

Vor den ersten 100 km hat ein Diesel-Pkw bereits 42 kWh Strom verbraucht?

Liebe Leserinnen und Leser,

sicher haben Sie auch schon einmal die beiden bekannten Plattitüden gehört über „Strom, der aus der Steckdose kommt“ und über „Diesel und Benzin, das auf den Bäumen wächst“. **Halbwissen und Falschmeldungen entwickeln sich zu bedauerlichen Bestandteilen in Diskussionen und Medienberichten über die zukünftige individuelle Mobilität.** Der schwedische Journalist Johan Kristensson bspw. prägte die „vermeintliche Konstante“ in Höhe von 17,5 Tonnen CO₂e, die sage und schreibe allein für die Batterieproduktion eines BEV anfallen würden. Diese einprägsame und äußerst plakative Zahl begeistert bis heute noch Kritiker der E-Mobilität, (Gärtner,2020a). Immer wieder gern genannt in solchen Horrorszenarien wird bspw, auch „das Kreuzfahrtschiff, dass so viele Schadstoffe emittiere wie x-Millionen Personenkraftwagen“. Also: Große Zahlen = Große Verschwendung?



Bereitstellungsvorketten – ihre Berücksichtigung bricht dem Verbrenner, und auch dem Diesel, das Genick.

Bild 1: Auszug aus einem Internetportal für Elektromobilität, (e-engine, 2019)

Nun haben Eiferer und fanatische Befürworter der E-Mobilität ein vermeintlich neues (?) Kapitel der fossilen Energieverschwendung aufgeschlagen. U.a. enthüllte *e-engine*, ein Internetportal für e-Mobilität, angeblich „unglaubliche Fakten“ über den Energieaufwand zur Herstellung fossiler Brennstoffe (<https://e-engine.de/unfassbar-42-kwh-energieaufwand-fuer-sechs-liter-diesel/>), Bild 1. Schöpfer der fantastischen „42 kWh für 6 Liter Diesel“ ist in diesem Fall ein Fachjournalist namens A. Burkert, der diesen Energieaufwand nach verschiedenen Quellen errechnet hat und sein Rechenergebnis im letzten Jahr als „Antwort auf die „Sinn-Studie“ in einem Gastkommentar bei *springerprofessional* veröffentlichte, (Burkert, 2019).

Die physikalisch/chemische Faktenlage

Dass der Herstellung und Bereitstellung sowohl von Strom als auch fossiler Brennstoffe eine Vielzahl technischer Prozesse vorgeschaltet sind, bedarf wohl keiner Erklärung. Interessant ist selbstverständlich die Frage, wie verlustreich und energieintensiv diese Verfahren und Bereitstellungswege ausfallen. Detaillierte Untersuchungen liegen jedoch seit Jahrzehnten vor, sind auch publiziert und öffentlich zugänglich. Von „Schubladen-Geheimnissen“ der Automobil- und Mineralölindustrie und ähnlicher, wiederholt im Netz vorgebrachter Verschwörungstheorien kann also keine Rede sein.

Die Herstellung eines Liters Diesel (mit einem Energieinhalt von ca. 10 kWh) benötigt heute etwa 2 kWh

Plausible und sehr detaillierte Ausführungen zu diesem Thema findet man bspw. beim Wissenschaftsdienst der Europäischen Union, (Edwards et al., 2014). Die JEC-Forschungspartner (Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission, EUCAR und CONCAWE) bewerten gemeinsam den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen für eine Vielzahl potenzieller künftiger Kraftstoff- und Antriebsstrangoptionen. Die Dokumente werden regelmäßig aktualisiert. Die Werte, die ich - neben anderen Quellen - in der vorliegenden Abhandlung aufzeige, basieren auf der vierten Version dieser Studie (Edwards et al., 2014), die die im Juli 2011 veröffentlichte Version 3c ersetzt. Die Originalversion wurde im Dezember 2003 veröffentlicht. Die aktuellen Daten gelten für das Referenzjahr 2010.

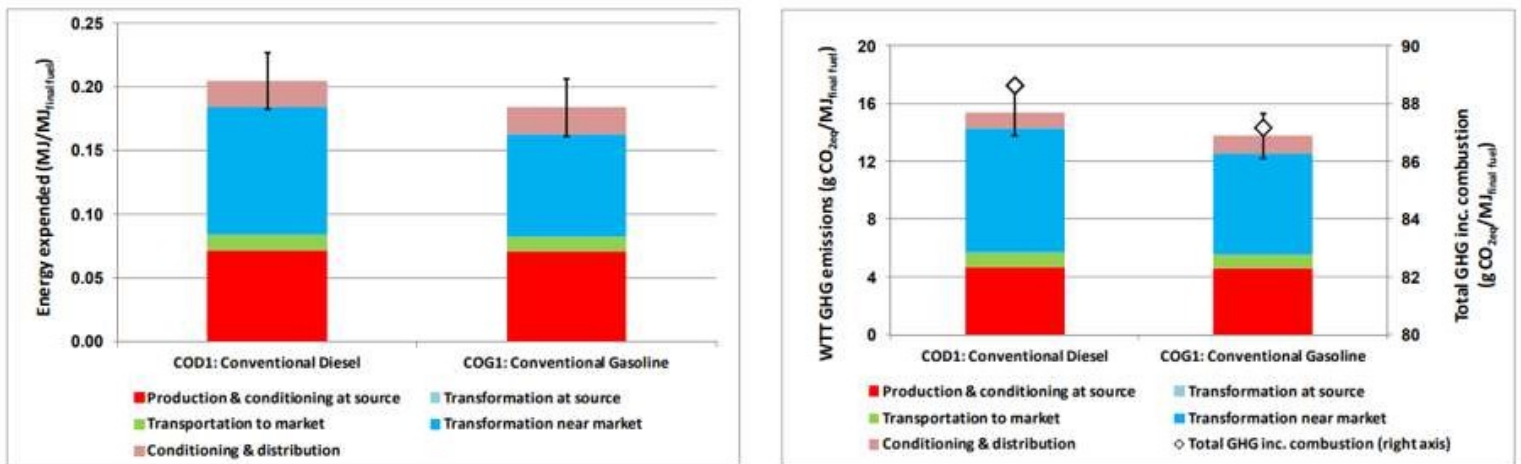


Bild 2: Well-to-Tank Energieaufwand und GHG-Emission für Diesel und Benzin (Edwards et al., 2014)

