# ÜBERSICHTSSTUDIE HVO 100

**VON PROF. DR.-ING. THOMAS HEINZE**
Institut Automotive Powertrain (IAP) an der htw saar
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes

# Übersichtsstudie HVO100


## von Prof. Dr.-Ing. Thomas Heinze


## Saarbrücken, Mai 2026

**Disclaimer**

Es wurden umfassende und sorgfältige Recherchen sowie eine kritische Überprüfung aller verfügbaren Quellen durchgeführt, um die in dieser Veröffentlichung dargestellten Informationen hinsichtlich ihrer Genauigkeit, Aktualität und Vollständigkeit zu gewährleisten. Die enthaltenen Angaben basieren auf dem Stand des Wissens zum Zeitpunkt der Erstellung (Mai 2026) und berücksichtigen u.a. relevante regulatorische Entwicklungen wie die EU-Richtlinie RED III sowie branchenspezifische Berichte und die aktuelle Fachliteratur.

Dennoch übernimmt der Autor keinerlei Gewähr für die Fehlerfreiheit, Zuverlässigkeit oder Vollständigkeit der Informationen. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Nutzung der vorliegenden Inhalte auf eigenes Risiko erfolgt. Eine Haftung für daraus resultierende materielle oder immaterielle Schäden, Verluste, wirtschaftliche Nachteile, rechtliche Konsequenzen oder sonstige Beeinträchtigungen (einschließlich Folgeschäden) wird vollumfänglich ausgeschlossen, soweit gesetzlich zulässig.

Die Informationen stellen keine rechtliche, steuerliche oder technische Beratung dar und ersetzen keine individuelle Prüfung durch qualifizierte Fachkräfte. Änderungen in Gesetzen, Marktentwicklungen oder technischen Standards können die Gültigkeit jederzeit beeinflussen.

# Inhalt

0 Abstract ..... 6
1 Einleitung ..... 6
2 Herstellung von HVO ..... 7
3 Eigenschaften von HVO und Randbedingungen der Nutzung ..... 9
3.1 Vorstellung HVO im Vergleich zu Diesel ..... 9
3.1.1 Vergleich der Stoffeigenschaften: DIN Normen EN 590 vs. EN 15940 mit Messwerten in der Literatur ..... 10
3.1.2 Vergleich der Sicherheitsdatenblätter ..... 11
3.2 Cetanzahl ..... 12
3.3 Aromatengehalt ..... 13
3.4 Siedelinie ..... 13
3.5 Oxidationsstabilität und Lagerfähigkeit ..... 14
3.6 Rohstoffe (Feedstock) ..... 15
3.7 Energiegehalt und Kraftstoffverbrauch ..... 18
3.8 Schmierfähigkeit ..... 19
3.9 Nachhaltigkeit ..... 19
4 Abgasemissionen ..... 22
4.1 Abgas-Rohemissionen ..... 22
4.1.1 Mercedes E 220 CDI mit Abgasnorm Euro 3 ..... 22
4.1.2 Motorprüfstandsmessungen an einem aufgeladenen 1,6l Common Rail Dieselmotor 24
4.1.3 HVO-Messungen der Deutsche Bahn ..... 25
4.1.4 Literaturzusammenstellung des KIT im Projekt: InnoFuels; Innovationsschwerpunkt Straße & Schiene ..... 26
4.1.5 Partikelgrößenverteilung ..... 28
4.2 Pkw Abgas-Endrohremissionen ..... 30
5 Temperaturkompensation bei unterschiedlichen Kraftstofftemperaturen beim Tanken an der Tankstelle ..... 34
6 HVO Sortenumbelegung und Vertrieb an öffentlichen Tankstellen ..... 35
7 Zusammenfassung in Kernbotschaften ..... 35
8 Literaturverzeichnis ..... 36
9 Anhang ..... 39
9.1 Nachhaltigkeitsnachweis, Proof of Sustainability (POS) ..... 39
9.2 Leitfaden ..... 40

# Abbildungen

Abbildung 1:Hydrobehandlung von Pflanzenölen: Rohstoff, Reaktion und Produkte [3] ..... 8
Abbildung 2: Zusammensetzung der Kraftstoffe ..... 9
Abbildung 3: HVO (links) verbrennt sauberer als Diesel (rechts)..... 9
Abbildung 4: Vergleichender PetroOxy-Test von HVO mit fossilem Diesel und Biodiesel aus Raps und Tierfett [18] ..... 15
Abbildung 5: HVO Feedstock Verteilung in Energie % basierend auf 615 TJ HVO aus 2023 [24] ..... 17
Abbildung 6: Transfer von Nachhaltigkeitsdaten in der Lieferkette ..... 21
Abbildung 7: Tankstellen-Kassenbon mit Nachhaltigkeitsinformationen..... 21
Abbildung 8: NOx-Ruß-Trade-off Potential bei steigender GTK Zumischung ..... 23
Abbildung 9: Eigene Messungen 2017 an einem aufgeladenen 1,6l Common Rail Dieselmotor mit Hochdruck AGR..... 24
Abbildung 10: Übersicht über Luftschadstoffemissionen beim Einsatz von HVO im Vergleich zu Diesel. Verwendet wurden Ergebnisse von Motoren unterschiedlicher Bauart (LKW und PKW) in diversen Betriebspunkten ..... 27
Abbildung 11: Partikelemissionen aus Diezemann et al., HVO100 – Der Weg in die CO2-neutrale Zukunft für dieselmotorische Antriebe [29]..... 28
Abbildung 12: Partikelgrößenverteilung TU Darmstadt, Knost et al. [8] ..... 29
Abbildung 13: NOx-Emissionen von Pkw beim Betrieb mit HVO im Vergleich zum Betrieb mit konventionellem Dieselkraftstoff..... 31
Abbildung 14: Rußpartikel-Emissionen von Pkw beim Betrieb mit HVO im Vergleich zum Betrieb mit konventionellem Dieselkraftstoff..... 32
Abbildung 15: Nachhaltigkeitsnachweis ..... 39

# Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| AGR | Abgasrückführung |
| BLE | Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung |
| BtL | Biomass to Liquid |
| CEEMAS | Certified Energy Emission Management System |
| CEETRAC | Certified Energy Emission Tracking and Reporting Across Chain |
| CFPP | Cold Filter Plugging Point |
| CO | Kohlenmonoxid |
| $CO_2$ | Kohlendioxid |
| CZ | Cetanzahl |
| DIN | Deutsches Institut für Normung |
| DPF | Dieselpartikelfilter |
| DUH | Deutsche Umwelthilfe |
| EGR | Exhaust Gas Recirculation |
| EN | Europäische Norm |
| FAME | Fatty Acid Methyl Ester |
| GTL | Gas to Liquid |
| HC | Kohlenwasserstoffe |
| HFRR | High Frequency Reciprocating Rig |
| HVO | Hydrotreated Vegetable Oil |
| HVO100 | Hydrotreated Vegetable Oil 100 Prozent |
| IAP | Institut Automotive Powertrain |
| ILUC | Indirect Land Use Change |
| ISCC | International Sustainability and Carbon Certification |
| KIT | Karlsruher Institut für Technologie |
| LGK | Lagerklasse |
| $N_2O$ | Distickstoffmonoxid |
| Nabisy | Nachhaltiges Biomasse System |
| NOx | Stickoxide |
| OME | Oxymethylenether |

| | |
|---|---|
| PAK | Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe |
| PEMS | Portable Emission Measurement System |
| PM | Particulate Matter |
| PN | Particle Number |
| PoS | Proof of Sustainability |
| POME | Palm Oil Mill Effluent |
| PTB | Physikalisch-Technische Bundesanstalt<br>(nationales Metrologieinstitut der Bundesrepublik Deutschland) |
| PtL | Power to Liquid |
| RDE | Real Driving Emissions |
| RED | Renewable Energy Directive |
| RME | Rapsmethylester |
| THG | Treibhausgase |
| UCO | Used Cooking Oil |
| UN | United Nations |
| VKM | Verbrennungskraftmaschinen |
| WGK | Wassergefährdungsklasse |
| WHG | Wasserhaushaltsgesetz |
| WLTC | World Harmonized Light-Duty Test Cycle |
| WLTP | Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure |
| XTL | X to Liquid |

# 0 Abstract

Der Einsatz des paraffinischen Dieselkraftstoffs HVO100 stellt eine unmittelbar verfügbare Option zur Reduktion von Treibhausgasemissionen im bestehenden Diesel-Fahrzeugbestand dar. Abhängig von der eingesetzten Rohstoffbasis kann ein Einsparpotenzial von bis zu 96 % erreicht werden. HVO100 zeichnet sich als Premiumkraftstoff durch eine hohe Cetanzahl (>70), Aromatenfreiheit, eine geringere Wassergefährdungsklasse sowie verbesserte Verdampfungseigenschaften aus.

Neben der signifikanten Minderung der Treibhausgasemissionen bietet HVO100 weitere betriebliche und ökologische Vorteile, ohne den Kraftstoffverbrauch wesentlich zu erhöhen. Dazu zählen ein ruhigerer Motorlauf mit reduzierten Verbrennungsgeräuschen, eine Verringerung von Rußpartikelemissionen und damit einhergehend weniger Regenerationszyklen der Abgasnachbehandlungssysteme. Zudem führen reduzierte Ablagerungen im Kraftstoff- und Abgasrückführungssystem zu geringeren Wartungskosten und einer erhöhten Betriebseffizienz. Eine verbesserte Lagerstabilität stellt einen weiteren Vorteil dar.

Die Herstellung von HVO100 erfolgt gemäß geltenden EU-Zertifizierungen überwiegend aus Rest- und Abfallstoffen. Perspektivisch kann die nachhaltige Produktionsbasis durch alternative Rohstoffe wie Algenöl, Jatrophaöl sowie weitere bislang wenig erschlossene Feedstocks erweitert werden. Insgesamt zeigt HVO100 ein hohes Potenzial als nachhaltige Übergangslösung zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors.

# 1 Einleitung

Der Übergang zu klimafreundlichen Kraftstoffen ist eine zentrale Herausforderung der Verkehrswende. Reine reststoff- und abfallbasierte synthetische Kraftstoffe wie HVO100 (Hydrotreated Vegetable Oils 100%) bieten bereits heute bei Bestandfahrzeugen ein erhebliches CO2-Einsparpotenzial von derzeit bis zu 96% gegenüber fossilem Diesel (s. Nachhaltigkeits-Teilnachweis im Anhang). In Deutschland und Europa wird dieses Potenzial bisher von der Politik noch zu wenig anerkannt.

Die batterieelektrische Mobilität allein ist aus verschiedenen Gründen nicht ausreichend: Batterien erhöhen das Fahrzeuggewicht, den Ressourcenbedarf und die CO2-Emissionen bei der Fahrzeugherstellung, während der Strommix in Deutschland aktuell noch teilweise auf Kohlestrom basiert, was den Klimaschutznutzen einschränkt.

Im Gegensatz dazu ermöglicht die Umstellung auf HVO100 eine sofortige Reduktion der CO2-Emissionen in der bestehenden Fahrzeugflotte ohne technische Umrüstung. Zudem kann die aufwendige und emissionsintensive Ladeinfrastruktur eingespart werden. Der alternative Dieselkraftstoff HVO100, hergestellt aus Abfall- und Reststoffen, kann mittlerweile mit der Zulassung von paraffinischem Dieselkraftstoff gemäß der Norm EN 15940 in der 10. BImSchV vom 28. Mai 2024 flächendeckend in Reinform auch an deutschen Tankstellen[1] in Verkehr gebracht werden.

Die Praxis zeigt in Pionierländern wie Schweden und den Niederlanden, dass auf Basis einer bestehende Diesel-Infrastruktur der Umstieg von Diesel auf HVO100 ohne größere Aufwände oder Rückschläge möglich ist. Tankstellen konnten dort ohne nennenswerte behördliche Hürden eingerichtet werden. In Schweden gibt es seit 2015 die ersten HVO100-Stationen (damals ca. 10), aktuell rund 700. Die Niederlande folgten 2017 mit heute etwa 800 Stationen. Beide Länder profitieren von großen Raffinerien wie Neste und Preem sowie steuerlichen Anreizen. Weitere öffentliche HVO-Tankstellennetze bestehen ebenfalls Italien und Spanien. In Italien hat die Firma Eni

[1] nach Anlage 7 der 10. BImSchV als „XTL“ an Tankstellen gekennzeichnet

in 2023 innerhalb eines Jahres ein breites Netz mit mehreren hundert Tankstellen aufgebaut und wird weiter ausgebaut. Ebenfalls in Spanien wurde durch die beiden Akteure Repsol und Cepsa (heute „Moeve“) bereits ein signifikantes HVO-Tankstellennetz aufgebaut, wobei mit einem starken Wachstum in den nächsten Jahren gerechnet wird.

Vor diesem Hintergrund soll die vorliegende Studie an der Hochschule für Technik und Wirtschaft die angewandte Forschung im Bereich nachhaltiger Mobilität forcieren, den Prozess der Markeinführung von HVO 100 begleiten. und ebenfalls interessierte Kraftstoff-wechselbereite Fahrer beim Kennenlernen von HVO100 unterstützen.

# 2 Herstellung von HVO

Der zentrale Prozess bei der Herstellung von hydrierten Pflanzenöle ist die Hydrierung, bei der eine katalytische Reaktion mit Wasserstoff stattfindet. Die dabei entstehenden hydrierten Pflanzenöle werden als HVO-Kraftstoffe bezeichnet. Für deren Herstellung gibt es zwei grundsätzliche Verfahren: Entweder erfolgt die Hydrierung gemeinsam mit Mineralölprodukten in einer herkömmlichen Raffinerie, oder die Pflanzenöle werden ausschließlich in spezialisierten Anlagen hydriert.

Das Ziel dieses Verfahrens besteht darin, einen qualitativ hochwertigen Kraftstoff herzustellen, der teilweise (durch Mitverarbeitung) oder vollständig (im Stand-alone-Verfahren) auf biogenen Rohstoffen basiert. Für Mineralölprodukte bestehende Vermarktungs- und Verteilstrukturen können weiterhin genutzt werden. Die Hydrierung ist ein industrieller Prozess, der hohen Druck und hohe Temperaturen erfordert, wobei die ursprünglichen Triglyceride durch eine katalytische Wasserstoffreaktion aufgespalten werden. Dabei entstehen Paraffine, also vollständig gesättigte Kohlenwasserstoffketten ohne Sauerstoff, die in ihren Eigenschaften fossilem Diesel stark ähneln. Als Nebenprodukte entstehen Propan, Wasserdampf und Kohlendioxid.

Die Hydrierung der Pflanzenöle kann in traditionell raffinierten Prozessen als Mitraffination (CoProcessing) erfolgen, was geringere Herstellkosten mit sich bringt. Dabei wird beispielsweise Rapsöl in einem sogenannten Hydrotreater dem Raffinationsprozess beigemischt, wobei im Prozessschritt der Mitteldestillatentschwefelung gleichzeitig die Triglyceride aufgespalten und in gesättigte Kohlenwasserstoffe umgewandelt werden. Theoretisch sind beim CoProcessing beimischbare Anteile von bis zu 30 Prozent denkbar, in der Praxis werden jedoch aufgrund der Qualität des Pflanzenöls und der schlechteren Kältetauglichkeit meist maximal 20 Prozent im Sommer und 10 Prozent im Winter verwendet. Die Aufspaltung der Triglyceride benötigt zudem zusätzlichen Wasserstoff, was die Produktionskosten im Raffinationsprozess erhöht [1]. Weitere kombinierte thermisch-katalytische HVO-Verfahren werden von Willner u. Sievers in [2] beschrieben

Eine bessere Produktqualität und höhere Flexibilität bieten spezialisierte Stand-alone-Anlagen. Dort erfolgt die Herstellung rein aus biogenen Rohstoffen[2], insbesondere Reststoffen, mit optimierten Prozessbedingungen, um auch bei unterschiedlichen Rohstoffqualitäten gleichbleibend hochwertigen Kraftstoff zu gewinnen. Dieses Verfahren wird beispielsweise vom finnischen Mineralölunternehmen Neste Oil großtechnisch eingesetzt [3]. Hierbei werden die pflanzlichen Öle zunächst gereinigt, wodurch auch minderwertige Rest- oder Altöle und Fette verwendet werden können. Anschließend folgt das Hydrotreating in Festbettreaktoren bei ca. 350 bis 450 °C und einem Wasserstoffpartialdruck von bis zu 150 bar. Die Umwandlungseffizienz liegt bei etwa 81 Prozent (1,23 t Rohstoff ergeben ca. 1 t Kraftstoff). Neben dem Hauptprodukt entstehen Brenngas und geringfügig Benzin [2, 4].

[2] Siehe ebenfalls BLE-Biomassecodeliste: Nabisy-Biomassearten Stand 03.2026 [20]

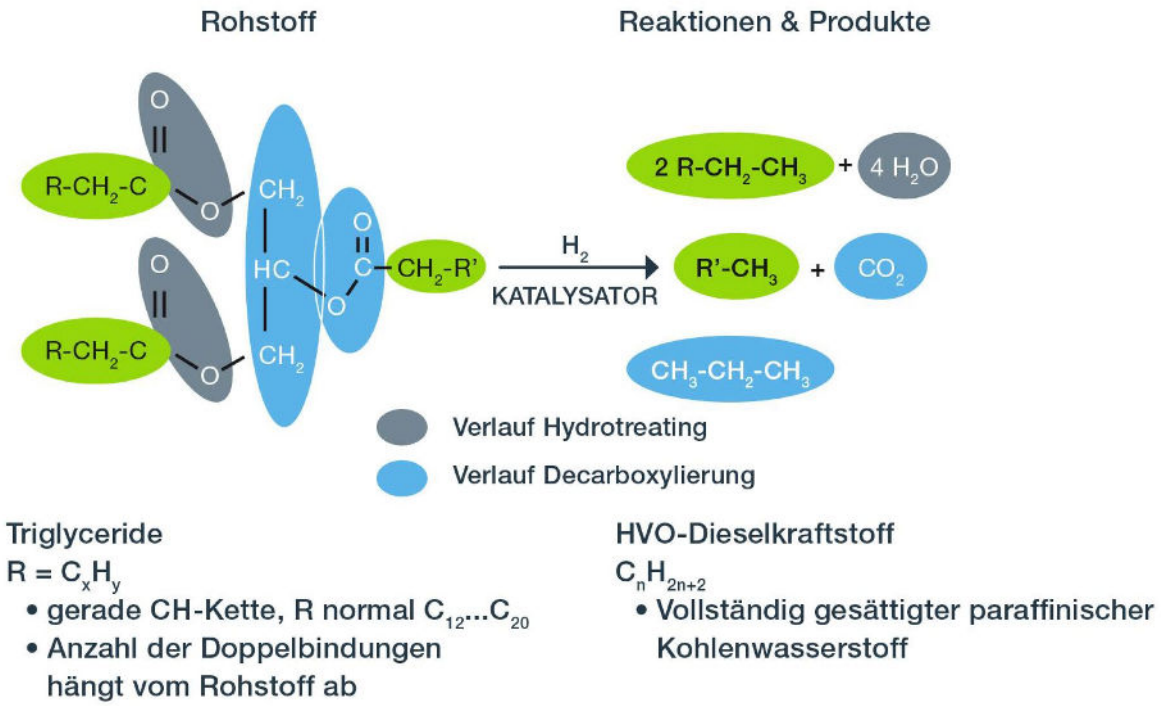



*Abbildung 1:Hydrobehandlung von Pflanzenölen: Rohstoff, Reaktion und Produkte [3]*

Der so erzeugte HVO-Kraftstoff ist frei von Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel oder Aromaten, was eine emissionsarme Verbrennung ermöglicht, ähnlich wie bei synthetisch hergestelltem Diesel. Er erfüllt nahezu alle Anforderungen der DIN EN 590 für Dieselkraftstoffe, mit Ausnahme der geringfügig niedrigeren Dichte von rund 780 kg/m³ im Vergleich zu 840 kg/m³ bei fossilem Diesel.

<u>Fazit</u>

Paraffinische Dieselkraftstoffe werden durch Hydrierung von Fetten und Ölen gewonnen. Für diese Produkte wird der Begriff Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) verwendet. Anders als die Umesterung zu Biodiesel stellt die Umsetzung mit Wasserstoff[3] geringere Anforderungen an die Herkunft und Qualität der Ausgangsstoffe.

