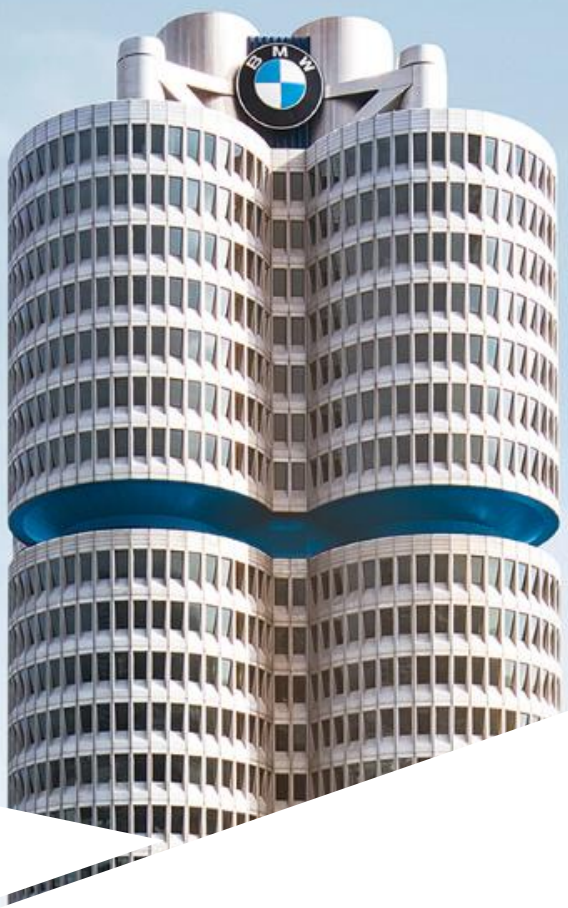
LASEROPTISCHE UNTERSUCHUNGEN DER INJEKTORKUPPENBENETZUNG FÜR OTTO-DI-INJEKTOREN BEI UNTERSCHIEDLICHEN THERMODYNAMISCHEN RANDBEDINGUNGEN.

P. FISCHER, B. DURST, F. HARTL, S. KUTZA, M. MIKLAUTSCHITSCH, G. UNTERWEGER
BMW AG

H. ROTTENGRUBER
IMS OVGU MAGDEBURG



BMW Group | 26. Juni 2018

BMW GROUP THE NEXT 100 YEARS

Rolls-Royce Motor Cars Limited

AGENDA.

1 Hintergrund und Motivation.

2 Versuchsaufbau und optische Messtechnik.

3 Messerfassung und Auswertung.

4 Untersuchungsergebnisse aus der Einspritzkammer.

5 Zusammenfassung.

AGENDA.

1 Hintergrund und Motivation.

2 Versuchsaufbau und optische Messtechnik.

3 Messerfassung und Auswertung.

4 Untersuchungsergebnisse aus der Einspritzkammer.

5 Zusammenfassung.

MOTIVATION UNTERSUCHUNG INJEKTORKUPPENBENETZUNG ALS PN-QUELLE.

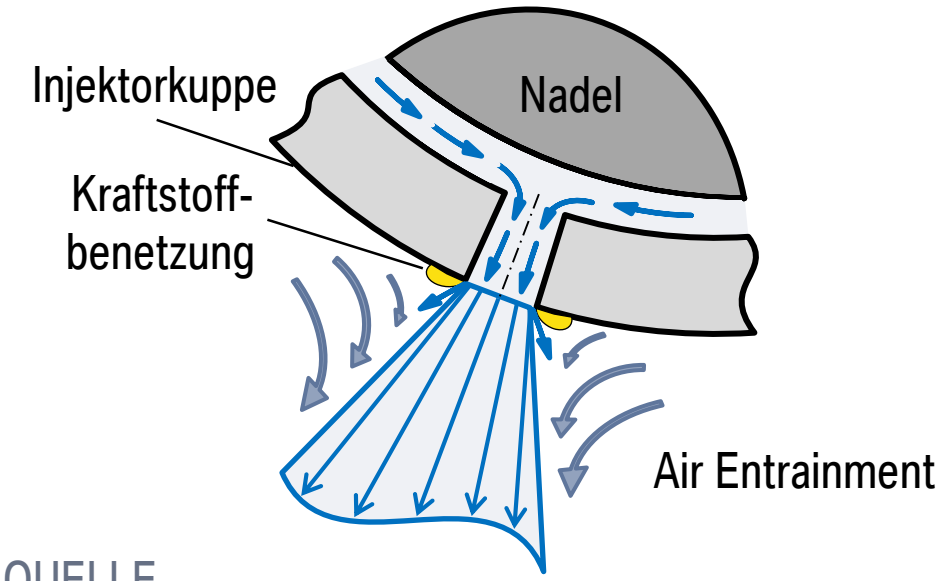
MOTIVATION PARTIKEL REDUZIERUNG.

- Ausweitung des zertifizierungsrelevanten KF-Bereiches durch Einführung von WLTP und RDE.
- Verschiebung des Betriebspunktkollektivs hin zu höheren Lasten und höherer Dynamik.
- Robuste Einhaltung der Abgasgrenzwerte in allen Motorbetriebszuständen und Märkten.

MOTIVATION UNTERSUCHUNG INJEKTORKUPPENBENETZUNG ALS PN-QUELLE.

MOTIVATION PARTIKEL REDUZIERUNG.

