

„125 Jahre Dieselmotor – und jetzt?“ - eine Geburtstagsparty auf 3sat Nano am 28. Januar 2022 mit fragwürdiger Expertise der Gäste

Bedeutende technische Errungenschaften feiern zuweilen mehrfach ihre Geburtsstunde. So berichtete bspw. *Deutschlandfunk-Kultur* bereits im Jahr 2017 (!) über den 125. Geburtstag des Dieselmotors, (Grötelutschen, 2017). Die Fachwelt indessen würdigte im gleichen Jahr aber erst den 120. Geburtstag der nach ihrem Erfinder *Rudolf Diesel* benannten Wärmekraftmaschine, (Tschöke, 2017). Aber selbst unter Motorenexperten zeigt sich hier eine gewisse Inkonsequenz.

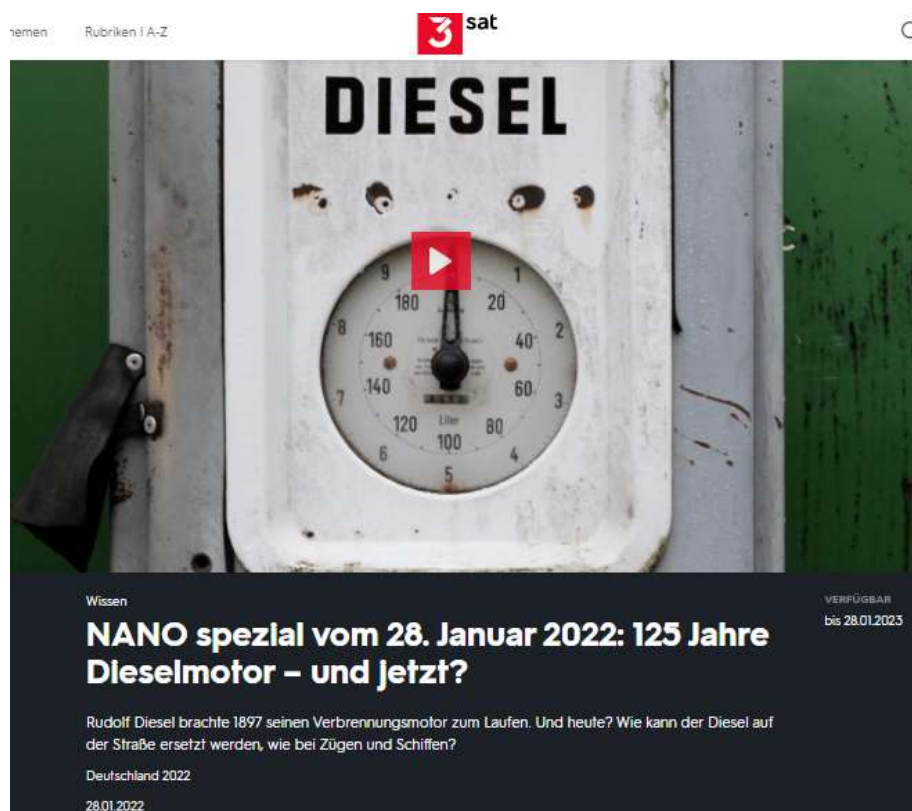


Bild 1: 3Sat Sendung vom 28. Januar 2022 (Link zur Sendung: <https://www.3sat.de/wissen/nano/220128-sendung-nano-100.html>)

Statt im Jahr 1997 feierte bspw. auch die Forschungsvereinigung Wärmekraftmaschine FVV e.V., Frankfurt das 100-jährige Jubiläum des Dieselmotors bereits im Jahr 1993. In Zusammenarbeit mit der Fachgemeinschaft Kraftmaschinen im VDMA erschien zu diesem Anlass gar ein viel beachtetes Fachbuch mit dem Titel „Hundert Jahre Dieselmotor - Idee, Patente, Lizenzen, Verbreitung“ von Hans Jürgen Reuß, (Reuß, 1993).

Die Erklärung für diesen Zeitversatz liegt ganz einfach darin, ob man nun das Jahr der Patenteinreichung 1992, das Jahr der Patenterteilung 1893 oder aber auch die Abnahmeversuche des ersten voll betriebsfähigen Dieselmotors durch *Prof. Moritz Schröder* von der TH München am 17. Februar 1897 als die „Geburtsstunde“ des Dieselmotors definiert.