Die Hydrierung führt zu einer Spaltung der Fette und Öle, bei der auch alle Sauerstoffatome und ungesättigten Bindungen entfernt werden. Aus den Fettsäuren entstehen langkettige Paraffine, der Glycerinanteil wird in Propangas konvertiert und der Sauerstoff als Wasser gebunden. Da auf diesem Weg Paraffine aus Biomasse erzeugt werden, spricht man von Bioparaffinen.

Die Herstellung von Bioparaffinen kann in separaten Anlagen erfolgen oder auch in bestehende Raffinerieprozesse (Kombi-Verfahren) integriert werden.

[3] idealer Weise grünem Wasserstoff, bei anderen H2-Quellen kann der potentielle THG-Vorteil je nach Herkunft merklich reduziert werden

# 3 Eigenschaften von HVO und Randbedingungen der Nutzung

HVO 100 Diesel ist ein alternativer Kraftstoff für Dieselmotoren [32]. Es ist ein zu 100% aus erneuerbaren Rohstoffen hergestellter Kraftstoff, der die Treibhausgasemissionen signifikant bis zu 96% senkt[4]. Im folgenden Kapitel wird auf die Eigenschaften von HVO und die Randbedingungen eingegangen, die bei der Nutzung von zu beachten sind.

## 3.1 Vorstellung HVO im Vergleich zu Diesel

Im Lehrbuch lautet es: „Ein idealer Dieselkraftstoff bestünde zu 100 % aus normal-Paraffinen (n-Paraffin), die 100 % gesättigt sind, würde leicht zu verbrennen sein, hätte eine hohe Cetanzahl und niedrige Schadstoffemissionen“ ([7] Reif S. 124, Zusammenfassung). HVO ist ein paraffinischer Dieselkraftstoff. HVO 100 darf jedoch nicht mit Biodiesel verwechselt werden. HVO 100 enthält Paraffine, wie man sie bereits vom konventionellen Dieselkraftstoff kennt, siehe Abbildung 2. HVO 100 ähnelt chemisch in Teilen dem klassischen Diesel, hat aber dennoch keinen fossilen Ursprung, und er ist nicht, wie Biodiesel, aus Fettsäuremethylester zusammengesetzt.
Im Vergleich zu Diesel ist die Zusammensetzung von HVO 100 chemisch einheitlicher und reiner als konventioneller Dieselkraftstoff da HVO 100 Kraftstoff so gut wir nur Iso- und n-Paraffine enthält. Aromaten sind entweder gar nicht oder nur zu einem sehr geringen Anteil vorhanden. Der massebezogene Gesamtaromatengehalt beträgt gemäß Norm DIN EN 15940 max. 1,1 %, was sich besonders vorteilhaft auf die Stoffeigenschaften auswirkt.

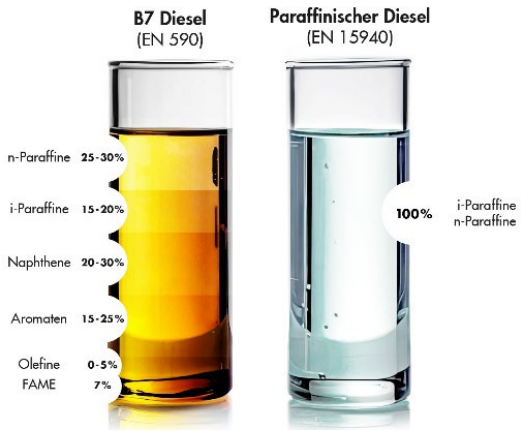



*Abbildung 2: Zusammensetzung der Kraftstoffe[5]*

*Abbildung 3: HVO (links) verbrennt sauberer als Diesel (rechts)[6]*

[4] Nachhaltigkeits-Teilnachweis s. Anhang
[5] Bildquelle https://topoil.at/hvo100-regenerativ/
[6] Bildquelle © Neste, [5]

Der paraffinische Diesel HVO100 ist eine glasklare und nahezu geruchslose Flüssigkeit. B7 Diesel hingegen besteht aus einer Vielzahl von Kohlenwasserstoffen und ist auf Grund seiner Farbe und seinem markanten Geruch deutlich unterscheidbar. Ein einfacher Versuch mit der direkten Verbrennung in einer Glasschale zeigt unmittelbar das Potential einer rußärmeren Verbrennung durch den Einsatz von HVO100.

### 3.1.1 Vergleich der Stoffeigenschaften: DIN Normen EN 590 vs. EN 15940 mit Messwerten in der Literatur

| Parameter | Einheit | Norm Diesel EN 590 | Messwerte Diesel | Norm HVO EN 15940 | Messwerte HVO |
|---|---|---|---|---|---|
| Cetanzahl (min.) | – | ≥ 51 | 51,3 – 55,3 | Klasse A: ≥ 70; Klasse B: ≥ 51 | 74,7 – 90,7 |
| Dichte bei 15 °C | kg/m³ | 820 – 845 | 835 – 836 | Klasse A: 765 – 800; Klasse B: 780 – 810 | 778 – 780 |
| Kinematische Viskosität 40 °C | mm²/s | 2,0 – 4,5 | 2,6 – 2,9 | 2,0 – 4,5 | 2,9 – 3,0 |
| Unterer Heizwert (MJ/kg) | MJ/kg | – | 42,6 – 43,5 | – | 43,6 – 43,9 |
| Unterer Heizwert (volumetrisch) | MJ/l | – | 36,4 | – | 34,2 |
| Flammpunkt | °C | ≥ 55 | ca. 66,3 | ≥ 55 | ca. 68,2 – 81,3 |
| Destillation 95% Siedeende (°C) | °C | ≤ 360 | 351,2 – 355,2 | ≤ 360 | 294,0 – 294,2 |
| Gesamtaromatengehalt (max.) | % (m/m) | – | ca. 10 - 30 | 1,1 | < 1 |
| PAK-Gehalt (max.) | % (m/m) | 8 | – | – | – |
| Schwefelgehalt (max.) | mg/kg | ≤ 10 | ca. 6,1 | ≤ 5 | < 1 |
| FAME-Gehalt (max.) | Vol.-% | 7 | ca. 6,3 | 7 | 0 |
| HFRR-Schmierfähigkeit (max. µm) | µm | 460 | 202 – 406 | 400 | 320 – 344 |
| | | | | | |
| Wassergehalt (max.) | mg/kg | 200 | bis 38 | 200 | bis 17 |
| CFPP (Filterbarkeitsgrenztemp.) | °C | +5 bis −20 | – | +5 bis −20 | je nach Isomersierung bis −40 |
| Stöchiometrisches Luftverhältnis | – | – | 14,3 | – | 14,99 |
| C-Massenanteil | % (m/m) | – | 86,6 | – | 84,5 |
| H-Massenanteil | % (m/m) | – | 13,1 | – | 15,2 |
| CO2 je kg Kraftstoff | kg/kg | – | 3,11 | – | 2,99 |
| Koksrückstand | % (m/m) | ≤ 0,30 | – | ≤ 0,30 | – |
| Oxidationsstabilität | g/m³ | ≤ 25 | – | ≤ 25 | – |
| Manganggehalt | mg/l | ≤ 2 | – | ≤ 2 | – |
| Gesamtverschmutzung (max.) | mg/kg | 24 | – | 24 | – |

*Tabelle 1: Vergleich der wichtigsten Stoffeigenschaften von Diesel und HVO[7] [6-13, 21, 22, 31]*

Auf besondere Dieselmotor-spezifische Aspekte aus Tabelle 1 wird in den folgenden Unterkapiteln 3.2 bis 3.9 eingegangen. Die beiden Spalten Messwerte zeigen typische Werte die aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Quellen zusammengetragen wurden [6-13,31].

[7] die Klasse B mit reduzierter Cetanzahl spielt im derzeitigen HVO Markt keine Rolle. Sie wurde bei der Erstellung der DIN EN 15940 optional mit aufgenommen.

### 3.1.2 Vergleich der Sicherheitsdatenblätter

| **Gegenüberstellung Dieselkraftstoff vs. HVO** | | **Vergleichsweise HVO sicherer** |
|---|---|---|
| **Kategorie** | **Dieselkraftstoff** | **HVO (Hydrotreated Vegetable Oil)** |
| **Norm** | DIN EN 590 | DIN EN 15940 |
| **Einstufung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008** | H226 - Flüssigkeit und Dampf entzündbar.<br>H304 - Kann bei Eindringen in die Atemwege tödlich sein.<br>H315 - Verursacht Hautreizungen.<br>H332 - Gesundheitsschädlich beim Einatmen.<br>H351 - Kann vermutlich Krebs erzeugen.<br>H373 - Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.<br>H411 - Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung. | H304 - Kann bei Eindringen in die Atemwege tödlich sein. |
| **Gefahrenpiktogramme (gem. Verordnung (EG) Nr. 1272/2008)** | <br>GHS02, GHS07, GHS08, GHS09 | <br>GHS08 |
| **Gefahrenhinweise** | H226 - Flüssigkeit und Dampf entzündbar.<br>H304 - Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.<br>H315 - Verursacht Hautreizungen.<br>H332 - Gesundheitsschädlich beim Einatmen.<br>H351 - Kann vermutlich Krebs erzeugen.<br>H373 - Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.<br>H411 - Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung. | H304 - Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.<br>EUH066 - Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen. |
| **Sicherheitshinweise** | P201 - Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.<br>P210 - Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.<br>P243 - Maßnahmen gegen elektrostatische Entladungen treffen.<br>P260 - Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.<br>P273 - Freisetzung in die Umwelt vermeiden.<br>P280 - Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.<br>P301 + P310 - Bei Verschlucken: Sofort Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.<br>P302 + P352 - Bei Kontakt mit der Haut: Mit viel Wasser und Seife waschen.<br>P303 + P361 + P353 - Bei Kontakt mit der Haut (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.<br>P362 - Kontaminierte Kleidung ausziehen.<br>P370 + P378 - Bei Brand: Wassernebel, Schaum, Trockenchemikalie oder Kohlendioxid (CO2) zum Löschen verwenden.<br>P331 - Kein Erbrechen herbeiführen.<br>P501 - Inhalt/Behälter gemäß den nationalen Vorschriften entsorgen. | P301 + P310 - Bei Verschlucken: Sofort Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.<br>P331 - Kein Erbrechen herbeiführen.<br>P501 - Inhalt/Behälter gemäß den nationalen Vorschriften entsorgen. |
| **Stoffe** | > 93 Vol.-% Dieselkraftstoff<br>< 7 Vol.-% FAME | > 99 Vol.-% Regenerativer Kohlenwasserstoff |
| **Umweltschutzmaßnahmen** | Überlaufen/Freisetzung stoppen, wenn dies gefahrlos durchgeführt werden kann. Ausgelaufenes Material vor dem Eindringen in die Kanalisation, Gullies, andere inoffizielle Entwässerungssysteme und natürliche Gewässer abhalten. Wasser sparsam einsetzen, um Kontamination, insbesondere der Umwelt, so gering wie möglich zu halten. Tritt ausgelaufenes Produkt in Wasser ein, zuständige Behörden verständigen und über die Gefahrstoffe informieren. | |
| **Identische Schutzmaßnahme zur sicheren Handhabung** | mit dem Zusatz "Entzündlich" | |
| **Lagerklasse (LGK) nach TRGS 510** | 3 "Entzündbare flüssige Stoffe" | |
| **zu überwachende Parameter** | Das Produkt enthält keine Bestandteile mit vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) verabschiedeten, arbeitsplatzbezogenen zu überwachenden Grenzwerten.<br>Ölnebelbildung vermeiden, nur an gut belüfteten Orten verwenden. | Es sind keine nationalen Grenzwerte festgelegt. Zusätzliche Information:<br>In Abwesenheit nationaler Grenzwerte empfiehlt die American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) folgenden Grenzwert für Dieselkraftstoff: TLV®-TWA (8h) 100 mg/m3 (IFV). |
| **Farbe** | Farblos klar bis gelblich | Farblos klar bis hellgelb |
| **Geruch** | Mineralöltypisch | Milder Geruch nach Kohlenwasserstoffen |
| **ph-Wert** | N/A Gemisch ist unlöslich in Wasser | |
| **Löslichkeit** | In Wasser unlöslich | |
| **Verteilungskoeffizient n-oktanol/wasser (log-Wert)** | 3,9 bis >6 | > 6,5 |
| **Dichte bei 15°C** | 0,820 - 0,845 kg/L | 0,770 - 0,790 kg/L |
| **Weitere Angabe** | Dämpfe sind schwerer als Luft | |
| **Stabilität und Reaktivität** | identisch | |
| **Akute Toxizität** | Das Gemisch ist als akut toxisch eingestuft (Kat. 4) | Das gemisch ist nicht als akut toxisch eingestuft. |
| **Ätz-/Reizwirkung auf die Haut** | Ruft Hautreizungen hervor. Basierend auf Ergebnissen aus Tests mit strukturell ähnlichen Stoffen (Test ist äquivalent oder ähnlich den OECD-Richtlinien 404). Testergebnisse oder anderweitige Studiener-gebnisse erfüllen die Kriterien für die Einstufung als reizend. | Nicht hautreizend. |
| **Toxizität** | Das Produkt wird als giftig für Wasserorganismen mit potenziell schädlichen Auswirkungen auf die aquatische Umwelt angesehen. Einst.: H411; Chronisch Kat. 2. | Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt. |
| **Bioakkumulationspotenzial** | identisch | |
| **Mobilität im Boden** | Freisetzungen im Wasser führen zu einem Kohlenwasserstofffilm, der auf der Oberfläche treibt und sich ausbreitet. Für die leichteren Komponenten ist das Verdampfen ein wichtiger Verlustprozess, der die Gefahr für Wasserorganismen vermindert. Die Photooxidation auf der Wasseroberfläche ist ebenfalls ein signifikanter positiver Verlustprozess, insbesondere für polyzyklische aromatische Verbindungen. In Wasser wird die Mehrzahl der Komponenten auf dem Sediment absorbiert. Die Adsorption ist der überwiegende physikalische Vorgang der Freisetzung ins Erdreich. Adsorbierte Kohlenwasserstoffe bauen sich sowohl im Wasser als auch im Erdreich langsam ab. Wenn das Produkt in den Erdboden gelangt, bleiben einige Bestandteile mobil und können das Grundwasser schädigen. | Freisetzungen im Wasser führen zu einem Kohlenwasserstofffilm, der auf der Oberfläche treibt und sich ausbreitet. Für die leichteren Komponenten ist das Verdampfen ein wichtiger Verlustprozess, der die Gefahr für Wasserorganismen vermindert. Die Photooxidation auf der Wasseroberfläche ist ebenfalls ein signifikanter positiver Verlustprozess, insbesondere für polyzyklische aromatische Verbindungen. In Wasser wird die Mehrzahl der Komponenten auf dem Sediment absorbiert. Die Adsorption ist der überwiegende physikalische Vorgang der Freisetzung ins Erdreich. Adsorbierte Kohlenwasserstoffe bauen sich sowohl im Wasser als auch im Erdreich langsam ab. |
| **Deutsche Wasser-gefährdungsklasse** | 2 | 1 |
| **UN Nummer** | 1202 | |
| **Transport-gefahrenklasse (ADR, ADN, ICAO)** | 3 | |
| **Kennzeichnung** | | |
| **Verpackungsgruppe** | III | |
| **Umweltgefahren** | Umweltgefährdender Stoff | Nicht Umweltgefährdend |

*Tabelle 2: Gegenüberstellung Sicherheitsdatenblätter Dieselkraftstoff vs. HVO [14,15]*

Der Vergleich zwischen konventionellem Dieselkraftstoff (nach DIN EN 590) und HVO (nach DIN EN 15940) zeigt, dass HVO in nahezu allen sicherheits- und umweltrelevanten Kategorien Vorteile

aufweist. Während Dieselkraftstoff sieben Gefahrenhinweise (H226 bis H411) mit vier Piktogrammen (GHS02, GHS07, GHS08, GHS09) aufweist einschließlich Entzündbarkeit, Krebsverdacht, Organschäden und Langzeitwirkungen auf Wasserorganismen –, findet man bei HVO einen einzigen Hinweis (H304: tödlich bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege) mit nur einem Piktogramm (GHS08). Die erforderlichen Sicherheitshinweise sind damit bei HVO erheblich weniger.

HVO hat nur sehr wenig Geruch und ist unlöslich in Wasser. Besonders hervorzuheben ist die niedrigere Wassergefährdungsklasse von 1 (vs. 2 bei Diesel), was HVO umweltverträglicher macht. In der Toxizität übertrifft HVO Diesel klar: Es ist nicht akut toxisch (Diesel Kat. 4), verursacht keine Hautreizungen und weist eine geringere Mobilität im Boden auf, und wird auch nicht als aquatisch toxisch eingeordnet. Die Lagerklasse (LGK 3) und UN-Nummer (1202) sind identisch, doch HVO gilt nicht als umweltgefährdend.

Zusammenfassend positioniert sich HVO als sicherere, weniger reizende und umweltfreundlichere Alternative zum Dieselkraftstoff.

## 3.2 Cetanzahl

Die Cetanzahl ist ein wesentlicher Kennwert zur Beschreibung der Zündwilligkeit von Dieselkraftstoff und damit ein zentrales Qualitätsmerkmal in der Dieseltechnik. Sie beschreibt, wie schnell und zuverlässig ein Kraftstoff sich nach dem Einspritzen in die durch die Verdichtung stark erhitzte Luft im Verbrennungsraum eines Dieselmotors selbst entzündet. Diese Eigenschaft ist entscheidend für den Zündverzug, also die Zeitspanne zwischen dem Einspritzen des Kraftstoffes und dem eigentlichen Beginn der Verbrennung .

Die Cetanzahl ist normiert und wird vergleichend mit den Referenzstoffen n-Hexadecan (Cetan, mit CZ = 100) und 1-Methylnaphthalin (CZ = 0) gemessen. Ein Kraftstoff mit einer Cetanzahl von 50 zündet demnach so gut wie ein Gemisch aus 50% Cetan und 50 % 1-Methylnaphthalin. Die Norm DIN EN 590 schreibt für herkömmlichen Dieselkraftstoff eine Mindestcetanzahl von 51 vor. Höhere Cetanzahlen, etwa bei synthetischen Kraftstoffen wie HVO der Klasse A mit CZ > 70, liegen deutlich über diesem Mindestwert und bieten deutliche Vorteile [7].

Eine hohe Cetanzahl bedeutet eine verkürzte Zündverzugszeit. Das hat mehrere positive Effekte auf den Motorlauf und die Umweltfreundlichkeit von Dieselmotoren:

- Der Motor läuft spürbar ruhiger, da eine kürzere Zündverzugszeit bedeutet, dass weniger Kraftstoff vorgelagert wird, bevor die Verbrennung vollständig einsetzt. Damit wird das für Diesel typische „Nageln“ deutlich vermindert oder vermieden.
- Die Spitzenverbrennungstemperaturen im Brennraum reduzieren sich, was zu geringeren Stickoxid-Emissionen (NOx) führt. Dies trägt zur Einhaltung umweltrechtlicher Auflagen bei, ist aber auch abhängig von der jeweiligen Bedatung der Motorsteuerung.
- Die erhöhte Zündwilligkeit ermöglicht eine effizientere Voreinspritzung und verbessert das Kaltstartverhalten des Motors, was besonders in niedrigen Außentemperaturen Vorteile bei der Motorzündung bringt.
- Insgesamt ermöglicht eine hohe Cetanzahl eine vollständigere und gleichmäßigere Verbrennung des Kraftstoffes, was den Kraftstoffverbrauch senkt, den Versottung von Motorkomponenten minimiert und Abgasschadstoffe reduziert.

Synthetische Kraftstoffe wie HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) erreichen durch ihre hohe Cetanzahl von über 70 hervorragende motorische Eigenschaften und ihre Nutzung gilt als fortschrittliche Maßnahme für nachhaltigere und emissionsärmere Dieselantriebe.

Zusammenfassend ist die Cetanzahl ein entscheidender Parameter für die Qualität von Dieselkraftstoffen. Sie beeinflusst maßgeblich das Verbrennungsverhalten, die Motorgeräusche, die Emissionen und die Effizienz von Dieselmotoren. Höhere Cetanzahlen sind vor allem bei modernen Motoren wünschenswert und zeigen den Trend zu synthetischen oder weiterentwickelten Dieselqualitäten auf, die zur Reduktion von Umweltbelastungen beitragen und gleichzeitig die Verbrennung im Motors optimieren [16].

