

Expertenanhörung Ultrafeinstaub - Möglichkeiten zur Minderung von UFP –

Alternative Treibstoffe in der Luftfahrt

Dr. Tobias Schripp
Institut für Verbrennungstechnik
DLR Stuttgart



Wissen für Morgen



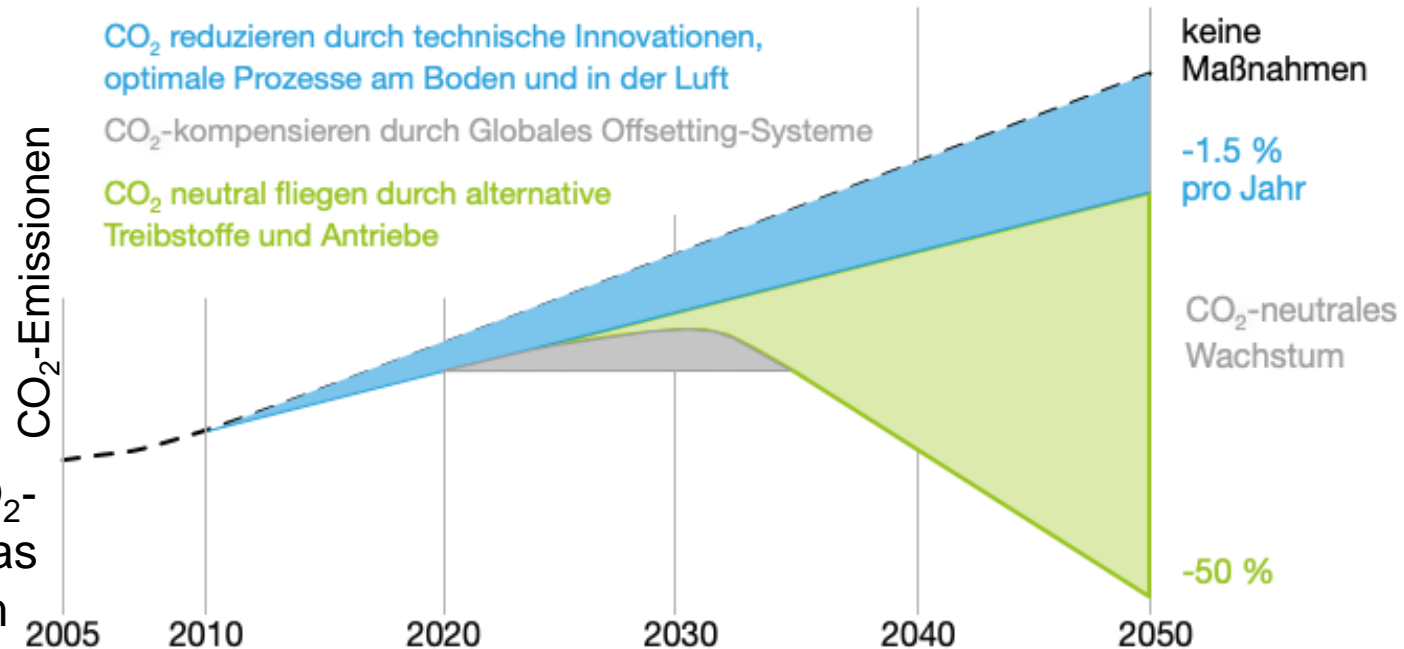
CO₂-Emissionen der Luftfahrt

■ Die Luftfahrt

- ist verantwortlich für ca. 2 - 3% der anthropogenen CO₂-Emissionen
- wächst im Durchschnitt ca. 5% pro Jahr

IATA-Ziele

- Steigerung der Treibstoffeffizienz um 1,5% pro Jahr
- CO₂-neutrales Wachstum ab 2020
- Reduktion der CO₂-Emissionen auf das Level von 2005 im Jahr 2050



