

„Wer nichts weiß, muss alles glauben!“

stellte schon vor vielen Jahren eine der bedeutendsten deutschsprachigen Schriftstellerinnen des 19. Jahrhunderts fest - **Marie von Ebner-Eschenbach** (1830 -1916).

Liebe Leserinnen und Leser,

ich finde es immer wieder *unglaublich*, was Bürgerinnen und Bürger zum Thema „Zukünftige Mobilität“ alles an „einfach erklärten Daten und Fakten, e.g. [1]“ *glauben sollen*.

Nicht nur beim Thema „Konventionelle Antriebsformen“, sondern insbesondere auch beim Thema „E-Mobilität“ bestehen weiterhin keinerlei Hemmungen, Falschinformationen und Unfug zu publizieren, wie nachfolgendes Beispiel aufzeigt.



The screenshot shows the website for Maingau Energie. At the top, there is a navigation bar with the Maingau logo and menu items: STROM, GAS, E-MOBILITÄT, DSL, SHOP, NETZ, ÜBER UNS, SERVICE, and a search icon. A blue button labeled 'MEINE MAINGAU' is on the right. Below the navigation bar, there is a video player showing a man speaking. To the right of the video, there is a blue box with the text 'Lokal 100% emissionsfrei' and a list of items: '• KEIN Feinstaub', '• KEIN Kohlendioxid', '• KEIN Kohlenmonoxid', '• KEIN Stickstoff', and '= • KEIN Gestank!'. To the right of this box, there are two sections of text. The first section is titled 'Vorteil 3: Man fährt lokal 100% emissionsfrei' and describes the benefits of electric cars, mentioning 'Feinstaub', 'Kohlendioxid', and 'keinen Stickstoff'. The second section is titled 'Vorteil 4: Der hohe Fahrspaßfaktor' and describes the acceleration and torque of electric cars.

Bild 1: Auszug der Webseite des Energieversorgers „Maingau-Energie“ über Vorzüge des Elektroautos, [1]

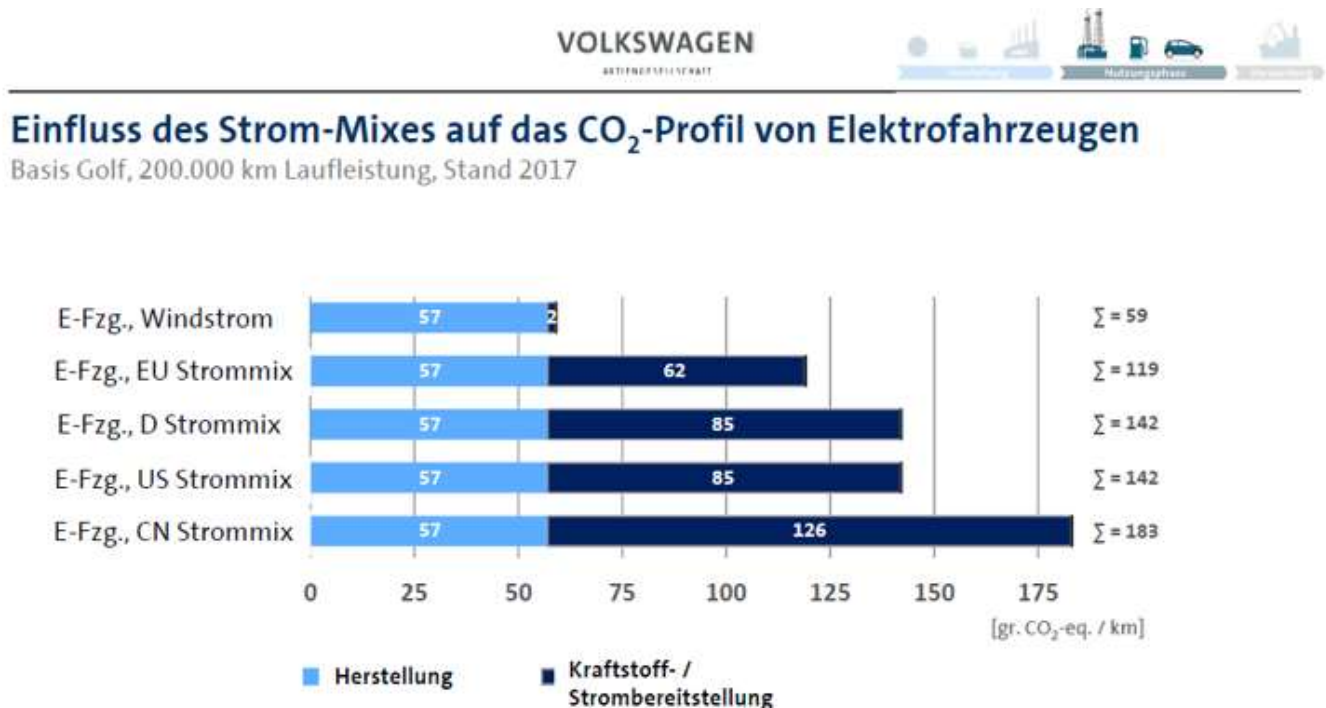
Sehr bedauerlich oder vielmehr beunruhigend, dass solche Desinformation nicht nur von ahnungsreichen Journalisten und diversen Politikern verbreitet wird, sondern im vorliegenden Beispiel auch von einem großen Stromversorger, siehe **Bild 1**. Hier dürfte der Verbraucher m.E. eigentlich „etwas mehr Kompetenz“ erwarten.