Während bei vergangenen Jubiläen aber primär die weltbewegende Erfindung von *Rudolf Diesel* gewürdigt wurde, griff nun der Sender 3sat in einem NANO Spezial am 28. Januar 2022 insbesondere das Thema auf, wie der Dieselmotor zukünftig in seinen vielfältigen Anwendungen ersetzt werden kann.

Der Jubiläumsfilm auf 3sat Nano, Bild 1, startet mit einer altbekannten Werbung von VW Volkswagen in den USA aus dem Jahr 2015. Nichts eignet sich nichts besser als ein weißes Tuch oder Papierstück, das man eindrucksvoll gegen das Auspuffrohr hält, um fachfremdem Publikum die Wirkung eines Dieselpartikelfilters DPF zu demonstrieren. Im vorliegenden Werbespot benutzt die amerikanische Diesel-Enthusiastin ihren weißen Schal, um ihre kritischen Mitfahrerinnen zu überzeugen. An dem seit etwa 2005 weitestgehend rußfreien Abgas des Pkw-Dieselmotors änderte auch der so genannte „Dieselskandal“ nichts, denn der DPF reinigt kontinuierlich und kann auch nicht „abgeschaltet“ werden.

Skandalisiert wurden vielmehr die Stickoxid-Emissionen des Pkw-Dieselmotors. Beide Schadstoffe – Ruß und Stickoxid - werden aber auch heute noch von der öffentlichen Meinung immer wieder durchmengt. Der fragwürdige „Stuttgarter Feinstaubalarm“ mag als bekanntestes Beispiel dieser laienhaften Verwechslung gelten.

Nach Enthüllung der illegalen „Defeat Device“-Strategien von VW Volkswagen generalisierten die Medien den Diesel-Pkw zur „Dreckschleuder“. Ausnahmslos alle Hersteller wurden unter Generalverdacht gestellt. Bis heute beschäftigt sich die Rechtsprechung mit der Euro5 Abgastechnologie und deren Applikationen.

Die Medien sind seit 2015 zudem in der misslichen Lage, den „schmutzigen“ Dieselmotor für Zuschauer und -innen auch „schmutzig“ zu visualisieren. Dieser anspruchsvollen Aufgabe stehen aber die chemischen Eigenschaften der Stickoxide entgegen, hier insbesondere die Farblosigkeit des Stickstoff-Monoxid NO. Im Geburtstagsbeitrag von 3sat behilft man sich einmal wieder mit dem „Schwarz-Weiß-Blues“. Hierzu wechselt der zunächst in Farbe ausgestrahlte Beitrag nach der VW-Werbung in schmutzig-triste Grautöne mit – durch Abgase? - verwelktem Blattwerk auf der Straße.

Der Krieg als der Vater aller Dinge?

Auffällig ist im weiteren Sendungsverlauf der relative lange Beitrag von Coautor *Gregor Steinbrenner* über die strategische Bedeutung des Dieselmotors im ersten Weltkrieg. Aus militärhistorischer Sicht hingegen spielten U-Boote in der militärischen Planung des Deutschen Reiches bis weit in den Ersten Weltkrieg hinein nur eine nachrangige Rolle, (Monte, 2022), (Lüken, 2014). Welch geringen Stellenwert das deutsche Kaiserreich dieser Waffengattung zunächst einräumte, mag allein schon aus den reinen Zahlenverhältnissen im Vergleich zur Entente hervorgehen. Deutschland verfügte zu Kriegsbeginn 1914 über 28 Boote, von denen gerade 14 tauglich für den Fronteinsatz waren. Zum Vergleich besaßen allein die Kriegsgegner England und Frankreich 77 bzw. 55 Boote. Die ersten kaiserlichen U-Boote (U1 bis U18) wurden auch nicht von Dieselmotoren, sondern von Petroleummotoren angetrieben! U19, das im Juli 1913 in Dienst gestellt wurde, war das erste mit zwei Dieselmotoren ausgerüstete deutsche U-Boot: 2 MAN 6-Zyl. Motoren mit je 850 PS Maschinenleistung. Die im 3sat propagierten „2000 PS pro Zylinder waren ein schlagendes Argument“ sind eine Falschinformation und völlig am technischen Stand dieser Zeit vorbei.

