche Schädlichkeit des Brems- und Reifenabriebs für unsere Gesundheit aufzeigen: Wie entstehen diese Partikel? Woraus bestehen sie? Wo treten sie in hohen Konzentrationen auf? Welche Personengruppen sind am stärksten gefährdet? Welche konkreten Risiken bestehen für die menschliche Gesundheit? Auf diese und weitere Aspekte gehen wir in diesem Dokument ein. Wir wünschen Ihnen eine informative Lektüre!

Wissenswertes zum Thema Feinstaub durch Bremsabrieb



Liza Selley
University of Cambridge

Hitze und Reibung können zum Verschleiß der Bremsen führen. Wenn die Bremsen stärker beansprucht werden, erhitzen sie sich auch stärker und setzen verschiedene Arten von Partikeln frei. Wir wissen allerdings noch nicht, ob und wie sich ihre Zusammensetzung unterscheidet. Es ist durchaus möglich, dass die heißer werdenden Bremsen zunächst eine Art von Metall lösen und eine stärkere Erhitzung zum Verschleiß eines anderen Metalls führt.



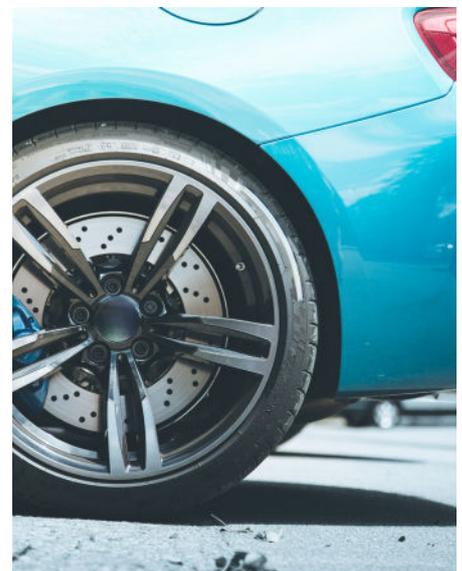
Mehr als die Hälfte der durch diese Reibung entstehenden Partikel (55 % bis 70 %) gelangen über die Luft in die Atmosphäre.⁸ Die übrigen Partikel setzen sich zunächst am Boden ab, können jedoch von weiteren vorbeifahrenden Fahrzeugen erneut in die Luft befördert werden.

Die Gefahren des Bremsstaubs sind der breiten Öffentlichkeit noch nicht zulänglich bekannt. Um besser zu verstehen, wie er entsteht, wie er sich zusammensetzt und wo er in hohen Konzentrationen auftritt, bedarf es noch an Aufklärungsarbeit. Wir bringen die wichtigsten Fakten auf den Punkt.

WIE ENTSTEHT FEINSTAUB AUS ABRIEB?

Der Verschleiß von Bremsen und Reifen setzt feine Partikel frei. Bei Autobremsen entsteht Feinstaub in zwei Schritten, zunächst zu Beginn der Bremsphase: wenn die Bremsbeläge auf den Scheiben reiben, lösen sich Partikel in einer Größenordnung von 1 bis 2 µm. Mit zunehmender Bremskraft und der dadurch entstehenden Hitze entstehen durch Verdampfung und Kondensation der Bremsbelagbestandteile weitere Partikel in einer Größe von 200 nm. Liza Selley, Toxikologin für Luftqualität und Forscherin an der Universität Cambridge, erläutert:

Mehr als die Hälfte der durch Bremsabrieb erzeugten Partikel (55 % bis 70 %) gelangen über die Luft in die Atmosphäre.⁸



EINE SCHADSTOFFFREICHE ZUSAMMENSETZUNG

Die genaue Definition der Zusammensetzung von Bremsstaub gestaltet sich als schwierig: kaum ein Bremsbelag gleicht dem anderen. „Ein und derselbe Hersteller bietet in der Regel Hunderte von verschiedenen Bremsbelägen an, selbst für ein und dasselbe Fahrzeug“, bestätigt Loïc Adamczak, CTO von Tallano Technologies. Das Unternehmen hat eine Lösung zum Ansaugen und Filtern des Bremsstaubs von Kraft- und Schienenfahrzeugen entwickelt. Bei Bremsbelägen handelt es sich um **Verbundstoffe**: „In der Regel besteht der Bremsbelag aus 15 bis 20 verschiedenen Bestandteilen, darunter metallische, mineralische und organische Produkte. All diese Komponenten werden durch ein Harz, ein Benzolderivat, zusammengehalten“, analysiert Loïc Adamczak. Fulvio Amato, Forscher und Spezialist für Luftqualität, **bekräftigt diese Aussage**: „Bremsbeläge enthalten zahlreiche verschiedene Komponenten, zum Beispiel Schleifmittel, Bindemittel, Schmiermittel und Verstärkungselemente, die organische Verbindungen, Mineralfasern, Graphit und eine Kombination aus metallischen Bestandteilen, vorrangig Stahl und Eisen, verwenden.“⁹

Der Bremsstaub weist jedoch eine **veränderte Zusammensetzung auf**: Bei hohen Temperaturen kann sich der Gehalt abwandeln. Dies bestätigt auch Bogdan Munteanu, Forschungsingenieur am französischen Forschungsinstitut für Oberflächentechnik (IREIS). „Während die chemische Zusammensetzung der Bremsbeläge einen nützlichen Hinweis auf die Zusammensetzung dieser Partikel liefert, können der hohe Druck sowie die hohen Temperaturen zu chemischen Veränderungen der Materialien führen. Daher gestaltet sich die chemische Zusammensetzung der gelösten Partikel als äußerst komplex und kann sich erheblich von der des Ausgangsmaterials unterscheiden.“¹⁰

