

Christian Lühmann GmbH
Dr. Lorenz Kiene
Lange Straße 100
27318 Hoya

Institut für Kolbenmaschinen

Leiter: Prof. Dr. sc. techn. Thomas Koch

Rintheimer Querallee 2 (Geb. 70.03)
76131 Karlsruhe

Telefon: 0721-608-43639
Fax: 0721-608-48519
E-Mail: olaf.toedter@kit.edu
Web: www.ifkm.kit.edu

Bearbeiter/in: Dr.-Ing. Olaf Toedter
Unser Zeichen: Niedersachsen E-Fuels
Datum: 30.05.2024



Stellungnahme zum Diskussionspapier „Niedersachsen und die E-Fuels“

Sehr geehrter Herr Dr. Kiene,

wir haben uns das Diskussionspapier „Niedersachsen und die E-Fuels“ vom Borderstep Institut in der Version durchgelesen, die am 30.05.2024 unter nachfolgender Adresse verfügbar war:

<https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2024/05/Niedersachsens-Efuels-2024-erg.pdf>

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Grundannahme einer lokalen Synthese von auf Elektrolyse-Wasserstoff basierenden E-Fuels unter Nutzung lokaler elektrischer Energie aus erneuerbaren Quellen in Niedersachsen nicht dem technischen Stand üblicher fachlicher Betrachtungen zu diesem Thema entspricht. Somit können alle nachfolgenden Ergebnisse unseres Erachtens nach nicht als relevante Diskussionsgrundlage für einen Transfer in Niedersachsen herangezogen werden.

Mit freundlichen Grüßen



Dr.-Ing. Olaf Toedter

Stellungsname zu dem Diskussionspapier „Niedersachsen und die E-Fuels“

Das Diskussionspapier „Niedersachsen und die E-Fuels“¹ wurde nach Aussage der Zusammenfassung o.g. Publikation als Reaktion auf die Äußerungen des Arbeitgeberverbandes NiedersachsenMetall erstellt.

Im Folgenden nehmen wir auf diese Version Bezug und kommentieren die aus unserer Sicht wesentlichen Abschnitte.

- a) **Zusammenfassung:** Die Betrachtung der Verkäufe Batterie-elektrischer Fahrzeuge kann nicht auf den Wegfall einer Subvention alleine zurückgeführt und muss differenzierter erfolgen. Die signifikanten Einbrüche der Neuzulassungszahlen sind EU-weit überall da zu beobachten, wo die Subventionierung von Geschäftswägen oder Privatwägen wegfallen oder die Sättigung der Verkäufe an Erstkäufer erreicht werden.

In Ländern mit niedrigerem Einkommen verläuft dieser Prozess zeitverzögert und bei niedrigeren Wechselraten.

Die Betrachtung der Fahrzeugverkäufe in China (s.a. Abschnitt Einleitung) ist komplexer weil mehrere Strategien gekoppelt umgesetzt werden. In ausgewählten Stätten gab es für eine vorab definierte Zeit staatliche und regionale Subventionen gekoppelt mit Programmen zum Aufbau einer Ladeinfrastruktur, um die heimische Industrie anzukurbeln und in einzelnen Stadtzentren Schadgasemissionen durch Altfahrzeuge zu reduzieren. Mittlerweile hat hier der Prozess der Konsolidierung eingesetzt, was sich in einem starken Wettbewerb äußert. In den ländlichen Regionen hat man generell auf andere Technologien gesetzt. Parallel hierzu hat man mit staatlicher Unterstützung bei europäischen Dienstleistern Know-How eingekauft, Entwicklungszentren für Verbrennungsmotoren aufzusetzen. Diesen Bestrebungen liegt ein Entwicklungsplan bis 2036 zugrunde, der auch zahlreiche F&E-Aktivitäten mit unseren Partner-Universitäten einschließt. Dieser Plan endet nicht mit einem Verbrennungsmotorenverbot in 2036, sondern mit ambitionierten Zielvorgaben hinsichtlich z.B. der Gesamteffizienz, um China zum Weltmarktführer in dieser Technologie zu machen. Mit den aktuell vorgestellten Industrie-Dieselmotoren und den vorgestellten hybridisierten Fahrzeugen wurden hier exemplarisch Benchmark-Lösungen vorgestellt. Die europäische Industrie ist regulatorik-bedingt inaktiv gewesen und hat die Technologieführerschaft abgegeben.