Bild 2 illustriert diese Aufwendungen für die Förderung des Rohöls, den Raffinerieprozess und alle Transporte sowohl als spezifische Energie als auch als spezifische CO₂-Emission, (Edwards et al., 2014). Für Dieselkraftstoff beträgt demnach der spezifische Energieaufwand ca. 0,2 MJ/MJ (siehe linke Bildhälfte) und das spezifische CO₂-Äquivalent etwa 14,7 g CO₂/MJ (siehe rechte Bildhälfte). Rechnet man zu Vergleichszwecken den zuvor genannten Energiebedarf um in „kWh pro Liter Diesel“ um, ergibt sich ein Wert von 1,9 kWh/l, d.h. etwa 19% des volumetrischen Energiegehalts von Diesel wird auf Basis dieser Daten für die Bereitstellung des Kraftstoffs benötigt. In einer für den technischen Laien vielleicht leichter

verständlichen Weise erklärt bspw. *T. Meyer* den zuvor beschriebenen Sachverhalt in einem Aufsatz mit dem Titel „*Noch mehr Ehrlichkeit bei der Ökobilanz-Diskussion*“, (Meyer, 2018).

emissionen (berechnet als CO ₂ - Äquivalente) nach EN 16258	Normierter Energieverbrauch				Treibhausgasemissionen (berechnet als CO ₂ -Äquivalente)			
	Tank-to-Wheel (e _T)		Well-to-Wheel (e _w)		Tank-to-Wheel (g _T)		Well-to-Wheel (g _w)	
	MJ/kg	MJ/l	MJ/kg	MJ/l	kgCO ₂ e/kg	kgCO ₂ e/l	kgCO ₂ e/kg	kgCO ₂ e/l
Benzin	43,2	32,2	50,5	37,7	3,25	2,42	3,86	2,88
Ethanol	26,8	21,3	65,7	52,1	0,00	0,00	1,56	1,24
Benzin E5 ³⁾	42,4	31,7	51,4	38,4	3,08	2,30	3,74	2,80
Benzin E10 ⁴⁾	41,5	31,1	52,2	39,1	2,90	2,18	3,62	2,72
Diesel	43,1	35,9	51,3	42,7	3,21	2,67	3,90	3,24
Biodiesel	36,8	32,8	76,9	68,5	0,00	0,00	2,16	1,92
Diesel D7 ⁵⁾	42,7	35,7	53,2	44,5	2,97	2,48	3,76	3,15
Diesel Deutschland ⁶⁾	42,6	35,7	53,1	44,4	2,98	2,49	3,77	3,15
Erdgas (CNG)	45,1	k.A.	50,5	k.A.	2,68	k.A.	3,07	k.A.
Flüssiggas (LPG)	46,0	25,3	51,5	28,3	3,10	1,70	3,46	1,90
Kerosin ⁷⁾	44,1	35,3	52,5	42,0	3,18	2,54	3,88	3,10
Schweröl (HFO) ⁸⁾	40,5	39,3	44,1	42,7	3,15	3,05	3,41	3,31
Marine Diesel Oil (MDO)	43,0	38,7	51,2	46,1	3,24	2,92	3,92	3,53
Marine Gas Oil (MGO)	43,0	38,3	51,2	45,5	3,24	2,88	3,92	3,49

³⁾ 5 Vol.-% Ethanol. – ⁴⁾ 10 Vol.-% Ethanol. – ⁵⁾ 7 Vol.-% Biodiesel. – ⁶⁾ 6,2 % Beimischung von Biodiesel bezogen auf den Energieinhalt (2011) – entspricht 6,75 Vol.-% Biodiesel. – ⁷⁾ Ohne Berücksichtigung einer möglicherweise höheren Klimawirksamkeit des Luftverkehrs in Reiseflughöhe. – ⁸⁾ HFO = Heavy Fuel Oil (Schweröl für Schiffe).
 Quellen: EN 16258, eigene Berechnungen.

Bild 3: WTW und TTW Energieaufwand und CO₂-Äquivalent verschiedener Kraftstoffe nach DIN EN 16258 (Schmied & Knörr, 2013)

Vergleichbare Zahlen für den Energiebedarf können aber bspw. auch der DIN EN 16258 entnommen werden, Bild 3. Für reinen Dieselmotorkraftstoff ergeben sich **1,9 kWh je Liter** und für Dieselmotorkraftstoff mit Beimischung von Biodiesel (in Bild 3 als „Diesel Deutschland“ bezeichnet) resultieren **2,4 kWh je Liter Brennstoff**.

Mobilitätsforscher *Auke Hoekstra* von der niederländischen TU Eindhoven beschäftigt sich gleichfalls mit Vorketten und errechnete nach verschiedenen Quellen bspw. für die Herstellung von Dieselmotorkraftstoff vom Bohrloch bis zur Zapfsäule ein aktuelles CO₂-Äquivalent von 16,7 g CO₂/MJ, (Hoekstra, 2020a). Umgerechnet in den erforderlichen Energieaufwand bedeutet dies **2,2 kWh pro Liter Diesel**.

