

# ***Expertenanhörung Ultrafeinstaub - Möglichkeiten zur Minderung von UFP –***

## **Alternative Treibstoffe in der Luftfahrt**

Dr. Tobias Schripp  
*Institut für Verbrennungstechnik  
DLR Stuttgart*



Wissen für Morgen



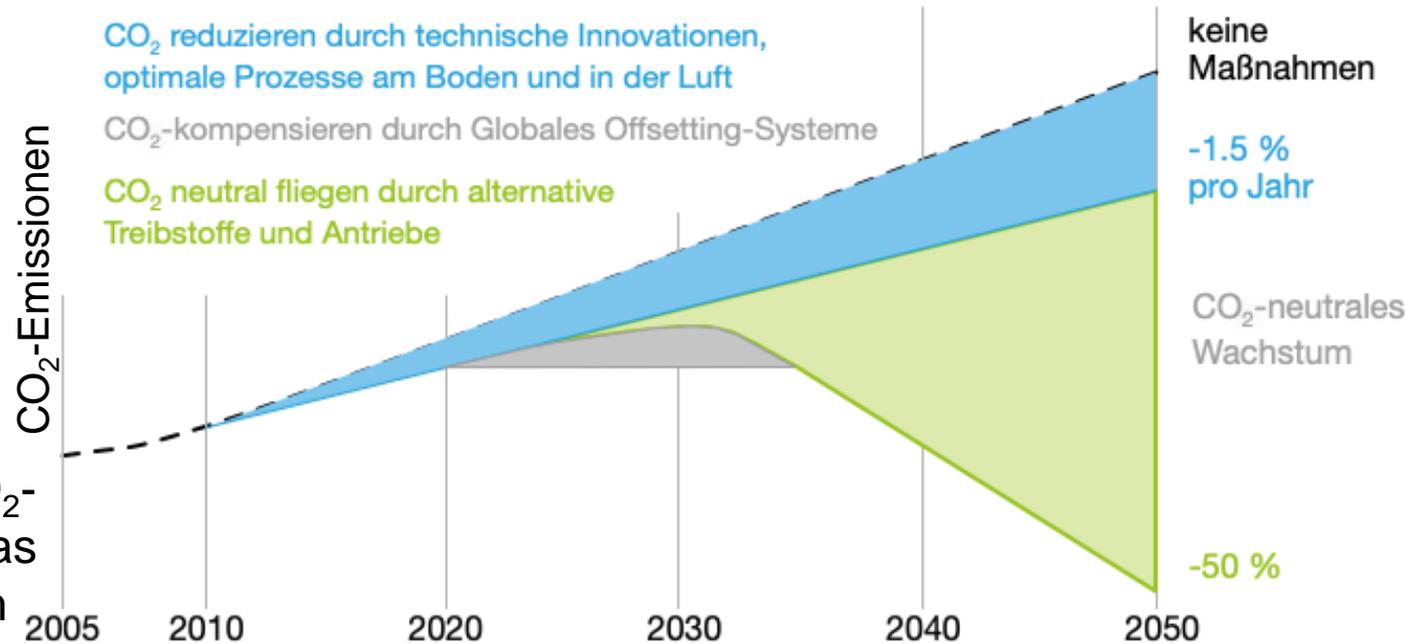
# CO<sub>2</sub>-Emissionen der Luftfahrt

## ■ Die Luftfahrt

- ist verantwortlich für ca. 2 - 3% der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen
- wächst im Durchschnitt ca. 5% pro Jahr

## IATA-Ziele

- Steigerung der Treibstoffeffizienz um 1,5% pro Jahr
- CO<sub>2</sub>-neutrales Wachstum ab 2020
- Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf das Level von 2005 im Jahr 2050