- b) **Zusammenfassung, Tabelle 1**

Formal wäre eine Nennung der den Berechnungen zugrundeliegenden Annahmen in der Beschriftungszeile hilfreich oder eher notwendig. Die entsprechenden Annahmen mussten den Folgekapiteln entnommen werden.

¹ Clausen, J., Altermatt, P.P., Beucker, S., Gerhards, C. & Linow, S. (2024). Niedersachsen und die E-Fuels. Ergänzte Fassung. Berlin: Borderstep Institut., <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2024/05/Niedersachsens-Efuels-2024-erg.pdf>, letzter Abruf 30.05.2024

Tabelle 1: Vergleich der Ausstattung Niedersachsens mit E-Fuel Autos verglichen mit elektrischen Pkw bei gleichbleibendem Fahrzeugbestand und Fahrverhalten Elektroautos		Autos mit E-Fuels
Anzahl Autos in Niedersachsen	5 Mio.	5 Mio.
Jährliche durchschnittliche Fahrstrecke pro Auto	13.700 km/a	13.700 km/a
Energiebedarf pro 100 km	20 kWh	74 kWh
Strombedarf incl. Übertragungsverluste, Elektrolyse von Wasserstoff und Synthese von E-Fuels, aber ohne Stromspeicher	14,4 TWh/a	115 TWh
Notwendige zusätzliche Zahl an Windrädern	740	5.940
Erforderliche Fläche für Freiflächen-Photovoltaikanlagen	60 km ²	480 km ²
Energiekosten pro Auto und Jahr	1.100 €	3.000 €
Investitionen in Energieerzeugung (Wind + PV)	9,7 Mrd. €	71,6 Mrd. €
Investitionen in Elektrolyseanlagen	0 Mrd. €	28 Mrd. €
Investitionen in E-Fuel Syntheseanlagen	0 Mrd. €	3 Mrd. €
Mehrkosten bei 5 Mio. Elektroautos à 5.000 €	25 Mrd. €	0 Mrd. €
Summe Kosten	34,7 Mrd. €	102,6 Mrd. €

Diese Tabelle basiert dem in der Forschung nie wirklich ernsthaft betrachteten und schon länger überholten Ansatz, dass e-Fuels großflächig mit in Deutschland umgesetzter Wasserstoffelektrolyse synthetisiert werden sollen. Außer den wenigen Standorten an Nord- und Ostsee-Nähe bzw. auf diesen Gewässern ermöglichen nur sehr wenige Standorte eine ausreichend hohe Verfügbarkeit von elektrischer Energie aus Wind und Solar, dass derartige Investitionen finanziell sinnvoll erscheinen. Unter Berücksichtigung der Anforderungen an elektrischen Strom und CO₂ für die E-Fuel-Synthese in den beigeliktenden Rechtsakten zur RED II käme alternativ nur teure Elektrizität aus PPA-Verträgen in Frage. Eine hohe Auslastung von Wind- und Solar-Anlagen geht aber automatisch in die Nachhaltigkeitsbetrachtungen (THG-Fußabdruck) ein. Die Tabelle negiert bei dieser Art der Betrachtung die aktuelle Realität, dass Deutschland eine Energieimportquote von 70%-80% hat, also nur unwesentlich Energien zwischen den Sektoren austauschen kann.

Ferner unterschlägt die Tabelle den mit einer hier betrachteten dezentralen und leistungsgesteigerten Energieversorgung einhergehenden Infrastrukturaufwand in der Anpassung der elektrischen Netze bis hin zur Distribution (Straßenverteiler). Diese Kosten könnte man natürlich auch bei einer verstärkten Nutzung von Wärmepumpen allokkieren, Sie fallen aber grundsätzlich an².