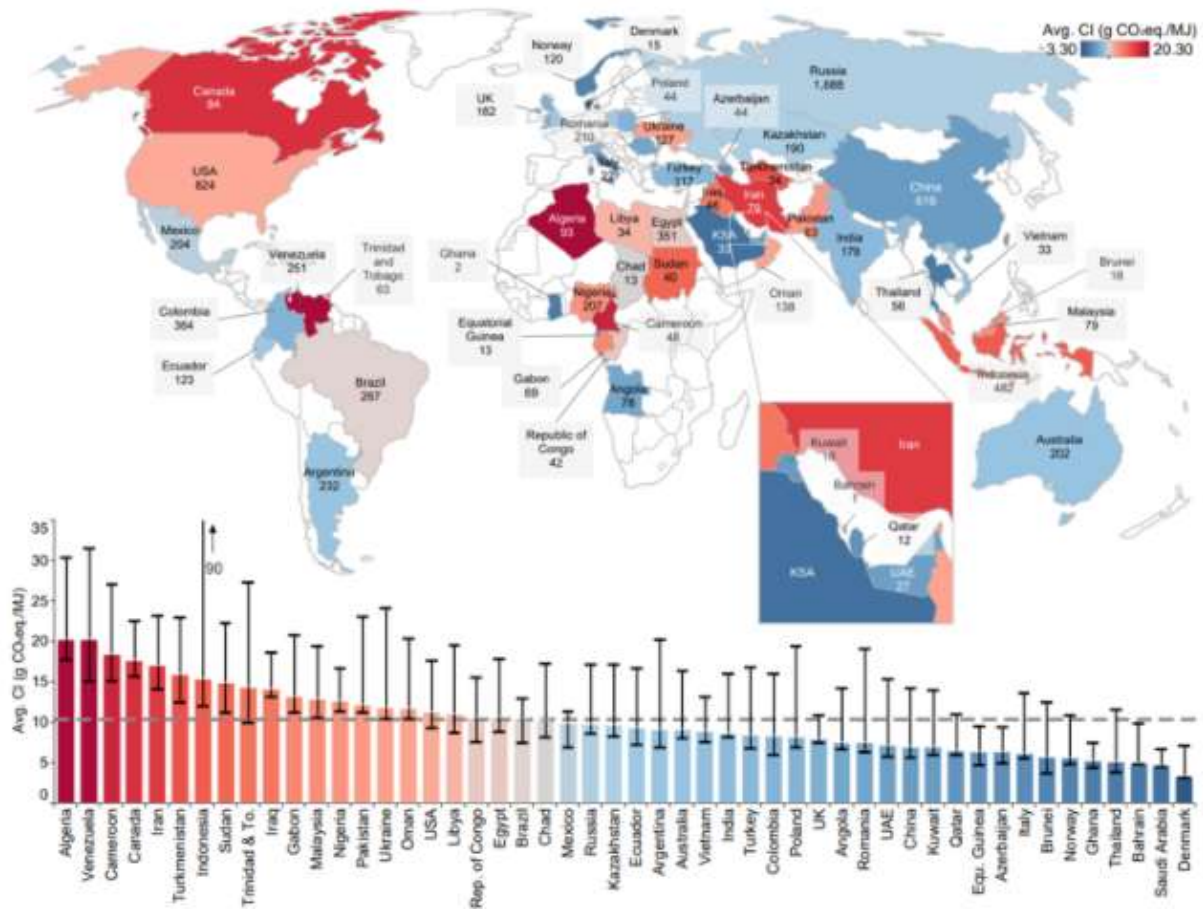


Fig. S22. Estimated global crude oil upstream carbon intensity (2015): national volume-weighted-average upstream GHG intensities in g CO₂eq./MJ crude oil delivered to refinery (color) with corresponding error bars (5-95%ile of Monte Carlo simulation to explore the uncertainty associated with missing input data, see SM section 1.7 and 2.4). Map shows number of fields analyzed below each country name. The global volume-weighted CI estimate is shown by the dashed line (~10.3 g CO₂eq./MJ). Reference year is 2015. Only countries with ≥0.1% of global oil production share are mapped (see the SM Results Data Excel file for full list). Color scheme reflects national volume-weighted-average CI: dark blue for lowest CI, dark red for highest CI.

Bild 4: CO₂ Äquivalent in CO₂e/MJ (crude oil) für die Förderung von Erdöl sortiert nach Herkunftsländern (Hoekstra, 2020a)

Hoekstra nimmt dabei in seiner Studie für die Förderung des Erdöls und den Transport zur Raffinerie einen von Masnadi et al. vorgeschlagenen globalen Mittelwert von 10,3 g CO₂/MJ an, siehe auch gestrichelte Linie in Bild 4. Dieser Wert als auch die Grafik in Bild 4 stammen ursprünglich aus einem Beitrag unter Federführung von Wissenschaftlern der Stanford Universität in der Zeitschrift „Science“, (Masnadi et al., 2018), wobei als Referenzjahr für das Datenmaterial das Jahr 2015 angesetzt wurde. Man erkennt aus Bild 4 weiterhin die erhebliche Varianz der CO₂-Äquivalente bis hin zum Raffinerie-Prozess, die sich von etwa 3 g/MJ (Erdölförderung Dänemark) bis über 20 g/MJ (Erdölförderung Algerien) erstreckt. Auf deutlich höhere Werte weisen Edwards et al. (2014) für die Ölgewinnung aus Ölsand hin. Hier werden CO₂-Äquivalente von 15,9 bis zu 40,6 g CO₂e/MJ genannt bei einem Durchschnittswert von etwa 25 g CO₂e/MJ. In einer jüngeren Studie wird für Abbau von Ölsand ein Streubereich zwischen 15 und 24 g CO₂e/MJ angegeben, (Edwards et al., 2014, Seite 26-27).

Seriöse Daten findet man gleichfalls in der GEMIS Datenbank (Globales Emissions-Modell integrierte Systeme) des Internationalen Instituts für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien IINAS in Darmstadt, (IINAS, 2020). In der GEMIS Version 4.95 mit Datenstand April, 2017 wird

bspw. für die Vorkette von Dieselkraftstoff der Wert 14,7 g CO₂/MJ ausgewiesen. Umgerechnet bedeutet dies ca. 2 kWh je Liter Diesel.

Die „42 kWh für 6 Liter Diesel“ sind nicht belegbar!

Es stellt sich nun die Frage, aus welchen Überlegungen heraus die Behauptung entstanden ist, für die Herstellung von 6 Liter Diesel würden 42 kWh (sic) Energie oder gar Strom benötigt. Also 7 kWh für einen einzigen Liter dieses Brennstoffs, oder bezogen auf den Energieinhalt von etwa 10 kWh etwa 70 %. Wie schon oben erwähnt, tauchte diese Zahl erstmals im Mai 2019 in einem online-Kommentar des Journalisten A. Burkert auf, (Burkert, 2019). Nachfolgend in Bild 5 ein Auszug aus seinem Kommentar:

Für sechs Liter Diesel werden etwa 42 kWh benötigt

So teilt uns Exxon Mobil mit, dass "der größte Energieaufwand während der eigentlichen Bohrtätigkeit anfällt, die einige Wochen beziehungsweise Monate dauert – abhängig von Gesteinsart und Tiefe der Bohrung. In Spitzen können das bis zu 80.000 kw/h am Tag sein".