„Der Diesel hat einen entscheidenden Nachteil: nämlich einen hohen Stickoxid-Ausstoß“,

popularisiert 3sat Nano im Übergang vom Erfolg des Dieselmotors im Pkw-Bereich zum sogenannten „Dieselskandal“ nach ca. 5min Sendezeit. Wer diese immer wieder kolportierte Falschinformation aufbrachte, lässt sich leider nicht mehr exakt nachvollziehen, (Gärtner,2021a). Die älteste Fundstelle, die ich in früheren Recherchen entdeckt hatte, fand sich ausgerechnet beim Umweltbundesamt UBA:

„Dieselmotoren erzeugen – bei Turboaufladung besonders stark – prozessbedingt wesentlich mehr NOx als Ottomotoren. Der permanent hohe Luftüberschuss in der Flamme und höhere Verbrennungstemperaturen begünstigen die chemischen Reaktionen, die zur Oxidation des Luftstickstoffs führen.“, (UBA, 2013).

Es ist sehr bedauerlich, dass diese völlig falsche Darstellung es sogar in den Hochschulbereich geschafft hat, wie im Film die fragwürdigen Erklärungen von *Prof. Dieter Scholz*, HAW Hamburg zur dieselmotorischen Stickoxid-Bildung aufzeigen. Seine aktuelle Tätigkeit als Professor für Flugzeugentwurf und korrespondierende frühere Industrie- und Lehrtätigkeiten weisen ihn andererseits auch nicht als Experten in Verbrennungsmotoren und Entstehung von Schadstoffen aus.

Zwischenzeitlich hat das UBA diese völlig falsche Darstellung von seiner Webseite genommen. Vielen Dank in diesem Zusammenhang insbesondere für das Engagement meines früheren Kollegen und langjährigen Freundes *Prof. Achim Dittler*, Lehrstuhl für mechanische Verfahrenstechnik am KIT. Interessierte finden wissenschaftlich korrekte Informationen zur innermotorischen Stickoxid-Bildung und die thermodynamischen Grundlagen von Benzin- und Dieselmotoren in meiner früheren Abhandlung, siehe „Warum sind Dieselmotoren „NOx- und NO₂-Schleudern?“ – eine zweifelhafte Erklärung des Umweltbundesamts UBA et al., (Gärtner, 2021a).

Merkwürdigerweise bestätigt auch der Chemiker und Batterieforscher *Prof. M. Fichtner* im Interview mit 3sat NANO Moderatorin *Yve Fehring* zunächst, dass der Dieselmotor deutlich „sauberer“ sei als noch vor 10 oder 15 Jahren.“ Jedoch existiert nach seiner Einschätzung weiterhin „das NOx Problem“. Was ist dann eigentlich „sauberer“ geworden? Auch „*der „Ruß, der bei neuen Kraftstoffen schlechter in den Filtern verbrennt“*“, so weitere Behauptungen von *Prof. Fichtner*, wirft zumindest bei Fachleuten in der Filtertechnologie gewisse Fragen auf.

Entgegen oft anderslautender Darstellung von Medien und vielfach geäußelter Volksmeinung verfügten europäische Pkw-Dieselmotoren bis etwa 2015 mit wenigen Ausnahmen über keine nachmotorische Abgasreinigung für Stickoxid-Emissionen.

Als Folge resultierten somit die motorischen Stickoxid-Emissionen als Summe aus den fahrpunktabhängigen Einstellungen von Einspritz- und Verbrennungsparametern des Motors. Zu letzteren zählt aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht auch die Rückführung von Abgas in den Brennraum. Das Potential dieser Verknüpfung innermotorischer Maßnahmen zur Stickoxid-Reduktion ist nicht vergleichbar mit einer aufwendigen katalytischen Abgasnachbehandlung und wesentlich geringer. Sowohl im Pkw-Bereich, aber auch im Nutzfahrzeug-Anwendungen war dieses Konzept doch ausreichend im Rahmen der Euro 5/Euro V Abgasgesetzgebung, in den USA und Japan korrespondierend EPA 2007 und Japan 2005.

