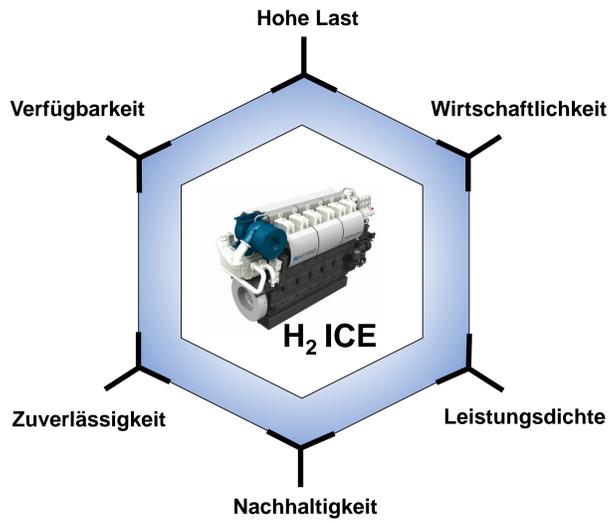


Verbrennungsoptimierung für Wasserstoff-Großmotoren

Gas-Großmotoren: Alternative Kraftstoffe und Brennverfahrensoptimierung

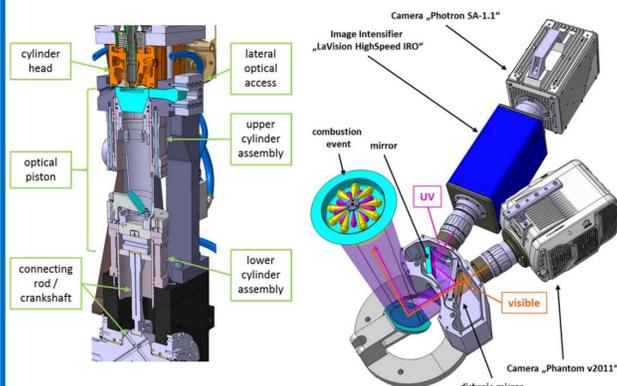
Motivation



- **Systemverständnis**
- Identifikation von Verbrennungsanomalien
- **Leistungssteigerung** für industrielle Applikation
- **Effiziente Nutzung** von nachhaltig regenerativ erzeugtem H₂

Methodik

Optische Untersuchung des Brennraums



Volloptischer Aufbau zur Betrachtung des Brennraums während der Verbrennung. Strahlengang geteilt in UV- und sichtbares Licht nach [2]

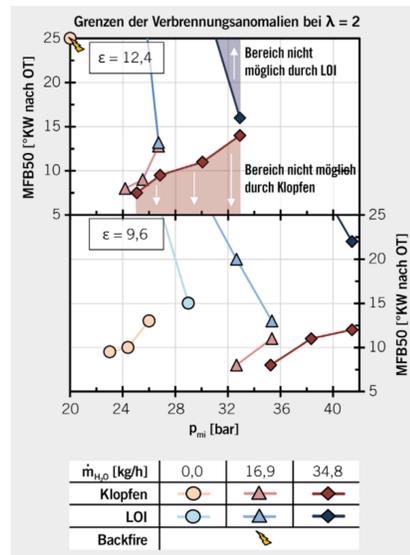
Versuchsträger



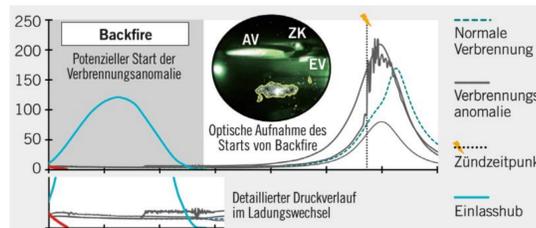
Versuchsträger	Einheit	Wert
Bohrung	mm	210
Hub	mm	170
Epsilon	-	<13.8
Hubraum	L	4.8
max. Drehzahl	U/min	1500
Leistung eff.	kW	225