## 3.3 Aromatengehalt

Der Aromatengehalt im Dieselkraftstoff stellt einen bedeutenden Einflussfaktor hinsichtlich der Emissionen dar und wirkt sich direkt auf die Umweltauswirkungen sowie die Betriebseigenschaften dieselbetriebener Motoren aus [23]. Aromaten sind chemische Verbindungen mit besonders stabilen Ringstrukturen, die in fossilen Dieselkraftstoffen vorkommen. Ihr Gehalt ist entscheidend, da Aromaten bei der Verbrennung im Motor zu verstärkter Rußbildung führen. Dies führt zu höheren Emissionen von gesundheitsschädlichen Partikeln, die sich negativ auf Luftqualität und Umwelt auswirken.

Im Gegensatz dazu ist HVO ein paraffinischer Kraftstoff, der praktisch keine Aromaten enthält. Diese Zusammensetzung führt bei der Verbrennung von HVO zu einer deutlichen Reduktion der Rußemissionen typischerweise um etwa 35%, in Spitzenwerten sogar bis zu 80% weniger Ruß als bei mineralischem Diesel. Diese signifikante Verringerung der Partikelemissionen leistet einen wichtigen Beitrag zur Minderung der Umweltbelastung durch dieselmotorische Anwendungen, insbesondere bei Fahrzeugen ohne Partikelfilter (DPF).

Die geringere Rußbildung bei Nutzung von HVO hat zusätzlich praktische Vorteile gegenüber herkömmlichem Diesel. Beispielsweise verlängern sich die Regenerationsintervalle der Partikelfilter, da der Filter durch weniger Ruß belastet wird. Dies führt zu einem reduzierten Kraftstoffverbrauch, da weniger Energie für Zwangsregenerationen des Filters benötigt wird. Darüber hinaus senken geringere Rußmengen die Wartungskosten, da weniger Ablagerungen im Abgasrückführungssystem (AGR) und an den Kraftstoffinjektoren auftreten, wo sonst durch seifen- und amidartige Verbindungen Verschleiß und Funktionsstörungen gefördert werden.

Insgesamt bietet die Aromatenfreiheit des HVO-Kraftstoffs somit erhebliche ökologische und technische Vorteile. Sie trägt zur Emissionsreduktion bei, verbessert die Motorenlaufzeit und verlängert die Lebensdauer von Abgasnachbehandlungssystemen. Diese Eigenschaften machen HVO zu einer vielversprechenden Kraftstoffalternative für ein umweltfreundlicheres und nachhaltigeres Dieselmotorkonzept.

## 3.4 Siedelinie

Die Siedelinie eines Kraftstoffs ist ein zentraler Parameter, der dessen Verdampfungsverhalten beschreibt und somit wesentlich die Verbrennungseigenschaften im Motor beeinflusst. Das Siedeende bei 95% Verdampfung (T95) gibt an, bei welcher Temperatur der Großteil des Kraftstoffs in den gasförmigen Zustand übergeht und somit für die Verbrennung verfügbar ist. Im Vergleich zu herkömmlichem fossilen Diesel weist HVO ein deutlich niedrigeres T95-Siedeende auf, typischerweise bei etwa 295 °C im Vergleich zu bis zu 360 °C bei Diesel.

Diese niedrigere Siedetemperatur bedeutet, dass der Kraftstoff im Verbrennungsprozess schneller und vollständiger verdampft. Dies fördert eine homogenere Gemischbildung, was geringere CO- und HC-Emissionen zur Folge hat. Die verbesserte Verdampfung trägt auch signifikant zur Reduktion von Ruß- und Partikelemissionen bei, da weniger unverbrannter Kraftstoff in der Verbrennung verbleibt.

Des Weiteren wirkt sich die schnellere Verdampfung positiv auf die Bildung von NOx aus: Durch eine verminderte Bildung von lokalen NOx-Hotspots (NOx-Nestern) in der Verbrennung werden die NOx-Emissionen verringert.

Ein weiterer Vorteil des niedrigeren T95-Wertes ist die geringere Neigung zu Ölverdünnung durch Nacheinspritzungen bei modernen Dieselmotoren. Denn durch die bessere Verdampfung des Kraftstoffs verbleiben weniger Rückstände im Motoröl, was die Langlebigkeit des Motors unterstützt und den Wartungsaufwand reduziert.

Diese verbesserten physikalischen und chemischen Eigenschaften des HVO in Bezug auf die Siedelinie unterstreichen dessen Potenzial als umweltfreundliche und technisch hoch entwickelte Dieselalternative. Sie tragen entscheidend dazu bei, Schadstoffemissionen zu senken, die Emissionsgrenzwerte besser einzuhalten und gleichzeitig die Effizienz des Verbrennungsmotors zu steigern.

## 3.5 Oxidationsstabilität und Lagerfähigkeit

HVO zeichnet sich durch seine hervorragende Oxidationsstabilität und Lagerfähigkeit aus, die maßgeblich auf seine chemische Struktur zurückzuführen ist. HVO ist ein unpolarer Kraftstoff, der frei von Sauerstoff, Schwefel und Aromaten ist, was im Vergleich zu anderen alternativen Dieselkraftstoffen seine Stabilität gegenüber Oxidation deutlich verbessert. Die Oxidationsstabilität stellt ein entscheidendes Kriterium für die Qualität von Dieselkraftstoffen dar, da sie die Resistenz gegen chemische Veränderungen während der Lagerung beschreibt und damit die Haltbarkeit und die Funktionsfähigkeit des Kraftstoffs sicherstellt.

Im Vergleich zu Biodiesel (RME) und synthetischen OME-Kraftstoffen weist HVO eine deutlich längere Induktionszeit im Oxidationstest auftypischerweise erreicht HVO Werte von etwa 240 Minuten, während RME lediglich etwa 14 Minuten und OME ca. 88 Minuten Induktionszeit aufweisen [17].

Eine vergleichende Messung der Oxidationsstabilität von HVO (NEXBTL), fossilem Diesel und Biodiesel aus Raps und Tierfett wurde ebenfalls von [18], gemäß EN 16091 unter Verwendung eines PetroOxy Geräts von durchgeführt. Bei dieser Analyse wird eine bekannte Menge einer Kraftstoffprobe mit Sauerstoff bis zu einem Druck von 700kPa beaufschlagt und auf 140°C erhitzt. Während des Oxidationsprozesses wird der Sauerstoff verbraucht, was zu einem Druckabfall führt. Dieser Vorgang wird fortgesetzt bis der Druck in der Analysekammer um 10% vom Anfangsdruck gesunken ist. Die Zeit vom Start der Messung bei 140°C bis zum Induktionspunkt wird hier ebenfalls als Induktionszeit bezeichnet.

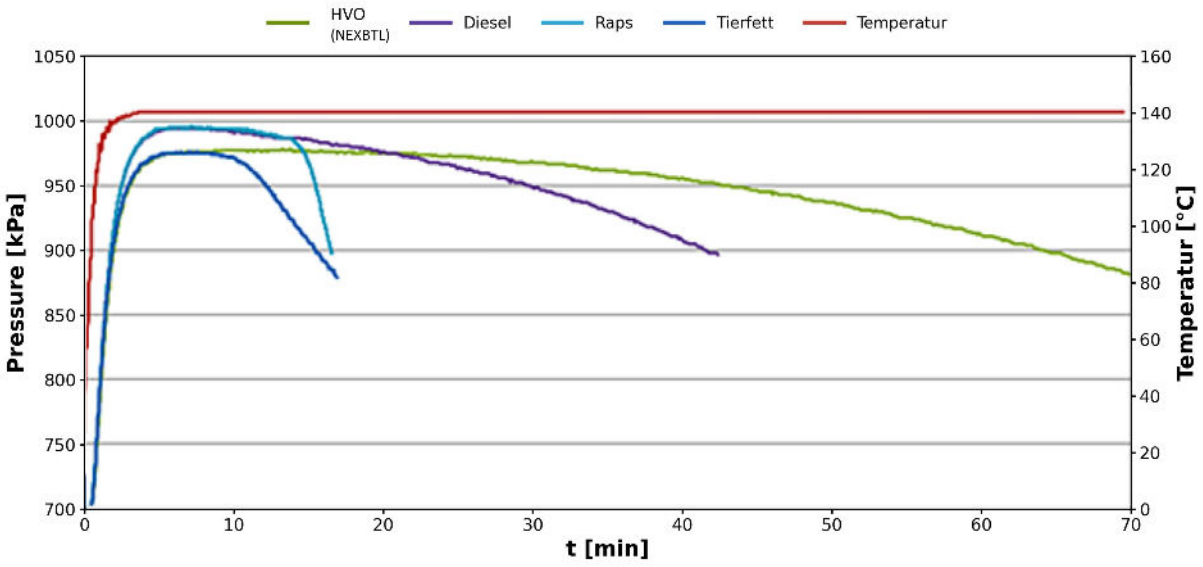



*Abbildung 4: Vergleichender PetroOxy-Test von HVO mit fossilem Diesel und Biodiesel aus Raps und Tierfett [18]*

Diese hohe Oxidationsstabilität bedeutet, dass HVO auch unter ungünstigen Lagerbedingungen, wie hohen Temperaturen oder Kontakt mit Sauerstoff, nur sehr langsam altert und sich keine schädlichen Oxidationsprodukte oder Ablagerungen bilden, die die Kraftstoffqualität beeinträchtigen könnten.

Diese Stabilität garantiert eine gleichbleibend hohe Qualität von HVO über längere Lagerzeiten und verbessert somit die Betriebssicherheit und Wartungsfreundlichkeit von Dieselmotoren, die mit HVO betrieben werden. Im Vergleich zu herkömmlichem Mineralöldiesel zeigt HVO mindestens eine gleichwertige, oft sogar bessere Beständigkeit gegen Alterung, was insbesondere durch das Fehlen oxidationsfördernder Stoffe wie Schwefel und Aromaten begründet ist. Daraus resultiert eine geringere Korrosion in Kraftstoffsystemen und eine verbesserte Motorenverträglichkeit über die gesamte Lebensdauer des Kraftstoffs.

Zusammenfassend besitzt HVO durch seine ausgezeichnete Oxidationsstabilität und Lagerfähigkeit signifikante Vorteile gegenüber herkömmlichen alternativen und fossilen Dieselkraftstoffen. Diese Eigenschaften machen ihn zu einer besonders zuverlässigen, langlebigen und umweltverträglichen Kraftstoffalternative, die den steigenden Anforderungen moderner Motorentechnologie und nachhaltiger Mobilität gerecht wird.

## 3.6 Rohstoffe (Feedstock)

Für eine nachhaltige Produktion von HVO kann eine Vielzahl von Rohstoffen verwendet werden. Aufgrund ständiger Marktveränderungen müssen die Hersteller von HVO diese laufend z.B. auf die folgenden Eigenschaften analysieren:

- Nachhaltigkeit, und damit, ob diese unter RED III[8] als förderfähig, quotenrelevant oder gegebenenfalls eingeschränkt angerechnet werden
- Mengenverfügbarkeit des Rohstoffs
  und bei zukünftigen Alternativen die zeitliche Perspektive der Umsetzung
- Wirtschaftlichkeit (Mehrpreis im Vergleich zu herkömmlichem Dieselkraftstoff)

[8] Renewable Energy Directive III

- Den bisherigen Nutzungsgrad in anderen Anwendungen vor der Verwendung für HVO. Zwingt die Rest- oder Abfallstoffnutzung andere Anwendungen weniger klimafreundliche Rohstoffe einzusetzen?
- und last not least die Vermeidung von Flächenkonkurrenz.

Die nachfolgende Grafik der Argus Media Consulting Services [19] zeigt eine vergleichende Analyse für aktuelle Beispielrohstoffe mit einem Fokus auf Verfügbarkeit, Preis und Nachhaltigkeit.

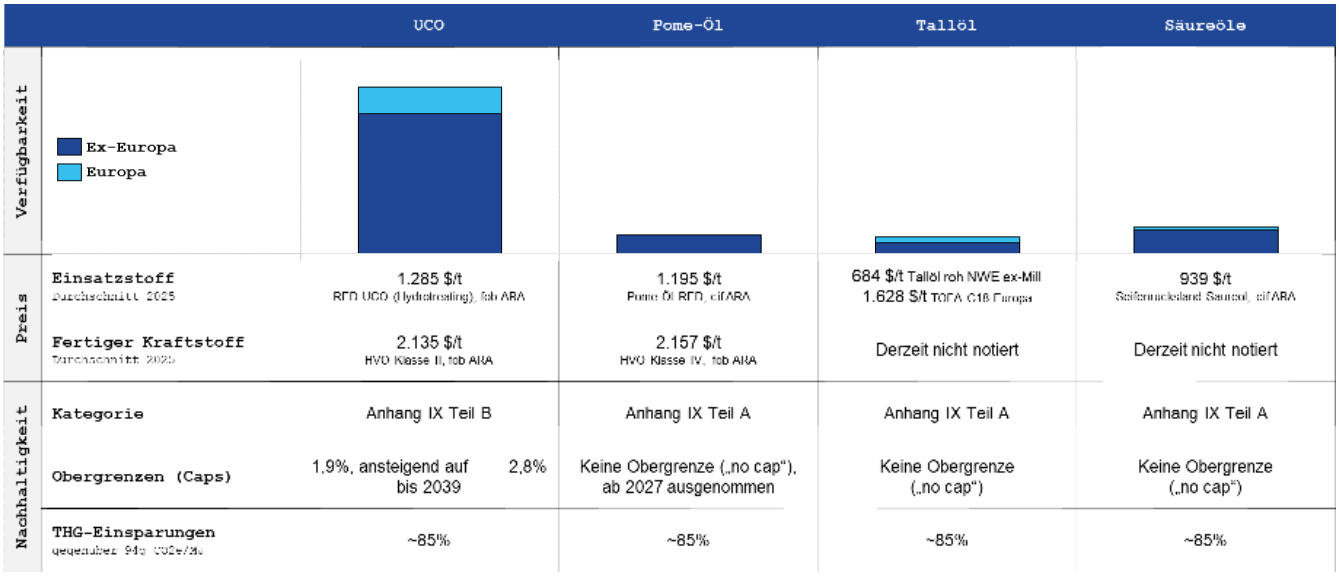



*Tabelle 3: HVO-Einsatzstoffe und RED III-Behandlung in Deutschland*[9]

Tabelle 3 zeigt den Zusammenhang zwischen der Rohstoffbasis von HVO und deren regulatorischer Behandlung nach RED III in Deutschland, also welche HVO-Qualitäten unter welchen Bedingungen nachhaltig, förderfähig und quotenwirksam sind. Dies geschieht anhand von vier relevanten Rohstoffen aus denen HVO hergestellt wird.

Im Kern geht es darum, dass HVO aus einer Vielfalt von unterschiedlichen biogenen oder abfallbasierten Einsatzstoffen produziert werden kann[10]. Diese Einsatzstoffe lassen sich grob in europäische und außereuropäische Herkunft (Europa vs. Ex-Europa) unterscheiden. Die Herkunft spielt eine wichtige Rolle, da Nachhaltigkeitsanforderungen, Zertifizierungen und Anrechenbarkeit auf nationale Treibhausgasminderungsquoten davon abhängen.

Im regulatorischen Kontext ist die RED III entscheidend. Sie legt fest, welche biogenen Rohstoffe als nachhaltig gelten, wie Treibhausgaseinsparungen zu berechnen sind und in welchem Umfang bestimmte Rohstoffe auf nationale Quoten angerechnet werden dürfen. Dabei werden insbesondere Abfall- und Reststoffe bevorzugt behandelt, da sie in der Regel höhere Treibhausgasminderungen aufweisen und keine direkte Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion darstellen. Solche Stoffe können in Deutschland besonders attraktiv sein, weil sie je nach Einstufung und Vertriebszeitraum[11] mehrfach angerechnet werden oder höhere Quotenwerte generieren.

---

[9] Quelle: Argus Media – Consulting Services, © 2026 Argus Media group. All rights reserved.

[10] Siehe ebenfalls BLE-Biomassecodeliste: Nabisy-Biomassearten Stand 03.2026 [20]

[11] Lt. Kabinettsbeschluss vom 10.12.2025 zum zweiten Gesetz zur Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungs-Quote (THG-Quote) soll die seit 2022 mögliche Doppelanrechnung von Biokraftstoffe (insbesondere Biodiesel, HVO und Biomethan aus Rohstoffen gemäß Anhang IX der RED III Teil A (fortschrittliche Biokraftstoffe) und Teil B (begrenzter Biokraftstoffe) auf die THG-Quote, die nach Erreichen einer Unterquote möglich ist, für alle ab dem 1.1.2026 in Verkehr gebrachten Mengen und ohne Übergangsregelung abgeschafft werden.

Lt. Tabelle 3 darf bspw. gebrauchtes Speiseöl (UCO) im Anhang IX der RED III Teil B, also den Biokraftstoffen mit begrenzter Anrechenbarkeit, derzeit[12] mit max 1,9% der verkauften Energiemenge des Inverkehrbringers bei der THG-angerechnet werden. Bis 2039 wird dies Obergrenze auf 2,8% steigen. Palmölmühlenabwasser (POME), Tallöl und Säureöle werden dem Teil A also den fortschrittlichen Biokraftstoffen zugerechnet und können unbegrenzt zur THG-Quote angerechnet, wobei jedoch im Fall von POME ab 2027 die Möglichkeit der Anrechnung entfällt.

Nachhaltiges HVO100 wird aus einer Vielzahl von Abfall- und Reststoffen der zweiten Generation hergestellt, wobei in der Praxis vor allem tierische Fette, gebrauchte Speiseöle, Palmölmühlenabwasser und Tallöl als Ausgangsmaterialien dominieren. Zukünftig müssen auch Kraftstoffe der dritten Generation wie Jatropha- und Algenöle eine Rolle spielen, wenngleich deren Einsatz derzeit noch gering ist.

Der Evaluations- und Erfahrungsbericht der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für das Jahr 2023 zeigt, dass HVO in Deutschland fast ausschließlich aus Abfällen und Reststoffen produziert wird: 99,8% der Energiequelle entfallen auf solche Materialien mit einer Verteilung von 46% hydrierten pflanzlichen Altspeiseölen, 2% hydrierten Ölen aus POME und 52% hydrierten Ölen aus tierischen Fetten der Kategorie 2 der Verordnung 1069/2009 [24].

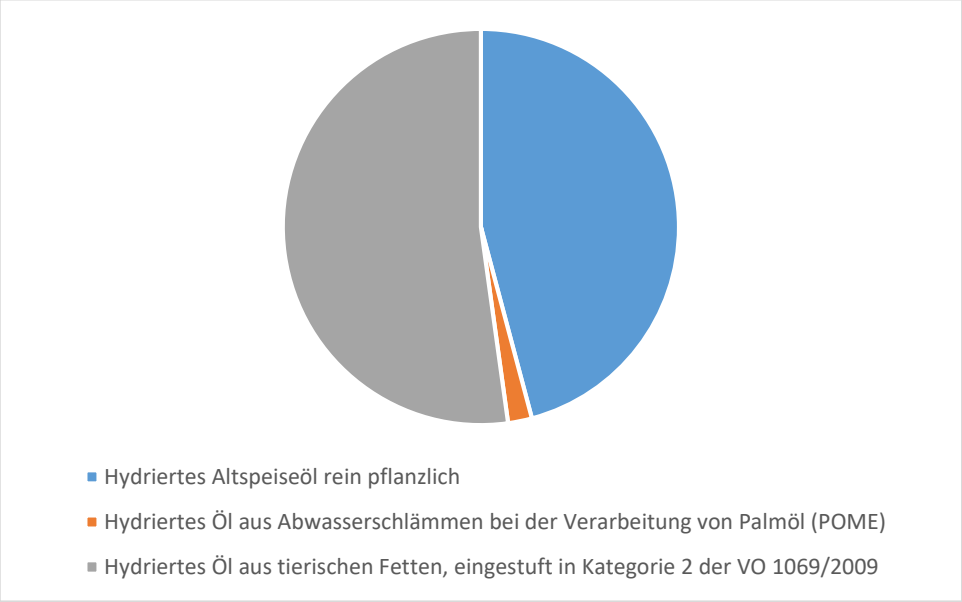



*Abbildung 5: HVO Feedstock Verteilung in Energie % basierend auf 615 TJ HVO aus 2023 [24]*

Die Herstellung von HVO erfolgt durch Hydrierung, bei der die Rohstoffe unter hohem Druck mit Wasserstoff behandelt werden, um Sauerstoff und Verunreinigungen zu entfernen, wodurch ein paraffinischer Dieselkraftstoff mit hoher Qualität entsteht. Die Nachhaltigkeitsbewertung und eine zertifizierte Quotenanrechnung der Treibhausgasminderung machen den Einsatz von Rohstoffen der zweiten Generation wesentlich, da Biokraftstoffe der ersten Generation (direkt aus Pflanzenölen, die in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stehen) keine THG-Quotenanrechnung mehr erlauben und daher wirtschaftlich unattraktiv sind. Die Verwendung von Rohstoffen aus Abfällen und Reststoffen verhindert zudem eine Konkurrenz mit der Lebensmittelproduktion und optimiert die Klimaneutralität des Kraftstoffs. In den Anrechnungsjahren 2021 bis 2022 wurde in der EU noch das

[12] 2026

Palmöl selbst als Rohstoff für HVO verwendet (BLE S.57). Derzeit werden aus der Palmölproduktion nur noch der Reststoff, das Palmölmühlenabwasser (POME), verwendet.