In einer aktuellen Diskussion mit Studierenden ging es einmal wieder um den Beitrag des BEV (**B**attery **E**lectric **V**ehicle) zu direkten Schadstoff-Emissionen, insbesondere auch zur Feinstaub-Emission. Bei Recherchen fielen dann u.a. die in **Bild 1** dargestellten „Daten und Fakten“ der **Maingau-Energie** auf.

Der Fahrer eines BEV verursacht also weder Feinstaub, noch Kohlendioxid, kein Kohlenmonoxid und – man höre und staune - **keinen Stickstoff**. Man bewegt sich „lokal 100% emissionsfrei“!

KOHLENDIOXID CO2

Die **Kohlendioxid**-Bilanz gehört wohl zu den meist diskutierten Grundlagen beim Thema „Zukünftige Antriebskonzepte“. Auch ein BEV verursacht CO₂-Emissionen. Sowohl in der Herstellung als auch in der Regel bei der Stromerzeugung für den Fahrbetrieb. Bei Kohlendioxid spielt es aber eher keine Rolle, wo dieses entsteht. Mittlerweile dürfte es sich auch herumgesprochen haben, welche „Stellhebel“ für das Fazit in den diversen Vergleichsstudien zwischen BEVs und konventionellen Antrieben zur Verfügung stehen. Je nach den von den Verfassern der Studie getroffenen Annahmen für den Strommix (und ggfs. seine positive Weiterentwicklung) sowie der angenommenen CO₂-Entstehung bei der Batterieherstellung – um hier nur 2 „Einstellknöpfe“ zu nennen - lässt sich das Ergebnis dieser Studien a priori absehen. Beispielhaft zeigt hierzu **Bild 2** einen Auszug aus einer aktuellen Studie des **VW-Konzerns** zum Einfluss des „Strommix“ verschiedener Länder.



Stand: 24. April 2019

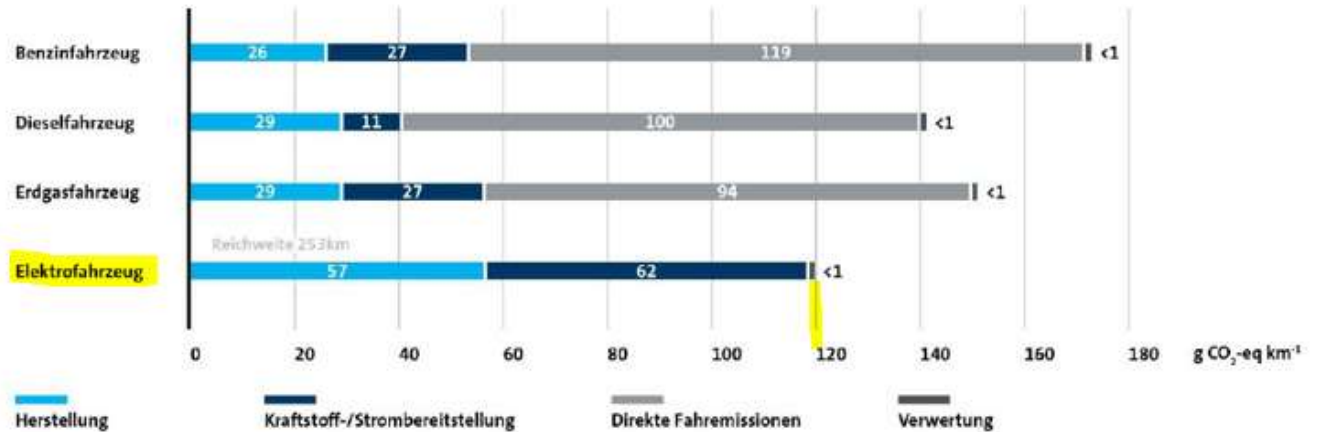
Bild 2: Einfluss des länderspezifischen Strommix auf die CO₂-Emissionen von BEV (Volkswagen, Ludwigsburg, 2020)

Auf Basis des **deutschen Strommix** beispielsweise ergibt sich nach Bild 2 für ein BEV auf Golf-Basis ein CO₂-Äquivalent von 142 g/km im Jahr 2017. Nicht dargestellt, lag der Diesel-Referenz-Golf im gleichen Jahr bei 140 g/km CO₂-Äquivalent! Unbestritten verbessert sich von Jahr zu Jahr die CO₂-Bilanz des BEV mit dem jedem weiteren Rückgang des „Kohlestroms“ im Mix. Aber das ist jetzt nicht die Frage.

