Prof. Dr.-Ing U. Gärtner, Remshalden im Juli 2021

Version 1.0

Das Geheimnis des „SAUBER-Trankes“[1]

In meiner heutigen Abhandlung geht es um **AdBlue®, jene „sagenumworbene“ Flüssigkeit**, mit der sich die in sauerstoffreichen Verbrennungsgasen gebildeten Stickoxide NO und NO2 wieder in den ursprünglichen Stickstoff N2 umwandeln lassen. Die eigentliche chemische Reaktion benötigt als Ausgangsprodukt auch nicht AdBlue®, sondern Ammoniak NH3. AdBlue® ist damit nur eine für automobile Anwendungen hilfreiche und ungefährliche Trägersubstanz, aus der sich das Ammoniak gewinnen lässt.

Über AdBlue® wurde in den Medien während der letzten Jahre umfassend berichtet und ich erspare mir daher eine Wiederholung. Aufklärungsbedarf und Informationsdefizite bestehen nach meiner Wahrnehmung jedoch bei den Themenfeldern **„Herstellung“ und „Verbrauch“** dieser Lösung. Die Herstellung von AdBlue® benötigt einen gewissen Energieaufwand, darunter auch elektrische Energie. **Genau aus diesem Grund sehen Eiferer der Elektromobilität auch hier gern „erhebliche Einsparpotentiale und Stromersparnisse“ durch ein Verbot von Dieselmotoren**, siehe dazu bspw. (Affeldt, 2018).

Der vorliegende Aufsatz versteht sich somit als Fortsetzung meines letzten Aufsatzes, der Einsparmöglichkeiten durch den Entfall des Strombedarfs aus der Herstellung fossiler Kraftstoffe diskutierte, (Gärtner, 2021)

Bild 1: Doch kein Zaubertrank! Der „SAUBER-Trank[1]“ AdBlue® ist eine Lösung aus 67,5 Gew.-% demineralisiertem Wasser und 32,5 Gew.-% Harnstoff

(Bild: https://www.asterix.com/de/portfolio/miraculix/)

[1] Ursprung dieses Wortspiels siehe (Grünweg, 2008)

Zum Verbrauch von AdBlue®

Im Folgenden habe ich auf die detaillierte Darstellung der Reaktionsgleichungen des SCR-Verfahrens und stöchiometrischer Berechnungen verzichtet.

Das erforderliche Volumen an AdBlue® zur Reduktion einer gegebenen Menge Stickstoffmonoxid errechnet sich aus der **SCR Standard-Reaktion** zu 2,825 Liter je kg NO. Oder anders ausgedrückt, lassen sich mit **1 Liter AdBlue 0,354 kg Stickstoffmonoxid NO** in Stickstoff umwandeln. Für die „schnelle“ SCR-Reaktion resultieren **0,449 kg NOx** und für die „NO2-SCR-Reaktion“ **0,407 kg Stickstoffdioxid NO2.**

Diesem Wert liegen folgende Teilrechnungen aus den chemischen Reaktionen und der Zusammensetzung und Dichte der Harnstoff-Wasser-Lösung selbst zu Grund:

- 0,567 kg Ammoniak NH3 je kg Stickstoffmonoxid NO (Standard-SCR-Reaktion)
- 0,447 kg Ammoniak NH3 je kg Stickoxide NOX („Schnelle“ SCR-Reaktion)
- 0,493 kg Ammoniak NH3 je kg NO2 („NO2-SCR-Reaktion“)
- 1,765 kg Harnstoff (NH2)2CO je kg Ammoniak NH3
- 0,325 kg Harnstoff je kg AdBlue®
- Dichte von AdBlue bei 20°C beträgt 1,09 kg je Liter

Aus weiteren Quellen:

T. Koch (2018) gibt als „Faustformel“ für **1 Liter Adblue®** einen möglichen Umsatz von ca. **0,5 kg Stickoxid** NOx an. *K. Schreiner* (2011) berechnet eine Reduktion von **0,532 kg** Stickstoffmonoxid NO bei einem Einsatz **von 1 Liter Adblue®** und nach Untersuchungen von *M. Knippel* (2020) kann **ein Liter AdBlue® ca. 460 g NO2** aus dem Abgas entfernen**.**

