

Nationaler Vernetzungsworkshop Biotreibstoffe, Wien am 06. Juni 2024
„Biotreibstoffe zur Dekarbonisierung des Verkehrs“

Sustainable Aviation Fuels: Nachhaltige Flugkraftstoffe im Selbstgezündeten Kerosinmotor

The logo for IFAO (Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik) features the letters 'IFAO' in a bold, blue, sans-serif font. A blue swoosh underline starts under the 'A' and curves around the 'O'.

Institut für Fahrzeugantriebe
& Automobiltechnik

Dipl.-Ing. Florian Kleissner

Agenda

- Vorstellung: Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik
- Motivation und Problemstellung
- Projekt: Ziele und Methodik
- Messmethodik/Kraftstoffstrategie
- Messergebnisse (Prüfstand)
- Zusammenfassung



Agenda

- Vorstellung: Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik
- Motivation und Problemstellung
- Projekt: Ziele und Methodik
- Messmethodik/Kraftstoffstrategie
- Messergebnisse (Prüfstand)
- Zusammenfassung



Vorstellung: Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik

Neues Entwicklungs- und Testzentrum (Eröffnung 2020)



Vorstellung: Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik

Neues Entwicklungs- und Testzentrum (Eröffnung 2020)



Antriebsprüfzelle



Belastungsmaschine



Bedienstand



Batteriesimulator/-emulator



BZ-Prüfzelle



4-Rad Rollenprüfstand

Agenda

- Vorstellung: Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik
- Motivation und Problemstellung
- Projekt: Ziele und Methodik
- Messmethodik/Kraftstoffstrategie
- Messergebnisse (Prüfstand)
- Zusammenfassung



