

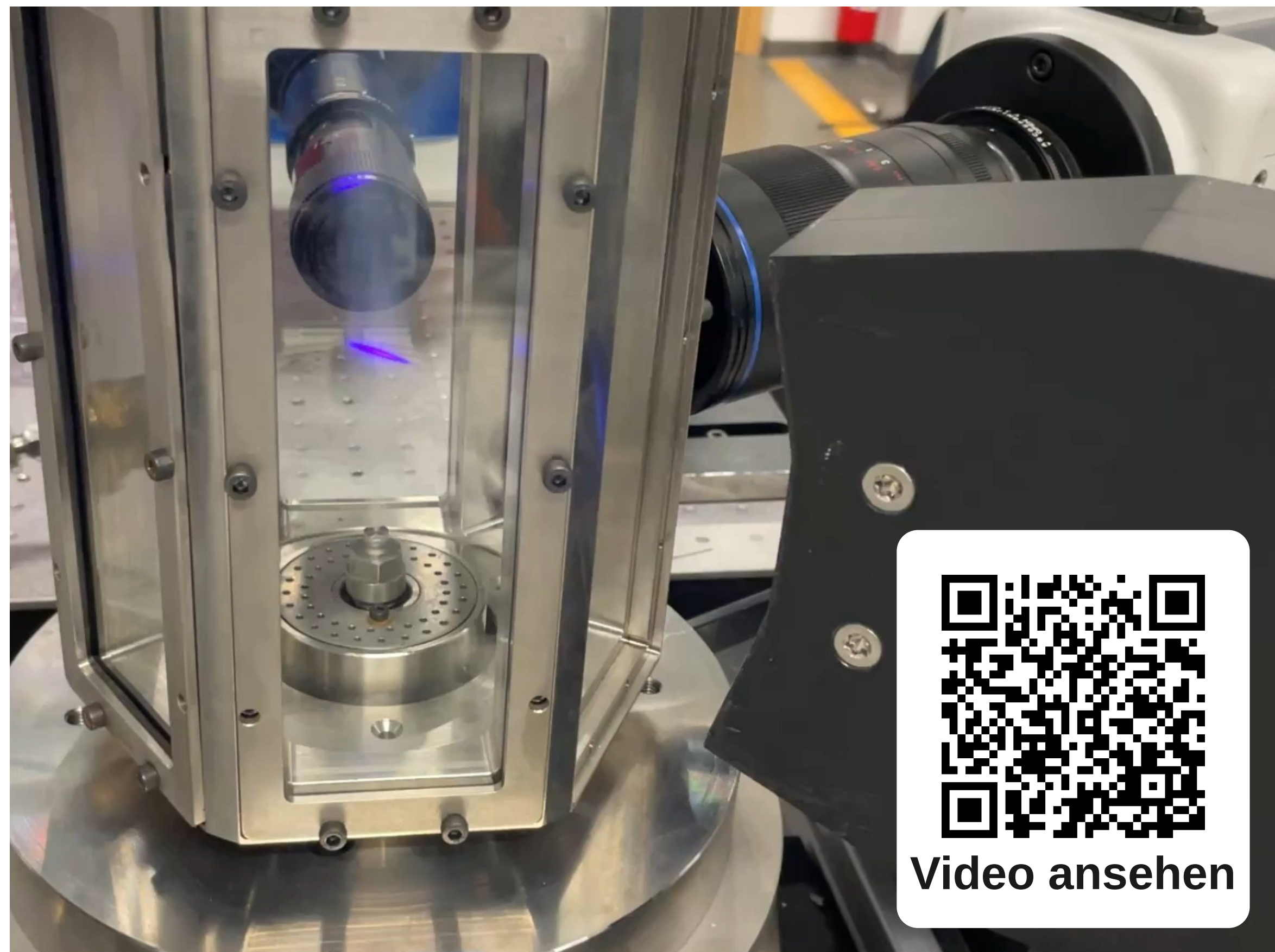
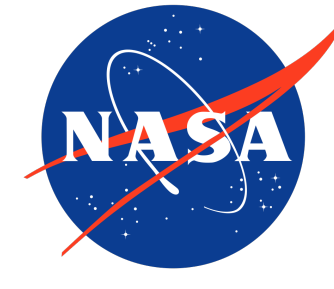
Charakterisierung von LNH_3 -Spray und der Lichtstreuung an einzelnen LNH_3 -Tröpfchen