- Den spezifischer Energieaufwand für Erdölförderung hat der Arbeitskreis Innovative Verkehrspolitik aufgelistet: 1 GWh werden für das Fördern von Rohöl mit der Energiemenge von 277 GWh benötigt.
- Der Transport des Rohöls zu den Raffinerien per Hochseetanker. Die größten dieser Schiffe transportieren etwa 300.000 Tonnen Rohöl und verbrauchen pro Tag etwa 1 Promille ihrer Ladekapazität. Konkret: Pro Fahrt von Saudi Arabien nach Amsterdam werden 3 Prozent der transportierten Energiemenge verbraucht. Das sind etwa 9000 Tonnen Rohöl pro Fahrt. Beispiel: Rohöltransport aus Aserbaidschan nach Hamburg 37 GWh für Diesel und 26 GWh für Ottokraftstoff im Jahr. [1]
- Transport des Rohöls per Pipeline. Vor allem Deutschland importiert Rohöl per Pipeline. Um den Rohstoff etwa über 500 Kilometer zu transportieren, sind Pumpen mit hoher Leistung nötig. Kalkuliert man die Durchschnittslänge (über 3.700 Kilometer) der Pipelines von Russland nach Deutschland mit der Leistung der Pumpen, so ergibt sich ein jährlicher Energieaufwand für den Pipelinetransport von 583 GWh für Ottokraftstoffe und 833 GWh für Diesel. [1]
- Der Energieaufwand für das Raffinieren von Rohöl: Anhand der Energiebilanzen deutscher Raffinerien lässt sich der spezifische Energieaufwand für das Herstellen von Diesel, Benzin und Erdgas ermitteln. Aus den Daten des Jahresberichts des Mineralölwirtschaftsverbands [2] ergibt sich für 1 Liter Kraftstoff ein Energiebedarf von 1,6 kWh.
- Transport der Otto- und Dieselkraftstoffe an die Tankstelle: Ein Tanklastzug nimmt in der Regel 40.000 Liter Kraftstoff auf, der Verbrauch eines beladenen Fahrzeugs beträgt etwa 30 l/100km.

Werden alle oben genannten Faktoren einbezogen, so ergibt sich, dass für sechs Liter Diesel etwa 42 kWh benötigt werden. Damit kommt ein Elektroauto in der Regel 200 Kilometer weit.

Bild 5: „Belege“ für die Behauptung, dass die Bereitstellung von 6 Litern Diesel-Kraftstoff einen Energieaufwand von 42 kWh (sic) erforderlich machen, (Burkert, 2019)

Andreas Burkert präsentierte seine Daten in den unterschiedlichsten Einheiten für Energie und Volumen, was eine Einordnung auf den ersten Blick schwierig gestaltet, Bild 5. Interessant ist insbesondere auch die Angabe für den Energieaufwand bei Bohrungen lt. Exxon Mobil von „bis zu 80.000 kw/h am Tag“. Unabhängig von der zumindest in diesem Zusammenhang unsinnigen physikalischen Einheit, die merkwürdigerweise auch nach über einem Jahr seit der Erstveröffentlichung unkorrigiert geblieben ist, wäre auch der vermutlich korrekte (?) Wert von 80.000 kWh ohne Angabe einer Bezugsgröße wie etwa das Fördervolumen und zudem lediglich als Spitzenwert ohne jegliche Aussagekraft. Im Jahr 2019 bspw. hat Exxon Mobil pro Tag (!) 4.739.000 Barrel gefördert,

(<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/246038/umfrage/raffineriekapazitaet-von-exxon-mobil-nach-region/>). Ein Barrel umfasst 159 Liter und 1 Liter Erdöl wird mit einem unteren Heizwert von 10,3 kWh/Liter gerechnet. Falls also die Angabe „80.000 kWh pro Tag“ korrekt sein sollte, würde dieser Energieaufwand für die Bohrtätigkeit lediglich **0,001% (!) des Energiegehalts einer Tagesförderung** bedeuten.

Gehen wir nun die weiteren, von A. Burkert vorgebrachten Well-to-Tank Energieaufwendungen nun Punkt für Punkt durch und machen sie durch geeignete Umrechnung und durch relativen Bezug zum Energieinhalt vergleichbar zu den Werten aus den von mir bereit weiter oben aufgeführten Quellen.

Erdölförderung

1 GWh Aufwand für das Fördern von Erdöl mit 277 GWh Energieinhalt“ zitiert Burkert einen „Arbeitskreis innovative Verkehrspolitik“ merkwürdigerweise ohne Datum oder weitere Quellenangabe. Es dürfte sich nach meinen Recherchen um einen Arbeitskreis der Friedrich-Ebert-Stiftung handeln. In den Publikationen dieser Stiftung (fes.de/abteilung-wirtschafts-und-sozialpolitik/arbeitskreis-innovative-verkehrspolitik?tx_digbib_digbibpublicationlist%5BpageIndex%5D=3&cHash=daccfbee12c122297200dc8b8f9c3035) bin ich jedoch nicht fündig geworden.

Eine entsprechende Anfrage an die Ansprechpartner dort habe ich zur weiteren Klärung gestellt. Im Vergleich zu anderen Quellen für den Energieaufwand der Ölförderung wären die oben genannten 0,4% aber eher sehr wenig. Die EU beziffert den Förderaufwand für das Rohöl bei Herstellung von Dieselkraftstoff mit etwa 7% (0,065 MJ/MJ oder 0,7 kWh/l), Bild 5. A. Hoekstra nennt hier einen schon weiter oben erwähnten globalen Durchschnittswert von ca. 14%, der aber bereits den Transports des Rohöls zur Raffinerie inkludiert, Bild 4.

Transport des Rohöls zur Raffinerie per Schiff

Die aus Bild 5 ersichtlichen 3% des Energieinhalts von Rohöl für den Seetransport zur Raffinerie ist nach Überprüfung der Einzelwerte zwar plausibel, übertrifft aber doch die Annahmen der übrigen Quellen. Das Joint Research Centre JRC der Europäischen Union bspw. kalkuliert hier 1% für den Transportweg, (Edward et al., 2014). Auch die Studie der Stanford Universität ordnet den Aufwand für den Transport des Rohöls eher nachrangig ein: „It should be noted that crude transportation GHG emissions contribution in the total field Carbon Intensity CI is often minimal.“, (Mansadi et al, 2018, Seite 7).