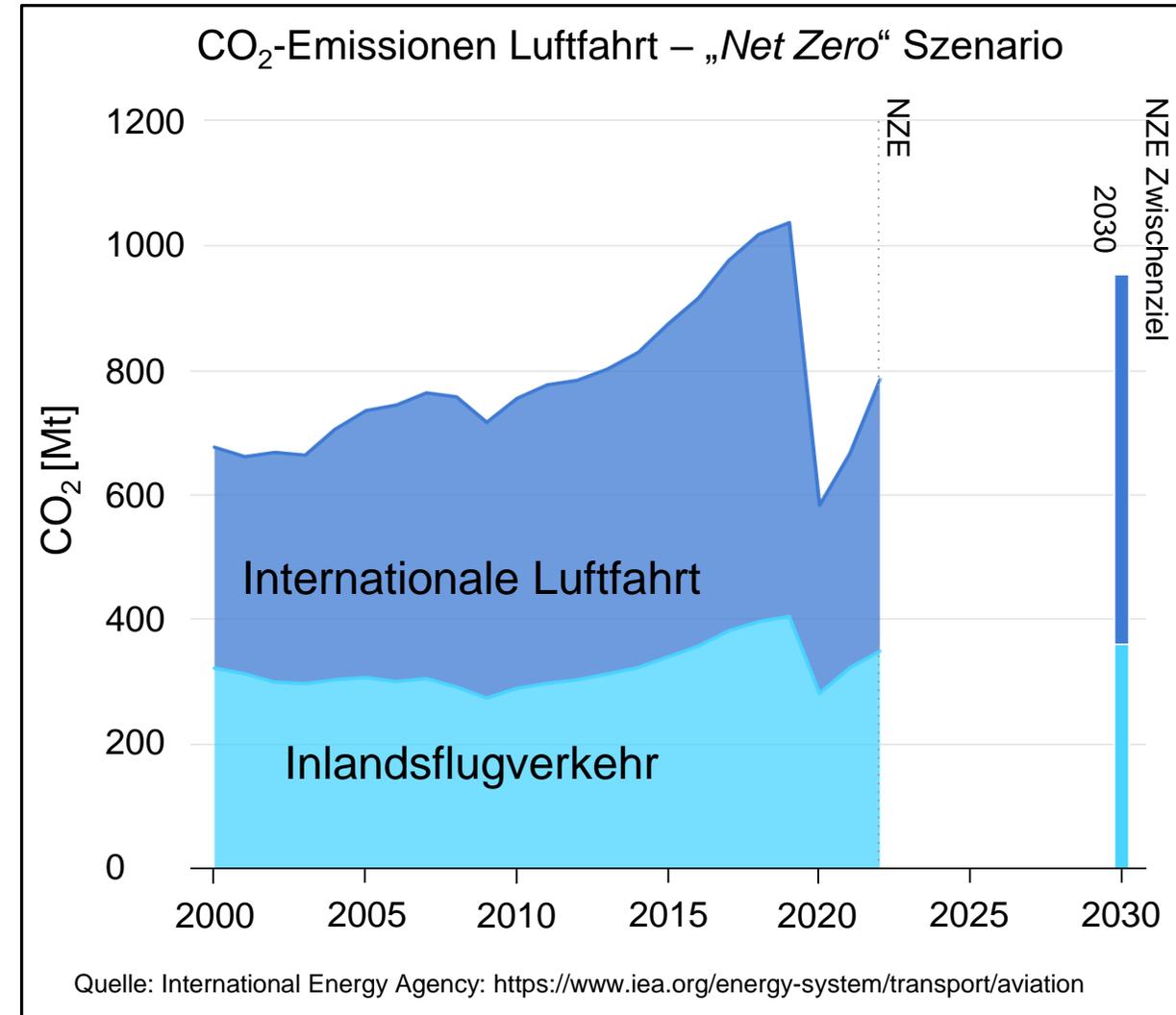
Motivation und Problemstellung

Aktuelle Entwicklung des Flugsektors

- Der globalen Luftfahrtindustrie können **2-3 %** der **weltweiten CO₂-Emissionen** zugeschrieben werden¹
- Im **Verkehrssektor** ist die **Luftfahrtindustrie** für ca. **12 % der CO₂-Emissionen** verantwortlich²
- Im **Oktober 2022** haben die Mitglieder der **Internationalen Zivilluftfahrtorganisation** (ICAO) das langfristige Ziel definiert, bis **2050 Netto-Null CO₂-Emissionen** zu erreichen

¹International Energy Agency – IEA, „Tracking Aviation,“ <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>

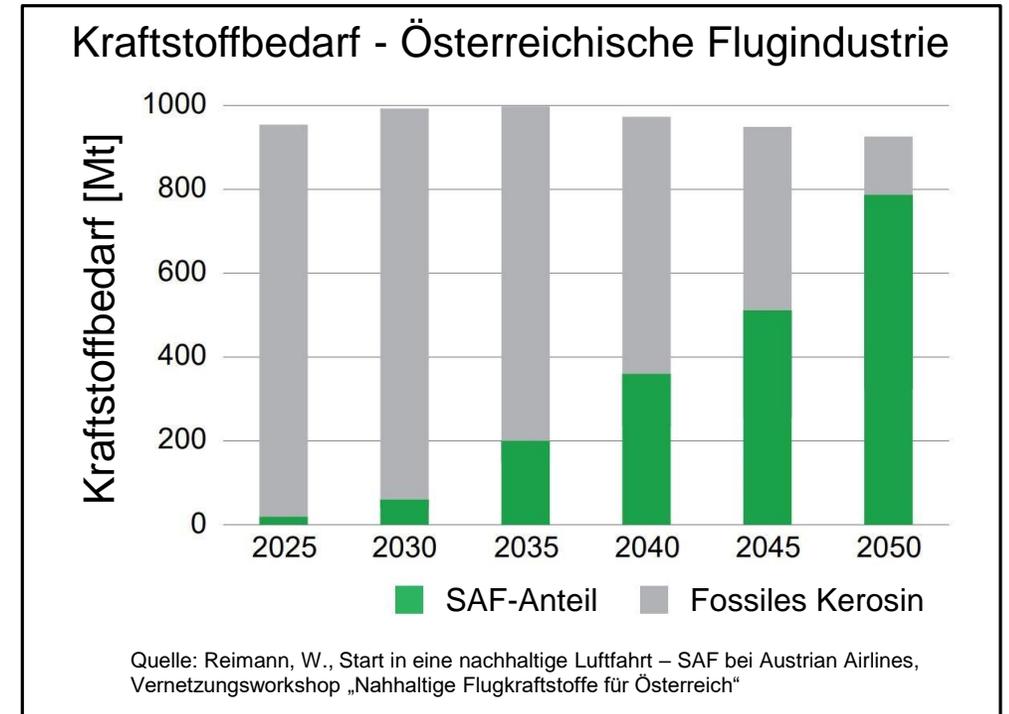
²Air Transport Action Group – ATAG, „Facts and Figures,“ <https://atag.org/facts-figures>