Will man heute schon „gewisse CO₂-Vorteile“ des BEV auszuweisen, „empfiehlt sich“ bspw. die Verwendung des „EU-Strommix“ und die Vermeidung jeglicher Hinweise darauf. Diese Strategie illustriert Volkswagen im nachfolgenden Diagramm 2a.

Klimabilanz verschiedener Antriebe – heute

Basis Golf, aktuelle Technologien



Treibhauspotenzial (GWP) in g CO₂-eq pro km über den Lebensweg (200.000 km) eines Kompaktklassefahrzeugs für das Jahr 2017 mit unterschiedlichen Antriebskonzepten. Basis für die Berechnung der Nutzungsphase ist der WLTP-Fahrzyklus.

Stand: 24. April 2019

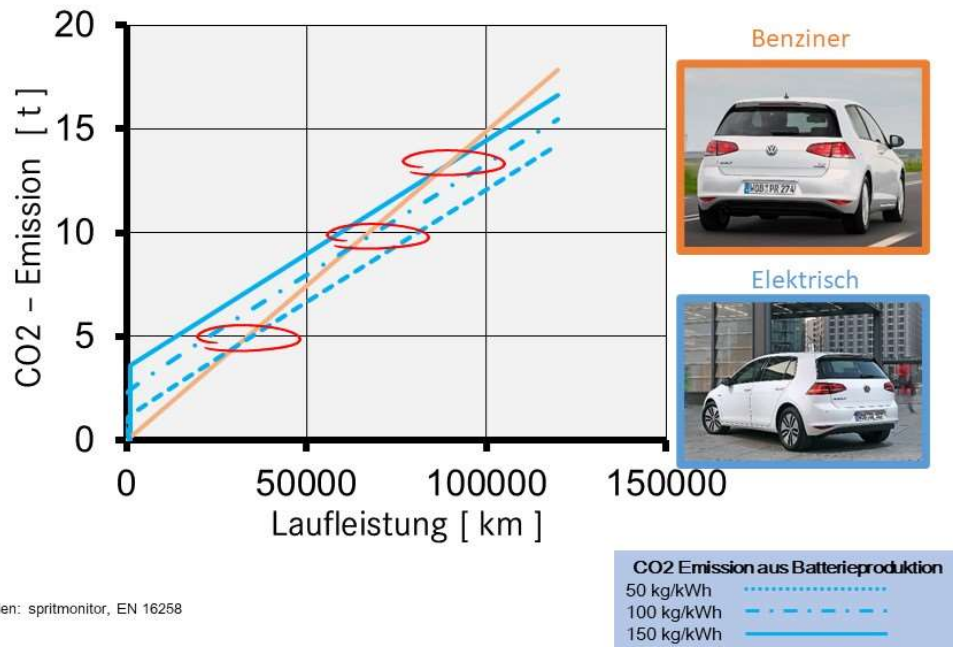
Bild 2a: „CO₂-Vorteile“ des BEV im Vergleich zu konventionellen Antrieben, (Volkswagen, 2020). Es fehlt ein Hinweis, dass beim BEV der EU-Strommix verwendet wurde. Der deutsche Strommix lieferte im Bezugsjahr um 23 g/km höhere CO₂-Werte, siehe Bild 2. Damit lag das BEV aber auf gleichem Niveau wie das dieselbetriebene Vergleichsfahrzeug!

In meinem zweiten Beispiel gehe ich auf die gern und oft publizierte Behauptung „Nach x km Laufleistung liegt das BEV schließlich in seinen CO₂-Emissionen niedriger als ein konventionelles Fahrzeug“. Wie stellt man in seiner Studie dieses „x“ nun ein? Höhere Mathematik ist dazu nicht von Nöten, ich versuche zur einfachen Erklärung eine grafische Erklärung, Bild 3. Man nimmt zunächst eine gewisse Menge CO₂ an, die bei der Herstellung der Batterie des BEV emittiert wurde. Und natürlich eine gewisse Batteriekapazität des BEV in [kWh]. Auf diese Weise erreicht man, dass die Geraden, die ich in Bild 3 beispielhaft für fiktive Annahmen einer spezifischen CO₂-Emission bei der Batterieherstellung (50, 100 und 150 kg CO₂ je kWh Batteriekapazität) entwickelt habe, das Koordinatensystem nicht mehr im Ursprung schneiden und der CO₂ Vorteil des BEV erst nach x km Laufleistung eintritt (= Schnittpunkt der blauen Geraden mit der orangenen Geraden des gewählten Referenzfahrzeugs).