Ergebnisse

Leistungspotenzial und Betriebsgrenzen bei H₂-Betrieb [4]

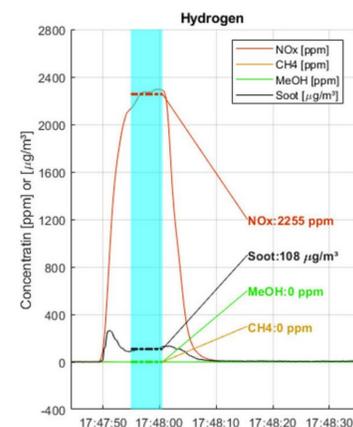


- Mitteldrücke bis 42 bar
- Wassereinspritzung, hoher Ladedruck und Miller-Steuerzeiten
- Betriebsgrenzen durch Klopfen und LOI



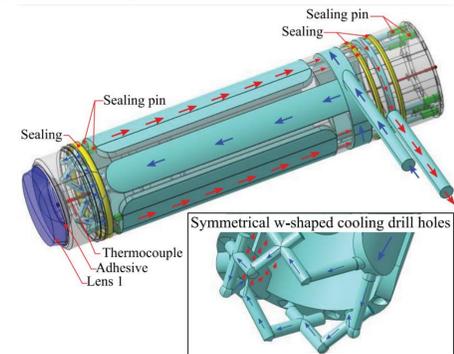
- Einschränkung der Betriebsgrenzen durch Verbrennungsanomalien (LOI, Klopfen, Backfire und Vorentflammung)
- Optische Detektion von Verbrennungsanomalien

Emissionen bei High-Pressure Dual-Fuel Verbrennung von H₂ [1]



- Konventioneller Pilot-Kraftstoff
- Keine THG-Emissionen in H₂ Betrieb
- Hohe NO_x-Bildung bei H₂ Betrieb durch hohe Spitzentemperaturen

Entwicklung eines Zugangs zur minimal-invasiven Brennraumbeobachtung [3]



- Ermöglicht Topdown-Betrachtung des Brennraums in betriebsnahen Zuständen
- Zusätzliche Endoskopie ermöglicht gesamtheitliche Betrachtung des Brennraumes

Erkenntnisse

- Erreichung von **wirtschaftlichen Leistungsdichten** mit vollständiger Wasserstoffsubstitution möglich
- **Optimierungspotenzial** durch heuristische Betrachtung von Gemischbildung, Einspritzung und Zündung
- Brennraum beobachtbar durch neu entwickelte optische Zugänge bei **höchster Leistungsdichte**
- **Emissionsminimierung** durch AGN oder angepasste Brennverfahren

Ausblick

- Optische Untersuchungen bei 100% H₂-Substitutionsrate im Rahmen von **HydroPoLen** (Hydrogen Powered Large Engines)
- **Verbrennungsoptimierung** durch Low-Pressure DI, Optimierung Kanal- und Kolbengeometrien
- Abgasrückführung zur **NO_x-Reduktion**
- **Defossilisierung und Decarbonisierung** im maritimen und Energiebereich
- Verschieben bestehender **Betriebsgrenzen** bei H₂-Betrieb

Quellen:

- [1] Gleis, S. et al. „Optical analysis of the combustion of potential future E-fuels with a high pressure dual fuel injection system“, 14th international AVL Symposium on Propulsion Diagnostics 2020
- [2] S. Gleis, S. Frankl, M. Prager, G. Wachtmeister et al., „Investigation of the High-Pressure-Dual-Fuel (HPDF) combustion process of natural gas on a fully optical accessible research engine“, JSAE 2019
- [3] Karmann, S., Kunkel, C., Prager, M., and Wachtmeister, G., „A New Optical Access for Medium Speed Large Bore Marine Engines under Full-Load Operating Conditions.“ SAE Int. J. Engines 14(6):2021.doi:10.4271/03-14-06-0052.
- [4] Eicheldinger, S. et al. „Leistungspotenzial von Wasserstoffverbrennungsmotoren für Industrieanwendungen“, MTZ 09/22