- Ausweitung des zertifizierungsrelevanten KF-Bereiches durch Einführung von WLTP und RDE.
- Verschiebung des Betriebspunktkollektivs hin zu höheren Lasten und höherer Dynamik.
- Robuste Einhaltung der Abgasgrenzwerte in allen Motorbetriebszuständen und Märkten.



INJEKTORKUPPE ALS PN-QUELLE.

- Der Injektor stellt eine durchgehende PN-Quelle in allen Motorbetriebszuständen dar (kalt / warm, stationär / transient).
- Ziel: Reduktion der Masse an Kraftstoff, welche sich auf dem Injektor niederschlägt und zum Zeitpunkt der Flammenfrontankunft noch vorhanden ist.

AGENDA.

1 Hintergrund und Motivation.

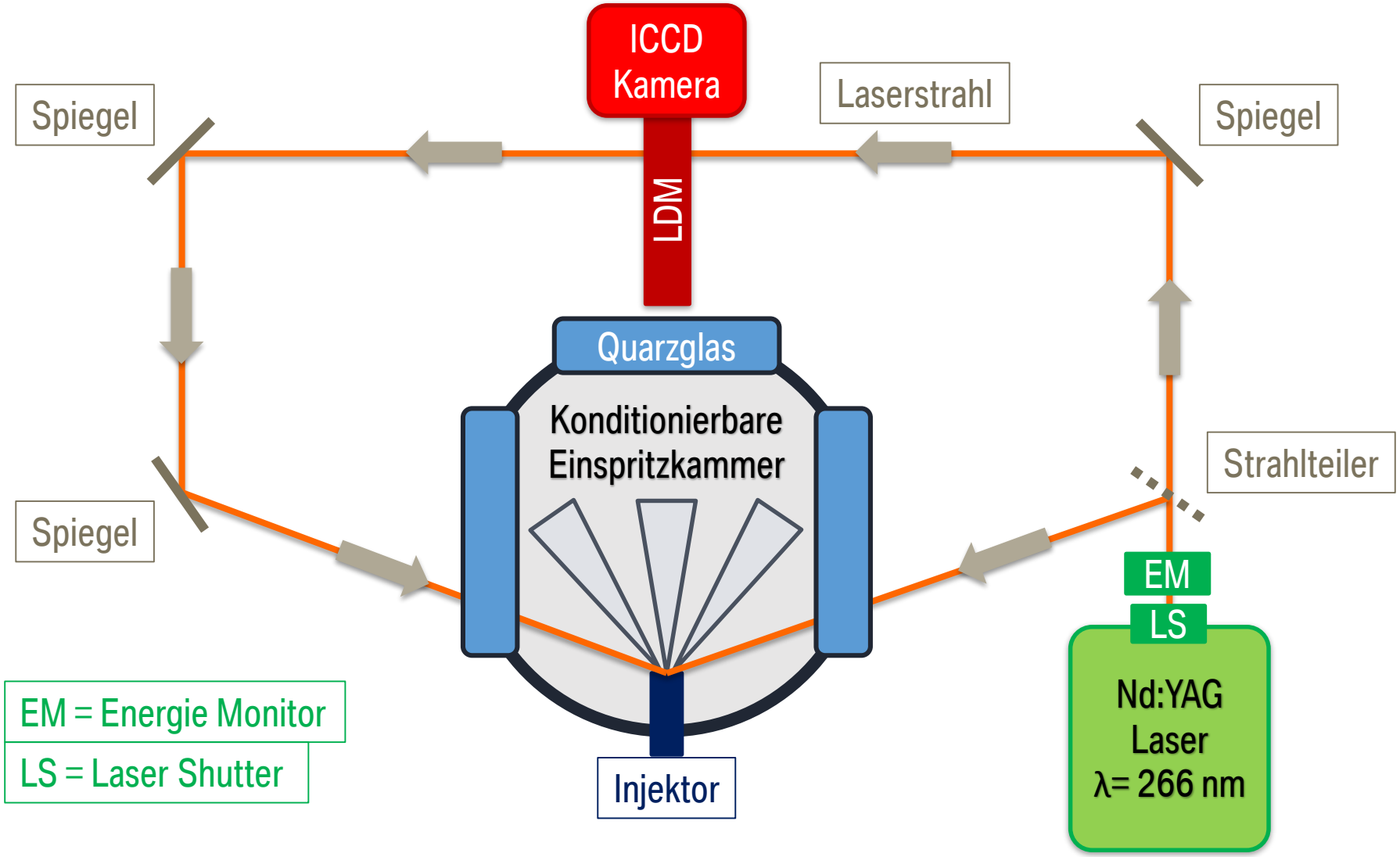
2 Versuchsaufbau und optische Messtechnik.

3 Messerfassung und Auswertung.

4 Untersuchungsergebnisse aus der Einspritzkammer.

5 Zusammenfassung.

PRINZIPIELLER VERSUCHSAUFBAU.



AUSWAHL MODELLKRAFTSTOFF UND TRACER.

OTTOKRAFTSTOFF.

+ Bildet die realen Randbedingungen ab.
– Fluoreszenzsignal ändert sich mit unterschiedlichen Temperatur- und Druckrandbedingungen.

ISO-OCTAN MIT TRACER.

+ Keine Fluoreszenz von iso-Octan.
+ Auswahl des Tracers bestimmt die Fluoreszenz-eigenschaften.
– Anderes Verdampfungsverhalten gegenüber Ottokraftstoff.

