

# Optische Untersuchung der Zündeigenschaften einer Vorkammerzündkerze in einem HD-Gasmotors

Felix Rosenthal, Dr.-Ing. Olaf Toedter, Dr.-Ing. Heiko Kubach, Prof. Thomas Koch (KIT),  
Werner Niessner, Peter Janas (Federal Mogul Ignition GmbH)

## Motivation

- Durch eine schnellere Verbrennung kann der Wirkungsgrad gesteigert werden
- Vorkammerzündkerzen verkürzen die Entflammungsphase und entzünden einen größeren Bereich im Brennraum

## Aufgabenstellung und Methodik

- Untersuchung des Zündverhaltens und dessen Auswirkung auf den Wirkungsgrad beim Einsatz von Vorkammerzündkerzen
- Bestimmung der Eindringtiefe der Fackelstrahlen in den Brennraum **ohne verschlossene Öffnung** an der Kerze
- Ausrüstung eines Versuchsmotors mit optischem Zugang für ein Endoskop
- Detektion der Strahlung ( $\text{CH}^*$ , ...) aus dem Zündstrahl der Vorkammer mittels High-Speed-Endoskopie
- Thermodynamische Analyse der Verbrennung

## Versuchsträger und Messtechnik

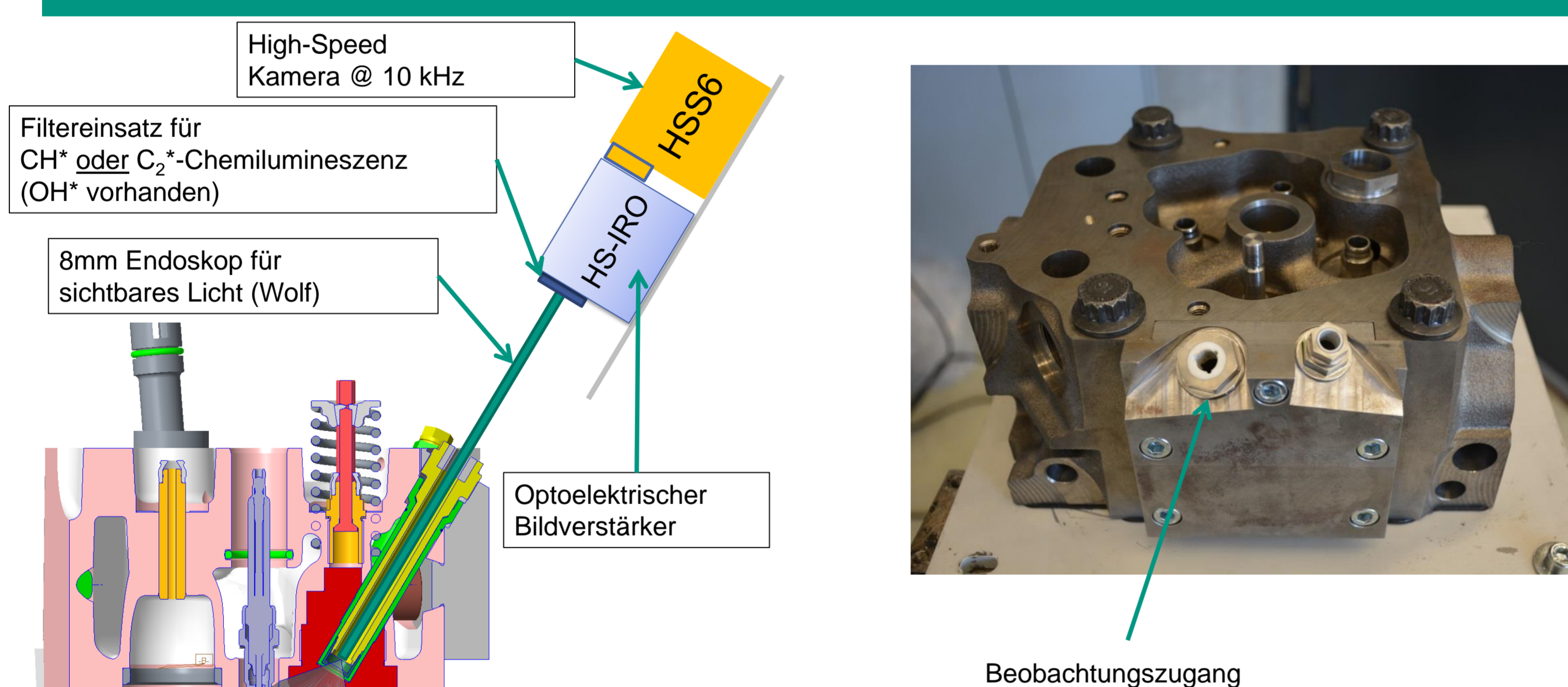
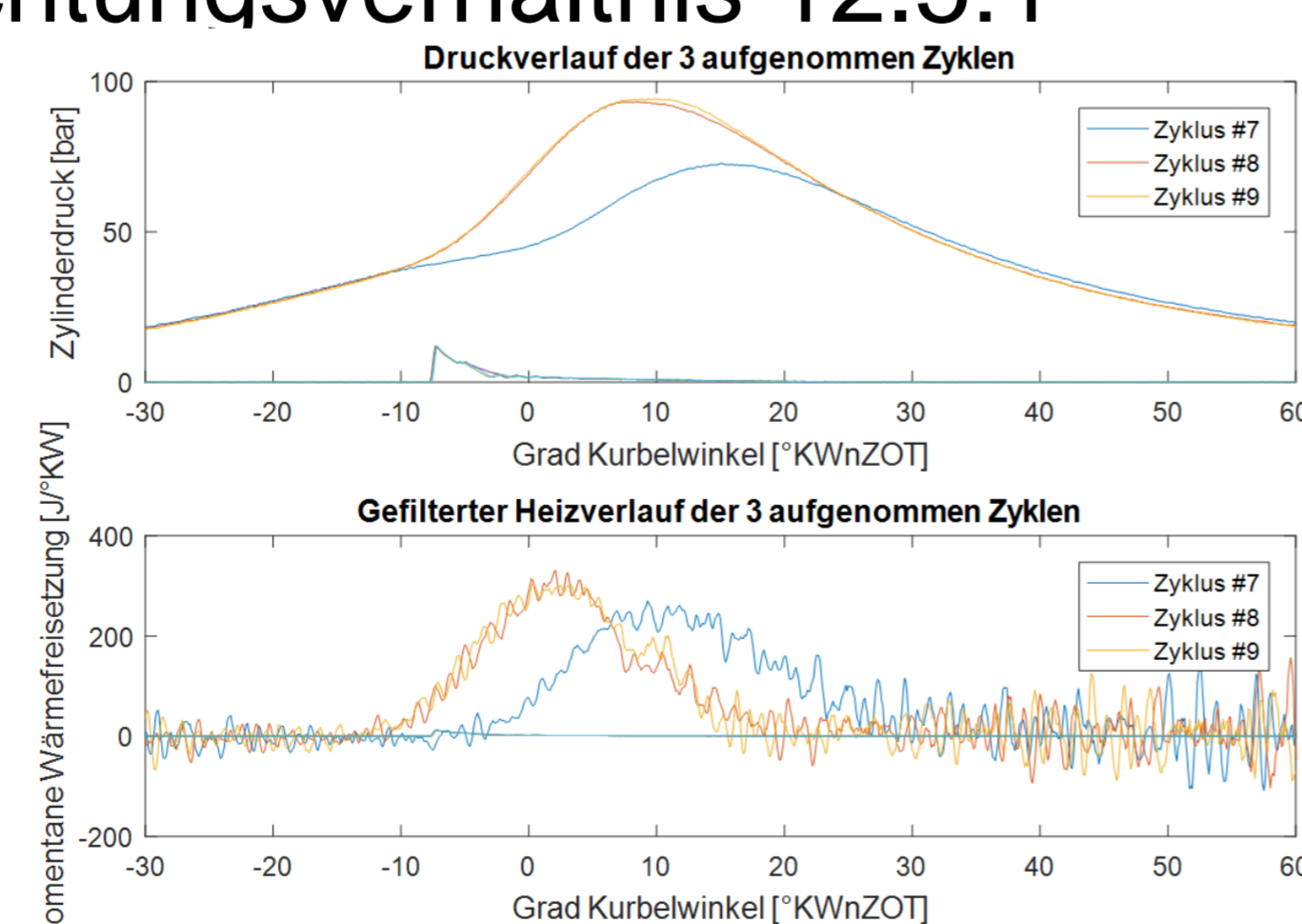


Abbildung 1: optischer Zugang zum Zylinderkopf

- Motor MTU BR 2000 Forschungseinzyylinder
- Hubraum  $V_h = 2.0 \text{ l}$ , Verdichtungsverhältnis 12.5:1
- Visualisierung & Vermessung von frühen Selbstzündungen:



## Fazit

- Thermodynamische und optische Aufnahmen zeigen, dass die M14-Vorkammerkerze bei mittleren Lasten thermisch stark belastet ist, was sich in vorgelagerten Zündungen auswirkt.
- Es konnten Selbstentflammungen in der Vorkammer **vor** elektrischem Zündbeginn visualisiert und vermessen werden.
- Die optische Auswertung der kalibrierten Bilder zeigt einen charakteristischen Geschwindigkeitsverlauf der „Fackeln“:
  - Hohe Geschwindigkeiten nach Brennverzug lassen einen Temperaturanstieg in der Kerze vermuten
  - Austretende Gase entflammen umliegendes Gemisch nur zögerlich
  - Kein vollständiger Durchbrand des Vorkammer-Volumens,  $\text{CH}^*/\text{C}_2^*$ -Radikale dominieren den „Fackelstrahl“

## Ergebnisse

### Highspeed-Aufnahme von 3 Zyklen mit $\text{CH}^*$ -Filter

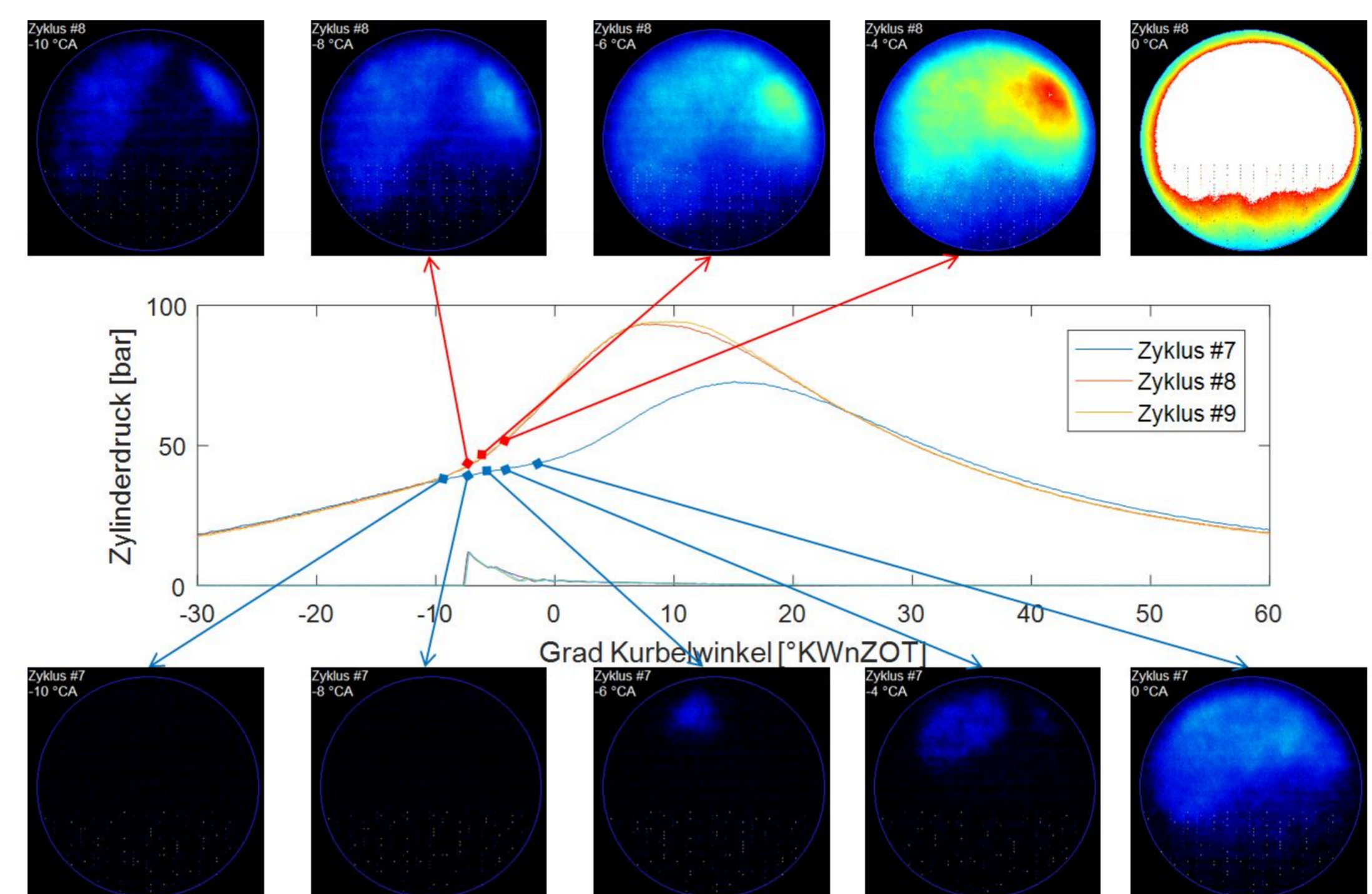