Diese Situation änderte sich erst mit der Serieneinführung von Stickoxid-Speicherkatalysatoren sowie mit Ammoniak betriebener SCR-Katalysatoren (selektive katalytische Reduktion) ab Euro 6 im September 2014. Ab diesem Zeitpunkt wurde das sogenannte „Diesel-Dilemma“, das *Prof. D. Schulz* noch als gegenwärtig beschreibt, auch

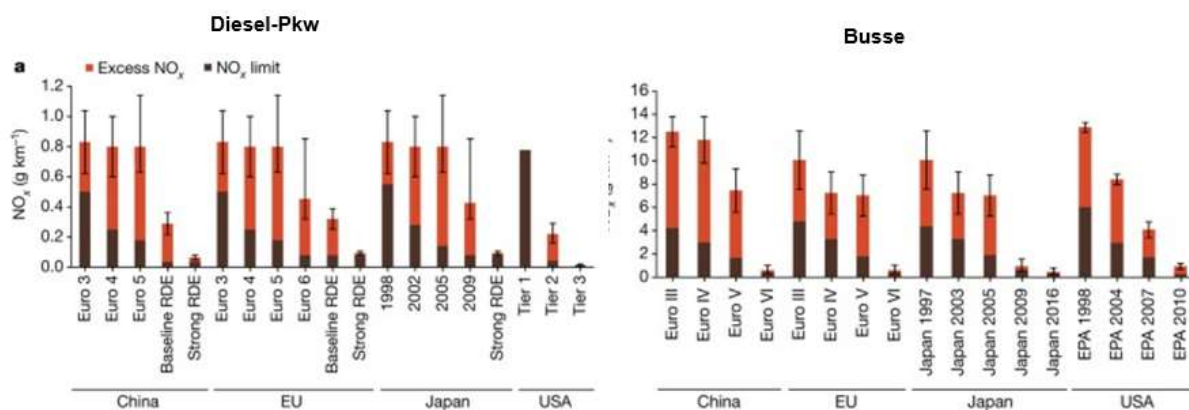
beim Pkw-Dieselmotor zur Technikgeschichte. Mit Hilfe der katalytischen Abgasreinigung kann der Zielkonflikt zwischen Verbrauchs- und damit CO₂-Absenkung und Erhöhung der thermischen Stickoxid-Bildung entschärft werden.

Wie kam es zur Diskrepanz zwischen Emissionen und Immissionen?

Die weltweite Emissionsgesetzgebung sah bis vor einigen Jahren ausschließlich die Zertifizierung der Fahrzeuge in definierten Fahrtests auf Rollenprüfständen vor. Die realen Emissionen im Straßenverkehr konnten somit abhängig vom Fahrerverhalten, dem Zustand des Fahrzeugs und von Umgebungsbedingungen abweichen. Diese Differenzen waren Herstellern und Behörden seit Mitte der neunziger Jahre (!) mit Erscheinen des ersten offiziellen HBEFA (Handbuch für Emissionsfaktoren) auch bekannt.

Teilweise erhebliche Abweichungen zwischen zertifiziertem und realem Emissionsverhalten traten aber nicht nur - wie vielfach geglaubt - in Deutschland oder auf wenige Hersteller eingeschränkt auf, sondern sind in allen wichtigen Fahrzeugmärkten der Welt erkennbar, wie Bild 2 illustriert.

Betroffen waren nicht nur Pkw mit Dieselantrieb, sondern weltweit auch alle Nutzfahrzeuge. Bild 2 verdeutlicht diesen Sachverhalt exemplarisch für die weltweiten Busflotten. Verbesserungen bei den Stickoxid-Emissionen gab es erst mit der Einführung von Euro 6 bzw. Euro VI im Nutzfahrzeugsektor, weniger durch Verschärfung der Grenzwerte, sondern insbesondere durch Einführung sogenannter RDE-Testverfahren (Real Driving Emissions) in Ergänzung zu den bisherigen Prüfstandszertifizierungen.



Quelle: Anenberg, S., Miller, J., Minjares, R. et al. Auswirkungen und Minderung übermäßiger dieselbedingter NO_x-Emissionen in 11 großen Fahrzeugmärkten. *Natur* 545, 467–471 (2017). <https://doi.org/10.1038/nature22086>

Bild 2: Reale Stickoxid-Emissionen von Diesel Pkw (links) und Bussen (rechts) in den wichtigsten Fahrzeug-Märkten

Wie weiterhin aus Bild 3 hervorgeht, bewirkte die Fortschreibung der EU-Abgasgesetzgebung zwar eine messbare Absenkung der Real-Emissionen im Pkw-Sektor. Dieser Rückgang war allerdings viel zu gering, um an verkehrsreichen Immissionsmeßstellen wie dem Stuttgarter Neckartor die Einhaltung der NO₂-Immissionsgrenzwerte zu gewährleisten. Aus dieser Darstellung lässt sich weiterhin ableiten, dass Emissions- und Immissionsgesetzgebung nicht

aufeinander abgestimmt war. Bemerkenswert, dass sich diese fatale Fehlentwicklung schon viele Jahre vor dem „Diesel-Skandal“ abzeichnete.