Transport des Rohöls zur Raffinerie per Pipeline

Auch hier gibt A. Burkert Leserinnen und Lesern wieder Rätsel auf. Er schreibt einen jährlichen hohen Energieaufwand für den Rohöl-Transport per Pipeline von Russland nach Deutschland. Aber auch hier fehlen jegliche Bezugsgrößen und dies macht wieder eine gewisse Eigenrecherche notwendig! Lt. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie importierte Deutschland bspw. im Jahr 2016 etwa 91 Millionen Tonnen Rohöl, davon 40% aus Russland, (BMWI, 2020). Unter Annahme, dass aus 100 l Rohöl 24 l Benzin und 21 l Diesel entstehen, bedeuten Burkert's Zahlenangaben also ca. 0,6 % bzw. 0,9% des Energieinhaltes beider Treibstoffe als Energieaufwand für den Pipeline-Transport.

Energieaufwand für die Raffinerie

Unter dieser Position führt *A. Burkert* den mit Abstand höchsten Aufwand an mit 1,6 kWh/Liter Kraftstoff. Dies würde bspw. bei einem Liter Dieselkraftstoff bedeuteten, dass etwa 16% des Energieinhalts von ca. 10 kWh für den Herstellungsprozess in der Raffinerie benötigt werden. Die Europäische Kommission (Edwards et al., 2014) nennt für diesen Prozessschritt etwa 10 % (oder 1 kWh/l) bei Dieselkraftstoff und *A. Hoekstra* (Hoekstra, 2020) weist 7,2 % (oder 0,72 kWh/l) aus. Der Wert 1,6 kWh/Liter wird im weiteren Verlauf meiner Abhandlung noch intensiver erörtert, da viele Foristen diese Angabe mit 1,6 kWh STROM verwechseln.

Transport der Kraftstoffe an die Tankstelle

Setzt man die von *Burkert* hierzu aufgeführten Zahlen ins Verhältnis, bleiben auch bei dieser Position weniger als 1% des Energiegehaltes für den Transportaufwand. Für den Transport der Kraftstoffe von den Raffinerien bis zur Tankstelle kalkuliert das Joint Research Centre der EU mit etwa 0,02 MJ/MJ, i.e. 2% bezogen auf den Energiegehalt, (Edwards et al. 2014). Auch *Auke Hoekstra* hat diesen Wert übernommen, (Hoekstra, 2020a).

In der nachfolgenden Tabelle habe ich alle Positionen aus *A. Burkerts* Kommentar nochmals zusammengefasst und exemplarisch den Resultaten der Europäischen Kommission gegenübergestellt., (Edwards et al., 2014), (Burkert, 2019).

Prozess	Rel. Anteil nach A. Burkert	Rel. Anteil JRC der EU
Ölförderung	< 1%	7%
Transport zur Raffinerie (Seetransport)	3%	1%
Transport zur Raffinerie (Pipeline)	< 1%	k.A.
Raffinerie	16%	10%
Transport zur Tankstelle	< 1%	2%
Summe	ca. 20 %	ca. 20 %

Bild 6: Energieaufwand für die Herstellung eines Liters Diesel-Kraftstoffs nach verschiedenen Quellen. Referenzwert ist 10 kWh/l als unterer Heizwert von DK.

Bild 6 illustriert, dass man mit den von *A. Burkert* aufgeführten Einzeldaten auch unter Berücksichtigung aller Unsicherheiten und Streuungen in der Datenlage NIEMALS einen Energieaufwand von 42 kWh für 6 Liter bzw. 7 kWh für einen Liter Diesel-Kraftstoff errechnen kann.

Manche „Fachjournalisten“ und Foristen, die *Burkerts* Phantasiezahl augenscheinlich völlig unreflektiert 1:1 übernommen haben, betonen in ihren Artikeln gar, dass die Zahl „42 kWh“ von Exxon selbst stamme, um die ohnehin zweifelhafte Glaubwürdigkeit der Ausführungen *Burkert's* zu erhöhen. Ein prominenter Vertreter der „42 kWh-Theorie“ ist ausgerechnet auch der „Mobilitäts-Experte“ *Stefan Hajek* von der WirtschaftsWoche. „Denn für Ölförderung, Raffinade und Transport auf Tankern, in Pipelines und Lkws wurden 44 kWh Energie für unsere 6,4 Liter Diesel verbraucht [6]. In anderen Worten: Mit dieser Energie wäre ein E-Auto bereits 250 Kilometer gefahren, ehe der Diesel-Kraftstoff auch nur den Tank erreicht.“, führt *Hajek* in seinem Bericht „*Nachgerechnet: Wann Elektroautos sauberer sind als Verbrenner*“ aus. (Hajek, 2019). „Nachrechnen“ könnte man Herrn Hajek hier auf alle Fälle zu empfehlen.

Die im vorliegenden Fall zweifelhafte technische Kompetenz der Journalisten *A. Burkert* und *S. Hajek* tritt nun weiter in den Sätzen hervor: „Damit kommt ein Elektroauto in der Regel 200 Kilometer weit“ oder auch „Mit dieser Energie wäre ein E-Auto bereits 250 Kilometer gefahren, ehe der Diesel-Kraftstoff auch nur den Tank erreicht“.

Mit chemischer Energie fährt kein BEV!

Ich habe lange darüber nachgedacht, wie Menschen darauf kommen, dass es sich bei diesem Energiebedarf in der Vorkette des Brennstoffs – gehen wir nun im weiteren Verlauf dieser Abhandlung von 2 kWh je Liter Dieselkraftstoff aus – ausschließlich um STROM handele.

Meine einzige plausible Erklärung hierfür: Im privaten, häuslichen Energieverbrauch spielt die Einheit „kWh“ eigentlich nur bei **der Stromversorgung** und Abrechnung des **Stromverbrauchs** eine Rolle. Erdgas für die Hausheizung oder Heizöl werden ja in Kubikmeter bzw. in Liter geliefert und abgerechnet. Möglicherweise assoziieren dadurch viele Menschen mit dieser Energie-Einheit automatisch „kWh“ = „Strom“.