Die analysierten Partikel enthalten vorwiegend Kohlenstoff und Eisen, aber auch Alumosilikate, Zirkonsilikate, Silizium, Chrom, Aluminium, Barium, Kalzium, Antimon, Schwefel und Zink. Im Gegensatz zu Abgasemissionen verändern sie ihren Zustand nicht, wenn sie in der Luft mit anderen Schadstoffen (wie Ammonium- oder Kaliumsulfat) in Kontakt kommen. Laurent Gagnepain, wissenschaftlicher und technischer Koordinator – bei der französischen Behörde für den ökologischen Übergang – erläutert: „Die Zusammensetzung unterscheidet sich stark von Abgaspartikeln. Diese bestehen in erster Linie aus Kohlenstoff und adsorbieren flüchtige organische Verbindungen (VOC) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Abgasemissionen enthalten nur sehr wenige metallische Elemente.“ In Cambridge untersucht Liza Selley diese Zusammensetzung im Labor und stellt ebenfalls einen deutlichen Unterschied zu den Abgasemissionen fest. „Ein Partikel aus Dieseldieselkraftstoff verfügt über einen Kohlenstoffkern, an den Metalle und Endotoxine gebunden sind. Der Bremsstaub besteht vorwiegend aus Metall. Meine wichtigsten Proben bestehen zu etwa 77 % aus Eisen sowie anderen metallischen Elementen. So enthält ein Diesel-Partikel nur sehr wenige metallische Elemente, wohingegen diese die Hauptbestandteile des Bremsstaubs ausmachen.“



DIE BETROFFENEN GEBIETE

Die Zusammensetzung des Bremsstaubs erweist sich als äußerst schädlich für unsere Gesundheit. In hohen Konzentrationen sind die Partikel in der Nähe von Kreuzungen, Ampeln, Zebrastreifen, Umgehungsstraßen oder auch stark befahrenen Kurven zu finden. Zwar sind Ballungsräume stärker betroffen als ländliche Gebiete, aber auch hier findet sich an Abfahrten, Autobahnmautstellen und anderen Stellen, an denen die Bremsen stark beansprucht werden, ein besonders hoher Feinstaubgehalt. So schätzt eine in der Schweiz durchgeführte Studie, dass der Bremsstaubanteil der nicht abgasbedingten PM10-Emissionen (d. h. Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 10 Mikrometern) in städtischen Gebieten bei 16 bis 55 Massenprozent liegt, während auf Autobahnen, wo weniger häufig gebremst wird, deutlich geringere Beiträge (~3 Massenprozent) gemessen wurden.¹¹



„Die am stärksten gefährdeten Bevölkerungsgruppen sind diejenigen, die nahe an Verkehrswegen und stark gebremsten Zonen (regelmäßige Verkehrsstaus, Ampeln, Stoppschilder etc.) leben.“

Laurent Gagnepain

Folglich „sind die am stärksten gefährdeten Bevölkerungsgruppen diejenigen, die nahe an Verkehrswegen und stark gebremsten Zonen (regelmäßige Verkehrsstaus, Ampeln, Stoppschilder etc.) leben. Sobald man sich einige Meter von den Fahrbahnen entfernt, tritt jedoch schnell ein Verdünnungseffekt ein. Entsprechend ist die Bremsstaubkonzentration im Herzen des Verkehrs und in den Innenräumen der Verkehrsmittel am höchsten“, **erklärt Laurent Gagnepain**. Auch **Liza Selley** weist auf die Risiken für Fahrer hin: „Sie befinden sich an vorderster Front, mehr noch als Radfahrer oder Fußgänger, die sich am Straßenrand fortbewegen. Ein Bus- oder Taxifahrer atmet täglich eine große Anzahl dieser Partikel ein“. **Abgesehen von der Luftverschmutzung gelangen größere Partikel und Mikroplastik durch die Straßenabläufe in unsere Flüsse, Ozeane und sogar in die Nahrungskette. Jeder von uns ist vom Bremsstaub betroffen – und jeder kann etwas dagegen unternehmen.**



Bremsabrieb – eine der Hauptursachen für Feinstaub

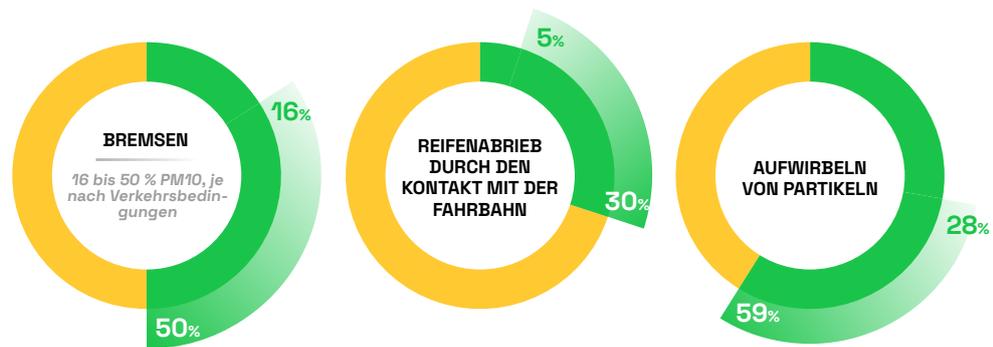
Im Jahr 2020 zeigt ein Bericht der OECD auf, dass der Verschleiß von Bremsen, Reifen und Straßenbelägen künftig die wichtigste Quelle für straßenverkehrsbedingte Partikelemissionen in der Luft darstellen wird – noch vor den Abgasemissionen.¹² In anderen Worten: Es ist an der Zeit, einen Gang zurückzuschalten und unsere Aufmerksamkeit auf die durch Bremsstaub verursachte Luft- und Umweltverschmutzung zu richten.