Quelle	AdBlue Verbrauch
	[l/1000km]
https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/kartellverdacht-autokonzerne-sahen-dieselkrise-kommen-ohne-bescheissen-werden-wir-es-nicht-	8,5
https://www.auto-motor-oel.de/ratgeber/adblue-der-grosse-ratgeber/2935/#Adblue-Verbrauch	
https://www.autonews.com/assets/pdf/bosch-nox-report.pdf	0,5 bis 1,8
https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.diesel-skandal-fuer-saubere-abgase-sind-grosse-mengen-adblue-noetig.088ed0ac-f4d6-49ce-91d4-371acdde1b63.html	
https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.diesel-skandal-fuer-saubere-abgase-sind-grosse-mengen-adblue-noetig.088ed0ac-f4d6-49ce-91d4-371acdde1b63.html	
https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/benzin-und-diesel/adblue-nachfuellen/	
https://praxistipps.focus.de/adblue-verbrauch-und-kosten-im-ueberblick_51518	3 bis 4
https://www.firmenauto.de/adblue-was-sie-ueber-den-dieselzusatz-wissen-muessen-6518467.html	14
https://www.firmenauto.de/adblue-was-sie-ueber-den-dieselzusatz-wissen-muessen-6518467.html	1
https://www.autobild.de/artikel/adblue-preis-verbrauch-nachfuellen-10682469.html#anchor_6	1 bis 1,5
https://www.t-online.de/auto/elektromobilitaet/id_75971534/dieselautos-mit-scr-katalysator-adblue-verbrauch-gibt-aufschluss-ueber-nox-emissionen.ht	1 bis 1,5
https://www.ford.de/service/ihre-mobilitaet/ask-ford/technik-und-wartung/wartung/adblue-verbrauch	
https://www.autozeitung.de/adblue-diesel-tanken-ratgeber-180301.html	
https://www.carwow.de/ratgeber/welches-auto-passt-zu-mir/adblue-diesel-kaufen-preis-tanken-verbrauch#gref	1 bis 2
https://www.carwow.de/ratgeber/welches-auto-passt-zu-mir/adblue-diesel-kaufen-preis-tanken-verbrauch#gref	4 bis 5
https://changeforblue.com/de/tipps-und-ratschlaege/verbrauch/	0,7 bis 2
https://changeforblue.com/de/tipps-und-ratschlaege/verbrauch/	1,4 bis 4
https://www.duh.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/diesel-pkw-fahrer-sollen-der-deutschen-umwelthilfe-adblue-verbrauch-ihres-fahrzeugs-n	1 bis 3
https://www.seat.de/service-zubehoer/technik-lexikon/a/adblue.html	1 bis 2
https://www.stockmeier.com/de/leistungen/chemie-distribution-produktion/autochemie/alles-ueber-adblue/	15
https://www.stockmeier.com/de/leistungen/chemie-distribution-produktion/autochemie/alles-ueber-adblue/	1,5
https://www.oil-center.de/adblue-haeufig-gestellte-fragen	

Bild 2: Empfehlungen und Erfahrungen zum streckenbezogenen AdBlue® - Verbrauch (eigene Darstellung, tlw. wurden die Angaben auf 1000km hochgerechnet. Die Zahlenwerte „14 Liter/1000km und 15 Liter/1000km“ gelten für Nutzfahrzeuge)

Aus den obigen Ausführungen gewinnt man nun zwar einen ersten Überblick über den Bedarf an AdBlue®, in der Regel aber kennen Autofahrer(-innen) die Stickoxid-Emission ihres Fahrzeugs weder als Rohemission vor der Zugabe von AdBlue noch nach der Abgasreinigung. Im Netz kursieren eine Vielzahl von AdBlue-Verbrauchsangaben pro 1000 km Fahrstrecke. Die Ergebnisse der Recherchen wurden - ohne Anspruch auf Vollständigkeit - in Abbildung 2 zusammengefasst.

