NOW-GMBH.DE

Factsheet:
Übersicht und Einordnung alternativer Kraftstoffe

Stand: Oktober 2021

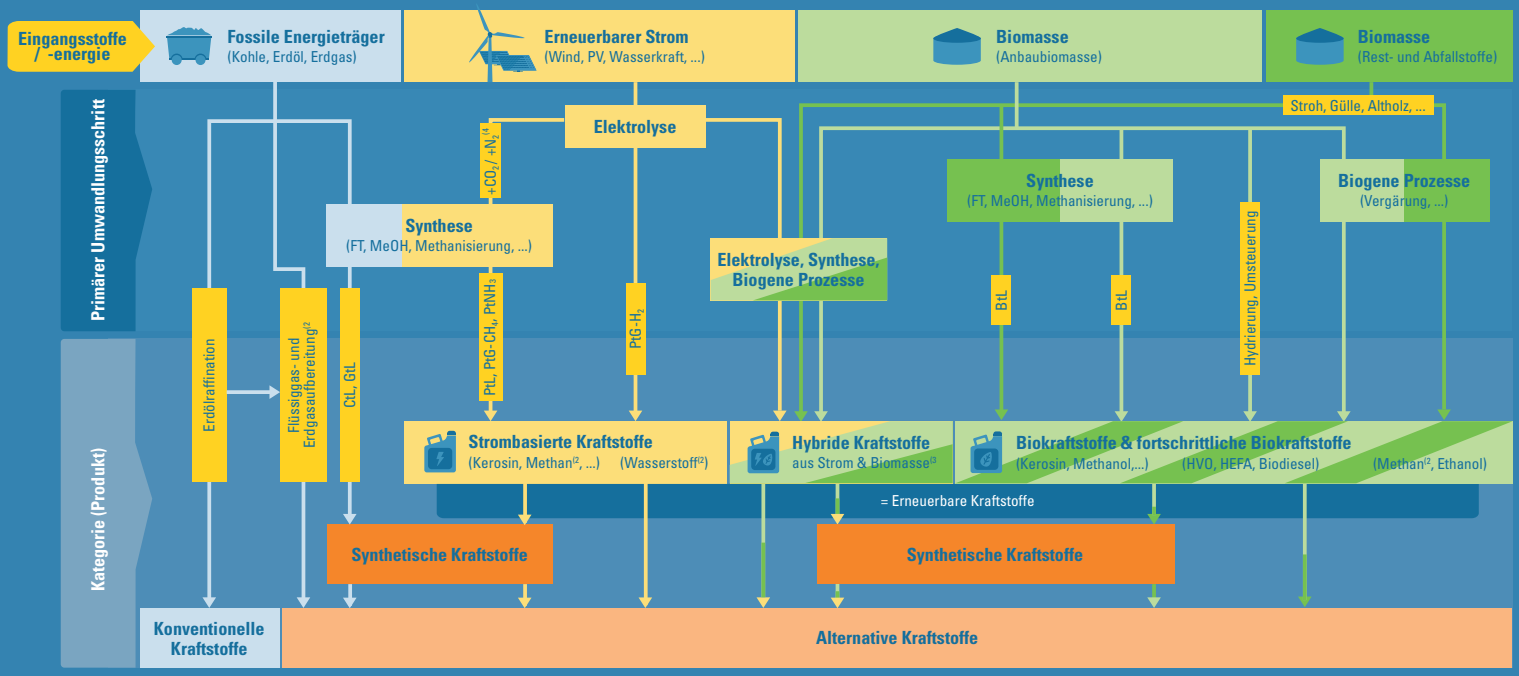
KURZINFO

Eine notwendige Voraussetzung zur Erreichung der Klimaschutzziele ist die Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere im Luft- und Seeverkehr, aber auch in anderen Bereichen, wie z.B. dem langlaufenden Straßengüterfernverkehr. Je nach Einsatzgebiet können Biokraftstoffe oder strombasierte Kraftstoffe auf Basis von erneuerbarem Strom zur Treibhausgasminderung in den entsprechenden Teilbereichen des Verkehrs eingesetzt werden.

