

Bestimmung der Korngeometrie von grobkörnigen Böden

Frieda Kott

Einleitung

Die Bestimmung der Korngeometrie kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Für eine effiziente Erfassung möglichst vieler Partikel ist die dynamische Partikelanalyse eine häufig verwendete Versuchsart. Das in dieser Arbeit verwendete Gerät der Firma Fritsch GmbH „Analysette 28“ fällt in diese Kategorie und wird genutzt für die Auswertung der Korngrößenverteilung und die einzelnen Kornformparameter.

Die Ergebnisse sind einerseits abhängig von programmintern einstellbaren Kenngrößen und andererseits von externen Faktoren wie beispielsweise dem gewählten Objektiv oder der Fallposition des Probenmaterials.

Vor Versuchsbeginn werden diese Kenngrößen und Randbedingungen angepasst. Nach erfolgreicher Einstellung wird das zu testende Probenmaterial in den Trichter gefüllt. Durch die Vibrationen der Zuführrinne werden die Partikel gleichmäßig in der Rinne verteilt und bis zur Vorderkante transportiert, bevor sie in den Fallschacht herunter fallen. Im Aufnahmebereich werden mit einer Hochgeschwindigkeitskamera die Körner erfasst, die Aufnahmen anschließend binarisiert.

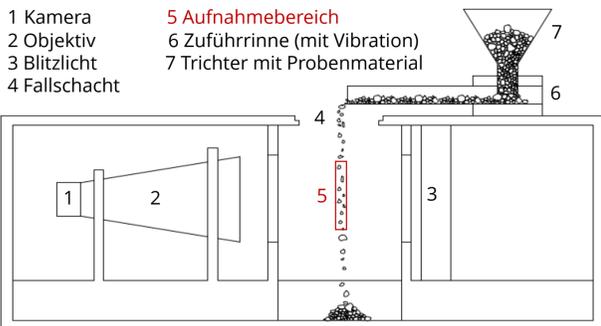


Abb. 1: Aufbau dynamisches Partikelanalysegerät „Analysette 28“

Definition der Kornformparameter

Für die Auswertung der Kornform ist eine einheitliche Definitionsgrundlage entscheidend.

Der erste Parameter ist die Korngröße, definiert über den minimalen Feret-Durchmesser und bezogen auf die Pixelaußenkante. Dies entspricht den geringsten messbaren Kornabmessungen und weist daher eine Analogie zu den Maschenweiten der Versuchsdurchführung der Siebanalyse auf.

Beschreibend für die Kornform sind das Seitenverhältnis AR , die Rundheit R und die Konvexität K zu nennen, die anhand der folgenden Formeln errechnet werden können:

$$AR = \frac{d_{Fmin}}{d_{Fmax}} \quad R = \frac{\sqrt{4 \cdot \pi \cdot A}}{U} \quad K = \frac{U_{konvex}}{U}$$

Für ein besseres Verständnis der im Rahmen der Formeln genutzten Partikelgrößen erfolgt in Abbildung 2 anhand eines Kornes eine Veranschaulichung.

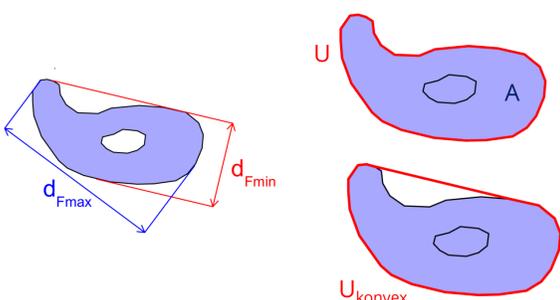


Abb. 2: Definition der für Auswertung der Kornform benötigten Partikelgrößen

Kalibrierung

Zuerst wurde eine Kalibrierung an dem Gerät durchgeführt. Für diese wurden ergänzend zu den bereits bestehenden Kalibrierplatten vier weitere angefertigt, die einen Korngrößenbereich von 20 µm bis 20 mm abbilden. Diese Kornbereiche beschreiben die Grenzen der Aufnahmemöglichkeiten des erfassbaren Bereiches während der dynamischen Partikelanalyse.