- c) **Fallbeispiel Niedersachsen Kapitel 3.1** Die angegebenen Verbräuche Batterieelektrischer Fahrzeuge sind sogenannte WLTC-Verbräuche und schließen damit klimatische Einflüsse (signifikant geringere Kapazitäten und zusätzlicher Wärmebedarf im Winter, Klima im Sommer) sowie Schnelladeverluste aus. Um einen realen Nutzungsvergleich durchzuführen, sind alle im Systemrahmen enthaltenen Verbräuche (Nebenaggregate, Klima, Heizung etc.) zu inkludieren.

² <https://www.welt.de/regionales/nrw/article251793390/Stromnetze-Die-Energiewende-wird-die-Stadtwerke-Milliarden-kosten.html> zuletzt abgerufen 30.05.2024

Die anschließende Betrachtung klammert jede Übertragungsverluste aus, die von den Netzbetreibern angegeben werden. Diese Übertragungsfaktoren sind zu multiplizieren, bis sie die Ladestelle erreichen. Die Übertragungsverluste werden in dieser Betrachtung nur bei den E-Fuels angenommen,as ist asymmetrisch..

Die Berechnung über eine gleichmäßige Ladung tagsüber verschleiern das Problem, dass der Anteil an Strom aus erneuerbaren Quellen nur fluktuierend zur Verfügung steht (Solarist nur halbtagsverfügbar und auch die Windverteilung ist zeitlich und örtlich ungleichmäßig) Größere Batterien oder Speicher sind bei allen aktuell bekannten in Serie produzierbaren Technologien aber mit so hohen Material- und THG-Emissionen gekoppelt, dass der Betrieb hierzulande keine THG-Reduktion ermöglicht, wie hier angenommen wird.³

d) **Gesundheitliche Folgen**

Die zitierten frühen Todesfälle durch Schadstoffemissionen entspringen einer mathematischen in der Wissenschaft nicht generell akzeptierten Betrachtung der EEA. wissenschaftliche Publikationen von Medizinern, Toxikologen haben diese Ergebnisse widerlegt. Die Betrachtung auf epidemiologischen Studien auf Basis von Daten aus der Zeit schwefelhaltiger Kraftstoffe sind nicht geeignet, derartige Aussagen abzuleiten. Seit selbst Hot Spot Messstellen wie Stuttgart Neckartor die Immissions-Grenzwerte unterschritten hat, sind derartige Betrachtungen kein Thema der Entwicklung. Die hier angegebene Konsequenz der Gesundheitskosten sind damit obsolet.

Die Gesundheitlichen Folgen werden in dem Diskussionspapier auf Basis von der Nichtregierungsorganisation Transport&Environment herausgegebenen und in auftraggegeben Studie analysiert⁴. Diese von IFP Paris durchgeführte Studie hat kein professionell synthetisiertes E-Fuel zur Basis, sondern einen Labor-Blend des Auftragnehmers dieser Studie. Eine Korrelation dieser Ergebnisse mit realen E-Fuels ist im höchsten Grade unwissenschaftlich. Die entsprechenden Ergebnisse stehen im Widerspruch zu wissenschaftlichen Untersuchungen^{5,6,7} Dort haben wir signifikante Schadstoffreduktionen beobachtet. Es ist anzunehmen, dass die bei einer professionellen Kraftstoffsynthese zu beachtenden weiteren Parameter (Siedelinie, Aromatengehalte etc.) nicht den bei e-Fuels üblichen Werten entsprachen.

³ VDI-Analyse der CO₂-Emissionen von Pkw mit verschiedenen Antriebssystemen; VDI; <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/vdi-oekobilanz-studie-zu-verschiedenen-antriebssystemen-2023>

⁴ Transport & Environment. (2021). *Magic green fuels: Why e-fuels in cars will not solve pollution*. Zugriff am 21.4.2024. Verfügbar unter: <https://www.transportenvironment.org/discover/magic-green-fuels-why-synthetic-fuels-in-cars-will-not-solve-europes-pollution-problems/>

⁵ Ergebnisbericht reFuels – Kraftstoffe neu denken, Heinzmann, P.; Glöser-Chahoud, S.; Schultmann, F.; Langenmayr, U.; Ruppert, M.; Fichtner, W.; Arnold, U.; Dahmen, N.; Fuchs, C.; Lam, H.; Graf, D.; Rauch, R.; Haas-Santo, K.; Dittmeyer, R.; Weyhing, T.; Wagner, U.; Andresh, M.; Haase, M.; Patyk, A.; Scheer, D.; Schmieder, L.; Kölle, C.; Landgraf, M.; Koch, T.; Sauer, J.