37th ICAO Assembly in October 2010



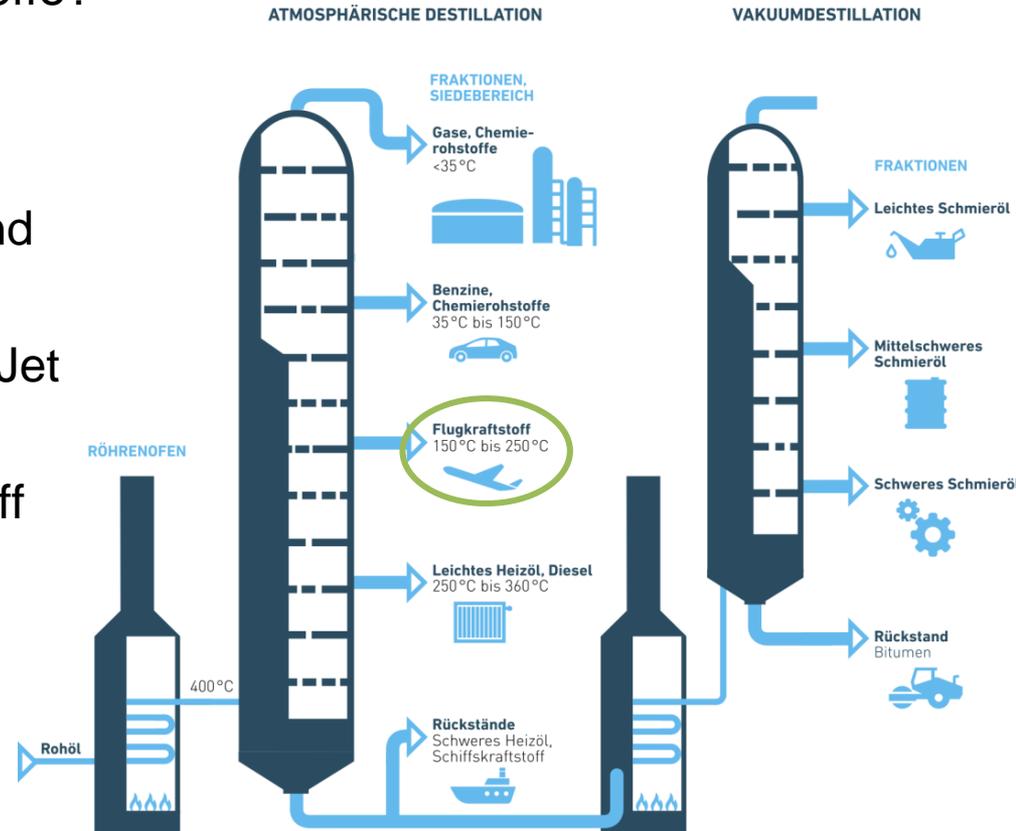
# Was sind alternative Treibstoffe?

## ■ 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?

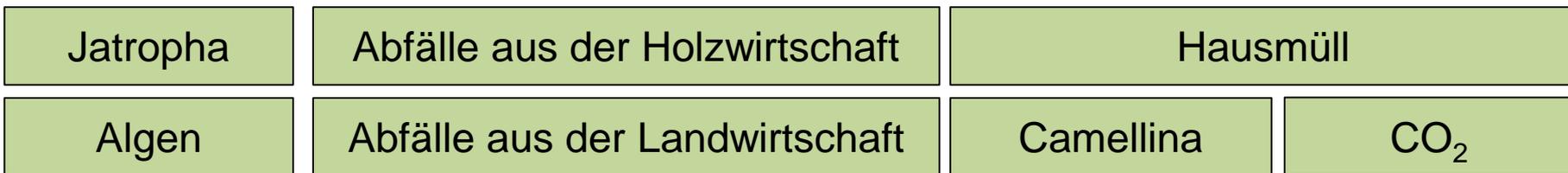
- **Erneuerbare Quellen**
- Zulassung als Luftfahrt-Treibstoff **streng geregelt**



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. IH<sup>2</sup>) ...



ggf.