Insgesamt ermöglichen die vielfältigen Feedstocks eine stabile und nachhaltigen HVO-Qualität und mit bis zu 96% zertifizierter Klimaneutralität, wenn der verwendete Wasserstoff[13] ebenfalls möglichst klimaneutral hergestellt wird. Die größte Herausforderung besteht darin, die Herkunft der Rohstoffe transparent und nachhaltig zu gestalten, da trotz der Nutzung von Abfallstoffen auch Importe aus Ländern mit fragwürdigen Umweltstandards vorkommen können. Eine Optimierung der Nachhaltigkeitskriterien und eine Transparenz entlang der Lieferketten ist aus globaler Sicht auf die Klimaneutralität von zentraler Bedeutung. Zukünftige Entwicklungen setzen auf eine Erweiterung des Rohstoffspektrums durch die Erschließung von Rohstoffen der dritten Biokraftstoffgeneration, wie Jatropha- und Algenöl, und damit noch nachhaltigere und umweltverträglichere Ausgangsmaterialien.

## 3.7 Energiegehalt und Kraftstoffverbrauch

Der Energiegehalt von HVO100 ist im Vergleich zu konventionellem Dieselkraftstoff volumetrisch, also auf den Liter bezogen, um etwa 5% niedriger, was sich auf einen Wert von rund 34 MJ/l gegenüber 36 MJ/l bei fossilem Diesel beziffert. Dies führt in der Praxis zu einem etwas erhöhten Kraftstoffverbrauch, wobei Messungen an Pkw im Prüfstandbetrieb eine durchschnittliche Steigerung des Verbrauchs um etwas mehr als ca. 3% belegen [31].

Entsprechend einem ADAC Bericht aus dem Jahr 2024 wurden vom ADAC in einem Test geprüft, ob und falls ja welche Änderungen sich beim HVO100-Betrieb gegenüber mineralischem Standard-Dieselkraftstoff ergeben [25]. Als Testfahrzeuge standen ein VW Caddy 2.0 TDI zur Verfügung, welcher als das neue Standardmodell für die ADAC Straßenwacht genutzt wird, sowie ein neuer BMW 520d touring, ein neuer Mercedes E 220 d T-Modell und ein neuer Skoda Superb Combi 2.0 TDI. Im Rahmen dieser Studie wurden die Ergebnisse in folgender Tabelle zusammengetragen. Die untere Zeile zeigt hier die ermittelten Verbrauchsänderungen relativ zum Dieselkraftstoff.

| HVO- und B7-Diesel: Ecotest-Messwerte im Vergleich (12.08.2024) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fahrzeug | **Mercedes E 220 d T-Modell** | **BMW 520d Touring** | **Skoda Superb Combi 2.0 TDI** | **VW Caddy 2.0 TDI** |
| | Baujahr | 2024 | 2024 | 2024 | 2023 |
| | Abgasnorm | Euro 6 (36AP) | Euro 6 (36EC) | Euro 6 (EA) | Euro 6d (AO) |
| | | 6e | 6e | 6d | 6d |
| Verbrauch in l/100 km | HVO100 | 6,02 | 5,77 | 5,39 | 5,86 |
| | B7 | **5,83** | **5,59** | **5,21** | **5,6** |
| | **% Veränderung HVO100** | **3%** | **3%** | **3%** | **5%** |

Hervorzuheben ist jedoch, dass der Mehrverbrauch im Alltag typischerweise nicht auffällt und in der Praxis oft durch andere Vorteile kompensiert werden kann. HVO weist eine deutlich höhere Cetanzahl (i.d.R. >75 im Vergleich zu über 51 bei Standard-Diesel) sowie einen niedrigeren Zündverzug auf, was zu einer verbesserten Verbrennungseffizienz und einer schnellen Zündung führt. Daher sind bei bestimmten Motorauslegungen und im Realbetrieb gelegentlich sogar Minderverbräuche möglich. Weiterhin können bei Fahrzeugen mit Partikelfilter deutlich verlängerte Partikelfilter-Regenerationsintervalle zum Tragen kommen, wodurch ein möglicher Mehrverbrauch durch Kraftstoffeinsparungen währen der Partikelfilter-Regeneration überkompensiert wird, und es sich in Summe sogar ein Minderverbrauch durch HVO Betrieb ergibt [29].

[13] Der Bedarf an Wasserstoff ist abhängig von Rohstoff und Herstellungsprozess und bewegt sich zwischen 0,07 und 0,13 MJ/MJHVO, was umgerechnet etwa 2,6 bis 4,8 kg Wasserstoff für 100 kg HVO entspricht (TFZ, S.40)

Zusammenfassend gilt, dass der geringfügig niedrigere volumetrische Energiegehalt von HVO im Vergleich zu herkömmlichem Diesel in der Gesamtbilanz durch technische Vorteile wie höhere Cetanzahl und eine geringere Verrußung bzw. Versottung bestimmter Motor- und Abgassystemkomponenten im Alltagsbetrieb nahezu ausgeglichen wird. Messbare Verbrauchsnachteile sind im Regelfall marginal und werden durch die Emissions-, Wartungs- und Umweltvorteile mehr als aufgewogen.

## 3.8 Schmierfähigkeit

Die Mindestschmierfähigkeit von Dieselkraftstoffen ist eine grundlegende Voraussetzung zur Vermeidung von Verschleiß und Schäden an kritischen Motorkomponenten, wie Einspritzpumpen oder Injektoren, insbesondere in modernen Common-Rail-Systemen. Mineralöldiesel besitzt durch seine natürliche Zusammensetzung typischerweise eine ausreichende Schmierwirkung, die mit dem Gehalt an Schwefelverbindungen und polaren Komponenten in Zusammenhang steht. Im Gegensatz dazu weist HVO100 als paraffinischer und praktisch schwefel-, sowie aromatenfreier Kraftstoff eine deutlich geringere intrinsische Schmierfähigkeit auf.

Durch die paraffinische Struktur von HVO kann es zu einer fehlenden natürlichen Schmierwirkung kommen, wodurch Motorkomponenten gefährdet werden, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Die DIN EN 15940, als relevante Kraftstoffnorm für paraffinische Ersatzkraftstoffe, schreibt deswegen einen maximalen HFRR-Verschleißwert (High Frequency Reciprocating Rig = Prüfverfahren für die Schmierfähigkeit) von ≤ 400 µm vor, um die Sicherheit für die Schmierung zu gewährleisten. Die praktische Umsetzung erfolgt durch Zugabe geeigneter Mindestmenge an Schmierfähigkeitsadditiven bevor HVO100 an die Tankstellen und Endkunden geliefert wird. Bereits bei Additivdosiermengen im Promillebereich werden in der Praxis typische HFRR-Werte von etwa 250 bis 380 µm erreicht. Die technische Überwachung der Additivierung bleibt essenziell, da der paraffinische Grundkraftstoff ohne Zusätze nicht die erforderliche Schmierfähigkeit sicherstellen kann.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Schmierfähigkeit von HVO100 im Rohzustand zwar geringer als die von Mineralöldiesel ist, jedoch durch gezielte Additivierung die Anforderungen der DIN EN 15940 zuverlässig erfüllt und eine sichere Motorschmierung gewährleistet wird. Diese Maßnahme ist unverzichtbar für die langzeitstabile und schadensfreie Anwendung von HVO100 in modernen Fahrzeugantrieben.

## 3.9 Nachhaltigkeit

Die Sicherstellung der Nachhaltigkeit von HVO als alternativer Dieselkraftstoff erfordert ein mehrstufiges Zusammenspiel von Rohstoffauswahl, international gültigen Zertifizierungsstandards, transparenter Lieferkette, Klimabilanzoptimierung und Vermeidung von indirekten Landnutzungseffekten. Zentrale Grundlage bietet dabei die Auswahl geeigneter biogener Rest- und Abfallstoffe der zweiten Generation für die HVO-Herstellung. Hierzu zählen vor allem gebrauchte Speiseöle, tierische Fette sowie Nebenprodukte aus der Lebensmittelverarbeitung, die nicht neu produziert, sondern als Abfall oder Reststoff anfallen. Besonders kritisch ist das strikte Ausschließen von Monokulturen auf Agrarflächen, deren Nutzung mit der Produktion von Nahrungsmitteln konkurrieren würde, und damit das Risiko birgt, die globale Ernährungssouveränität und biologische Vielfalt zu beeinträchtigen.

Ein zentrales Werkzeug, um die Nachhaltigkeit von HVO rechtssicher und überprüfbar zu machen, sind international anerkannte Nachhaltigkeitszertifikate nach dem EU-Standard RED II/III und nationalen Systemen wie der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. Diese Regelwerke verlangen eine detaillierte Dokumentation der Prozessschritte, eine regelmäßige unabhängige Auditierung und lückenlose Rückverfolgbarkeit aller verwendeten Rohstoffe bis ans Ursprungsglied der Lieferkette. Auditergebnisse und Rohstoffnachweise werden im Sinne maximaler Transparenz für eine ökologische und soziale Bewertung veröffentlicht und geprüft, um Greenwashing und Missbrauch zu verhindern.

Entscheidend für die Umweltwirksamkeit von HVO ist die Lebenszyklus-Betrachtung der Energie- und $CO_2$-Bilanz. Eine nachhaltige Herstellung setzt den Einsatz von Energie aus erneuerbaren Quellen und die Verwendung von grünem Wasserstoff voraus, um den ökologischen Fußabdruck minimal zu halten. Ziel ist eine möglichst große Klimaneutralität —marktführende HVO-Produzenten beziffern die bilanziellen Einsparungen gegenüber fossilem Diesel auf bis zu 96% $CO_2$-Reduktion, abhängig vom eingesetzten Rohstoff und den logistischen Rahmenbedingungen der Produktion und des Transports. Auch der Einsatz von Strom aus Erneuerbaren im Herstellungsprozess gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Darüber hinaus ist die Vermeidung indirekter Landnutzungsänderungen (ILUC, Indirect Land Use Change) etwa durch Umwidmung von Flächen in Rohstoff-Ursprungsländern zur Rohstoffbeschaffung für HVO, beispielsweise Palmöl ein integraler Bestandteil nachhaltiger HVO-Strategien. ILUC kann gravierende negative Auswirkungen auf lokale Ökosysteme, Treibhausgasbilanzen und soziale Strukturen haben. Zertifikatssysteme und die Zollüberwachung müssen gewährleisten, dass diese Risiken systematisch minimiert und ausgeschlossen werden.

Nur HVO, das aus eindeutig zertifizierten Rest- und Abfallstoffen stammt, maximal transparent in der Lieferkette geführt wird, strenge Umweltstandards nach EU-Vorgabe erfüllt und eine nachweislich positive CO2-Bilanz aufweist, ist eine wichtige nachhaltige Alternative im Verkehrssektor zur Treibhausgasminderung und ein zentraler Beitrag zum Schutz der Umwelt.

Für die Überwachung der Vorgaben der EU RED wurde nach einer intensiven Pilotphase der ISCC Standard als erster Standard im Bereich Nachhaltigkeitszertifizierung im Juli 2010 in Deutschland anerkannt (ISCC DE Standard). Die Anerkennung durch die EU-Kommission (ISCC EU Standard) erfolgte im Juli 2011 für alle Arten von Biomasse und Biokraftstoffen weltweit. Der ISCC EU Standard erlaubt es Unternehmen, ihre Produkte im gesamten EU Markt zu verkaufen; der ISCC DE Standard ist auf den deutschen Biokraftstoff- und Biostrommarkt beschränkt[14].

Bereits heute werden Nachweise sogenannte PoS[15] nachhaltiger Kraftstoffe nach RED II[16] in der sogenannten Nabisy[17] Anwendung verwaltet. In ersten Pilotsystemen werden in Kombination mit einem Massenbilanzsystem (z. B. CEEMAS) diese Nachweise mit den Bewegungsdaten kombiniert und dem jeweiligen Produkt zugewiesen. Durch diese Zuweisung kann der Nachweis das Produkt in seiner Lieferkette begleiten. Nabisy steht für „Nachhaltiges Biomasse System" und ist eine staatliche Webanwendung, die von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) betrieben wird. Sie dient dem Nachweis der Nachhaltigkeit von Biomasse gemäß der EU-Richtlinie (EU) 2018/2001 (RED II/RED III). Für die Anmeldung in Nabisy nutzt die Energiebranche bereits überwiegend das von

[14] Zitat https://www.intertek.de/biokraftstoffe/iscc/

[15] Proof of Sustainability. Diese dürfen nur von Unternehmen ausgestellt werden, die nach einem von der EU anerkannten Nachhaltigkeitssystem zertifiziert sind, wie z. B.: ISCC EU, REDcert-EU oder andere ebenfalls von der Europäischen Kommission akkreditierte Systeme.

[16] d.h. nach Nachhaltigkeitskriterien entsprechen der EU-Richtlinie (EU) 2018/2001

[17] https://nabisy.ble.de/app/start

der VTA Software betriebene Programm CEEMAS[18]. Mit einer weiteren Software CEETRAC, können alle Stationen der Lieferkette, vom Großhandel bis zum Endverbraucher über lückenlose Nachweisbescheinigungen nachvollzogen werden. So kann zum Beispiel auch der Tankkunde auf seinem Kassenbon direkt sehen, wieviel kg CO2 er beim aktuellen Tankvorgang eingespart hat.

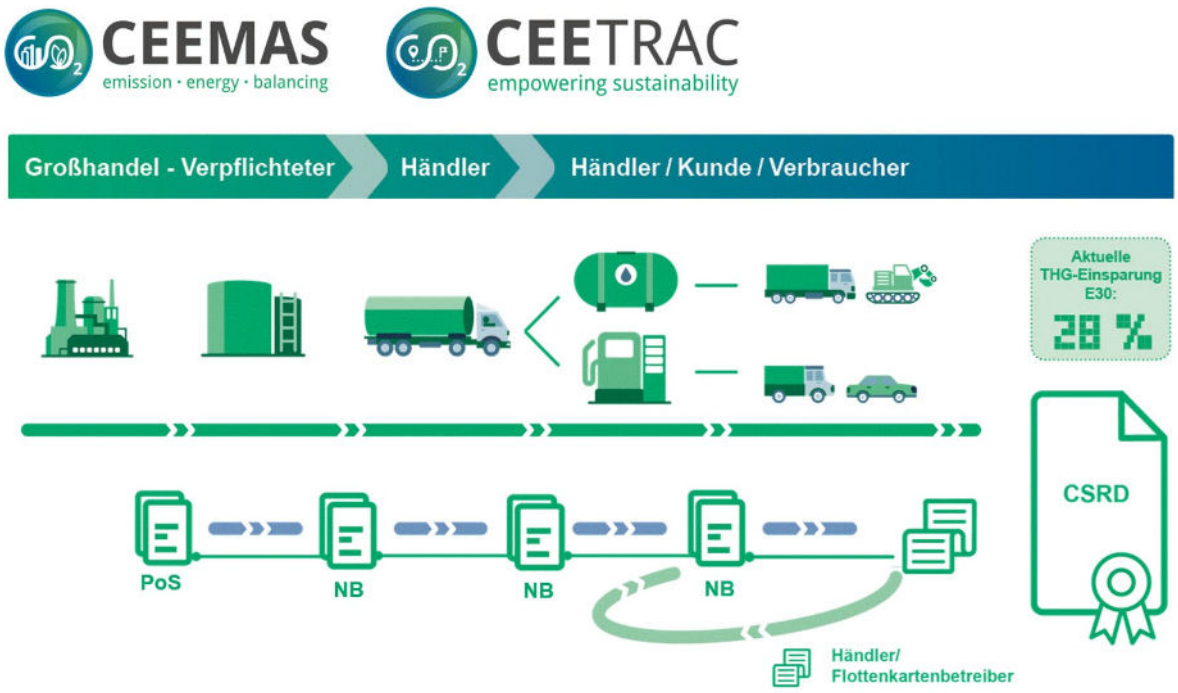



*Abbildung 6: Transfer von Nachhaltigkeitsdaten in der Lieferkette*

CEEMAS liefert die Nachhaltigkeitsdaten (Herkunft, GHG-Werte aus ISCC-PoS) in der Lieferkette. Anschließend verknüpft CEETRAC diese mit den Tankmengen und kann diese über eine gesonderte Schnittstelle als Grundlage für eine auditsichere Bon-Ausgabe an das Kassensystem der Tankstelle weiterleiten, z. B. in "X kg $CO_2$ gespart", siehe Abbildung 6.

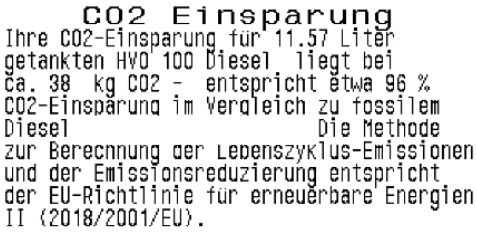

CO2 Einsparung
Ihre CO2-Einsparung für 11.57 Liter
getankten HVO 100 Diesel liegt bei
ca. 38 kg CO2 - entspricht etwa 96 %
CO2-Einsparung im Vergleich zu fossilem
Diesel Die Methode
zur Berechnung der Lebenszyklus-Emissionen
und der Emissionsreduzierung entspricht
der EU-Richtlinie für erneuerbare Energien
II (2018/2001/EU).

*Abbildung 7: Tankstellen-Kassenbon mit Nachhaltigkeitsinformationen*

Ebenfalls hat die Robert Bosch GmbH eine cloudbasierte Datenplattform mit dem Namen „Digital Fuel Twin“ entwickelt, die Flottenbetreibern und Logistikunternehmen den Zugriff auf detaillierte, nachweislich verlässliche Informationen zu den getankten Kraftstoffen sowie deren auditierbare Dokumentation ermöglicht. Sie generiert Zertifikate über den realen $CO_2$-Fußabdruck pro Liter im Fahrzeugbetrieb (well-to-wheel). Die wesentlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften des Kraftstoffs werden dabei als digitaler Zwilling in einem gesicherten Cloud-Datenraum abgebildet [33].

[18] https://www.fluessiggas-magazin.de/artikel/detail/schwarz-auf-weiss-echtzeit-routing-der-co2-minderung-von-kraftstoffen-durch-vta-software/ (abgerufen am 18.2.2026)

# 4 Abgasemissionen

Bei der wissenschaftlichen Bewertung der Wirksamkeit alternativer Kraftstoffe zur Emissionsminderung ist die Unterscheidung zwischen Rohemissionen und Endrohremissionen von zentraler Bedeutung.

- Rohemissionen bezeichnen die Emissionen, die unmittelbar stromabwärts des Motorauslasses oder Turboladers gemessen werden, also bevor die Abgase das Abgasnachbehandlungssystem durchlaufen.
- Endrohremissionen hingegen werden am Austrittspunkt der Abgasanlage nach vollständiger Abgasreinigung detektiert und bilden die tatsächliche Schadstofffreisetzung in die Umwelt ab.