2023. (O. Toedter, Hrsg.), Karlsruher Institut für Technologie (KIT). doi:10.5445/IR/1000159935_

⁶ Cold start behaviour of regenerative gasoline fuel blends down to -15 °C

Weyhing, T.; Wagner, U.; Toedter, O.; Koch, T., 2023. Proceedings 12. Tagung Einspritzung und Kraftstoffe WTZ Roßlau GmbH, 84–90, Forschungszentrum für Verbrennungsmotoren und Thermodynamik Rostock GmbH

⁷ reFuels – rethinking fuels : Performance of regenerative Fuels; Weyhing, T.; Zabihigivi, M.; Moradi, M.; Michler, T.; Ziegler, J.; Wagner, U.; Toedter, O.; Koch, T. 2021, Februar 28. 8. Internationaler Motorenkongress (2021), Baden-Baden, Deutschland, 23.–24. Februar 2021

e) **Zu „E-Fuels und die Angst vor der Dunkelflaute“**

- ▶ Zum einen durch eine mit dem heutigen System vergleichbare Versorgung mit E-Fuels für den Antrieb von Fahrzeugen und das Heizen mit Wasserstoff oder E-Heizöl (hier stellen dann E-Fuels oder Wasserstoff den Energiespeicher dar). So würde das heutige Brennstoff- und Kraftstoff-System auf Basis synthetischer Kraftstoffe weitergeführt werden.
- ▶ Zum anderen durch ausreichend dimensionierte Energiespeicher, mit denen die Stromversorgung mit Hilfe von Spitzenlastkraftwerken auch in Zeiten ohne Wind und Sonne aufrechterhalten werden kann.

Die in diesem Abschnitt getroffene Annahme, e-Fuels in Dunkelflauten als Ersatz für Heizöl einzusetzen ist energetisch und wirtschaftlich nicht nachzuvollziehen, zumal eine Raffinerie-synthese zwingend mit Koppelprodukten verknüpft ist.

Einen für eine Batterie-basiert zu dimensionierenden Stromspeicher hat die Fa. frontier economics im Rahmen der FVV Kraftstoffstudie⁸ nur für den Pkw-Bedarf mit 54TWh bewertet. Die damit verbundenen Kosten und THG-Emissionen erscheinen mir unverantwortlich.

f) **Importe von E-Fuels**

Hier wird erwähnt, welche Energiemengen Deutschland importiert, was vorher scheinbar ausgeblendet wurde. Interessanterweise findet hier ein Wechsel des Systemrahmens statt und Importe von Kraftstoffen werden betrachtet.

Die zitierten Kosten von FhG ISE⁹ beziehen sich auf die in der Betrachtung 2022 durchgeführten Annahmen. Andere Studien nennen <1€ und die Hersteller, die bereits international investieren, haben diese Zahlen auf Konferenzen bestätigt¹⁰. In den Ländern mit großen Potenzialen bspw. an Solarenergie wurden Stromkosten um 1ct/kWh berichtet¹¹, was sich um Faktoren von den lokalen Stromkosten unterscheidet. Vielfach wird die Annahme getroffen, von den Kosten von Demonstartionsanlagen auf Großanlagen zu schließen was die Preise signifikant überhöht, wie auch nicht aktuelle Kosten von Elektrolyseuren.

Batterieelektrische Fahrzeuge mit einem Materialkostenanteil von ca 70% haben im Gegensatz hierzu durch die erwarteten Rohstoffengpässe und die chinesischen Monopol-Strukturen in der Rohstoffaufbereitung und bei seltenen Erden langfristig ökonomische Nachteile zu erwarten.