FEINSTAUB: BREMSSEN ALS ENTSCHEIDENDER FAKTOR

Lange Zeit wurden Abgasemissionen, insbesondere von Dieselmotoren, als größte Herausforderung im Kampf gegen die Feinstaubbelastung durch den Straßenverkehr angesehen. Nachdem in dieser Hinsicht bereits große Anstrengungen unternommen wurden, rücken nun die Bremsen – und Reifen – in den Mittelpunkt der Untersuchungen. Und das aus gutem Grund: Mehr als die Hälfte des durch den Straßenverkehr in Europa verursachten Feinstaubs sind nicht auf Abgasemissionen zurückzuführen. Neben den Abgasen entstehen diese Partikel durch den Bremsabrieb (16-50 % PM10, je nach Verkehrsbedingungen), den Reifenabrieb durch den Kontakt mit der Fahrbahn (5-30 %) sowie das Aufwirbeln von Partikeln durch vorbeifahrende Fahrzeuge etc. (28-59 %).¹³



„...dass die durch Kraftfahrzeuge erzeugten Bremsemissionen sechsmal höher sind als die Abgasemissionen.“



FEINSTAUBQUELLEN IM STRASSENVERKEHR, OHNE ABGASEMISSIONEN

Quelle: Gemeinsame Forschungsstelle (GFS), Europäische Union, 2018

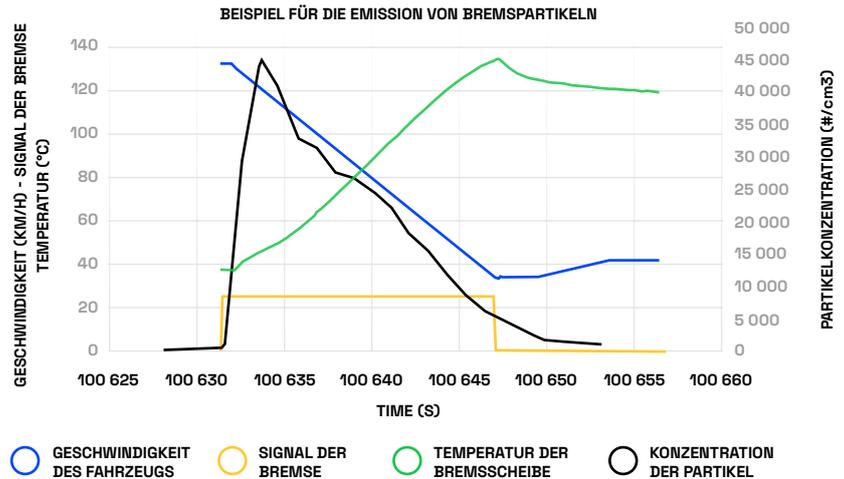
Wissenschaftliche Studien gehen davon aus, dass die durch Kraftfahrzeuge erzeugten Bremsemissionen sechsmal höher sind als die Abgasemissionen (30 mg/km im Vergleich zu 4,5 mg/km).¹⁴ In Europa machen diese Partikel nahezu 110.000 Tonnen/Jahr aus, von denen 50.000 Tonnen in die Luft abgegeben werden.¹⁵

ERSCHWERENDE FAKTOREN AUFGRUND DER FAHRZEUGBESCHAFFENHEIT

Die ersten Studien lassen die Komplexität des Bremsstaub-Phänomens erkennen. Wie oben bereits verdeutlicht, variiert die Zusammensetzung der Bremspartikel in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Brems Scheiben und Bremsbeläge. Aber auch zahlreiche weitere Faktoren spielen eine Rolle und beeinflussen die Größe und Menge der Partikel: der Zustand und die Wartung des jeweiligen Fahrzeugs, die Geschwindigkeit, das Fahrzeuggewicht, der Fahrstil, die Häufigkeit und Intensität der Bremsvorgänge sowie die Straßenbeschaffenheit. Laurent Gagnepain betont zudem, dass „die Zusammensetzung der beim Bremsen freigesetzten Partikel je nach Art der Bremsung variiert. Genauer gesagt: je nach Kontakttemperatur zwischen den Bremsbelägen und der Brems Scheibe. Daher wird ein Fahrer mit einem aggressiven Fahrstil, der die Bremsen stärker erhitzen lässt, vermehrt ultrafeine Partikel um 10 nm mit einer veränderten Zusammensetzung ausstoßen, insbesondere mit mehr Schwefel.“

Je nach Fahrstil variiert also die Menge an Bremsstaub und insbesondere die Größe der Partikel. Eine weitere Erkenntnis: je schwerer ein Fahrzeug, desto mehr feine Reibungspartikel erzeugt es. Entsprechend bringt der aktuelle Trend zu SUVs und schweren Fahrzeugen diese Art von Emissionen verstärkt hervor – und wirft Fragen für die Zukunft auf.

PARTIKELEMISSION BEIM BREMSEN



Diese Abbildung verdeutlicht den Zusammenhang zwischen der Aktivierung des Bremssystems und dem Partikelpeak.

Quelle : Tallano Technologies

BEUNRUHIGENDE AUSSICHTEN FÜR DIE ZUKUNFT



Laurent Gagnepain

Unter Ausnahme der Abgasemissionen machten die PM2,5-Emissionen in Frankreich (Abrieb von Bremsen, Reifen und Fahrbahn) im Jahr 1990 9 % aller PM2,5-Emissionen im Straßenverkehr aus. Im Jahr 2019 war dieser Anteil bereits auf 45 % gestiegen und dürfte in Zukunft noch weiter zunehmen, da die ältesten Fahrzeuge mit den höchsten Abgasemissionen nach und nach aus dem Verkehr gezogen werden. So sind die nicht abgasbedingten Partikelemissionen mittlerweile wichtiger als die Abgasemissionen, was insbesondere für die derzeit auf den Markt gebrachten Neuwagen gilt.



Das ab 2035 in Kraft tretende EU-Verbot für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren dürfte die öffentliche Aufmerksamkeit in verstärktem Maße auf den Bremsstaub lenken.