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der endoskopischen Aufnahmen und zugehörige Druck- und Heizverläufe

- Betriebspunkt:  
VK,  $n = 1500 \text{ U/min}$ ,  $Q_{\text{ges}} = 5500 \text{ J}$ ,  $\lambda = 1.6$ ,  $\text{ZZP} = -8^\circ \text{KW n ZOT}$

### Beobachtungen: Ursache für zu frühe Verbrennungen

- **Selbstzündung des Gas-Luft-Gemischs** in der Vorkammer vor ZZP!
- **keine Glühzündungen** an von der Zündkerzenkappe!
- Messungen mit dem thermodynamischen Zylinderkopf zeigten einen starken Anstieg der Oberflächentemperatur in Zündkerzennähe  
→ Zündkerze hat hohen Wärmestrom  
→ Vorkammer-Gastemperatur für Selbstzündung ausreichend  
→ thermische Energie in Vorkammerkerze ist zu hoch!

## Fackelstrahlausbreitung & Flammenfrontfläche

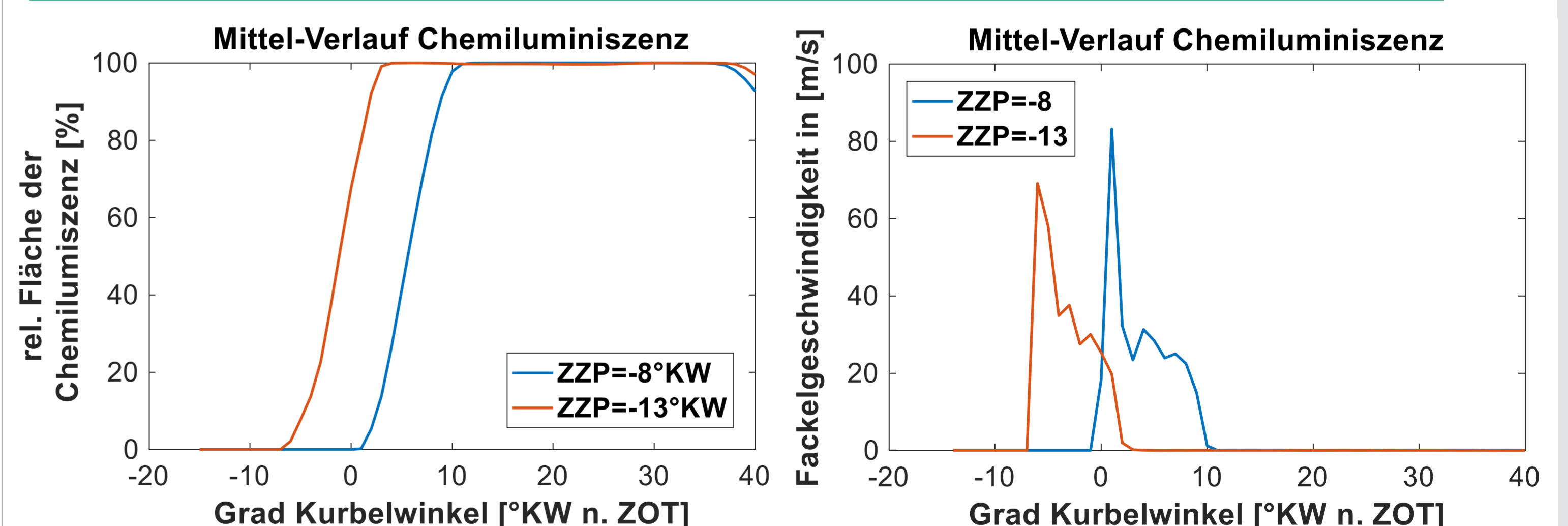


Abbildung 3: Analyse der Fackelstrahlen anhand ihrer Chemolumineszenz