ANFORDERUNGEN AN DEN TRACER.

- Fluoreszenz im sichtbaren Wellenlängenbereich.
- Gutes Signal / Rausch-Verhältnis.
- Verhalten bei Temperatur- und Druckveränderung muss für thermodynamische Variationen bekannt sein.
- Vergleichbarer Siedepunkt wie Modellkraftstoff.

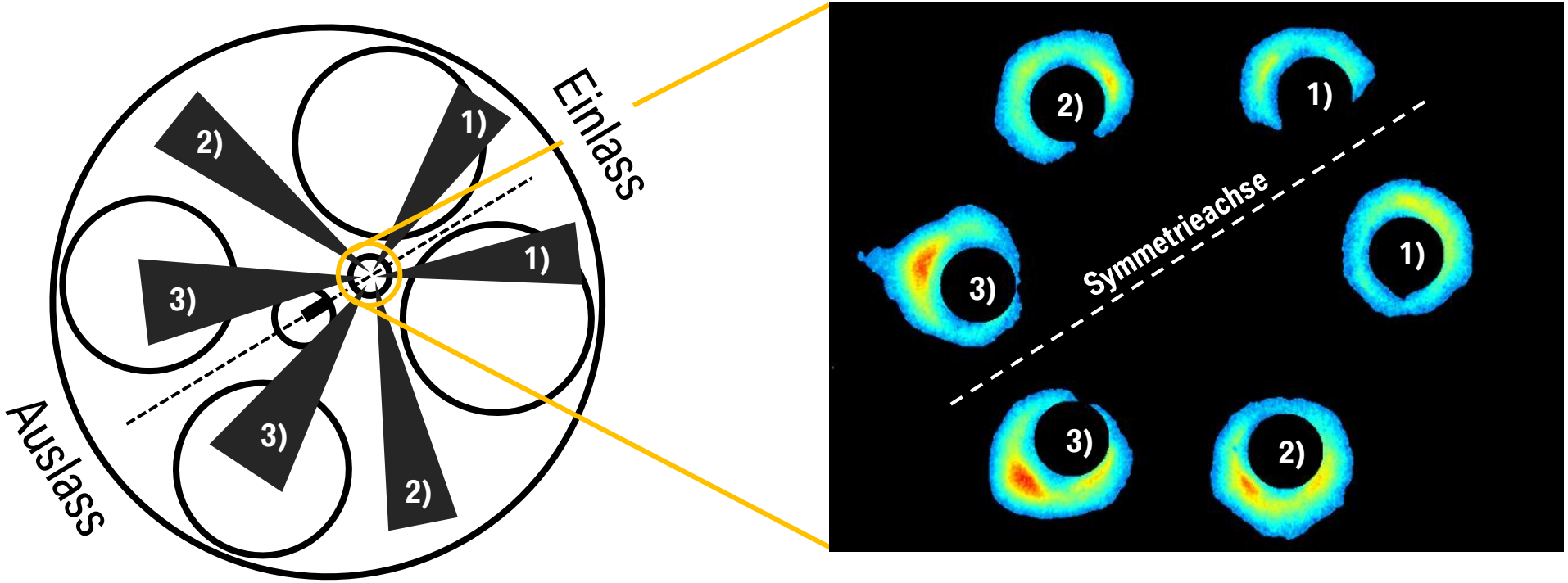
EIGENSCHAFTEN VON 3-PENTANON.

- Geringe Intensität, aber breites Emissionsspektrum in dem sichtbaren Bereich.
- Ähnliches Verdampfungsverhalten wie Modell-kraftstoff.
- Fluoreszenzintensität ist relativ unabhängig von Druck und Temperatur, Verhalten ist gut bekannt.

VERSUCHSINJEKTOR.

Orientierung 6-Loch Injektor.

1) Einlassstrahlen.
2) Seitliche Strahlen.
3) Zündstrahlen.



AGENDA.

1 Hintergrund und Motivation.

2 Versuchsaufbau und optische Messtechnik.

3 Messerfassung und Auswertung.

4 Untersuchungsergebnisse aus der Einspritzkammer.

5 Zusammenfassung.

EINHEITLICHE MESSPROZEDUR.

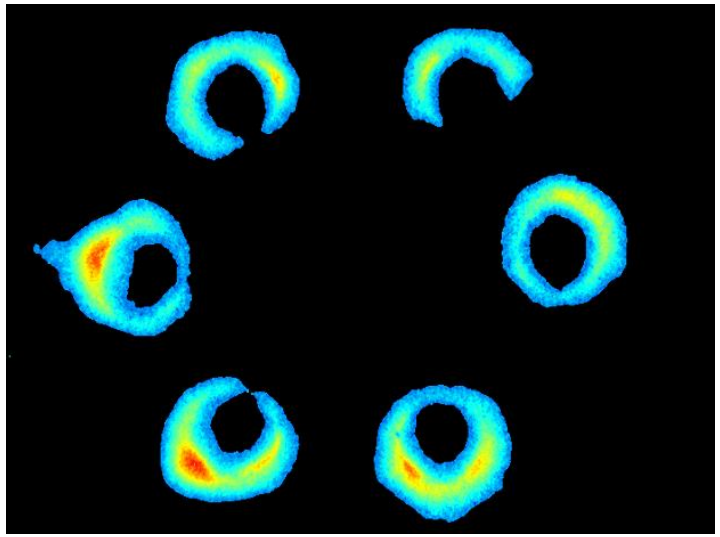
PREPROCESSING.