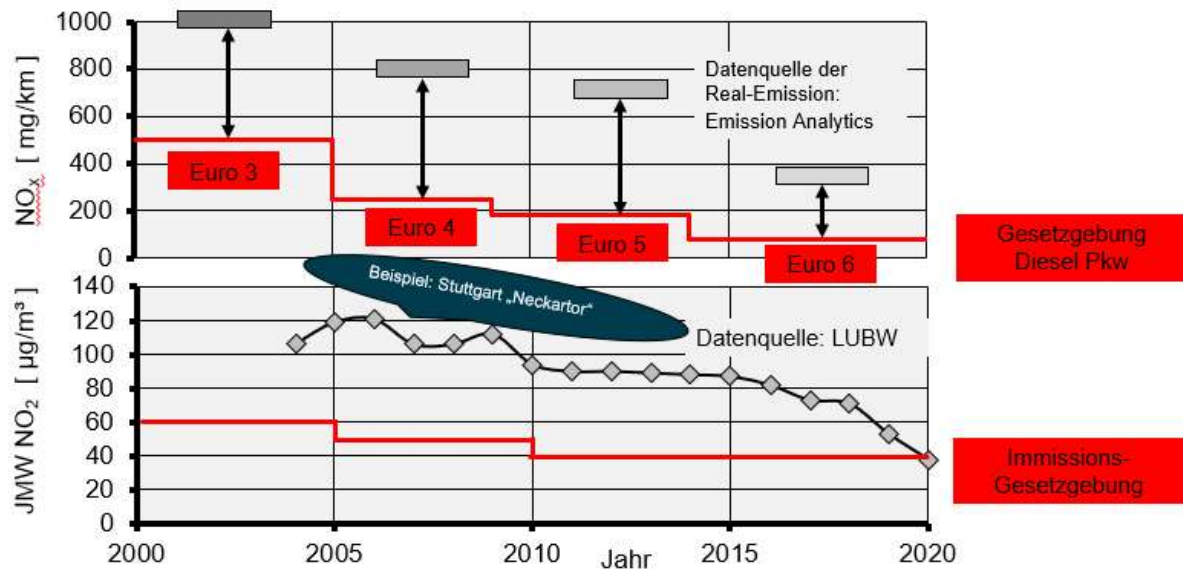
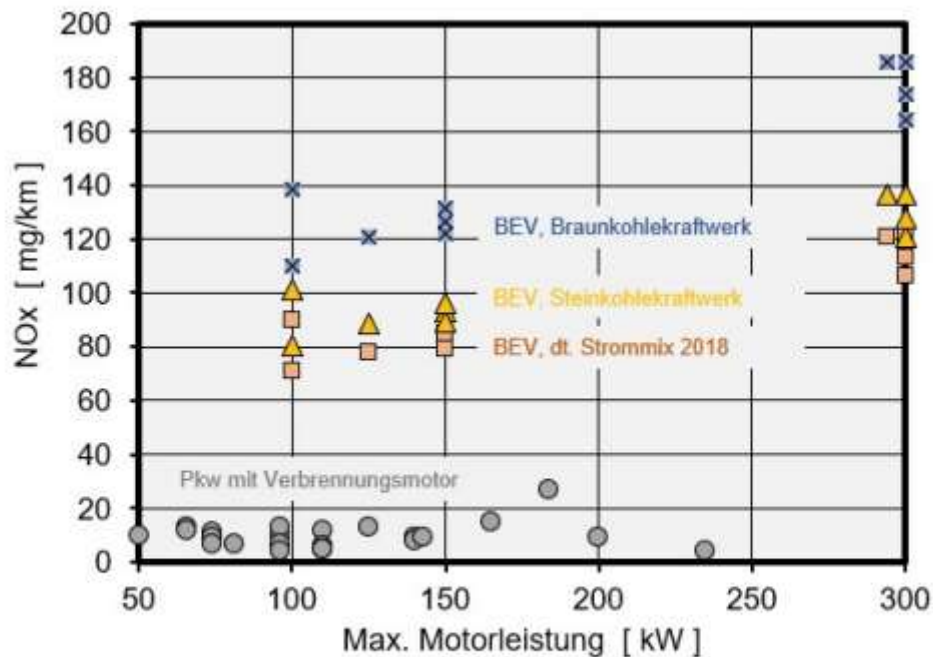