Synthesegas (Wasserstoff und Kohlenmonoxid)

Fischer-Tropsch-Anlage

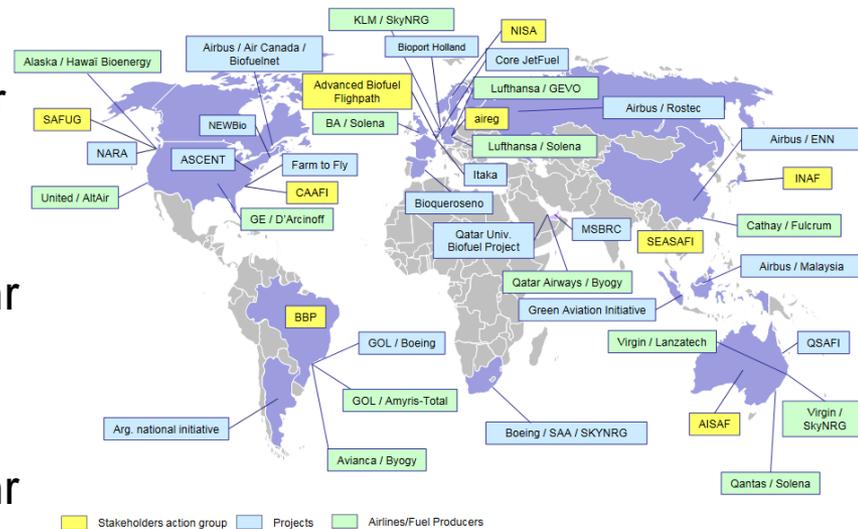
Raffination und Aufarbeitung

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. m<sup>3</sup> (5 Mt) in 2025 und 8 Mill. m<sup>3</sup> (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

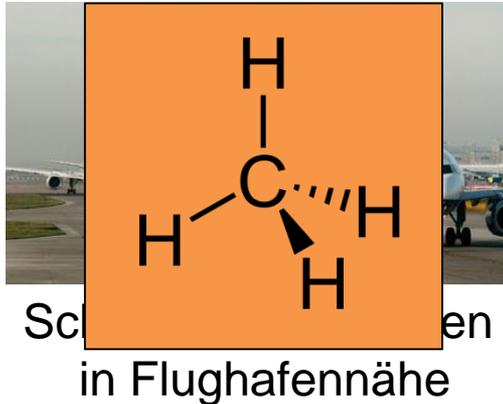
ASTM D7566 “Standard specification for aviation turbine fuels **containing synthesized hydrocarbons**” (Erste Version: 2009)

- 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  $\text{NO}_x$  zu erhöhen.