Walter Schäfer^{1,*}, Peter Augustin², Patrick Stegmann³, Lukas Eich², Wilko Rohlf² und Manuel Reddemann²

1. ai-quanton GmbH, Dr.-Werner-Freyberg-Straße 7, 69514 Laudenbach, Germany

2. RWTH Aachen Universität, WAS, Germany

3. University of Maryland (UMD) & NASA GSFC, Greenbelt MD, USA



1 Motivation

Die optische Messtechnik zur Tröpfchencharakterisierung in dichten Sprays ist eine besondere Herausforderung für alle auf **Vorwärtsstreuung** basierenden Verfahren, darunter Laserbeugungs-, Phasen-Doppler- und bildgebende Verfahren. Ursachen sind die starke Abschwächung des Lichts durch Absorption im Sprühstrahl sowie Mehrfachstreuung, die das auswertbare Streulicht überlagert und verfälscht. Hinzu kommt, dass der optische Zugang oft begrenzt ist, wodurch vorwärtsstreuungs-basierte Messverfahren weiter eingeschränkt oder unmöglich werden.

Solche dichten Sprays mit begrenztem optischem Zugang treten insbesondere in der **Verbrennungsforschung** auf, etwa in geschlossenen Brennkammern, in denen der Spray erzeugt und gezündet wird. Die Tröpfchen existieren dabei nur kurz nach dem Düsenaustritt. Bei Ammoniaksprays (LNH_3 -Spray) können sie zudem **Gasinklusionen** enthalten.

Abbildung 1: Experimenteller Aufbau mit der Brennkammer in der Mitte und einer Messsonde auf der rechten Seite.

2 Messprinzip

Um die Einschränkungen vorwärtsstreuungs-basierter Methoden zu umgehen und Tröpfchen mit Gasinklusionen zu detektieren, wird in dieser Arbeit das auf **Rückstreuung** basierende Messverfahren **TSTOF** [1] eingesetzt. Es erfasst die Lichtstreuung zweiten Grades: Das detektierte Signal durchläuft das Tröpfchen zweimal und enthält damit auch Informationen über dessen inneren Aufbau. Bei TSTOF werden vier Lichtstreusignale pro Tröpfchen aufgezeichnet, aus denen Tröpfchengeschwindigkeit und -größe redundant bestimmt werden können.

$$I(x, y, z) = \frac{2 P_0}{\pi w_x(z) w_y(z)} \text{Exp} \left\{ -\frac{2x^2}{w_x^2(z)} - \frac{2y^2}{w_y^2(z)} \right\} \xrightarrow{y \rightarrow \infty, z \rightarrow 0} I(x) = I_0 \text{Exp} \left\{ -\frac{2x^2}{w_{x0}^2} \right\} \xrightarrow{v = x/t} S(t) = \sum_p^{\{0, 1, 2, 1, \dots\}} S_p \left\{ -\frac{2(t - t_p)^2}{\sigma^2} \right\}$$

Intensitätsverteilung des Gauß-Strahls Profil in Flugrichtung im Fokus Zeitsignal als Summe von Gauß-Peaks