Leider taucht diese unsinnige Behauptung in vielen Foren und in der Medienlandschaft immer wieder auf. Es geht aber nicht in jedem Fall um die „42 kWh je 6 Liter Kraftstoff“; sehr verbreitet in Internetforen ist auch die zwar geringere, aber immer noch falsche Angabe „1,6 kWh je Liter Kraftstoff“ bzw. auch „11kWh für 7 Liter Kraftstoff“, mit denen ein BEV ja bereits 50-80 km fahren könne. Einige Beispiele für diesen Unfug habe ich in in Bild 7 zusammengestellt.



Alle Meldungen Hersteller Automobilindustrie Testberichte Events Shop

Suche...

In einem aufwändig recherchierten Artikel legt die Interessengemeinschaft Elektroauto dar, wie viel Strom verbraucht wird, bis die Treibstoffe Benzin und Diesel endlich im Tank des Verbrenners gelandet sind. Kurz: Schon alleine der direkte Stromanteil der Kraftstoffproduktion beträgt mehr als die Hälfte der benötigten Antriebsenergie eines Elektroautos. Oder anders ausgedrückt: Für die Produktion von sieben Litern Treibstoff, mit denen ein durchschnittlicher Verbrenner 100 km weit kommt, werden etwa elf Kilowattstunden Strom benötigt. Damit kann ein Elektroauto 50 bis 80 Kilometer weit fahren.

Quelle: <https://www.elektroauto-news.net/2018/so-viel-strom-verbrauchen-benziner-und-diesel>

Filter zu versorgen und Ventile, es gilt, die Anlage zu steuern und zu beleuchten usw. usw. Laut einer Anfrage des Department of Energy in den USA von 2009 werden in einer Raffinerie rund 1,585 kWh Strom für die Erzeugung eines Liters an Kraftstoff benötigt (6 kWh je Liter).

Sehr genau bestätigt wird diese Angabe durch die GEMNIS-Datenbank. Für den Durchschnittsverbrauch von 7 Litern auf 100 km kommen alleine an dieser Stelle mehr als 11 kWh an Strom zusammen. Dies reicht aus, um mit einem Elektrofahrzeug 50 bis 80 km weit zu fahren. Klingt verrückt, stimmt aber. Alleine der Stromverbrauch zur Herstellung der Kraftstoffe entspricht also schon einem nennenswerten Anteil des Stromverbrauches eines Elektroautos.

Quelle: <https://www.next-mobility.de/auch-verbrenner-fahren-mit-strom-a-678284/?p=4>

Bild 7: Angeblicher „Stromverbrauch“ in einer Raffinerie von 11 kWh für 7 Liter Brennstoff.

Derartige Behauptungen gehen nach *M. Potor* meistens auf ein Interview des *business insider* mit Tesla-Chef *E. Musk* im Jahr 2011 zurück, der damals offensichtlich einen Bericht des US-Forschungsinstituts Argonne National Laboratory aus dem Jahr 2008 fehlinterpretierte, (Potor, 2018). Das Argonne National Lab bezifferte den Energieaufwand der Raffinerie für die Produktion von Benzin auf 12,3 bis 16,7% der Energie des Ausgangsproduktes, (Wang, 2008,

Seite 9). Bezogen auf den Energieinhalt des Rohöls bedeutet dies einen Energieaufwand von 4,8 bis 6,5 kWh pro „US-Gallone“ bzw. 1,3 bis 1,7 kWh je Liter.

The screenshot shows the top part of a Business Insider article. At the top, there is a navigation bar with a menu icon, a search icon, the Business Insider logo, and a 'Einloggen' button. Below the navigation bar, there is a link to 'HOME GREEN SHEET >'. The main headline reads 'Elon Musk: Das Raffinieren von Gas verbraucht mehr Strom als Elektroautos'. Below the headline, the author 'Matt Rosoff' and the date '26. Oktober 2011, 17:04 Uhr' are listed. The Business Insider logo is repeated in the center. A quote from Elon Musk is highlighted in yellow: 'Sie haben genug Strom, um alle Autos im Land anzutreiben, wenn Sie aufhören, Benzin zu raffinieren', sagt Musk. 'Sie benötigen durchschnittlich 5 Kilowattstunden, um [eine Gallone] Benzin zu raffinieren. So etwas wie das Modell S kann mit 5 Kilowattstunden 20 Meilen weit fahren.'

Quelle: <https://www.businessinsider.com/elon-musk-and-chris-paine-explain-how-the-electric-car-got-its-revenge-2011-10?r=DE&IR=T>

Bild 8: E. Musk zum „Stromverbrauch“ beim Raffinerieprozess fossiler Kraftstoffe.

E. Musk liegt zwar von der Größenordnung des Energiebedarfs richtig, ABER: **Es handelt sich nicht um Strom, sondern um chemisch gebundene Energie!** Um diese Energie aber in einem BEV zu nutzen, müsste der genannte Betrag mit bekannten Verlusten zunächst „verstromt“ werden.

Auch in gewissen Internetforen und you tube-Videos taucht immer wieder die Behauptung auf, dass die **Herstellung eines Liters Kraftstoffs etwa 1,6 kWh „Strom“** erfordere. Belegt wird diese irriige Annahme mit dem Verweis auf ein Schreiben eines gewissen *Jacob Ward* aus dem amerikanischen US-Department of Energy DOE im Jahr 2009, siehe auch Bild 7, unten oder bspw. unter <https://www.goingelectric.de/forum/viewtopic.php?f=45&t=24455>. *Jacob Ward* wird zitiert: „The energy required to refine a gallon of gasoline can be estimated based on the energy content of crude oil and the refinery efficiency of the facility performing the energy conversion“... „it can be estimated that about 21,000 Btu—the equivalent of 6 kWh—of energy are lost per gallon of gasoline refined“. Aus 21000 Btu (= British Thermal Unit) pro Gallone ergeben sich umgerechnet 1,6 kWh/Liter. Aber auch hier gilt: „... the energy content of crude oil“ bedeutet nicht zwangsläufig „=STROM“! Wie bereits oben gezeigt wurde, beziehen Wissenschaftler Verlustangaben bzw. Energieaufwendungen üblicherweise auf den Energiegehalt des Ausgangs- oder Endproduktes, (Wang, 2008), (Edwards et al., 2014). Nebenbei bemerkt, ist das Argonne National Lab zudem eine Einrichtung des US-Energieministeriums DOE und es gibt Hinweise (<https://www.democraticunderground.com/1002299786>), dass die Ursache dieser Zahlengleichheit in der gleichen verwendeten Quelle liegt, nämlich (Wang, 2008).