Umso mehr, als auch Elektrofahrzeuge schädliche Partikel ausstoßen: Zwar „arbeiten sie beim Bremsen mit Strom, wodurch das Fahrzeug langsamer wird und die mechanischen Bremsen weniger beansprucht werden und weniger Partikel ausstoßen“, erläutert Laurent Gagnepain. Unter Ausnahme der Abgasemissionen werden 3% der von einem Elektrofahrzeug ausgestoßenen PM10-Partikel im Bremsvorgang erzeugt – gegenüber 25 % bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.⁶ Auch wenn ihr regeneratives Bremssystem dieses Phänomen im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor signifikant reduziert, tragen auch Elektroautos zu dieser Art der Luftverschmutzung bei. Und angesichts der gesundheitsschädlichen Auswirkungen von Metallstaub auf unsere Gesundheit wirft die Tatsache, dass es bis heute keinerlei gesetzliche Bestimmungen zu diesem Thema gibt, zahlreiche berechnete Fragen auf.

Ein ernstzunehmendes Problem für die öffentliche Gesundheit

Die beim Bremsvorgang freigesetzten Feinstaubpartikel bringen zahlreiche Risiken für unsere Gesundheit mit sich. Von oxidativem Stress hin zu Atemwegs- oder Herz-Kreislauf-Beschwerden sind unsere Leben dieser Art der Umweltverschmutzung ausgeliefert.

Zur Bestimmung der Gefährlichkeit eines Partikels werden drei entscheidende Parameter herangezogen. Erstens: die Größe des Partikels. Hierbei gilt: Je kleiner, desto gefährlicher, da es umso tiefer in den Körper eindringen kann. Zweitens: die Form. Je runder ein Partikel, desto eher können weitere Schadstoffe mit ihm in den Organismus gelangen. Und drittens: seine Zusammensetzung. Im Fall von Bremspartikeln gehen erste toxikologische Studien davon aus, dass die beim Bremsen ausgestoßenen Partikel aufgrund der enthaltenen Metalle wie Kupfer, Eisen, Barium, Zink etc., eine Gefahr für die Gesundheit darstellen.



Christophe Rocca-Serra,
CEO von Tallano Technologies

Bremspartikel sind bis zu 10 Nanometer groß, was der Größe eines winzigen Virus entspricht. Sie können überall in den Körper eindringen. Insbesondere Metall- oder Kohlenstoffpartikel setzen den Körper einem bedeutsamen Stress aus.



Kann man die Gefahr der beim Bremsen entstehenden Partikel mit den von Abgasemissionen ausgehenden gesundheitlichen Risiken gleichsetzen? Die klare Antwort: Ja. „Sie haben ein höheres oxidatives Potenzial als Abgasemissionen“ (Ergebnisse von In-vitro-Messungen), so Laurent Gagnepain.

„Um die Auswirkungen auf weitere Körperfunktionen und Organe zu erforschen, darunter die Herzfunktion, das Gehirn und der Verdauungstrakt, sind weitere toxikologische Untersuchungen erforderlich.“

EIN RISIKOFAKTOR – ZAHLEICHE KRANKHEITSBILDER

„Die Exposition gegenüber Luftschadstoffen und insbesondere Feinstaub führt generell zu einer vorzeitigen Alterung.“

Liza Selley

Wer regelmäßig Feinstaub einatmet, ist anfälliger für Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen und zudem einem erhöhten Risiko ausgesetzt, an Krebs, Alzheimer oder Parkinson zu erkranken. „Die Exposition gegenüber Luftschadstoffen und insbesondere Feinstaub führt generell zu einer vorzeitigen Alterung“¹⁷ so Liza Selley. „Am häufigsten sind Menschen betroffen, die bereits an Atemwegserkrankungen leiden, also Asthmatiker und Patienten mit einer chronisch obstruktiven Lungenerkrankung, aber auch Kleinkinder und Senioren“, erläutert Liza Selley weiter.

Für die Wissenschaft gestaltet es sich jedoch nach wie vor als schwierig, die Auswirkungen des Bremsstaubs in vivo von anderen städtischen Partikeln zu isolieren. „Wir wissen, dass die Partikel im städtischen Raum Krankheiten wie Asthma und chronisch obstruktive Lungenerkrankungen noch verschlimmern können. Wir wissen auch, dass sie sich auf das Lungenwachstum von Kindern auswirken können und dass Menschen häufiger an Atemwegserkrankungen und Symptomen wie Husten und Halsschmerzen leiden, wenn sie in stark verschmutzten Gebieten leben. Aber bislang können wir diese Erkenntnisse noch nicht konkret mit dem Bremsstaub oder einer bestimmten Komponente in Verbindung bringen“, fasst Liza Selley zusammen.



AUSWIRKUNGEN VON FEINSTAUB AUF DIE GESUNDHEIT

Quelle: Beobachtungsprogramm für Luft und Gesundheit, Institut national de veille sanitaire, 2014

SYSTEMISCHE ENTZÜNDUNG UND OXIDATIVER STRESS

- > Anstieg des CRP-Werts
- > Anstieg von entzündungsfördernden Mediatoren
- > Aktivierung von Leukozyten und Thrombozyten

LUNGE

- > Entzündungen
- > Oxidativer Stress
- > Verschlimmerung der chronisch-obstruktiven Lungenerkrankung (COPD) und schnelleres Fortschreiten der Krankheit
- > Erhöhtes Risiko für Atemwegserkrankungen
- > Verschlechterung der Lungenfunktion

REPRODUKTIONS- UND ENTWICKLUNGSSTÖRUNGEN

- > Fruchtbarkeitsstörungen
- > Fehlgeburten
- > Wachstumsstörungen beim Fötus
- > Frühgeburten
- > Geringes Geburtsgewicht

BLUT

- > Rheologische Störungen
- > Hyperkoagulabilität
- > Diffusion von Partikeln durch die Kapillarwand
- > Oberflächliche Venenthrombose
- > Verringerte Sauerstoffsättigung