- Nullpunktkorrektur: Korrektur des temperaturabhängigen Dunkelstroms der Kamera.
- Korrektur des Hintergrundsignals aufgrund von Streuung / Reflexion des Laserlichtes an der Injektorkuppe (ohne Einspritzung und Kraftstoffbelag).

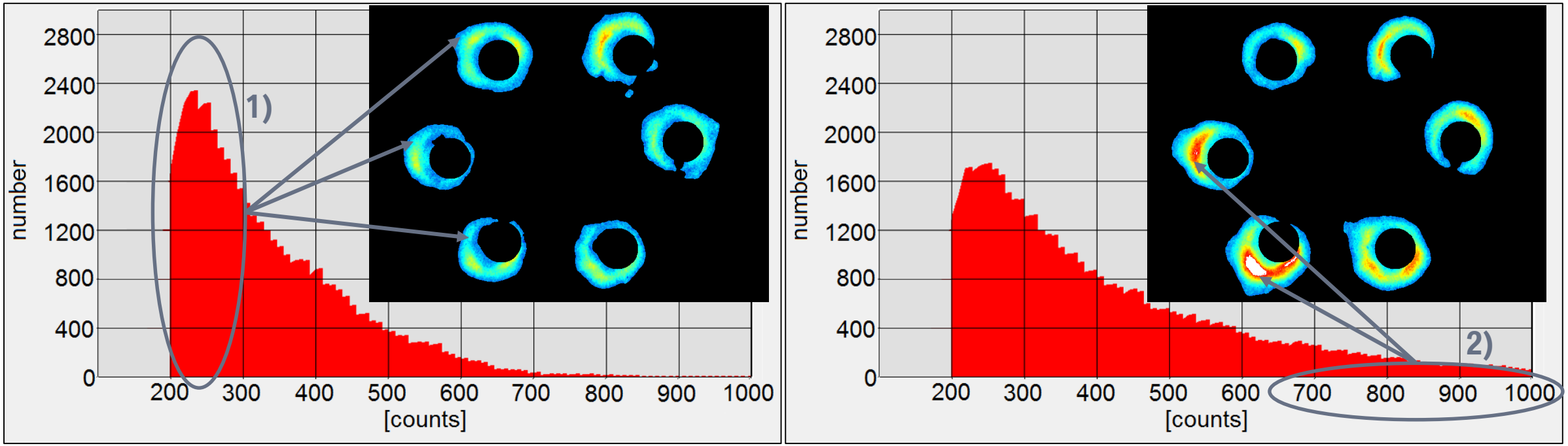
POSTPROCESSING.

1. Energiekorrektur: Korrektur der Schuss zu Schuss Laserleistung.
2. Mittelung über 40 Aufnahmen.
3. Algorithmische Maskierung:
   - Gleitender Mittelwert über 3x3 Pixel.
   - Schwellenwertgesteuerte Eliminierung des Gasphasensignals: Pixel mit einer Intensität < 200 Counts werden gleich Null gesetzt.
- Histogramm: Intensitätsverteilung zum relativen Vergleich der Wandfilmmasse an der Kuppe.

3. ALOGRITHMISCH MASKIERT



POSTPROCESSING – ERLÄUTERUNG HISTOGRAMME (BEISPIEL).



INTERPRETATION DER HISTOGRAMME.

1) Kleine Wandfilmdicken (niedrige Intensität).
2) Große Wandfilmdicken (hohe Intensität).

<u>Keine Quantifizierung des Wandfilms</u> möglich, da keine bekannte Korrelation zwischen Intensität und Masse.

AGENDA.