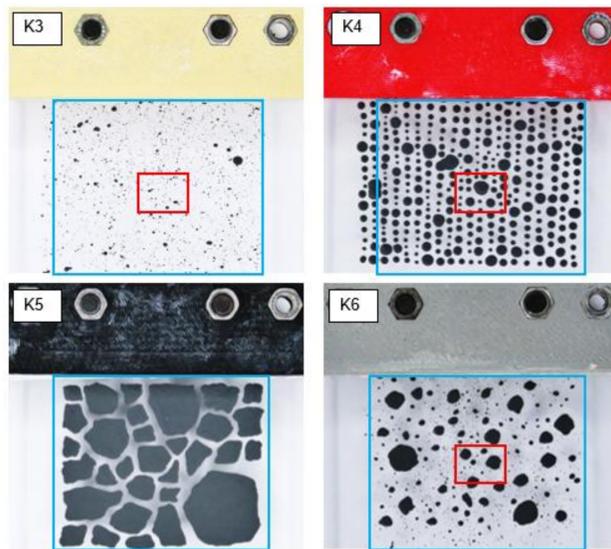


Abb. 3: Übersicht alle neue Kalibrierplatten inkl. der Bereiche 0,157x Vergrößerung (blauer Rahmen) und 0,735x Vergrößerung (roter Rahmen) des dynamischen Partikelanalysegerätes

Insgesamt erfolgt die Auswertung der Ergebnisse auf Grundlage zweier Einstellungsoptionen. Die Erste ist eine Variation der Belichtungszeit in µs auch bezeichnet als Blitz. Welche einen deutlichen Einfluss auf die Qualität und Helligkeit der einzelnen Aufnahmen hat. Die zweite Anpassung ist die Position der aufgenommenen Körner, was Rückschlüsse auf die Lage des schärfsten Aufnahmebereiches zulässt.

Im Nachfolgenden wird der Einfluss der Variationen auf die Korngrößen und Kornform genauer beleuchtet. Die Auswahl der als optimal angesehenen Versuchseinstellungen erfolgt auf Grundlage der Kornform und der mikroskopischen Vergleichsergebnisse.

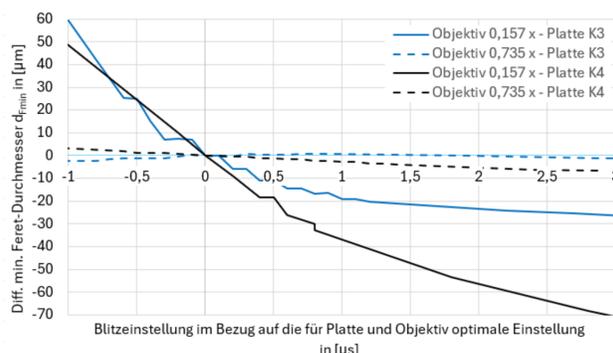


Abb. 4: Differenz minimale Feret-Durchmesser d_{Fmin} bezogen auf die optimale Blitzzeit pro Platte im Koordinatensprung

Es ist deutlich erkennbar, dass die Wahl des Objektivs einen merklichen Einfluss auf die Abweichungen der Ergebnisse für die Korngröße besitzt. Ein identisches Verhalten ist ebenfalls für die Kornformuntersuchung bemerkbar. Bei einer Aufnahme mit einer höheren Vergrößerung und einer folglich präziseren Erfassung der Partikelgrenzen sind geringere Schwankungen bei der Kornform zu erwarten.

Die Veränderung der Plattenposition verdeutlicht, dass bei der Nutzung des Objektivs mit einer höheren Vergrößerung (0,735 x) ein auf 2 mm begrenzter Bereich vorliegt, in welchem die Schärfe der Aufnahmen für die zuverlässige Auswertung der Korngröße und Kornform ausreichend ist. Außerhalb dieses eingeschränkten Abschnittes sind deutliche Abweichungen zu erwarten.