Die Bewertung alternativer Kraftstoffe ausschließlich anhand von Endrohremissionsdaten kann die tatsächlichen Unterschiede zwischen verschiedenen Kraftstofftypen massiv verfälschen, da moderne Abgasnachbehandlungssysteme wie Katalysatoren und Dieselpartikelfilter einen Wirkungsgrad von bis zu >99% erreichen. Dies bewirkt in der Praxis, dass die Messunsicherheit und Streuung des Messverfahrens oft größer ist als der verbleibende Unterschied der Emissionen im Vergleich von alternativen Kraftstoffen wie z.B. hier paraffinischer Dieselkraftstoff mit konventionellem Diesel.

## 4.1 Abgas-Rohemissionen

Zunächst wird auf die Rohemissionen bei verschiedenen Anwendungsfälle eingegangen.

### 4.1.1 Mercedes E 220 CDI mit Abgasnorm Euro 3[19]

Das hohe Potenzial von paraffinischem Dieselkraftstoff zur Reduktion von Abgas-Rohemissionen wurde bereits 2004 von Maly et al. im Rahmen eines DEER-Papers für paraffinischen Dieselkraftstoffen GTL[20]-Dieselkraftstoff eingehend beschrieben [27]. Grundlage der Untersuchung war ein Mercedes E 220 CDI der Abgasnorm Euro 3, ausgestattet mit gekühlter Abgasrückführung (AGR) sowie einem motornahen und einem unterflur angeordneten Oxidationskatalysator. Da die Studie den Fokus auf die Luftschadstoffe NOx und Rußpartikel legt und der Einfluss der Oxidationskatalysatoren auf diese Emissionskomponenten als untergeordnet bewertet wurde, kann die Veröffentlichung als eine der ersten analytischen Betrachtungen der Wirkung paraffinischer Dieselkraftstoffe auf NOx und Feinstaub herangezogen werden insbesondere in Bezug auf die Übertragbarkeit von GTL-Studien auf HVO-Kraftstoffe.

Die in Abbildung 6 gezeigten Ergebnisse verdeutlichen, dass mit zunehmendem Anteil von GTL im eingesetzten Kraftstoff und angepasster Motorsteuerung (Schwarzer Pfeil) eine gleichzeitige Reduktion der Emissionen von Ruß und NOx um bis zu 35% realisierbar ist. Ergänzend zeigt der nachträglich vom Autor der hiesigen Studie eingetragene gelbe Pfeil, dass bei weniger günstigen Motorapplikationsdaten zwar die NOx-Emissionen steigen können, im Kontext des NOx-Ruß-Trade-offs eines Dieselmotors jedoch die Rußemissionen in diesem Szenario deutlich, hier um rund 50%, sinken. Die Studie unterstreicht damit die Bedeutung der Motorsteuerung und das Wirkpotenzial moderner paraffinischer Dieselkraftstoffe für eine flexible und gleichzeitige Reduktion relevanter Luftschadstoffe im motorischen Betrieb.

---

[19] Research & Technology Labs DaimlerChrysler am Standort Stuttgart

[20] GTL-Dieselkraftstoff steht für „Gas-to-Liquid“ – also ein XtL Dieselkraftstoff, der nicht aus Rohöl, sondern über eine Fischer-Tropsch-Synthese.aus Erdgas hergestellt wird. GTL gehört – genau wie HVO – zu den paraffinischen Dieselkraftstoffen nach EN 15940 und ist von seinen dieselmotorischen Eigenschaften ähnlich HVO

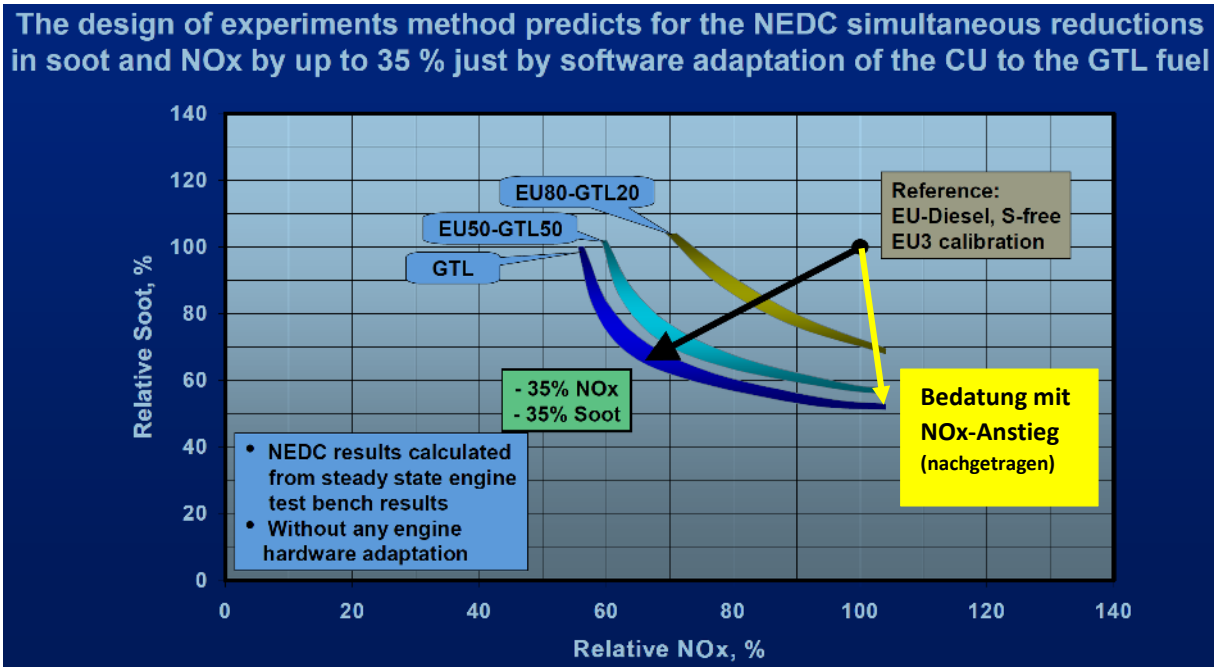



*Abbildung 8: NOx-Ruß-Trade-off[21] Potential bei steigender GTK Zumischung*

Abschließend kommen Maly et al. bereits im Jahr 2004 zu folgenden Folgerungen:

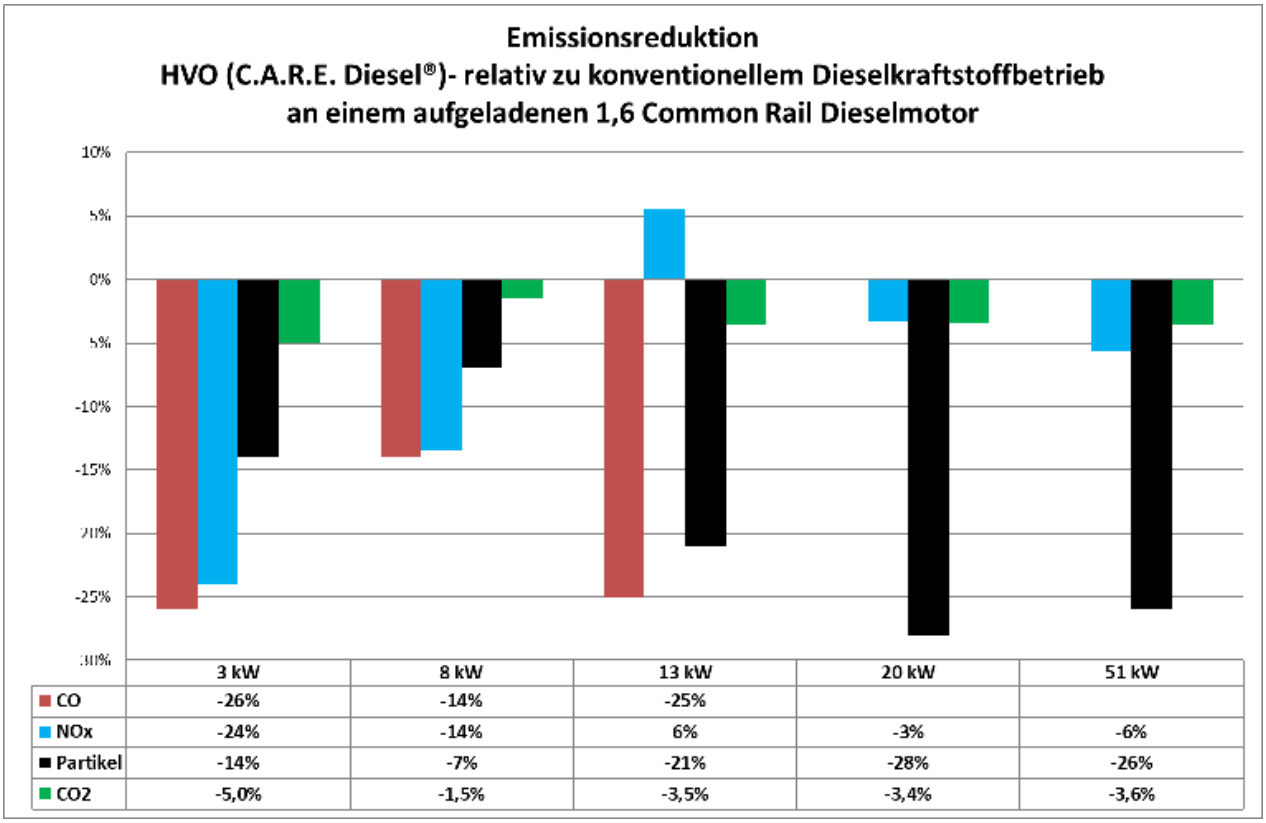
- Die Verwendung von GTL-Dieselkraftstoff in unveränderten Fahrzeugen führt zu einer erheblichen Verringerung der CO-, HC- und PM-Emissionen, ohne dass die NOx-Emissionen beeinträchtigt werden, selbst im Vergleich zu schwefelfreiem europäischem Dieselkraftstoff.
- Die hohe Cetanzahl des GTL-Kraftstoffs ist vorteilhaft bei Kaltstarts und beim Betrieb bei niedrigen Temperaturen.
- Die geringeren Rauch- und Rußemissionen von GTL-Diesel erleichtern die NOx-Reduzierung, da sie einen günstigeren NOx-FSN-Kompromiss (NOx-Ruß Trade off) bieten. Die NOx-Reduzierung wird durch die höhere EGR-Toleranz von GTL-Diesel erleichtert.
- Die geringeren Rauch- und Rußemissionen von GTL-Diesel erleichtern die NOx-Reduzierung, da sie einen günstigeren NOx-FSN-Kompromiss bieten. Die NOx-Reduzierung wird durch die höhere EGR-Toleranz von GTL-Diesel erleichtert.
- Es besteht ein großes Potenzial für weitere Reduzierungen der Ruß- und NOx-Emissionen bestehender Motoren, wenn der Motor für die optimale Nutzung von GTL-Diesel neu kalibriert wird
- Es ist sogar noch mehr Potenzial zu erwarten, wenn zusätzlich zu einer Softwareanpassung auch „Hardware"-Anpassungen des Motors berücksichtigt werden, um die besonderen Eigenschaften von GTL-Diesel zu nutzen.

[21] Der NOx-Ruß-Trade-off bei einem Dieselmotor beschreibt das gegenläufige Verhalten von Stickoxid-Emissionen (NOx) und Rußpartikelemissionen. Wenn Maßnahmen ergriffen werden, um die NOx-Emissionen zu reduzieren, steigen in der Regel die Rußemissionen, und umgekehrt. Das liegt daran, dass eine Reduzierung der NOx-Bildung oft mit einer Verbrennung einhergeht, die weniger rußfrei ist, beispielsweise durch veränderte Luftzufuhr oder Verbrennungsbedingungen. Durch eine erhöhte Abgasrückführung (AGR) kann zwar die NOx-Bildung reduziert werden, doch das führt häufig zu einem Anstieg der Rußpartikel. Das Ziel ist es, eine Optimierung der Verbrennungsparameter zu erreichen, sodass sowohl NOx- als auch Rußemissionen möglichst geringgehalten werden. Dieser Kompromiss ist eine zentrale Herausforderung bei der Entwicklung sauberer Dieselmotoren und wird durch Zumischung paraffinscher Kraftstoffe oder optimierte Abgasnachbehandlungssysteme entschärft.

- Sehr vielversprechende Ergebnisse wurden auch mit GTL-Diesel als Beimischungskomponente für die Verwendung mit herkömmlichem Dieselkraftstoff erzielt. Die Emissionsvorteile skalieren überlinear mit dem GTL-Anteil.

### 4.1.2 Motorprüfstandsmessungen an einem aufgeladenen 1,6l Common Rail Dieselmotor

Abbildung 7. stellt Messergebnisse dar, die am Motorprüfstand des Institute Automotive Powertrain (IAP) an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (htw saar) gewonnen wurden. Im Rahmen der Versuchsreihe wurde im Jahr 2017 C.A.R.E. Diesel®der heutige Neste MY Renewable Diesel™ an einem aufgeladenen 1,6-Liter-Common-Rail-Dieselmotor mit Hochdruck-Abgasrückführung (AGR) getestet.




| | 3 kW | 8 kW | 13 kW | 20 kW | 51 kW |
|---|---|---|---|---|---|
| CO | -26% | -14% | -25% | | |
| NOx | -24% | -14% | 6% | -3% | -6% |
| Partikel | -14% | -7% | -21% | -28% | -26% |
| CO2 | -5,0% | -1,5% | -3,5% | -3,4% | -3,6% |

*Abbildung 9: Eigene Messungen 2017 an einem aufgeladenen 1,6l Common Rail Dieselmotor mit Hochdruck AGR*[22]

Je nach gewähltem Lastpunkt ergaben die Messungen eine Reduktion der NOx-Rohemissionen im Bereich von −24% bis zu +6% im Vergleich zu konventionellem Diesel. Für die Partikelanzahl konnte ein Reduktionsband von −28% bis −7% ermittelt werden. Die Resultate veranschaulichen, dass der Einsatz von hydriertem, paraffinischem Dieselkraftstoff, signifikante Verbesserungen bei den lokalen Schadstoffemissionen ermöglicht und das Potenzial zur weiteren Optimierung von Emissionswerten in modernen Dieselmotoren bietet.

[22] Wegen eins Ausfallssystems konnte der CO-Wertevergleich nur bei 3, 8 und 13 kW durchgeführt werden. Auf eine Wiederholung wurde verzichtet, da die CO Emissionen von Dieselmotoren eine untergeordnete Rolle spielen

### 4.1.3 HVO-Messungen der Deutsche Bahn

In den Jahren 2021-2022 hat die Deutsche Bahn sehr umfangreiche HVO Erprobungen an mehreren mittelgroßen Motortypen mit 27l bis 140l Hubraum durchgeführt. Auf Motorprüfständen wurden HVO Vergleichsmessungen von gasförmige Luftschadstoffemissionen, Partikelmassen und -größenverteilungen durchgeführt [28]. Die Einzelergebnisse können in einem Anhang mit nahezu 200 Seiten Umfang eingesehen werden.

Auszugsweise ergibt sich für die Varianten, DB Cargo, DB Fernverkehr und DB Regio in den wichtigsten Geschäftsgebieten der Deutschen Bahn die folgende Tabelle der Hauptergebnisse für die Reduktion von Luftschadtstoffemissionen durch einen Wechsel zu HVO.

| Motor | MTU 8V 4000 R43 | MTU 12V 956 TB11 | MTU 6H 1800 R82 | |
|---|---|---|---|---|
| **Hubraum (l)** | 38,1 | 114,7 | 12,8 | |
| **Leistung (kW)** | 1000 | 2060 | 335 | **Mittelwert** |
| **NOx** | -23% | -6% | -16% | -15% |
| **CO** | -15% | -9% | 4% | -7% |
| **HC** | -20% | -7% | -34% | -20% |
| **PM** | -41% | -49% | -12% | -34% |

*Tabelle 4: Reduktion von Luftschadstoffemissionen bei der Deutschen Bahn durch einen Wechsel zu HVO*

Durch HVO können neben der kraftstoffspezifischen Treibhausgaseinsparung ebenfalls ca. 15% NOx, 7% CO, 20% HC und 35% Partikelmasse eingespart werden.

Weiterhin zieht die Deutsche Bahn auf ihrer Webseite die folgenden Schlussfolgerungen, hier in den Originalzitaten:

*„Alle gemessenen Schadstoffemissionen sind als gewichteter Zykluswert (Berechnungsvorschrift nach DIN ISO 8178) beim Betrieb mit HVO geringer als beim Betrieb der Motoren mit fossilem Dieselkraftstoff. Auch die Emissionen der einzelnen Messpunkte innerhalb des Zyklus sind bei Betrieb mit HVO überwiegend niedriger.“*

*„Einzig die Partikelanzahl ist bei einigen Messpunkten am MTU 6H 1800 R82 erhöht. Die summierte Partikelmasse ist bei Verwendung von HVO ebenfalls geringer. Hierbei ist zu beachten, dass die Partikelanzahlemission dieser Motoren sich grundsätzlich auf einem niedrigen Niveau befindet und eine Verschlechterung oder Verbesserung wissenschaftlich üblicherweise in 10er-Potenzen und nicht in linearen Faktoren bewertet wird. Die Einflüsse unterschiedlicher Umgebungsbedingungen und verschiedener Unterhaltungszustände (Messzustände) der Motoren dürfte größer sein, als der hier zwischen Dieselkraftstoff und HVO beobachtete Unterschied.“*

Im Fazit lautet es:

*„Die Anwendbarkeit und Einsatztauglichkeit des Kraftstoffs HVO in verschiedensten Dieselmotoren von Eisenbahnfahrzeugen konnte im Rahmen der hier beschriebenen Versuche auf den Motorenprüfstanden des DB-Werkes Bremen nachgewiesen werden. Die Untersuchungen erfolgten an frisch revisionierten Motoren ohne jegliche technische Modifikation.*

*Im Vergleich zu fossilem Diesel konnten keine signifikanten Leistungsunterschiede festgestellt werden. Unsere Dieselloks und Triebwagen können daher die gewohnten Leistungen erbringen. Weil HVO keine Aromate beinhaltet, ergibt sich zudem eine geringere Verkokung wichtiger Motorenkomponenten und somit eine längere Haltbarkeit. Auch neigt der HVO-Kraftstoff nicht zur Entstehung von Biokulturen, der sogenannten "Dieselpest".*

*Bei den Versuchen hat sich gezeigt, dass mit HVO neben Schall- und Geruchsemissionen auch die lokalen Emissionen im Vergleich zu herkömmlichem Diesel sinken. Sämtliche gemessenen Werte liegen im Erwartungsbereich und zeigen deutlich, dass HVO in Bezug auf die im Rahmen des Projekts gemessenen Parameter insgesamt eine deutliche Verbesserung gegenüber fossilem Dieselkraftstoff darstellt.“*

### 4.1.4 Literaturzusammenstellung des KIT im Projekt: InnoFuels; Innovationsschwerpunkt Straße & Schiene

In der Literaturzusammenstellung des Instituts für Kolbenmaschinen (IFKM) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) von Heinz und Toedter mit dem Titel „Wie verändern sich Partikelemissionen an Dieselmotoren beim Einsatz von paraffinischem Diesel (DIN EN 15940)“ [26] liegt der wissenschaftliche Fokus auf der Untersuchung der innermotorischen Partikelemissionen sowohl der Partikelmasse (PM) als auch der Partikelanzahl (PN). Darüber hinaus werden die spezifischen Effekte nach Durchlaufen der Abgasnachbehandlung analysiert und bewertet.

Die Autoren haben in Abbildung 8: Übersicht über Luftschadstoffemissionen beim Einsatz von HVO im Vergleich zu Diesel. Verwendet wurden Ergebnisse von Motoren unterschiedlicher Bauart (LKW und PKW) in diversen Betriebspunkten die NOx- und Ruß-Rohemissionen aus einer Vielzahl von vergleichenden Prüfstandmessungen mit konventionellem Dieselkraftstoff versus HVO an unterschiedlichen Motoren aggregiert dargestellt. Als Referenzkriterien für die Rußemissionen wurden abhängig vom Messverfahren entweder die Partikelmasse, die Partikelanzahl oder die mit diesen korrelierten Schwärzungszahlen zugrunde gelegt. Die Zusammenstellung erlaubt eine differenzierte Bewertung der Kraftstoffeffekte auf die Rohemissionen bei unterschiedlichen Motoren, Motorbedatungen und Betriebspunkten im Prüfstandsbetrieb.