3 Morphologie des Ammoniak-Zerfalls

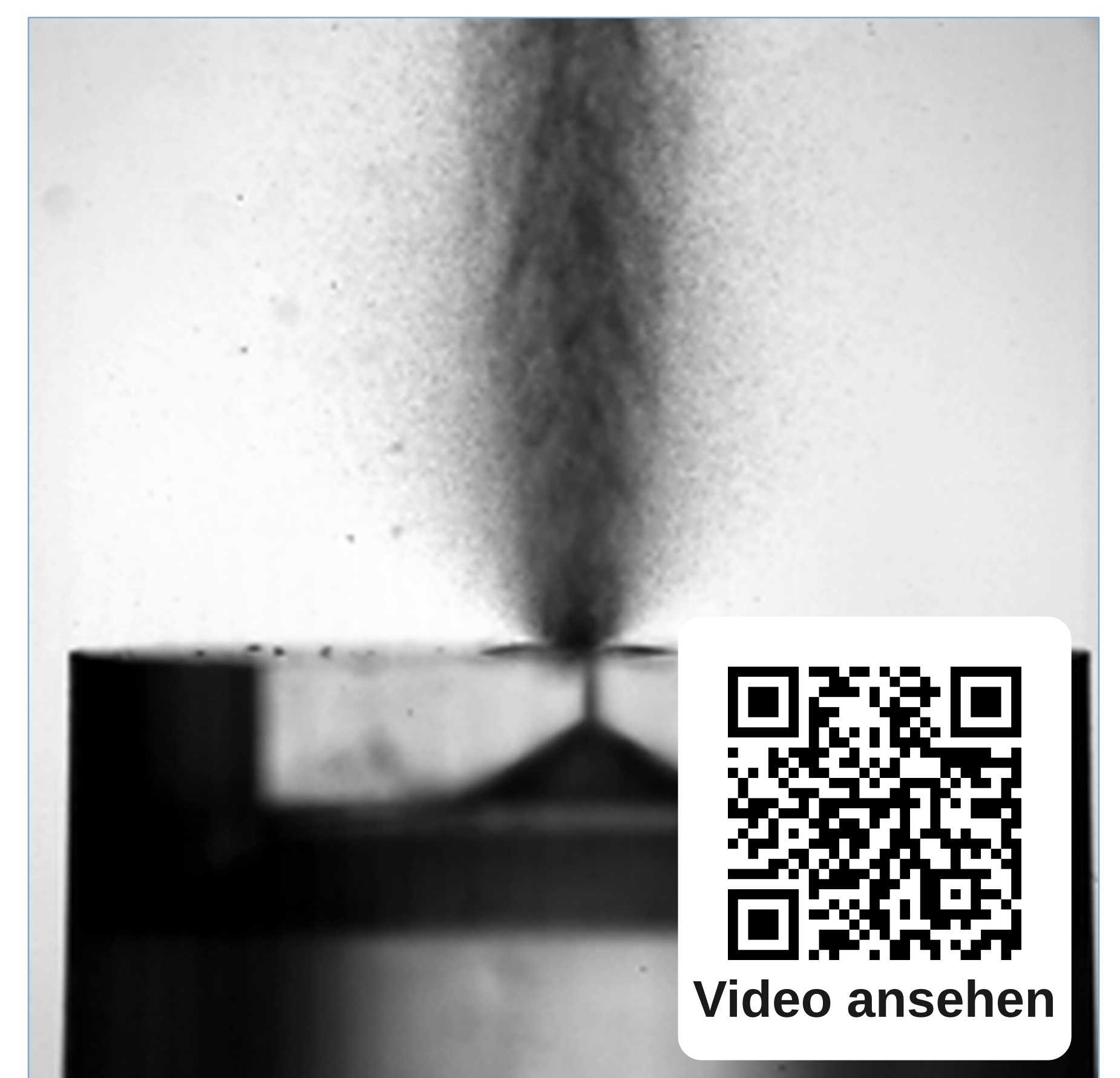
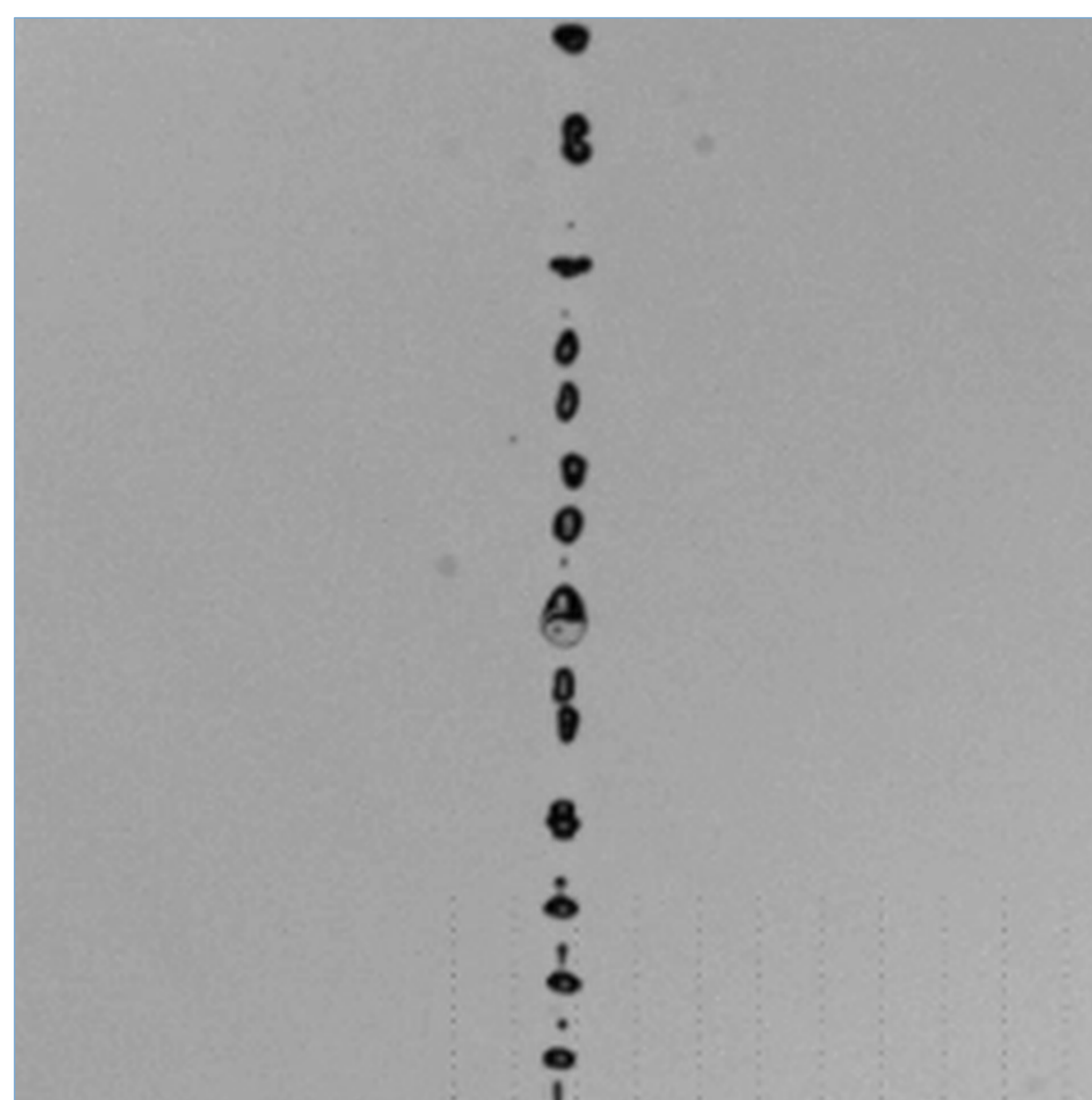
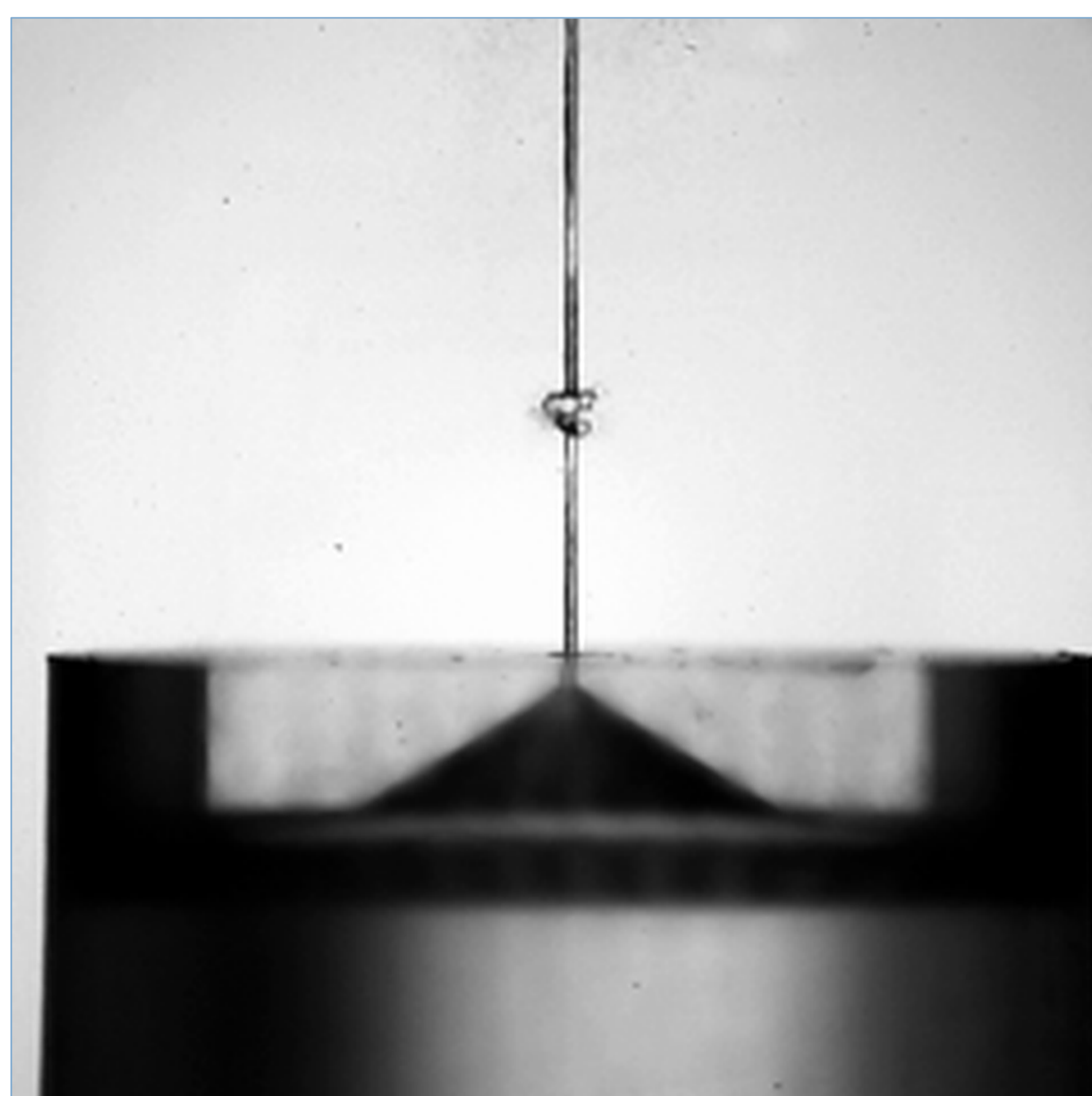


Abbildung 2: Morphologie des Ammoniak-Zerfalls beim Austritt aus Borosilikat-Düsen ($D = 100 \mu\text{m}$) bei variiert Geometrie und Überhitzung. **Links:** Übergangsregime bei kurzem Kanal ($L/D = 2,5$) und hoher Überhitzung ($R = 13$); charakteristisches Aufplatzen des Flüssigkeitsstrahls unmittelbar am Düsenaustritt. **Mitte:** Detailaufnahme der Tropfenzone stromabwärts; Sekundärzerfall der primär durch Rayleigh-Taylor-Instabilitäten gebildeten Tropfen infolge interner Blasenbildung und Flash-Verdampfung. **Rechts:** voll ausgebildeter Flash-Boiling-Spray bei verlängertem Kanal ($L/D = 10$) und moderatem Überhitzungsgrad ($R = 8$).

Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Projektnummer 523959480 (SPP 2419).

[1] W. Schäfer, *Time-Shift Technique for Particle Characterization in Sprays*. Dissertation, Technische Universität Darmstadt, 2012; Buchausgabe: Berlin, 2013, ISBN 979-8161309988. <https://amzn.eu/d/08dPYjDf>

* Korrespondenz: info@ai-quanton.com