

Analyse der Tropfengrößenverteilung einer Emulsion

Adrian Wanek

IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung
Fachbereich Fertigungstechnik Metall

13.03.2026

Ziel der Untersuchung

Ziel dieser Untersuchung ist es, zu prüfen, ob sich die Tropfengröße der untersuchten Emulsion messtechnisch reproduzierbar bestimmen lässt und ob sich Unterschiede zwischen frischer und bereits verwendeter Emulsion nachweisen lassen. Dazu wurden mehrere Messreihen unter unterschiedlichen Probenahmebedingungen durchgeführt und die resultierenden Tropfengrößenverteilungen miteinander verglichen.

Versuchsreihen

Zur Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Bedingungen auf die gemessene Tropfengrößenverteilung wurden mehrere Versuchsreihen durchgeführt:

- Versuchsreihe A: frische Emulsion, Behälter vor der Probenahme geschüttelt
- Versuchsreihe B: gebrauchte Emulsion, Behälter geschüttelt
- Versuchsreihe C: frische Emulsion, Behälter nicht geschüttelt
- Versuchsreihe D: frische Emulsion, nicht geschüttelt, reduzierte Fördergeschwindigkeit im Messgerät

Kenngrößen der Tropfengrößenverteilung

Zur Beschreibung der Tropfengrößenverteilung einer Emulsion werden die Kenngrößen D_{10} , D_{50} und D_{90} verwendet. Diese beschreiben charakteristische Quantile der volumenbasierten Größenverteilung.

- D_{10} : 10% des Gesamtvolumens der Tropfen besitzen einen kleineren Durchmesser als dieser Wert

- *D50*: Median der Verteilung; 50 % des Tropfenvolumens liegen unterhalb dieses Durchmessers.
- *D90*: 90 % des Tropfenvolumens sind kleiner als dieser Wert; dieser Parameter beschreibt insbesondere den Anteil grosser Tropfen
- *Avg*: Mittelwert der durchgeführten Einzelmessungen

Ergebnisse der Messungen

ID	Titel	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)
A01	Emulsion neu	0.0702	0.1430	0.485
A02	Emulsion neu	0.0710	0.1457	0.635
A03	Emulsion neu	0.0746	0.1525	1.292
A04	Emulsion neu	0.0724	0.1511	1.726
A05	Emulsion neu	0.0752	0.1583	3.800
Avg A1	Emulsion neu	0.0726	0.1500	1.182
A06	Emulsion neu	0.0824	0.1699	5.400
A07	Emulsion neu	0.0838	0.1747	6.710
A08	Emulsion neu	0.0784	0.1727	6.470
A09	Emulsion neu	0.0883	0.1866	8.280
A10	Emulsion neu	0.0875	0.1855	8.500
Avg A2	Emulsion neu	0.0839	0.1776	7.110
B01	Emulsion gebraucht	0.0952	0.1873	0.463
B02	Emulsion gebraucht	0.0912	0.1896	0.471
B03	Emulsion gebraucht	0.0887	0.1845	0.470
B04	Emulsion gebraucht	0.0611	0.1568	0.414
B05	Emulsion gebraucht	0.0804	0.1778	0.449
Avg B	Emulsion gebraucht	0.0818	0.1798	0.454
C01	Emulsion neu - ungemischt	0.0762	0.1558	1.563
C02	Emulsion neu - ungemischt	0.0773	0.1594	2.521
C03	Emulsion neu - ungemischt	0.0786	0.1630	3.850
C04	Emulsion neu - ungemischt	0.0800	0.1652	4.490
C05	Emulsion neu - ungemischt	0.0836	0.1717	5.410
Avg C	Emulsion neu - ungemischt	0.0790	0.1629	3.720
D01	Emulsion neu - v30%	0.0789	0.1633	5.630
D02	Emulsion neu - v30%	0.0830	0.1724	7.150
D03	Emulsion neu - v30%	0.0813	0.1676	6.680
D04	Emulsion neu - v30%	0.0834	0.1706	7.040
D05	Emulsion neu - v30%	0.0845	0.1730	7.780
Avg D	Emulsion neu - v30%	0.0822	0.1694	6.940

Tabelle 1: Partikelgrößenverteilung verschiedener Emulsionszustände

FrISCHE Emulsion

Die Messungen der frischen Emulsion zeigen eine weitgehend übereinstimmende Tropfengrößenverteilung zwischen den einzelnen Versuchsreihen (Abb. 1). Der Median der Verteilung *D50* liegt im Durchschnitt bei 0.17 μm . Die geringen Verschiebungen zwischen den

Messungen zeigen, dass die Bestimmung der Tropfengrösse grundsätzlich reproduzierbar ist.