1 Hintergrund und Motivation.

2 Versuchsaufbau und optische Messtechnik.

3 Messerfassung und Auswertung.

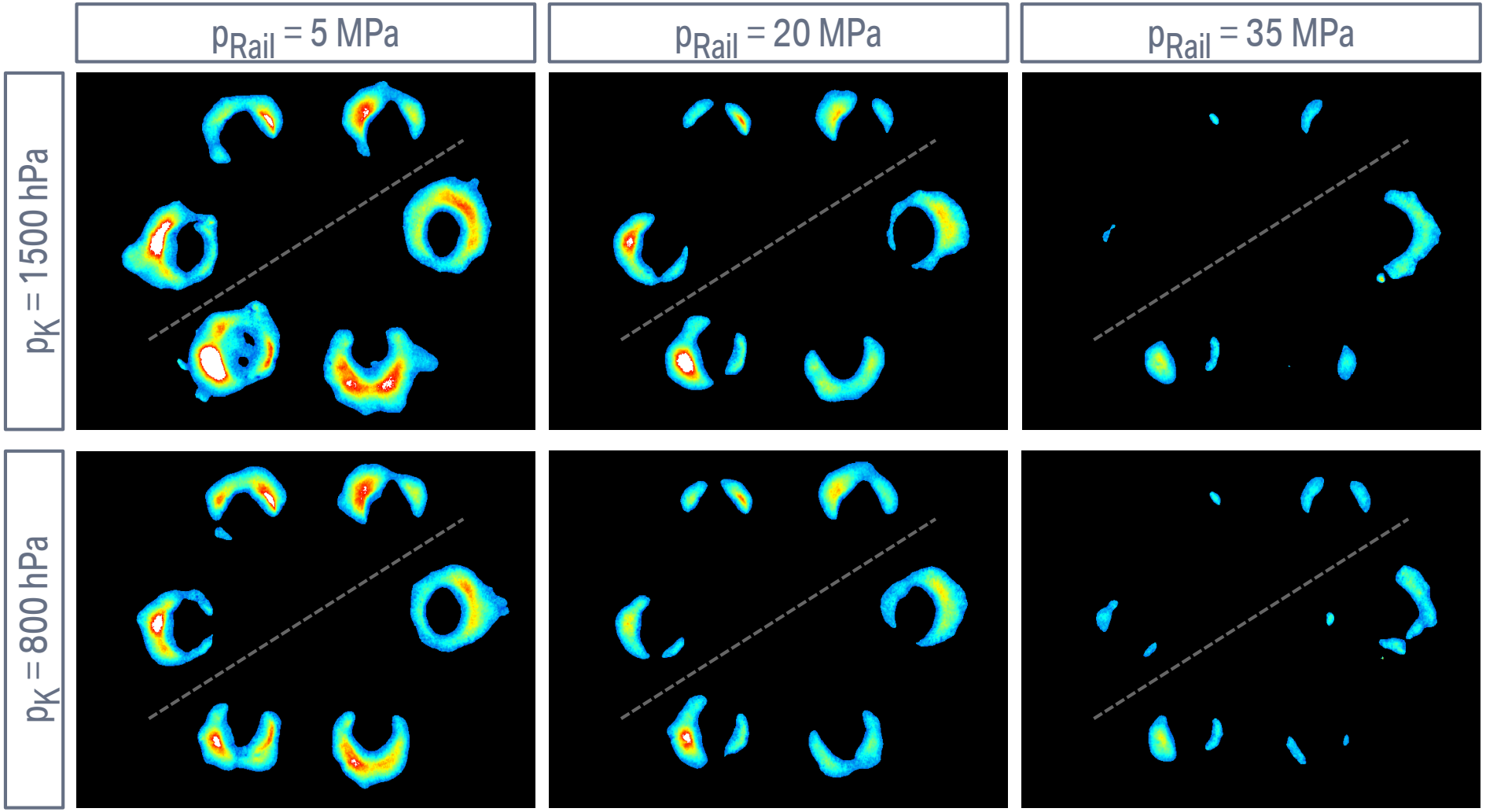
4 Untersuchungsergebnisse aus der Einspritzkammer.

5 Zusammenfassung.

VARIATIONEN.

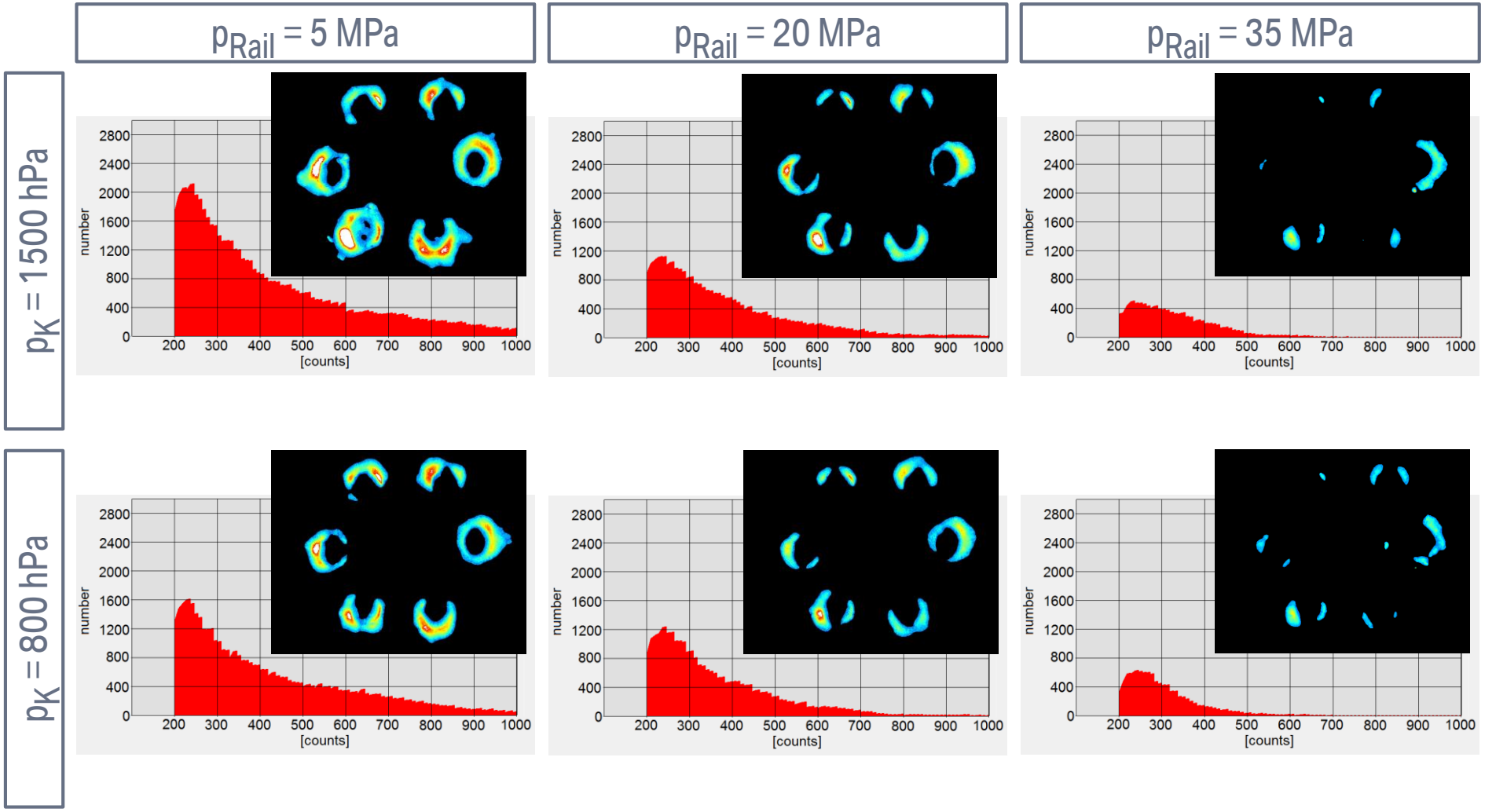
VERSTELLWERT	VERSTELLBEREICH	REFERENZWERT	EINHEIT
Einspritzdruck p_{Rail}	5 … 35	20	MPa
Kammerdruck p_K	500 … 3000	800 / 1500	hPa
Kraftstofftemperatur T_{Kst}	313 … 373	353	K
Kammertemperatur T_K	313 … 373	313	K
Einspritzdauer t_{inj}	2 … 5	3	ms