Man entnimmt dieser Darstellung eine erhebliche Bandbreite von AdBlue®-Volumina zwischen minimal 0,5 bis hin zu 8,5 l/1000 km im Extremfall. Häufiger aber tauchen Werte zwischen **1 und 2 l/1000km** auf. Mit letzteren Mengen ließen sich also gemäß den vorausgegangenen Überlegungen streckenbezogen etwa 500 bis 1000 mg/km der innermotorisch gebildeten Stickoxide in Stickstoff N2 umwandeln.

Leider kennt man aber bei diesem Ansatz nur die **Differenz der Stickoxide zwischen Eintritt und Austritt des SCR Katalysators.** Die Höhe der Rohemission und das weitaus wichtigere Emissionsniveau nach der Abgasnachbehandlung bleibt ohne direkte Messung der Stickoxide daher reine Spekulation.

Ein weiterer gebräuchlicher Ansatz beschreibt den erforderlichen AdBlue®-Bedarf in Relation zum Dieselverbrauch. Aber …

Zwischen **dem Kraftstoffverbrauch und der Stickoxid-Emission** eines Motors existiert aber im Gegensatz zur Kohlendioxid-Emission **kein eindeutiger Zusammenhang**, wie exemplarisch Bild 3 für eine Variation der AGR-Rate bei konstantem Brennstoff-Einsatz illustriert.

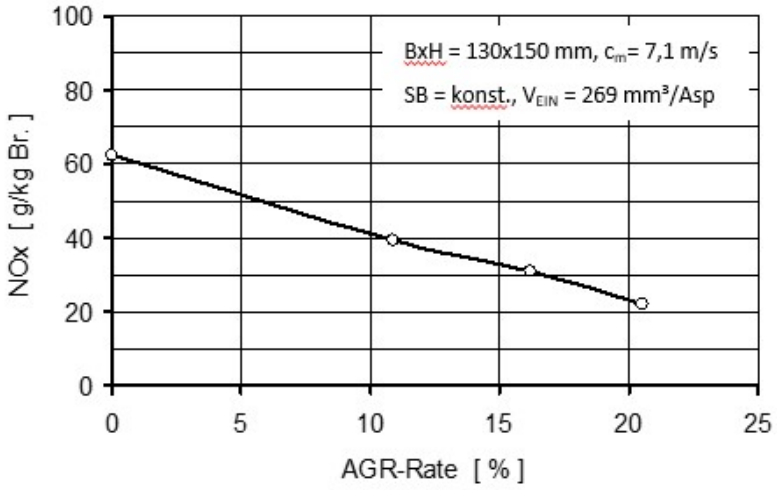

Bild 3: Spezifische Stickoxid-Emission in Abhängigkeit der AGR-Rate bei konstantem Kraftstoffverbrauch (Gärtner, 2001)

Bild 4 zeigt in Analogie zu Bild 2 das Ergebnis einer Internetrecherche zum besagten Verhältnis zwischen AdBlue®- und Dieselverbrauch. Sehr häufig werden hier **„etwa 5%“** genannt, wobei dieser Erfahrungswert eigentlich aus Nutzfahrzeug-Anwendungen stammt, siehe auch (Wütz, 2015). Dort debütierte die SCR-Technik bekanntlich bereits Mitte 2000 mit Beginn der Abgasnorm EURO IV.

Unter Annahme eines typischen Verbrauchs von 60 l/1000km für einen Diesel-Pkw ergibt sich somit ein **AdBlue®-Verbrauch von 3 l/1000km**, d.h. deutlich mehr als aus Bild 2 abgeleitet werden kann.