Motivation und Problemstellung

Aktuelle Entwicklung des Flugsektors – Sustainable Aviation Fuels

- Zur Erreichung des **Netto-Null-Ziels** wird neben der **Effizienzsteigerung** von Triebwerken, der **Optimierung** von Bodenabfertigungsprozessen, etc. der **Einsatz von SAF als Schlüsselfaktor** gesehen
 - SAFs werden nach **ASTM D7566** klassifiziert:
 - **Variable Beimischraten** fordern „**Drop-in-Qualität**“
 - **Tests** im Zuge der **Kraftstoffzulassung** nur mit **Strahltriebwerken**
 - **Relevante Kraftstoffeigenschaften** für den Einsatz im **selbstgezündeten Kolbenmotor** (z.B. Cetanzahl) laut Norm **nicht definiert**
- **Untersuchung des Einsatzes von SAF im selbstgezündeten (Kerosin-)Kolbenmotor & Optimierung des Brennverfahrens mittels zylinderdruckbasierter Verbrennungsregelung**



Agenda

- Vorstellung: Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik
- Motivation und Problemstellung
- Projekt: Ziele und Methodik**
- Messmethodik/Kraftstoffstrategie
- Messergebnisse (Prüfstand)
- Zusammenfassung



Projektziele

Sustainable Aviation Fuels: Nachhaltige Flugkraftstoffe im Selbstgezündeten Kerosinmotor

- **FFG-gefördertes Projekt (Take Off) mit den Projektpartnern Diamond Aircraft, Austro Engine und CMD:**

SAF Air Lab: Fluglabor für SAF zur Optimierung des Antriebs und Senkung der Emissionen

- **Projektziele:**

- **Einsatz von nachhaltigen Flugkraftstoffen (SAF) im selbstgezündeten Kerosin-Flugmotor**
- **Optimierung des Motorbetriebs für eine große Bandbreite an SAFs**
- **Absenkung von gasförmigen- sowie Rußemissionen**



 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Projektmethodik

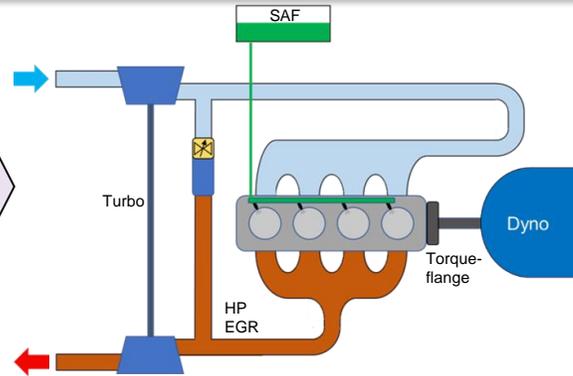
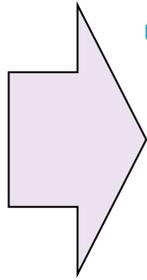
Sustainable Aviation Fuels: Nachhaltige Flugkraftstoffe im Selbstgezündeten Kerosinmotor



Kraftstoffanalyse

Kraftstoffanalyse:

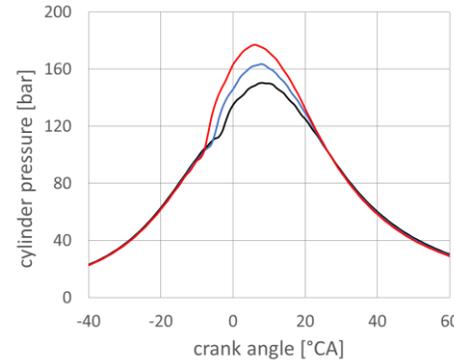
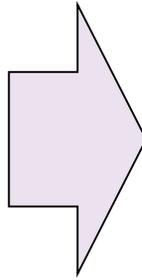
Erhebung von relevanten Kraftstoffparametern wie z.B. Cetanzahl & Heizwert



Prüfstandsuntersuchungen

Prüfstandsuntersuchungen mit Basismotor:

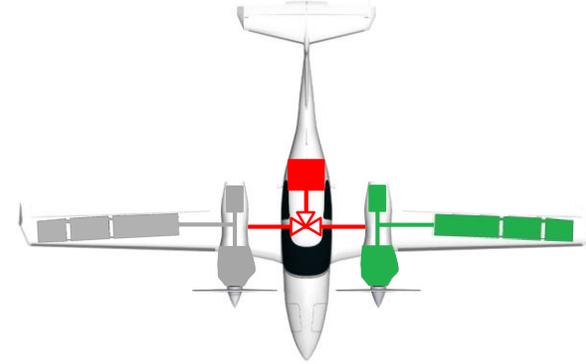
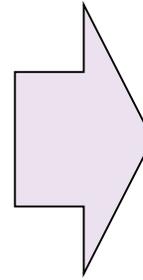
Direkteinspritzender, selbstgezündeter 4-Zylinder Kerosinmotor



Zylinderdruckbasierte Verbrennungsregelung

On- und offline Brennverfahrensoptimierung:

Auswertung des Zylinderdrucksignals durch Hochdruck-indizierung & Anpassung von Steuergeräteparametern



Fliegendes Labor „SAF Air Lab“

Fliegendes Labor:

Tests unter realen Betriebsbedingungen im fliegenden Labor („SAF Air Lab“)

Agenda

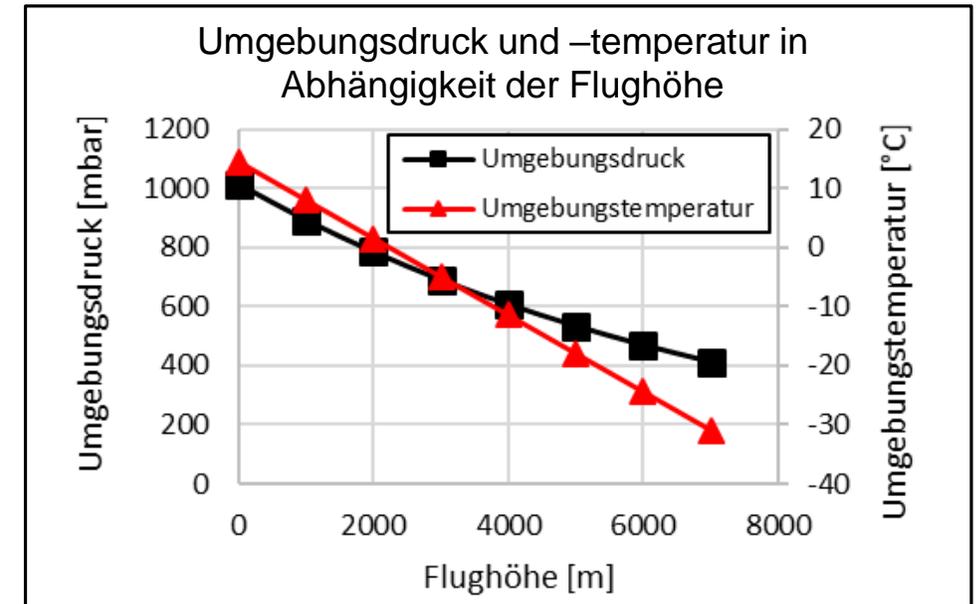
- Vorstellung: Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik
- Motivation und Problemstellung
- Projekt: Ziele und Methodik
- Messmethodik/Kraftstoffstrategie**
- Messergebnisse (Prüfstand)
- Zusammenfassung