37th ICAO Assembly in October 2010



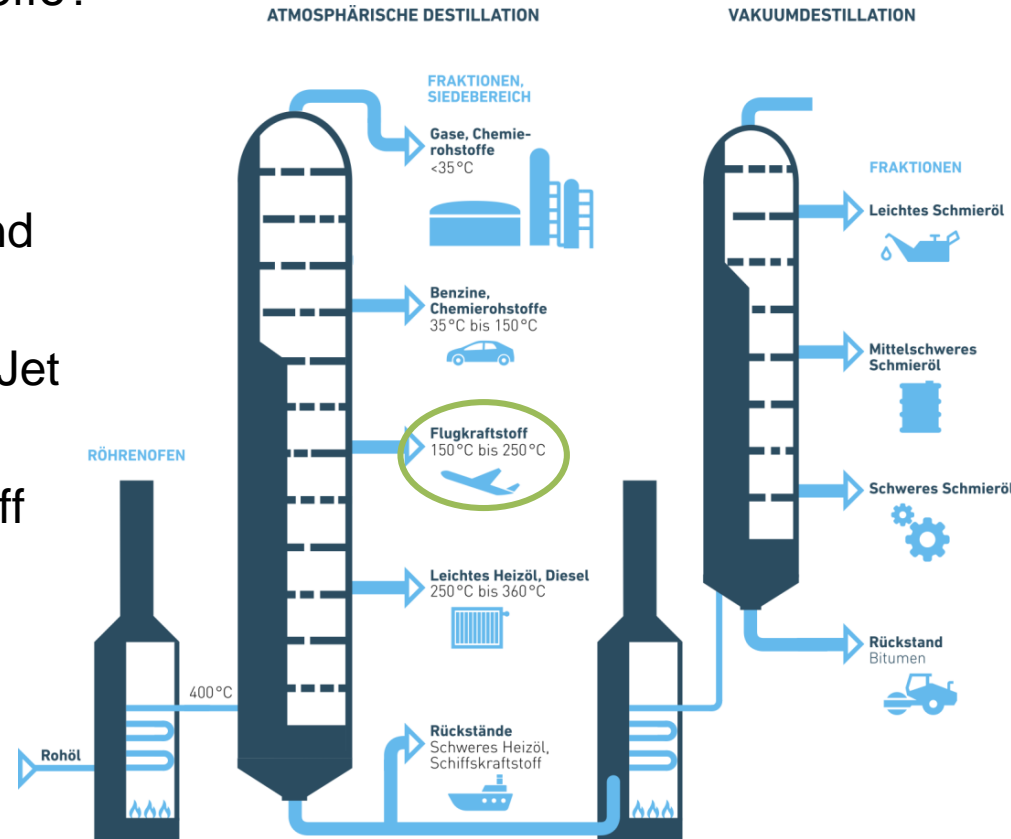
Was sind alternative Treibstoffe?

■ Was sind „konventionelle“ Treibstoffe?

- Hergestellt **aus Rohöl**
- Destillation in Raffinerie:
 - Fraktion zwischen Benzin und Diesel
- Bezeichnungen: Jet A, Jet A-1, Jet B, JP-8, ...
- Zulassung als Luftfahrt-Treibstoff streng geregelt

■ Was sind „alternative“ Treibstoffe?

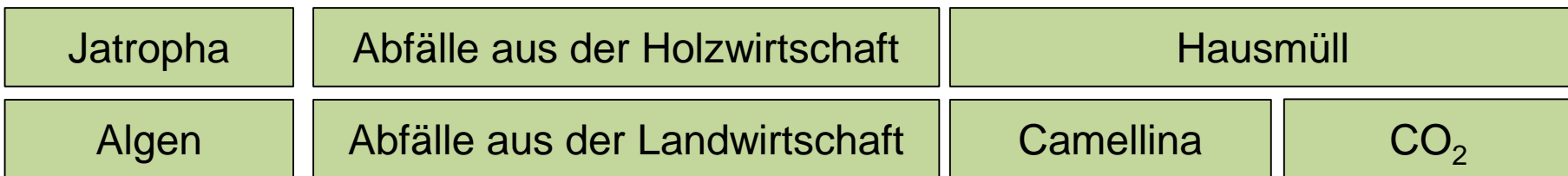
- **Erneuerbare Quellen**
- Zulassung als Luftfahrt-Treibstoff **streng geregelt**



MWV
© Mineralölwirtschaftsverband e. V. www.MWV.de



Prozesse



- HEFA (Hydrotreated Esters and Fatty Acids)
- ATJ (Alcohol-to-Jet)
- Sun-to-Liquid (Solarthermisches Verfahren)
- Power-to-Liquid
- Hydrolyse-Prozesse (z.B. IH²) ...



ggf.

Synthesegas (Wasserstoff und Kohlenmonoxid)