Zu Beginn der Euro6 Phase bei Pkw wurden für Diesel-Pkw erheblich niedrigere AdBlue®-Bedarfe kommuniziert. Als Beispiel mag hier ein Testbericht von zeit online aus dem Jahr 2013 über den Opel Zafira dienen, (Schwarzer, 2013). Bei einem Testverbrauch von 55 l/1000km Diesel wurde dort ein **AdBlue®-Verbrauch von 0,5 bis 0,9 Liter/1000km** berichtet, d.h. im Extremfall weniger als 1% (!) des Dieselverbrauchs. In einschlägigen Internetforen berichten Opelfahrer teilweise über noch niedrigere AdBlue®-Verbräuche. Opel ist aber kein Einzelfall! Warum diese fragwürdige Diskrepanz zwischen den AdBlue®-Verbräuchen von Nutzfahrzeugen und Pkw eigentlich keinem der Medienvertreter auffiel, bleibt ungeklärt.

Quelle	Relativ zum Kraftstoffverbrauch
	[% d. Verbr]
https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/kartellverdacht-autokonzerne-sahen-dieselkrise-kommen-ohne-bescheissen-werden-wir-es-nicht-schaffen/24066992.html?ticket=ST-36898	
https://www.auto-motor-oel.de/ratgeber/adblue-der-grosse-ratgeber/2935/#Adblue-Verbrauch	4 bis 6
https://www.autonews.com/assets/pdf/bosch-nox-report.pdf	
https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.diesel-skandal-fuer-saubere-abgase-sind-grosse-mengen-adblue-noetig.088ed0ac-f4d6-49ce-91d4-371a	5 bis 8
https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.diesel-skandal-fuer-saubere-abgase-sind-grosse-mengen-adblue-noetig.088ed0ac-f4d6-49ce-91d4-371a	2
https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/benzin-und-diesel/adblue-nachfuellen/	3 bis 5
https://praxistipps.focus.de/adblue-verbrauch-und-kosten-im-ueberblick_51518	
https://www.firmenauto.de/adblue-was-sie-ueber-den-dieselzusatz-wissen-muessen-6518467.html	5
https://www.firmenauto.de/adblue-was-sie-ueber-den-dieselzusatz-wissen-muessen-6518467.html	
https://www.autobild.de/artikel/adblue-preis-verbrauch-nachfuellen-10682469.html#anchor_6	
https://www.t-online.de/auto/elektromobilitaet/id_75971534/dieselautos-mit-scr-katalysator-adblue-verbrauch-gibt-aufschluss-ueber-nox-emissionen.html	
https://www.ford.de/service/ihre-mobilitaet/ask-ford/technik-und-wartung/wartung/adblue-verbrauch	1 bis 6
https://www.autozeitung.de/adblue-diesel-tanken-ratgeber-180301.html	4 bis 6
https://www.carwow.de/ratgeber/welches-auto-passt-zu-mir/adblue-diesel-kaufen-preis-tanken-verbrauch#gref	
https://www.carwow.de/ratgeber/welches-auto-passt-zu-mir/adblue-diesel-kaufen-preis-tanken-verbrauch#gref	
https://changeforblue.com/de/tipps-und-ratschlaege/verbrauch/	
https://changeforblue.com/de/tipps-und-ratschlaege/verbrauch/	
https://www.duh.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/diesel-pkw-fahrer-sollen-der-deutschen-umwelthilfe-adblue-verbrauch-ihres-fahrzeugs-melden/	
https://www.seat.de/service-zubehoer/technik-lexikon/a/adblue.html	
https://www.stockmeier.com/de/leistungen/chemie-distribution-produktion/autochemie/alles-ueber-adblue/	
https://www.stockmeier.com/de/leistungen/chemie-distribution-produktion/autochemie/alles-ueber-adblue/	
https://www.oil-center.de/adblue-haeufig-gestellte-fragen	5
https://books.google.de/books?id=n1IeBAAAQBAJ&pg=PA36&lpg=PA36&dq=st%C3%B6chiometrie+ein+liter+adblue&source=bl&ots=cugaU9yZml	5

Bild 4: AdBlue®-Bedarf relativ zum Dieselverbrauch nach verschiedenen Quellen (eigene Darstellung)

Wie Bild 5 verdeutlicht, wird **bei Nutzfahrzeugen abhängig von der Motor-Technologie** auch noch deutlich mehr AdBlue® dosiert, **bis zu 8% des Dieselverbrauchs**, wenn der Motor bspw. über **keine Abgasrückführung** verfügt. Mit AGR sind die Rohemissionen des Motors bedeutend niedriger, was sich dann etwa im halben AdBlue@-Bedarf widerspiegelt, Bild 5.

