



Methodische Untersuchungen zur Korngrößenverteilung von verkehrsbürtigen Partikeln in Niederschlagsabflüssen – Vergleich von Siebung und digitaler Bildanalyse

Glattfelden, 15. November 2022,

Eva Heinz, Stefan Krimmler, Marc Wichern, Martina Dierschke, Antje Welker

Anlass

- Verschiedene Anlässe zur Bestimmung der Korngrößenverteilung in partikelhaltigen Wassenumweltproben
- partikulär gebundene Schadstoffe sind in verschiedenen Korngrößenbereichen unterschiedlich stark ausgeprägt
- Für die Bewertung der Behandlungsbedürftigkeit von Niederschlagsabflüssen ist der Parameter AFS63 in deutsche Regelwerke eingeführt worden
- Bestimmung der Parameter AFS63, AFSgrob und AFSges kann mittels Siebung oder durch instrumenteller Analytik erfolgen
- Vergleichbarkeit Siebung und instrumenteller Partikelanalyse unklar

Struktur des Vortrags

- **Einführung ins Thema**
 - Theoretische Grundlagen der Partikelgrößenverteilung
 - Vorgehen
 - Partikelanzahl- vs. Massen/Volumenverteilung
 - 2D- und 3D-Deskriptoren
 - Maschenweite vs. Maschendiagonale
 - Normal-, Über-, Unter- und Pseudounterkorn
- **Ergebnisse der Messungen**
 - Vergleich der Auswertung: 2D-Deskriptoren
 - Vergleich der Auswertung: MW vs. MD
- **Fazit**

Partikelgrößenanalyse

Klassische
Siebanalyse

Instrumentelle Analytik

Digitale Bildanalyse DIA

Laser-Methoden

Statische DIA

Dynamische
DIA

Laserbeugung

Dynamische
Lichtstreuung

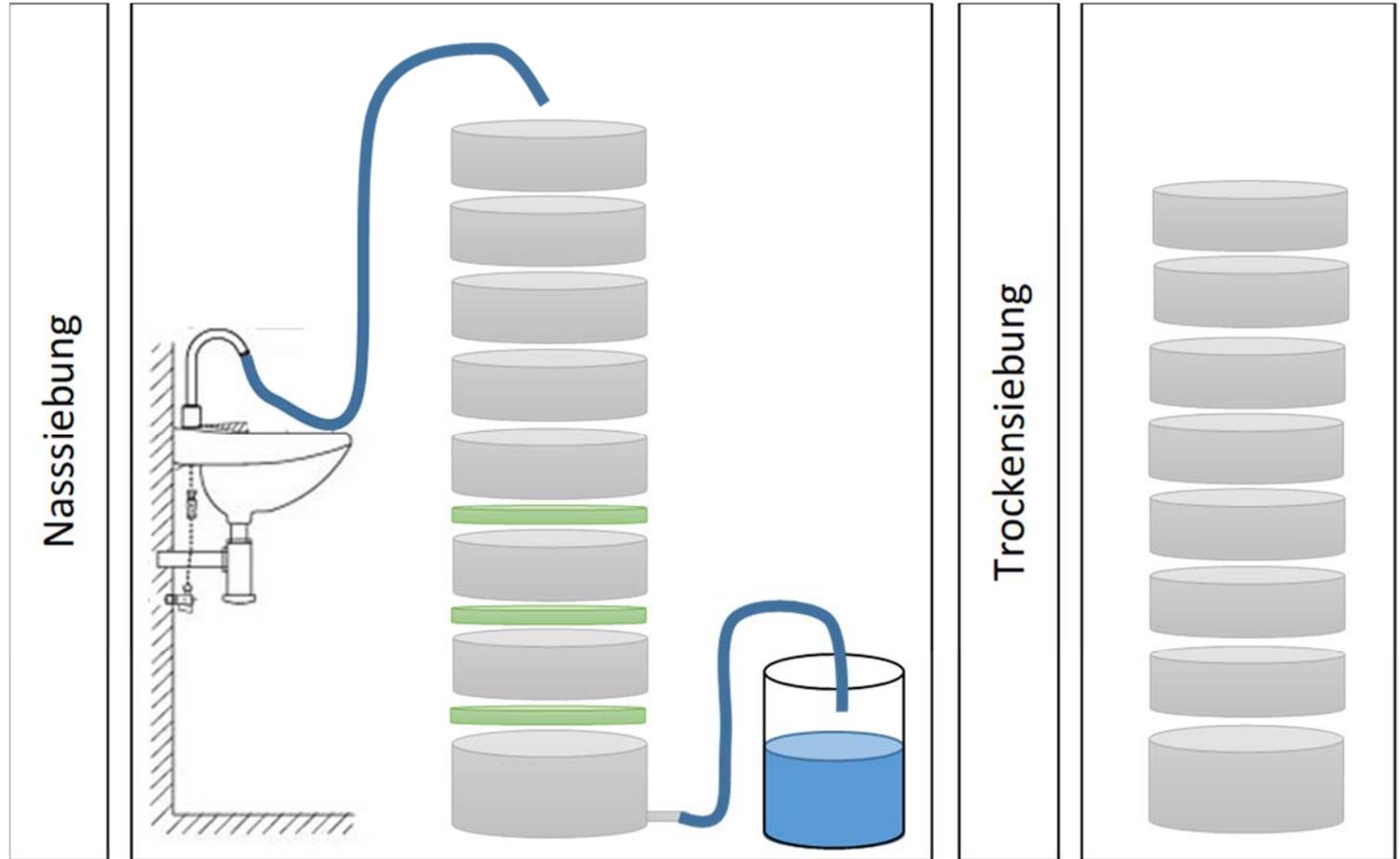
Partikel ca.
20 μm –125 mm

Partikel ca.
0,5 μm –8 mm

Partikel ca.
10 nm–2 mm

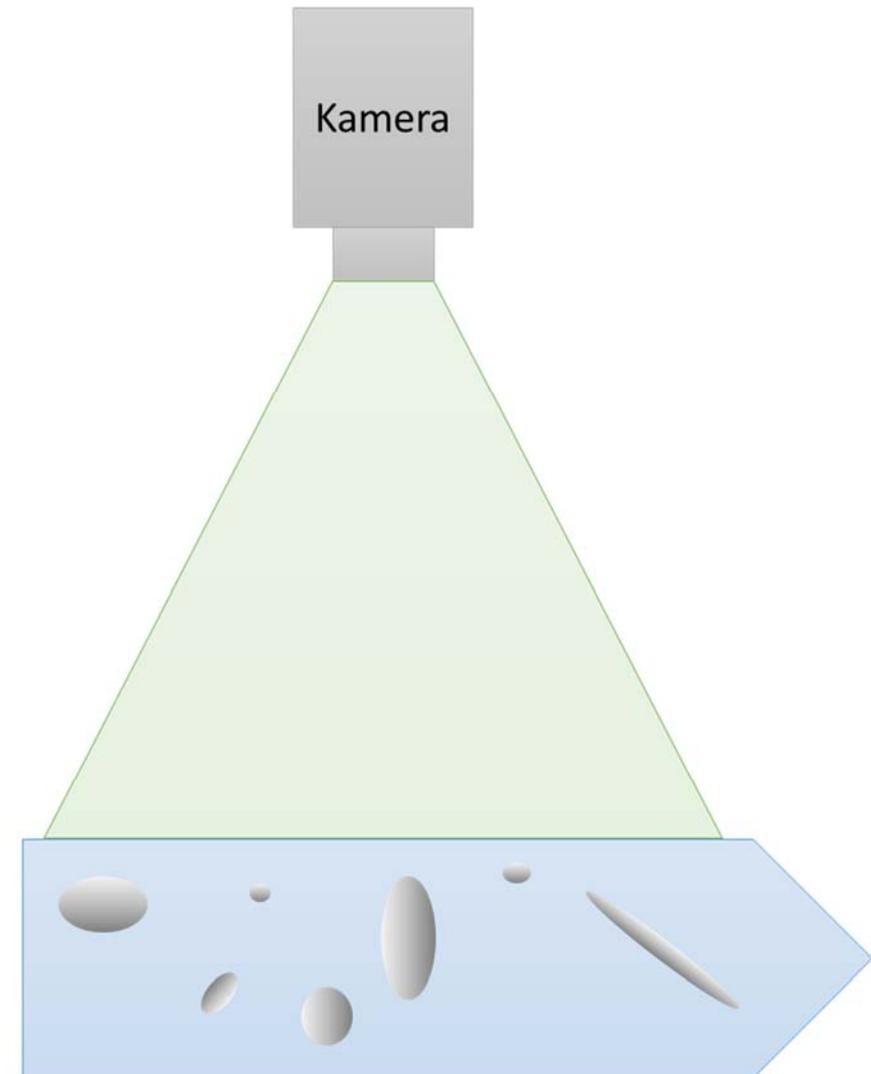
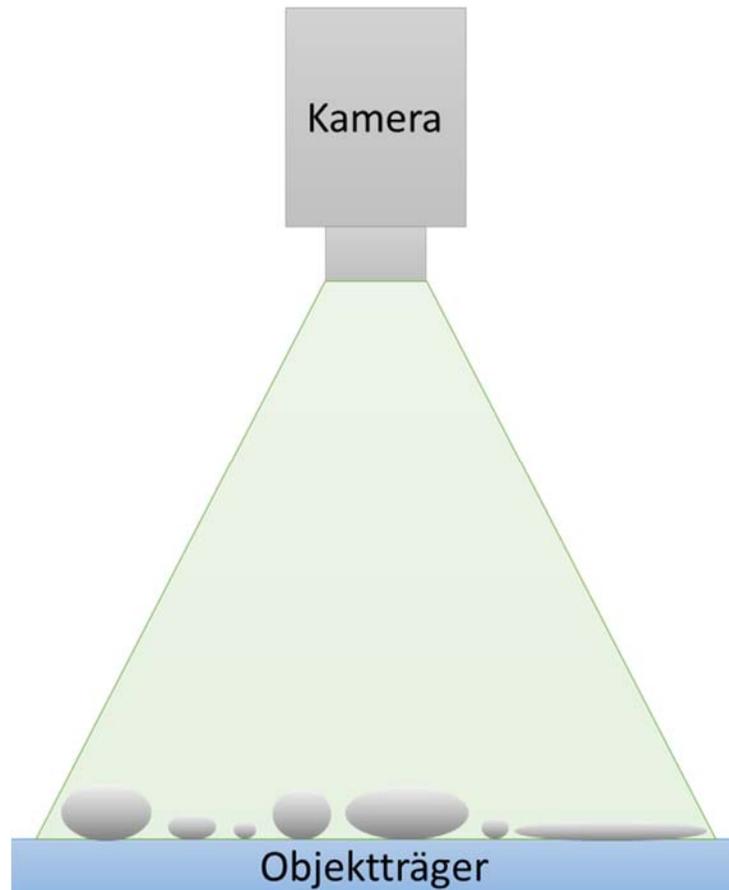
Partikel ca.
1 nm– 6,5 μm

Siebung



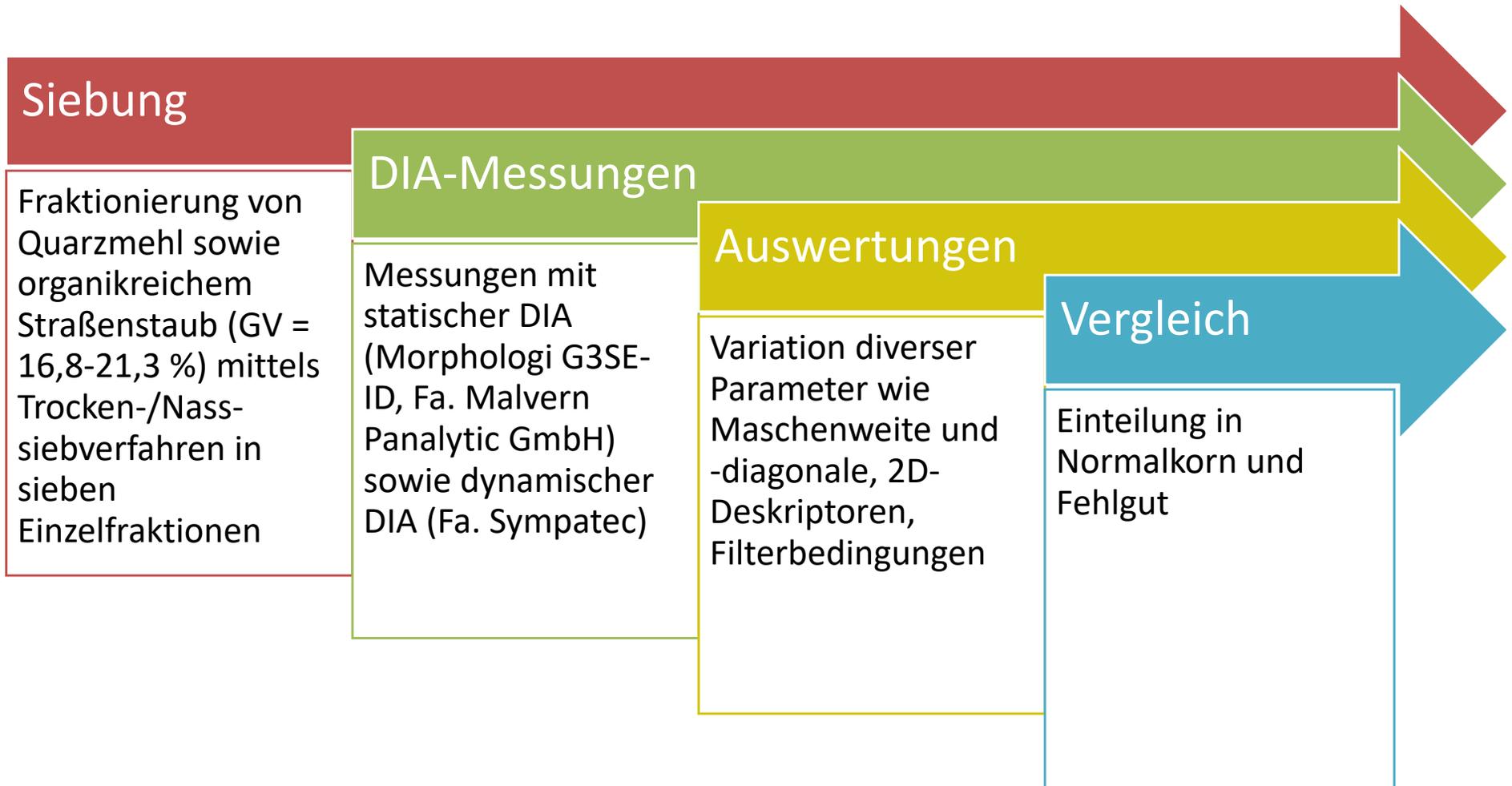
Links: Vibrationssiebmaschine (Quelle: www.retsch.de); Mitte: Prinzip der Trockensiebung;
Rechts: Prinzip der Nasssiebung

Digitale Bildanalyse: statisch und dynamisch

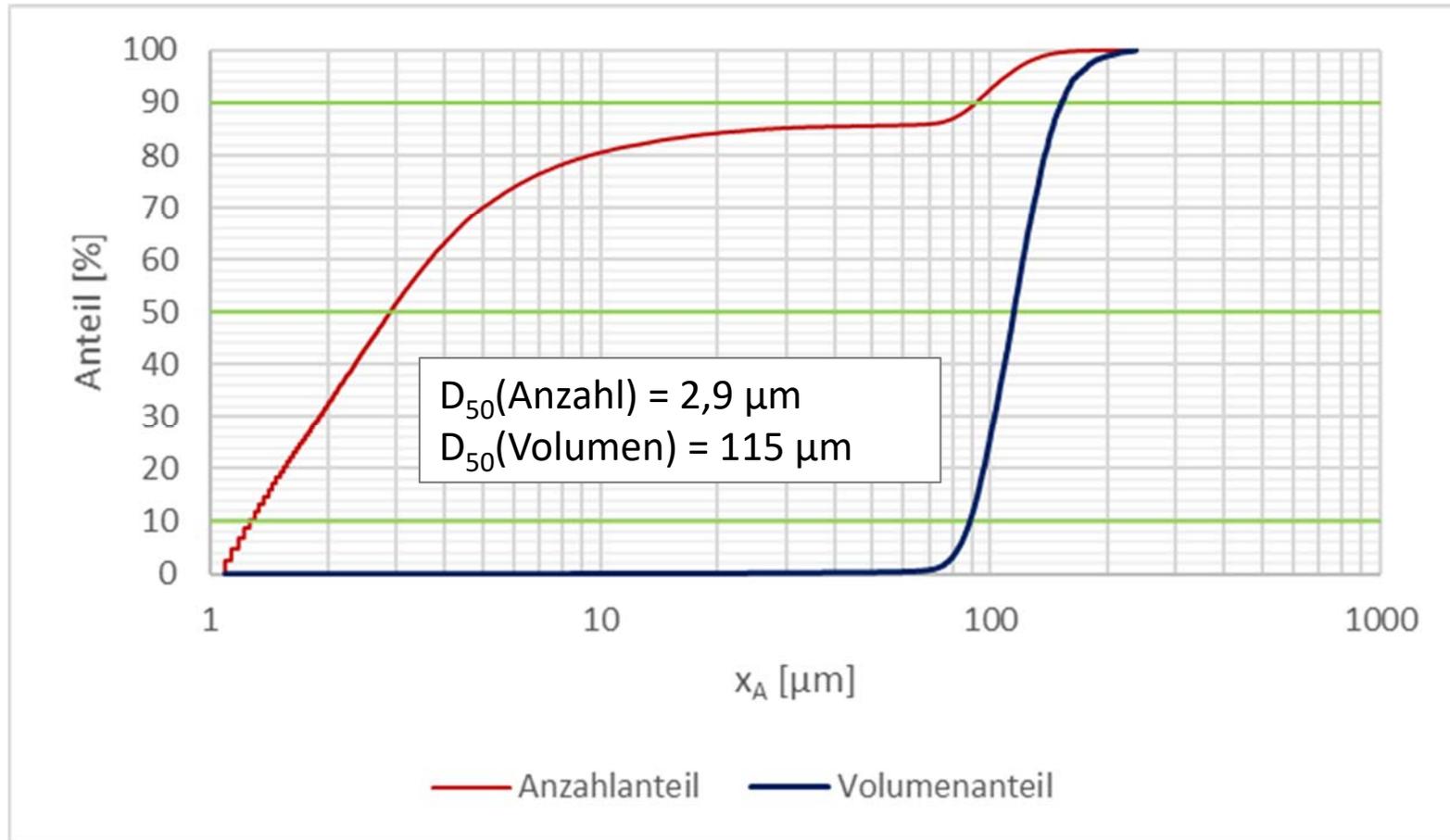


Links: Prinzip der statischen Bildanalyse
Rechts: Prinzip der dynamischen Bildanalyse
Bilder nach Sympatec.de

Fließgeschwindigkeit v des Partikelstroms

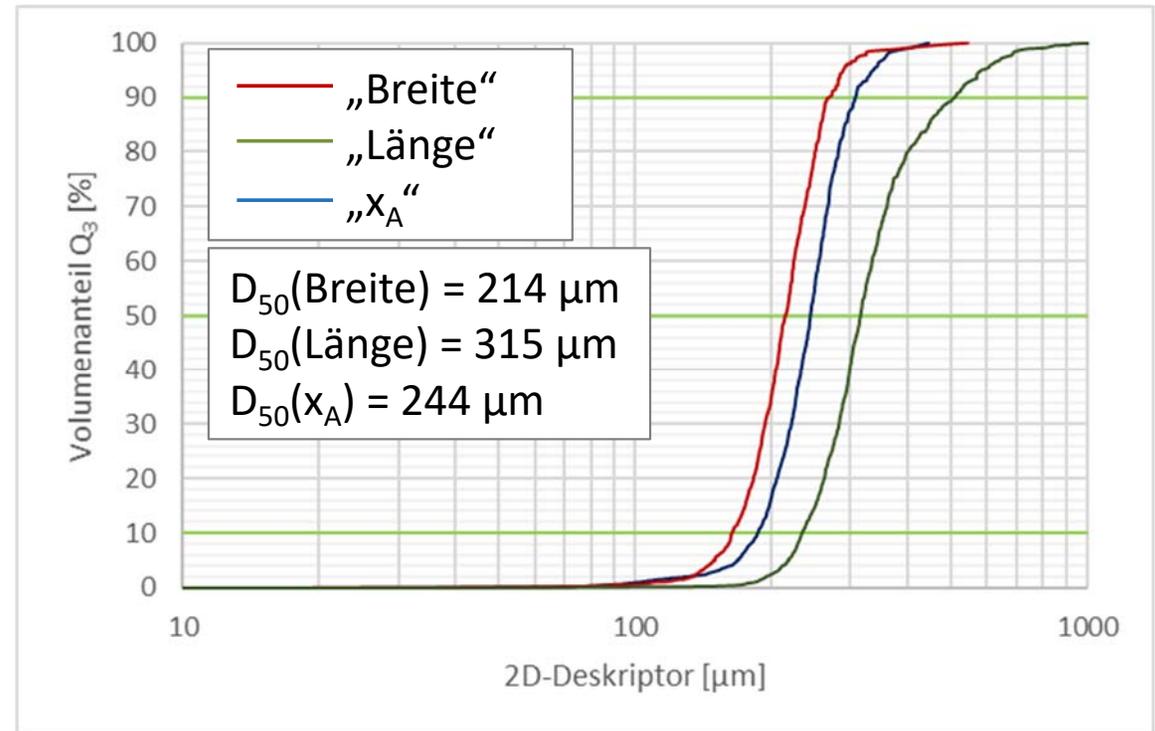
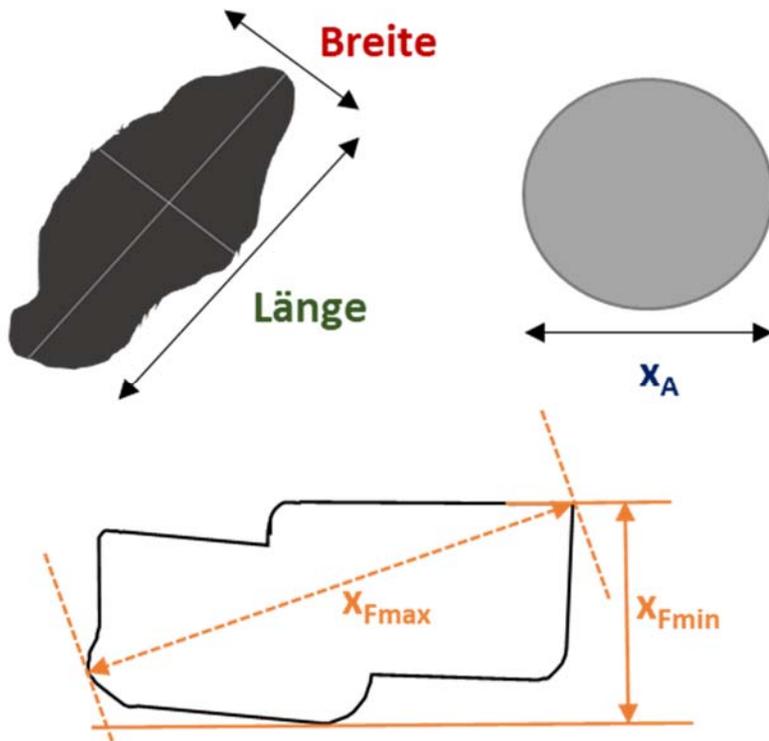


Partikelanzahl-, Volumen- und Massenverteilung



Volumen- (blau) und anzahlbasierte (rot) Summenkurve einer Probe S8 63-100 μm gemessen mit einer statischen DIA

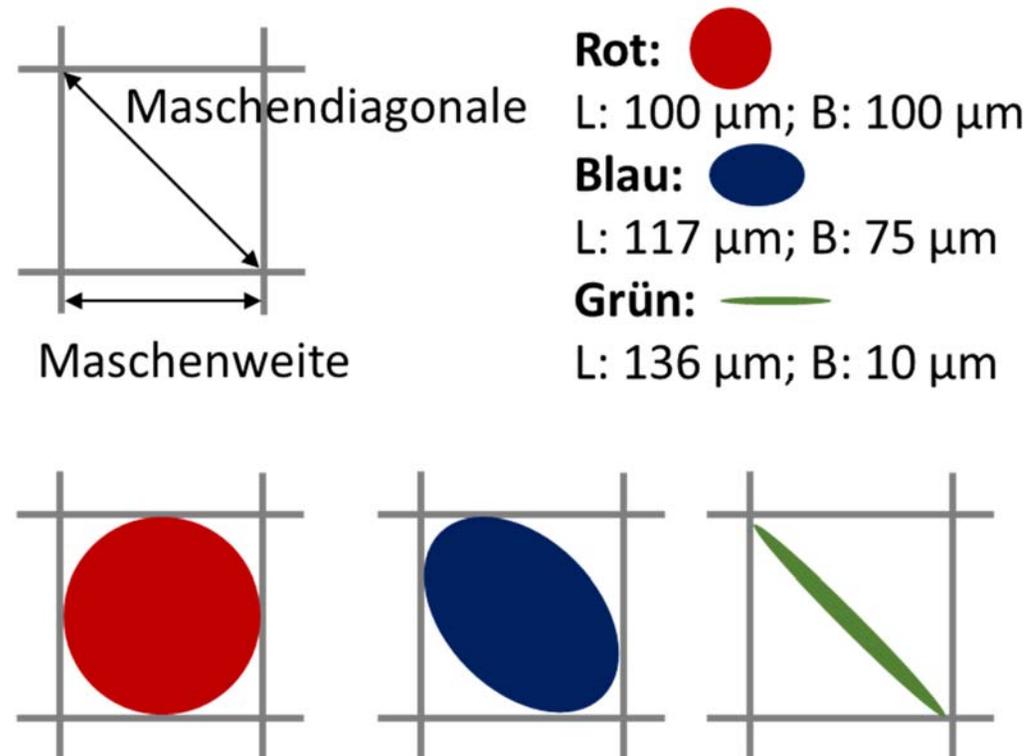
2D-Deskriptoren



bildliche Erklärung der 2D-Deskriptoren Breite, Länge, x_A , x_{Fmin} und x_{Fmax}

Volumenanteile einer Probe S8 160-200 μm (statische DIA) in Abhängigkeit vom 2D-Deskriptor

Maschenweite (MW) und Maschendiagonale (MD)

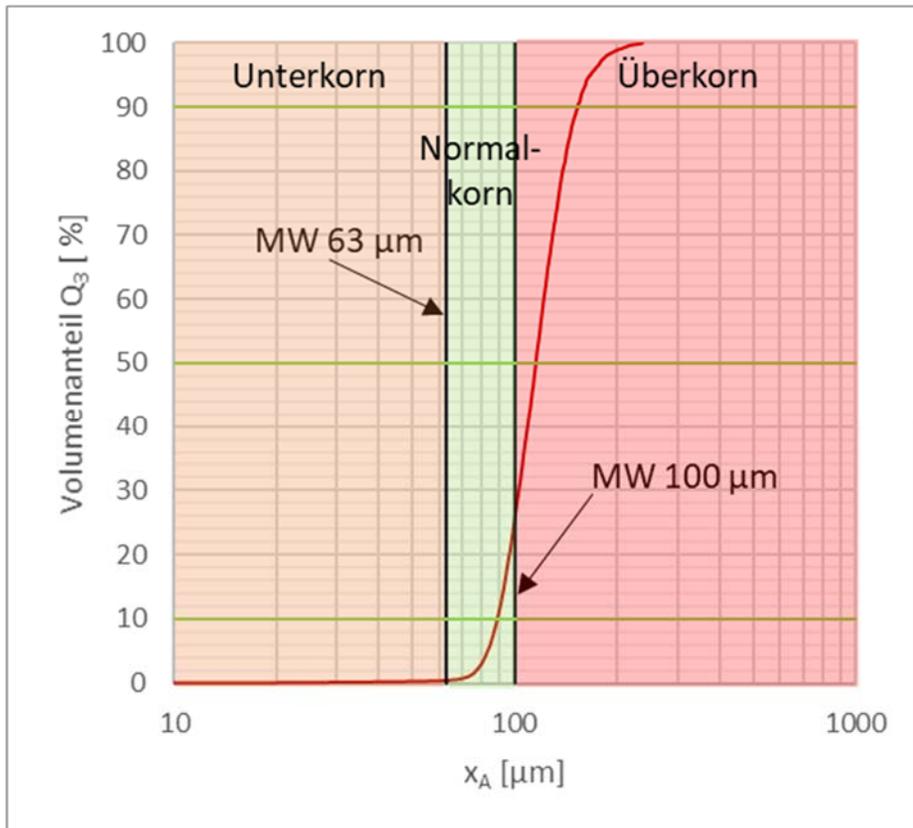


Definition sowie Vergleich der Durchgängigkeit von Partikeln unterschiedlicher Form durch eine Siebmasche in der Draufsicht (beispielhaft für 100 μm Sieb)
die Höhe der Partikel wird an dieser Stelle nicht berücksichtigt

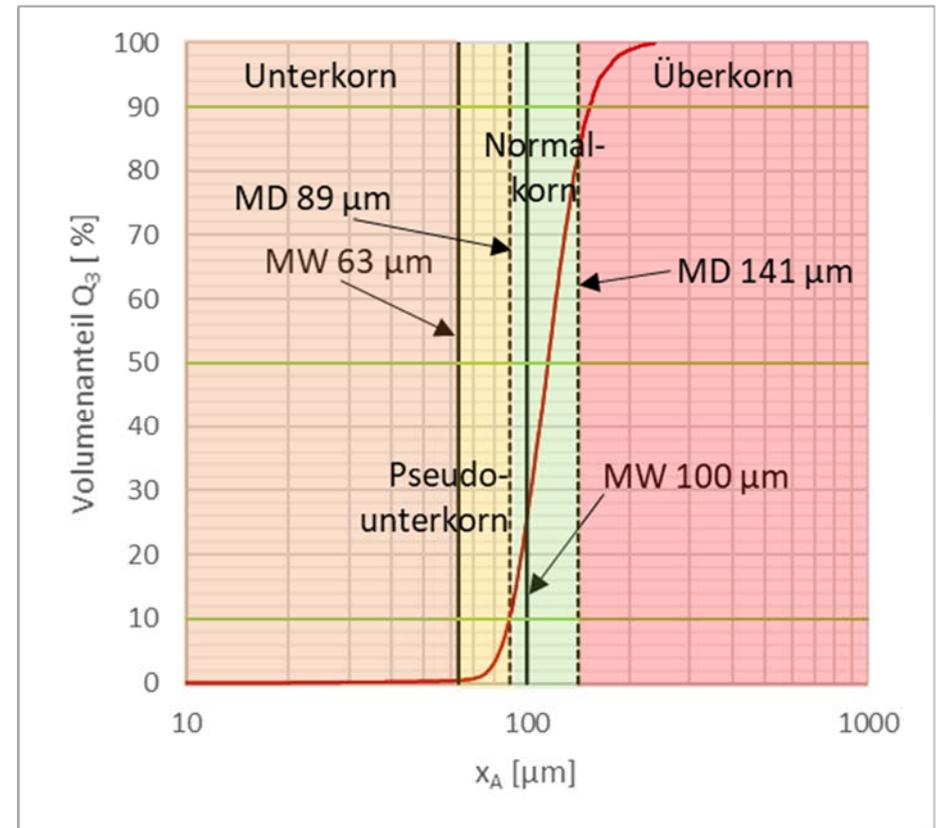
Normalkorn und Fehlgrut

Beispiel:

Unter-, Normal- und Überkorn in Straßenstaub S8 der Siebfraktion 63-100 μm

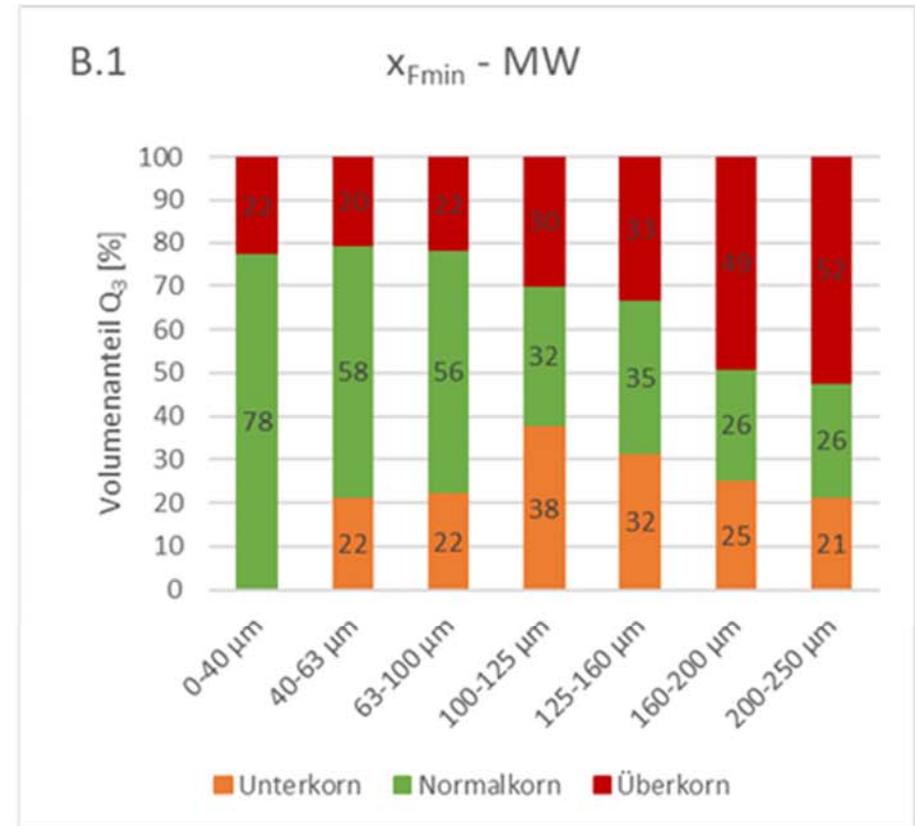
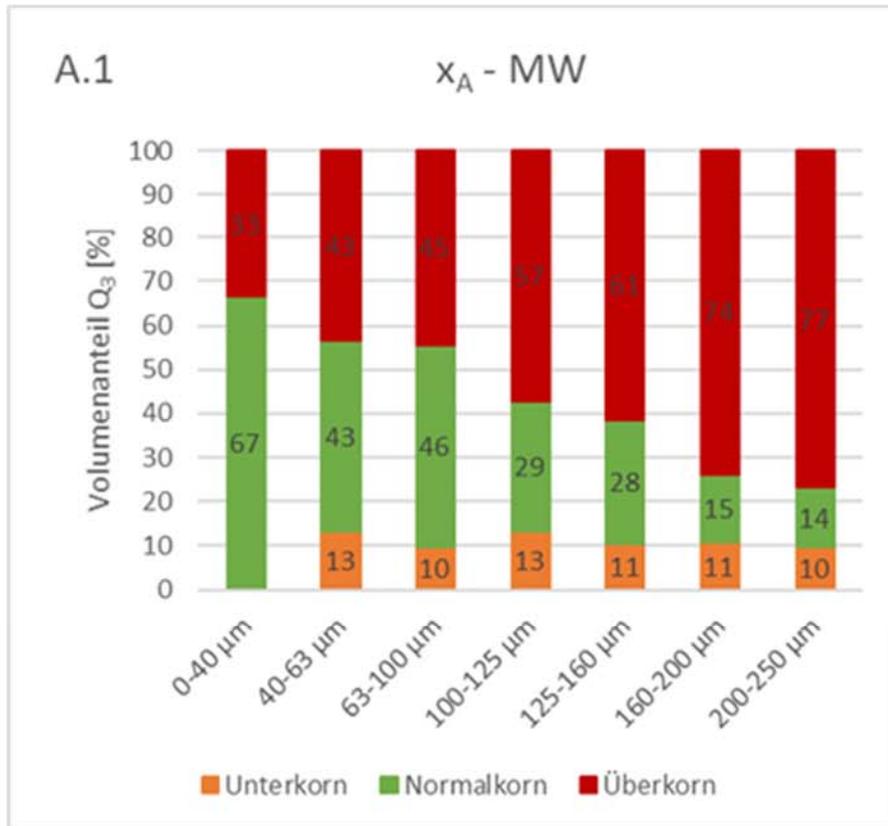


Auswertungen über die Maschenweite



Auswertungen über die Maschendiagonale

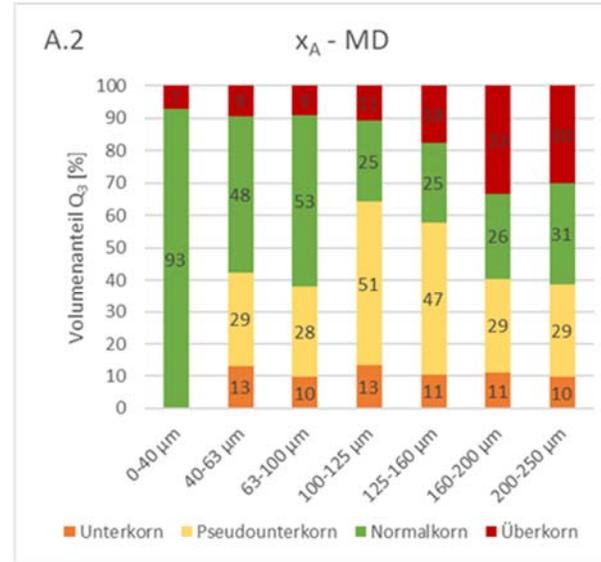
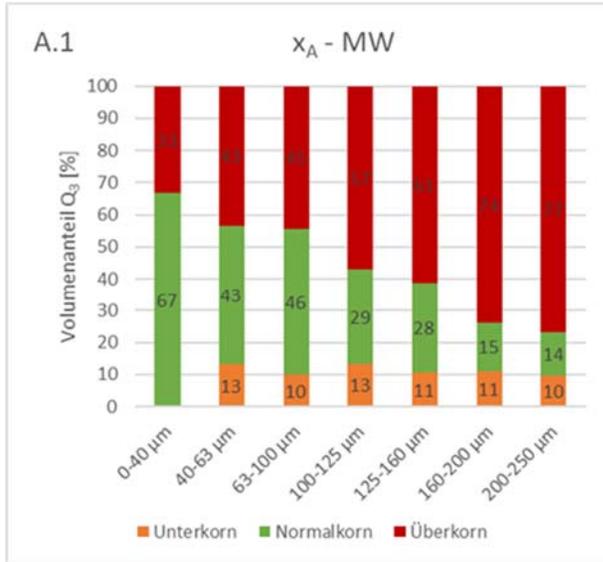
Einfluss 2D-Deskriptor



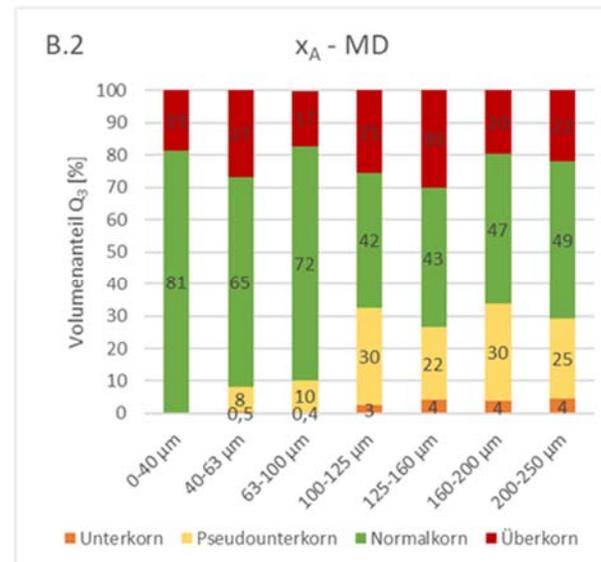
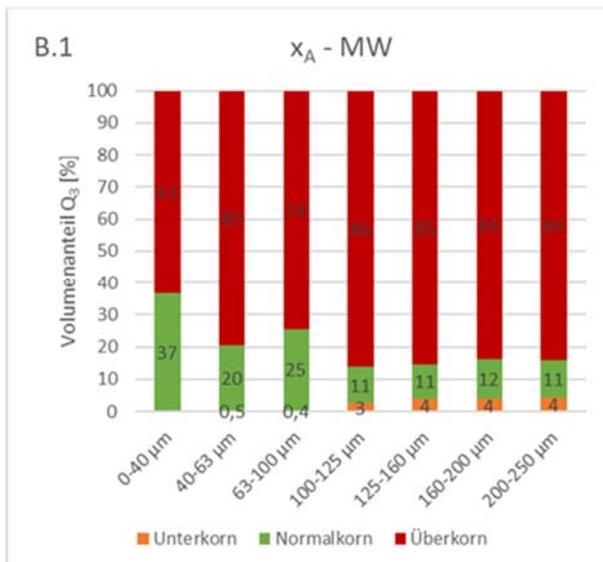
Auswirkung des 2D-Deskriptors x_A (links) und x_{Fmin} (rechts) auf den Normal-, Unter-, Pseudo- und Überkornanteil der Einzelfractionen S8 bei der dynamischen DIA (FRA-UAS) mit der Auswertemethode nach Maschenweite (MW)

Einfluss Maschenweite und -diagonale

Dynamische DIA



Statische DIA



Auswirkung der Auswertemethode nach **Maschenweite (MW, links)** und **Maschendiagonale (MD, rechts)** auf den Normal-, Unter-, Pseudo- und Überkornanteil der Einzelfraktionen S8 bei der **dynamischen DIA (A, oben)** und der **statischen DIA (B, unten)**

Fazit I/II

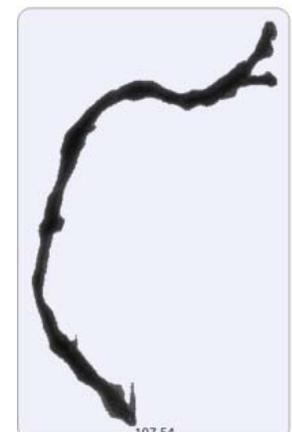
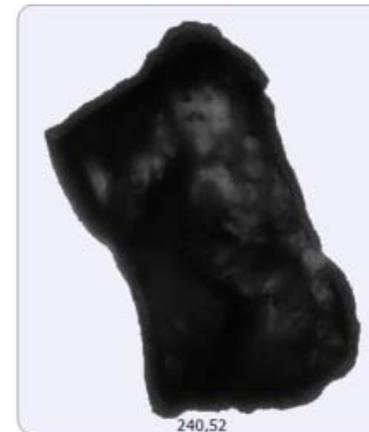
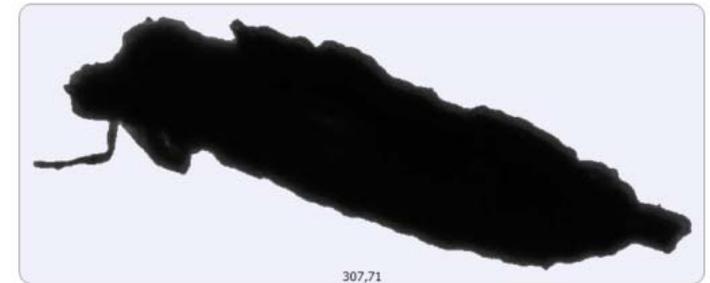
- **Siebung:** Durchgangswahrscheinlichkeiten jedes Partikels
- **Statische DIA:** meist Vermessung der größten Fläche des Partikels
- **Dynamische DIA:** Vermessung homogener; Probleme bei Dispergierung und Ansaugung möglich

- **Ergebnisse** verschiedener Methoden zur Partikelgrößenanalyse **kaum vergleichbar**
- Kein Ergebnis ist falsch
- **Randbedingungen** der Messung müssen dem Ergebnis beigelegt werden

Fazit II/II

- Vielfältige Auswertemethoden: z. B. 2D-Deskriptoren, Maschenweite oder –diagonale, Filterbedingungen
- Durch die Wahl der **Auswertemethoden** bei der DIA kann das **Ergebnis beeinflusst** werden
- Größte Übereinstimmung für Partikel in Verkehrsflächen-abflüssen zwischen Siebung und DIA bei
 - einer schmalen Partikelseite (x_{Fmin} , Breite) und
 - Maschendiagonale
- Wenn große Korngrößenbereiche betrachtet werden, wird der Unterschied geringer

Vielen Dank an unseren Mittelgeber,
an die Projektpartner aus Frankfurt
und für Ihre Aufmerksamkeit!

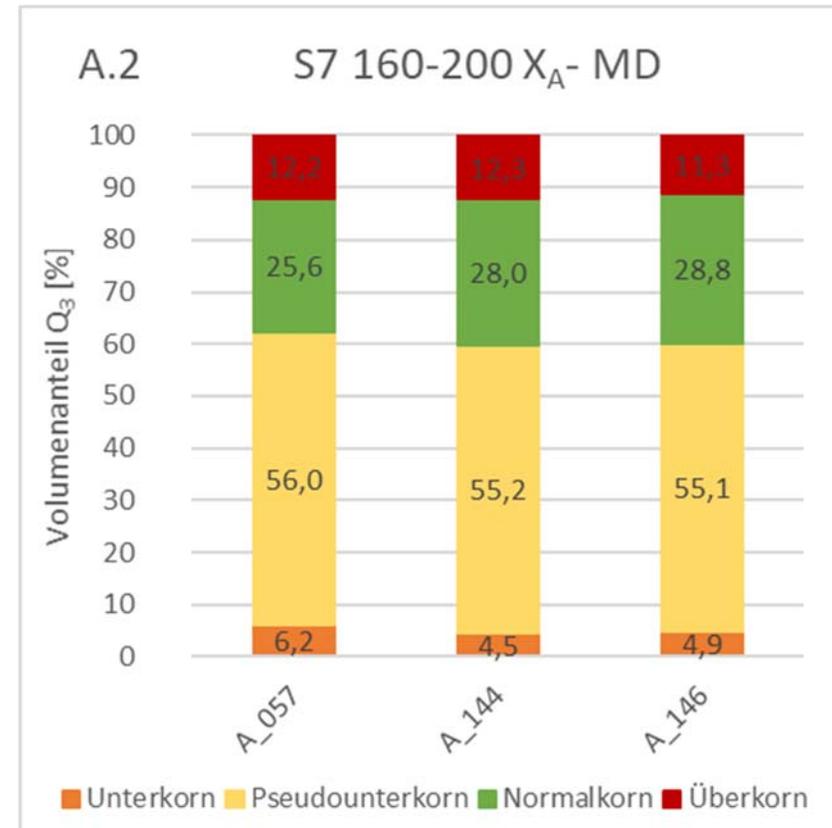
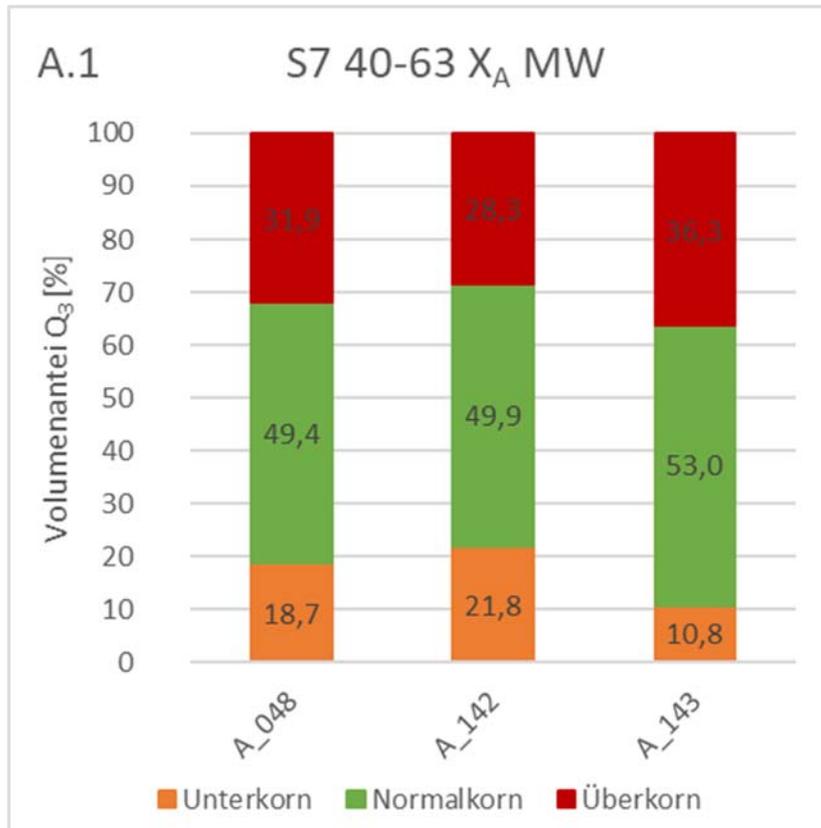


Gefördert durch: **Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen**



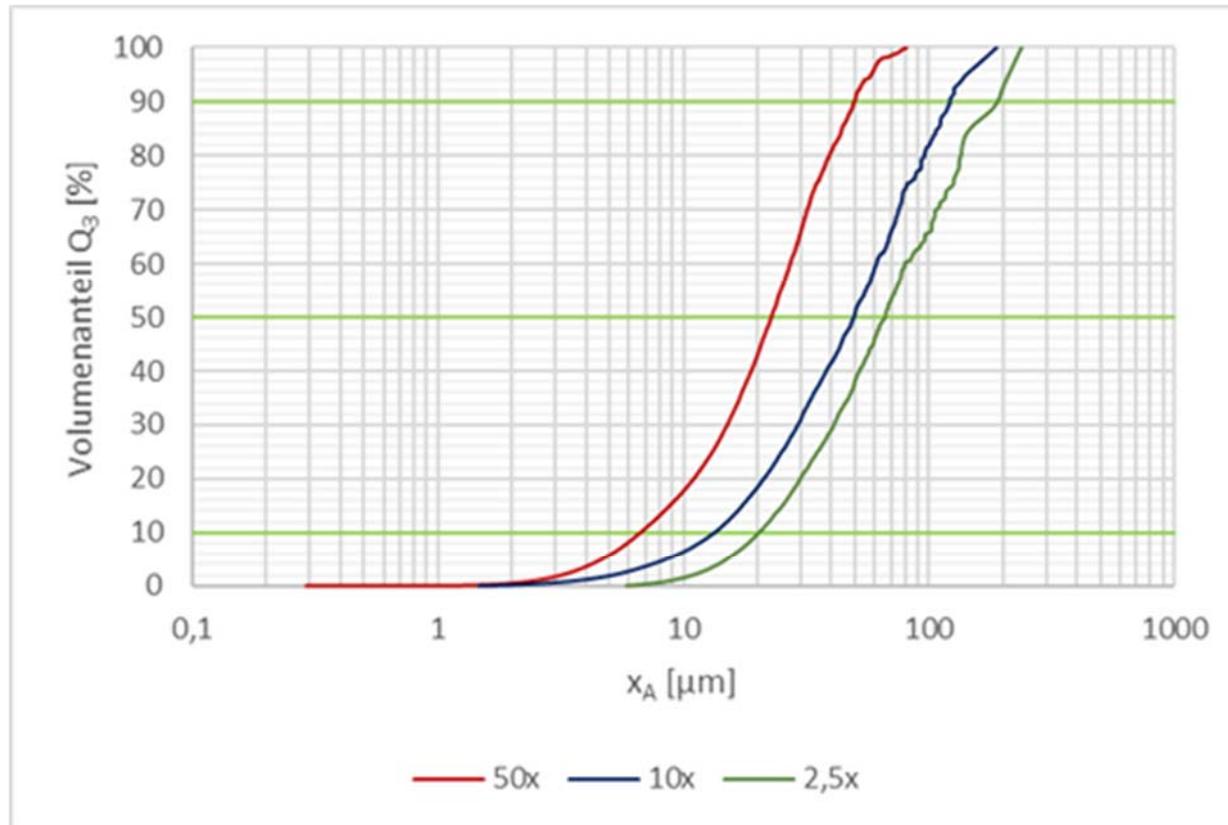
- Baum, P., Dittmer, U. (2019): Size Dependant Metal Loads of Urban Stormwater Runoff Compared to the Loads of Total Suspended Solids. NOVATECH 2019, 10th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management, 1.-5.7.2019.
- DIN 66160 (2017): Messen disperser Systeme - Begriffe
- DIN 66165-1 (2016): Partikelgrößenanalyse – Siebanalyse – Teil 1: Grundlagen
- DIN 66165-2 (2016): Partikelgrößenanalyse – Siebanalyse – Teil 2: Durchführung
- DIN ISO 3310-1 (2017): Analysensiebe – Technische Anforderungen und Prüfung – Teil 1: Analysensiebe mit Metaldrahtgewebe
- DIN ISO 9276-6 (2012): Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen – Teil 6: Deskriptive und quantitative Darstellung der Form und Morphologie von Partikeln
- DWA A-102-2 (2020): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer. Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser und Abfall. Hennef Dezember 2020, korrigierte Fassung Stand Oktober 2021
- Gelhardt, L.; Huber, M.; Welker, A. (2017): Development of a Laboratory Method for the Comparison of Settling Processes of Road-Deposited Sediments with Artificial Test Material. Water, Air Soil Pollut. Vol. 228:467, 1 - 14. DOI: 10.1007/s11270-017-3650-8.
- Gelhardt, L. (2020): Charakterisierung von Feststoffen auf urbanen Verkehrsflächen als potenzielle Schadstoffträger im Niederschlagsabfluss – Entwicklung einer Methode zur Messung der Sinkgeschwindigkeit und absetzrelevanter Kenngrößen. Doktorarbeit. Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern

Qualitätskontrolle



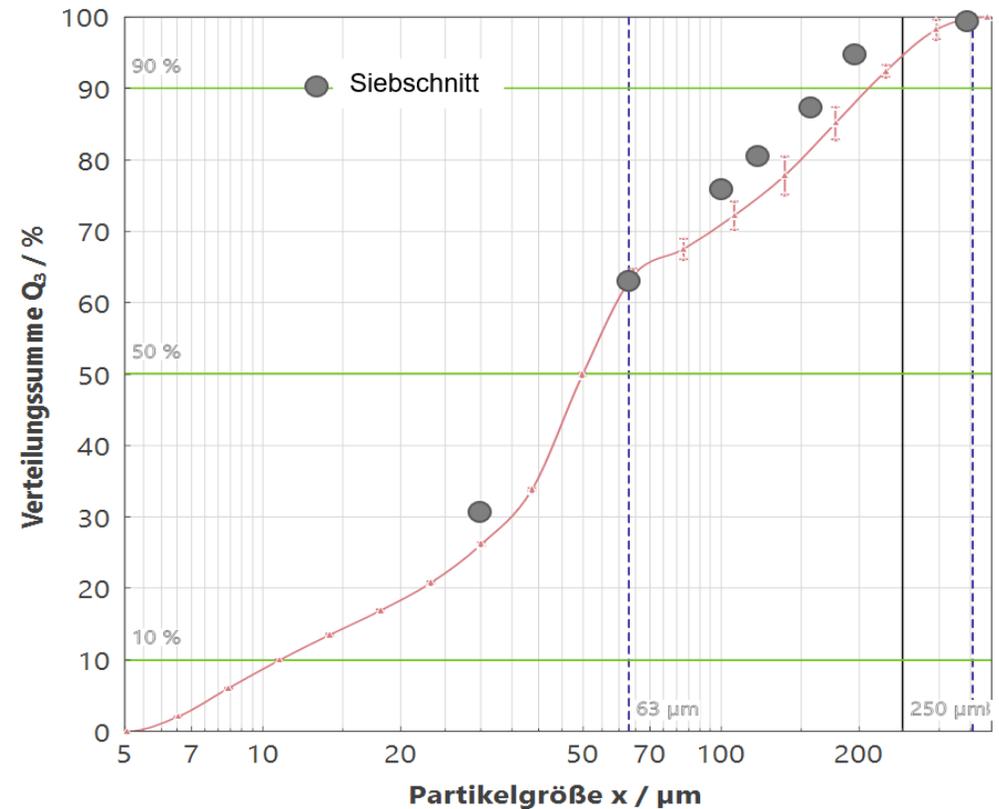
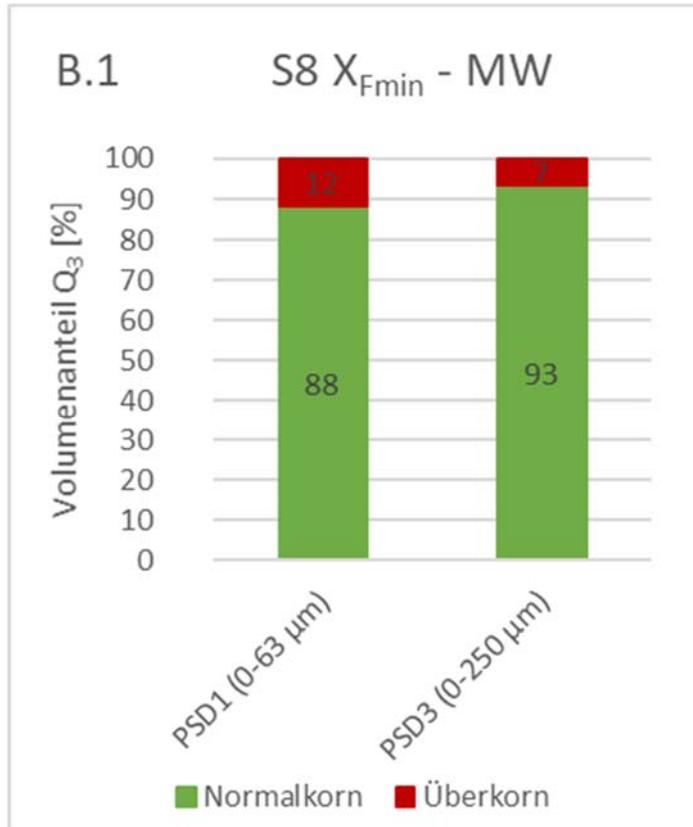
Dreifachmessung der Einzelfraktion 40-63 µm (links) bzw. 160-200 µm (rechts) einer Probe S7

Einfluss Objektiv



Volumenbasierte Summenkurven einer Quarzmehlmischprobe 0-63 μm in Abhängigkeit von der Wahl des Objektivs bei der statischen DIA

Zusammengesetzte Mischfraktionen



Normal- und Überkornanteil der Mischfraktionen S8 (dynamische DIA) 0 – 63 μm (links) und 0 – 250 μm (rechts) beim Streckenmaß x_{Fmin} und der Auswertemethode nach Maschenweite (MW).

Volumensummenkurve der Millisil-Mischfraktion 0-250 μm im Vergleich zur Fraktionierung im Siebverfahren (Punkte) dynamische DIA; Streckenmaß x_A und Auswertemethode Maschendiagonale