VARIATION EINSPRITZDRUCK.



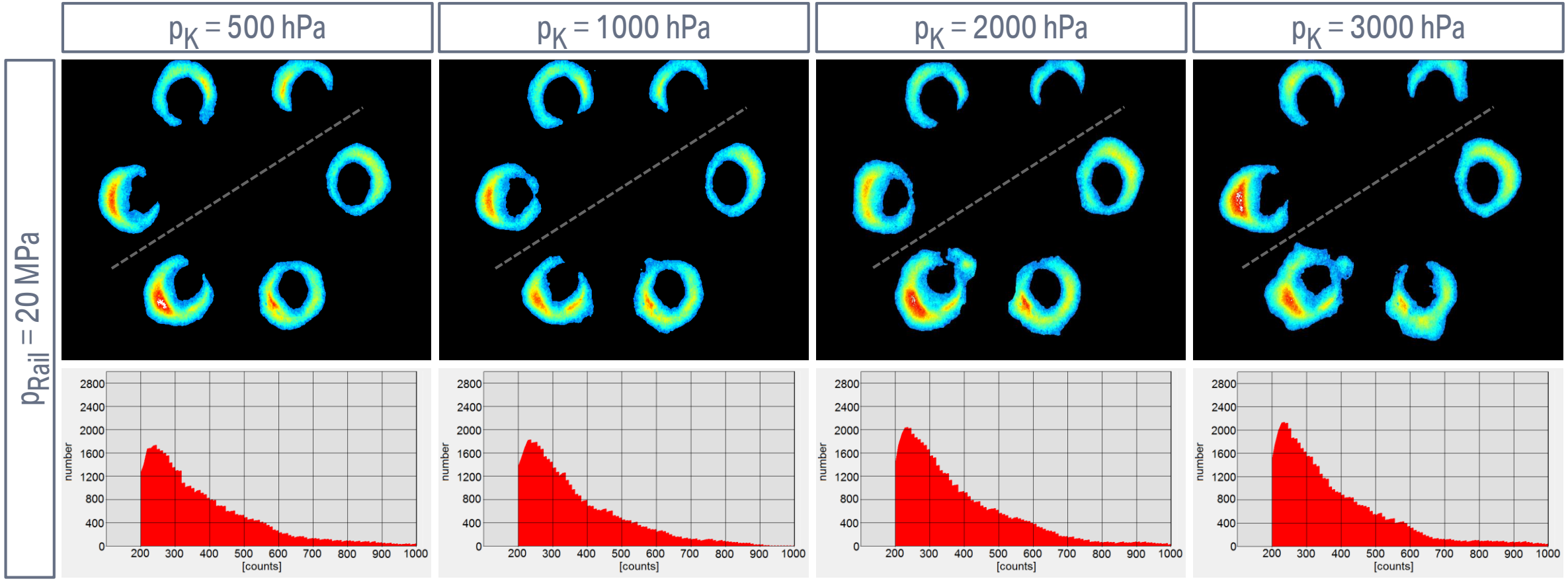
→ Mit steigendem Einspritzdruck nimmt die Benetzung der Injektorkuppe ab.

VARIATION EINSPRITZDRUCK – HISTOGRAMME.