Das NOW-Factsheet „Übersicht und Einordnung alternativer Kraftstoffe" gibt nicht nur einen Überblick über die wichtigsten alternativen Kraftstoffe und deren Erzeugungspfade, sondern liefert auch einen Vorschlag für eine gemeinsame, strukturierte Sprachregelung für den Umgang mit alternativen Kraftstoffen.

Erzeugungspfade Alternativer Kraftstoffe[1]

Durch welche Umwandlungsschritte und Verfahren entstehen aus Eingangsstoffen und -energien alternative Kraftstoffe? Nicht alle alternativen Kraftstoffe sind automatisch erneuerbare oder synthetische Kraftstoffe. Die folgende Grafik schlüsselt detailliert die Erzeugungspfade entlang der Umwandlungsschritte der Eingangsenergien hin zum Kraftstoff auf.



[1] Grafik erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit

[2] Verflüssigt oder komprimiert

[3] Produktspektrum analog zu strombasierten Kraftstoffen und Biokraftstoffen

[4] N_2 nur bei Power-to-Ammoniak

Erläuterungen zum Schaubild „Erzeugungspfade Alternativer Kraftstoffe“

Synthetische Kraftstoffe

Synthetische Kraftstoffe werden durch ein Syntheseverfahren aus einem Synthesegas erzeugt. Dieses besteht bei Kraftstoffen meist aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid. Je nach Herkunft dieses Synthesegases entstehen dabei strombasierte (Power-to-Liquid, PtL & Power-to-Gas, PtG), biogene (Biomass-to-Liquid, BtL) oder fossile (Gas-to-Liquid, GtL & Coal-to-Liquid, CtL) synthetische Kraftstoffe. Bekannte Syntheseverfahren sind die Fischer-Tropsch- und Methanol-Synthese, sowie die Methanisierung. Eine Besonderheit stellt die Synthese von Ammoniak (NH_3) im Haber-Bosch-Verfahren dar, bei der das Synthesegas aus Stickstoff und Wasserstoff entsteht. Der Kraftstoff NH_3 enthält somit keinen Kohlenstoff und setzt bei der Verbrennung kein CO_2 frei.

Synthetische und fortschrittliche Biokraftstoffe

Synthetische Biokraftstoffe werden im Biomass-to-Liquid-Verfahren über eine Vergasung der Biomasse und eine anschließende Fischer-Tropsch- oder Methanol-Synthese erzeugt. Je nach eingangs verwendeter Biomasse entstehen dabei auch fortschrittliche Biokraftstoffe.

Fortschrittliche Biokraftstoffe entstammen – anders als konventionelle Biokraftstoffe – aus biogenen Rest- und Abfallstoffen, welche in der europäischen Renewable Energy Directive (RED II) unter Annex IX Teil A definiert sind. In Deutschland fällt darunter primär die Nutzung von Gülle und Stroh, da es hier bisher unerschlossene Rohstoffpotenziale gibt.

Strombasierte Kraftstoffe

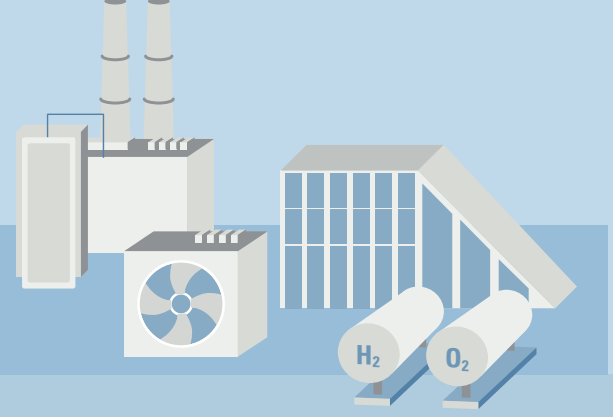
Strombasierte Kraftstoffe basieren auf der Elektrolyse von Wasserstoff mit erneuerbarem Strom und werden daher auch als e-Fuels bezeichnet. Strombasierte synthetische Kraftstoffe beschreiben dabei lediglich Wasserstoff-Folgeprodukte, die in Flüssigkraftstoffe (Power-to-Liquid, PtL) und gasförmige Kraftstoffe (Power-to-Gas, PtG) unterteilt sind. Für die bessere Übersicht im Schaubild ist die Herkunft des CO_2 oder N_2, das für Wasserstoff-Folgeprodukte benötigten wird, nicht dargestellt.