Umwelteinfluss in großen Höhen  
Bildung von Zirruswolken



# Rußbildung bei alternativen Treibstoffen



**„konventionell“**

**„alternativ“**

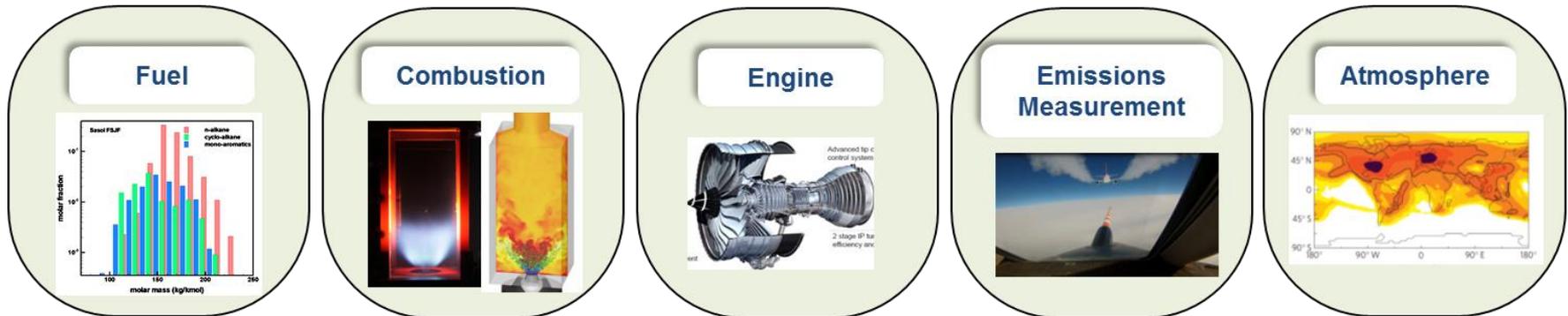


# DLR-Projekt ECLIF

## Emission and **C**limate 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

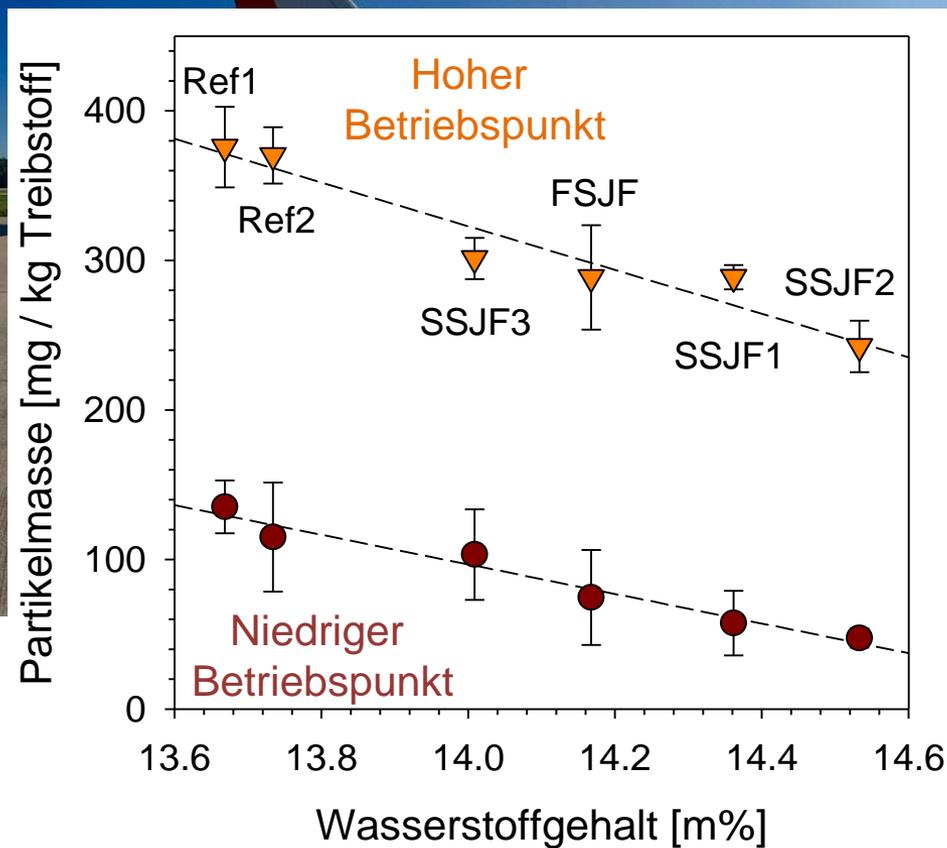
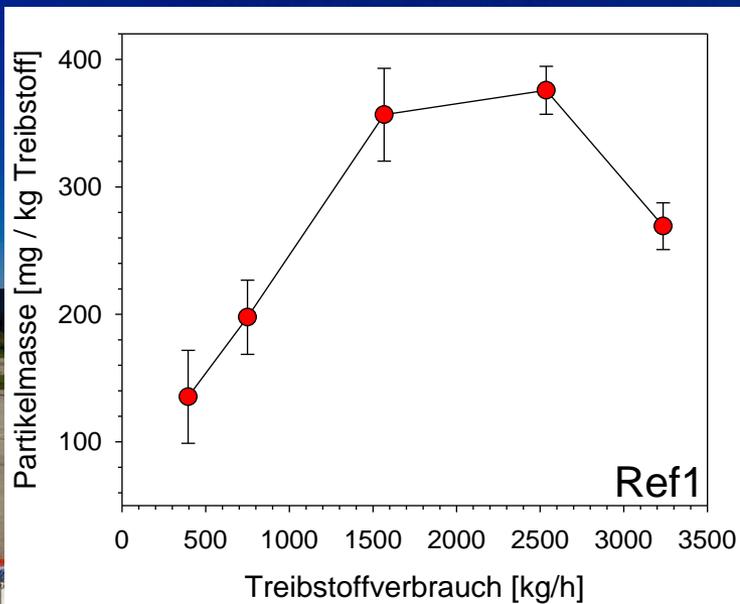