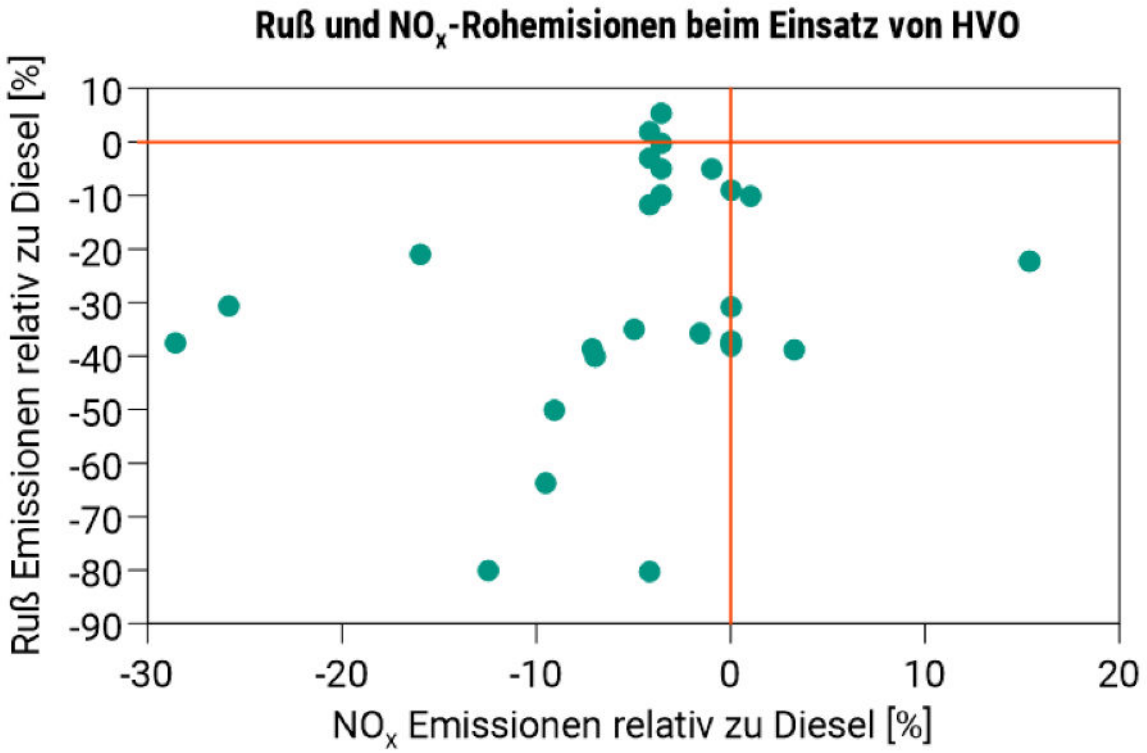



*Abbildung 10: Übersicht über Luftschadstoffemissionen beim Einsatz von HVO im Vergleich zu Diesel. Verwendet wurden Ergebnisse von Motoren unterschiedlicher Bauart (LKW und PKW) in diversen Betriebspunkten*

Abbildung 8 dokumentiert, dass in der überwiegenden Mehrheit der durchgeführten Messungen der Einsatz von HVO als alternativer Dieselkraftstoff zu einer Reduktion der Rohemissionen sowohl bei Stickoxiden (NOx) als auch bei den Rußpartikelemissionen führt. Einzelne Ausreißer zeigen geringe Erhöhungen der Rußemissionen von weniger als 10% und in einigen Fällen einen Anstieg der NOx-Emissionen von unter 20%, was vor allem auf die individuellen Motorcharakteristika, die eingesetzten Motorsteuerungen und die spezifischen Betriebsbedingungen zurückzuführen ist.

Die direkte Vergleichbarkeit der einzelnen Messdaten ist jedoch methodisch eingeschränkt, da die Untersuchungen an unterschiedlichen Motortypen, mit variierenden Applikationen und unter verschiedenen Betriebsbedingungen durchgeführt wurden. Zudem handelt es sich jeweils um punktuelle Erhebungsergebnisse, die keinen repräsentativen Langzeittrend abbilden können. Dennoch verdeutlicht die grafische Zusammenstellung anschaulich die typischen Reaktionsmuster moderner Dieselmotoren auf den Kraftstoffwechsel hin zu HVO.

Im Mittel ergibt sich über alle dokumentierten Messpunkte in Abbildung 8 eine durchschnittliche Reduktion der NOx-Rohemissionen um etwa 5% sowie der Rußpartikelemissionen um 28%. Dies unterstreicht das emissionsmindernde Potenzial von HVO im Rohabgasbereich, wobei die Wirkung im Einzelfall stets vom Motorkonzept, der Motorbedatung und den Betriebsparametern abhängt.

### 4.1.5 Partikelgrößenverteilung

**IAV, Diezemann et al.**

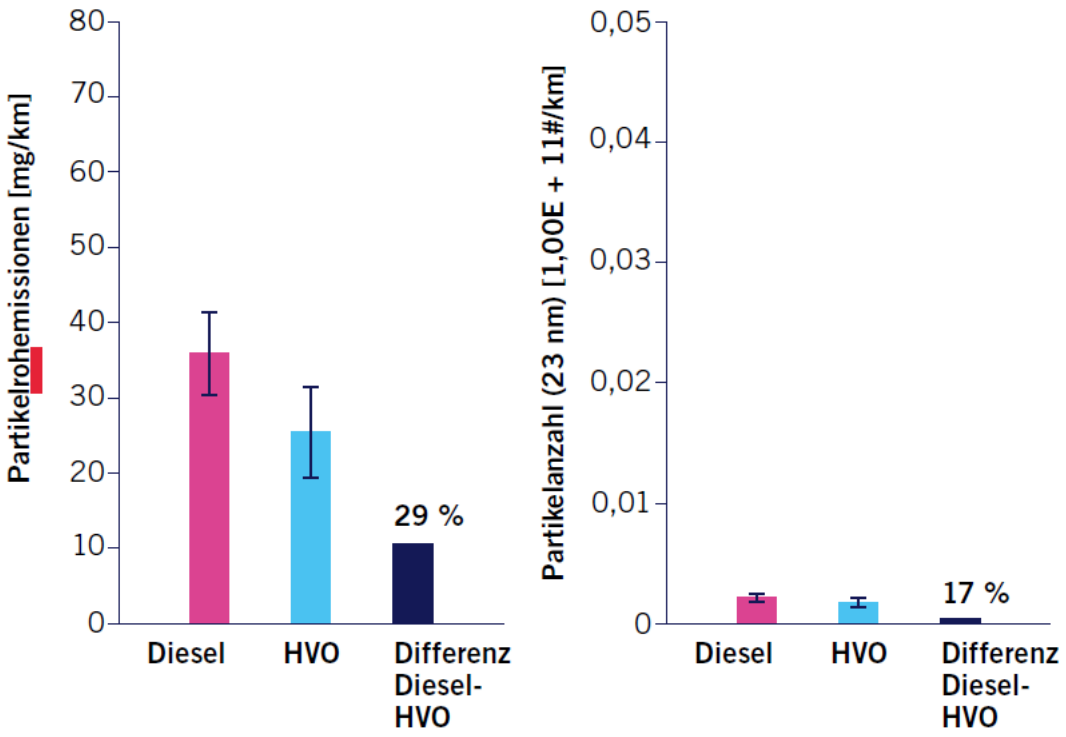



*Abbildung 11: Partikelemissionen aus Diezemann et al., HVO100 – Der Weg in die CO2-neutrale Zukunft für dieselmotorische Antriebe [29]*

Die Auswertung von Diezemann et al. (IAV) auf Basis eines WLTC-Prüfzyklus (World Harmonized Light-Duty Test Cycle) zeigt, dass sich beim Betrieb mit paraffinischem Diesel (HVO) im Vergleich zu konventionellem Dieselkraftstoff die Partikelmasse um 29% reduziert, während die Partikelanzahl lediglich um 17% zurückgeht [29]. Diese Diskrepanz deutet darauf hin, dass die bei HVO-Betrieb emittierten Partikel im Durchschnitt einen geringeren Durchmesser aufweisen als im Betrieb mit fossilem Diesel.

Wird exemplarisch angenommen, dass alle Partikel den gleichen mittleren Durchmesser besitzen, so kann daraus abgeschätzt werden, dass sich das Gesamtvolumen der ausgestoßenen Partikel um 14% reduziert. Entsprechend folgt eine Verkleinerung des mittleren Partikeldurchmessers um etwa 5%.

**VKM; TU Darmstadt, Knost et al. [8]**

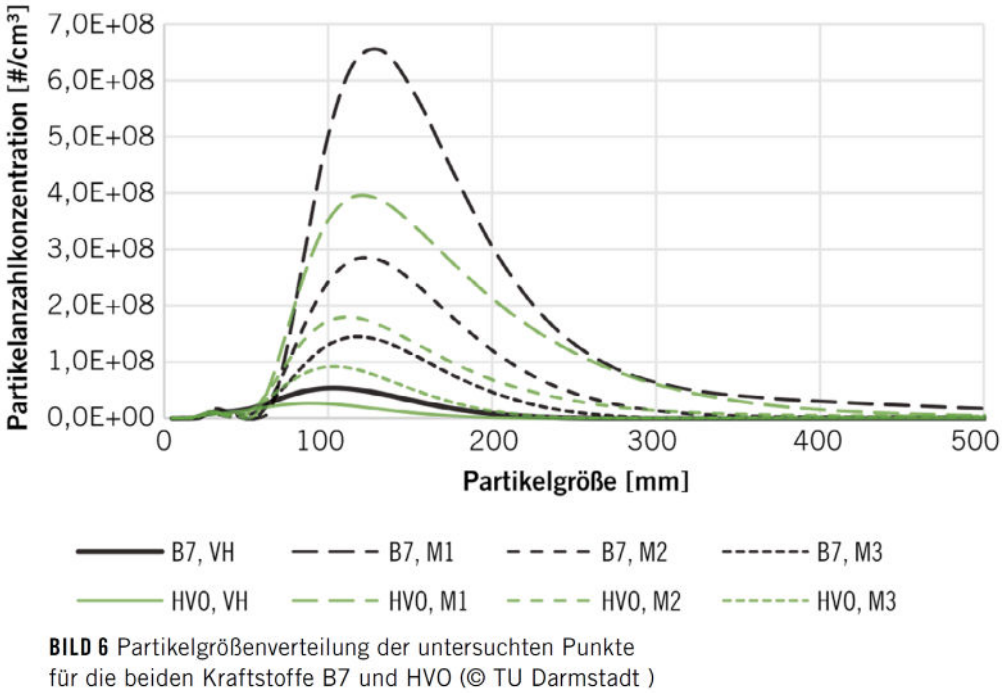



**BILD 6** Partikelgrößenverteilung der untersuchten Punkte für die beiden Kraftstoffe B7 und HVO (© TU Darmstadt )

*Abbildung 12: Partikelgrößenverteilung TU Darmstadt, Knost et al. [8]*

Zitat aus dem Artikel
*„Eine genauere Analyse der Partikelemissionen wird mithilfe der Partikelgrößenverteilung durchgeführt. BILD 6 zeigt die Partikelanzahlkonzentration in Abhängigkeit zur Partikelgröße. Es ist zu erkennen, dass sich die **gesamte Kurve mit HVO absenkt**. Insbesondere im Bereich zwischen circa 60 und 260 nm ist eine signifikante Reduktion der Partikelanzahlkonzentration mit HVO im Vergleich zu B7 festzustellen."*

**Deutsche Bahn. (2021/2022). HVO-Messungen [28]**

Zitate aus dem Artikel

<u>DB Regio, MTU 6H 1800 R82</u>

*„Der Vergleich zwischen einem Betrieb mit Dieselkraftstoff und HVO-Kraftstoff zeigt im Zykluswert beim Betriebmit HVO-Kraftstoff eine Reduktion der Partikelmasse von 11,7 Prozent. Die Anzahl der ausgestoßenen Partikel beschreibt der Messwert PN. Hierbei handelt es sich um alle Partikel größer oder gleich 23 nm. Der Vergleich zwischen einem Betrieb mit Dieselkraftstoff und HVO-Kraftstoff zeigt im Zykluswert beim Betrieb mit HVO-Kraftstoff einen leichten Anstieg der Partikelanzahl von 10,7 Prozent."*

Setzt man beispielshaft hier für eine Abschätzung für alle Partikel den gleichen mittleren Durchmesser an, so müsste sich das Partikelvolumen um 20 % und der Partikeldurchmesser um 7 % reduziert haben

<u>An anderer Stelle lautet es</u>

*„Es ist schwierig, Schlussfolgerungen aus dieser Partikelgrößenanalyse zu ziehen, da die Datenproberelativ begrenzt ist und die Ergebnisse sehr unterschiedlich ausfallen. Wenn wir einen Schritt zurücktreten und nur die aus gesundheitlicher Sicht bedenklichsten Partikel PM2,5 betrachten und den Durchschnitt für jede Kraftstoffart berücksichtigen (siehe Tabelle 3), dann sind die Partikel*

*von Diesel feiner und HVO ist etwas besser, allerdings war dieser Vorteil nicht bei allen Lastpunkten zu beobachten.“*

| Test Point | GasOil PM2.5(%) | HVO PM2.5(%) |
|---|---|---|
| | | |
| Datum Idle | 1.3 | 2.8 |
| Datum Notch 1 | 15.7 | 18.0 |
| Datum Notch 2 | 87.1 | 56.7 |
| Datum Notch 3 | 20.9 | 21.7 |
| Datum Notch 4 | 45.0 | 23.4 |
| Datum Notch 5 | 31.0 | 67.5 |
| Datum Notch 6 | 37.1 | 16.9 |
| Datum Notch 7 | 84.7 | 52.9 |
| Datum Notch 8 | 50.3 | 65.3 |
| | | |
| Average | 41.4 | 36.1 |

*Tabelle 5: Feinstaub Partikelanteile bei Messungen der Deutschen Bahn*

Signifikant ist, dass der Anteil der Partikel mit einer Größe kleiner als die obere Feinstaubgrenze (PM2,5) bei Diesel-Messungen bei 41,4% liegt, während er bei HVO-Messungen lediglich 36,1% beträgt. Diese Differenz wird von den Autoren als positiver Effekt zugunsten von HVO gewertet, da ein geringerer Anteil an ultrafeinen Partikeln potenziell günstigere gesundheitliche Auswirkungen haben kann, obwohl eine abschließende Bewertung aufgrund der Datenstreuung und -limitationen mit Vorsicht erfolgen muss.

<u>Fazit</u>

Berichte über eine Verschiebung der Rußpartikelemissionen beim Einsatz von HVO-Kraftstoff hin zu kleineren Partikeln sind in der Literatur bislang uneinheitlich. Die Studien zeigen keine konsistenten oder signifikanten Veränderungen in der Partikelgrößenverteilung, die auf den Einsatz von HVO zurückzuführen sind. Während einzelne Untersuchungen auf eine Tendenz zu etwas kleineren Partikeln hinweisen [30], fehlt bisher eine klare Evidenz für einen systematischen Einfluss von HVO auf die Partikelgrößenverteilung der emittierten Rußpartikel. Die Berichte über Verschiebung der Rußpartikelemissionen durch HVO zu kleineren Partikeln sind sehr uneinheitlich und weisen in ihren bisherigen Ausführungen auch nicht auf signifikante Einflüsse bzw. Änderungen hin.

## 4.2 Pkw Abgas-Endrohremissionen

Vom ADAC und der Deutsche Umwelthilfe (DUH) wurden unabhängig voneinander Vergleichsmessungen durchgeführt, um die Endrohremissionen von Pkw mit verschiedenen Abgasnormen beim Betrieb mit HVO-Kraftstoff gegenüber einem Betrieb mit konventionellem B7-Diesel zu vergleichen. Der ADAC führte dazu eigene Ecotests im Labor durch, während die DUH Messungen im realen Fahrbetrieb vornahm.

Im Dezember 2022 testete der ADAC im Rahmen der Veröffentlichung „eFuels und HVO im Test“ zwei Fahrzeuge: einen BMW 320d touring BluePerformance (Baujahr 2013, EU6b) sowie einen VW Touran 2.0 TDI DSG (Baujahr 2022, EU6d).

Im August 2024 erfolgten weitere ADAC Ecotests mit vier Fahrzeugen der neuesten Generation: Mercedes E 220 d T-Modell (Baujahr 2024, EU6e), BMW 520d Touring (Baujahr 2024, EU6e), Skoda Superb Combi 2.0 TDI (Baujahr 2024, EU6d) und VW Caddy 2.0 TDI (Baujahr 2023, EU6d).

Die Deutsche Umwelthilfe (DUH) führte im Juli 2024 NOx- und CO2-Messungen im realen Betrieb an zwei Euro 5 Dieselfahrzeugen durch, einem Mercedes E 220 CDI (Baujahr 2014) und einem VW Touareg 3.0 TDI (Baujahr 2013). Die Testergebnisse aller Messungen wurden in Diagrammen jeweils getrennt für NOx und Partikel zusammengetragen.

Begonnen wird mit der Betrachtung der NO-Emissionen.

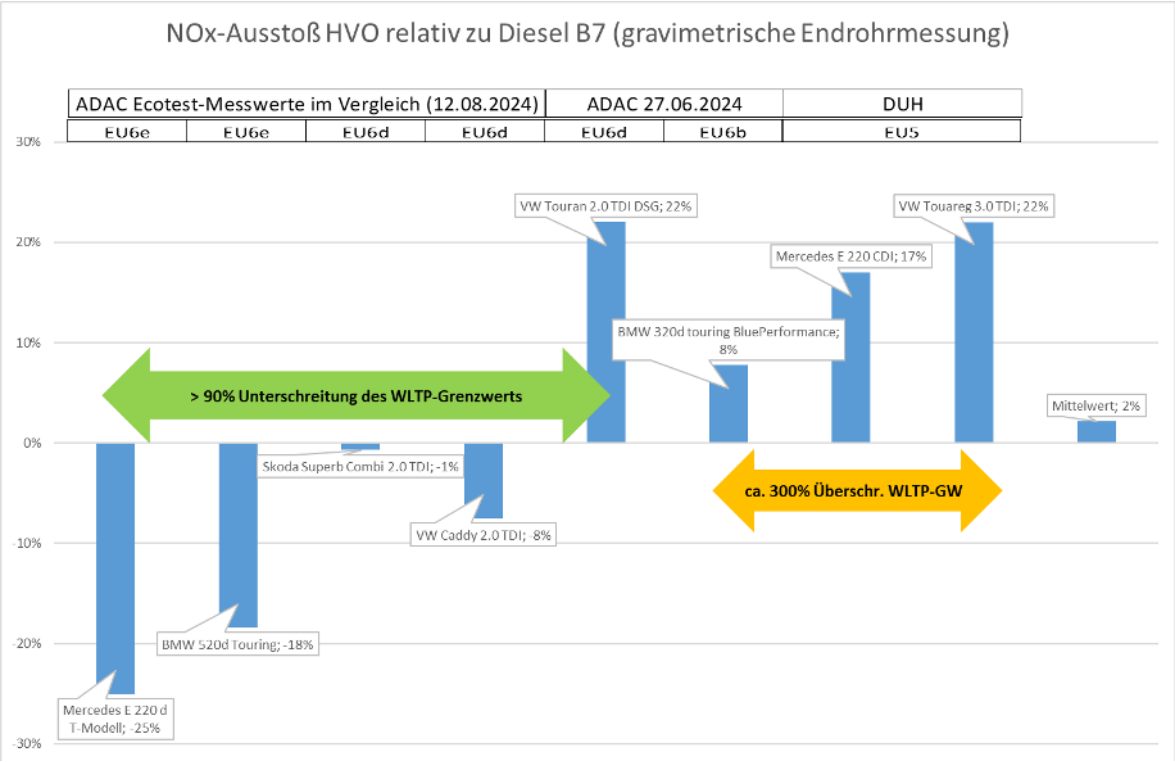



*Abbildung 13: NOx-Emissionen von Pkw beim Betrieb mit HVO im Vergleich zum Betrieb mit konventionellem Dieselkraftstoff*

Abbildung 9 zeigt die prozentuale Änderung der NOx-Emissionen bei Fahrzeugen betrieben mit HVO im Vergleich zum Betrieb mit konventionellem Dieselkraftstoff. Die Beschreibungen im oberen Bereich der Grafik zeigen für den Balken darunter die Zuordnung zum jeweiligen Test und welche Abgasnorm das getestete Fahrzeug hatte.