Bild 3: Reale Stickoxid-Emissionen von Pkw (oben) und Historie der NO₂-Immissionen am Stuttgarter Neckartor, (Gärtner, 2021b, Bild 9)

Aktuelle Stickoxid-Emissionen von Verbrennungsmotoren

Zwischenzeitlich bewegen sich Pkw Diesel im Straßenverkehr auf einem Stickoxid-Niveau, das in Fachkreisen als „Zero-Impact“ gewertet wird, siehe bspw. (Eichlseder, 2020). Messbare Einflüsse dieser neuesten Dieselgeneration auf die innerstädtische Luftqualität sind nicht mehr zu erwarten.

In 4 sind dazu exemplarisch die Stickoxid-Emissionen von 6 Diesel-Pkw, 11 Benzinern und 6 Erdgas-Fahrzeugen auf Datenbasis des ADAC Ecotests aufgezeigt, (Gärtner, 2021c). Es handelt sich dabei ausschließlich um neueste Modelle der Emissionsstufen Euro6dtemp und Euro6d. Die Messungen stammen aus den Jahren 2019 und 2020. Augenfällig bei dieser Darstellung ist nicht nur das extrem niedrige Niveau, sondern insbesondere auch die weitgehende Unabhängigkeit der Emissionen von der Motorleistung und auch des verwendeten Kraftstoffs. Die ADAC Ergebnisse aus der Vermessung von 10 BEV von 7 Herstellern in den Jahren 2019 und 2020 sind zum Vergleich mit den Emissionen der Verbrenner-Fahrzeuge gleichfalls aufgetragen. Bereits unter der Annahme des dt. Strommix liegen die „indirekten“ Stickoxid-Emissionen bei den BEV etwa um einen Faktor 9 bis 10 höher als die Verbrenner-Fahrzeuge.



Datenquelle: ADAC Eco Test, 6 Fzq. Diesel, 11 Fzq. Benzin, 6 Fzq. CNG, alle Fahrzeuge Abgasnorm Euro 6dtemp und Euro6d, 10 Fzq. BEV, Zeitraum der Messungen 2019/2020

Bild 4: Reale Stickoxid-Emissionen von Pkw im Vergleich, (Gärtner, 2021c)

Leben Totgesagte wirklich länger?

Völlig verloren haben die deutschen Autokunden das Vertrauen in die Technik des Selbstzünders noch nicht. Im Jahr 2021 verzeichnet das KBA bei den Neuzulassungen immerhin noch 524.446 Dieselmotoren (= 20 % Marktanteil) im Vergleich zu 355.961 batterieelektrischen Fahrzeugen (= 13,6 % Marktanteil). Innerhalb Europas werden relative Diesel-Anteile an den Neuzulassungen von 20 % bzw. 10% bei den BEV gemeldet. Der Trend für den Diesel-Pkw ist aber seit Jahren fallend. Italien war vor dem Diesel-Skandal eine bekannte „Diesel-Hochburg“. Dort ist bemerkenswert, dass im Gegensatz zu den restlichen EU-Staaten ein merklicher Trend der Autokäufer zu Diesel-Hybriden verzeichnet wird.

Ist das Thema Kobalt wirklich „vom Tisch“?

Elektromobilität benötigen Rohstoffe wie Lithium, Kobalt, Kupfer u.a.. Der Batterieexperte *Prof. Fichtner* ist überzeugt, dass das Thema Kobalt „vom Tisch“ sei. Dem widersprechen Prognosen für die kommenden Jahre, wie bspw. seitens der Deutschen Rohstoff Agentur DERA, aber auch des Ökoinstituts e.V., der Internationalen Energie-Agentur IEA, des Instituts der Deutschen Wirtschaft und der Europäischen Kommission, die alle einen erheblich steigenden Bedarf an Kobalt für die E-Mobilität aufzeigen.