Gibt es keine Daten direkt aus den Raffinerien?

Doch, obwohl Verschwörungstheoretiker in You-Tube-Videos gern das Gegenteil behaupten, (bspw.: <https://www.youtube.com/watch?v=cz8zmCi8je8>). Aus der Liste der Raffinerien in Deutschland habe ich exemplarisch - ohne Priorität - die MIRO in Karlsruhe, die BAYERNOIL in Neustadt/Vohburg und die GUNVOR in Ingolstadt herausgegriffen. Aus den jeweils veröffentlichten Daten dieser Unternehmen für Kapazität/Energie/Umwelt (Miro, 2020), (Bayernoil, 2018), (Gunvor, 2019) habe ich für die Raffination von 1 Liter Diesel einen Energieaufwand von 0,6 kWh, 0,7 kWh und 0,6 kWh errechnet. Meine überschlägige Rechnung deckt sich dabei recht gut mit den Resultaten der Europäischen Kommission und von *A. Hoekstra* für das Raffinieren von 1 Liter Dieseldieselkraftstoff, die ich bereits weiter oben aufgezeigt habe: 1,0 kWh bzw. 0,7 kWh, (Edwards et al., 2014), (Hoekstra, 2020).

Bayernoil (Bayernoil, 2018) weist zudem auch explizit den Stromverbrauch der Raffinerie aus und es ergibt sich für die Produktion eines Liters Dieseldieselkraftstoffs ein Strombedarf von 0,04 kWh (als Durchschnittswert aller Raffinerie-Produkte). Für die Raffinerie in Schwechat/Österreich hat der Wiener Mathematiker *M. Sedlak* einen Strombedarf von 0,03 kWh/l Dieseldieselkraftstoff berechnet, (Sedlak, 2020). Offensichtlich dürften diese Werte die richtige Größenordnung aufweisen und damit „etwas weniger“ als die fälschlich publizierte 1,6 kWh/l.

Wie sieht die Vorkette für die Produktion von Dieseldieselkraftstoff im Vergleich zu anderen Energieträgern aus?

Gelegentlich tauchen im Netz auch Behauptungen auf, dass die Herstellung eines Liters Diesels deutlich mehr Energie koste als die eines Liters Benzin. Das kann auf Basis der vorliegenden Daten nicht bestätigt werden, wie ich bereits in einer früheren Abhandlung aufgezeigt habe, (Gärtner, 2020b). In Bild 9 habe ich für verschiedene Energieträger eine Auswahl an Vorketten-Daten nach verschiedenen Quellen zusammengetragen.

Vorketten-Emissionen	[g CO ₂ /MJ]	Quelle:
Mobilität		
Diesel frei Tankstelle	14,7	GEMIS 4.95
Diesel frei Tankstelle	16,7	A. Hoekstra
Diesel frei Tankstelle	17,7	EU/Joint Research Centre JRC
Benzin frei Tankstelle	16,8	GEMIS 4.95
Benzin frei Tankstelle	21,5	A. Hoekstra
Benzin frei Tankstelle	13,5	EU/Joint Research Centre JRC
CNG frei Tankstelle	14,8	GEMIS 4.95
LPG (frei Tankstelle)	8,3	GEMIS 4.95
Brennstoffe/Hausheizung		
Brennholz (Einzelfeuerung)	2,6	UBA/Deutsches Pellet Institut DEPI
Steinkohle	15	GEMIS 4.95
Uran-Brennelement frei AKW Deutschland	4,6	GEMIS 4.95
Heizöl	14,1	UBA/Deutsches Pellet Institut DEPI
Erdgas	12,5	UBA/Deutsches Pellet Institut DEPI
Fernwärme inkl. Netzverluste	12,1	UBA/Deutsches Pellet Institut DEPI
Braunkohle	16,2	UBA/Deutsches Pellet Institut DEPI

Bild 9: Well-to-Tank-Emissionen in [g CO₂/MJ]

Es ergibt sich kein einheitliches Bild für den Vergleich Diesel<>Benzin. *A. Hoekstra* weist mit 21,5 g CO₂/MJ einen auffallend hohen Wert für Benzin aus, (Hoekstra, 2020). Ursache hierfür ist die Raffinierung, die die von ihm verwendete Quelle für die EU mit 10,4 g CO₂/MJ schätzt.

Wie erhöht sich die CO₂-Emission eines Diesel-Pkw unter Berücksichtigung der Vorkette?

Wie Bild 10 illustriert, erhöhen sich die bekannte Emission von 2670 g CO₂ bei der Verbrennung von einem Liter Dieseldieselkraftstoff unter Berücksichtigung der Vorkette um etwa 20 bis 25 % je nach verwendeter Datenquelle.für die Vorkette.

Quellen "Vorkette"	Diesel Verbrennung [g/l CO ₂ e]	Diesel Vorkette [g/l CO ₂ e]	Diesel Summe [g/l CO ₂ e]	Anteil Vorkette rel. [%]
Hoekstra A., 2020	2670	640	3310	24
DIN EN 16258 für DK in Deutschland, 2013	2670	660	3330	25
DIN EN 16258 für DK, 2013	2670	570	3240	21
EU/JRC Joint Research Centre et al., 2014	2670	526	3196	20
Buchal et al., 2019, "Sinn-Studie"	2670	561	3231	21

Bild 10: Well-to-Wheel-Emissionen bei der Verbrennung von Dieseldieselkraftstoff

In seiner 2020 für die Fraktion Bündnis 90/Grüne des deutschen Bundestags erstellte Studie (Hoekstra & Steinbuch, 2020b) erhebt A. Hoekstra von der TU Eindhoven/NL Vorwürfe, dass viele Studien die Vorketten fossiler Brennstoffe mit zu geringen Zahlenwerten oder gar nicht berücksichtigen, Die sind m.E. Behauptungen ohne Grundlage. In allen mir bekannten, seriösen LCA Studien sind die Vorketten im Rahmen der Streubreite der Daten berücksichtigt. Dies gilt bspw. auch für die viel kritisierte Studie von Buchal et al. (2019) - die sogenannte „Sinn-Studie“, Bild 10.