- September 2015 (Manching)
- 4 alternative Kraftstoffe, 2 Referenzen
- A320 (ATRA) als Quelle, Falcon 20-E5 als Messplattform
- 30 h Flug
- 5 h Bodenmessungen

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



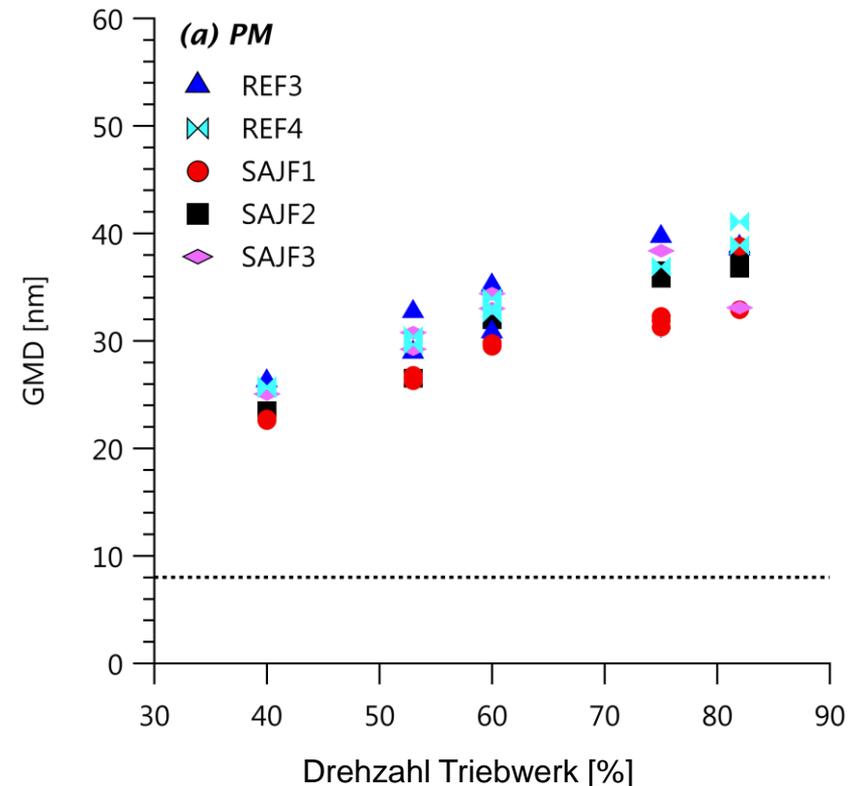
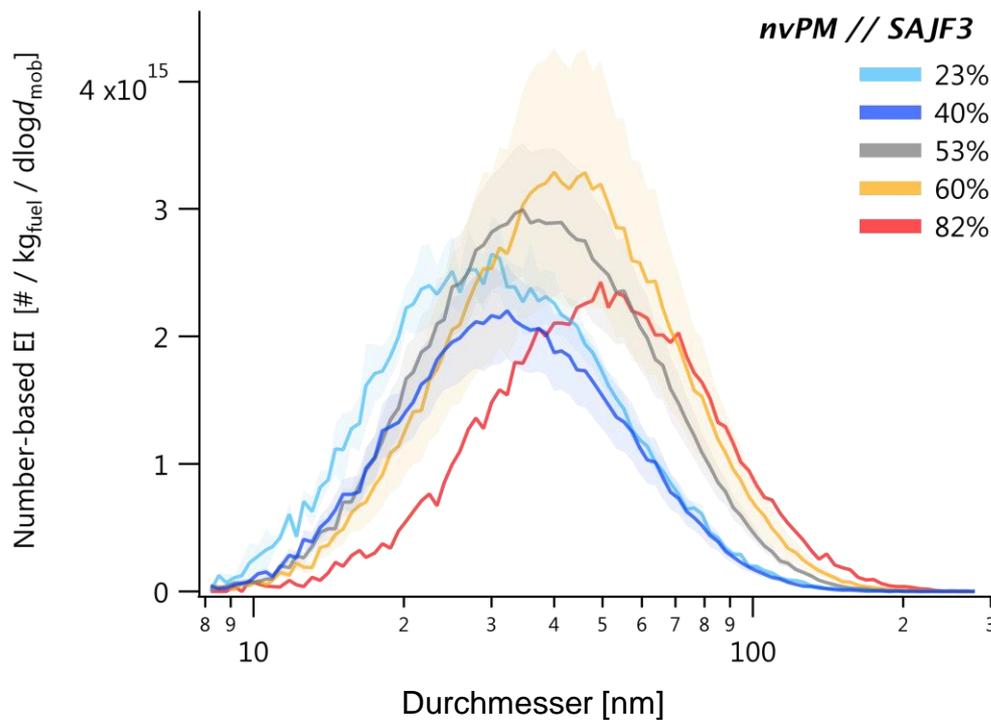
# Bodenmessungen an A320