Hybride Kraftstoffe

Hybride Kraftstoffe entstehen bei der Kombination von biogenen und strombasierten Herstellungsverfahren. Ein Beispiel hierfür ist die Biogas-Erzeugung mittels Fermentation, bei der strombasierter Wasserstoff eingeleitet wird, um die Methanausbeute zu erhöhen.

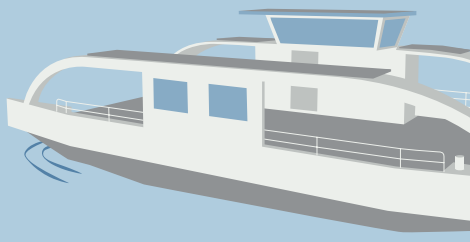
Kraftstoffe im Fokus der NOW

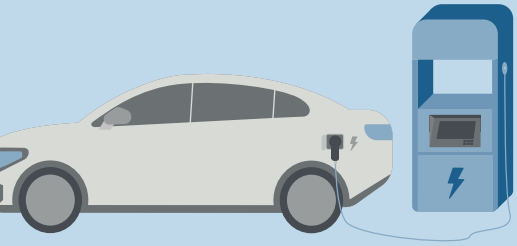
Langfristig gesehen darf es in einem klimaneutralen Mobilitätssystem der Zukunft keine konventionellen oder alternativen Kraftstoffe fossilen Ursprungs mehr geben. Kernelement zur Erreichung der ambitionierten Klimaziele im Verkehr ist neben dem breiten Markthochlauf der Elektromobilität der Einsatz alternativer, erneuerbarer Kraftstoffe (Wasserstoff sowie synthetische strombasierte Kraftstoffe und Biokraftstoffe). Denn in Anwendungsfällen, in denen sich eine direkte Elektrifizierung als schwierig oder ungeeignet erweist, stellen sie eine wichtige Option zur Erreichung der Klimaschutzziele dar.



Die NOW beschäftigt sich im Kraftstoffbereich hauptsächlich mit nachhaltigen, strombasierten Kraftstoffen (Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe). Diese werden durch fortschrittliche Biokraftstoffe aus Abfall- und Reststoffen ergänzt, welche in der Regel nachhaltiger als konventionelle Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse sind.

