

Messung der Zusammensetzung von Lacktröpfchen im Flug

Walter Schäfer ^{1,*}, Dietrich Wolter ² und Martin Rößler ³

1. ai-quanton GmbH, Dr.-Werner-Freyberg-Straße 7, 69514 Laudenbach, Germany
2. AKEMI chem. techn. Spezialfabrik GmbH, Lechstraße 28, 90451 Nürnberg, Germany
3. Duale Hochschule Sachsen, Hans-Grundig-Straße 25, 01307 Dresden, Germany

AKEMI®

aiQ

DHSN
DUALE HOCHSCHULE
SACHSEN

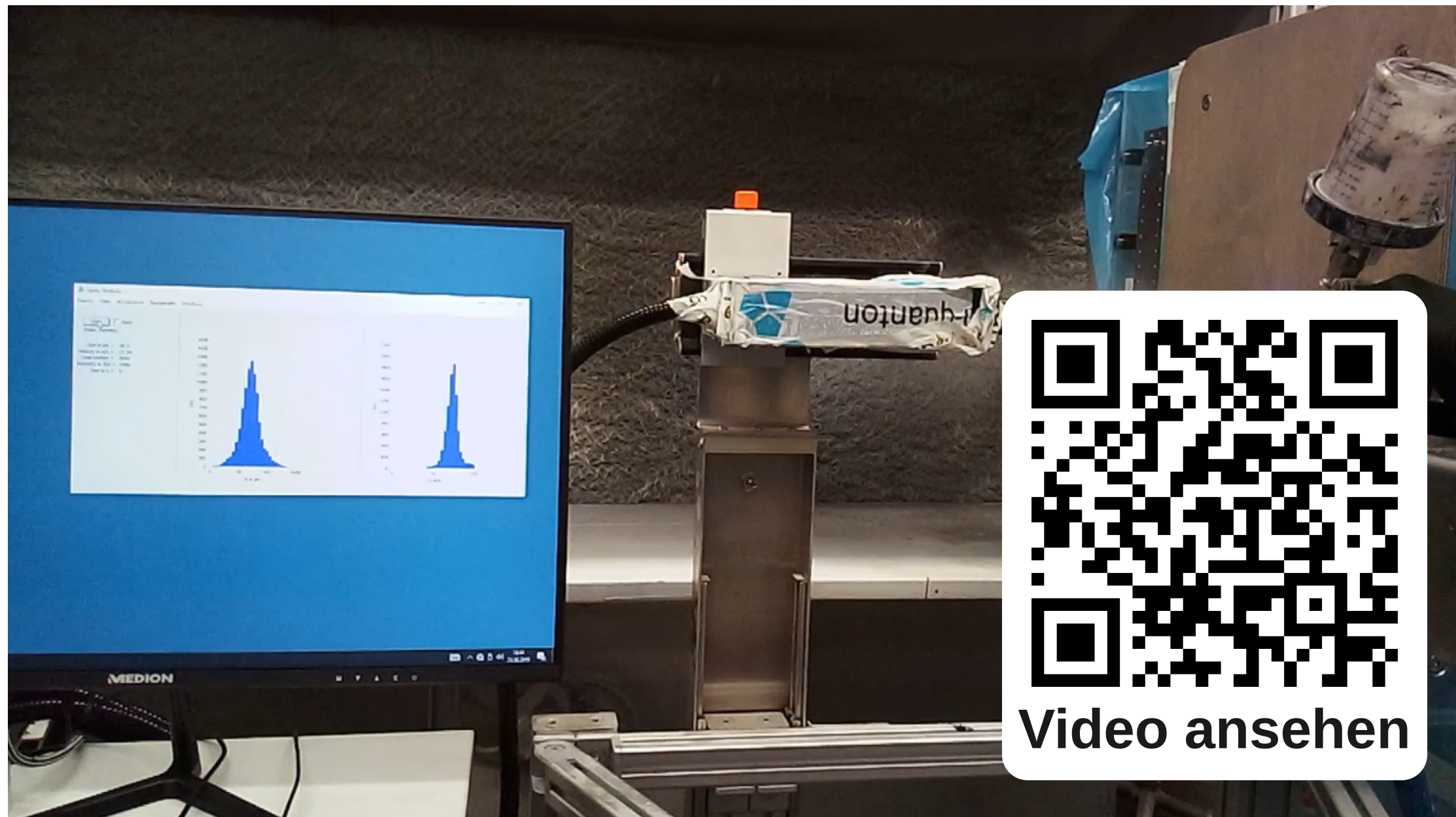


Abbildung 1: Messsonde und pneumatischer Zerstäuber.

1 Motivation

Die Qualität einer Spritzlackierung hängt maßgeblich von der Zusammensetzung der Lacktröpfchen ab, die beim Zerstäuben entstehen: Sie bestimmt Homogenität, Farbton und Oberflächenstruktur des Endprodukts. Trotz des hohen Automatisierungsgrades moderner Lackierprozesse existiert bislang keine geeignete Methode, um die **Zusammensetzung einzelner Lacktröpfchen im Flug zum Substrat zu überwachen**.

Wir stellen ein neuartiges, zum Patent angemeldetes optisches Verfahren mit zugehöriger Vorrichtung vor [1], das die Zusammensetzung der Lacktröpfchen anhand ihrer zeitlich aufgelösten Lichtstreuungssignale charakterisiert.

2 Messprinzip

Ein Lacktröpfchen, das einen geformten Lichtstrahl durchfliegt, erzeugt eine zeitliche Abfolge von Lichtstreuintensitäten, die von zwei oder mehr Detektoren erfasst wird. Aus der Reihenfolge der Signalmaxima lässt sich bestimmen, ob ein Tröpfchen **semi-transparent** oder **nicht-transparent** ist. Die statistische Auswertung vieler solcher Ereignisse liefert die relative Anzahl semi-transparenter Tröpfchen N_{rel} , die Rückschlüsse auf die Zusammensetzung erlaubt.

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

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

3 Validierung und Ergebnisse

Für die Validierung wurden Lacktröpfchen aus Spray-Materialien mit unterschiedlichen Gewichtsverhältnissen von Basislack und Farbkonzentrat ($C_m = 3, 5, 11, 13, 17$ und 23%) nach ihrem Transparenzgrad klassifiziert und gezählt. Aus den Häufigkeiten ergibt sich N_{rel} , das mit dem Mischverhältnis C_m verglichen wird.