Ohne Berücksichtigung dieser „Ausgangslast“, oft auch als „CO₂-Rucksack“ titulierte, resultiert für das BEV bereits ab 0 km auch beim aktuellen Strommix in Deutschland ein deutlicher CO₂-Vorteil. Die Bandbreite für die Annahme von CO₂-Emission der Batteriefertigung ist zudem noch erheblich größer, als ich in meinem einfachen Beispiel angenommen habe. In der Literatur finden sich Werte zwischen 39 und 275 kg CO₂, siehe bspw. „Agora Verkehrswende (2019): Klimabilanz von Elektroautos, Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial“.

CO₂ Emissionen = f (Laufleistung, Batterieproduktion)

Vergleichsfahrzeuge: e-Golf, 85 kW vs. VW Golf 1.0 TSI, 85 kW
 Strom: 15,6 kWh/100km, Basis dt. Strommix (2016) mit 527 g/kWh CO₂, Vorkette: 10%, Übertragungsverluste: 5%,
 Ladeverluste: 15%, Batterie: 24,2 kWh,
 Benzin: 5,5 l/100 km, Well-To-Wheel Betrachtung für E10 nach EN 16258, Laufzeit 8 Jahre je 15000 km



Datenquellen: spritmonitor, EN 16258

Bild 3: Einfluss der Batterieproduktion auf die CO₂-Emissionen von BEVs und Vergleich mit konventionellem Antrieb (eigene Berechnung und Darstellung)

KOHLENMONOXID CO

Im Vergleich zur Situation im letzten Jahrhundert hat die Bedeutung von **Kohlenmonoxid CO** aufgrund der rapide gesunkenen Gesamtmengen an CO (von 1990 bis 2018 ca. 80% Rückgang) stark abgenommen, siehe bspw. [3]. Der aktuelle Immissionsgrenzwert liegt bei 10 mg/m³ (als 8h-Mittelwert, Achtung: hier wirklich Milligramm mg und nicht Mikrogramm µg) und wird in ganz Deutschland nach den Aufzeichnungen des UBA und des LUBW weit unterschritten. Von den Stuttgarter Messstationen zeichnet mittlerweile nur noch die Station am Arnulf-Klett-Platz CO-Immissionen auf. Für das Jahr 2016 werden von dort 1,5 mg/m³, für 2017 1,3 mg/m³, für 2018 0,9 mg/m³ und für das Jahr 2019 1,1 mg/m³ als Maximalwerte berichtet (LUBW, 2020). **Kohlenmonoxid ist zwischenzeitlich eigentlich kein Thema mehr, dass man in Zusammenhang mit „Verkehrsemissionen“ diskutieren muss.**

STICKSTOFF UND OXIDE DES STICKSTOFFS

Lt. **Maingau-Energie** verursacht man (als BEV Fahrer) ebenfalls „**keinen Stickstoff**“. Nein, es handelt sich offensichtlich (Bild 1) nicht um einen singulären Druckfehler auf

der Webseite der **Maingau Energie**. Vergleichbar mit ähnlichen Äußerungen des **Grünen-Fraktionschefs A. Hofreiter**, kennt man offensichtlich auch beim besagten Energieversorger den „kleinen Unterschied“ zwischen dem Stickstoff N₂ und seinen Oxiden NO, NO₂ u.a. nicht. Unsere Atmosphäre besteht primär aus 2 Gasen: Sauerstoff O₂ und Stickstoff N₂. Etwa 78 Vol.-% der Atemluft sind dabei Stickstoff N₂!

Gemeint sind selbstverständlich die Stickoxid-Emissionen der mit konventionellen Verbrennungsmotoren betriebenen Pkw. Entgegen der fortwährenden Desinformation durch viele Medien, Politik und NGOs hat die **Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina** [2] die Bedeutung von Stickoxiden in allen Facetten richtiggestellt, insbesondere auch im Vergleich zum Feinstaub. Nach der Einführung von Euro6d ist das Thema „Stickoxide bei Verbrennungsmotoren“ mittlerweile eher Technikgeschichte. Mehrere Studien beziffern den zukünftigen Gesamtbeitrag von Pkw auf die NO₂-Immissionsbelastung bspw. am Neckartor auf unter 3 µg/m³, wenn alle Fahrzeuge der Euro6d Norm genügen.