Auffällig ist jedoch, dass sich bei den Versuchsreihen mit frischer Emulsion im Verlauf der Messungen eine Zunahme der Tropfengrösse zeigt. Während sich die Parameter D_{10} und D_{50} nur geringfügig verändern, steigt D_{90} deutlich von etwa $0.485\ \mu\text{m}$ auf $8.5\ \mu\text{m}$. Dies deutet darauf hin, dass sich insbesondere der Anteil grösserer Tropfen während der Messung erhöht.

Ein Anstieg von D_{90} während der Messung kann auf ein Wachstum grösserer Tropfen im Messkreislauf hinweisen, beispielsweise durch Koaleszenz oder längere Verweilzeiten der Emulsion im System. Zusätzlich beeinflusst die Probenahme die Messergebnisse. Wird der Behälter vor der Probenentnahme nicht geschüttelt, können durch Sedimentation oder Aufrahmung lokal grössere Tropfen angereichert werden, was zu erhöhten D_{90} -Werten führt. Auch eine reduzierte Fördergeschwindigkeit im Messgerät kann dazu führen, dass grössere Tropfen weniger stark zerkleinert werden.

Für reproduzierbare Messergebnisse ist daher eine standardisierte Messmethodik erforderlich. Dazu gehören insbesondere eine gleichmässige Durchmischung der Emulsion vor der Probenahme, konstante Messbedingungen sowie eine kontrollierte Fördergeschwindigkeit im Messsystem.

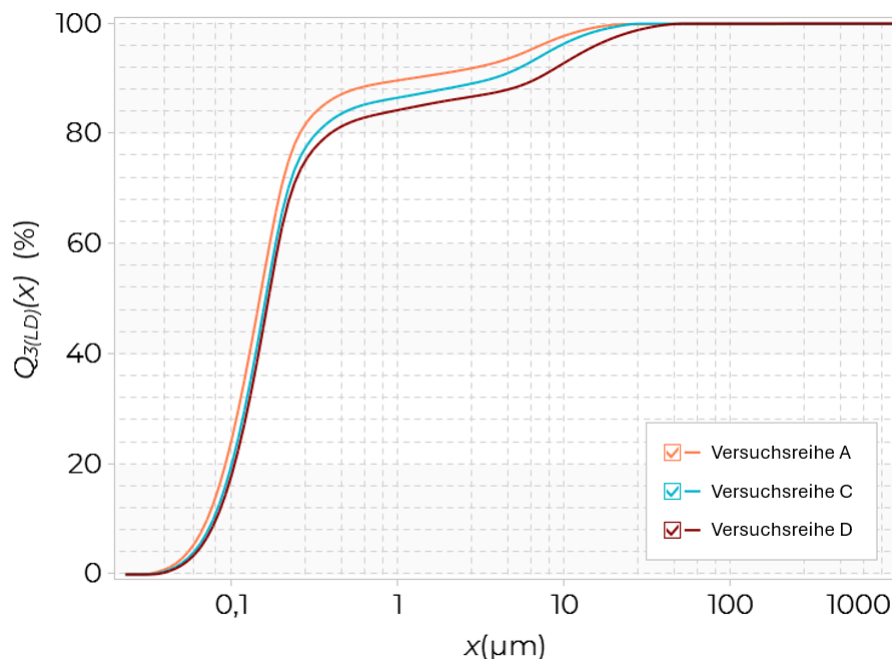


Abbildung 1: Kumulative Tropfengrössenverteilung der frischen Emulsion

Gebrauchte Emulsion

Bei den Messungen mit gebrauchter Emulsion ist über die Messzeit keine systematische Änderung der Tropfengrösse festzustellen. Der Median der Verteilung D_{50} liegt im Mittel bei $0.178\ \mu\text{m}$ und ist damit mit dem Wert der frischen Emulsion vergleichbar. Die gebrauchte Emulsion zeigt jedoch im Vergleich zur frischen Emulsion eine leicht veränderte Verteilung (Abb. 2).

Die beiden kumulativen Tropfengrössenverteilungen zeigen im Bereich kleiner Tropfen bis etwa $0.2\ \mu\text{m}$ einen sehr ähnlichen Verlauf. Dies deutet darauf hin, dass sich die feine

Tropfenpopulation in beiden Messreihen kaum unterscheidet. Die Kurve der gebrauchten Emulsion Avg B ist gegenüber der frischen Emulsion Avg A1 leicht nach rechts verschoben, was auf einen höheren Anteil grösserer Tropfen hinweist.

Signifikante Unterschiede treten erst bei grösseren Tropfen auf. Dies zeigt sich besonders im Parameter D_{90} , der bei der gebrauchten Emulsion deutlich weiter links liegt als bei der frischen Emulsion. Während D_{10} und D_{50} nur geringe Unterschiede aufweisen, ist der Anteil grosser Tropfen bei der gebrauchten Emulsion deutlich kleiner. Eine mögliche Ursache hierfür ist die mechanische Beanspruchung der Emulsion im Betrieb, welche zu einer Zerteilung grösserer Tropfen und damit zu einer feineren Tropfengrössenverteilung führen können.

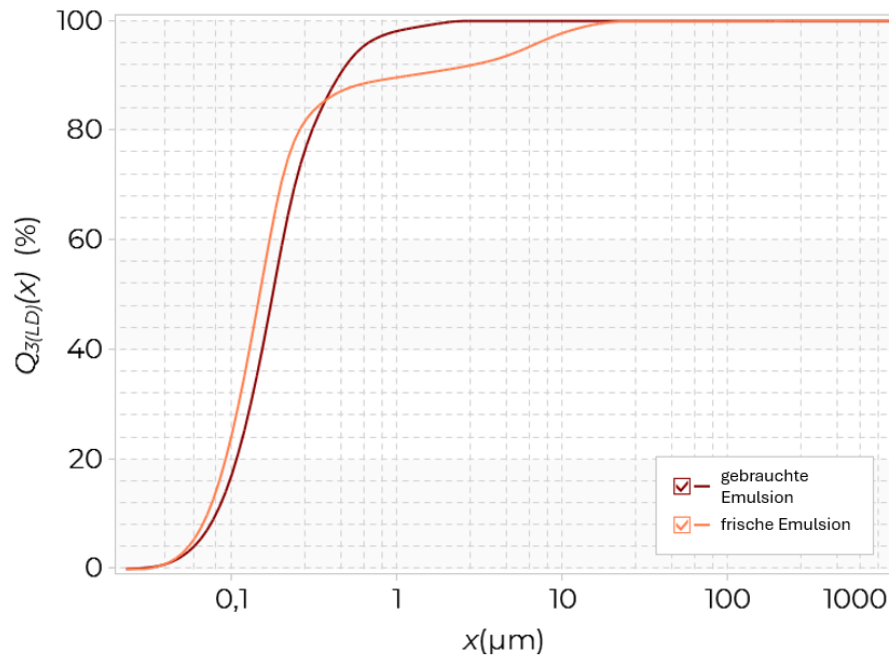


Abbildung 2: Kumulative Tropfengrössenverteilung gebrauchter und frischer Emulsion

Erkenntnis

Die Ergebnisse zeigen, dass die Tropfengrösse der untersuchten Emulsion mit dem verwendeten Messverfahren grundsätzlich reproduzierbar bestimmt werden kann. Gleichzeitig zeigt der Vergleich zwischen frischer und gebrauchter Emulsion, dass Veränderungen der Tropfengrössenverteilung messtechnisch erfasst werden können. Während sich die feine Tropfenpopulation kaum verändert, unterscheiden sich die Verteilungen vor allem im Anteil grösserer Tropfen, was sich im Parameter D_{90} widerspiegelt. Die mechanische Belastung der Emulsion im Betrieb kann somit zu einer Veränderung der Tropfengrössenverteilung führen, die mit dem eingesetzten Messverfahren nachweisbar ist.