

Charakterisierung eines LNH₃-Sprays und der Lichtstreuung an einzelnen LNH₃-Tröpfchen

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

¹ ai-quanton GmbH, Laudenbach, Germany

² WSA, RWTH Aachen University, Aachen, Germany

³ UMD & NASA GSFC, Greenbelt MD, USA

*Corresponding author(s): info@ai-quanton.com; info@wsa.rwth-aachen.de; patrick.g.stegmann@nasa.gov

Die optische Messtechnik zur Tröpfchencharakterisierung in dichten Sprays stellt eine besondere Herausforderung für alle auf Vorwärtsstreuung basierenden Verfahren dar – darunter Laserbeugungs-, Phasen-Doppler- und bildgebende Techniken. Ursache hierfür sind die starke Abschwächung der Lichtintensität durch Absorption im Sprühstrahl sowie Mehrfachstreuung, die die für die Auswertung relevante Lichtstreuung überlagert und verfälscht. Hinzu kommt, dass der optische Zugang häufig durch den experimentellen Aufbau begrenzt ist, wodurch der Einsatz vorwärtsstreuungsbasierter Messverfahren weiter eingeschränkt oder sogar unmöglich wird. Solche dichten Sprays mit limitiertem optischem Zugang treten insbesondere bei Flash-Boiling getriebener Zerstäubung auf, wie beispielsweise beim Einsatz von flüssigem Ammoniak (LNH₃) als Brennstoff. Zusätzlich zum primären Strahlzerfall führt die thermodynamische Instabilität unter Flash-Boiling-Bedingungen dazu, dass Tröpfchen durch interne Blasenbildung expandieren und zerplatzen. Um die Einschränkungen vorwärtsstreuungsbasierter Methoden zu umgehen und Tröpfchen mit Dampfblasen zu detektieren, wird in dieser Arbeit ein auf Rückstreuung basierendes Messverfahren, TSTOF (Time-Shift Time-of-Flight) [1], eingesetzt. Das TSTOF-Messinstrument erfasst die Lichtstreuung zweiten Grades, sodass das detektierte Signal das Tröpfchen zweimal durchläuft (siehe Abb. 1 (*links*)) und damit auch Informationen über dessen inneren Aufbau enthält. Bei TSTOF werden vier Lichtstreusignale pro Tröpfchen aufgezeichnet, aus denen Tröpfchengeschwindigkeit und -größe redundant bestimmt werden können.

Ein solches TSTOF-basiertes Messinstrument wird in dieser Arbeit zur Charakterisierung eines LNH₃-Sprays unter verschiedenen Betriebsbedingungen verwendet. Der Versuchsaufbau ist in Abb. 2 (*mittig*) dargestellt; ergänzend kommen Hochgeschwindigkeitskameras zum Einsatz. Weiterhin wird die Leistungsgrenze des TSTOF-Verfahrens unter den vorliegenden Bedingungen bewertet, indem Messungen nahe am Düsenaustritt durchgeführt wurden. Darüber hinaus wird die Lichtstreuung einer Tröpfchenkette (siehe Abb. 3 (*rechts*)) qualitativ analysiert, um das Streuverhalten von Tröpfchen mit Dampfblasen zu untersuchen.

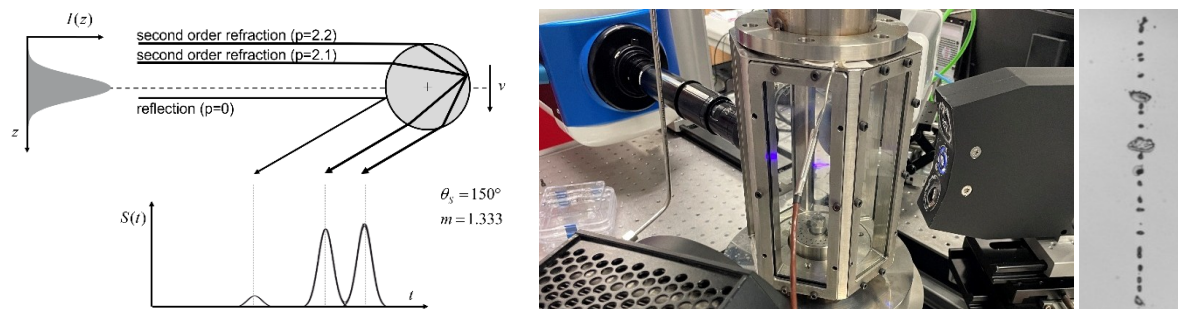


Abbildung 1: (links) 2D-Darstellung der Lichtstreuung eines transparenten Tröpfchens an einem Gauß-Strahl. Ein sich durch den gaußförmigen Lichtstrahl bewegendes Tröpfchen transformiert dessen Intensitätsverteilung in ein zeitliches Signal, das als Time-Shift-Signal bezeichnet wird. (mittig) Experimenteller Aufbau mit der Brennkammer und einer Ultra-Hochgeschwindigkeitskamera kombiniert mit einer Messsonde eines TSTOF-Messinstruments (ParticleTensorAI®) (rechts) Aufnahme einer LNH₃-Tröpfchenkette mit wachsenden Dampfblasen. Im Bild sind mehrere geplatze Tröpfchen deutlich erkennbar.

References

- [1] Schaefer, W., Fleck, S., Haas, M., & Jakobs, T. (2025). Optical Measurement Method for Monitoring High-Mass-Concentration Slurry Sprays: An Experimental Study. *Photonics*, 12(7), 673. <https://doi.org/10.3390/photonics12070673>

Keywords: LNH₃-Spray, Gasinklusionen, Tröpfchen

Acknowledgement: Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Projektnummer: 523959480 (SPP2419)