Fischer-Tropsch-Anlage

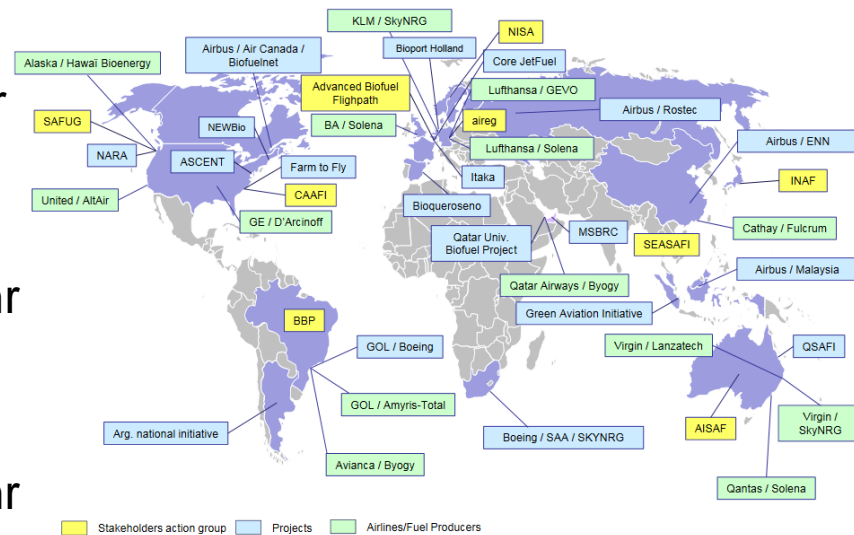
Raffination und Aufarbeitung

Kerosin



Internationale Aktivitäten

- Paramount Raffinerie (World Energy)
ca. 10 Mt erneuerbarer Treibstoff pro Jahr
(nicht nur Luftfahrt!)
- Fulcrum Bioenergy Plant
ca. 0,3 Mt erneuerbarer Treibstoff pro Jahr
ab 2020
- Red Rock Biofuels
ca. 0,5 Mt erneuerbarer Treibstoff pro Jahr
ab 2020
- Gevo (Silsbee) produziert ca. 1,2 kt ATJ pro
Jahr
- Neste (Finnland), kont. Produktion von 1 Mt erneuerbaren Treibstoff ab 2022
... und zahlreiche Forschungs- und Demonstrationsvorhaben!
- ICAO: 6,3 Mill. m³ (5 Mt) in 2025 und 8 Mill. m³ (6,5 Mt) in 2030 für die **Luftfahrt**



Quelle: IATA Sustainable Aviation Fuel Roadmap



Zulassung

- Die Beimischung alternativer Treibstoffe zu fossilem Jet A-1 ist streng geregelt

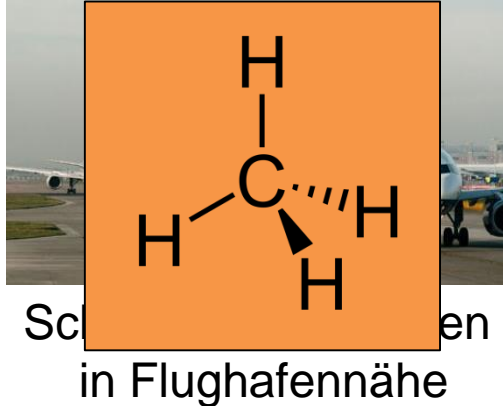
ASTM D7566 “Standard specification for aviation turbine fuels **containing synthesized hydrocarbons**” (Erste Version: 2009)

- ASTM D7566-18 beinhaltet Spezifikationen zur Beimischung von bis zu
 - 50% FT SPK (Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene)
 - 50% HEFA SPK (synthesized paraffinic kerosene from hydroprocessed esters and fatty acids)
 - 10% SIP (synthesized iso-paraffins from hydroprocessed fermented sugars)
 - 50% SPK/A (synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from non-petroleum sources)
 - 50% ATJ-SPK (Alcohol-to-Jet synthetic paraffinic kerosene)zu konventionellem Treibstoff (Jet A oder Jet A-1)

- Technische Spezifikation: Mindestgehalt an Aromaten in Kerosin ist 8%.



Partikelemissionen



- Die chemische Zusammensetzung des Treibstoffs hat großen Einfluss auf die Partikelemissionen.
- Eine Korrelation zwischen dem Wasserstoffgehalt des Treibstoffs und der emittierten **Rußmasse** wurde experimentell nachgewiesen.



- Die Gesamtpartikelzahl wird zusätzlich durch den **Schwefelgehalt** beeinflusst.

- Alternative Kraftstoffe reduzieren die Rußmasse **ohne** die Partikelverteilung zu verändern oder die Freisetzung von NO_x zu erhöhen.