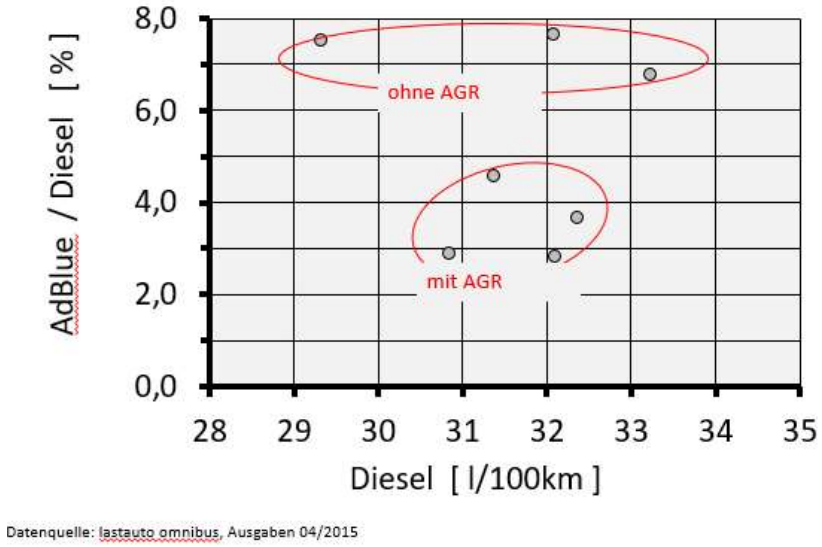

Bild 5: AdBlue®-Bedarf relativ zum Dieselverbrauch bei Nutzfahrzeug-Anwendungen im Fernverkehr (7 Lkw-Hersteller, Abgasstufe EURO VI), (Gärtner, 2015)

Zum Energieverbrauch zur Herstellung von AdBlue®

Für die Produktion von AdBlue® und die durch AdBlue® verursachten Emissionen finden sich in der neueren Literatur und Medienberichten **unterschiedlichste Angaben für Energiebedarf und CO2-Bildung.**

Hardliner der Elektromobilität weisen insbesondere auch auf den nicht zu vernachlässigenden **AdBlue@-Bedarf von Dieselfahrzeugen** hin, siehe bspw. (Affeldt, 2018). **Ohne Beleg** werden in dieser Quelle ein Strombedarf von **85 bis 160 kWh Strom** und ein thermischer Energieaufwand von **0,9 bis 2,3 Tonnen Dampf** für die **Herstellung einer Tonne Harnstoff** berichtet. Der Ursprung besagter Werte dürfte **wikipedia sein** (https://de.wikipedia.org/wiki/Harnstoff#Herstellung). Dort wird als Originalquelle *„Riegel's Handbook of Industrial Chemistry"* **aus dem Jahr 1974** genannt. Ein weiterer Beitrag in **Wikipedia** zum **Thema AdBlue®** (https://de.wikipedia.org/wiki/AdBlue#Herstellungsprozess) nennt ebenfalls die zuvor genannten Daten für Strom in Höhe von **85 bis 160 kWh**, hier aber merkwürdigerweise als Bezugsgröße „pro Tonne Ammoniak" und nicht „pro Tonne Harnstoff". Als Beleg dafür wird wiederum (Affeldt, 2018) angeführt.