Messmethodik/Kraftstoffstrategie

Vorabuntersuchungen am Motorenprüfstand

- Um ein **breites Spektrum an Kraftstoffqualitäten** abzudecken, wurden Kraftstoffe mit deutlich **unterschiedlichen Eigenschaften** am **Prüfstand** untersucht:
 - **Kerosin Jet A1** als Referenz
 - **HVO** (Hydrotreated-Vegatable-Oil) → **oberster Cetanzahlbereich** durch lange Kohlenstoff-Ketten
 - **AtJ** (Alcohol-to-Jet) → **niedrigste Cetanzahlen** durch sehr kurze Kettenlängen (Alkoholbasis)
- Untersucht wurde ein **simulierter Höhenflug-Betriebspunkt** mit den Randbedingungen:
 - Reduzierter **Umgebungsdruck**
 - Reduzierte **Umgebungstemperatur**
 - Hochlast-Betriebspunkt (90 % der max. Motorleistung)



Agenda

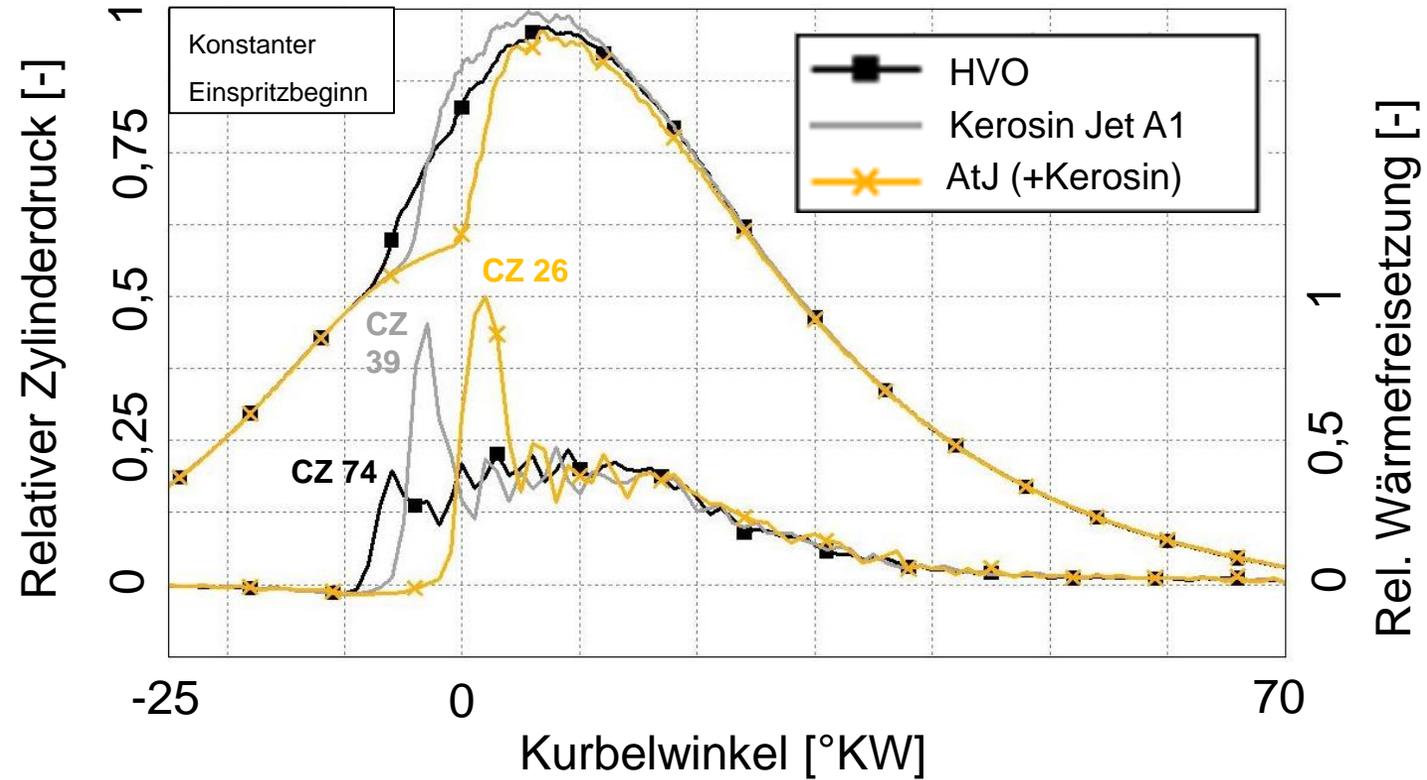
- Vorstellung: Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik
- Motivation und Problemstellung
- Projekt: Ziele und Methodik
- Messmethodik/Kraftstoffstrategie
- Messergebnisse (Prüfstand)
- Zusammenfassung