Versuche mit Probenmaterial

Es wurden fünf Probenmaterialien mit unterschiedlichen Korngrößenverteilungen getestet.

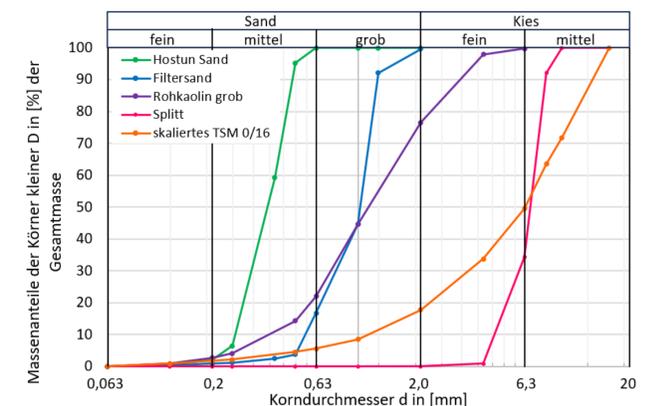


Abb. 5: Korngrößenverteilung Versuchsmaterialien

Die Variation der Blitzeinstellung hat einen geringen Einfluss auf die Höhe der Messwerte für die Korngröße und Kornform. Im Vergleich dazu hat die Anpassung der Rinnenposition einen deutlich größeren Einfluss.

Je kleiner die Körner, desto höher ist die Abhängigkeit der gemessenen Korngrößenwerte von der Fallposition. In Korrelation mit der ausgewerteten Kornfraktion sind unterschiedliche Einstellungen der Zuführrinne zu empfehlen. Für die Auswertung der Rundheit R und Konvexität K nimmt der Abstand der optimalen Position zur Kamera für größere Kornfraktionen bei einer höheren Vergrößerung immer weiter zu. Für das Seitenverhältnis AR liegt insgesamt eine größere Variabilität vor. Dennoch wird deutlich, dass die Einstellungsgrundlage für Rundheit R und Konvexität K nicht zu den besten Ergebnissen für das Seitenverhältnisse AR führen.

Zusammenfassung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass insbesondere die Position einen entscheidenden Einfluss auf die zu erwartenden Kennwerte besitzt. Zusätzlich hat die Anpassung der Blitzeinstellung ebenfalls einen Einfluss. Bei dem Versuch mit dem Objektiv der höheren Vergrößerung ist die genaue Einstellung von besonderer Relevanz, um drastische Ergebnisabweichungen zu verhindern.

Durch die ermittelten Rahmenbedingungen ist eine solide Grundlage für eine standardisierte Versuchsdurchführung hergestellt. Für die Zukunft wird die Prüfung des Einflusses der Schwingleistung der Zuführrinne empfohlen.

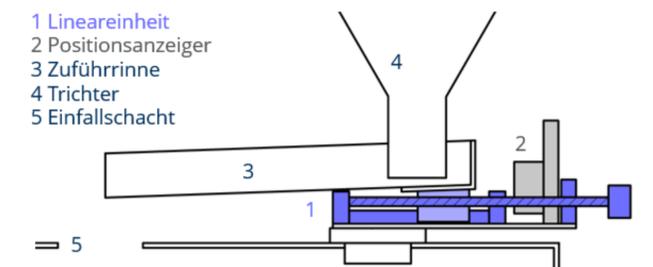


Abb. 6: Angepasste Konstruktion Zuführrinne für Positionseinstellung

Projekt
Diplomarbeit

Hochschullehrer
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ivo Herle, TU Dresden

Wissenschaftliche Betreuung
Dr.-Ing. Markus Uhlig, TU Dresden
Dipl.-Ing. (FH) Claudia Bräunig, TU Dresden

Abgabe
November 2024