Wie üblich, kann man mit solchen Angaben eigentlich wenig anfangen. Jegliche Einordnung fehlt. Da gab es z.B. ja auch schon die *„Tankstelle mit einem jährlichen Stromverbrauch von 220.000 kWh p.a."* und die fragwürdigen *„7 kWh Strom für die Herstellung eines Liter Diesel"*, (Gärtner, 2021).

Bild 6 zeigt die Ergebnisse einer Untersuchung der Universität Witten, Institut für Umwelttechnik IEEM, im Auftrag des Umweltbundesamts UBA, (IEEM, 2001). Vergleichend dargestellt sind der Strombedarf und der Dampfbedarf für die drei zu diesem Zeitpunkt in Deutschland betriebenen Produktionsstätten für Harnstoff. Man erkennt aufgrund der einheitlichen Umrechnung in Kilo Joule pro Tonne Produkt durch die Studienautoren zum einen **deutliche Unterschiede im Gesamtenergiebedarf** der Anlagen aufgrund der

verschiedenen Herstellungsprozesse sowie andererseits die **Relevanz des thermischen Energiebedarfs** im Vergleich zur elektrischen Energie.

	spezif. Elektroenergiebedarf ohne CO_2-Verdichter		Dampfbedarf t Dampf/t Produkt
	kWh/t Produkt	kJ/t Produkt	
Lösungs-Kreislauf-Verfahren	70	ca. $0{,}25 \times 10^6$	1,3 (ca. $2{,}47 \times 10^6$ kJ/t Produkt)
CO_2-Stripping	43	ca. $0{,}15 \times 10^6$	0,92 (ca. $1{,}75 \times 10^6$ kJ/t Produkt)
NH_3-Stripping	21 – 23	ca. $0{,}08 \times 10^6$	0,85 (ca. $1{,}61 \times 10^6$ kJ/t Produkt)

Bild 6: Spezifische Bedarfe an elektrischer und thermischer Energie für verschiedene Verfahren der Harnstoff-Produktion in Deutschland, (IEEM, 2001)

Zur exakten Vergleichbarkeit der Verfahren zeigt Bild 6 weiterhin den Strombedarf der Harnstoff-Produktion **ohne CO2-Verdichtung**. Lediglich für das NH3-Stripping wird in (IEEM, 2001) auch der totale Strombedarf inkl. CO2-Kompression mit **115 kWh je Tonne Produkt** (i.e. Harnstoff) angegeben.

Mit diesem Wert errechnet sich ein **Strombedarf zur Produktion eines Liters AdBlue® von 0,041 kWh.** Nimmt man nun einen Dieselverbrauch von 6 l/100km an, weiterhin einen AdBlue®-Bedarf von 5% dieses Kraftstoffverbrauchs, resultiert ein **Strombedarf von 0,012 kWh je 100 km aus dem Einsatz von AdBlue® zur Abgasreinigung.**

Der Strom aus eingespartem AdBlue® wird den Strombedarf zukünftiger Elektrofahrzeuge also kaum sicherstellen.

Zur CO2-Bilanz von AdBlue®

Das Thema „Vorketten von AdBlue®“ ist nicht neu und wurde seit den ersten SCR-Untersuchungen in den achtziger Jahren immer wieder hinterfragt und aktualisiert. Zur Herstellung von einem Kilogramm Harnstoff (NH2)2CO werden 0,735 kg Kohlendioxid CO2 und 0,568 kg Ammoniak NH3 verwendet. Bei der späteren Dosierung des AdBlue® in den heißen Abgasstrom vor SCR-Katalysator werden pro kg AdBlue® 0,238 kg CO2 und **pro Liter AdBlue® 0,259 kg CO2 als Tank-to-Wheel Emission** freigesetzt, (Kranke, 2010; Wütz, 2015).

Hauck (2010) berechnet als **Well-to-Tank** Emission für die **Herstellung von einem Liter AdBlue® eine CO2-Emission von 0,608 kg CO2**. Die ungewichteten Einzelwerte betragen dabei 0,743 kg CO2/kg Harnstoff für die Harnstoffproduktion und für die Entmineralisierung des Wassers 0,457 kg CO2/kg Wasser.