GEHIRN

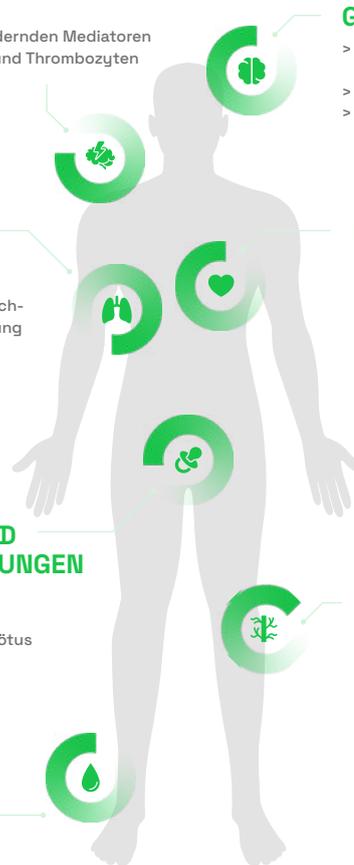
- > Erhöhtes Risiko für zerebrale Ischämie
- > Kognitive Störungen
- > Neurodegenerative Erkrankungen

HERZ

- > Beeinträchtigung der Herzfunktion
- > Oxidativer Stress
- > Erhöhte Häufigkeit von Rhythmusstörungen
- > Repolarisationsstörungen des Herzgewebes
- > Erhöhtes Risiko für myokardiale Ischämie

GEFÄSSSYSTEM

- > Atherosklerose, beschleunigte Entwicklung der atherosklerotischen Plaques und Instabilität der Plaques
- > Funktionsstörungen des Endothels
- > Vasokonstriktion und Bluthochdruck



SYSTEMISCHE ENTZÜNDUNG UND OXIDATIVER STRESS

Die Studien zeigen eindeutige Ergebnisse: „Die Toxizität von Nanopartikeln ist unbestreitbar mit oxidativem Stress verbunden“¹⁸, der wiederum zu verschiedenen akuten und chronischen Erkrankungen führt und mit systemischen Entzündungen einhergeht: einer abnormalen und anhaltenden Aktivierung des Immunsystems, die die Funktion von Organen, Geweben oder Systemen beeinträchtigt. Liza Selley und ihre Mitarbeiter von der Universität Cambridge stellen fest:

„Im Labor konnten wir unter Beweis stellen, dass Bremsstaub im gleichen Maße wie Dieselemissionen Entzündungen und oxidativen Stress in den Zellen auslösen kann. Normalerweise schützen Immunzellen die Lunge vor Mikroben und Infektionen und regulieren die Entzündung. Allerdings haben wir festgestellt, dass sie die Bakterien nicht mehr aufnehmen und zerstören können, wenn sie Bremsstaub ausgesetzt sind.“¹⁹

ERKRANKUNGEN DER ATEMWEGE

Größere Partikel verfangen sich in den oberen Atemwegen und verursachen „insbesondere bei Kindern Erkrankungen wie Pharyngitis oder Tracheitis“.²⁰ Feinere Partikel dringen jedoch tiefer in die Lunge ein und können dort oxidativen Stress verursachen, der wiederum Entzündungsreaktionen auslöst.

Dies führt zu wiederholten Atembeschwerden wie Asthma oder Bronchitis, aber auch zu chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen und einer Verschlechterung der Atemfunktion. Eine derartige Schwächung der Atemwege bleibt nicht ohne Folgen. Eine amerikanische Studie²¹ stellte gar fest, „dass schon ein geringer Anstieg der langfristigen PM2,5-Exposition zu einem starken Anstieg der Sterblichkeitsrate von COVID-19-Patienten führt“.

HERZ-KREISLAUF-ERKRANKUNGEN

Eine längere Exposition gegenüber Feinstaub kann zudem zu kardiovaskulären und zerebrovaskulären Erkrankungen führen: Herzrhythmusstörungen, Herzinfarkte, Thrombosen etc. Eine Studie aus dem Central Valley in Kalifornien²² hebt hervor, dass Bremsstaub ein ursächlicher Faktor für ischämische Herzkrankheiten ist, also für eine unzureichende Sauerstoffversorgung des Herzmuskels.

KREBSERKRANKUNGEN

17% aller Todesfälle durch Lungenkrebs können auf die Luftverschmutzung zurückgeführt werden.²³

Auch 2 % der durch Krebs verursachten Todesfälle können auf die Luftverschmutzung²⁴ und insbesondere auf Feinstaub zurückgeführt werden. Diese Zahl steigt auf 17 %, wenn man ausschließlich die Todesfälle durch Lungenkrebs betrachtet.²⁵ Der Europäischen Umweltagentur sind die Risiken bekannt. In einem Bericht vom 28. Juni 2022 schreibt sie: „Luftverschmutzung (sowohl innerhalb von Gebäuden als auch im Freien) stellt ein großes Umweltrisiko für die europäische Gesundheit dar und ist eine bekannte Ursache für Krebs und insbesondere Lungenkrebs“.²⁶

Bereits in den 1970er-Jahren konnten Studien den Zusammenhang zwischen der Luftverschmutzung durch Partikel und einem signifikanten Anstieg der Sterblichkeit nachweisen. Im Rahmen der Untersuchung der langfristigen Auswirkungen der Partikelexposition kam eine weitere Studie im Jahr 2002 zu dem Ergebnis, dass die Luftverschmutzung „ein wichtiger umweltbedingter Risikofaktor für kardiopulmonale Mortalität und Lungenkrebs“ ist.²⁷

NEURODEGENERATIVE ERKRANKUNGEN: ALZHEIMER UND PARKINSON

Das Gehirn ist ebenso betroffen: Ein Bericht des französischen Instituts für Gesundheitsüberwachung sowie eine 2019 in Mexiko-Stadt durchgeführte Studie²⁸ stellten fest, dass das Risiko für neurodegenerative Erkrankungen, insbesondere Alzheimer und Parkinson, durch die Exposition gegenüber feinen magnetischen Reibungspartikeln erhöht wird.