FEINSTAUB

Von erheblich größerer Bedeutung sind hingegen die **Feinstaub**-Emissionen, wie es auch die **Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina** in ihrer Stellungnahme „*Saubere Luft – Stickstoffoxide und Feinstaub in der Atemluft: Grundlagen und Empfehlungen*“ vom April 2019 ausgeführt hat, [2].

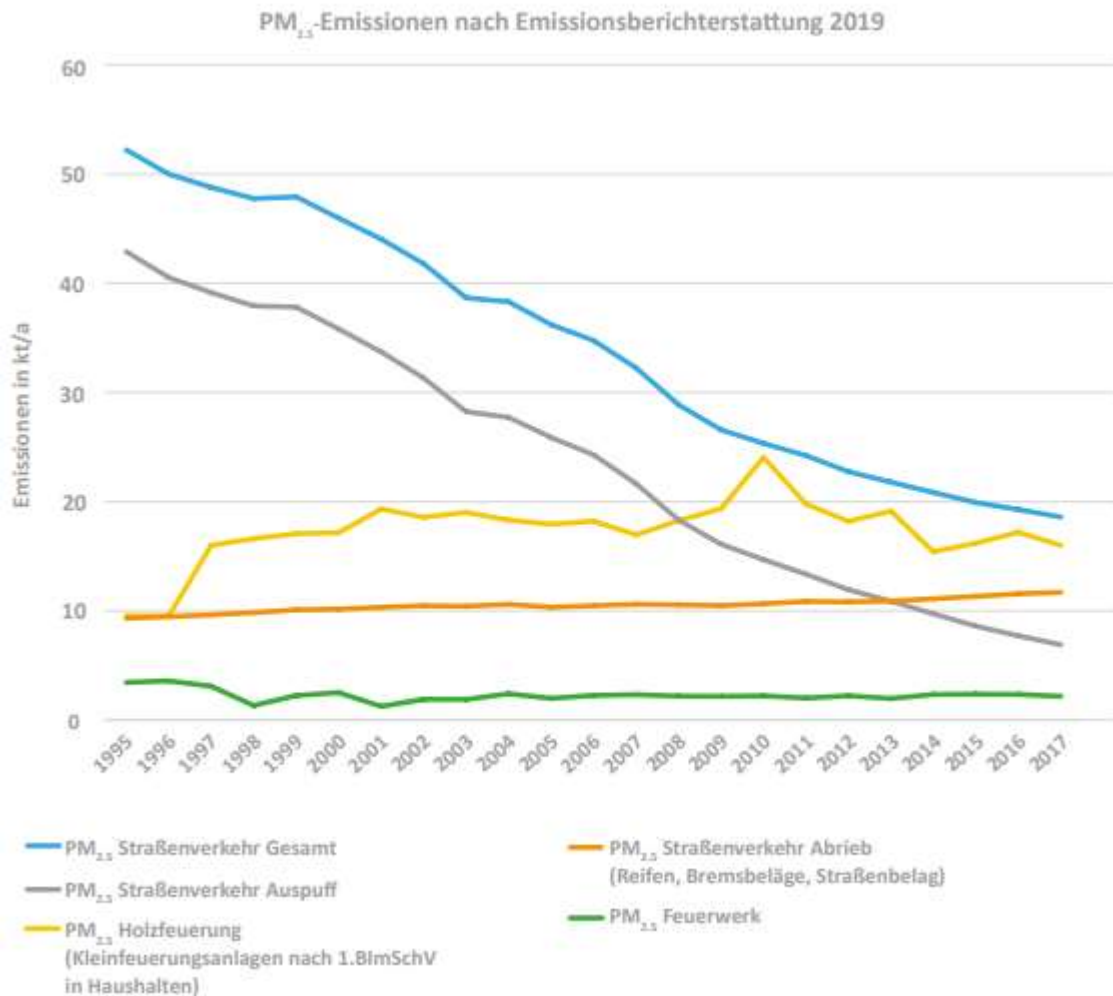


Bild 4: Historische Entwicklung der PM_{2.5} Emissionen nach ausgewählten Verursachern (Nationale Akademie der Wissenschaften, 2019, [2])

Was den Straßenverkehr angeht, sinkt dessen Anteil an den gesundheitsgefährlichen **PM_{2.5} Emissionen** in Deutschland seit Jahrzehnten kontinuierlich, wie **Bild 4** (blauer Kurvenzug) illustriert. Unterteilt wird in diesem Diagramm weiterhin nach „Auspuffemissionen“ (= graue Linie) sowie „Feinstaub durch Abrieb von Reifen, Bremsbelägen und Straßenbelag“ (= orangene Linie). Bereits 2016 hatte das LUBW eine **Verursachermanalyse der Feinstaub-Immissionen** am Neckartor publiziert und in diesem Zusammenhang den seit Jahren zurückgehenden, mittlerweile nur noch im einstelligen Prozent-Bereich liegenden Beitrag verbrennungsmotorischer Feinstaub-Emissionen aufgezeigt.