Dittler, Zimmermann & Gärtner (2014) geben eine **Well-to-Wheel CO2-Emission von 1,03 kg CO2 je Liter AdBlue®** an, Bild 7. **Pro Liter Dieselverbrauch steigen damit die TTW-CO2-Emissionen um ca. 0,5% an, unter Berücksichtigung der „Vorketten“ um etwa 1,5%.** Hierbei wurde der AdBlue®-Verbrauch mit 5% des Dieselverbrauchs angenommen.

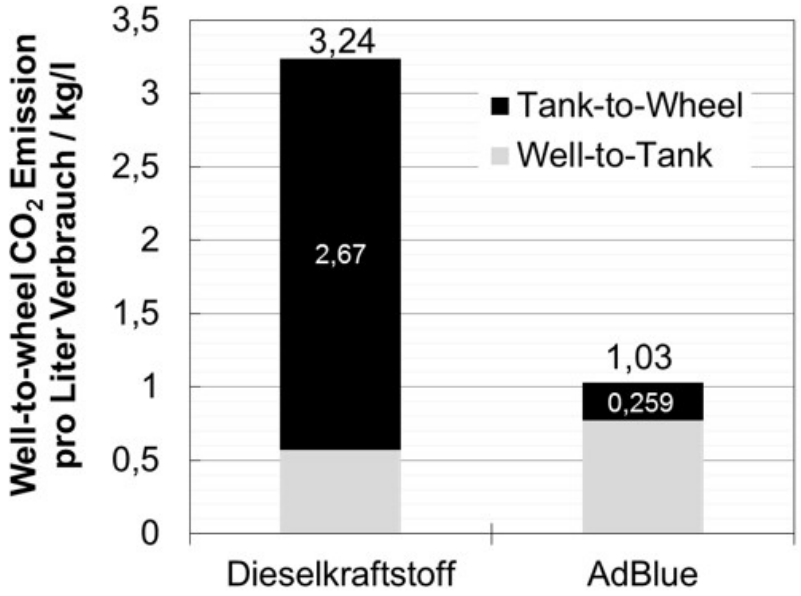

Bild 7: WTW und WTT-Emissionen von Dieselkraftstoff und AdBlue®, (Dittler, Zimmermann & Gärtner, 2015)

Die zuvor genannten Werte werden auch durch die früheren Untersuchungen von *Hauck* (2010, Seite 108) bestätigt. Für Pkw und Nfz-Referenzfahrzeuge betragen die durch AdBlue® verursachten **WTW-CO2-Emissionen weniger als 2% des Dieselverbrauchs**.

Vereinzelt wird in den Medien auch der **Erdgas-Verbrauch pro Masseeinheit Harnstoff oder pro Volumeneinheit AdBlue®** aufgezeigt.

In einem „AdBlue®-Aufklärungsartikel“ der Autozeitschrift auto motor sport bspw. aus dem Jahr 2017 findet man folgende Information: „*Der hochreine Harnstoff wird synthetisch durch die chemische Reaktion von Ammoniak und Kohlendioxid hergestellt.* ***Für einen Liter AdBlue wird ungefähr ein Kilogramm Erdgas verwendet.*** *Somit ist die Herstellung nicht CO2-neutral.“*, (Wittich, 2017).

Diese Angabe ist ohne Beleg aufgeführt und scheint zumindest fragwürdig. Besagter Liter AdBlue® enthält 0,354 g Harnstoff, für dessen Produktion aber nur 0,354 kg * 0,265 kg Erdgas/kg Harnstoff = 0,094 kg CH4 benötigt werden, (UBA-ProBas, 2020).