Literaturverzeichnis

- Bayernoil Raffineriegesellschaft (2018). *Umwelterklärung 2018*. Abgerufen am 2. Januar 2021, von https://www.bayernoil.de/fileadmin/downloadpool/Broschuere/Umwelterklaerung_2018_PDM_18KAZ.pdf
- Buchal, C., Karl, H.-D., Sinn, H.-W. (2019). *Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO2-Bilanz?* ifo Schnelldienst, 8/2019. 72. Jahrgang, 25. April 2019. Abgerufen von <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2019-08-sinn-karl-buchal-motoren-2019-04-25.pdf>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWI (2020). *Mineralöl und Kraftstoffe*. Abgerufen von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/mineraloelversorgung.html>
- Burkert, A. (2019). *Endenergiebezogene Analyse Diesel versus Elektromobilität*. Abgerufen am 26. Dezember 2020, von <https://www.springerprofessional.de/elektromobilitaet/dieselmotor/endenergiebezogene-analyse-diesel-versus-elektromobilitaet/16673694>
- Deutsches Pelletinstitut DEPI (2018). *DEPI-Informationsblatt Emissionsfaktoren Wärmebereitstellung*. Abgerufen von <https://depv.de/assets/fd6abafe-6d1f-4805-a1e4-86ace2a4dc4d>
- Edwards, R., Hass, H., Larive, J.-F., Lonza, L., Maas, H., & Rickeard, D. (2014). *WELL-TO-WHEELS-Bericht Version 4.a: JEC WELL-TO-WHEELS-ANALYSE*. Abgerufen am 27.12.2020, von <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/well-wheels-report-version-4a-jec-well-wheels-analysis>
- Gärtner, U. (2020a). *Kleine Cocktail-Kunde: Der „Strommix“*. Abgerufen von <https://www.gaencon.de/Aktuelles/>
- Gärtner, U. (2020b). *Emissionen und Immissionen (Teil 23)*. Abgerufen von <https://www.gaencon.de/Archiv/>
- Gunvor Raffinerie Ingolstadt (2019). *Aktualisierte Umwelterklärung 2019*. Abgerufen am 02. Januar 2021, von https://www.emas.de/fileadmin/user_upload/ue/reg/DE-155-00306_Gunvor-Raffinerie-Ingolstadt-GmbH.pdf
- Hajek, S. (2019). *Nachgerechnet: Wann Elektroautos sauberer sind als Verbrenner*. Abgerufen am 30. Dezember 2020, von <https://www.wiwo.de/technologie/mobilitaet/blick-ins-archiv-hajeks-high-voltage-1-ab-wann-genau-hilft-das-e-auto-dem-klima/25218614-2.html>
- Hoekstra, A. (2020a). *Die Herstellung von Benzin und Diesel verursacht mehr CO2-Emissionen als wir dachten*. Abgerufen am 27. Dezember 2020, von <https://innovationorigins.com/de/die-herstellung-von-benzin-und-diesel-verursacht-mehr-co2-emissionen-als-wir-dachten/>
- Hoekstra, A., & Steinbuch, M. (2020b). *Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel*. Eindhoven University of Technology. Abgerufen am 04. Oktober 2020, von https://www.gruenebundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/mobilitaet/pdf/200831-Studie_EAuto_versus_Verbrenner_CO2.pdf
- Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien IINAS (2020). *GEMIS Version 4.95 - Stand April 2017 und Ergebnisse als Excel-Datei*. Abgerufen von <http://iinas.org/gemis-dokumente.html>

Masnadi, M., El-Houjeiri, H., Schunak, D., Li, Y., Englander, J., Badahdah, A., Monfort, J.-C., Anderson, J., Wallington, T., Bergerson, J., Gordon, D., Koomey, J., Przesmitzki, S., Azevedo, I., Bi, X., Duffy, J., Heath, G., Keoleian, G. McGlade, C., Meehan, D., Yeh, S., You, F., Wang, M., & Brandt, R. (2018). *Global carbon intensity of crude oil production*. Science 361, 851 (2018). Abgerufen von

<https://science.sciencemag.org/content/sci/suppl/2018/08/29/361.6405.851.DC1/aar6859-Masnadi-SM.pdf>

Meyer, T. (2018). *Noch mehr Ehrlichkeit bei der Ökobilanz-Diskussion*. Abgerufen am 28. Dezember 2020, von <https://emobly.com/de/wissen/noch-mehr-ehrlichkeit-bei-der-oekobilanz-diskussion/>

Mineralölgesellschaft Oberrhein MIRO (2020). *Umweltschutz*. Abgerufen von <https://www.miro-ka.de/de/sicherheit-umwelt/umweltschutz.htm>

Potor, M. (2018). *Verbrennungsmotor vs. Elektromotor: Was verbraucht mehr Strom?* Abgerufen am 01. Januar 2021, von <https://mobilitymag.de/stromverbrauch-verbrennungsmotor-elektromotor/>

Schmied, M. & Knörr, W. (2013). *Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258*. Herausgeber: DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. Bonn, abgerufen von [https://www.dslv.org/dslv/web.nsf/gfx/8F102DF8C3E4A2F141257BB7007779CB/\\$file/DSLV-Leitfaden%20Berechnung%20von%20THG-Emissionen%20Stand%2003-2013.pdf](https://www.dslv.org/dslv/web.nsf/gfx/8F102DF8C3E4A2F141257BB7007779CB/$file/DSLV-Leitfaden%20Berechnung%20von%20THG-Emissionen%20Stand%2003-2013.pdf)

Sedlak, M. (2020). *Gigantischer Stromverbrauch von Raffinerien?* Abgerufen am 2. Januar 2021, von https://sedl.at/Umweltirrtuemer/Stromverbrauch_Raffinerien#:~:text=in%20jedem%20Liter%20Benzin%20oder,100%20km%20%C3%BCberhaupt%20kein%20Strommehrverbrauch.

Wang, M. (2008). *Estimation of Energy Efficiencies of U.S. Petroleum Refineries*. Argonne National Laboratory, Center for Transportation Research. Abgerufen von <https://anl.app.box.com/s/a8s8qagg9smrl902jh5m6v06oe1ls0r6>