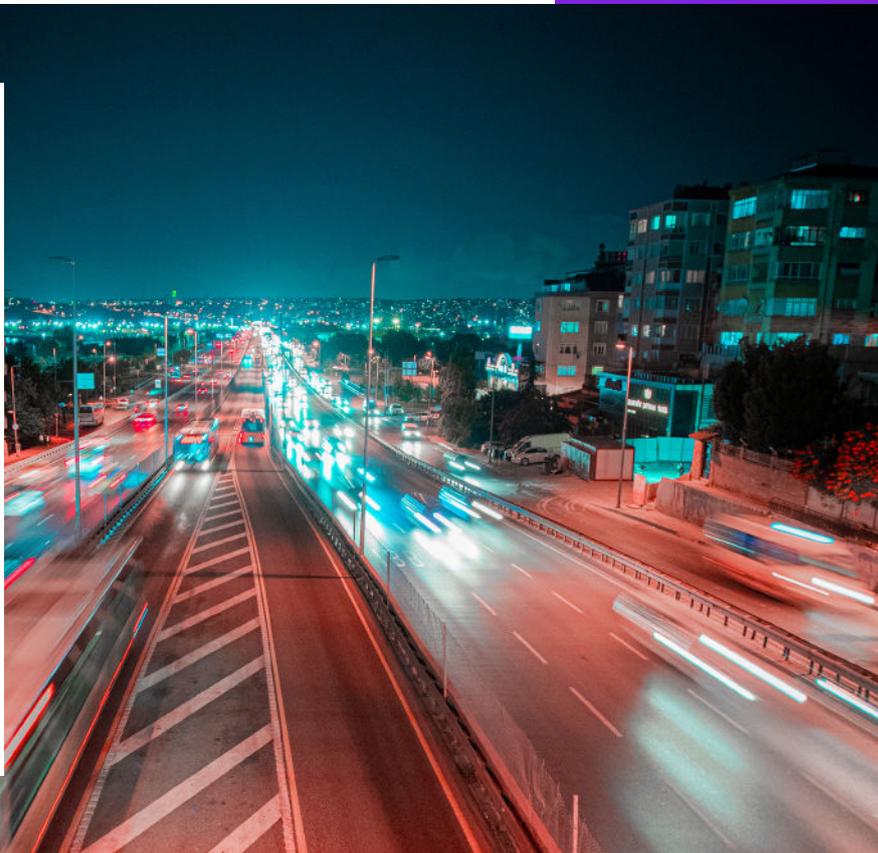
FEINSTAUB: EINE TICKENDE BOMBE

Sowohl kurz- als auch langfristig hat Feinstaub direkte Auswirkungen auf unsere Gesundheit und erhöht die Wahrscheinlichkeit, an tödlichen Krankheiten zu erkranken. Er verschlimmert bereits bestehende Krankheiten und schwächt gefährdete Bevölkerungsgruppen (Kinder, Senioren, Menschen mit Vorerkrankungen etc.). Es ist davon auszugehen, dass die heutigen Erkenntnisse nur die Spitze des Eisbergs ausmachen, wie ein dem französischen Senat vorgelegter Bericht erläutert. „Mit großer Wahrscheinlichkeit werden die tatsächlichen Auswirkungen in ihrem ganzen Ausmaß weitgehend heruntergespielt, da der dem sogenannten ‚Cocktail-Effekt‘ zuzuschreibende Anteil, also die Mischung von Luftschadstoffen oder mehreren Arten von Verschmutzungen in der Außenluft, noch nicht hinlänglich bekannt ist. Da dieser Anteil nicht berücksichtigt wird, kann man realistischerweise davon ausgehen, dass die gesundheitlichen Auswirkungen weitaus größer sind, als man heute nachweisen kann.“²⁹

Diese Art der Verschmutzung hat auch indirekte gesundheitliche Auswirkungen: Die durch den Bremsabrieb freigesetzten Schwermetalle gelangen in den Boden und ins Wasser und belasten unser Ökosystem damit auf dauerhafte Weise. „Die größten Partikel fallen auf den Boden und werden mit dem abfließenden Wasser weggespült. Später werden sie von Pflanzen gebunden und treten dadurch in unsere Nahrungskette ein. Hinzu kommt darüber hinaus noch das Mikroplastik, das aus dem Abrieb der Bremsbeläge stammt und sich bis in unsere Flüsse und Ozeane ausbreitet“, warnt Christophe Rocca-Serra, CEO von Tallano Technologies. Die Bombe tickt.

ZEIT FÜR EINE GESETZLICHE REGELUNG

Bremsstaub macht einen bedeutenden Anteil der Luftverschmutzung aus. Dennoch geht die seit 2014 geltende Euro-6-Norm nicht auf die durch Bremsen erzeugten Emissionen ein: Es müssen dringend Lösungen gefunden werden. Zu den in einem Bericht aus dem Jahr 2020 durch die Experten der OECD diesbezüglich unterbreiteten Vorschlägen zählen die Begünstigung leichterer Fahrzeuge sowie strenge Normen für die Zusammensetzung von Bremsen, Reifen und Straßenbelägen.³⁰



EURO-7/VII-NORM: DIE EUROPÄISCHE HOFFNUNG

Die künftige Euro-7-Norm befindet sich derzeit noch in Planung. Sie soll in Kürze verabschiedet werden und ab 2025 in Kraft treten. Doch wird sie etwas an der aktuellen Situation ändern können? Davon ist in der Tat auszugehen, denn sie dürfte die Autohersteller dazu verpflichten, die bremsbedingten Emissionen von PM_{2,5} und Nanopartikeln sowohl bei herkömmlichen als auch bei Elektroautos zu regulieren. Karima Delli, Abgeordnete des Europäischen von EELV, der französischen grünen Partei begrüßt diese Entscheidung.