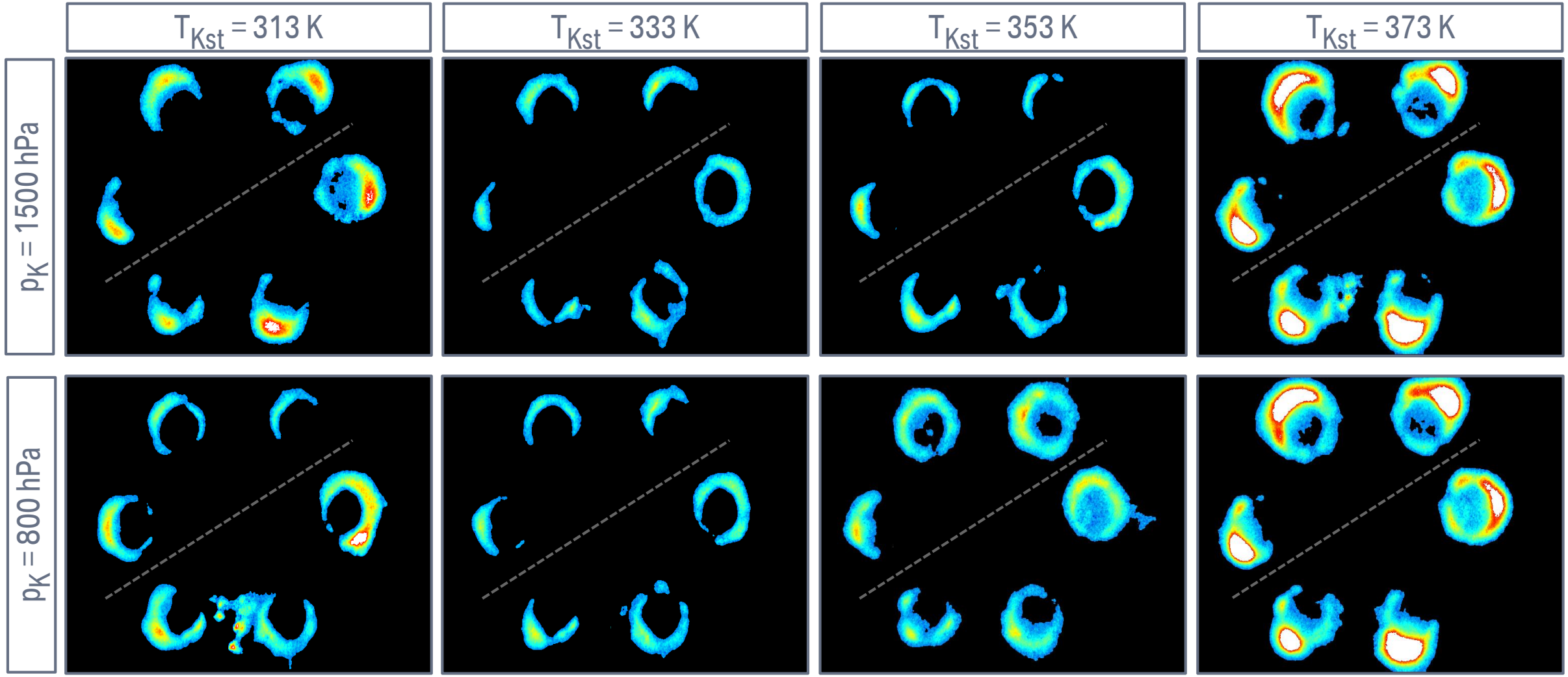
→ Mit steigendem Einspritzdruck nimmt die Benetzung der Injektorkuppe ab.

VARIATION KAMMERDRUCK.



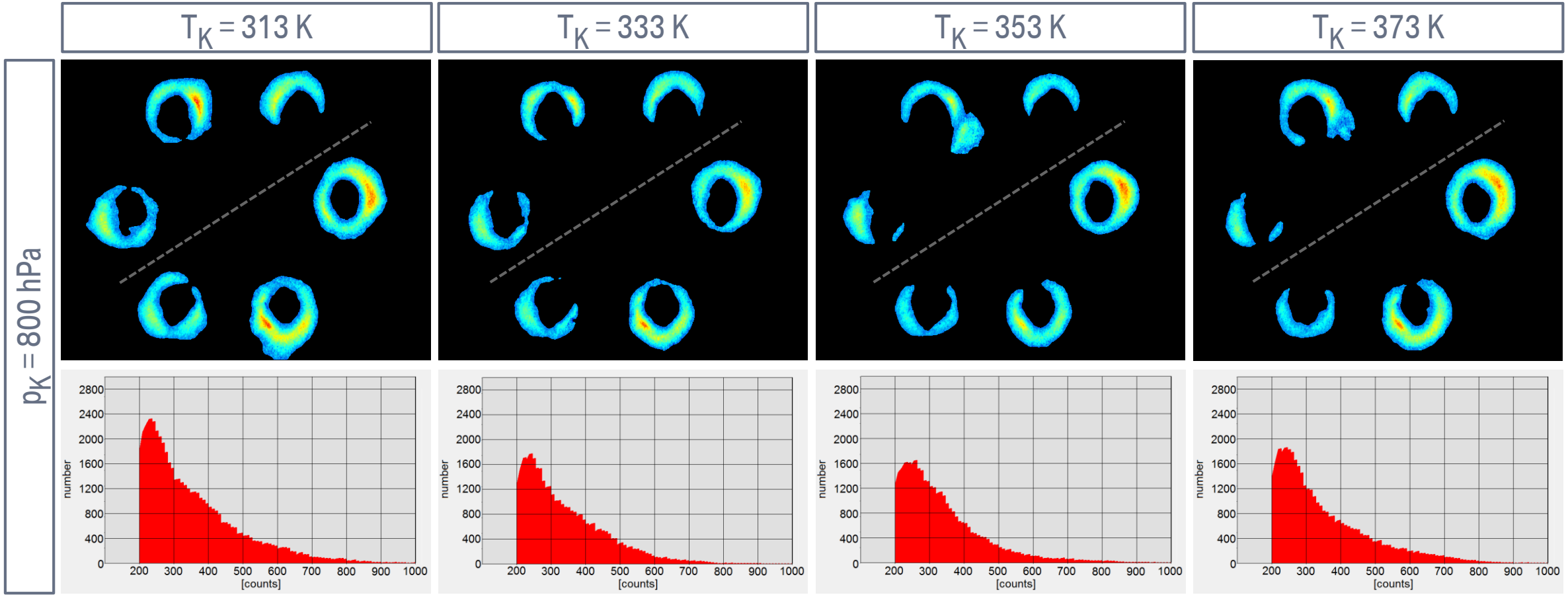
→ Geringer Einfluss auf die Benetzung durch den Kammerdruck, Tendenz zu steigender Benetzung mit höheren Kammerdrücken.