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**

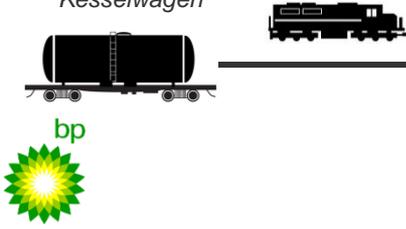
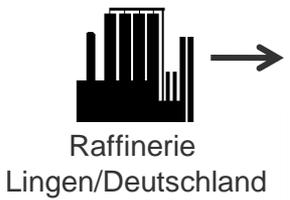


# DEMO-SPK Logistik

**Fossiles JET A-1**

**472,5 m<sup>3</sup>**

*Kesselwagen*



**ATJ**

**46,2 m<sup>3</sup>**

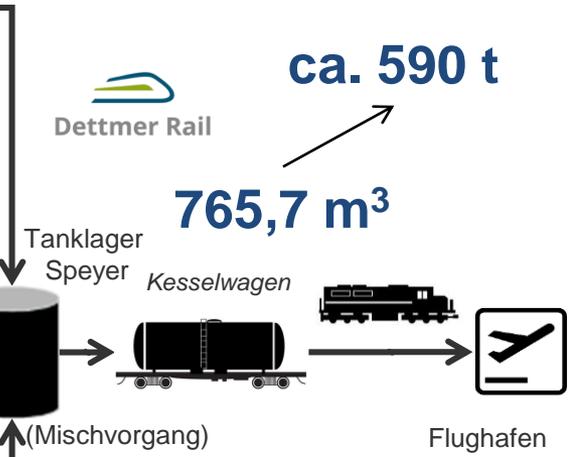
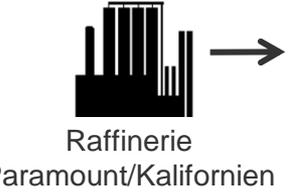
*Tankcontainer*



**HEFA**

**247 m<sup>3</sup>**

*Tankkraftwagen*



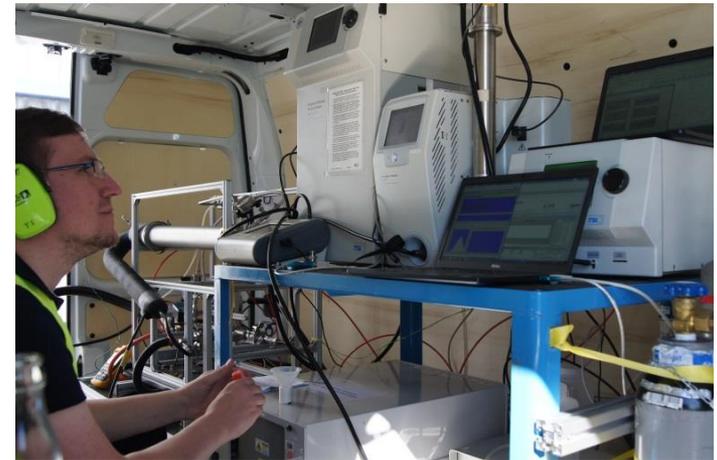
**ca. 590 t**

**765,7 m<sup>3</sup>**

(Mischvorgang)