Bei Fahrzeugen mit der Abgasnorm EU6e konnte im Betrieb mit HVO eine Reduktion des NOx-Ausstoßes im Bereich von −25% bis −18% beobachtet werden. Fahrzeuge mit der EU6d-Norm zeigten dagegen eine größere Streuung der NOx-Änderungen, die von −8% bis zu +22% variierten. Der grüne horizontale Pfeil in Abbildung 8 weist darauf hin, dass bei allen Messungen die jeweiligen WLTP-Grenzwerte um mehr als 90% unterschritten wurden.

Bei Fahrzeugen mit älteren Abgasnormen von EU5 bis EU6b stiegen dagegen die NOx-Emissionen im HVO-Betrieb um 8% bis 20%. Ein Grund hierfür liegt darin, dass diese Fahrzeuge zum Testzeitpunkt noch nicht mit modernen NOx-Abgasreinigungssystemen ausgestattet waren. Darüber hinaus wurde in diesen Fahrzeugen die NOx-Bildung durch spätere Einspritzzeitpunkte begrenzt. Durch die höhere Cetanzahl des HVO-Kraftstoffs wird die Verzögerung des Zündzeitpunkts verringert, was zu einer teilweisen Kompensation der späteren Einspritzung führt, aber auch zu einer geringfügig gesteigerten NOx-Bildung führen kann. Einzelmessungen, wie z.B. an den EU5 Fahrzeugen durchgeführt, lassen hier noch keine validen Aussagen über diese Klasse zu. Ein Vergleich der hier durchgeführten Messungen kann je nach Vergleich der einzelnen Messfahrten bei HVO-Betrieb sowohl zu einer Erhöhung oder zu einer Minderung der gemessenen NOx-Emissionen führen. Grundsätzlich lassen sich bei EU5 Fahrzeugen durch HVO-Betrieb auch durch die Reduktion bei den Rußrohemissionen

längerfristig positive Auswirkungen auf das AGR-System erwarten, was auch hier nach längerfristigem HVO-Betrieb zu einer Reduktion der NOx-Emissionen führen kann.

Insgesamt überschreiten bei den EU5 bis EU6b Fahrzeugen unabhängig von der Kraftstoffwahl/-variante die NOx-Emissionen den WLTP-Grenzwert um etwa das Dreifache, wie durch den orangen Pfeil in der Abbildung markiert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese Fahrzeugmodelle vor Einführung der WLTP- und RDE-Vorgaben entwickelt wurden und entsprechend nicht für diese strengeren Emissionsgrenzwerte ausgelegt sind. Die dargestellten Ergebnisse verdeutlichen unabhängig von der Kraftstoffsorte im Wesentlichen die hohe Bedeutung moderner Abgasreinigung und Motorsteuerung zur Realisierung von neuen Abgasemissionsvorschriften.

Der durchschnittliche Wert über alle Testmessungen beträgt +2%, was darauf hindeutet, dass bei größeren Fahrzeugflotten bei einem Kraftstoffwechsel auf HVO praktisch kein signifikanter Einfluss auf die NOx-Flottenemissionen zu erwarten ist.

Als nächstes werden die Rußpartikel-Emissionen betrachtet.

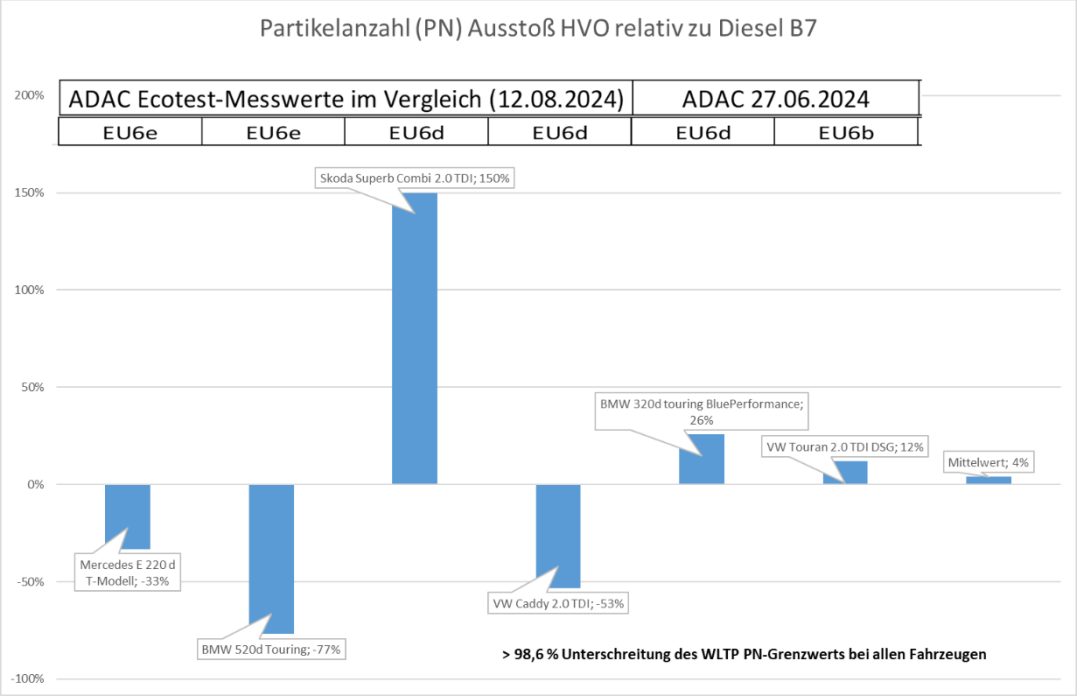



*Abbildung 14: Rußpartikel-Emissionen von Pkw beim Betrieb mit HVO im Vergleich zum Betrieb mit konventionellem Dieselkraftstoff*

Abbildung 12: Rußpartikel-Emissionen von Pkw beim Betrieb mit HVO im Vergleich zum Betrieb mit konventionellem Dieselkraftstoffvisualisiert die prozentuale Veränderung der Partikelanzahl-Emissionen (PN) bei Pkw, die mit HVO betrieben wurden, im Vergleich zum Betrieb mit konventionellem Dieselkraftstoff (B7). Die Beschriftungen im oberen Bereich der Grafik erlauben wiederum eine Zuordnung der Balken zu den jeweiligen Testreihen sowie eine Einordnung der getesteten Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Abgasnorm.

Es ist hervorzuheben, dass im Gegensatz zu den anderen Messungen die Daten der Deutschen Umwelthilfe (DUH) in dieser Abbildung fehlen, da bei ihren Straßenfahrten offenbar nur ein Gas-PEMS (Portable Emission Measurement System) ohne Partikelzählung zum Einsatz kam, sodass Partikelanzahlwerte nicht erfasst und veröffentlicht werden konnten.

Alle in den Tests untersuchten Fahrzeuge waren mit Dieselpartikelfiltern (DPF) ausgestattet, welche eine Filtrationseffizienz von über 99% für Rußpartikel aufweisen. Aufgrund dieser sehr hohen Rückhaltegrade wird die tatsächliche Menge der ausgestoßenen Partikelanzahl stark reduziert, sodass kraftstoffbedingte Änderungen der Emissionswerte nahe an einer sinnvollen Nachweisgrenze der Messverfahren liegen. Dies führt zu erheblichen Messunsicherheiten und Verfälschungen bei der Erfassung kraftstoffbedingter Einflüsse.

Die gemessenen Werte in Abbildung 12 variieren daher stark zwischen -77% und +150%. Trotz dieses breiten Streubereichs liegen mit einer WLTP PN-Grenzwertunterschreitung um >98,6% alle PN Emissionsergebnisse sehr deutlich im Rahmen der gesetzlichen Grenzwerte und zeigen keine wirklich auffälligen Abweichungen. Der durchschnittliche Mittelwert über alle Testmessungen beträgt +4%, was darauf hindeutet, dass bei größeren Fahrzeugflotten mit DPF beim Kraftstoffwechsel auf HVO praktisch kein signifikanter Einfluss auf die Flottenpartikelanzahl-Emissionen zu erwarten ist.

Für Fahrzeuge ohne Dieselpartikelfilter ist im Gegensatz dazu bei Nutzung von HVO weiterhin eine Reduktion der Rußemissionen von etwa 20% -30% im Flottenmittelwert zu erwarten, was das emissionsmindernde Potenzial von HVO in ungefilterten Abgasanlagen verdeutlicht.

# 5 Temperaturkompensation bei unterschiedlichen Kraftstofftemperaturen beim Tanken an der Tankstelle

Kraftstoffe dehnen sich bei Erwärmung aus und ziehen sich bei Abkühlung zusammen. Das bedeutet, dass in einem Liter Benzin oder Diesel mehr oder weniger chemische Kraftstoffenergie enthalten sein kann, abhängig von der Temperatur. Die Temperaturkompensation beim Tanken an der Tankstelle, in der Fachsprache auch Temperaturmengenumwertung genannt, dient dazu, den tatsächlichen Energiegehalt des Kraftstoffs bei unterschiedlichen Temperaturen korrekt zu erfassen und abzurechnen. Die Temperaturkompensation erfolgt über einen Korrekturwert $k_{0E}$ der physikalisch von der Dichte abhängt. In der Praxis wird für alle Dieselqualitäten bisher nur ein Korrekturfaktor verwendet, da die Dichtestreuungen des Dieselkraftstoffs dies zuließen.

Im Rahmen der Tankstellenumstellung forderte die PTB[23] bei HVO betriebenen Säulen wegen der vom Dieselkraftstoff abweichenden Dichte eine Überprüfung bzw. Anpassung des Korrekturwerts $k_{0E}$ und den Nachweis, dass mit diesem HVO Dichtestreuungen entsprechend DIN EN 15940 abgedeckt werden können.

Hierzu wird im Rahmen dieser Studie folgendes Verfahren vorgeschlagen.

1. Nutzung der DIN EN 15940 S.18, Tabelle B.1 „Dichte/Temperatur-Messwerte für paraffinische Dieselkraftstoffproben in kg/m3“
2. Bestimmung der am besten passenden GTL-Proben für die erforderlich Dichten bei 15°C. Dies sind:
    a. Kleinste Dichte HVO Klasse A = 765 kg/m3 => GTLF mit der Dichte 754,238 kg/m3
    b. Höchste Dichte HVO Klasse B = 810 kg/m3 => GTLA mit der Dichte 807,335 kg/m3
    c. Mittlere Dichte HVO als Mittelwert der Klassenmittelwerte A und B = 788,75 kg/m3 => GTLD mit der Dichte 786,962 kg/m3
3. Bestimmung der thermischen Dichteänderung aus den zugehörigen Spalten der Tabelle B.1 für die identifizierten GTL Proben
    a. GTLF: - 0,7304 (kg/m3)/K
    b. GTLA: - 0,6511 (kg/m3)/K
    c. GTLD: - 0,6789 (kg/m3)/K
4. Berechnung der mittleren thermischen Dichteänderung aller GTL Proben = -0,6868 (kg/m3)/K
5. Berechnung des Korrekturwerts $k_{0E}$ aus der mittleren thermischen Dichteänderung und der mittleren Dichte von HVO: $\mathbf{k_{0E}}$ = 0,6868 (kg/m3)/K / 788,75 kg/m3 = **0,000871 1/K**

Eine Stichprobe der Näherungsrechnung für ein HVO mit der kleinsten Dichte ergab bei einem Delta T von 20K mit dem bestimmten einheitlichen Korrekturwert $k_{0E}$ eine Abweichung der Dichte von 0,08% im Vergleich zur Anwendung der GTLA-spezifischen thermischen Dichteänderung.

Mit der Annahme das GTL und HVO sich bzgl. der thermischen Dichteänderung ähnlich verhalten, kann die Temperaturmengenumwertung für das reale Dichtestreuband HVO und vor dem Hintergrund der Anforderungen an die Genauigkeit der Volumenmessung beim Tanken einem einheitlichen Korrekturwert $\mathbf{k_{0E}}$ = 0,000871 1/K abgedeckt werden. Dies gilt für alle in der Praxis erwarteten HVO Dichtestreuungen entsprechend DIN EN 15940.

[23] Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt ist das nationale Metrologieinstitut der Bundesrepublik Deutschland. Als zweitgrößtes Metrologieinstitut der Welt genießt sie in der Forschung rund um die Einheiten und das genaue Messen international hohes Ansehen. https://www.ptb.de/cms/karriere-ueber-uns/ueber-uns/fakten-zur-ptb.html

# 6 HVO Sortenumbelegung und Vertrieb an öffentlichen Tankstellen

Mit Änderung 10. BImSchV vom 28. Mai 2024 wurde das Inverkehrbringen von Kraftstoffen nach DIN EN 15940 an den Tankstellen ermöglicht. In Folge gingen uns gehäuft Rückfragen von unterschiedlichen Seiten zu. Im Rahmen dieser Studie wurde vorab am 6.12.2024 ein „Leitfaden für die Genehmigung paraffinischer Kraftstoffe an öffentlichen Tankstellen“ erstellt, s. Anhang 9.2. Im Rahmen des Leitfadens wurden Anforderungen aus dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) kommentiert. Der Leitfaden kann damit bei einer Vorbereitung auf den Genehmigungsvorgang bei den Behörden den Einstieg unterstützen.

# 7 Zusammenfassung in Kernbotschaften

- Für die hohe Anzahl der aktuellen Diesel-Bestandsfahrzeuge kann bereits heute mit dem Kraftstoff HVO100 ein alternativer Dieselkraftstoff je nach der gewählten Rohstoffverwendung mit bis zu 96% Treibhausgaseinsparpotential in den Verkehr gebracht werden.

- HVO100 ist ein Premium Dieselkraftstoff
    - mit einer Cetanzahl >70
    - ist aromatenfrei
    - geringere WGK
    - und hat bessere Verdampfungseigenschaften

- Neben der Treibhausgasreduktion hat HVO100 ohne eine signifikante Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs und einer teilweise deutlichen Senkung der Luftschadstoffemissionen weitere Vorteile:
    - ruhigerer Motorlauf, Reduktion von dieseltypischen nagelnden Motorgeräuschen
    - geringere Rußpartikelemissionen, weniger automatische Regenerationszyklen des Abgasreinigungssystems
    - reduzierte Wartungskosten auf Grund reduzierter Ablagerungen im Kraftstoffsystem und reduzierter Rußeinträge in das Abgasrückführsystem
    - verbesserte Lagerstabilität

- HVO100 wird entsprechend den gültigen Zertifizierungen nach EU-Standards aus Rest- und Abfallstoffen hergestellt

- Die nachhaltige Produktion von HVO kann zukünftig durch den Einsatz von Algenöl und Jatrophaöl und weiterer bisher nicht untersuchter Feedstocks gesteigert werden.

# 8 Literaturverzeichnis

1: Wesselak, V., Schabbach, T., Link, T., & Fischer, F. (2017). Handbuch Regenerative Energietechnik (3. Auflage, S. 582 ff.). Springer. ISBN 978-3-662-53072-6.

2: Willner, T., & Sievers, A. (2024). CO2-Einsparpotenzial für die Bauindustrie bei Umstellung auf HVO100 in Deutschland (Studie, im Auftrag der Stiftung der Bauindustrie Niedersachsen-Bremen, in Co-Förderung mit der VHV Stiftung Hannover). Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Life Sciences, Forschungsgruppe Verfahrenstechnik, Campus Bergedorf, Ulmenliet 20, 21033 Hamburg. Hamburg, 27. Mai 2024.

3: Neste Corporation. (2020). Handbuch zu Neste Renewable Diesel [Broschüre]. Espoo, Oktober 2020. Neste Corporation. Proprietäre Veröffentlichung.

4: "Honkanen, M.: Properties of hydro-treated vegetable oil and how to track it. 4th Seminar of

European Customs Chemists, Helsinki (2010)"

5: Hultmann, M. (2024). Erneuerbare Kraftstoffe – Neue Technologien und Vorschriften. MTZ, 85(01).

6: Bortel, I., Vávra, J., & Takáts, M. (2019). Effect of HVO fuel mixtures on emissions and performance of a passenger car size diesel engine. Renewable Energy, 140(2), 680–691.

7: Reif, K. (Hrsg.). (2020). Dieselmotor-Management: Systeme, Komponenten, Steuerung und Regelung (S. 66). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-25072-0

8: Knost, F., & Beidl, C. (2024). Potenzial von HVO in Dieselmotoren mit Millersteuerzeiten und interner Abgasrückführung. MTZ - Motortechnische Zeitschrift, 85(12), 18.

9: Hunicz, J., Yang, L., Rybak, A., Ji, S., Gęca, M. S., & Mikulski, M. (2025). Comparison of diesel and hydrotreated vegetable oil as the high-reactivity fuel in reactivity-controlled compression ignition. Energy Conversion and Management, 323, 119264, (S. 4)

10: "Merker, G. P., & Teichmann, R. (2019). Grundlagen Verbrennungsmotoren (S. 564). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23556-7

ISBN 978-3-658-23556-7"

11: Pischinger, S., & Seiffert, U. (Hrsg.). (2021). Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik (9. Aufl., S. 601). Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-25556-5

12: Röck, V., Thuneke, K., Ettl, J., Emberger, P., & Remmele, E. (2023). HVO-Diesel für Traktoren: Analyse zum Einsatz des paraffinischen Dieselkraftstoffs HVO auf Staatsbetrieben (Berichte aus dem TFZ, Nr. 81). TFZ Straubing, (S. 32)

13: Liebl, J. (Hrsg.). (2022). Heavy-Duty-, On- und Off-Highway-Motoren 2021: Die Zukunft des Verbrennungsmotors und der alternativen Antriebe (1. Aufl., S. 77). Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-38104-2. https://doi.org/10.1007/978-3-658-38105-9

14: GST GmbH. (2022, 20. Dezember). Dieselkraftstoff Sicherheitsdatenblatt gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, Artikel 31 und Anhang II. (Version 1.0; ersetzt Ausgabe vom 01.01.2019).

15: GST GmbH. (2026, 23. Februar). HVO Sicherheitsdatenblatt gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, Artikel 31 und Anhang II. Version 4.0.

16: Tschöke, Helmut / Mollenhauer, Klaus (Hrsg.) 2015: Handbuch Dieselmotoren. 4. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg. DOI: 10.1007/978-3-658-07697-9

17: Pechout, M., Kotek, M., Jindra, P., Macoun, D., Hart, J., & Vojtisek-Lom, M. (2019). Comparison of hydrogenated vegetable oil and biodiesel effects on combustion, unregulated and regulated gaseous pollutants and DPF regeneration procedure in a Euro6 car. The Science of the Total Environment, 696, 133748.

18: Allmer, P., Harringer, C., Klein, P., Königseder, A., & Wolf, C. (2014). Oxidationsstabilität von Biotreibstoffen: Messung der Oxidationsstabilität – Rancimattest, GC und FTIR-Untersuchung [Poster]. Umweltsystemwissenschaften – Naturwissenschaftliche Technologien. AH Gruppe. Abgerufen am 23. November 2025 unter https://ahgroup.at/user_files/Lab/UNT.216/posters/2014_KleinPhilipp_Biodiesel_Oxidationsstabilitaet.pdf

19: Schäfer, K. (2026, 29. Januar). Argus Media – Consulting Services

20: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), 17.03.2026: Neue Biomassecodeliste veröffentlicht. https://www.ble.de/DE/Themen/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Informationen-Nabisy/Nabisy_node.html

21: DIN EN 590:2022-04. Kraftstoffe – Dieselkraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren (Deutsche Fassung EN 590:2022). Beuth Verlag, Berlin.

22: DIN EN 15940:2023-07. Kraftstoffe – Paraffinischer Dieselkraftstoff von Synthese oder Wasserstoffbearbeitung – Anforderungen und Prüfverfahren (Deutsche Fassung EN 15940:2023). Beuth Verlag, Berlin.