„Bestimmte Artikel wurden in der Euro-6-Norm nicht berücksichtigt, darunter der Bremsstaub. In der neuen Norm werden sämtliche Feinpartikel beachtet, die sich negativ auf die Gesundheit der Menschen auswirken können.“³¹ „Die Euro-7/VII-Norm ist aus technischer Sicht umsetzbar. Wir wissen, was wir tun müssen und es ist machbar. Die

Kommission hat auch die entstehenden Kosten dargelegt, die sich auf 100 bis 500 € pro Fahrzeug belaufen. Das ist günstiger als die Farboption für einen Golf. Die eigentliche Frage ist: wie gestaltet sich die Zukunftspolitik der Automobilbranche?“³²

Durch die Umsetzung der Euro-6-Norm und Vorbereitung der Euro-7/VII-Norm bildet die Europäische Union eine weltweite Ausnahme.

„Die bevorstehende Einführung einer Regelung auf europäischer Ebene gibt uns Anlass zu Optimismus. Wir wissen bereits, dass es sie geben wird und dass sie zum ersten Mal einen Emissionsgrenzwert für Bremspartikel festlegen wird, der nicht überschritten werden darf. Die Debatte im Europäischen Parlament wird darauf abzielen diesen Wert genau festzulegen“, meint Loïc Adamczak, CTO von Tallano Technologies.

„Die Kommission hat auch die entstehenden Kosten dargelegt, die sich auf 100 bis 500 € pro Fahrzeug belaufen.“

ZUKUNFTSWEISENDE MOBILISIERUNG GEGEN FEINSTAUB



Laurent
Gagnepain

Zukunftsweisende Lösungen sind möglich und umsetzbar: die Zusammensetzung der Brems scheiben und -beläge ändern, damit sie weniger Emissionen verursachen.

Systeme zum Auffangen von Bremspartikeln möglichst nahe an der Emissionsquelle integrieren. Die Euro-7-Norm ist ein erster Schritt zur Reduzierung der Emissionen und zur Quantifizierung der bremsbedingten Emissionen mit einem gerade erstellten Messprotokoll (WLTC-Brake).



Einige bereits auf dem Markt befindliche Systeme können die Schadstoffemissionen auffangen, noch bevor sie in die Luft gelangen. Dazu gehört die von Tallano Technologie entwickelte Lösung, die weiter unten vorgestellt wird. Dadurch bietet sich die Möglichkeit, sich den Herausforderungen zu stellen und die jedes Jahr Millionen von Opfern fordernde Luftverschmutzung zu reduzieren. Christophe Rocca-Serra hebt zudem hervor, dass die Leidtragenden der Feinstaubemissionen in erster Linie den weniger wohlhabenden Bevölkerungsgruppen angehören: „In der Regel handelt es sich bei den Menschen, die an stark befahrenen Straßen oder Umgehungsstraßen wohnen, nicht um die finanzstärksten Schichten der Gesellschaft“.

Und somit handelt es sich bei der Luftverschmutzung auch um eine soziale Ungerechtigkeit und eine unbestreitbare Herausforderung für die öffentliche Gesundheit, deren Auswirkungen einer Katastrophe gleichkommen. Die Mittel und Wege, um dieser Problematik ein Ende zu setzen, sind bereits vorhanden. Nun ist es an der Zeit, durch die erforderlichen Vorschriften und Auflagen auch die Automobilhersteller in die Thematik einzubinden und den Menschen so endlich wieder gesunde Luft zum Atmen zur Verfügung zu stellen. Bei Tallano stehen wir bereit, um diese Bewegung zu begleiten und tatkräftig an der Verbesserung der Luftqualität auf unserem Planeten mitzuwirken. Lassen Sie uns gemeinsam davon träumen, dass wir eines Tages wie Gilbert Cesbron sagen können: „Ich habe eine Zeit erlebt, in der die schlimmste Verschmutzung darin bestand, dass die Leute ihre Teppiche aus dem Fenster schüttelten“.



Christophe Rocca-Serra,
CEO von Tallano Technologies

Wir sind davon überzeugt, dass die aktive Filterung durch Ansaugen die einzig wirkliche Lösung darstellt.“ Das von Tallano Technologies entwickelte „TAMIC“-System wird direkt an der Bremse von Straßen- oder Schienenfahrzeugen befestigt und reduziert den Bremsstaub um mehr als 90%. Dieses universelle System konnte seine Wirksamkeit sowohl im Labor als auch unter realen Bedingungen unter Beweis stellen und kann an alle Fahrzeugtypen angepasst werden.

MEHR ERFAHREN



¹ Fédération internationale de l'automobile (Internationaler Automobilverband)

² Quelle: <https://www.airparif.asso.fr/les-particules-fines>

ERFAHREN SIE MEHR

³ Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt, dass die Langzeitbelastung mit kleinen Partikeln (PM_{2,5}) bei höchstens fünf Mikrogramm pro Kubikmeter Luft sollte.