Umwelteinfluss in
großen Höhen
Bildung von Zirruswolken



Rußbildung bei alternativen Treibstoffen



„konventionell“

„alternativ“

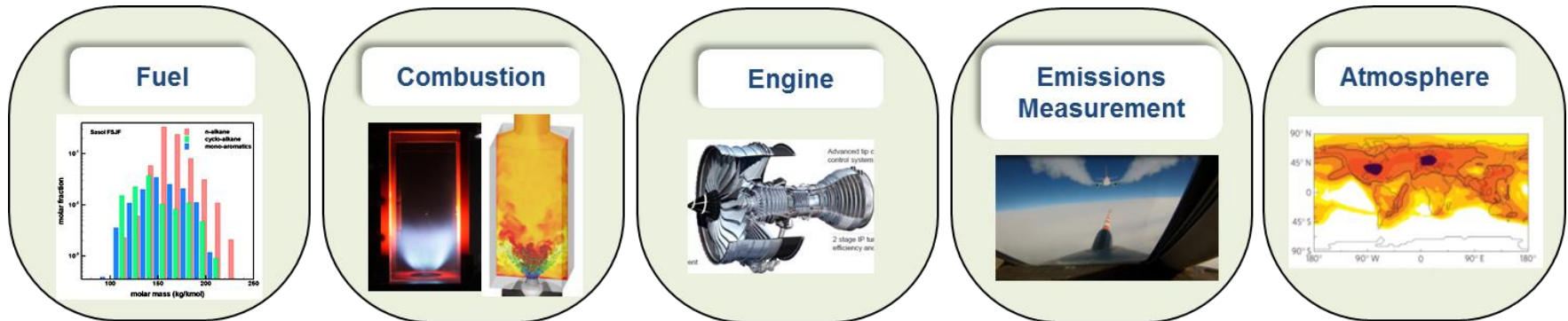
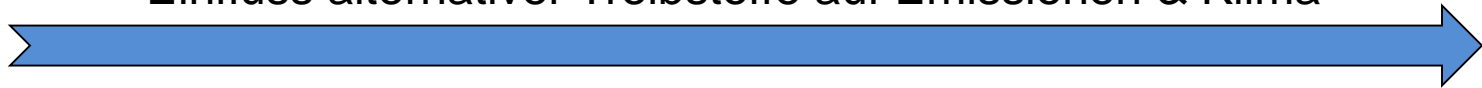


DLR-Projekt ECLIF

Emission and **CL**imate Impact of alternative **F**uels