Den beschriebenen „Feinstaub durch Abrieb“ hingegen verursachen aber auch Elektrofahrzeuge im Fahrbetrieb. **Insofern ist die Behauptung der Maingau-Energie, dass ein BEV „lokal keinen Feinstaub“ generiert, schlichtweg falsch.**

Der Stromversorger befindet sich in seiner Unwissenheit allerdings in guter Gesellschaft – bspw. mit den zuständigen Behörden und Verantwortlichen der Stadt Stuttgart, die beim Thema „Feinstaubalarm“ gar **das Elektroauto als Abhilfe** empfehlen, **Bild 5, rechts.**



Bild 5: Warn- und Hinweistafeln in Stuttgart während des sogenannten „Feinstaub-Alarms“ in den Jahren 2016 bis 2020. Das Piktogramm ganz rechts – der „Radfahrer“ – wurde später durch den „Stromstecker“ ersetzt. (Fotos: Stuttgarter Nachrichten)

Experten-Meinungen waren zum damaligen Zeitpunkt bei den Verantwortlichen in Stuttgart kaum gefragt:

„In Stuttgart wurden 2015 durch Autos jeden Tag rund 475 Kilogramm Feinstaub freigesetzt. Davon entstehen rund 77 Kilogramm durch die Abgase. Rund 398 Kilogramm, also etwa 84 Prozent, entstehen aber durch den Abrieb von Reifen, Bremsen und durch Wiederaufwirbelung, den es beim E-Auto genauso gibt wie bei Autos mit Verbrennungsmotor. Auch bei den Aufwirbelungen, die durch das Fahren entstehen und Feinstaub in die Luft bringen, gibt es keinen Unterschied zwischen Verbrennungsmotor und Elektromotor. **Gegen den Feinstaub bringt das Elektroauto also nicht allzu viel.**“, befand bspw. der Stuttgarter Dekra-Experte C. Klinke bereits im Jahr 2016, siehe [7], [13].

Welche Daten und Informationen liegen hinsichtlich der **Feinstaub-Emissionen und Immissionen durch Reifenabrieb** liegen vor? **Und welchen Beitrag liefert hier das BEV?**

Die Aussagen dreier großer Reifenproduzenten zum Thema **„Reifenabrieb bei e-Autos“** lauten ziemlich gleich, sind aber doch eher qualitativer Natur.

„Herkömmliche Reifen nutzen sich laut aufgrund des unmittelbar anstehenden Drehmoments von Elektroautos deutlich schneller ab, als dies bei Verbrennern der Fall sei. Außerdem könne sich das Mehrgewicht der Batterie negativ auf die Performance auswirken.“, so der Reifenproduzent **Goodyear** in [4].

In ähnlicher Weise äußerte sich E. Degenhart, Chef des Reifenherstellers **Continental** in [5]: „Und die Reifen verschleiß schneller, denn das Drehmoment der E-Motoren ist viel höher als beim Verbrenner.“

„Auf Elektroautos halten herkömmliche Reifen nur halb so lang wie bei einem Benzinfahrzeug“, wird der Reifenhersteller **Michelin** zitiert, [6]. „Der Grund: Die

schmalen Pneu müssen bei Elektroautos ein höheres Drehmoment aushalten – und deshalb schon nach rund 25.000 Kilometern getauscht werden.“

Verschiedene Quellen, e.g. [7], [8], [9], [10], [11], nennen für einen Reifen bei konventionellem Antrieb eine Lebensdauer zwischen etwa 40000 und 60000 km. Nach Messungen und Hochrechnungen beträgt der Gewichtsverlust eines Reifens in diesem Zeitraum etwa 1 bis 2 kg. Spezifisch resultieren daraus Emissionen durch Reifenabrieb von etwa 70 bis 200 mg/km pro Fahrzeug.

Verglichen mit den Auspuff-Emissionen moderner Verbrennungsmotoren von < 1 mg/km, erscheint dies auf den ersten Blick extrem hoch. Hier ist aber zu beachten, dass sich der PM10 Feinstaub-Anteil des gesamten Reifenabriebs lediglich im einstelligen Prozent-Bereich bewegt. Die **Bundesanstalt für Straßenwesen** beziffert diesen Beitrag zwischen 1 und 7%, [10]. Das Umweltbundesamt UBA spricht von 9%, [5].