⁴ Quelle: <https://aqli.epic.uchicago.edu/news/air-pollution-cuts-life-expectancy-by-more-than-two-years-study-says/>

ERFAHREN SIE MEHR

⁵ Quelle: Bericht der Europäischen Umweltagentur, 2019

⁶ Quelle: Studie der Harvard University, 2021: https://www.lemonde.fr/planete/article/2021/02/09/un-deces-sur-cinq-dans-le-monde-serait-lie-a-la-pollution-de-l-air_6069304_3244.html

ERFAHREN SIE MEHR

⁷ Video Sur le front consacré à la pollution de l'air du métro: <https://www.facebook.com/francetvslash/videos/2469384293352215/>

ERFAHREN SIE MEHR

⁸ Quelle: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01278518/document>

ERFAHREN SIE MEHR

⁹ Quelle: https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/pollution/freins-et-roues-principales-sources-de-particules-fines-dans-les-villes_149844

ERFAHREN SIE MEHR

¹⁰ Quelle: Bogdan Munteanu. Actions de particules d'usure aéropartées sur les propriétés mécaniques et physicochimiques des « films » de surfactant pulmonaire : Conséquences sur la conception de particules tribo-bio-compatibles. INSA de Lyon, 2015. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01278518/document>

ERFAHREN SIE MEHR

¹¹ Quelle: Bukowiecki et al. 2009a, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231010002657>

ERFAHREN SIE MEHR

¹² Quelle: OECD, Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport. An Ignored Environmental Policy Challenge, 2020

¹³ Quelle: Gemeinsame Forschungsstelle (GFS), Europäische Union, 2018

¹⁴ <https://www.latribuneauto.com/reportages/environnement/11488-les-freins-sont-le-premier-emetteur-de-particules-fines-sur-la-route#:~:text=Die%20Norm%20Euro%206%2C%20en,der%20%20C3%A9missionen%20f%C3%9C%20Bremsarbeiten>

ERFAHREN SIE MEHR

¹⁵ Quelle: INSA Lyon 2011 <https://www.latribuneauto.com/reportages/environnement/11488-les-freins-sont-le-premier-emetteur-de-particules-fines-sur-la-route#:~:text=Die%20Norm%20Euro%206%2C%20en,der%20%20C3%A9missionen%20f%C3%9C%20Freinage>

ERFAHREN SIE MEHR

¹⁶ ADEME-Expertenbrief – Émissions des véhicules routiers, les particules hors échappement: <https://librairie.ademe.fr/air-et-bruit/5384-emission-des-vehicules-routiers-les-particules-hors-echappement.html>

ERFAHREN SIE MEHR

¹⁷ Bericht Nr. 610 (2014-2015) von Leila AÏCHI im Namen der EK Wirtschaftliche und finanzielle Kosten der Luftverschmutzung, 8. Juli 2015, Pollution of air: the cost of inaction. <http://www.senat.fr/rap/r14-610-1/r14-610-1.html>

ERFAHREN SIE MEHR

¹⁸ Quelle: Yue-Wern Huang, Chi-heng Wu und Robert S. Aronstam, Toxicity of Transition Metal Oxide Nanoparticles: Recent Insights from in vitro Studies, Missouri University of Science and Technology, 2010.

¹⁹ Quelle: <https://inews.co.uk/news/environment/brake-dust-major-source-air-pollution-study-finds-383233>

ERFAHREN SIE MEHR

²⁰ Quelle: <http://www.senat.fr/rap/r14-610-1/r14-610-11.pdf>

ERFAHREN SIE MEHR

²¹ Quelle: Wu, X., Nethery, R. C., Sabath, M. B., Braun, D. and Dominici, F., 2020. Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: Strengths and limitations of an ecological regression analysis. Science advances

²² Thomas A. Cahill, David E. Barnes, Nicholas J. Spada, Jonathan A. Lawton & Thomas M. Cahill (2011): Very Fine and Ultrafine Metals and Ischemic Heart Disease in the California Central Valley 1: 2003-2007, Aerosol Science and Technology. <http://dx.doi.org/10.1080/02786826.2011.582194>

ERFAHREN SIE MEHR

²³ Quelle: Prüss-Üstün et al., 2016; EEA, 2020c. <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-burden-of-cancer/air-pollution>

ERFAHREN SIE MEHR

²⁴ Quelle: IHME, 2020 <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-burden-of-cancer/air-pollution>

ERFAHREN SIE MEHR

²⁵ Quelle: Prüss-Üstün et al., 2016; EEA, 2020c. <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-burden-of-cancer/air-pollution>

ERFAHREN SIE MEHR

²⁶ Europäische Umweltagentur, Bericht Beating cancer — the role of Europe's environment, 28. Juni 2022

²⁷ Quelle: Arden Pope III; Richard T. Burnett, Michael J. Thun, Eugenia E. Calle, Daniel Krewski, Kazuhiko Ito, George D. Thurston, Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution, Jama, 2002. <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/194704>

ERFAHREN SIE MEHR

²⁸ Calderón-Garcidueñas, González-Maciel, Mukherjee, Reynoso-Robles, Pérez-Guillé, Gayosso-Chávez, Torres-Jardón, Cross, Ahmed, Karloukovski, Maher, Combustion- and Friction-Derived Magnetic Air Pollution Nanoparticles in Human Hearts, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108567>

ERFAHREN SIE MEHR

²⁹ Quelle: <http://www.senat.fr/rap/r14-610-1/r14-610-11.pdf>

ERFAHREN SIE MEHR

³⁰ Quelle: <https://www.oecd.org/fr/environnement/non-exhaust-particulate-emissions-from-road-transport-4a4dc6ca-en.htm>

ERFAHREN SIE MEHR

³¹ Quelle: <https://www.publicsenat.fr/article/politique/norme-antipollution-euro-7-la-voiture-bientot-un-produit-de-luxe-190974>

ERFAHREN SIE MEHR

³² Quelle: <https://www.publicsenat.fr/article/politique/norme-antipollution-euro-7-la-voiture-bientot-un-produit-de-luxe-190974>

ERFAHREN SIE MEHR

Dieses Whitepaper wurde verfasst von
von Tallano Technologies

Redaktionelle Leitung: Baptiste Roux Dit Riche
Redaktion: Stéphanie Prouvost
Übersetzung: Ruth Simpson (Anglais),
Cécile Kleszcz (Allemand)
Grafiker: Corentin Daudin - YelloDesign

L'USURE DES FREINS AUTOMOBILES,
QUELS RISQUES POUR NOTRE SANTÉ ?

tallano
technologies