Literaturverzeichnis

Affedlt, J. (2018). *So viel Strom brauchen Autos mit Verbrennungsmotor.* Abgerufen am 04. Juli 2021, von https://edison.media/e-hub/so-viel-strom-brauchen-autos-mit-verbrennungsmotor/20826274.html

Dittler, A-, Zimmermann, F., Gärtner, U. (2014). *Welchen Beitrag leistet die Abgasnachbehandlung zur CO2 Reduktion?* 12. FAD Konferenz. Dresden, 2014

Fricke, J. (2018). *Eine interessante Alternative zum Elektroantrieb?* Abgerufen am 16. Juli 2021, von https://www.bayern-innovativ.de/seite/ammoniak-wasserstoffspeicher

Gärtner, U. (2001). *Die Simulation der Stickoxid-Bildung in Nutzfahrzeug-Dieselmotoren*. TU Darmstadt, Dissertation, 2001.

Gärtner, U. (2015). *Nutzfahrzeug-Dieselmotoren im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Emissionen* . 13. FAD Konferenz. Dresden, 2015

Gärtner, U. (2021). *Zur Stromersparnis durch Entfall fossiler Kraftstoff-Herstellung*. Abgerufen von www.gaencon.de/aktuelles/

Grünweg, T. (2008). *Blaue Hilfe fürs grüne Gewissen.* Spiegel Mobilität vom 19. Mai 2008. Abgerufen am 10. Juli 2021. Von https://www.spiegel.de/auto/aktuell/adblue-blaue-hilfe-fuers-gruene-gewissen-a-553658.html

Hauck, C. (2010). Analyse und technisch-ökologische Evaluierung des SCR-Verfahrens zur Stickstoffoxidminderung. Diplomarbeit am Institut für Technische Chemie und Polymerchemie der Universität Karlsruhe (TH), Arbeitskreis Prof. Dr. Olaf Deutschmann

IEEM (2001). *Large Volume Solid Inorganic Chemicals*. Universität Witten, Institut für Umwelttechnik und Management, Juni 2001

IVA (2020). *Wieviel Energie (fossiler Brennstoff) ist zur Erzeugung von 1 kg Düngerstickstoff erforderlich*? Industrieverband Agrar. Abgerufen am 15. Juli 2021, von https://www.iva.de/verband/pflanzenernaehrung/faq-haeufig-gestellte-fragen/mineralduengung-und-energieverbrauch/wieviel-energie-fossiler

Knippel, M. (2020). *Wie hoch ist der AdBlue-Verbrauch bei einer korrekten Entstickung?.*Abgerufen am 12. Juli 2021, von http://knippel-energie.de/2020/02/22/wie-hoch-ist-der-adblue-verbrauch-bei-einer-korrekten-entstickung/

Koch, T. (2018). *Diesel – eine sachliche Bewertung der aktuellen Debatte*. Spriner Vieweg. https.//doi.org.10.1007/978-3-658-22211-6

Kranke, A. (2010). *So ermitteln Sie den C02-Fußabdruck*. Verkehrsrundschau 51-52/2010.

Schreiner, K. (2011). *Basiswissen Verbrennungsmotor: fragen - rechnen - verstehen – bestehen.* Springer Verlag, 2011. ISBN 3834881414, 9783834881410

Schwarzer, C. (2013). *Opels sauberster Kinderwagen* . Zeit Online vom 25. September 2013. Abgerufen am 13.07.2021, von https://www.zeit.de/mobilitaet/2013-09/Opel-Van-Zafira/komplettansicht

UBA-ProBas (2020*). Prozessdetails: Chem-AnorgAmmoniak-DE-2020*. Umweltbundesamt UBA,ProBas Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme. Abgerufen am 16. Juli 2021, von https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id=%7B79A3BA36-8F46-48C1-B379-0D3ABA48F561%7D

Wittich, H. (2017). *Das müssen Sie über die Harnstofflösung wissen*. Auto Motor Sport. Abgerufen am 15. Juli 2021, von https://www.auto-motor-und-sport.de/kaufberatung/abgasreinigung-nox-diesel-adblue-scr-kat-harnstoffeinspritzung/

Wütz, S. (2015). *Der Product Carbon Footprint: Die Erfassung von Treibhausgasemissionen mittels CO2-Fußabdruck.* Diplomica Verlag, 2015. ISBN 3959345623, 9783959345620