Bei einem angenommenen Anteil von 5% ergibt sich somit **pro Pkw ein PM10-Beitrag von ca. 3,5 bis 10 mg/km durch Reifenabrieb. Auf Basis der oben aufgeführten Aussagen von Reifenproduzenten liegt der Beitrag des BEV deutlich höher bis hin zum doppelten Anteil.**

Das Drehmomentverhalten und die „*tollen Beschleunigungswerte*“ des BEV und der damit verbundene höhere Reifenverschleiß führt der Energieversorger „**Maingau-Energie**“ gar noch als „*Vorteil 4 für das Elektroauto*“ in Bild 1 auf. Die erhöhte Produktion von Feinstaub ist wirklich „*ein Vergnügen, dem niemand widerstehen kann.*“

Welche Daten und Informationen liegen weiterhin hinsichtlich der **Feinstaub-Emissionen und Immissionen durch Bremsabrieb** liegen vor? **Welchen Beitrag liefert hier das BEV?**

Nachfolgende Aussage der **Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina** [2] vom April 2019 repräsentiert eine Vielzahl gleichlautender Quellen:

*„Auch bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen entsteht Feinstaub. Elektromobilität dürfte aber zur Reduzierung der Feinstaubbelastung durch Bremsen- und Reifenabrieb beitragen. Ermöglicht wird dies vor allem durch regenerative Bremssysteme in Hybrid- und E-Fahrzeugen. **Dadurch kommen die konventionellen Bremsen weniger zum Einsatz; der Abrieb fällt geringer aus.**“*

Nach einer Quantifizierung dieses verringerten Bremsenabriebs beim BEV sucht man indes vergeblich. Will man gar eingefleischten Befürwortern des Elektroantriebs Glauben schenken, gibt es beim BEV überhaupt keinen Bremsabrieb. Die konventionelle Bremsanlage wird in vielen Foren „*als völlig überflüssig*“ erklärt.

Ich kann aktuell nicht nachvollziehen, ob und für welche BEV-Typen solche Behauptungen gültig sind. Die drei e-Smarts, die in den letzten Jahren meinen Familienfuhrpark bereichert haben, zeigten nachweislich alle Bremsstaub an den Felgen der Vorderräder. Natürlich könnte es auch sein, dass der Smart im BEV-Angebot die große Ausnahme darstellt oder meine Familie und ich unfähig sind, die Möglichkeiten der Rekuperation beim Bremsvorgang des BEVs korrekt auszuschöpfen.

Im Fortschrittsbericht 2018 der **Nationalen Plattform Elektromobilität NPE**, [20], findet sich schließlich doch noch eine Zahlenangabe. Die NPE schätzt eine Reduzierung der Feinstaub-Emissionen durch BEV aufgrund geringeren Bremsenabriebs von mindestens 30 t/Jahr bei einer Anzahl von 1 Millionen e-Fahrzeuge. Wie ist diese Zahl einzuordnen?

Den jährlichen Anfall an Bremsstaub in Deutschland beziffert der **Ludwigsburger Filterspezialist Mann & Hummel** aktuell auf rund 10000 t, siehe [17], [18]. 90% dieser Partikel seien kleiner als 0,6 µm. Daraus ergibt sich mit einer Jahresfahrleistung aller deutschen Pkw (KBA 2020, [16]) von ca. 630000 Millionen km eine spezifische Emission von **16 mg/km** pro Fahrzeug. Nicht näher benannte Experten schätzten lt. **Deutschlandfunk** [19] die Emissionen durch Bremsstaub zwischen **12 und 18 mg/km**. Dqs **statistische Landesamt Baden-Württemberg** gibt für 2018 die Feinstaub-Fraktion PM10 von Bremsstaub mit 895 t an. Mit der jährlichen Fahrleistung in Baden-Württemberg von 80000 Millionen km errechnet sich eine spezifische Emission von **11 mg/km**. **Prof. K. Augsburg, TU Ilmenau**, zeigte im März 2020 beim Abgas- und Partikelforum in Ludwigsburg nach eigenen Untersuchungen einen Bremsabrieb von **4,5 mg/km** (pro Bremse!) auf. Die Annahme von 10000 t scheint somit bis auf weiteres plausibel, siehe hierzu auch Bild 4.

Jetzt bleibt nur zu hoffen, dass die Schätzung der **Nationalen Plattform Mobilität NPE** völlig daneben liegt oder vielleicht auch ein Druckfehler vorliegt. Falls nein, würde der positive Effekt der Rekuperation ja völlig überschätzt und läge bei weniger als 1% (bei 1 Million BEV) der totalen Feinstaubmenge aus Bremsabrieb.