Messergebnisse

Voruntersuchungen am Motorenprüfstand

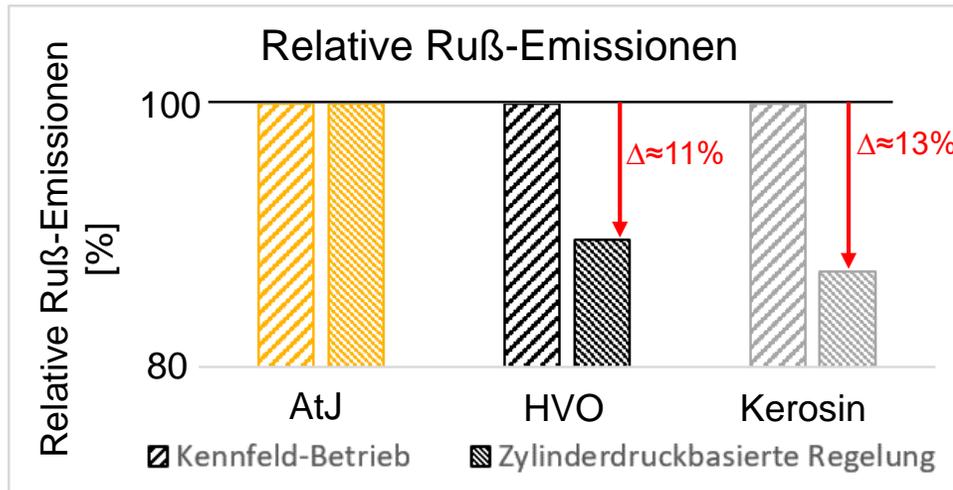
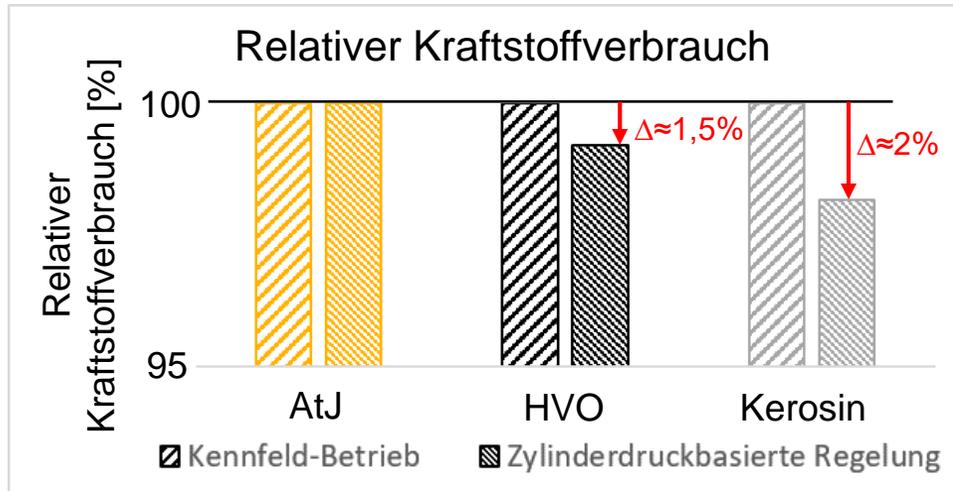
- **Unterschiedliche Cetanzahl (CZ)**
(HVO ≈ 75 vs. AtJ ≈ 15) führt zu:
 - Abweichenden **Zündverzügen**
 - **Unterschiedlichen Anteile an vorgemischter/diffusiver Verbrennung**
- ➔ **Signifikanter Einfluss auf Wirkungsgrade, gasförmige- & Ruß-Emissionen, Bauteilbelastung, Geräusentwicklung, etc.**



Einsatz einer zylinderdruckbasierten Verbrennungsregelung um unterschiedliche Kraftstoffqualitäten zu berücksichtigen

Messergebnisse

Vorabuntersuchungen am Motorenprüfstand



Hinweis: Als Referenz wurde **jeweils** der Standard-Kennfeldbetrieb herangezogen

- Potential einer **zylinderdruckbasierten Verbrennungsregelung** im Vergleich zur **konventionellen Kennfeld-Bedatung** (optimiert für **AtJ**):
 - **Wirkungsgradsteigerung** durch **Online-Brennverfahrensoptimierung** für **große Bandbreite** an nachhaltigen Flugkraftstoffen (SAF)
 - **Optimierung Ruß-Emissionen**: Reduzierte Rußpartikel senken auch das Treibhausgaspotential von SAF
 - **Optimierung Bauteilbelastung & Geräusentwicklung**
 - etc.

Agenda

- Vorstellung: Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik
- Motivation und Problemstellung
- Projekt: Ziele und Methodik
- Messmethodik/Kraftstoffstrategie
- Messergebnisse (Prüfstand)
- Zusammenfassung



Zusammenfassung

Sustainable Aviation Fuels: Nachhaltige Flugkraftstoffe im Selbstgezündeten Kerosinmotor

- ❑ **Nachhaltige Flugkraftstoffe (SAF) als Schlüsselfaktor** zur Erreichung von „**Netto-Null**“
- ❑ **Chemische** und **physikalische Eigenschaften** von **SAF** abhängig von **Ausgangsrohstoff & Herstellungsverfahren** → laut **ASTM-Norm** nur für den Einsatz im **Strahltriebwerk relevante Parameter** definiert
- ❑ **Untersuchungen am selbstgezündeten Kerosinmotor** mit derzeit **vorherrschend eingesetzten Beimischkomponenten (HVO, AtJ, FTK)**:
 - Deutlich **unterschiedliche Zündverzugszeiten** führen zu **verzögertem oder vorzeitigem Brennbeginn**
 - ➔ **Signifikanter Einfluss** auf **Wirkungsgrade, Emissionen, Spitzendruck, Abgastemperatur, etc.**
 - Einsatz einer zylinderdruckbasierten **Verbrennungsregelung**, um Brennverfahren in Echtzeit zu **optimieren zeigt ein Kraftstoff-Einsparungspotenzial von ca. 3% (im oberen Lastbereich)**
- ❑ **Ausblick fliegendes Labor**: Untersuchung von verschiedenen SAFs im Realbetrieb unter Einsatz einer zylinderdruckbasierten Verbrennungsregelung

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Institut für Fahrzeugantriebe
& Automobiltechnik

Dipl.-Ing. Florian Kleissner

florian.kleissner@ifa.tuwien.ac.at

Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik

Technische Universität Wien

Getreidemarkt 9

1060 Wien, Austria

*Das Projekt „SAF Air Lab“ wird gefördert bzw. finanziert im Rahmen des Take-Off Programms von der Österreichischen
Forschungsförderungsgesellschaft.*