⁸ FVV Fuels Study, 2023, https://www.fvv-net.de/fileadmin/Stories/020.50_Sechs_Thesen_zur_Klimaneutralitaet_des_europaeischen_Verkehrssektors/FVV_Future_Fuels_StudyIV_The_Transformation_of_Mobility_H1269_2021-10_EN.pdf zuletzt abgerufen 30.05.2024

⁹ Hank, C., Holst, M., Thelen, C., Kost, C., Längle, S., Schaadt, A. et al. (2023). Site-specific, comparative analysis for suitable Power-to-X pathways and products in developing and emerging countries. Freiburg i. Br. Zugriff am 7.2.2024. Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-H2Global-Study-Power-to-X-Country%20Analysis.pdf>;

¹⁰ Wiener Motorensymposium 2024 und Motorenkongress Baden-Baden

¹¹ Aus diesen Kraftwerken wird Strom nur 1 Cent pro Kilowattstunde kosten, <https://www.wiwo.de/technologie/wirtschaft-von-oben/wirtschaft-von-oben-200-billige-sonnenenergie-aus-diesen-kraftwerken-wird-strom-nur-1-cent-pro-kilowattstunde-kosten/29016634.html> zuletzt abgerufen 30.05.2024

Die genannten Abhängigkeiten beim Import von E-Fuels täuschen darüber hinweg, dass heute eine stärkere Abhängigkeit beim Rohöl und bei den Rohstoffen für Batterien besteht. Durch vielfältige interessante Regionen mit Energien aus regenerativen Quellen im Überschuss gibt sich hier die Chance der Diversifizierung.

g) Marktrisiken aufgrund chinesischer Importe

Das Kapitel betrachtet nur Fahrzeugimporte und nicht Abhängigkeiten von Komponentenimporten, wie z.B. Batterien beim weltgrößten Batteriehersteller CATL¹². Die chinesischen Autoexporte basieren auf einer langfristigen und erfolgreichen Strategie und sind heute von Verbrennungsmotoren dominiert. Der Technologievorsprung bei Ottomotoren wurde durch die Politik und Unternehmensentscheidungen der letzten Jahre abgegeben. Die Innovationskraft chinesischer Unternehmen erstreckt sich nicht nur auf den Batterie-Bereich, sondern ist Teil einer langfristigen Strategie in allen Antriebsfeldern. Bei Batterieelektrischen Fahrzeugen kommen die im Monopol gebündelten Rohstoffaufbereitungen erschwerend hinzu.

Die Weiterentwicklung bei Li- - Batterien hat nicht so stattgefunden, wie in den Metastudien 2022 und 2023 prognostiziert. Die Forschung an Alternativen zur Lithium-Ionen-Batterie liegt aktuell im Fokus der Batterie-Forschung, beeinflusst aber in absehbaren Zeiträumen nicht die Kosten und den in dem Diskussionspapier betrachteten Kostenvergleich.

Die in der Gesamtbeurteilung gefassten Schlüsse sind unseres Erachtens nicht korrekt und basieren auf Annahmen, die wir nicht tragen und widersprechen anderen interdisziplinären und mit vielen Unternehmen auf vielen Industriezweigen durchgeführten Studien^{13,14}.

Die aktuellen Entscheidungen z.B. des Aufsichtsrates von VW stehen in direktem Widerspruch zu der letzten Aussage.

Die Abbildung der komplexen realistischen Rahmenbedingungen der Energieversorgung und der Kraftstoff- Automobil- und Energieinfrastruktur würden u.E. zu anderen Schlussfolgerungen führen.



Dr.-Ing. Olaf Toedter

¹² <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/490657/umfrage/ranking-zu-den-groessten-herstellern-von-batterien-fuer-e-autos-nach-absatz/#:~:text=Der%20weltweit%20gr%C3%B6%C3%9Fte%20Hersteller%20von,weltweiten%20Markt%20f%C3%BCr%20Elektroauto%20Batterien.> Zuletzt abgerufen 30.05.2024

¹³ FVV Fuels Study, 2023, https://www.fvv-net.de/fileadmin/Stories/020.50_Sechs_Thesen_zur_Klimaneutralitaet_des_europaeischen_Verkehrssektors/FVV_Future_Fuels_StudyIV_The_Transformation_of_Mobility_H1269_2021-10_EN.pdf zuletzt abgerufen 30.05.2024

¹⁴ VDI-Analyse der CO₂-Emissionen von Pkw mit verschiedenen Antriebssystemen; VDI; <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/vdi-oekobilanz-studie-zu-verschiedenen-antriebssystemen-2023>