# Emissionsmessungen an einem A300-600 (2018)



# Anstehende Herausforderungen

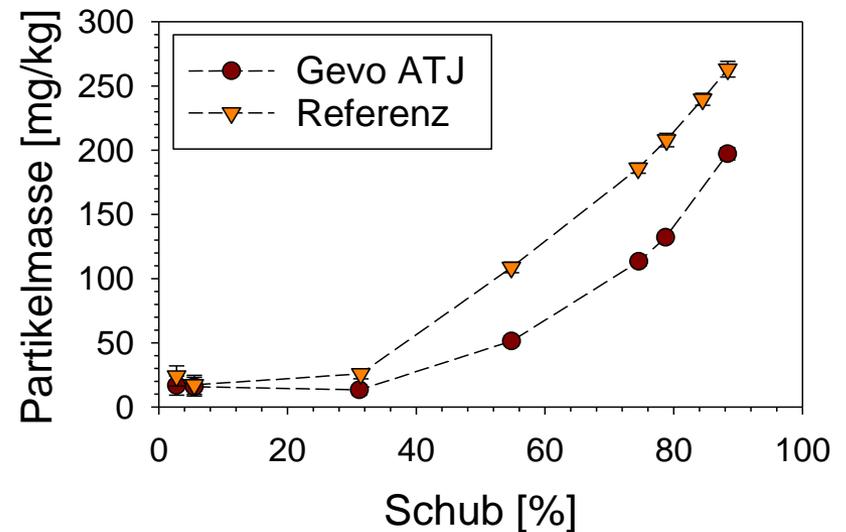
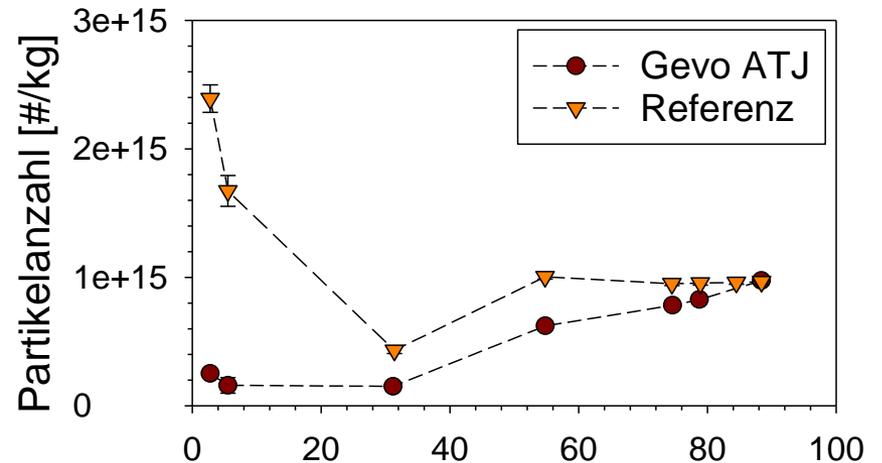
- Hemmnisse für den Einsatz alternativer Kraftstoffe abbauen:
  - Produktionskapazität / Skalierung
  - Lokale Transportketten aufbauen
  
- Lokale Projekte starten → Zu großen Projektnetzwerken weiterentwickeln
  
- Erprobung von
  - „drop-in“ Treibstoffe (sofort spezifikationsgerecht einsetzbar)
  - „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<sub>x</sub>- 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 CO<sub>2</sub>- 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