In seinen weiteren Darstellungen zum Lithiumbedarf der E-Mobilität und dem damit diskutierten Wasserbedarf in der Atacama Region erklärt *Prof. Fichtner*, dass in dieser Gegend der Kupferabbau die weitaus größere Wasserverschwendung verursache. Nun wird doch aber für die E-Mobilität auch Kupfer benötigt, was aber gar nicht zur Sprache kommt?

Nach Darstellung des Deutschen Kupferinstitut (Kupferinstitut, 2022) enthält ein Elektrofahrzeug gar fast dreimal so viel Kupfer wie ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Die Hälfte dieses Kupfers kommt dabei im Akkumulator vor. Auch bei der Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien und der zum Laden von Elektrofahrzeugen notwendigen Infrastruktur entsteht ein hoher Bedarf an Kupfer.

Doch dazu mehr in meiner nächsten Abhandlung.

Literaturverzeichnis

Eichlseder, H. (2020). *Zero Impact - Eine klare Sache?*. MTZ Motortechnische Zeitung 81, 82 (2020). <https://doi.org/10.1007/s35146-020-0294-9>

Fichtner, M. (2021). *Die Transformation der Antriebe*. Abgerufen am 21. Oktober 2021, von <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/vergleich-e-auto-brennstoffzelle-e-fuels-wasserstoff-prof-maximilian-fichtener-hiu-ams-kongress/>

Gärtner, U. (2021a). „*Warum sind Dieselmotoren „NOx- und NO2-Schleudern?“ – eine zweifelhafte Erklärung des Umweltbundesamts UBA et al.*“, August 2021, https://www.gaencon.de/cm4all/uproc.php/0/Aktuelles/NOX_Schleuder_210827.pdf?cdp=a&_=17b887b9e40

Gärtner, U. (2021b). *Was macht eigentlich die Diesel Hardware-Nachrüstung?*, Juni 2021 https://www.gaencon.de/cm4all/uproc.php/0/Aktuelles/Webinar_FAD_210629_Verteiler.pdf?cdp=a&_=17a59b1b7a8

Gärtner, U. (2021c). „*Abgesehen davon, dass ein Kohlekraftwerk deutlich effizienter arbeitet, was den Wirkungsgrad und die Emissionen angeht, als wenn man Sprit in Millionen von Motoren verbrennt...*“, Februar 2021 https://www.gaencon.de/cm4all/uproc.php/0/Aktuelles/Wirkungsgrad_Emissionen_Kohlekraftwerk_210130.pdf?cdp=a&_=1775e05deb8

Grotelüschen, F. (2017). *Effizient, aber schadstoffreich*. Deutschlandfunk Kultur am 27.2.2017. Abgerufen am 29.01.2022, von <https://www.deutschlandfunkkultur.de/125-jahre-dieselmotor-effizient-aber-schadstoffreich-100.html>

Hillebrandt, T. (2022). *125 Jahre Dieselmotor*. SWR Wissen am 27. Januar 2022. Abgerufen am 30. Januar 2022, von <https://www.swr.de/wissen/vor-125-jahren-lief-der-erste-dieselmotor-100.html>

Kupferinstitut (2022). *E-Mobilität.*, Deutsches Kupferinstitut Berufsverband e.V., Düsseldorf, Abgerufen von <https://www.kupferinstitut.de/anwendungen/elektrotechnik-und-energie/elektromobilitaet/>

Lüken, S. (2014). *Der U-Boot-Krieg*. Deutsches Historisches Museum, Berlin. Abgerufen am 02.02.2022, von <https://www.dhm.de/lemo/kapitel/erster-weltkrieg/kriegsverlauf/u-boot-krieg.html>

Monte, P. (2022). *U-Boote der Kaiserlichen Marine bei Kriegsbeginn 1914*. Stiftung Deutsches U-Boot Museum, Cuxhaven-Antenbruch. Abgerufen am 01.02.2022, von <http://dubm.de/kaiserliche-marine-i/>

Reuß, H.-J. (1993). *Hundert Jahre Dieselmotor*. Stuttgart Franckh-Kosmos 1993, ISBN 3-440-066641-X

Tschöke, H. (2017). *120 Jahre Diesel: Von den Anfängen bis zum Durchbruch*. Springer Professional Onlineartikel vom 17.3.2017. Abgerufen von <https://www.springerprofessional.de/dieselmotor/motorentchnik/120-jahre-diesel-von-den-anfaengen-bis-zum-durchbruch/12101324>