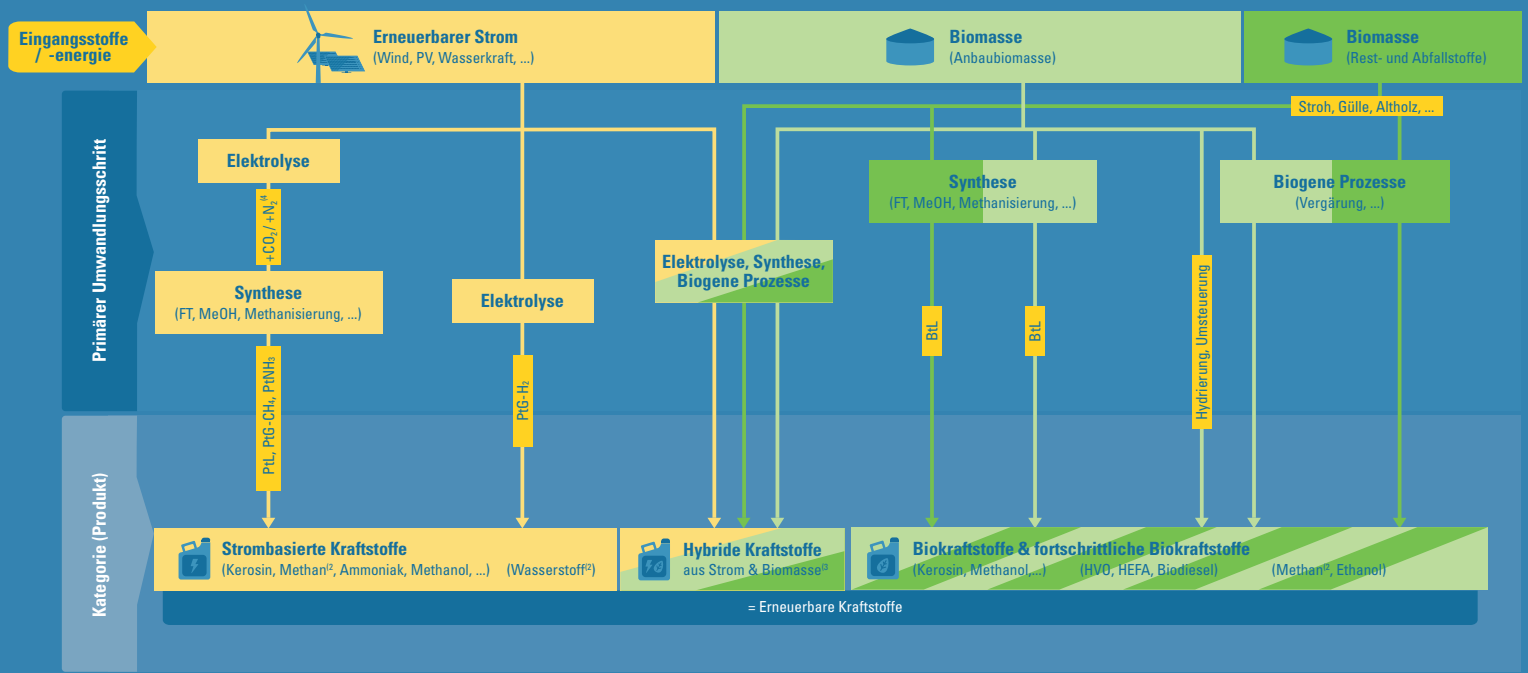
In energieintensiven Anwendungsbereichen wie der Schifffahrt, in der die Transformation der Energiebasis eine besondere Herausforderung darstellt, treibt die NOW die Nutzung alternativer Kraftstoffe besonders voran. So beispielsweise auch in der Nutzung von verflüssigtem Erdgas (LNG), welches sich durch erneuerbares biogenes und strombasiertes Methan substituieren lässt. Zukünftige Nutzungspotenziale bieten auch Wasserstoff und weitere synthetische Kraftstoffalternativen, wie Methanol oder Ammoniak, auch wenn diese Optionen noch nicht die gleiche Marktreife wie LNG aufweisen.





Außerdem ist die direkte Nutzung von Strom im Verkehr ein weiterer Schwerpunkt der NOW-Tätigkeiten. Aufgrund der Fokussierung auf flüssige und gasförmige Kraftstoffe wird der Ladestrom in diesem Fact-Sheet allerdings nicht weiter thematisiert.

Die Grafik „Fokus Erneuerbare Kraftstoffe“ schlüsselt auf, durch welche Umwandlungsschritte und Verfahren erneuerbare alternative Kraftstoffe entstehen.



[1] Grafik erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit

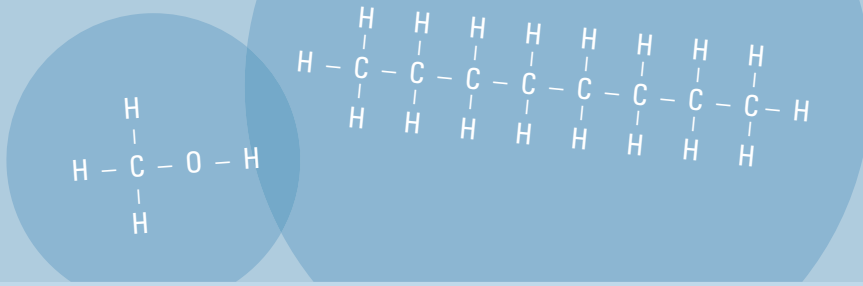
[2] Verflüssigt oder komprimiert

[3] Produktspektrum analog zu strombasierten Kraftstoffen und Biokraftstoffen

[4] N_2 nur bei Power-to-Ammoniak

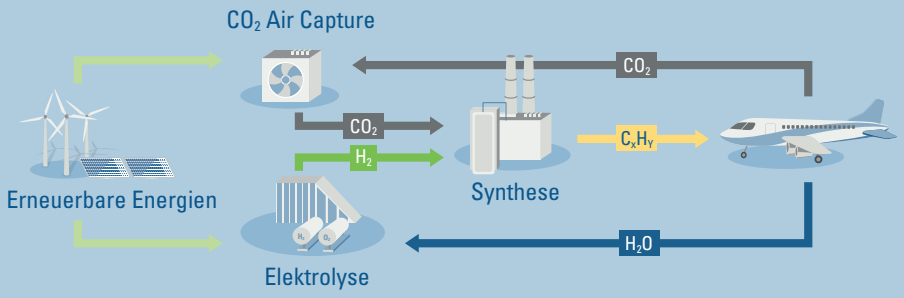
Kohlenstoffquellen für erneuerbare synthetische Kraftstoffe