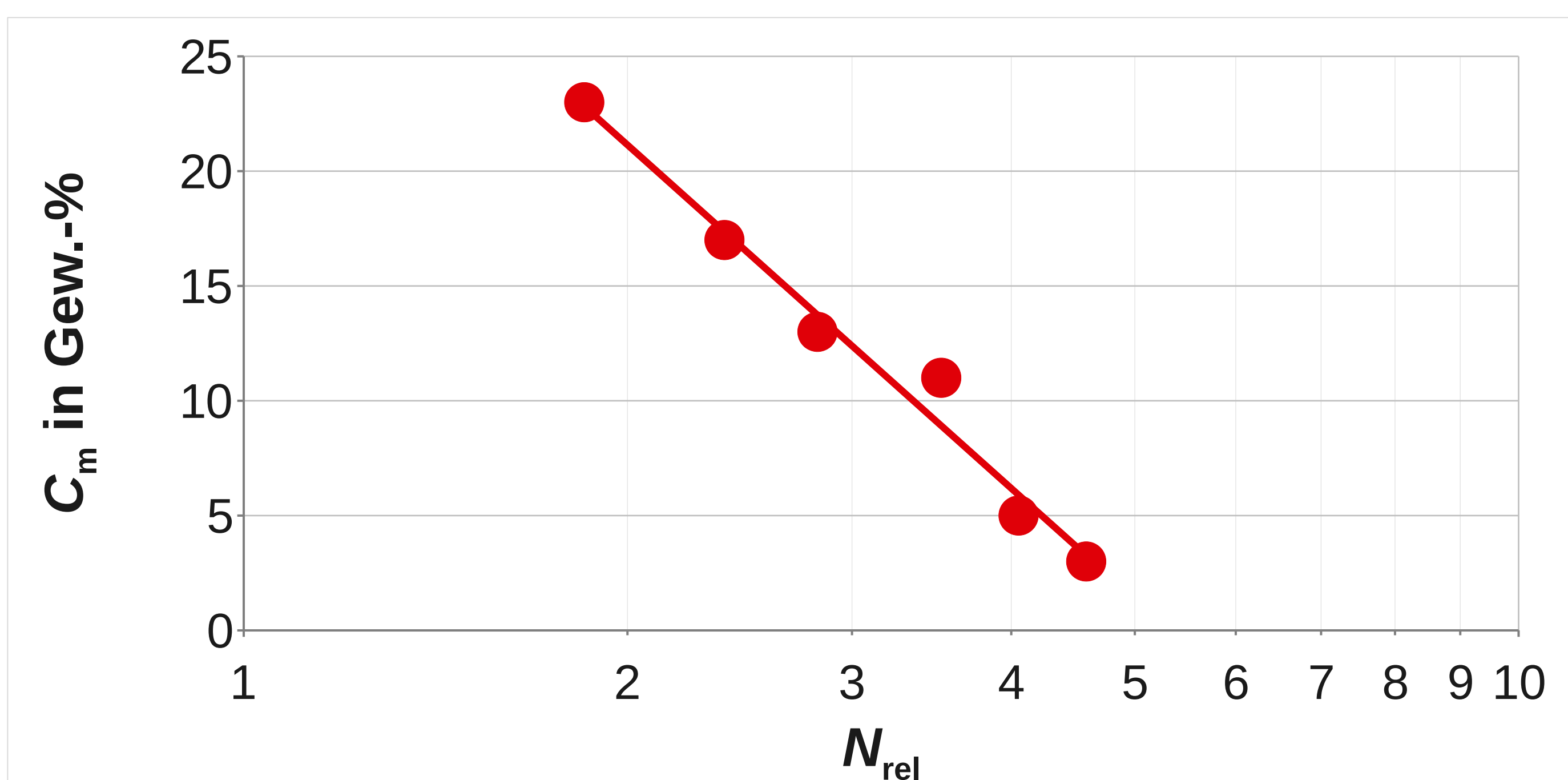


Abbildung 2: Korrelation zwischen C_m und N_{rel} (logarithmische Anpassung: $C_m = -21,6 \cdot \ln N_{rel} + 36,1$; $R^2 = 0,98$). Mit abnehmendem Anteil des Farbkonzentrats steigt die Anzahl semi-transparenter Lacktröpfchen.