VARIATION KRAFTSTOFFTEMPERATUR.



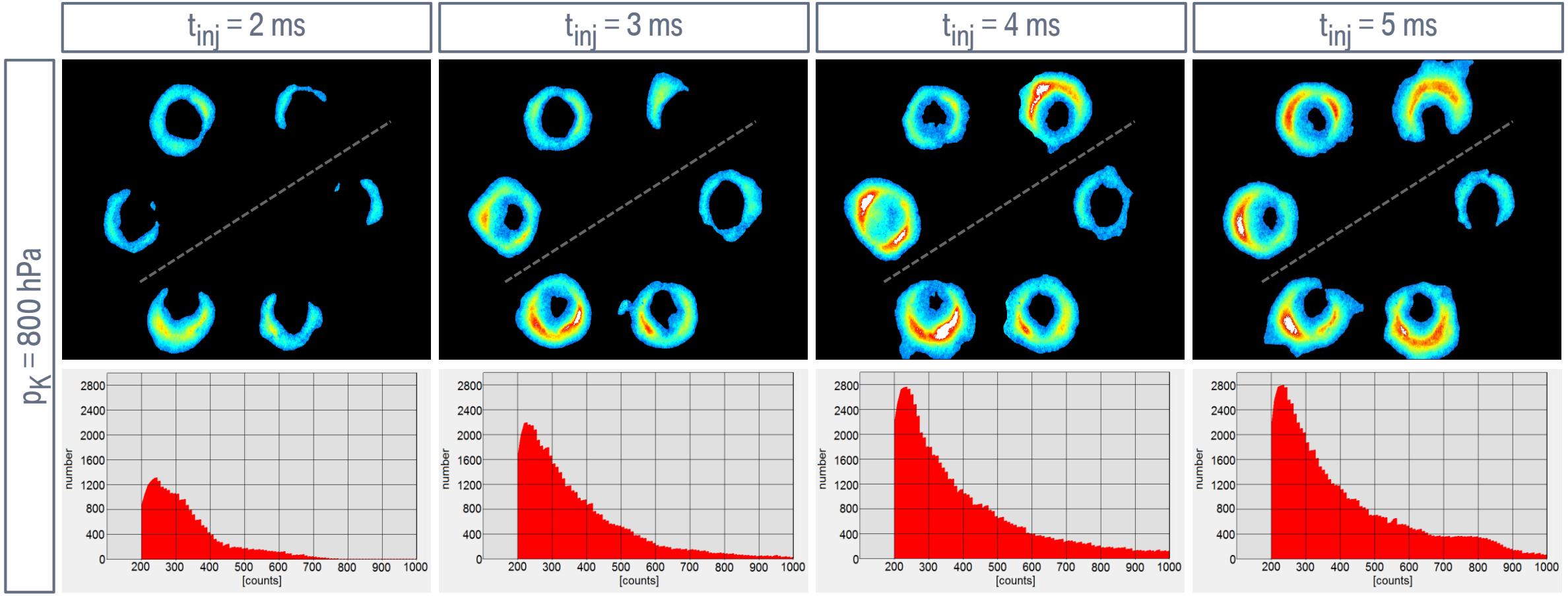
→ Reduzierung der Injektorkuppenbenetzung mit steigender Temperatur, bis Übergangspunkt mit hoher Benetzung erreicht wird.

VARIATION KAMMERTEMPERATUR.



→ Vernachlässigbarer Einfluss auf das Benetzungsverhalten bei Variation der Kammertemperatur.
Überprüfung des Einflusses am Transparentmotor empfohlen.

VARIATION EINSPRITZDAUER.



→ Mit steigender Einspritzdauer & Einspritzmasse nimmt die Injektorkuppenbenetzung zu.

AGENDA.

1 Hintergrund und Motivation.

2 Versuchsaufbau und optische Messtechnik.

3 Messerfassung und Auswertung.

4 Untersuchungsergebnisse aus der Einspritzkammer.

5 Zusammenfassung.

ZUSAMMENFASSUNG.

MOTIVATION. §

Für zukünftige Emissionsstufen ist eine weitere Optimierung der BMW TwinPower Turbo Technologie in Bezug auf den Ausstoß von Partikelemissionen erforderlich.

METHODIK.

Um ein umfassendes Verständnis über die Injektorkuppenbenetzung aufbauen zu können, wurde in der Einspritzkammer eine Laseroptische-Messmethodik entwickelt.

ERGEBNISSE / POTENTIAL.

Einspritzdruck	++
Kammerdruck	o
Kraftstofftemperatur	+/-
Kammertemperatur	o
Einspritzdauer	++

NEXT STEPS.

- Verwendung der Messmethodik zur Auslegung der Injektorkuppengeometrie.
- Weiterentwicklung der Messmethodik zur Anwendung am optischen 1-Zylinder Motor, um fehlende Ladungsbewegung kompensieren zu können.

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT !