

Verbundvorhaben: BEniVer; Teilvorhaben: NormAKraft – Kraftstoffbewertung im Kontext nationaler und internationaler Kraftstoffregularien

Schlussbericht

Berichtszeitraum vom 01.01.2020 bis 31.12.2022

Jörg Schröder, Kati Görsch

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116
04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112

www.dbfz.de
info@dbfz.de

Datum: 26.06.2023

Auftraggeber oder
Zuwendungsgeber
(bei Forschungsförderung)

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH

Kontakt:

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-112
E-Mail: info@dbfz.de
Internet: www.dbfz.de

Jörg Schröder

Tel.: +49 (0)341 2434-522
E-Mail: joerg.schroeder@dbfz.de

Dr. Kati Görsch

Tel.: +49 (0)341 2434-329
E-Mail: kati.goersch@dbfz.de

Erstelldatum: 26.06.2023

Projektnummer DBFZ: P3430038

Projektnummer Auftraggeber
oder Zuwendungsgeber: 03EIV241C

Gesamtseitenzahl + Anlagen 20

Inhaltsverzeichnis

Teil I.	Kurzdarstellung.....	4
1.	Aufgabenstellung.....	4
2.	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	5
3.	Planung und Ablauf des Vorhabens	6
4.	Wissenschaftlicher und technischer Stand	6
5.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	8
Teil II.	Eingehende Darstellung.....	9
1.	der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	9
1.1.	Wasserstoff	12
1.2.	Methan.....	15
1.3.	Hythan (Methan-Wasserstoff-Gemisch).....	17
2.	der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	19
3.	der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	19
4.	des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	19
5.	des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	20
6.	der erfolgten oder geplanten Veröffentlichung des Ergebnisses	20

Teil I. Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Das primäre Ziel des Projektes "NormAKraft" war die Untersuchung der Systemverträglichkeit von alternativen Kraftstoffen, die sich derzeit in der Entwicklung befinden. Der Fokus lag dabei auf der Einhaltung der bestehenden Regelwerke, insbesondere der Kraftstoffverordnungen und der Normkonformität. Darüber hinaus wurde die Werkstoffverträglichkeit der alternativen Kraftstoffe bewertet. Diese Informationen werden entscheidend sein, um die neuen Kraftstoffe ohne technischen und wirtschaftlichen Mehraufwand in das bestehende System (Fahrzeuge, Tankstelleninfrastruktur, Distribution etc.) zu integrieren. Je besser die verschiedenen Kraftstoffspezifikationen den geltenden Normen und Anforderungen an die Materialverträglichkeit entsprechen, desto größer sind ihre Chancen, sich am Markt durchzusetzen und einen Beitrag zur Energiewende im Verkehrssektor zu leisten. Das Projekt "NormAKraft" war als iterativer Evaluationsprozess angelegt, um die Projektressourcen effektiv einzusetzen. Das DBFZ übernahm unter Berücksichtigung dieser übergeordneten Aufgabenstellung die Bewertung der betrachteten Optionen im Kontext der nationalen und internationalen Gesetzgebung bzw. Regulatorik. Des Weiteren war das DBFZ während der Projektlaufzeit federführend für die Bewertung der Gaskraftstoffe Methan, Wasserstoff und Hythane (Gemisch aus Methan und Wasserstoff) verantwortlich.

Folgende Kategorien wurden zur Bewertung der Kraftstoffqualitäten definiert:

- **REACH-Registrierung:** Seit 2008 regelt die Europäische REACH-Verordnung die Anforderungen an das Inverkehrbringen von chemischen Stoffen und Gemischen. Mit wenigen Ausnahmen besteht eine Pflicht zur Registrierung bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA). Im Zuge dieses komplexen regulatorischen Verfahrens müssen umfangreiche physikalisch-chemische, toxikologische und ökotoxikologische Daten erbracht und in Hinblick auf eine sichere Handhabung der Chemikalien bewertet werden. Diese Anforderungen gelten für neue Stoffe, Gemische sowie für bekannte Stoffe in neuen Anwendungen bzw. Herstellungspfaden. Der hierbei zum Tragen kommende Grundsatz lautet »No data – no market«. Aufgrund der Komplexität der Verordnung wurde in der Analyse nicht auf jeden Stoff im Detail eingegangen. Vielmehr wurde eine erste Einschätzung erarbeitet, in welchem Stadium sich die Registrierung des jeweiligen Produktes befindet.
- **Normen und Normkonformität:** Normung legt einheitliche Standards fest, die für die Anwendung eines Produkts unter vergleichbaren Bedingungen erforderlich sind. Kraftstoffe werden genormt, um eine zuverlässige Grundlage für die Entwicklung von Fahrzeug-, Schiffs- und Flugzeugantrieben zu schaffen. Die Existenz von Normen ist eine grundlegende Voraussetzung für die Einführung von Kraftstoffen auf dem europäischen Markt. Nicht genormte Kraftstoffe sind innerhalb der Europäischen Union nicht zulässig. Im Projekt erfolgte eine Einteilung zum Normungsstatus einer jeden Kraftstoffvariante (vorhanden, in der Entwicklung, nicht vorhanden).
- **Regularien und Verordnungen:** Diverse Regularien und Verordnungen sind die Leitplanken für die Anwendung von Kraftstoffen im Verkehr. Sie schaffen Anreize für Produktion und Vertrieb, legen Qualitätsstandards fest und fördern alternative Antriebstechnologien. Zudem unterstützen sie den Aufbau der Infrastruktur und ermöglichen eine Überwachung der Fortschritte. Gesetze sind unerlässlich, um den Erfolg und die Nachhaltigkeit erneuerbarer Kraftstoffe sicherzustellen.

Innerhalb des Projektes erfolgte eine Bewertung gegenüber den wesentlichen europäischen und nationalen Regularien mit Bezug auf erneuerbare Energien im Verkehr.

- **Emissionen:** Durch den Einsatz erneuerbarer Kraftstoffe können erhebliche Mengen an CO₂ und anderen schädlichen Emissionen vermieden werden. Dies trägt zur Verbesserung der Luftqualität und zur Bekämpfung des Klimawandels bei. Die Kontrolle und Überwachung der Emissionen bei der Produktion, Verarbeitung und Verbrennung erneuerbarer Kraftstoffe ist daher von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass sie tatsächlich einen positiven Beitrag zur Reduzierung der Umweltauswirkungen des Verkehrssektors leisten. Eine Vielzahl an Schadstoffemissionen, die durch das Fahrzeug freigesetzt werden, sind oftmals reglementiert. Im Projekt erfolgte eine grundlegende Bewertung, welches Emissionsverhalten mit den betrachteten Kraftstoffen im Vergleich zu den zu verdrängenden fossilen Kraftstoffen zu erwarten ist.
- **Performance (Fit for Purpose):** Die Performance ist ein wesentlicher Aspekt bei erneuerbaren Kraftstoffen. Sie bezieht sich darauf, ob diese Kraftstoffe die erforderliche Leistung und Effizienz liefern, um die Anforderungen des Verkehrssektors zu erfüllen. Ein zentraler Faktor für die Performance erneuerbarer Kraftstoffe ist deren Energiegehalt. Die Gewährleistung einer hohen Performance erneuerbarer Kraftstoffe ist von entscheidender Bedeutung, um ihre Akzeptanz und ihren Einsatz im Verkehrssektor zu fördern. Im Projekt erfolgte eine Einordnung der Performance mit Bezug auf den Energiegehalt und anderen charakteristischen Eigenschaften.
- **No Harm (Materialverträglichkeit):** Die Materialverträglichkeit erneuerbarer Kraftstoffe ist entscheidend für eine reibungslose Systemintegration. Eine kompatible chemische Zusammensetzung und die Langzeitbeständigkeit der Materialien sind wichtig, um Korrosion und Verschleiß zu vermeiden. Die Testung und Zertifizierung von Materialien für die Verwendung mit erneuerbaren Kraftstoffen spielt eine entscheidende Rolle bei der Materialverträglichkeit. Hersteller von Fahrzeugen, Motoren, Tanks und anderen Komponenten müssen sicherstellen, dass ihre Produkte den Anforderungen der erneuerbaren Kraftstoffe standhalten. Dazu gehören spezifische Tests, wie z. B. die Bestimmung der Korrosionsbeständigkeit, der Elastizität und der Dichtungseigenschaften der Materialien unter den Bedingungen, die durch die erneuerbaren Kraftstoffe entstehen. Im Projekt erfolgte eine entsprechende Bewertung.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben wurde am DBFZ (Bereich Bioraffinerien) im Zeitraum vom 01. Januar 2020 bis 31. Dezember 2022 durchgeführt. An der Bearbeitung der umfangreichen Aufgabenstellung waren zwei Wissenschaftler*innen beteiligt, welche ihre Expertise aus verschiedenen DIN-Normungsausschüssen sowie einer Vielzahl an nationalen und internationalen FuE-Vorhaben in NormAKraft einbrachten.

Die Arbeiten wurden in enger Zusammenarbeit mit den Kolleg*innen der Verbundpartner DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Oel-Wärme-Institut (OWI) und Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e. V. - FAM Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (DGMK-FAM) sowie den durch DECHEMA beauftragten Partnern TEC4FUELS GmbH und GMA - Gesellschaft für Mineralöl-Analytik und Qualitätsmanagement mbH & Co. KG. durchgeführt. Die Koordination des Vorhabens hat DECHEMA übernommen.

Die Kostenplanung und die vom Projektträger zur Verfügung gestellten finanziellen Mittel erlaubten die Sicherung der geplanten FuE-Arbeiten. Während der Projektumsetzung wurden keine experimentellen Aufgaben durch das DBFZ bearbeitet.

Das Vorhaben fiel in die Hauptphase der COVID-19-Pandemie. Arbeitseinschränkungen wie begrenzte Verfügbarkeit/Erreichbarkeit sowie Wegfall von Dienstreisen zu projektspezifischen Arbeitstreffen gingen damit einher.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Ablauf des Projektes stimmte in den meisten Punkten mit den Planungen im Projektantrag überein. Zu den Abweichungen siehe Kapitel II, Punkt 1.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

an den angeknüpft wurde, insbesondere

- *Angaben bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden,*
- *Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste*

Deutschland hat mit rund 59 Millionen Fahrzeugen eine der höchsten Fahrzeugdichten weltweit, bei einer Gesamtzahl von über 2 Milliarden Fahrzeugen weltweit. Dies entspricht einer Dichte von 580 Fahrzeugen pro 1.000 Einwohner. Der Fahrzeugbestand ist weiterhin wachsend. Allerdings findet beispielsweise im Pkw-Bereich ein Wandel bei den Antriebsarten statt. Waren vor rund zehn Jahren noch fast alle Neufahrzeuge mit Verbrennungsmotoren ausgestattet, werden heute rund 25 % der neu zugelassenen Pkw batterieelektrisch oder zumindest als Plug-in-Hybrid betrieben. Um die klimapolitischen Ziele bis 2045 zu erreichen, ist ein konsequenter Ausbau in diesem Bereich entsprechend verschiedener Verkehrsszenarien notwendig. Aufgrund der langen Nutzungsdauer der Fahrzeuge erfolgt die Umstrukturierung der Fahrzeugflotte jedoch nur langsam. Im Jahr 2030 werden noch über 40 Millionen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor im Einsatz sein, und auch 2045 wird es neben einem Restbestand an Pkw noch schwer elektrifizierbare Verkehrsbereiche geben. Daher muss die Nutzung erneuerbarer Kraftstoffe im Verkehrssektor ausgebaut werden. Eine Bewertung des Bedarfs an erneuerbaren Kraftstoffen muss dahin gehend auf deren Einsatzzweck erfolgen:

Bis 2045 wird die Bedeutung von Elektrofahrrädern als Fortbewegungsmittel vor allem für Kurzstrecken zunehmen. Auch Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (bis 3,5 t) können nahezu vollständig batterieelektrisch betrieben werden. Andere Antriebsoptionen wie Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen mit elektrischem Antrieb dürften in diesen drei Segmenten aufgrund ihrer deutlich schlechteren Wirkungsgrade nicht mehr konkurrenzfähig sein. Aus heutiger Sicht wird der Fahrzeugbestand mit Verbrennungsmotor im Jahr 2030 überwiegend mit den heute üblichen Mischkraftstoffen aus fossilen und regenerativen Anteilen betrieben (Ethanol: bis zu 10 Vol.%, Fettsäuremethylester (FAME, ugs. Biodiesel): bis zu 7 Vol.%, hydroprozessierte Pflanzenöle (HVO): bis zu 25 Vol.%). Als neue Option kann auch Methanol-to-Gasoline (MTG) als Mischkraftstoff eingesetzt werden. Durch entsprechende regulatorische Anpassungen, insbesondere in der 10. Bundes-Immissionsschutzverordnung (10. BImSchV), könnten auch neue Optionen mit höheren Anteilen erneuerbarer Kraftstoffe oder als Reinkraftstoff (z. B. HVO) auf den Markt kommen. Parallel dazu wird bis 2030 ein kleiner Bestand an

wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen mit Brennstoffzelle entstehen. Ziel der Bundesregierung ist es, diese Brennstoffzellenfahrzeuge bis dahin vorrangig mit erneuerbarem Wasserstoff zu betreiben.

Es ist davon auszugehen, dass bis 2045 auch große Teile des Straßengüterverkehrs elektrifiziert sein werden. Vor allem Nutzfahrzeuge bis ca. 18 Tonnen Gesamtgewicht dürften aufgrund der steigenden Energiedichte der Batterien und des Ausbaus der Ladestationen für den batterieelektrischen Antrieb geeignet sein. Gleiches gilt für schwere Lkw und Sattelzugmaschinen im regionalen Verkehr. Im überregionalen Schwerlastverkehr ist dagegen mit einem breiteren Spektrum an Antriebs- und Energieträgern zu rechnen. Diskutiert werden derzeit elektrische Antriebe mit Brennstoffzellen (Wasserstoff) oder Traktionsbatterie sowie Verbrennungsmotoren mit erneuerbarem Flüssigerdgas (LNG), Wasserstoff und Dieselsubstituten wie Fischer-Tropsch- (FT-) und HVO-Diesel. Welche dieser Technologien sich letztlich durchsetzen wird oder ob alle Optionen nebeneinander bestehen werden, ist schwer abzuschätzen. Insbesondere vor dem Hintergrund des starken transnationalen Verkehrs in diesem Segment sind europäische Lösungen erforderlich. Bis zum Jahr 2030 werden für Straßen-Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor voraussichtlich Diesel-Substitute ähnlich wie beim Pkw sowie Biomethan (als LNG) und erste Elektrofahrzeuge (Batterie und Brennstoffzelle) zur Verfügung stehen. Die Antriebsoptionen für Busse werden sowohl 2030 als auch 2045 ähnlich heterogen sein wie im Straßengüterverkehr. Während im Stadt- und Regionalverkehr bis 2045 ein Großteil der Busse elektrifiziert sein kann (Batterie oder Brennstoffzelle), ist im überregionalen Verkehr, der auf den schweren Straßengüterverkehr ausgerichtet ist, eher mit erneuerbaren Flüssigkraftstoffen (inkl. LNG) zu rechnen. Im Jahr 2030 werden insbesondere im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) auch Busse mit komprimiertem erneuerbarem Methan (CNG) eingesetzt. Die Flüssigkraftstoffe im Jahr 2030 werden weitgehend den heute verfügbaren Optionen entsprechen.

Bei nicht straßengebundenen mobilen Maschinen und Geräten (NRMM) wie Land-, Forst- und Baumaschinen hängt die Wahl des Antriebs und der Energiequelle ähnlich wie im Straßengüterverkehr und bei Bussen stark von den Leistungsanforderungen ab. NRMM mit geringer Leistung können bereits bis 2030 einen hohen Elektrifizierungsgrad erreichen. Insbesondere Spezialmaschinen werden auch 2045 noch auf flüssige Energieträger angewiesen sein, da sie z. B. saisonal sehr hohe Leistungen benötigen (z. B. Erntemaschinen) oder die örtlichen Gegebenheiten (z. B. im Forst oder auf Baustellen) eine schnelle Aufladung von Batterien oder Wasserstofftanks nicht zulassen. Für Maschinen, die auch in Zukunft nicht elektrifiziert werden können, stehen die gleichen Energieträgeroptionen wie im Straßengüterverkehr zur Verfügung. Darüber hinaus ist regional erzeugter Pflanzenölkraftstoff eine attraktive Option für Land- und Forstmaschinen.

Im Bereich der Schienenfahrzeuge sind bereits heute die meisten Fahrzeuge elektrifiziert. Die Stromversorgung erfolgt auf einem Großteil des Schienennetzes über Oberleitungen. Bis zum Jahr 2045 sollen weitere Bahnstrecken mit Oberleitungen ausgebaut werden, sodass nur noch wenige Nebenstrecken, Rangierlokomotiven u. ä. einen unabhängigen Antrieb benötigen. Für diese Fahrzeuge können entweder batterie- oder brennstoffzellenbetriebene Schienenfahrzeuge eingesetzt werden. Für die verbleibenden Fahrzeuge können die verfügbaren erneuerbaren flüssigen Dieselsubstitute wie HVO- oder FT-Diesel eingesetzt werden. Die Umstellung auf erneuerbare Antriebe ist in beiden Fällen schnell umsetzbar, da der Fahrzeugbestand gering ist und der Schienenverkehr weitgehend unabhängig von anderen Verkehrsträgern agiert.

Die Schifffahrt und die Luftfahrt gelten aufgrund der hohen Leistungsanforderungen und der internationalen Rahmenbedingungen als die am schwierigsten zu elektrifizierenden Verkehrssysteme.

Kleinere Binnenschiffe oder leichte Flugzeuge für Kurzstrecken können am ehesten elektrifiziert werden. Die meisten Schiffe und Flugzeuge werden weiterhin flüssige Kraftstoffe benötigen. Bis 2030 werden hauptsächlich Mischkraftstoffe mit erneuerbaren Anteilen verwendet, die erst langfristig (möglicherweise deutlich nach 2045) vollständig erneuerbar sein werden. Mögliche Optionen für erneuerbare Flugkraftstoffe sind Alcohol-to-Jet (ATJ)- und Methanol-to-Jet (MTJ)-SPK, Wasserstoff, Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA) oder FT-SPK. Für Schiffskraftstoffe kommen Methanol, Wasserstoff, LNG, HVO und FT-Diesel in Frage.

Weitere erneuerbare Energieträger werden als zukünftige Optionen in allen Verkehrsbereichen diskutiert, wie z. B. Dimethylether (DME), Oxymethylenether (OME), Wasserstoff und Hythan als Benzin- und Dieselsubstitute oder Ammoniak in der Schifffahrt. Diese Energieträger befinden sich jedoch noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium.

Verwendete Fachliteratur: Das DBFZ befasst sich seit seiner Gründung mit der Thematik erneuerbarer Kraftstoffe. Dabei wird insbesondere auf die technische, ökonomische und ökologische Bewertung der Kraftstoffe eingegangen. Somit hat sich das DBFZ im Laufe der Jahre eine große Datenbank an Informationen und Expertise bezüglich des Einsatzes erneuerbarer Kraftstoffe aufgebaut, welche in diesem Vorhaben für die Bewertung der Kraftstoffe hinsichtlich Normierung sowie Kategorisierung anhand nationaler und internationaler Regularien zur Verfügung gestellt und entsprechend der betrachteten Kraftstoffoptionen erweitert wurde. Als Grundlage der Projektbearbeitung wurden der DBFZ Report Nr. 11 „**Monitoring Biokraftstoffsektor**“ und Nr. 44 „**Monitoring erneuerbarer Energien im Verkehr**“ verwendet und die dort integrierte Fachliteratur für die Themenfelder Regulatorik, Produktionstechnologien zur Bereitstellung von erneuerbaren Kraftstoffen, Fahrzeuganwendung von erneuerbaren Energien und ökologische Aspekte der Nachhaltigkeit genutzt.^{1,2}

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Laufe der Projektbearbeitung erfolgte eine intensive Zusammenarbeit mit Instituten und Firmen, welche sich in den technischen Vorhaben der Forschungsinitiative „Energiewende im Verkehr“ mit der Entwicklung und Anwendung erneuerbarer strombasierter Kraftstoffe beschäftigten. Außerdem erfolgte eine enge Zusammenarbeit mit dem BEniVer-Verbundkoordinator Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR).

¹ Naumann, K.; Schröder, J.; Oehmichen, K.; Etzold, H.; Müller-Langer, F.; Remmele, E.; Thuneke, K.; Raksha, T.; Schmidt, P. (2019): Monitoring Biokraftstoffsektor. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Leipzig: DBFZ (DBFZ-Report Nr. 11). ISBN 978-3-946629-36-8

² Schröder, J.; Naumann, K. (Hrsg.) (2022): Monitoring erneuerbarer Energien im Verkehr. Leipzig: DBFZ. 340 S. ISBN: 978-3-946629-82-5. DOI: 10.48480/19nz-0322, <https://www.dbfz.de/report-44>

Teil II. Eingehende Darstellung

1. der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Folgende Aufgaben-/Zielstellungen wurden in dem Vorhaben durch das DBFZ in Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern betrachtet.

Aufgabe 1 „Erstellung Shortlist“, Aufgabe 2 „Normprüfung und Aufgabe 3 „Materialverträglichkeit“:

Im Projekt NormAKraft wurde eine "Shortlist" auf Basis der in BEniVer untersuchten Kraftstoffe erstellt, die auf ihre Normkonformität hin untersucht werden sollen. Dazu gehörend wurden auch kraftstoffrelevante Parameter in Zusammenarbeit mit den Verbänden der Forschungsinitiative identifiziert und quantifiziert. Dies diente als Grundlage für die weiteren Untersuchungen im Projekt NormAKraft. Auf Basis der Rückmeldungen seitens der Verbände wurden Daten zur Normkonformität und Materialverträglichkeit erhoben und ausgewertet.

Tabelle 1 Kraftstoffkategorisierung innerhalb des Projekts

Kraftstofftyp	„Energiewende-im-Verkehr“-Verbünde
Synthetischer Diesel (Fischer-Tropsch)	SynLink, iSystem4EFuel, PlasmaFuel
Synthetisches Benzin Methanol-to-Gasoline	C3-Mobility, SolareKraftstoffe
Synthetische paraffinische Kerosine	KEROSYN100, SynLink, PowerFuel
Methanol	C3-Mobility, E2Fuels, SynLink, MEEMO
Dimethylether (DME)	C3-Mobility, FlexDME
Oxymethylenether (OME)	NAMOSYN, iSystem4EFuel, E2Fuels, C3-Mobility
Dimethylcarbonat (DMC) und Methylformiat (MeFo)	NAMOSYN
Wasserstoff	–
Methan	MethQuest, Combifuel, E2Fuels, LeanStoich2
Hythan (Methan-Wasserstoff-Gemisch)	MethQuest, Combifuel, E2Fuels, LeanStoich2
Ammoniak	–

DGMK-FAM und DECHEMA bearbeiteten diese Liste federführend. Das DBFZ unterstützte beide Verbundpartner mit seiner Expertise.

Aufgabe 4 „Bewertung regulatorische Rahmenbedingungen“:

Innerhalb der Projektlaufzeit wurden nationale und internationale regulatorische Rahmenbedingungen im Kontext zu Kraftstoffen geprüft. Sollten dabei Aspekte identifiziert werden, die einer Markteinführung entgegenstehen, wurden diese in der Veröffentlichung *Factsheet „Normkonformität und Materialverträglichkeit alternativer Kraftstoffe“* dokumentiert. Folgende Regularien wurden dabei ausgewertet:

Eingehende Darstellung

Tabelle 2 Auflistung der zu Beginn des Projektes betrachteten regulatorischen Rahmenbedingungen

Region	Art	Kurztitel	Langtitel
EU	Richtlinie	AFID	Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe Text von Bedeutung für den EWR
EU	Richtlinie	FQD	Richtlinie 2009/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG des Rates im Hinblick auf die Spezifikationen für von Binnenschiffen gebrauchte Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 93/12/EWG (Text von Bedeutung für den EWR)
EU	Richtlinie	RED II	Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Text von Bedeutung für den EWR).
EU	Richtlinie	Richtlinie (EU) 2015/652	Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates vom 20. April 2015 zur Festlegung von Berechnungsverfahren und Berichterstattungspflichten gemäß der Richtlinie 98/70/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Qualität von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen
EU	Richtlinie	Richtlinie 98/70/EG	Richtlinie 98/70/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 1998 über die Qualität von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen und zur Änderung der Richtlinie 93/12/EWG des Rates
EU	Verordnung	REACH	Verordnung (EU) 2015/830 der Kommission vom 28. Mai 2015 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) (Text von Bedeutung für den EWR)
EU	Verordnung	KN	Durchführungsverordnung (EU) 2019/1776 der Kommission vom 9. Oktober 2019 zur Änderung des Anhangs I der Verordnung (EWG) Nr. 2658/87 des Rates über die zolltarifliche und statistische Nomenklatur sowie den Gemeinsamen Zolltarif
EU	Verordnung	CLP	Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (Text von Bedeutung für den EWR)
DE	Gesetz	BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
DE	Verordnung	9. BImSchV	Verordnung über das Genehmigungsverfahren
DE	Verordnung	11. BImSchV	Verordnung über Emissionserklärungen
DE	Verordnung	12. BImSchV	Störfall-Verordnung
DE	Verordnung	37. BImSchV	Verordnung zur Anrechnung von strombasierten Kraftstoffen und mitverarbeiteten biogenen Ölen auf die Treibhausgasquote
DE	Verordnung	38. BImSchV	Verordnung zur Festlegung weiterer Bestimmungen zur Treibhausgasemission bei Kraftstoffen
DE	Verordnung	AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
DE	Verordnung	GefStoffV	Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen
DE	Normung	DIN EN 15940	Paraffinischer Dieselmotorkraftstoff aus Synthese oder Hydrierungsverfahren - Anforderungen und Prüfverfahren
DE	Normung	DIN EN 16709	Dieselmotorkraftstoffmischungen mit hohem FAME-Anteil (B20 und B30)

Region	Art	Kurztitel	Langtitel
DE	Normung	DIN EN 16723-2	Erdgas und Biomethan zur Verwendung im Transportwesen und Biomethan zur Einspeisung ins Erdgasnetz - Teil 2: Festlegungen für Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge
DE	Normung	DIN EN 16734	Dieselmotoren (B10) - Anforderungen und Prüfverfahren
DE	Normung	DIN EN 16942	Kraftstoffe - Identifizierung der Fahrzeug-Kompatibilität - Graphische Darstellung zur Verbraucherinformation
DE	Normung	DIN EN 17124	Wasserstoff als Kraftstoff - Produktfestlegung und Qualitätssicherung - Protonenaustauschmembran(PEM)-Brennstoffzellenanwendungen für Straßenfahrzeuge
DE	Normung	DIN EN 228	Unverbleite Ottokraftstoffe - Anforderungen und Prüfverfahren
DE	Normung	DIN EN 589	Flüssiggas - Anforderungen und Prüfverfahren
DE	Normung	DIN EN 590	Dieselmotoren - Anforderungen und Prüfverfahren
DE	Technische Anleitung	TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
DE	Technische Regel	TRBS 3146 und TRGS 746	Ortsfeste Druckanlagen für Gase
DE	Technische Regel	TRGS 509	Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter
DE	Technische Regel	TRGS 510	Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern
		TRGS 720	Gefährliche explosionsfähige Gemische - Allgemeines
DE	Technische Regel	TRGS 721	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Beurteilung der Explosionsgefährdung
DE	Technische Regel	TRGS 722	Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
DE	Technische Regel	TRGS 723	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
DE	Technische Regel	TRBS 3151 und TRGS 751	Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Gasfüllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen

Nachfolgende Regularien wurden im Kontext der Shortlist als besonders kritisch bewertet:

- RED II
- FQD
- REACH
- 10. BImSchV
- Kraftstoffnormierung

Mit Auswertung der Ergebnisse aus den Aufgaben 1 bis 4 wurden Steckbriefe für die beschriebenen Kraftstoffoptionen erstellt, deren Inhalt in dem Factsheet „Normkonformität und Materialverträglichkeit alternativer Kraftstoffe“ veröffentlicht wird. Das DBFZ hat dabei die Steckbriefe zu den gasförmigen Kraftstoffen Wasserstoff, Methan und Hythane sowie Teile aus den Abschnitten „Kurzfassung“, „Hintergrund, Zielsetzung und methodischer Ansatz“ und „Ausblick“ erstellt.

Nachfolgend werden die Steckbriefe für die drei genannten Kraftstoffe aus der Publikation als Ergebnisbericht dargestellt.

1.1. Wasserstoff

Wasserstoff als kohlenstofffreies, hochkalorisches Molekül steht bereits seit langem im Fokus der Energiewende im Verkehr.³ Es konnte sich bis dato aufgrund des aufwändigen Handlings und der hohen Herstellungskosten nicht gegen die im Verkehrssektor etablierten Optionen durchsetzen. Dennoch wird Wasserstoff perspektivisch wieder eine zunehmende Bedeutung für den Transportsektor zugetragen, wenn es entweder direkt als Energieträger oder als Ausgangsstoff für gasförmige oder flüssige Kraftstoffe eingesetzt wird.

Die Anwendung von Wasserstoff als Kraftstoff erfolgt entweder in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor oder mit Brennstoffzellen.⁴ Während die Performance bei einem wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotor vergleichbar mit Dieselmotoren ist, kann diese bei Brennstoffzellenfahrzeugen um etwa 10 bis 20 % gesteigert werden. Beide Optionen emittieren am Fahrzeug durch den reinen Einsatz von Wasserstoff keine kohlenstoffhaltigen Treibhausgase und Schadstoffe wie CO₂ oder Partikel. Einzig bei der Anwendung von Wasserstoff im Verbrennungsmotor entstehen vereinzelte kohlenstoffhaltige Schadstoffe aus der Verbrennung des Motorenöls sowie stickstoffhaltige Schadstoffe (NO_x und N₂O). Brennstoffzellenfahrzeuge kommen hingegen vollständig ohne Schadstoffemissionen aus. Technisch limitierend bei der Anwendung von Wasserstoff als Kraftstoff ist dessen geringe Dichte von 0,09 kg/m³ unter Standardbedingungen.⁵ Um entsprechend große Mengen an Wasserstoff im Fahrzeug bevorraten zu können, wird er entweder komprimiert, tief kalt verflüssigt oder mittels flüssiger Trägermaterialien gespeichert. Aktuell sind vor allem Technologien mit Druckspeicherung bei 350 bar bzw. 700 bar verfügbar. Beide Varianten haben jedoch mit 3 MJ/l bzw. 5 MJ/l immer noch einen deutlich geringeren volumetrischen Energiegehalt als Dieselmotorkraftstoff (Diesel: 35 MJ/l). Volkswirtschaftlich sind die verschiedenen Konzepte zur direkten Nutzung von Wasserstoff im Transportsektor mit höheren Kosten als bei anderen erneuerbaren Kraftstoffoptionen verbunden.⁶ Dies ist vor allem getrieben durch den Investitionsbedarf am Fahrzeug (Tank und Brennstoffzellen bzw. Tank und Wasserstoffmotor) als auch in die Kraftstoffinfrastruktur, welche vollständig neu geschaffen werden muss.

Die Qualitätsanforderungen für die Anwendung von Wasserstoff im Straßenverkehr sind in der DIN EN 17124 definiert und diese wiederum ist in der 10. BImSchV verankert, welche die anwendbaren Kraftstoffqualitäten in Deutschland definiert.

Nachhaltig kann grüner Wasserstoff z. B. elektrochemisch durch Wasserelektrolyse mit Strom aus erneuerbaren Quellen hergestellt und direkt im Straßenverkehr eingesetzt werden. Alternative Herstellungsrouten wie Plasmaverfahren sowie biogene und thermische Herstellungsprozesse werden aktuell beforscht.

Factsheet

³ Mabanaft: Branchen-Glossar: Grüner Wasserstoff (H₂), www.mabanaft.com/de/news-info/branchen-glossarenergielexikon/gruenerwasserstoff-h2, (zuletzt aufgerufen am 8.12.2022)

⁴ e-mobil BW GmbH (Hrsg.) (2021): Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennungsmotor und Brennstoffzelle im schweren Nutzfahrzeug. Stuttgart, www.e-mobilbw.de

⁵ Schröder, J.; Naumann, K. (Hrsg.) (2022): Monitoring erneuerbarer Energien im Verkehr. Leipzig: DBFZ. 340 S. ISBN: 978-3-946629-82-5. DOI: 10.48480/19nz-0322, <https://www.dbfz.de/report-44>

⁶ FVV (Hrsg.) (2021): Zukünftige Kraftstoffe: FVV-Kraftstoffstudie IV. Frankfurt am Main

Wasserstoff ist ein chemisches Element, dessen Eigenschaften und Risiken wohl bekannt sind. Entsprechend ist es in den verschiedenen Klassifikationssystemen von Stoffen eingetragen. Eine Registrierung nach der europäischen Chemikalienverordnung (REACH) ist unabhängig vom Herstellungsverfahren nicht notwendig.

Für die Anwendung von Wasserstoff im Verkehrssektor definiert die nationale Norm DIN EN 17124 aktuell nur die notwendige Gasqualität von Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen für Straßenfahrzeuge innerhalb Deutschlands. Diese Norm (Ausgabe von Juli 2019) wird in der 10. BImSchV aufgeführt. Eine Anwendung als Kraftstoff wird seitens des Gesetzgebers folglich entsprechend ermöglicht. Perspektivisch müssen einerseits in der vorhandenen Norm konkrete Methoden zur Bestimmung der Qualitätsparameter definiert werden. Andererseits ist eine Ausweitung der Qualitätsbeschreibung auf die Anwendung in Verbrennungsmotoren empfehlenswert, um vor allem dem Schiffverkehr oder dem schweren Straßengüterverkehr neue Optionen zu ermöglichen. Die Definition von internationalen Vorgaben für die Luft- und Seeschifffahrt stehen ebenfalls noch aus, auch wenn bereits erste Schiffe mit Wasserstoff angetrieben werden.

Zur Erfüllung der RED II-Ziele kann strombasierter Wasserstoff herangezogen werden. Die regulatorischen Voraussetzungen hierzu werden durch den Delegated Act zum Strombezug (Art. 27 der RED) definiert, der am 13.02.2023 durch die EU-Kommission veröffentlicht wurde. Im einleitenden Kapitel »Anforderungen für eine erfolgreiche Markteinführung synthetischer Kraftstoffe – Regularien und Verordnungen« wird auf die damit verbundenen wesentlichen Herausforderungen eingegangen.

Die Materialverträglichkeit gegenüber Wasserstoff ist in speziell konzipierten Brennstoffzellenfahrzeugen oder Fahrzeugen mit Wasserstoffmotoren sowie der dafür notwendigen Infrastruktur gegeben.⁷ Bekannte Phänomene wie Wasserstoffporosität oder Unverträglichkeiten gegenüber einzelnen Elastomeren sollten hier keine Rolle spielen. Die Umrüstungen bestehender Verbrennungsmotoren auf Wasserstoff ist aufgrund der damit verbundenen technischen Herausforderung nicht Bestandteil der aktuellen öffentlichen Diskussion. Insbesondere bei Brennstoffzellen ist eine hohe Reinheit des Wasserstoffs gefordert, um den Gradienten der Leistungsverluste über die Lebensdauer hinweg möglichst gering zu halten.⁸

Die Verunreinigungen im Wasserstoff verursachen bei den eingesetzten Edelmetall-Katalysatoren reversible und irreversible Schäden, die eine Katalysatoralterung beschleunigen. Dabei haben neben dem Herstellungsprozess vor allem die nachgelagerten Prozesse (Aufreinigung, Kompression oder Verflüssigung und Transport) wesentlichen Einfluss auf die Qualität. Bei Wasserstoffmotoren ist die Wasserstoffqualität hingegen von untergeordneter Bedeutung.

Die direkte Umwandlung von chemischer in elektrische Energie in Brennstoffzellen ermöglicht Vorteile in deren Performance gegenüber Wasserstoffmotoren, welche aufgrund des thermodynamischen Kreisprozesses zwangsläufigen Beschränkungen unterworfen sind.⁹ Verluste werden in erster Linie nur durch die Versorgung von Nebenaggregaten im Brennstoffzellensystem verursacht. Insgesamt ist der

⁷ e-mobil BW GmbH (Hrsg.) (2021): Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennungsmotor und Brennstoffzelle im schweren Nutzfahrzeug. Stuttgart, www.e-mobilbw.de

⁸ e-mobil BW GmbH (Hrsg.) (2021): Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennungsmotor und Brennstoffzelle im schweren Nutzfahrzeug. Stuttgart, www.e-mobilbw.de

⁹ e-mobil BW GmbH (Hrsg.) (2021): Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennungsmotor und Brennstoffzelle im schweren Nutzfahrzeug. Stuttgart, www.e-mobilbw.de

Wirkungsgrad von Brennstoffzellenantrieben im realen Betrieb zwischen 10 bis 20 % höher einzuschätzen als bei vergleichbaren Wasserstoff- oder Dieselmotoren.

Die Reichweite von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen fällt in der Regel geringer als bei Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben aus.¹⁰ Der volumenbezogene Energiegehalt von Wasserstoff ist im Vergleich mit Diesel über 90 % bei einem Tankdruck von 350 bar, 85 % bei 700 bar bzw. 75 % bei flüssigem Wasserstoff geringer.

Für die Bewertung von Wasserstoff hinsichtlich dessen Einfluss auf die Emissionen muss zwischen den Anwendungsoptionen Brennstoffzelle (mit Elektromotor) und Verbrennungsmotor unterschieden werden.⁵³ Bei beiden Optionen entsteht Wasser als einziges Hauptprodukt der Energieumwandlung. Schadstoff- und Treibhausgasemissionen entstehen bei der Umwandlung von Wasserstoff in Brennstoffzellen nicht. Die bei Verbrennungsmotoren bekannten kohlenstoffhaltigen Verbrennungsprodukte CO₂, CO, Kohlenwasserstoffe sowie Partikel werden bei Wasserstoffmotoren in geringen Mengen nur über den Eintrag des Motorenöls in den Verbrennungsprozess erzeugt und sind dessen Funktion geschuldet. Nicht zu vernachlässigen sind die Emissionen von NO_x und N₂O bei Wasserstoffmotoren durch die Reaktion von Luftsauerstoff und -stickstoff bei hohen Verbrennungstemperaturen. Mit modernen Abgasnachbehandlungssystemen, bestehend aus Oxidations- und SCR-Katalysatoren, können Grenzwerte heutiger und voraussichtlich auch künftiger Emissionsgesetzgebungen unterschritten werden.

Die Emissionen entlang der Bereitstellungskette werden maßgeblich durch die Produktion von Wasserstoff getrieben und sind insbesondere bei der Nutzung von grünem Wasserstoff auf einem geringen Niveau.

Fazit

Erneuerbarer Wasserstoff kann über verschiedene strom- oder biomassebasierte Verfahren hergestellt werden. Etabliert sind vor allem die alkalische und die Protonenaustauschmembran-Elektrolyse, wenn auch mit geringen verfügbaren Kapazitäten verbunden. Wasserstoff ist als Kraftstoff technisch und regulatorisch etabliert und kann als Energieträger in Brennstoffzellen für Straßenfahrzeuge eingesetzt werden. Eine Weiterentwicklung dieser Regularien für die Anwendung in nichtstraßengebundenen Fahrzeugen oder in Verbrennungsmotoren steht noch aus. Die ökologische Belastung durch Treibhausgas- und Schadstoffemissionen ist bei der Verwendung von grünem Wasserstoff sehr gering. Brennstoffzellenfahrzeuge weisen zusätzlich einen ca. 10 bis 20 % höheren Gesamtwirkungsgrad auf als etablierte Verbrennungsmotoren. Jedoch steht dem der technische als auch volkswirtschaftliche Gesamtaufwand einer Etablierung von Wasserstoff als Kraftstoff und der dafür notwendigen Infrastruktur entgegen.

¹⁰ Schröder, J.; Naumann, K. (Hrsg.) (2022): Monitoring erneuerbarer Energien im Verkehr. Leipzig: DBFZ. 340 S. ISBN: 978-3-946629-82-5. DOI: 10.48480/19nz-0322, <https://www.dbfz.de/report-44>

1.2. Methan

Methan ist unter Normalbedingungen ein farb- und geruchloses sowie brennbares Gas.¹¹ In Kombination mit Luft bildet es ein extrem explosives Gemisch. Methan wird vorwiegend als Heizgas zur Wärmebereitstellung und zum Betrieb von Verbrennungsmotoren verwendet. Auf Grund der geringen Dichte von 0,72 kg/m³ wird Methan als Kraftstoff – unabhängig davon, ob erneuerbar oder nicht – entweder in komprimierter oder tief kalt verflüssigter Form bereitgestellt. Komprimiertes Methan (Compressed Natural Gas – CNG) wird bei einem Druckniveau von 200 bis 250 bar und verflüssigtes Methan (Liquefied Natural Gas – LNG oder Liquefied Biomethane – LBM) bei Temperaturen von -162 °C bis -150 °C und einem Druckniveau bis 18 bar gespeichert. Verflüssigtes Methan weist dabei einen deutlich höheren Energiegehalt pro Volumeneinheit als komprimiertes Methan auf (CNG: 9 MJ/l, LNG: 23 MJ/l und Diesel: 35 MJ/l). Um unbemerktes Ausströmen zu vermeiden, wird bei der Verwendung von gasförmigem Methan eine Odorierung beigefügt.

Methan wird in Form von LNG als kurz- bis mittelfristig verfügbare Kraftstoffoption im schweren Straßengüterverkehr bzw. in der Schifffahrt diskutiert. Aktuell findet es vor allem als CNG Anwendung bei Pkws und in Bussen des öffentlichen Personennahverkehrs. Methan-Diesel-Motoren sind dabei fremdgezündeten Gasmotoren aufgrund des besseren Wirkungsgrades technisch überlegen. Mit der Verwendung von Methan im Verbrennungsmotor können Luftschadstoffe wie Partikelemissionen, Stickoxide und Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe im Vergleich zu den etablierten Mineralölkraftstoffen deutlich reduziert werden. Gleichzeitig liegt ein besonderes Augenmerk auf Methan selbst, welches einerseits ein besonders klimaschädliches Gas ist und andererseits entlang der gesamten Versorgungskette (Produktion, Verteilung, Nutzung) emittiert wird. Die THG-Bilanz von erneuerbarem Methan ist aufgrund des geschlossenen Kohlenstoffkreislaufs und des vorteilhaften C:H-Verhältnisses im Vergleich zu langkettigen Kohlenwasserstoffen deutlich verbessert.

Die Qualitätsanforderungen für die Anwendung von Methan als CNG bzw. LNG sind in der DIN EN 16723-2 definiert und diese wiederum ist in der 10. BImSchV verankert. Entsprechend darf Methan in Deutschland als Reinkraftstoff oder Gemisch an öffentlichen Tankstellen verkauft werden.

Methan kann nachhaltig durch PtG-Prozesse aus Synthesegas hergestellt (Sabatier-Prozess) oder durch Fermentation in Biogasanlagen gewonnen werden. Dieses synthetische bzw. biogene Methan ist chemisch identisch mit fossilem Methan (Hauptkomponente des Erdgases) und kann diesem daher problemlos beigemischt werden bzw. dieses vollständig ersetzen.

Factsheet

Methan unterliegt als Stoff der REACH-Registrierung und ist entsprechend in der ECHA-Datenbank unter der EC-Nr. 200-812-7 aufgeführt. Für Biomethan, welches mittels der anaeroben Fermentation hergestellt wird, liegen Ausnahmeregelungen von der Registrierungspflicht vor. Für synthetisches (strombasiertes) Methan gibt es für Produktionsprozesse mit mehr als 1 t/a aktuell keine Ausnahmeregelung. Eine Registrierung steht ebenfalls noch aus.

¹¹ Mabanaf: Branchen-Glossar: Erdgas (Methan), www.mabanaf.com/de/news-info/branchen-glossarenergielexikon/erdgasmethan-ch4, (zuletzt aufgerufen am 8.12.2022)

Für die Anwendung von Methan im Straßenverkehr gibt in Deutschland die Norm DIN EN 16723-2 (»Erdgas und Biomethan zur Verwendung im Transportwesen und Biomethan zur Einspeisung ins Erdgasnetz«) die notwendige Gasqualität vor. Eine Beimischung von Biomethan zu Erdgas ist dabei bis zu 100 % möglich. Strombasiertes bzw. synthetisches Methan wird in der Norm nicht explizit erwähnt. Es ist perspektivisch zu überlegen, ob eine Anpassung der Norm hinsichtlich des zulässigen Wasserstoffgehalts notwendig wird. Das in der Norm geforderte Odoriermittel zur Geruchserkennung von Leckagen wird bei LNG aus technischen Gründen nicht beigelegt. Auch in der Seeschifffahrt wurden bereits Anforderungen an die Nutzung von Methan bzw. im Speziellen an LNG durch die internationale Seeschifffahrts-Organisation IMO gesetzt.

Die Norm DIN EN 16723-2 wird mit der Ausgabe vom Oktober 2017 in der 10. BImSchV aufgeführt. Eine Anwendung von synthetischem Methan als CNG oder LNG ist entsprechend bereits heute zulässig. Die Verordnung verweist im Konkreten auf die Gasbeschaffenheit nach Tabelle D.1 der DIN EN 16723-2. Auch die weiterführende Untersetzung bei der Anwendung von Methan als Kraftstoff ist in zahlreichen technischen Regeln etabliert.

Zur Erfüllung der RED II-Ziele kann strombasiertes Methan mit herangezogen werden. Die regulatorischen Voraussetzungen hierzu werden durch den Delegated Act zum Strombezug (Art. 27 der RED) definiert, der am 13.02.2023 durch die EU-Kommission veröffentlicht wurde. Im einleitenden Kapitel »Anforderungen für eine erfolgreiche Markteinführung synthetischer Kraftstoffe – Regularien und Verordnungen« wird auf die damit verbundenen wesentlichen Herausforderungen eingegangen.

Die vorhandene Erdgas-Infrastruktur (Erdgasnetz, LNG-Verteilnetz) ist vollständig kompatibel mit Methan. Bei Fahrzeugen, die für den Betrieb von CNG und LNG ausgelegt sind, ist die Materialverträglichkeit ebenfalls vollständig gegeben. Vor allem Benzinmotoren können durch entsprechende Hardware (u.a. Tank, Einspritzventil und Steuergerät) technisch auf den Betrieb von Methan umgerüstet werden. Ggf. treten bei einzelnen umgebauten Motoren Materialunverträglichkeiten auf Grund der hohen Verbrennungstemperaturen im Brennraum auf.

Die Performance (Wirkungsgrad) von Methan-betriebenen Verbrennungsmotoren ist grundlegend vergleichbar mit Benzin- und Dieselmotoren. Das HPDI-Motorenkonzept (Hochdruckeinblasung von Methan in einen Verbrennungsmotor mit Selbstzündung) hat hierbei eine höhere Effizienz als monovalente und bivalente Verbrennungsmotoren mit Fremdzündung. Bei den monovalenten Motoren kann die Effizienz auf Grund der hohen Klopfestigkeit (Oktanzahl) von Methan im Vergleich zu den bivalenten Motoren weiter gesteigert werden.

Die Reichweite von Methan-betriebenen Fahrzeugen ist geringer als bei Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben, da die volumenbezogenen Energiegehalte von Methan als CNG und LNG mit ca. 25 % bzw. 55 % gegenüber Diesel deutlich geringer sind. Erneuerbares Methan hat das Potenzial, einen wichtigen Beitrag zur Reduktion von CO₂-Emissionen im Verkehr zu leisten. Zum einen ist in diesem Zusammenhang die positive CO₂-Bilanz bei der Herstellung von erneuerbarem Methan zu nennen. Zum anderen werden durch das vorteilhafte C:H-Verhältnis die während der Verbrennung erzeugten CO₂-Emissionen im Vergleich zu konventionellen Diesel- und Benzinmotoren reduziert bzw. ausgeglichen, trotz bestehender Wirkungsgradnachteile bei den verschiedenen Methan-Motorenkonzepten. Bei den Luftschadstoffen können die Partikelemissionen im Verbrennungsabgas bei Anwendung von Methan deutlich reduziert werden. Die Emissionen von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen (NMHC) und Stickoxiden (NO_x) sind tendenziell geringer. Methan selbst ist bei den Luftschadstoffen die kritischste Komponente, da es als

besonders klimaschädliches Gas ein Vielfaches des Treibhausgaspotenzials von CO₂ aufweist. Methan wird sowohl in der Versorgungskette (Produktion bis Verteilung) als auch im Fahrzeug (Verbrennungsabgas und Blow-By) freigesetzt. Unabhängig von den zum Teil positiven Eigenschaften von Methan müssen moderne Abgasnachbehandlungssysteme verwendet werden, um aktuelle Abgasvorgaben zu erfüllen.

Die typischen schwefelhaltigen Odoriermittel sind auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren bzw. sollten perspektivisch für schwefelfreie Alternativen weichen.

Fazit

Methan ist als Kraftstoff technisch und regulatorisch etabliert und kann in jeglichem Mischungsverhältnis mit Erdgas als Energieträger für Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Methan-betriebene Verbrennungsmotoren, welche mit dem technisch aufwendigen HPDI-Verfahren arbeiten, sind aufgrund der höheren Effizienz bei Neufahrzeugen zu bevorzugen. Bei der Benzin-betriebenen Pkw-Bestandsflotte ist eine Umrüstung auf Methan technisch möglich. Die Verwendung von erneuerbarem Methan erlaubt die Reduzierung von CO₂-Emissionen und Luftschadstoffen, wobei die besonders klimaschädlichen Methanemissionen bei der Schadstoffvermeidung im Fokus stehen müssen. Bereits heute ist erneuerbares Methan im Markt verfügbar, welches mittels Vergärung organischer Ressourcen hergestellt wird. Die Produktion via katalytischer und biologischer Methanisierung wird währenddessen vor allem aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit von nachhaltig erzeugtem Synthesegas nur in ausgewählten Demonstrationsvorhaben adressiert.

1.3. Hythan (Methan-Wasserstoff-Gemisch)

Als Hythane werden Gemische aus Methan und Wasserstoff mit einem typischen Wasserstoffanteil von etwa 10 bis 30 Vol.% bezeichnet. Neben dem Begriff Hythan wird zusätzlich der Begriff HCNG als mit Wasserstoff angereichertes CNG genutzt. Hythane sind unter Normalbedingungen farb- und geruchlose sowie brennbare Gase. In Kombination mit Luft sind sie zusätzlich extrem explosiv. Hythane finden aktuell im Verkehrssektor keine Anwendung, könnten jedoch bei einer künftigen Beimischung von Wasserstoff ins Erdgasnetz zur Verfügung stehen. Auf Grund der geringen Dichten von Methan (0,72 kg/m³) und Wasserstoff (0,09 kg/m³) kann Hythan nur in komprimierter Form als Kraftstoff bereitgestellt werden. Vergleichbar mit komprimiertem Methan wird Hythan bei einem Druckniveau von 200 bis 250 bar gespeichert. Je mehr Wasserstoff dem Methan zugefügt wird, desto stärker reduziert sich der volumenbezogene Energiegehalt (CNG mit 20 Vol.% H₂: 8 MJ/l; CNG ohne H₂: 9 MJ/l; Diesel: 35 MJ/l). Eine Verflüssigung von Hythan zur weiteren Steigerung der volumetrischen Energiedichte ist bisher nicht angedacht. Um unbemerktes Ausströmen zu vermeiden, muss dem Gas eine Odorierung beigefügt werden.

Hythan kann eine sinnvolle Alternative zu den etablierten Energieträgern in speziellen Anwendungsbereichen wie kommunalen Betrieben oder Großmotoren für stationäre Anwendungen darstellen. Es können Verbrennungsmotoren mit Selbst- oder Fremdzündung angewendet werden. Mit der Verwendung von Hythan im Verbrennungsmotor können Luftschadstoffe wie Partikelemissionen, Stickoxide und Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe im Vergleich zu den etablierten Mineralölkraftstoffen und zu Methan reduziert werden. Allerdings liegt ein besonderes Augenmerk auf Methan als Hauptbestandteil des Gemisches, welches einerseits ein besonders klimaschädliches Gas ist und

andererseits entlang der gesamten Versorgungskette (Produktion, Verteilung, Nutzung) emittiert wird. Die CO₂-Bilanz von erneuerbarem Hythan ist aufgrund des geschlossenen Kohlenstoffkreislaufs und des vorteilhaften C:H-Verhältnisses im Vergleich zu langkettigen Kohlenwasserstoffen deutlich verbessert.

Die Qualitätsanforderungen für die Anwendung von Methan mit geringer Beimischung von Wasserstoff sind in der DIN EN 16723-2 definiert; die von Wasserstoff in der DIN EN 17124. Beide sind wiederum in der 10. BImSchV verankert.

Factsheet

Hythan als Gemisch aus Methan und Wasserstoff unterliegt nicht der REACH-Registrierung, entsprechend wird es auch nicht in der ECHA-Datenbank aufgeführt. Für Wasserstoff sowie Biomethan aus der anaeroben Fermentation liegen Ausnahmeregelungen von der Registrierungspflicht vor. Im Gegensatz dazu gelten keine Ausnahmeregelungen für synthetisch erzeugtes (strombasiertes) Methan mit einer Kapazität von mehr als 1 t/a. Eine Registrierung steht noch aus.

Ein Methan-Wasserstoff-Gemisch mit maximal 2 Vol.% Wasserstoffanteil ist bereits heute in der DIN EN 16723-2 (»Erdgas und Biomethan zur Verwendung im Transportwesen und Biomethan zur Einspeisung ins Erdgasnetz«) definiert. Für die Anwendung von Hythanen, welche durch höhere Wasserstoffanteile charakterisiert sind, liegen keine separaten Kraftstoffnormen vor. Wasserstoff ist durch die DIN EN 17124 genormt. Beide Normen werden in der 10. BImSchV als zulässige Kraftstoffe erlaubt. Eine Anwendung von Hythan, in dem die beiden Gase in zwei separaten Fahrzeugtanks gespeichert und das Methan-Wasserstoff-Gemisch erst vor der Verbrennung im Fahrzeug erzeugt wird (On-Board Blending), ist damit regulatorisch möglich.

Zur Erfüllung der RED II-Ziele können strombasiertes Methan und Wasserstoff herangezogen werden. Die regulatorischen Voraussetzungen hierzu werden durch den Delegated Act zum Strombezug (Art. 27 der RED) definiert, der am 13.02.2023 durch die EU-Kommission veröffentlicht wurde. Im einleitenden Kapitel »Anforderungen für eine erfolgreiche Markteinführung synthetischer Kraftstoffe – Regularien und Verordnungen« wird auf die damit verbundenen wesentlichen Herausforderungen eingegangen.

Die Materialverträglichkeit sollte bei den speziell für diese Anwendung entwickelten Motorenkonzepten bereits gewährleistet und somit unkritisch sein. Ggf. können auch LNG- oder CNG-geeignete Fahrzeug auf die Anwendung von Hythan umgerüstet werden. In diesem Fall könnten eventuell Unverträglichkeiten aufgrund hoher Brennraumtemperaturen sowie durch Wasserstoffporosität vorliegen.

Die Performance (Wirkungsgrad) von Hythan-betriebenen Gasmotoren ist grundlegend vergleichbar mit Benzin- und Dieselmotoren. Es besteht jedoch weiteres Optimierungspotenzial aufgrund von Eigenschaften wie der hohen Klopffestigkeit und der hohen Flammgeschwindigkeit des Gases. Hingegen ist die Reichweite von Hythan-betriebenen Fahrzeugen bei vergleichbaren Tankvolumina deutlich geringer als bei Fahrzeugen mit Diesel- oder Benzinmotoren, da der volumenbezogene Energiegehalt selbst von komprimiertem Hythan deutlich geringer ausfällt.

Erneuerbares Hythan kann einen Beitrag zur Reduktion von CO₂-Emissionen im Verkehr leisten. Zum einen ist in diesem Zusammenhang die positive CO₂-Bilanz bei der Herstellung von erneuerbarem Wasserstoff und Methan zu nennen. Zum anderen werden durch das vorteilhafte C:H-Verhältnis die während der Verbrennung erzeugten CO₂-Emissionen im Vergleich zu konventionellen Diesel- und

Benzinmotoren reduziert. Bei den Luftschadstoffen können mit Hythan Schadstoffkomponenten wie Partikelemissionen, Stickoxide und Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe im Verbrennungsabgas im Vergleich zu den etablierten Kraftstoffen reduziert werden. Methan als Bestandteil des Kraftstoffes selbst ist dabei die kritischste Komponente, da es ein besonders klimaschädliches Gas mit einem Vielfachen des Treibhausgaspotenzials von CO₂ ist und sowohl in der Versorgungskette (Produktion bis Verteilung) als auch im Fahrzeug (Verbrennungsabgas und Blow-By) freigesetzt wird. Inwiefern die positiven Eigenschaften von Hythan einfachere Abgasnachbehandlungssysteme ermöglichen, um aktuelle Abgasstandards zu erfüllen, kann aufgrund fehlender Datenlage nicht abschließend beantwortet werden.

Bei der Odorierung des Gases sind die typischen schwefelhaltigen Odoriermittel auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren und sollten perspektivisch schwefelfreien Alternativen weichen.

Fazit

Hythan ist als Kraftstoff technisch und regulatorisch nicht etabliert. Insbesondere in der Anwendung besteht noch erheblicher Forschungsbedarf, inwiefern die vorhandenen Potenziale des Kraftstoffs hinsichtlich Emissionen und Performance gehoben werden können. Verbrennungsmotoren, die jegliches Mischungsverhältnis zwischen reinem Wasserstoff und reinem Methan nutzen, können eine naheliegende Weiterentwicklung von speziellen Hythan-Konzepten sein. Regulatorisch sind zumindest die beiden Einzelkomponenten Wasserstoff und Methan bereits definiert.

2. der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die für den Projektzeitraum bewilligten Mittel wurden vollständig ausgeschöpft. Dabei wurden lediglich Mittel für Personalausgaben, Dienstreisen und projektspezifische Literatur veranschlagt und verwendet. Die angestrebten Projektergebnisse wurden vollständig erreicht. Die konkreten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises sind bitte dem Verwendungsnachweis vom 21.02.2023 zu entnehmen.

3. der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die durchgeführten Arbeiten waren für die Erfüllung der Aufgaben notwendig und ausreichend. Die durch das DBFZ durchgeführten Arbeiten hätten ohne die bereitgestellte Förderung nicht durchgeführt werden können. Die erzielten Ergebnisse des Vorhabens und die bei der Projektbearbeitung gewonnenen Methoden- und Quellenkenntnisse bieten dem DBFZ einen unmittelbaren Mehrwert.

4. des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die Ergebnisse werden in der Publikation „Factsheet – Normkonformität und Materialverträglichkeit alternativer Kraftstoffe“ veröffentlicht. Ausgewählte Teilergebnisse des DBFZ sollen daher im Rahmen von wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Expertisen wissenschaftlich verwertet werden sowie als Grundlage weiterer technischer und theoretisch-bewertende Forschungsvorhaben sowie Normungsarbeiten und Politikberatung dienen.

5. des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Es wurden keine projektrelevanten Fortschritte auf dem Forschungsgebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt.

6. der erfolgten oder geplanten Veröffentlichung des Ergebnisses

Die in den Vorhaben erzielten Ergebnisse werden zeitnah in dem „Factsheet – Normkonformität und Materialverträglichkeit alternativer Kraftstoffe“ durch Jens Artz und Philip Ruff (beide DECHEMA) als Herausgeber veröffentlicht. Eine englischsprachige Übersetzung des Factsheets ist ebenfalls in der Planung. Eine genaue Zeitplanung der Veröffentlichung erfolgt durch die DECHEMA.

Des Weiteren wurden Teile der Ergebnisse in verschiedenen wissenschaftlichen Vorträgen einem breitem Fachpublikum vorgestellt, u. a. in

- Jörg Schröder: „Erreichung der CO₂-Ziele aus der Kraftstoffperspektive - Status und Trends für erneuerbare Kraftstoffe“, 12. Tagung Einspritzung und Kraftstoffe, Dessau-Roßlau, 10.05.2023
- Jörg Schröder: „Zwischen Gegenwart und Zukunft – Wohin mit den erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehr?“, 17. Rostocker Bioenergieforum, Rostock, 15.06.2023
- Kati Görsch: „Welchen Beitrag können Biokraftstoffe zukünftig leisten?“, Abschlussveranstaltung Modellregion Bio-LNG Niedersachsen, Oldenburg/online, 02.12.2022
- Kati Görsch: „Beitrag der Biokraftstoffe zur Minderung der CO₂-Emissionen“, 5. TechDay, HTW Dresden, Dresden, 09.12.2022
- Kati Görsch: „Role of advanced biofuels in the fuel mix | rDME“, Go green with rDME, online, 17.02.2022
- Franziska Müller-Langer: „Impuls: Rahmenbedingungen für den Einsatz von erneuerbaren Kraftstoffen“, BMDV-Fachkonferenz, Berlin, 14.03.2023

Teil III. Erfolgskontrollbericht

1. Beitrag zu förderpolitischen Zielen

Das Vorhaben bezieht sich auf die begleitenden systemanalytischen Untersuchungen möglicher Sektorübergreifender Entwicklungspfade hinsichtlich des Einsatzes alternativer Kraftstoffe. Damit gliedert sich das Vorhaben in die Begleitmaßnahme BEniVer unter der Förderinitiative „Energiewende im Verkehr“ ein. Gegenwärtig werden alternative Kraftstoffe mit dem Ziel beforscht und vorangetrieben, die Emissionen des Verkehrssektors zu reduzieren und die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu verringern. Dabei wird davon ausgegangen, dass diese neuen Kraftstoffe sich reibungslos in die bestehende Infrastruktur (Fahrzeuge, Tankstellen- und Vertriebsstrukturen, etc.) einbinden lassen, also weitgehend mit den bestehenden Systemen kompatibel sind. Die Kompatibilität alternativer Kraftstoffe ist bisher jedoch nur bei wenigen bereits in der Anwendung befindlichen Produkten analysiert und abgeklärt. Zur Systemkompatibilität gehören dabei eine Reihe regulatorischer und technischer Bedingungen, wie die Konformität der alternativen Kraftstoffe hinsichtlich bestehender Normen und die Materialverträglichkeit innerhalb der bestehenden Infrastrukturen (Lagerung, Transport, Verteilung und Fahrzeuganwendung). Nur wenn diese Bedingungen ausreichend erfüllt sind, ist eine, zumindest auf technischer Seite, reibungslose Implementierung möglich. Weitergehende Anpassungen sind mit weiteren Kosten und Risiken verbunden, die die Markteinführung alternativer Kraftstoffe verzögern oder sogar ganz verhindern können.

2. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Das zentrale Ziel des Vorhabens war es, Erkenntnis darüber zu gewinnen, wie sich die alternativen erneuerbaren Kraftstoffe in das bestehende System der Kraftstoffversorgung und -nutzung im Verkehrssektor integrieren lassen. Dieser Erkenntnis folgt die Abschätzung der Chancen der jeweiligen Kraftstoffe auf ein erfolgreiches Marktdurchdringen unter technischen und regulatorischen Aspekten.

Aufbauend auf einer Bestandsaufnahme geltender Regularien, Normen usw. konnten die untersuchten Kraftstoffe entlang der relevanten Parameter systematisch auf eben diesen Regularien überprüft werden. Als Ergebnis stehen dazu Factsheets zu den synthetischen Alternativen für die klassischen flüssigen Kraftstoffe Diesel (Fischer-Tropsch-Diesel), Benzin (Methanol-to-Gasoline) und Kerosin (synthetisches paraffinisches Kerosin), für die sauerstoffhaltigen Kraftstoffe Methanol, Dimethylether, Oxymethylenether, Dimethylcarbonat und Methylformiat und für die gasförmigen Kraftstoffe Wasserstoff, Methan und Hythan (Methan-Wasserstoff-Gemisch) sowie eine Kurzübersicht zu Ammoniak als Kraftstoff zur Verfügung.

Es konnte dabei identifiziert werden, dass vor allem synthetische Kraftstoffe, welche chemisch-physikalisch mit den fossilen Kraftstoffen Benzin, Kerosin und Diesel vergleichbar sind, eine hohe Systemkompatibilität aufweisen, Kraftstoffoptionen wie Wasserstoff, Methan und Hythan weisen nur in einem begrenzten Anwendungsbereich eine hohe Systemkompatibilität auf und andere erneuerbare Kraftstoffoptionen (DME, OME, DMC und MeFO) haben bisher eine begrenzte Systemkompatibilität. Außerdem bleibt festzuhalten, dass sich erneuerbare Kraftstoffe trotz bestehender Systemkompatibilität ohne einen definierten regulatorischen Rahmen im Markt nur schwer etablieren werden. Im Fall der

strombasierten Kraftstoffe müssen auf europäischer Ebene vor allem die Rahmenbedingungen für die Bereitstellung des erneuerbaren Stroms (Zusätzlichkeitsgebot) ausgearbeitet und die Normung einzelner Optionen wie Methanol, Oxymethylenether oder Ammoniak vorangetrieben werden. Im konkreten Fall von synthetischen Dieselmotorkraftstoffen steht zusätzlich in Deutschland die Möglichkeit des Inverkehrbringens als Reinkraftstoff noch aus.¹²

3. Fortschreibung des Verwertungsplans

Dieser soll, soweit im Einzelfall zutreffend, Angaben zu folgenden Punkten enthalten:

Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte

Es bestehen keine Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte.

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Auftragnehmer

Für eine wirtschaftliche Verwertung neuartiger erneuerbarer Kraftstoffe ist neben der technischen Eignung vor allem auch die ökologische Vorteilhaftigkeit und Passfähigkeit zum regulatorischen Rahmenwerk zu zeigen. Diese Aufgaben wurden im Rahmen des Projektes durch das DBFZ unterstützt. Zu gewissen Teilen könnten die Erkenntnisse aus dem Projekt vom DBFZ als thematische und methodische Expertise wirtschaftlich verwertet werden. Eine direkte wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse innerhalb der Verarbeitungskette ist nicht vorgesehen.

Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Auftraggeber

Die Ergebnisse der Arbeiten sollen in die wissenschaftliche und gesellschaftliche Diskussion um die Zukunft des Energiesektors einfließen. Dabei ist bei dem beschriebenen Projekt besonders das Zusammenspiel zwischen Strommarkt, Kohlenstoffquellen und Kraftstoffmarkt von Interesse. Die Teilergebnisse des DBFZ sollen daher im Rahmen von wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Expertisen wissenschaftlich verwertet werden sowie als Grundlage weiterer Forschungsvorhaben dienen.

Die wissenschaftlich-technischen Erfolgsaussichten nach Auftraggeber werden als sehr gut eingeschätzt.

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Mit dem Vorhaben schafft das DBFZ Know-how zur Kompetenzerhaltung im Bereich ökonomischer, ökologischer und technischer Bewertung von erneuerbaren Kraftstoffen. Zusätzlich erweitert das DBFZ im Bereich Anwendung neuartiger Kraftstoffoptionen auf Grund der engen Zusammenarbeit mit den Projektpartnern seine Kompetenzen und sichert seine wissenschaftliche Konkurrenzfähigkeit auf nationaler und internationaler Ebene. In Folge dessen können Arbeitsplätze gesichert und die Ausbildung akademischen Nachwuchses gefördert werden. Die Verwertung und Verbreitung der erzielten Ergebnisse erfolgt in Form von (wissenschaftlichen) Veröffentlichungen, (Anwender-)Konferenzen und Netzwerkbildung. Es dient somit dem Wissenstransfer zum Anwender.

¹² Nach Projektende wurde die europäische Verordnung Erneuerbare-Energien-Richtlinie inkl. ihrer Delegated Acts aktualisiert sowie die Aufnahme der Kraftstoffnorm für synthetische (paraffinische) Dieselmotorkraftstoffe in die 10. BImSchV angekündigt.

4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Keine.

5. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer

Die Ergebnisse können unmittelbar mit Akquirierung neuer Förderprojekte genutzt werden und werden/wurden in wissenschaftlichen Vorträgen zum Thema „erneuerbare Energien im Verkehr“ verwertet.

6. Einhaltung der Ausgaben-/Kosten- und Zeitplanung

Die ursprünglichen Kosten- und Zeitenplanungen wurden eingehalten.

Teil IV. Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN keine	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel Verbundvorhaben: BENiVer; Teilvorhaben: NormAKraft – Kraftstoffbewertung im Kontext nationaler und internationaler Kraftstoffregularien		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Jörg Schröder, Kati Görsch	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2022	
	6. Veröffentlichungsdatum unbekannt	
	7. Form der Publikation Schlussbericht	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH Torgauer Straße 116 04347 Leipzig	9. Ber. Nr. Durchführende Institution P3430038	
	10. Förderkennzeichen 03EIV241C	
	11. Seitenzahl 20	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 53107 Bonn	13. Literaturangaben 11	
	14. Tabellen 2	
	15. Abbildungen keine	
16. Zusätzliche Angaben keine		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) keine		
18. Kurzfassung Das Projekt NormAKraft hat sich in den vergangenen zwei Jahren mit der Normkonformität von erneuerbaren synthetischen Kraftstoffen beschäftigt. Besonderes Augenmerk wurde auf die folgenden sechs Anforderungen gelegt: Status der REACH-Registrierung, Normkonformität, Einordnung bestehende Richtlinien und Verordnungen, Beurteilung der Materialverträglichkeit, Bewertung der Performance sowie die Auswertung kraftstoffspezifischer Emissionen. Synthetische nachhaltige Kraftstoffe sind entscheidend für die Klimaneutralität im Verkehr. Sie spielen eine wichtige Rolle in schwer elektrifizierbaren Bereichen wie Luft- und Schifffahrt, schwerem Straßengüterverkehr und land- und forstwirtschaftlichen Maschinen. Ein Markthochlauf könnte zunächst mit Beimischungen zu fossilen Kraftstoffen beginnen, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren und die Produktionskapazitäten auszubauen. Gängige synthetische Kraftstoffe wie paraffinischer Diesel, Methanol-to-Gasoline, Wasserstoff und Methan sind bereits genormt bzw. in vorhandene Strukturen gut integrierbar. Weitere Normungsaktivitäten für Kraftstoffoptionen wie DME, OME oder Methanol sind auf europäischer und nationaler Ebene erforderlich. Zusätzlich müssen regulatorische Randbedingungen für Produktion und Anwendung für die Nutzung von erneuerbaren Wasserstoff und CO ₂ sichergestellt werden.		
19. Schlagwörter Erneuerbare Kraftstoffe, Normen und Normkonformität, REACH, Regularien und Verordnungen, Emissionen, Performance (Fit for Purpose), No Harm (Materialverträglichkeit)		
20. Verlag keine	21. Preis keine	

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel Verbundvorhaben: BEniVer; Teilvorhaben: NormAKraft – Kraftstoffbewertung im Kontext nationaler und internationaler Kraftstoffregularien		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Jörg Schröder, Kati Görsch	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2022	
	6. Veröffentlichungsdatum 26.06.2023	
	7. Form der Publikation Document Control Sheet	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH	9. Ber.-Nr. Durchführende Institution P3430038	
	10. Förderkennzeichen 03EIV241C	
	11. Seitenzahl 20	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) BMWK	13. Literaturangaben 11	
	14. Tabellen 2	
	15. Abbildungen 0	
16. DOI (Digital Object Identifier) -		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -		
18. Kurzfassung Das Projekt NormAKraft hat sich in den vergangenen zwei Jahren mit der Normkonformität von erneuerbaren synthetischen Kraftstoffen beschäftigt. Besonderes Augenmerk wurde auf die folgenden sechs Anforderungen gelegt: Status der REACH-Registrierung, Normkonformität, Einordnung bestehende Richtlinien und Verordnungen, Beurteilung der Materialverträglichkeit, Bewertung der Performance sowie die Auswertung kraftstoffspezifischer Emissionen. Synthetische nachhaltige Kraftstoffe sind entscheidend für die Klimaneutralität im Verkehr. Sie spielen eine wichtige Rolle in schwer elektrifizierbaren Bereichen wie Luft- und Schifffahrt, schwerem Straßengüterverkehr und land- und forstwirtschaftlichen Maschinen. Ein Markthochlauf könnte zunächst mit Beimischungen zu fossilen Kraftstoffen beginnen, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren und die Produktionskapazitäten auszubauen. Gängige synthetische Kraftstoffe wie paraffinischer Diesel, Methanol-to-Gasoline, Wasserstoff und Methan sind bereits genormt bzw. in vorhandene Strukturen gut integrierbar. Weitere Normungsaktivitäten für Kraftstoffoptionen wie DME, OME oder Methanol sind auf europäischer und nationaler Ebene erforderlich. Zusätzlich müssen regulatorische Randbedingungen für Produktion und Anwendung für die Nutzung von erneuerbaren Wasserstoff und CO2 sichergestellt werden.		
19. Schlagwörter Erneuerbare Kraftstoffe, Normen und Normkonformität, REACH, Regularien und Verordnungen, Emissionen, Performance (Fit for Purpose), No Harm (Materialverträglichkeit)		
20. Verlag -	21. Preis -	

Nicht änderbare Endfassung mit der Kennung 2013928-4

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN geplant	2. type of document (e.g. report, publication) Report
3. title Collaborative project: BEniVer; Subproject: NormAKraft - Fuel assessment in the context of national and international fuel regulations	
4. author(s) (family name, first name(s)) Jörg Schröder, Kati Görsch	5. end of project 2022/12/31
	6. publication date 2023/06/26
	7. form of publication Document Control Sheet
8. performing organization(s) (name, address) DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH	9. originator's report no. P3430038
	10. reference no. 03EIV241C
	11. no. of pages 20
12. sponsoring agency (name, address) Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action	13. no. of references 11
	14. no. of tables 2
	15. no. of figures -
16. supplementary notes -	
17. presented at (title, place, date) -	
18. abstract Over the past three years, the NormAKraft project has been working on the standard conformity of renewable synthetic fuels. Special attention was paid to the following six requirements: REACh registration status, conformity to standards, classification of existing directives and regulations, assessment of material compatibility, evaluation of performance and evaluation of fuel-specific emissions. Synthetic sustainable fuels are crucial for climate neutrality in transport. They play an important role in sectors that are difficult to electrify, such as aviation and shipping, heavy road transport and agricultural and forestry machinery. A market ramp-up could initially start with blends with fossil fuels to reduce greenhouse gas emissions and expand production capacities. Common synthetic fuels such as paraffinic diesel, methanol-to-gasoline, hydrogen and methane are already standardised or can be easily integrated into existing structures. Further standardisation activities for fuel options such as DME, OME or methanol are required at European and national level. In addition, regulatory boundary conditions for production and application must be ensured for the use of renewable hydrogen and CO ₂ .	
19. keywords Renewable fuels; standards and conformity; REACh; regulations and ordinances; emissions, performance (fit for purpose); no harm (material compatibility)	
20. publisher -	21. price -