Völlig kurios finde ich schlussendlich die „Lösung der Gleichung“ durch den Energieversorger „**Maingau-Energie**“ im linken Teil von Bild 1. „**Kein Feinstaub, kein Kohlendioxid, kein Kohlenmonoxid, kein Stickstoff = KEIN GESTANK**“, wird dem Betrachter vermittelt. „**Wer nichts weiß, muß alles glauben**“. Nur zu dumm, dass keines dieser Gase - in den hier relevanten Konzentrationen - und zudem auch der Feinstaub **geruchlos** sind. Natürlich **auch farblos**, was bspw. Kohlenmonoxid besonders gefährlich macht. Ein Blick ins Chemiebuch ihrer Schulzeit hätte den Verfassern dieser Webseite vielleicht geholfen, vom Publizieren dieses Unsinnis Abstand zu nehmen.

Quellen:

[1] <https://www.maingau-energie.de/e-mobilit>, letzter Zugriff am 30.7.2020

[2] https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/Leo_Stellungnahme_Saubere_Luft_2019_Web_03.pdf, letzter Zugriff am 31.07.2020

[3] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1091271/umfrage/kohlenmonoxid-emissionen-in-deutschland/>, letzter Zugang am 31.07.2020

[4] <https://ecomento.de/2018/03/07/goodyear-entwickelt-reifen-spezial-fuer-elektroautos/>, letzter Zugang am 01.08.2020

- [5] <https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/continental-chef-degenhart-reifen-fuer-elektroautos-sind-anspruchsvoller/14980836-2.html>, letzter Zugriff am 01.08.2020
- [6] https://www.focus.de/auto/elektroauto/reifen-fuer-e-autos-elektroautos-als-reifenmoerder-rollwiderstand-kostet-reichweite_id_9311683.html, letzter Zugriff am 01.08.2020
- [7] [zeit.de/mobilitaet/2017-02/feinstaub-motoren-luftverschmutzung-reifen-abrieb-bremsen](https://www.zeit.de/mobilitaet/2017-02/feinstaub-motoren-luftverschmutzung-reifen-abrieb-bremsen), letzter Zugriff am 02.08.2020
- [8] <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/gummischmutz-feinstaubbericht-schreckt-reifenindustrie-auf-a-352025.html>, letzter Zugriff am 03.08.2020
- [9] <https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/reifenabrieb-100.html>, letzter Zugriff am 02.08.2020
- [10] <https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/60/file/V188.pdf>, letzter Zugriff am 02.08.2020
- [11] <https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/2018/tyrewearmapping.html>, letzter Zugang am 02.08.2020
- [12] <https://www.auto-motor-und-sport.de/verkehr/mikroplastik-durch-autoreifen/vom-5.9.2018>, letzter Zugang am 13.11.19
- [13] <https://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.dekra-auto-chef-zu-feinstaub-in-stuttgart-es-gibt-besseres-als-fahrverbote.facef8e6-6e05-4a6b-8684-db78c242c5c2.html>, letzter Zugriff am 03.08.2020
- [14] <https://www.ingenieur.de/fachmedien/verkehr/exposition/einfluss-der-elektromobilitaet-auf-die-co2-bilanz-und-luftqualitaet-am-beispiel-von-berlin/>, letzter Zugriff am 04.08.2020
- [15] J. Panko et al., „*Evaluation of Tire Wear Contribution to PM2.5 in Urban Environments*“, Februar 2019, <https://www.mdpi.com/2073-4433/10/2/99/html>, letzter Zugriff am 04.08.2020
- [16] https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_inhalt.html;jsessionid=BC033335B97C75D5E51C58F795213E71.live21303?nn=2351536, letzter Zugang am 04.08.2020
- [17] <https://www.mann-hummel.com/de/forschung-und-entwicklung/innovationen-und-kreativitaet/filterloesung-fuer-die-bremse/>, letzter Zugriff am 05.08.2020
- [18] <https://www.faz.net/aktuell/technik-motor/motor/filter-gegen-feinstaub-gehen-bald-in-serie-16184185.html#:~:text=Laut%20Hersteller%20entstehen%20allj%C3.%A4hrlich%20und,kleiner%20als%2010%20Mikrometer%20sind>, letzter Zugriff am 05.08.2020
- [19] https://www.deutschlandfunk.de/ungesundes-zubehoer.697.de.html?dram:article_id=72660, letzter Zugriff am 05.08.2020

[20] http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_Fortschrittsbericht_2018_barrierefrei.pdf, letzter Zugriff am 06.08.2020