- Untersuchung der gesamten Kette von der Treibstoffzusammensetzung bis zur Klimawirkung

Einfluss alternativer Treibstoffe auf Emissionen & Klima



ECLIF Messkampagnen

■ Emissions and **CL**imate Impact of alternative **F**uels

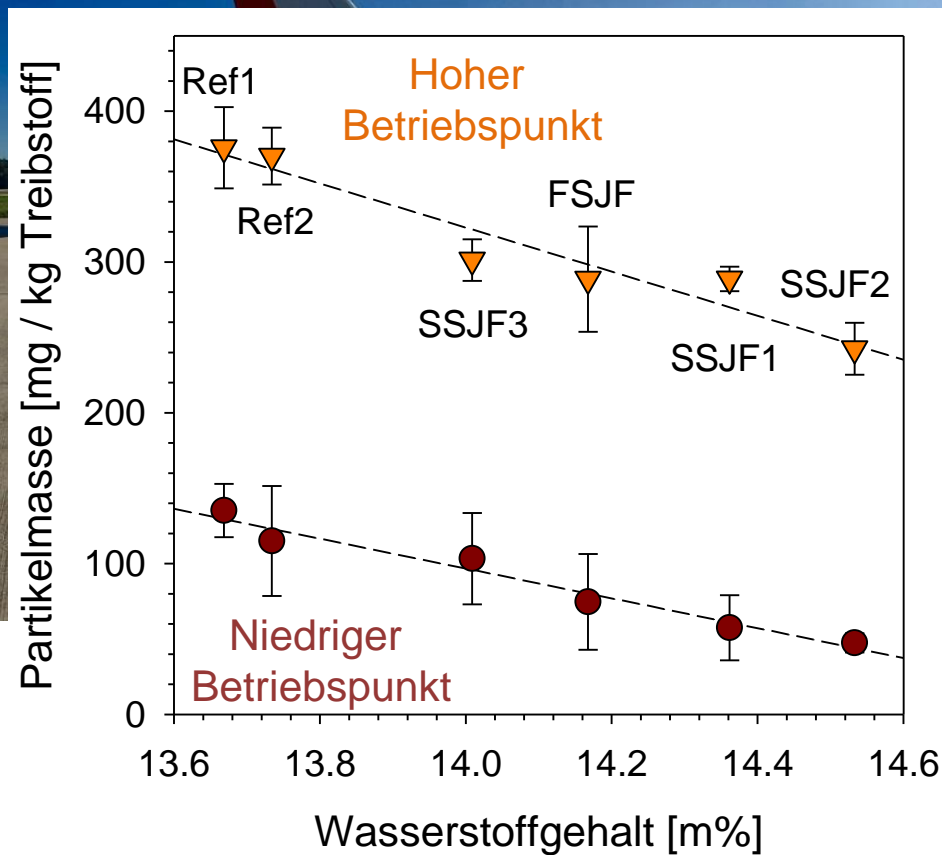
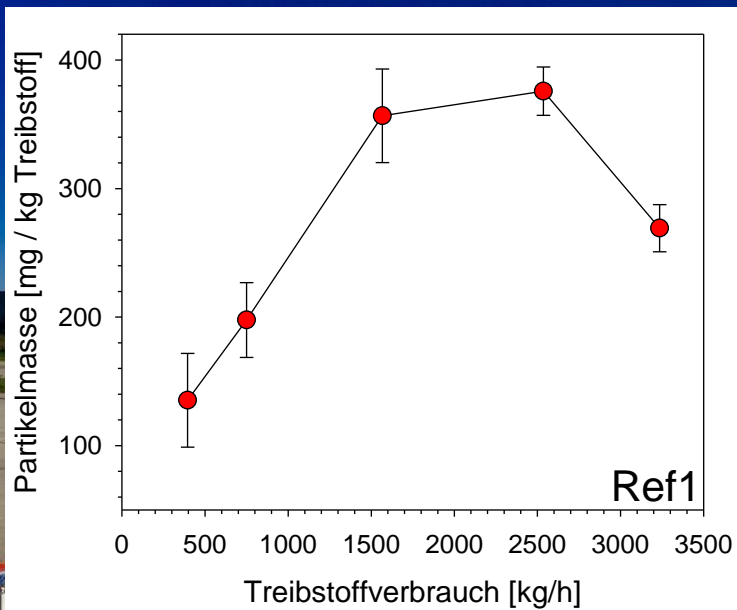


- September 2015 (Manching)
- 4 alternative Kraftstoffe, 2 Referenzen
- A320 (ATRA) als Quelle, Falcon 20-E5 als Messplattform
- 30 h Flug
- 5 h Bodenmessungen

- Januar 2018 (Ramstein)
- 3 alternative Kraftstoffe, 2 Referenzen
- A320 (ATRA) als Quelle, NASA DC-8 als Messplattform
- ca. 45 h Flug
- 9 h Bodenmessungen



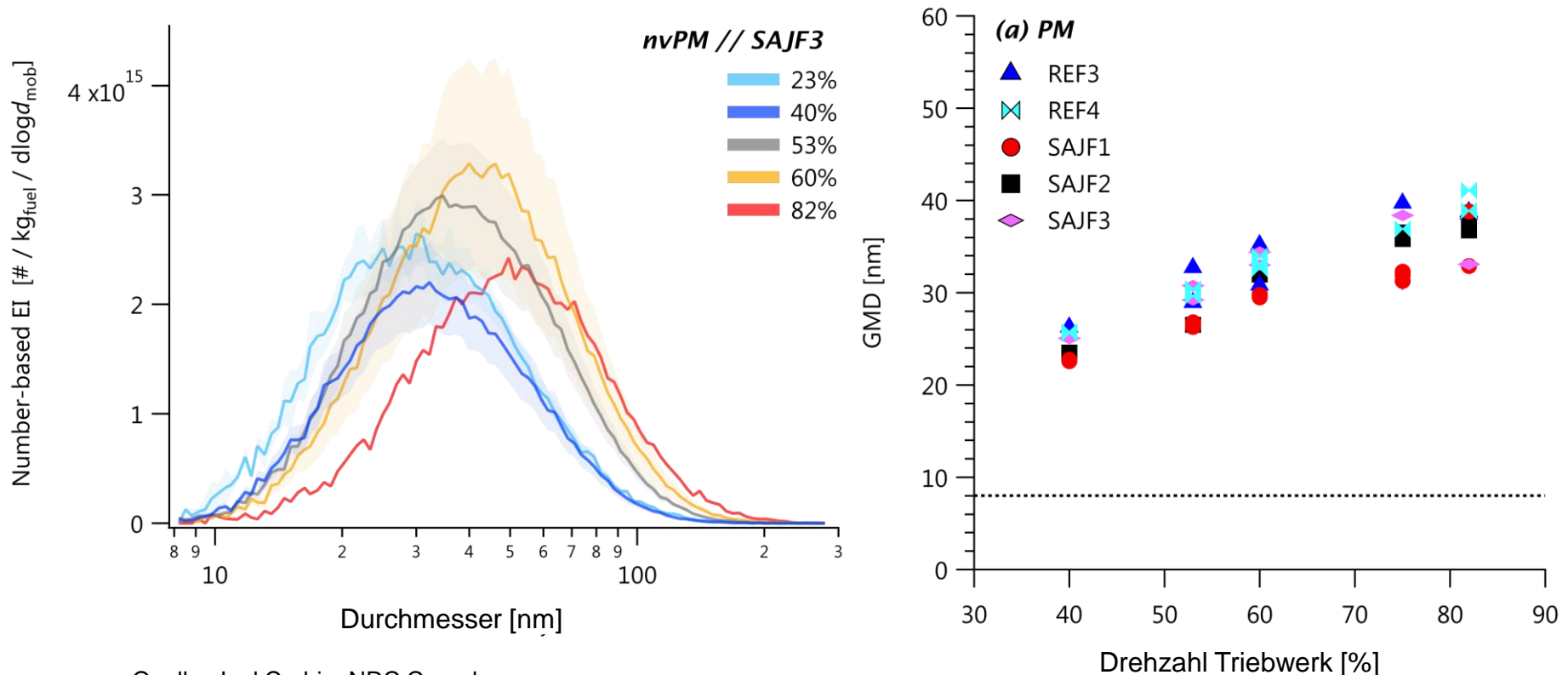
Bodenmessungen an A320



Daten aus: Schripp, T., et al., 2018. Impact of Alternative Jet Fuels on Engine Exhaust Composition During the 2015 ECLIF Ground-Based Measurements Campaign. ES&T, 52, 4969-4978.

Partikelverteilungen

- Die nicht verdampfbaren Partikel (nvPN) haben einen mittleren Durchmesser (GMD) von ca. 20 – 40 nm
- Der Treibstoff hat keinen signifikanten Einfluss auf die Größen der nvPN



Quelle: Joel Corbin, NRC Canada



Alternative Kraftstoffe in Deutschland

- Beispielprojekt: Forschungs- und Demonstrationsvorhaben zum Einsatz von erneuerbarem Kerosin am Flughafen Leipzig/Halle (**DEMO-SPK**)
- Erstellung und Verwendung eines ASTM-konformen „Multiblend“ Jet A-1 in einer realen Flughafeninfrastruktur am Flughafen Leipzig / Halle
 - Beschaffung, Transport und Anwendung des Treibstoffs (inkl. LCA, Nachhaltigkeitsanalyse, etc.) auf einem deutschen Flughafen
 - Emissionsmessungen mit dem Multiblend an einem Flugzeugtriebwerk



DEMO-SPK Konsortium

Adeptus Green
Management GmbH
Planning. Projects. Procurement.

aireg
Aerial Initiative for
Renewable Energy in Germany e.V.

gevo **IFOK.**
A CADMUS COMPANY

ASG
Analytik-Service
Gesellschaft

knoell
worldwide
registration

meo
CARBON SOLUTIONS



Dettmer Rail

NESTE

PETRO LAB
GMBH



sunfire

TanQuid



TUHH
Technische Universität Hamburg



**Wehrwissenschaftliches Institut für
Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB)**

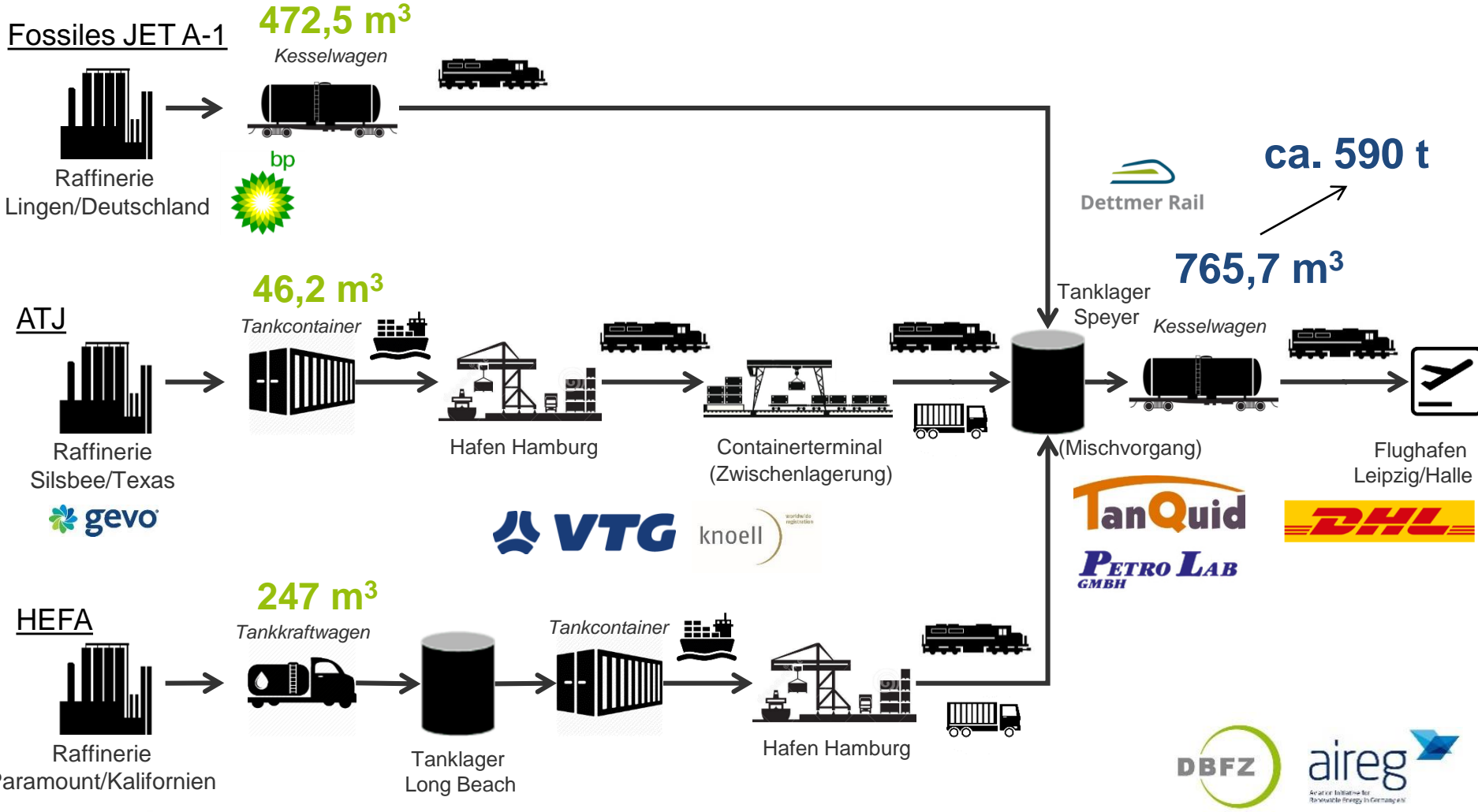


**Federal Ministry
of Transport and
Digital Infrastructure**

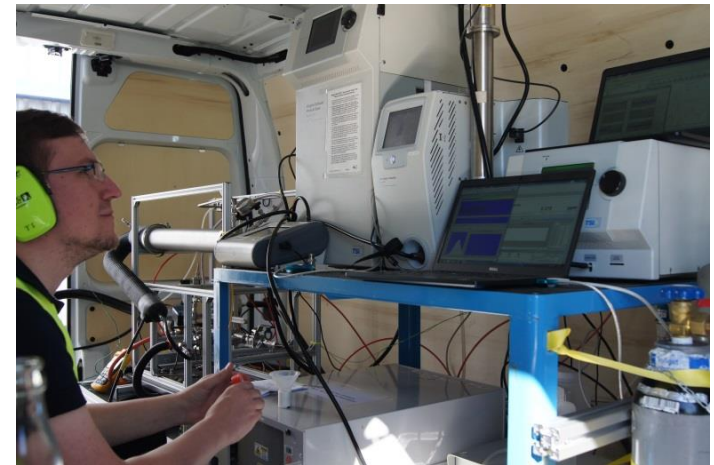
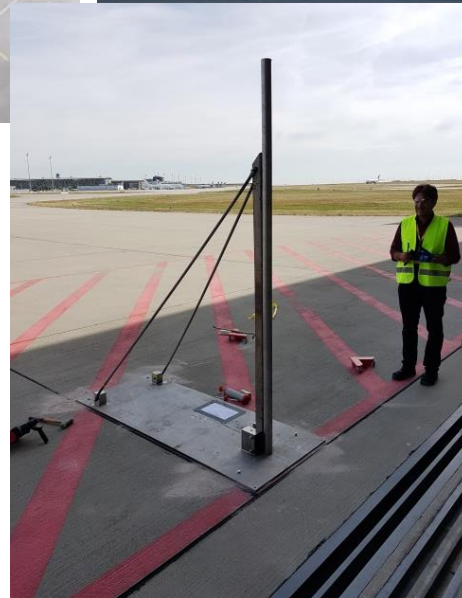
world energy



DEMO-SPK Logistik



Emissionsmessungen an einem A300-600 (2018)



Anstehende Herausforderungen

- Hemmnisse für den Einsatz alternativer Kraftstoffe abbauen:
 - Produktionskapazität / Skalierung
 - Lokale Transportketten aufbauen

- Lokale Projekte starten → Zu großen Projektnetzwerken weiterentwickeln

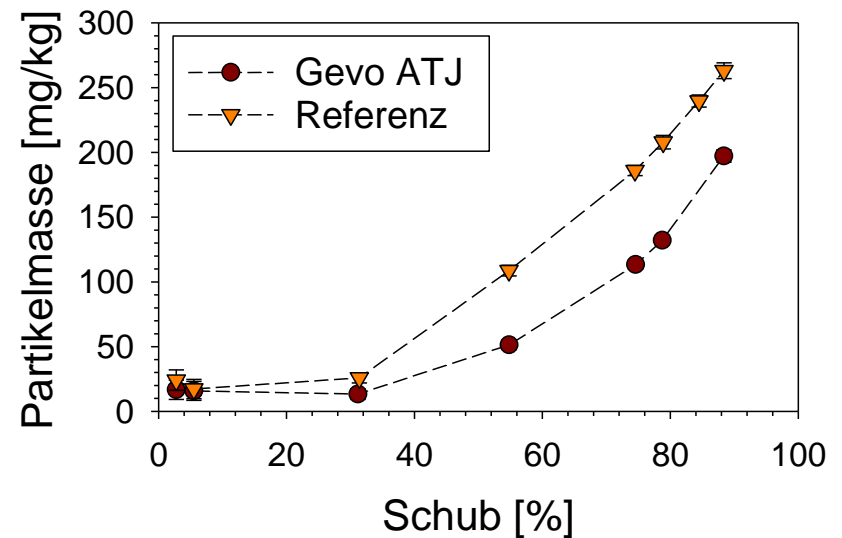
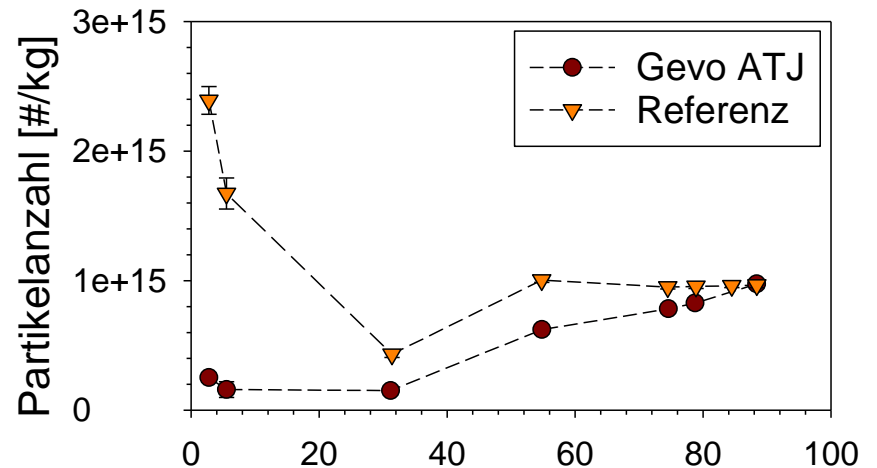
- Erprobung von
 - „drop-in“ Treibstoffe (sofort spezifikationsgerecht einsetzbar)
 - „near-drop-in“ Treibstoffe (erfüllen nicht jede aktuelle Spezifikation; meist aromatenarm)
 - Weiterentwicklung von Spezifikationen
 - Optimierung von Triebwerken für moderne Treibstoffe hinsichtlich der Partikelemissionen



Alternative Kraftstoffe ohne fossilen Anteil



- 100% ATJ auf einem CFM56-5C4 Triebwerk
- Deutliche Partikelreduktion / gleiche NO_x- und CO-Emissionen
- Keine Probleme beim Triebwerksbetrieb



Daten aus: Schripp, T., et al., 2019. Particle emissions of two unblended alternative jet fuels in a full scale jet engine. Fuel 256, 115903



Fazit

- Entwicklung und Anwendung alternativer Treibstoffe in der Luftfahrt haben in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht
- Die wesentlichen Hürden sind Rohstoffverfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit
- Die Weiterentwicklung von Treibstoffnormen erfolgt gründlich, um die Sicherheit zu gewährleisten
- Die Beimischung erneuerbarer alternativer Treibstoffe reduziert die CO₂- und die Rußemissionen
- Die breite Verwendung von 100% nicht-fossilem Treibstoff in der Luftfahrt ist derzeit unwirtschaftlich und benötigt noch viele Jahre der Entwicklung



Mit „blends“ fliegen wir in vielen Fällen schon heute!



Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Vielen Dank außerdem an
die beteiligten Kollegen bei DLR-VT
die Kollegen von den Flugexperimenten (DLR-FX)
die Kollegen von der Wolkenphysik (DLR-PA)

Sicherheit

Logistik

Strom

Normen

gas-to-liquid

HEFA

Verfügbarkeit

Energiewende

Schadstoffe

Zulassung

alcohol-to-jet

Klimawandel

Teller vs. Tank



Importabhängigkeit

Kosten

Antriebskonzepte

Politik

power-to-liquid

