

Global Energy Solutions e.V.
For Prosperity and Climate Neutrality

Potential von hydrierten Pflanzenölen und pflanzlichen Altölen als „grüner“ Treibstoff

17.9.2022, update 3.10.2022/18.1.2024



© certas energy UK

Dr. Hans Jürgen Wernicke

Hydrierte Pflanzenöle („Hydrogenated Vegetable Oils“ - HVO) werden aus natürlichen Pflanzenölen durch katalytische Umsetzung mit Wasserstoff hergestellt. Es entstehen hierbei Kohlenwasserstoff-Gemische mit ähnlichen oder sogar besseren Eigenschaften im Vergleich zu entsprechenden Fraktionen aus Erdöl, im wesentlichen Kerosin und Diesel.

In Deutschland wurden im Jahr 2021 ca. 27 Mio. Tonnen Diesel verbraucht, weltweit sind es ca. 800 Mio. Tonnen. Bezogen auf den Gesamtmarkt ist der Beitrag von HVO mit knapp 30 Mio. Tonnen weltweit (das ist die existente und in Bau befindliche Kapazität 2025)¹ eher gering, aber mit einfachen Maßnahmen und ohne Änderung von Infrastruktur und motorischen Anpassungen realisierbar.

Größere Bedeutung könnte HVO als Kerosinersatz für Flugzeuge bekommen, als Alternative zur aufwendigen Fischer-Tropsch-Synthese.

Als Rohstoff für HVO kommen Pflanzenöle infrage, die nicht mit der Nahrungsmittelproduktion in Konkurrenz stehen. Zum Einsatz kommen pflanzliche Altöle oder -fette, die ansonsten nach ihrem Gebrauch verbrannt würden. Dazu gehören mit geringerem Anteil auch tierische Altöle sowie Abfälle aus der Fischverarbeitung.

Sie können als CO₂-neutrale Treibstoffe bezeichnet werden, wenn für die Hydrierung CO₂-neutraler Wasserstoff verwendet wird. Aber auch eine Hydrierung mit „grauem“ Wasserstoff führt zu einer substantiellen Verminderung der CO₂-Emissionen.

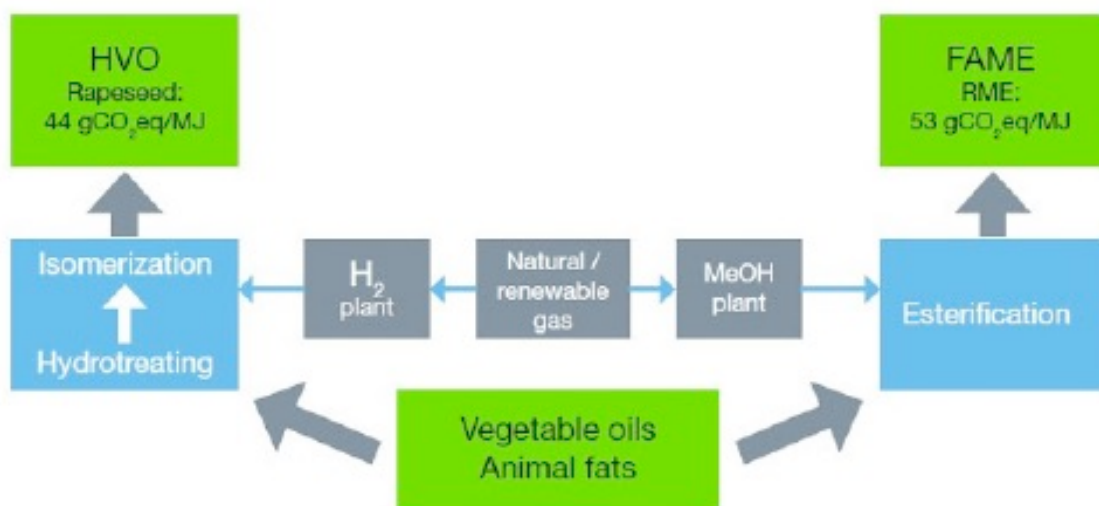


Abb1. Vergleich der CO₂-Emissionen von HVO und Biodiesel (RME) ²
(bei Hydrierung mit grauem Wasserstoff bzw. Umesterung mit grauem Methanol)

¹ Greenea PM, 22.7.2021

² Extracted from Neste Renewable Diesel Handbook.

Fossiler Diesel emittiert ca. 84 Gramm CO₂-Äquivalent pro MJ im Vergleich zu 44 Gramm bei HVO (Herstellung mit grauem Wasserstoff, 48% CO₂-Minderung) und 53 Gramm bei konventionellem Biodiesel (Rapsmethylester, Herstellung mit grauem Methanol, 35 % CO₂-Minderung), siehe Abb1.

Bei Verwendung von „grünem“ Wasserstoff bzw. „grünem“ Methanol beträgt die CO₂-Minderung im Vergleich zu fossilem Diesel 90 % und mehr.

Herstellung von HVO

Der Herstellungsweg von HVO ist in Abb.2 schematisch dargestellt ³:

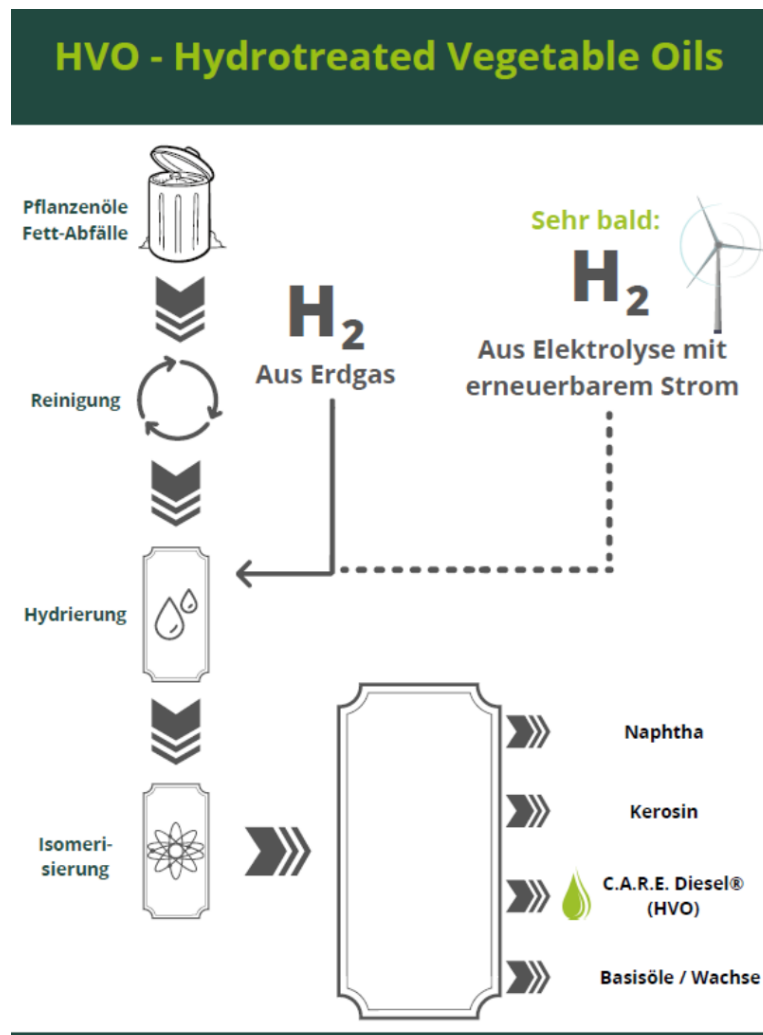
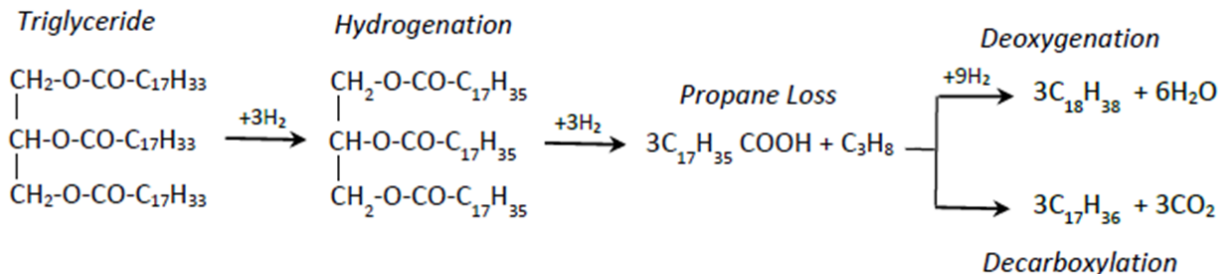


Abb.2: Herstellung von HVO ³

³ Flyer CARE Diesel (Tool Fuel Services GmbH, Hamburg)

Die chemische Umsetzung des Öls (Triglycerid) mit Wasserstoff führt zu aliphatischen Kohlenwasserstoffen sowie zu den Nebenprodukten Propan, Wasser und durch Decarboxylierung als Nebenreaktion auch zu geringen Mengen an CO₂.



In einer Hydrocracking/Isomerisierungsstufe werden die langkettigen Kohlenwasserstoffe in eine Diesel- und/oder Kerosinfraktion konvertiert. Als Nebenprodukte entstehen etwas Naphtha (Benzin) und Wachs.

Anders bei konventionellem Biodiesel: hier wird das Triglycerid mit Methanol umgeestert. Es entstehen der Fettsäuremethylester (FAME, bei Raps: RME) und Glycerin als Nebenprodukt.

Versuche, (grünen) Wasserstoff durch Glycerin-Reformierung zu erzeugen, haben keine technische Anwendung gefunden.

HVO-Verfahren sind großtechnisch etabliert und werden u.a. von

- Haldor Topsoe (DK): HydroFlex™ process
- UOP / ENI (US/I): Ecofining process
- Axens (F): Vegan process
- NextChem/Technimont Saola Energy process

lizenziert.

Über eigene Verfahren verfügen u.a. Neste, Shell, ConocoPhillips und Petrobras.

Motorische Eigenschaften von HVO

Diese sind in der Regel besser als die entsprechenden fossilen Treibstoffe, Anpassungen der Motoren bzw. Turbinen sind nicht erforderlich. Auch die Abgasqualität ist deutlich besser, wie in einem Vergleich in Tab.1 und in Abb. 3

gezeigt wird ⁴ EN 590 ist hierbei konventioneller Sommerdiesel, GTL eine Fischer-Tropsch-basierte Dieselfraktion sowie FAME eine auf Basis Rapsöl.

	HVO	EN 590 (summer grade)	GTL	FAME (from rape seed oil)
Density at 15 °C (kg/m ³)	775 ... 785	≈ 835	770 ... 785	≈ 885
Viscosity at 40 °C (mm ² /s)	2.5 ... 3.5	≈ 3.5	3.2 ... 4.5	≈ 4.5
Cetane number	≈ 80 ... 99	≈ 53	≈ 73 ... 81	≈ 51
Distillation range (°C)	≈ 180 ... 320	≈ 180 ... 360	≈ 190 ... 330	≈ 350 ... 370
Cloud point (°C)	-5 ... -25	≈ -5	-0 ... -25	≈ -5
Heating value, lower (MJ/kg)	≈ 44.0	≈ 42.7	≈ 43.0	≈ 37.5
Heating value, lower (MJ/l)	≈ 34.4	≈ 35.7	≈ 34.0	≈ 33.2
Total aromatics (wt-%)	0	≈ 30	0	0
Polyaromatics (wt-%) ⁽¹⁾	0	≈ 4	0	0
Oxygen content (wt-%)	0	0	0	≈ 11
Sulfur content (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10
Lubricity HFRR at 60 °C (μm)	< 460 ⁽²⁾	< 460 ⁽²⁾	< 460 ⁽²⁾	< 460
Storage stability	Good	Good	Good	Very challenging

⁽¹⁾ European definition including di- and tri+ -aromatics

⁽²⁾ With lubricity additive

Tab.1 Eigenschaften von HVO im Vergleich zu fossilem, entschwefeltem Diesel (EN 590) , Fischer-Tropsch-Diesel (GTL) und Biodiesel auf Basis Rapsöl (RME) ⁴

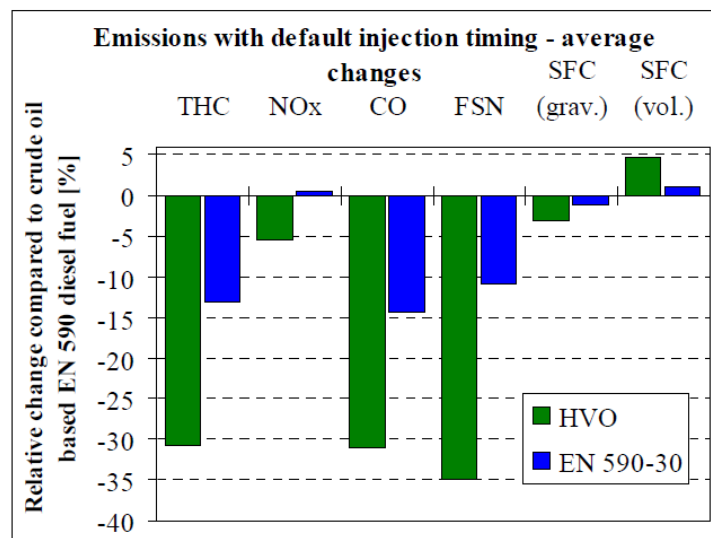


Abb. 3 Abgasqualität von HVO und von einem HVO/Diesel 30/70-Gemisch im Vergleich zu 100% Diesel ⁴

⁴ H.Aatola et al, Helsinki Tech. Univ., S. Mikkonen, Neste, „Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel“, SAE-Bericht 2008-01-2500

Die günstigen Eigenschaften von HVO beruhen – wie auch bei Diesel aus NiedertemperaturFischer-Tropsch Anlagen - an dem hohen Gehalt langkettiger paraffinischer, einem nur geringen Anteil an naphthenischer Kohlenwasserstoffe und Abwesenheit aromatischer Verbindungen

Bezeichnend für die hohe Qualität von HVO (und GTL-Diesel) ist die hohe Cetanzahl als Indikator für die Zündwilligkeit des Treibstoffs.

Alle anderen Parameter sind vergleichbar.

(Bis auf die geringe Lagerbeständigkeit von Biodiesel (RME), der vor allem bei Zutritt von Sauerstoff zur Bildung harzartiger Ausflockungen neigt).

Verfügbarkeit und Produktionsmengen

Weltweit und in Europa:

Die HVO-Produktion im Jahr 2020 belief sich auf 6,2 Mio. Tonnen weltweit mit den Schwerpunkten Europa (3,4 Mio. Tonnen) und USA (2,1 Mio. Tonnen).

Die Kapazität im Jahr 2020 betrug 7 Mio Tonnen, Abb.4 ⁵

Diese soll sich durch bereits in Bau befindliche Anlagen bis 2025 mehr als vervierfachen, vor allem in den USA mit prognostizierten 12,6 Mio. Tonnen/Jahr und mit 11,3 Mio. Tonnen/Jahr in Europa ^{6 7}. Größtes Projekt ist der Umbau einer Erdöl-Raffinerie der Phillips 66 in eine HVO-Raffinerie in Kalifornien mit einer Kapazität von 2,5 Mio. Tonnen/Jahr ab 2023 ⁸.

In Europa dominieren bisher zwei Anlagen der Neste (in Finnland und den Niederlanden) mit 1,5 Mio. Tonnen Jahreskapazität sowie Anlagen der ENI, Gela sowie ENI, Porto Maghera in Italien (0,7 Mio + 0,24 Mio Tonnen) und der TOTAL, La Mède in Frankreich (0,5 Mio Tonnen) den Markt.

Im Zeitraum bis 2025 planen u.a. UPM eine Anlage in Kotka, Finnland (0,5 Mio Tonnen pro Jahr), St1 0,1 Mio Tonnen pro Jahr in Götheborg und Preem 1,3 Mio Tonnen pro Jahr in Lysekil und Götheborg in Schweden.

Weitere Anlagen sollen bei PKN, Plock/Polen und in Litvinov, Tschechien entstehen ⁹.

⁵ Statista 2022, „HVO Global HVO biodiesel capacity worldwide in 2020 with forecast 2025,

⁶ Quantum Commodity Intelligence, 22.7.2021

⁷ Global HVO biodiesel capacity 2020-2025, by region, Statista

⁸ PM, Phillips 66 Corporate Communications, 11.8.2020

⁹ S. Wright, „Rise of HVO to be the downfall of traditional biodiesel in Europe“, ICIS Insights, 28.11.2019

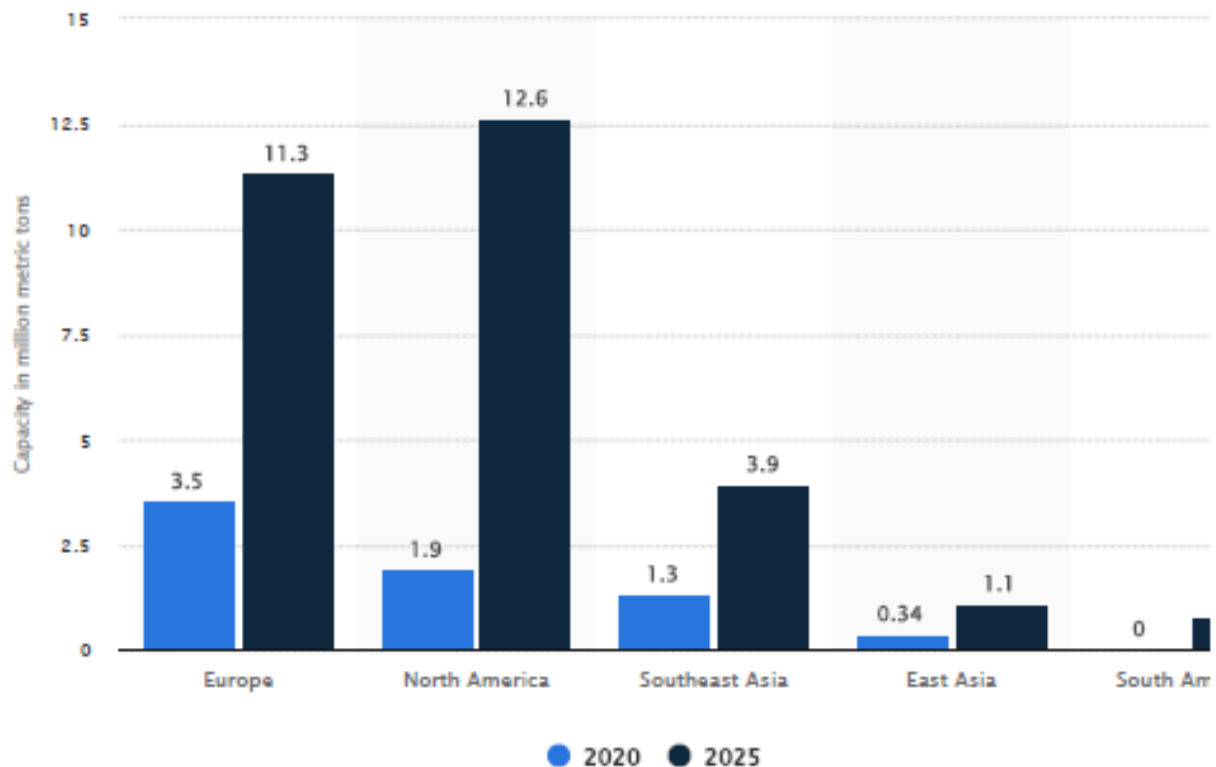


Abb. 4 Weltweite HVO-Produktionskapazität 2020, Prognose für 2025 ⁵

Die überwiegende Menge HVO wird in Form von Beimischungen zu konventionellem Diesel im Bereich 10-50% abgesetzt. HVO 100 wird vor allem in den Produktionsländern (Niederlande, Skandinavien)

Deutschland:

In Deutschland wird kein HVO erzeugt, es gibt derzeit auch kein Projekt. Geringe Mengen werden vor allem aus den Niederlanden importiert und über eine einstellige Zahl von Tankstellen vertrieben.

Die für 2022 geschätzte Gesamtmenge an Biodiesel (Summe von FAME und HVO) soll ca. 2,5 Mio Tonnen betragen ¹⁰, dies entspricht etwa 9% des Gesamtverbrauchs (7% beträgt die Beimischungsquote zu konventionellem Dieseltreibstoff).

¹⁰ PM, UFOP-Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen eV, Berlin, 9.9.2022

Infrastruktur (Tankstellennetz):

HVO bzw. HVO-Blends werden derzeit von ca. 9400 Tankstellen weltweit angeboten, Schwerpunkte sind USA (Kalifornien) und Europa. In Europa (ca. 8000 Tankstellen)¹¹

Abb. 5 zeigt hierzu eine Tankstellenkarte für Europa mit einer Unterteilung von HVO 100, HVO-Blends und (ab 2023) sieben Tankstellen für „e-Fuel-Diesel“ als Beimischung ¹¹.

Bei Letzteren dürfte zur Herstellung des HVO Wasserstoff erzeugt aus regenerativem Strom zum Einsatz kommen.



HVO-Tankstellen – Stand Januar 2024:

- ca. 2300 Stationen in Europa mit 100% HVO
- ca. 11.300 Tankstellen in Europa inklusive Beimischungen (7-100% HVO)

Abb. 5 „Tankstellenkarte“ für HVO-haltige Dieselkraftstoffe in Europa ¹¹

¹¹ Auszug aus www.efuelsnow.de/tankstellen-karte (accessed Jan 18,2024)

Geschätztes Gesamtpotential:

Weltweit wurden 2021 213 Mio. Tonnen Pflanzenöle produziert. Der größte Anteil wurde nach Gebrauch entweder thermisch verwertet, zu (konventionellem) Biodiesel verarbeitet und zum geringeren Teil auch in der Oleochemie (für Detergentien) und zur Futtermittelproduktion verwendet.

Ein Treiber für die verstärkte Nutzung von HVO auf Basis von Altölen und -fetten anstelle von FAME ist die in die Kritik geratene und daher abnehmende Verwendung von importiertem Palmöl aus Südostasien zur Herstellung von Biodiesel.

Der weltweite Markt für gebrauchte pflanzliche Öle und Fette ist wenig transparent, so dass ein verfügbares Potential für HVO sehr grob geschätzt bei jährlich 50 - 80 Mio. Tonnen liegen könnte. Dies entspräche 6 -10 % des derzeitigen Diesel- oder 15 – 25% des derzeitigen Kerosinverbrauchs weltweit.

In Bezug auf synthetischen Flugkraftstoff (SAF) ist diese Schätzung konsistent mit einer Bedarfsschätzung für 2022 von ca. 70 Mio. Tonnen SAF, wobei dieser wegen nicht ausreichend verfügbarer Produktionskapazität nur zum Teil aus HVO und ansonsten aus anderen biogenen Quellen stammt.