23: "Aral Aktiengesellschaft, Dieselkraftstoff – Anforderungen, Qualität, Perspektiven. Forschung und Technik. Abgerufen am 23. November 2025,

von https://www.fip.de/fileadmin/user_data/downloads/broschuere/Aral-Dieselkraftstoff.pdf"

24: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2024). Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2023: Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung und Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. Abgerufen am 23. November 2025 unter https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Evaluationsbericht_2023.pdf

25: ADAC e.V. (2024). HVO-Diesel aus Altfett im ADAC Test: Nachhaltig und sauber? Abgerufen am 23. November 2025, von https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/hvo-100-test/#die-test-ergebnisse-zum-hvo-diesel

26: Heinz, A., & Toedter, O. (2025). Wie verändern sich Partikelemissionen an Dieselmotoren beim Einsatz von paraffinischem Diesel (DIN EN 15940)? Institut für Kolbenmaschinen, Karlsruhe Institute of Technology. https://www.innofuels.de/downloads/Paper_HVO_V2.pdf, https://doi.org/10.5445/IR/1000184688

27: Maly, R. R. (2004, August 29–September 2). Effect of GTL diesel fuels on emissions and engine performance. Vortrag auf der 10th Diesel Engine Emissions Reduction Conference, Coronado, California, DaimlerChrysler Research and Technology, Stuttgart.

28: Deutsche Bahn. (2021/2022). HVO-Messungen. Nachhaltigkeit bei der Deutschen Bahn. https://nachhaltigkeit.deutschebahn.com/de/gruene-transformation/klimaschutz/biokraftstoff-hvo/hvo-messungen

29: Diezemann, M., Tzschentke, M., Garbe, T., & Kemski, T. (2025). HVO100 – Der Weg in die CO2-neutrale Zukunft für dieselmotorische Antriebe. MTZ - Motortechnische Zeitschrift, 06, 86. Jahrgang.

30: Preuß, J., Munch, K., & Denbratt, I. (2021). Performance and emissions of renewable blends with OME3-5 and HVO in heavy duty and light duty compression ignition engines. Fuel, 303, Article 121275. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121275

31: Sondors, K., Dukulis, I., Pirs, V., Birkavs, A., Birzietis, G., & Gailis, M. (2021, May 26–28). Comparison of car performance using HVO fuel and diesel fuel. In Engineering for Rural Development: Proceedings of the 20th International Scientific Conference (pp. 1548–1554). Latvia University of Life Sciences and Technologies. https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF331

32: "Köllner, C. (2025, 31. Januar), Das müssen Sie zur Diesel-Alternative HVO wissen. Springer Professional.

https://www.springerprofessional.de/betriebsstoffe/verbrennungsmotor/tankstellen-netz-fuer-hvo100-waechst/50534118"

33: Bosch Mobility Solutions. (abgerufen, 2026, 15.4). Digital Fuel Twin. https://www.bosch-mobility.com/de/loesungen/software-und-services/digital-fuel-twin/

# 9 Anhang

## 9.1 Nachhaltigkeitsnachweis, Proof of Sustainability (POS)

**NACHHALTIGKEITS-TEILNACHWEIS**

*für Biomasse nach §§ 11 ff. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) oder*
*für Biokraftstoffe nach §§ 11 ff. Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV)*

**Nummer des Teilnachweises:**
**Nummer des Basis-Nachweises:**
10/24-Antwerpen
**Aussteller:** BLE

| Schnittstelle: | Empfänger: | Zertifizierungssystem: |
|---|---|---|
| EU-BM-13-SSt-10007051 | | ISCC System GmbH, EU-BM-13 |

**1. Allgemeine Angaben zur Biomasse / zum Biokraftstoff:**

Art: 100,00% HVO — Anbauland / Entstehungsland*1: FI

Menge: 260,396 m³ — Energiegehalt (MJ): 8.853.464

Die flüssige Biomasse / der Biokraftstoff ist aus Abfall oder aus Reststoffen hergestellt worden und die Reststoffe oder Abfälle
- stammen nicht aus der Land-, Forst- oder Fischwirtschaft oder aus Aquakulturen. ☒ ja ☐ nein
- stammen aus der Land-, Forst- oder Fischwirtschaft oder aus Aquakulturen. ☐ ja

**2. Nachhaltiger Anbau der Biomasse bzw. nachhaltige Herstellung des Biokraftstoffes, nachhaltige Gewinnung forstwirtschaftlicher Biomasse bzw. nachhaltige Herstellung flüssiger Biobrennstoffe und Biomasse-Brennstoffe nach den §§ 4-5 BioSt-NachV / Biokraft-NachV:**

Die Biomasse erfüllt die Anforderungen nach den §§ 4 -5 BioSt-NachV / Biokraft-NachV ☐ ja ☒ nein

**3. Treibhausgaseinsparung nach § 6 BioSt-NachV / Biokraft-NachV:**

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E =** | $e_{ec}$ | + | $e_l$** | + | $e_p$ | + | $e_{td}$ | + | $e_u$ | - | $e_{sca}$ | - | $e_{ccs}$ | - | $e_{ccr}$ | **(g CO2eq/MJ)** |
| E = | | + | | + | 1,0 | + | 2,9 | + | 0,0 | - | | - | | - | | = 3,9 |

** $e_l$ beinhaltet den Bonus für die Umwandlung stark verschmutzter oder degradierter Flächen ☐ ja ☐ nein

THG-Einsparung bei Verwendung

95,9% als Kraftstoff (RED II) [94 (g CO2eq/MJ)] — 95,1% zur Wärmeerzeugung (RED II) [80 (gCO2eq/MJ)]

*Abbildung 15: Nachhaltigkeitsnachweis*

## 9.2 Leitfaden

# Leitfaden für die Genehmigung paraffinischer Kraftstoffe an öffentlichen Tankstellen

Mit der Aufnahme paraffinischer Kraftstoffe in den 10. BImSchV hat der Gesetzgeber eindeutig seinen Willen kundgetan, dass neuen Kraftstoffe einen wesentlichen Beitrag zur Defossilisierung des Verkehrssektors leisten sollen. Bei einer sogenannten „Sortenumbelegung“ der vorhandenen Tankinfrastruktur werden in der Regel vorhandene Erdtanks umgestellt, die bisher mit Dieselkraftstoff der Sorte B 7 genutzt wurden. Der neue paraffinischen Kraftstoff HVO nach DIN EN 15940 wird an der Tankstelle mit XTL gekennzeichnet. Dies ist in Fachkreisen ein unter dem Begriff „Sortenumbelegung“ bekanntes Vorgehen, das europaweit relativ geräuschlos und ohne wesentliche behördliche Auflagen vollzogen wurde, weil paraffinische Kraftstoffe nach DIN EN 15940 keine aromatischen Kohlenwasserstoffe aufweisen und nicht wie fossiler Diesel nach WGK 2, sondern als schwach wassergefährdend in die WGK 1 eingestuft werden.

Ebenfalls sei hier noch erwähnt, dass aus kraftstoff-technischen Gründen mit einer Sortenumbelegung eine ausführliche Reinigung der Lagertanks der Tankstelle mit einer Inspektion der mit HVO beaufschlagten Teile einschließlich der Tankinnenhüllen, der Dichtungen, etc. einhergeht, um einen auf Jahre gesicherten störungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Selbstverständlich - das sei hier noch einmal ausdrücklich erwähnt - unterliegt der Tankstellenbetreiber und natürlich die Tankstelleninfrastruktur den normalen gesetzlich vorgeschriebenen turnusmäßigen Kontrollpflichten.

Der Bund-Länder-Arbeitskreis zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BLAK-UmwS) sah das zunächst in seiner ersten Stellungnahme zur Sortenumbelegung von B7 auf HVO anders. Weil deren situative Einschätzungen allerdings nicht einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden, sondern nur sporadisch den Weg in die Genehmigungsbehörden finden bzw. je nach Arbeitsbelastung der Behörden auch genehmigungsrechtlich Berücksichtigung finden, seien im Folgenden noch einmal die rechtlichen Grundlagen für eine Sortenumbelegung von Diesel B 7 auf HVO dargestellt.

Gleichzeitig sei an dieser Stelle aber auch darauf hingewiesen, dass in der Vergangenheit bei den Betreibern von HVO-Tankstellen Versäumnisse hinsichtlich der behördlichen Anmeldung festgestellt wurden, die es den zuständigen Genehmigungsbehörden erschwerten, verwaltungsrechtlich sachgerechte Entscheidungen zu treffen und damit den gesetzgeberischen Willen umzusetzen.

Dieses Schreiben soll beim Kontakt zu Behörden als Argumentationshilfe denjenigen Tankstellenbetreibern dienen, die eine Sortenumbelegung von B 7 auf XTL planen. Fundstellen der Fachliteratur einschließlich der Kommentare/Erläuterungen zum WHG und zur AwSV, Gutachten und Stellungnahmen führender Verbände wurden gesammelt. An Stellen, wo die z.B. die aktuelle AwSV die derzeitige Situation um XTL bei der behördlichen Genehmigung noch nicht widerspiegelt werden, analoge Anwendungen empfohlen. Ebenfalls wird der aktuell bekannte Stand hinsichtlich der Empfehlungen des BLAK-UmwS dargestellt. Die jeweiligen speziellen Aussagen sind, wenn nötig, durch die Fundstellen, Internetverweise bzw. vorliegenden Schreiben im Anhang dokumentiert.

**Anzeige der Sortenumbelegung mit erforderlichen Begleitpapieren zwingend erforderlich**

Der wichtigste Punkt allerdings gleich vorab: Der BLAK-UmwS hat in einer aktuellen, bisher bekannten letzten Stellungnahme ausgeführt:

*„Da das Ersetzen von fossilen Kraftstoffen, hier HVO, im öffentlichen Interesse steht, kann für diesen Fall ein Antrag auf Zulassung des vorzeitigen Beginns nach § 17 WHG in Verbindung mit § 63 Abs. 1 WHG gestellt werden. Der Bescheid des vorzeitigen Beginns ist befristet auf zwei Jahre und ist für die Übergangszeit gedacht, bis o.g. bau- und wasserrechtlichen Eignungsnachweise für die Eignungsfeststellung oder die Ausnahme vom Erfordernis nach § 41 AwSV erbracht werden.*

***Um einen Wechsel auf HVO100 zu beantragen, werden folgende Unterlagen benötigt:***

- ***Anzeigen nach § 40 AwSV für die Anlagen (einzelne Tanks und Abfüllflächen)***
- ***<u>Dokumentation der Selbsteinstufung eines Gemisches gemäß Anlage 1 Dokumentationsformblatt 2 AwSV</u>***
- ***Antrag auf einen Bescheid für den vorzeitigen Beginn nach § 17 WHG in Verbindung mit § 63 Abs. 1 WHG mit Bestätigung der Übernahme der Verpflichtung gem. § 17 abs. 1 Nr. 3***

***Diese Vorgehensweise entspricht der bundesweit, einheitlich abgestimmten Verfahrensweise vom Bund-Länder-Arbeitskreis „Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (BLAK UmwS), s. Anlage 1.***

**Hintergrund des Verfahrens**

Hierbei handelt es sich um einen offenbar erzielten Kompromiss auf Basis der beteiligten Sachverständigen-Organisationen, der Verbände und weiterer Organisationen wie z. Bsp. BWA, DIBt etc.

Als Handlungsanweisung für diejenigen Tankstellenbetreiber, die eine Sortenumbelegung von B 7 auf Kraftstoffe nach DIN EN 15940 planen, sei diese Vorgehensweise zunächst empfohlen, da sie den pragmatischen Weg zur Lösung der noch nicht weiter erörterten Problematik darstellt.

Formaljuristisch dürften allerdings Differenzen in der Auslegung der entsprechenden Gesetze und Verordnungen in diesem komplexen Sachverhalt existieren, die letztlich auf die generelle Einordnung von HVO als ein Gemisch, so die vorherrschende Rechtsauffassung des BLAK-UmwS, zurückzuführen sind. Die Zeit, die ein in der Regel positiv beschiedener Antrag auf vorzeitigen Beginn nach § 17 WHG in Verbindung mit § 63 Abs. 1 WHG mit Bestätigung der Übernahme der Verpflichtung gem. § 17 abs. 1 Nr. 3 einräumt, dürfte aber ausreichen, um die entsprechenden regulativen Grundlagen rechtskonform zu würdigen.

**Zu den rechtlichen Grundlagen:**

1. Wesentliche Änderung nach § 63 Abs. 1 WHG

In einer wissenschaftlichen Studie zur Aufnahme und Umschlag von paraffinischem Kraftstoff als zusätzlichen Betriebsstoff in den bestehenden Tankraum (Sortenwechsel) im Auftrag des MEW, AFM+E und UTV kommt die cirkel Beratungsgesellschaft zu dem Ergebnis, dass den betroffenen Unternehmen eine Anzeige der Sortenumbelegung zu empfehlen sei, siehe Anlage 2.

Hauptsächlich sollte man sich hier aber mit der Frage beschäftigen, ob es sich beim Wechsel von B 7 zu HVO gemäß DIN EN 15940 generell um eine vom Gesetzgeber geforderte wesentliche Änderung nach § 63 WHG, Abs. 1 WHG handelt. Im Kommentar der „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (Martin Böhme, Dr. Daniela Dieter, 2., völlig neu bearbeitete Auflage)“ heißt es in der Kommentierung des Auszugs aus dem WHG:

„Die Eignungsfeststellung bei einer wesentlichen Änderung bezieht sich

grundsätzlich nicht auf die ganze Anlage, sondern nur auf das Anlagenteil oder die Anlagenteile, das oder die wesentlich geändert werden sollen und die Gegenstand des Antrages sind. Anlagenteile, die nicht geändert werden sollen, bleiben hierbei in Fortsetzung der alten Regelungen grundsätzlich unberücksichtigt. Sofern die wesentliche Änderung allerdings Auswirkungen auf nicht geänderte Anlagenteile hat oder sich auf die Eignung der Anlage insgesamt auswirkt, sind auch andere Anlagenteile oder das Gesamtgefüge der Anlage in den Blick zu nehmen. Dies gilt z. B. wenn eine bisher drucklos betriebene Anlage nach der wesentlichen Änderung unter Druck betrieben werden soll und sich dieser erhöhte Betriebsdruck auch auf Anlagenteile auswirkt, die nicht geändert werden."

Die Umstellung von B7 auf HVO ist regulativ von den geltenden Vorschriften im WHG und der AwSV noch nicht erfasst und auch in den einschlägigen Kommentaren nicht berücksichtigt. Deshalb bedarf es einer entsprechenden Interpretation auf Grundlage der einschlägigen Vorschriften und besonderer Berücksichtigung der Argumentation der zuständigen Wasserbehörden. Fakt ist, dass wie eingangs erwähnt, ein Kraftstoff der Wassergefährdungsklasse (WGK) 2 durch einen Kraftstoff der WGK 1 ersetzt wurde. Der Nachweis hierüber ist durch ein entsprechendes Sicherheitsdatenblatt zu führen.

**HVO kein Gemisch: immer WGK 1**

Weiterhin bleibt festzustellen: Bei paraffinischen Kraftstoffen nach DIN EN 15940 handelt es sich um einen Stoff und nicht um ein Gemisch, auch wenn Additive zur Verbesserung der Schmierfähigkeit in geringem Maße von ca. 0,01 Vol.% zugegeben werden. Analog beschreibt der Verordnungsgeber die Zugabe von Additiven in der AwSV § 2 Abs. 3:

*„Ein „Stoff" ist ein chemisches Element und seine Verbindungen in natürlicher Form oder gewonnen durch ein Herstellungsverfahren, einschließlich der zur Wahrung seiner Stabilität notwendigen Zusatzstoffe[24] …"*

Selbst mit der notwendigen geringfügigen Additivierung hat der Kraftstoff immer noch die Vorgaben der DIN EN 15940 zu erfüllen[25] und erfüllt sie teilweise sogar erst

[24]Analogie: Beispielsweise benötigt das HVO eines der größten Hersteller zwar keinen Stabilisator, sondern analog ein statisch ableitendes Additiv WGK 3 < 0,001 % (m/m)
und einen Schmierfähigkeitsverbesser WGK2 <0,063% (m/m).

[25] DIN EN 15940, 6.4.5 Paraffinischer Dieselkraftstoff muss frei von verfälschenden Zusätzen oder Verunreinigungen sein, die dazu führen können, dass der Kraftstoff für den Einsatz in Kraftfahrzeugen mit Dieselmotor nicht zulässig ist. Jede absichtliche Zugabe von nicht paraffinischem Material außer Material, das nicht der Norm EN 590 entspricht, und von FAME, Additiven und Farb- oder Markierungsstoffen ist nicht erlaubt. Die resultierende Mischung muss alle Anforderungen der Norm EN 15940 erfüllen.

durch Additivierung[26]. Die WGK-Einstufung des Herstellers beinhaltet somit grundsätzlich bereits diese Additivierung. HVO ist damit generell in WGK 1 eingestuft bzw. unterliegt gemäß der verpflichtenden Selbsteinstufung gemäß § 4 AwSV der WGK 1. Rechtlich regelt das die AwSV: Dann ist die Wassergefährdungsklasse des wassergefährdenden Stoffs heranzuziehen, der in die höchste WGK eingestuft ist. Voraussetzung ist, dass dieser wassergefährdende Stoff zumindest 3 % des Volumens aller wassergefährdenden Stoffe ausmacht. (AwSV-Kommentar, Martin Böhme, Daniela Dieter, 2. Auflage, § 39, Abs. 10, hier: Randnummer 422, Seite 216). Hierzu s. auch Anlage 3.

**Additivierung unter der Berücksichtigungsgrenze**

Ebenfalls in der AwSV Anlage 1 wird deren Einfluss auf die WGK näher definiert. Dort heißt es unter Ziffer 2.2, Buchstabe c: „Der Gehalt an Stoffen der WGK 3 ist geringer als 0,2 % Massenanteil“. Unter diesen Voraussetzungen, wenn man denn den Begriff „Gemisch“ zulassen würde, bliebe ein additiviertes Gemisch mit bis zu 0,2 % Additivzugabe analog betrachtet in seiner ursprünglichen WGK-Einstufung, also WGK 1 bei HVO, s.a. AwSV Anlage 1, 5.1.4

**Weitere Dokumente zur Sortenumstellung auf HVO**

Auf die umweltrelevanten Eigenschaften von Additiven, die in der Kraftstoffindustrie eingesetzt werden, geht auch ein weiteres Schreiben der Beratungsgesellschaft cirkel ein und verweist auf entsprechende Quellen auch beim UBA, siehe Anlage 4.

Der dazu passende UBA-Bericht ist den Ausführungen ebenfalls beigefügt. Ein Hinweis sollte nicht unterschlagen werden: Dr. Martin Müller, der an der cirkel-Publikation mitarbeitete, zählt auch zu den Verfassern des UBA-Berichts, siehe Anlage 5.

Auch der Bundesverband Behälterschutz geht von einer Geeignetheit der für B 7 zugelassenen Tankbehälter aus, wenn sie mit HVO belegt werden. Hier das Fazit der letzten Sitzung: „Bei einem Weiterbetrieb bereits in Betrieb befindlicher Tankstellen ist unter Berücksichtigung der vorgenannten Maßnahmen und Empfehlungen auch nach Einführung von paraffinischen Dieselkraftstoffen nach DIN EN 15940 von einer Eignung der beschriebenen Anlagenteile auszugehen“, siehe Anlage 6.

---

**ANMERKUNG 1: Es ist zu erwarten, dass paraffinischer Dieselkraftstoff vor dem Mischen mit Diesel oder FAME nach EN 590 mehr als 98,5 % (m/m) an paraffinischen Kohlenwasserstoffen enthält.**

[26] **Die Vorgabe für die Schmierfähigkeit beträgt lt. EN 15940 max. 400 µm. Ohne die Zugabe eines Additivs würde die Schmierfähigkeit bei ca. 600 µm liegen, und somit die Norm nicht eingehalten, s. https://www.infineuminsight.com/en-gb/articles/overcoming-the-challenges-of-greener-fuel-production/ .**

Ebenfalls die DWA-Stellungnahme zur Materialverträglichkeit von Tankbehältern sieht bei HVO-Kraftstoffen und deren Blends mit fossilen Kraftstoffen keinerlei Probleme hinsichtlich der Materialverträglichkeit, siehe Anlage 7

**Schlussbemerkung**
Ich erstatte dieses Schreiben auf der Basis der mir zur Verfügung gestellten Unterlagen nach bestem Wissen und Gewissen.

Saarbrücken, den 6.12.2024

*Prof. Dr.-Ing Thomas Heinze*

Leitung Institut Automotive Powertrain,  Goebenstr. 40, D-66117 Saarbrücken