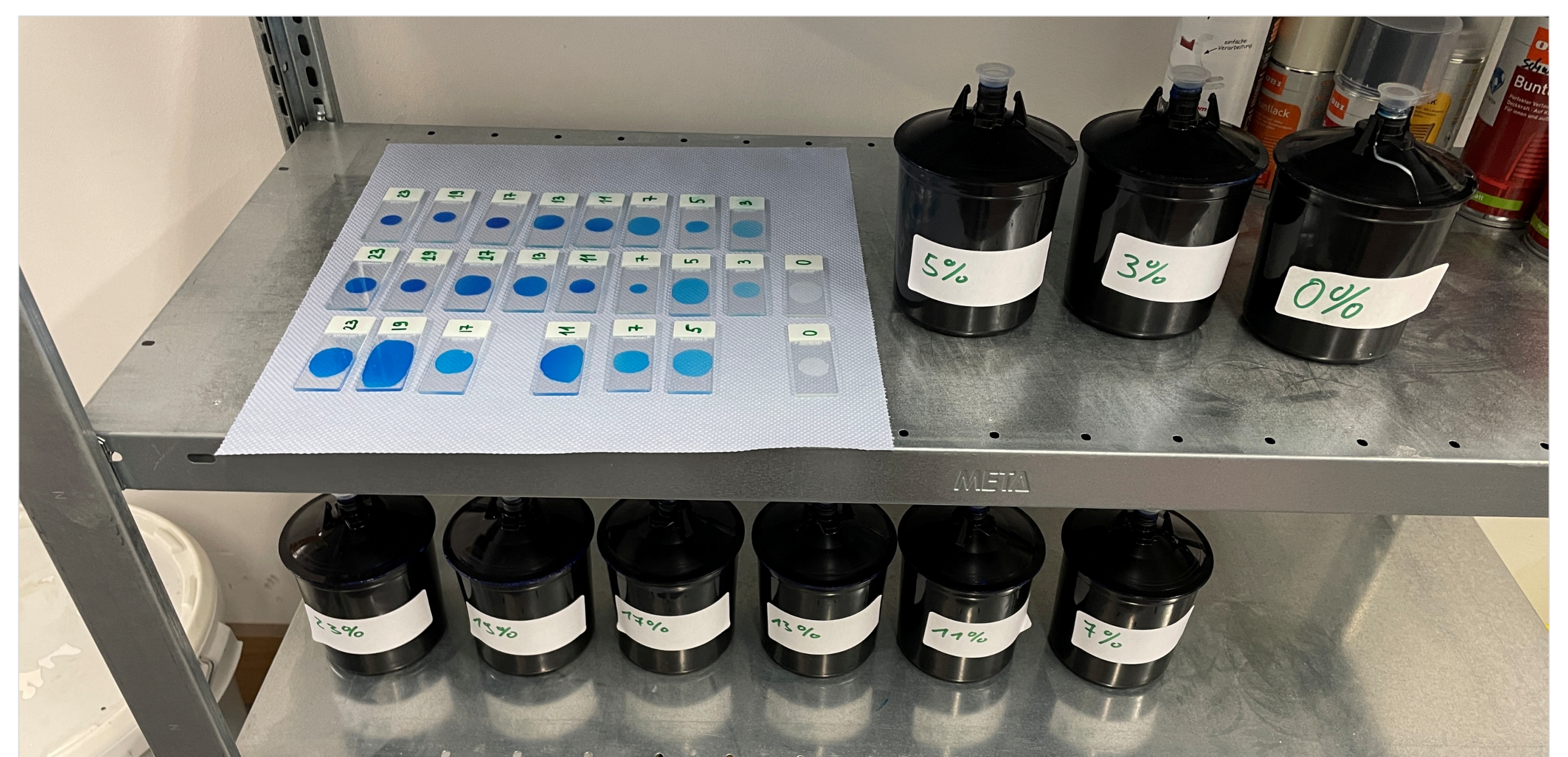


Abbildung 3: Lackproben der untersuchten Materialien mit unterschiedlichem C_m . Die sichtbaren Unterschiede in der Transparenz der zwischen Objektträgern eingeschlossenen Lacktröpfchen resultieren aus geringfügigen Abweichungen im Abstand der Objektträger.

Fazit

- Zeitaufgelöste Lichtstreuungssignale unterscheiden semi-transparente und nicht-transparente Lacktröpfchen im Flug.
- N_{rel} korreliert deutlich mit C_m (3 bis 23 %): Je weniger Farbkonzentrat, desto mehr semi-transparente Lacktröpfchen.
- Das Verfahren eignet sich zur quantitativen Charakterisierung der Zusammensetzung von Lacktröpfchen im Beschichtungsprozess.

[1] A. Hänsel, M. Rößler, W. Schäfer (Erfinder); ai-quanton GmbH, Duale Hochschule Sachsen (Anmelder): Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Zusammensetzung dynamischer Lackteilchen für die Überwachung eines Beschichtungsprozesses in der Spritzlackierung. Patentanmeldung DE 10 2025 100 487 A1 (Aktenzeichen 10 2025 100 487.0), angemeldet am 08.01.2025, offengelegt am 09.07.2026.

* Korrespondenz: info@ai-quanton.com