Die meisten Kraftstoffe sind Kohlenwasserstoffe, welche – wie der Name schon sagt – aus Wasserstoff- (H) und Kohlenstoff (C) bestehen und dabei in lange, teils verzweigte Molekülketten gegliedert sind.



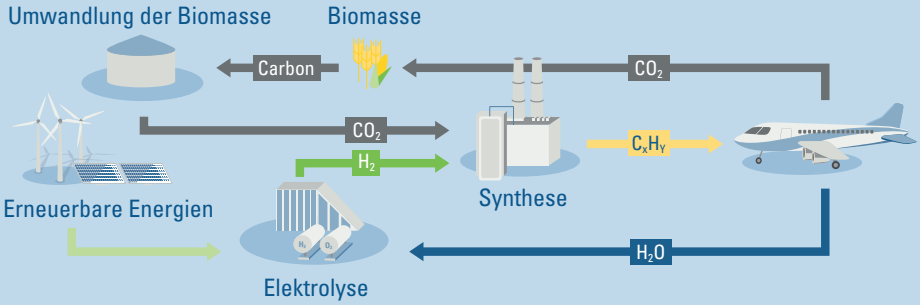
Biogene Kraftstoffe werden aus Biomasse gewonnen. Der Kohlenstoff in der Biomasse kommt aus der Atmosphäre (CO_2 aus der Luft). Bei der Verbrennung der Biokraftstoffe wird das gebundene CO_2 wieder an die Atmosphäre zurückgegeben.

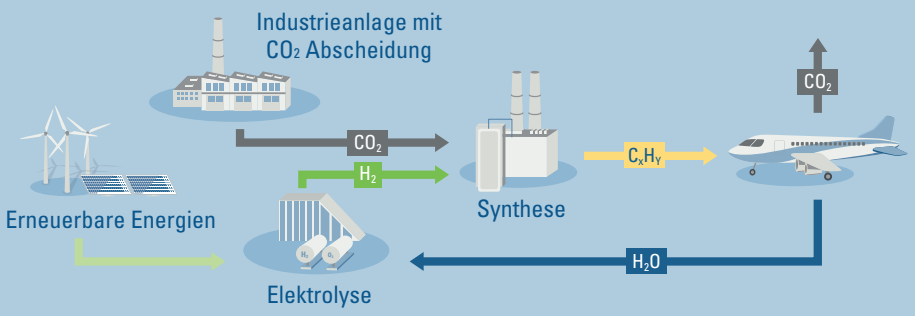
Für synthetische, strombasierte Kraftstoffe gibt es hingegen mehrere Kohlenstoffquellen (i.d.R. ebenfalls in Form von CO_2):



Direct-Air-Capture (DAC): Ein nachhaltiger aber energieintensiver Prozess, bei dem CO_2 aus der Umgebungsluft gewonnen wird.

CO_2-Emissionen aus biogenen Prozessen (z.B. Biogasanlagen, Fermentation von Alkoholen) sind nachhaltige CO_2-Quellen, welche aber ein begrenztes Mengenpotential aufweisen.





Auch CO_2-Emissionen aus unvermeidbaren industriellen Prozessemissionen (z.B. aus Zementwerken) sind günstig und in großen Mengen verfügbar. Sie bieten durch die Mehrfachnutzung des CO_2 eine gewisse Nachhaltigkeit, allerdings ist hier kein geschlossener Kohlenstoffkreislauf möglich.

NOW
NOW-GMBH.DE

Kompatibilität mit bestehenden Anwendungen

Drop-In-Kraftstoffe sind alternative Kraftstoffe, die in derzeit gängigen Fahrzeugen mit Verbrenner-Motor (Bestandsflotte) zur Reduktion der Emissionen eingesetzt werden können. Sie setzen keine technischen Änderungen und keine gesonderte Infrastruktur voraus. Man unterscheidet dabei zwischen Drop-In- und Near Drop-In-Kraftstoffen. Abgegrenzt davon sind Far- bzw. Non-Drop-In-Kraftstoffe, welche im Gegensatz zu (Near-) Drop-In-Kraftstoffen komplett neue Antriebstechniken und Fahr-/Flugzeugkonzepte voraussetzen (z.B. Nutzung von Wasserstoff in Brennstoffzellen oder Turbinen).

Drop-In

Beispiele hierfür sind synthetische Kraftstoffe auf Basis der Fischer-Tropsch-Synthese, welche als Ersatz für fossilen Diesel, Benzin oder Kerosin eingesetzt werden können.

- Derzeit dürfen diese Kraftstoffe jedoch nicht in Reinform verwendet werden, sondern es ist ein sogenanntes Blending erforderlich, bei welchem die alternativen Kraftstoffe dem konventionellen Kraftstoff anteilig beigemischt werden.
- Derzeit ist z.B. synthetisches Fischer-Tropsch-Kerosin im Luftverkehr für ein Blending von maximal 50 % zugelassen.
- Im deutschen Straßenverkehr werden die Kraftstoffqualitäten und die zulässigen Beimischungsanteile erneuerbarer Kraftstoffe in der 10. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und den darin benannten Normen geregelt.

Near-Drop-In

Damit sind alternative Kraftstoffe gemeint, deren Nutzung mit einem moderaten Umbau der bestehenden Betankungsinfrastruktur und Antriebssysteme verbunden ist.

- Diese Kraftstoffe erfüllen zumeist nicht die derzeit geltenden Regularien für den Einsatz im jeweiligen Verkehrsbereich.
- Beispiele hierfür sind Alkohole wie Ethanol, Methanol oder Polyoxymethylendimethylether (OME).
- Dies bezieht sich jedoch meist auf eine Nutzung der Stoffe in Reinform, da sie in vielen Fällen als Blending Komponente bis zu einem gewissen Grad direkt konventionelle Kraftstoffe ersetzen können (Beispiel E10 - Ottokraftstoff mit bis zu 10 Volumenprozent Bioethanol).

Sonderfall/Beispiel Methan

Erneuerbar erzeugtes Methan (CH_4) kann in verkehrlichen Anwendungen unter hohem Druck oder verflüssigt zum Einsatz kommen.

- Der Drop-In-Einsatz von erneuerbar erzeugtem Methan stellt z.B. einen Defossilisierungspfad bei Nutzfahrzeugen und Schiffen dar, bei denen bisher fossiles Erdgas (CNG oder LNG) eingesetzt wird.
- Allerdings kann erneuerbar erzeugtes Methan auch für die Sektoren Wärme und Energie als direkter Drop-In-Energieträger verwendet werden.

Sprachliche Falle: Dekarbonisierung

Werden fossile Kraftstoffe durch erneuerbare Kraftstoffe ersetzt, wird häufig von einer "Dekarbonisierung" des Verkehrs gesprochen. Aber aufgepasst: Dieser Begriff ist unsauber! Er besagt, dass Kohlenstoffe (engl./lat. Carbon) aus dem Verkehr verdrängt werden. Es werden aber erneuerbare strombasierte oder biogene Kraftstoffe verwendet, also wird lediglich fossiler Kohlenstoff durch nachhaltig gewonnenen Kohlenstoff ersetzt. Fachlich korrekter ist daher der Begriff der "Defossilisierung", wenn von strombasierten Kraftstoffen oder Biokraftstoffen gesprochen wird."

Übersicht Alternativer Kraftstoffe

Die Tabelle „Übersicht Alternativer Kraftstoffe“ gibt einen Überblick über die begrifflichen Zuordnungen der wichtigsten alternativen Kraftstoffe aus den verschiedenen Erzeugungspfaden. Sie beinhaltet zudem die Verkehrsbereiche, in denen die Kraftstoffe Verwendung finden.

Kraftstoff / Erzeugungstechnologie	Energieherkunft	Aggregat-zustand[1)]	Synthetischer Kraftstoffe	Fortschrittlicher Biokraftstoff	Nutzungsbeispiele im Verkehr
Biogener Wasserstoff – aus Anbaubiomasse	Biogen	g.	Nein	Nein	Straße, Schiene
Biogener Wasserstoff – aus Rest- und Abfallstoffen	Biogen	g.	Nein	Ja	Straße, Schiene
Benzin, Diesel, Kerosin, Methanol mittels CtL/GtL	Fossil	fl.	Ja	Nein	Straße, Schifffahrt, Luftfahrt
Biodiesel (FAME) – aus Anbaubiomasse	Biogen	fl.	Nein	Nein	Straße, Schifffahrt
Biodiesel (FAME) – aus Rest- und Abfallstoffen	Biogen	fl.	Nein	Ja	Straße, Schifffahrt
Biogas/-methan – aus Anbaubiomasse	Biogen	g.	Nein	Nein	Straße, Schifffahrt
Biogas/-methan – aus Rest- und Abfallstoffen	Biogen	g.	Nein	Ja	Straße, Schifffahrt
Bioethanol – aus Anbaubiomasse	Biogen	fl.	Nein	Nein	Straße
Bioethanol – aus Rest- und Abfallstoffen	Biogen	fl.	Nein	Ja	Straße
HVO-Diesel / HEFA-SPK-Kerosin – aus Anbaubiomasse	Biogen	fl.	Nein	Nein	Straße (HVO), Luftfahrt (HEFA)
HVO-Diesel / HEFA-SPK-Kerosin – aus Rest- und Abfallstoffen	Biogen	fl.	Nein	Ja	Straße (HVO), Luftfahrt (HEFA)
Benzin, Diesel, Kerosin, Methanol mittels BtL – aus Anbaubiomasse	Biogen	fl.	Ja	Nein	Straße, Schifffahrt, Luftfahrt
Benzin, Diesel, Kerosin, Methanol mittels BtL – aus Rest- und Abfallstoffen	Biogen	fl.	Ja	Ja	Straße, Schifffahrt, Luftfahrt
Hybride Kraftstoffe aus Strom & Biomasse (z.B. Kerosin, Diesel, Methanol, Methan, ...)	Biogen / Strom	fl. / g.	Ja	Nein	Straße, Schifffahrt, Luftfahrt
Benzin, Diesel, Kerosin, Methanol mittels PtL	Strom	fl.	Ja	Nein	Straße, Schifffahrt, Luftfahrt
PtG-Wasserstoff (H_2)	Strom	g.	Nein	Nein	Straße, Schiene
PtG-Methan (CH_4)	Strom	g.	Ja	Nein	Straße, Schifffahrt
Ammoniak (Power-to-Ammonia)	Strom	fl. / g.	Ja	Nein	Schifffahrt

1) Gasförmige Kraftstoffe wie Methan und Wasserstoff können für eine Anwendung im Verkehr verflüssigt werden.

Glossar

B

BtL – Biomass-to-Liquid: Erzeugung von flüssigen synthetischen Kraftstoffen aus Biomasse. Dabei wird die Biomasse in einem ersten Schritt durch Vergasung in CO/CO_2 und H_2 zerlegt.

C

CtL – Coal-to-Liquid: Erzeugung von flüssigen synthetischen Kraftstoffen aus Braun- oder Steinkohle. Dabei wird die Kohle in einem ersten Schritt durch Vergasung in CO/CO_2 und H_2 zerlegt.

CNG - Compressed Natural Gas: mittels Druck verdichtetes Methan (CH_4).

F

FAME – Fettsäuremethylester: wird auch Biodiesel genannt. FAME ist das Produkt einer Umesterung pflanzlicher oder tierischer Fette und Öle mithilfe von Alkohol (Methanol).

FT-Synthese – Fischer-Tropsch-Synthese: Erzeugung von synthetischem Rohöl (Syn-Crude) aus CO und H_2. Dieses kann zu herkömmlichen Kraftstoffen wie Diesel, Kerosin oder Benzin weiterverarbeitet werden.

G

GtL – Gas-to-Liquid: Erzeugung von flüssigen synthetischen Kraftstoffen aus Erdgas. Dabei wird das Erdgas in einem ersten Schritt bei hohen Temperaturen in CO/CO_2 und H_2 zerlegt (Cracking).

H

Haber-Bosch-Verfahren: Chemisches Verfahren zur Synthese von Ammoniak (NH_3) aus Stickstoff (N) und Wasserstoff (H_2).

HEFA-SPK – Synthesized Paraffinic Kerosene from Hydroprocessed Esters and Fatty Acids: Aufbereitung von Estern und Fettsäuren in einer katalytischen Reaktion mit Wasserstoff (Hydrierung), um deren Eigenschaften an die fossilen Kerosins anzugleichen und eine Beimischung zu Flugkraftstoffen zu ermöglichen. Neben Altfetten und Abfällen aus der Nahrungsmittelindustrie finden dabei Fettsäuren aus dem Raffinationsprozess von Ölen und Fetten Verwendung.

HVO – Hydrogenated Vegetable Oils: Aufbereitung von Pflanzenölen mit Wasserstoff („Hydrierung“) um deren Eigenschaften an die fossiler Kraftstoffe (insbesondere Diesel) anzugleichen und eine Beimischung zu ermöglichen.

Hydrierung: bezeichnet die Addition von Wasserstoff an andere chemische Elemente oder Verbindungen. Wird verwendet um Pflanzenöle und synthetisch erzeugte Kohlenwasserstoffe zu normenkonformen Kraftstoffen/Blend-Komponenten aufzubereiten.

L

LNG – Liquified Natural Gas: mittels Kälte und Druck verflüssigtes Methan (CH_4).

LOHC – Liquid Organic Hydrogen Carrier: Als Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC) werden organische Trägerstoffe bezeichnet, welche für den Transport von Wasserstoff genutzt werden.

LPG – Liquified Petroleum Gas: mittels Druck verflüssigte kurzkettige Kohlenwasserstoffe (z.B. Propan, Butan).

M

MeOH-Synthese – Methanol-Synthese: Erzeugung von synthetischem Methanol aus CO/CO_2 und H_2. Dieses kann zu Kraftstoffen wie Kerosin, Benzin oder Dimethylether (DME) weiterverarbeitet werden.

Methanisierung: Erzeugung von synthetischem Methan (CH_4) aus CO/CO_2 und H_2 in einer Sabatier Reaktion bzw. als biologische Methanisierung mit Hilfe von hochspezialisierten Mikroorganismen.

P

Power-to-Ammonia oder PtNH_3: Erzeugung von synthetischem Ammoniak (NH_3) mittels elektrischer Energie.

PtG – Power-to-Gas: Erzeugung von gasförmigen Kraftstoffen mittels elektrischer Energie. Dabei ist zwischen der reinen Wasserelektrolyse (PtG-H_2) und der synthetischen Erzeugung von eMethan (PtG-CH_4) zu unterscheiden.

PtL – Power-to-Liquid: Erzeugung von flüssigen synthetischen Kraftstoffen mittels elektrischer Energie.

R

RFNBO – Renewable Fuel of Non-Biological Origin: Strombasierter "grüner" Wasserstoff und "grüne" Wasserstofffolgeprodukte, welche den Kriterien der Erneuerbare-Energien-Richtlinie RED II entsprechen.

RED II: Die Renewable Energy Directive (Erneuerbare-Energien-Richtlinie) ist seit 2009 das Fundament für die europäische Erneuerbare-Energie-Politik und wir stetig fortgeschrieben und erneuert. In der RED II sind Kriterien für nachhaltige Biokraftstoffe, grünen Wasserstoff und Wasserstoff-Folgeprodukte (bei Verwendung im Verkehr) definiert.

S

SNG - Synthetic Natural Gas: Erzeugung von synthetischem Erdgas (CH_4), dass auf der Basis von Kohle, Biomasse (Bio-SNG bzw. Biomethan) oder Strom (PtG) über Synthesegas hergestellt wird.

U

Umesterung: hierbei wird der Alkoholrest eines Esters durch einen anderen Alkoholrest ersetzt. Wird verwendet, um alkoholische (Bio-)Kraftstoffe zu Normenkonformen Kraftstoffen/Blend-Komponenten aufzubereiten.

Kontakt

erneuerbare.kraftstoffe@now-gmbh.de