



## Bestimmung der granulometrischen Eigenschaften von Sanden

Patric-Noell Ebert

### Einleitung

Das mechanische Verhalten von grobkörnigen Böden wird maßgeblich von der Korngrößenverteilung, aber auch von der Kornform bestimmt.

Bisher blieb in der Bodenklassifikation der Einfluss der Kornform nahezu unberücksichtigt. Die Klassifikation erfolgt bisher hauptsächlich über die Korngrößenverteilung.

Die aktuelle Forschung beschäftigt sich zunehmend mit den Auswirkungen der Kornform auf das mechanische Verhalten von grobkörnigen Böden. Ihr großer Einfluss konnte in mehreren Forschungsvorhaben festgestellt werden.

Leider existieren bisher noch keine verbindlichen Normen zur Kornformanalyse, was die Beschreibung des Einflusses der Kornform auf das Bodenverhalten schwierig macht.

Außerdem war der hohe Aufwand der Kornformanalyse ein großes Problem, denn dies behinderte die Integration der Kornformanalyse in routinemäßige Bodenuntersuchungen.

Durch die Entwicklung der dynamischen Bildanalyse steht nun ein mächtiges Werkzeug bereit, dessen Potential für die Bodenanalyse erforscht ist. Doch auch hier müssen Normen festgelegt werden.

Die dynamische Bildanalyse kann die traditionellen Methoden der Bodenanalyse (Siebanalyse, Tafelvergleich, etc.) ablösen und so zu einer besseren, genaueren und zeit-sparenden Bodenanalyse führen, wenn zukünftig Normen und Routinen festgelegt werden.

### Korngröße und Kornform

Der Begriff Korngröße bezeichnet in der Ingenieurgeologie den Äquivalentdurchmesser von klastischen Sedimenten und Bodenpartikeln. Sie dient in der Ingenieurpraxis der Klassifikation von Böden. Das etablierte Verfahren zur Analyse der Korngröße ist die Siebanalyse.

Die Kornform definiert die äußere Gestalt eines Bodenkorns. In der Geotechnik ist eine mathematische Beschreibung der Kornform und -rauigkeit nötig, denn die Messungen müssen reproduzierbar sein, um eine Vergleichbarkeit von verschiedenen Parametern der Böden zu gewährleisten.

Leider existiert hierfür noch keine allgemeinverbindliche Normung. Eine Vielzahl von Autoren hat in der Vergangenheit versucht die Kornform empirisch zu beschreiben.

Einteilen lässt sich die Beschreibung der Kornform in 3 Betrachtungsmaßstäbe, die jeweils unterschiedliche Detailgrade betrachten.

Die Kornform beeinflusst die mechanischen Eigenschaften des Bodens maßgeblich.



Abb. 1: Messgerät Camsizer: Quelle: Retsch.de

### Dynamische Bildanalyse

Die Ermittlung der Korngrößenverteilung, sowie der Kornform gestaltet sich mit konventionellen Methoden zeitaufwändig. Die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit sind für die immer weiter steigenden Anforderungen nicht mehr ausreichend

Hierfür bietet die dynamische Bildanalyse eine kostengünstige, schnelle und genaue Beurteilungsmöglichkeit, die zukünftig in der Bodenanalyse noch stärker an Bedeutung gewinnen wird. Sie hat einige Vorteile gegenüber konventionellen Methoden. Die Probenmenge ist quasi nicht begrenzt, was zu einer höheren statistischen Genauigkeit der Analysen führt. Außerdem ist die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit höher, denn es gibt keine Abnutzungserscheinungen. Der Zeitaufwand ist dabei relativ gering.

Im Rahmen von Forschungsberichten konnte festgestellt werden, dass sich besonders der minimale Feretdurchmesser für einen Vergleich mit der Siebanalyse eignet. Außerdem konnte festgestellt werden, dass die dynamische Bildanalyse besonders für feine Körnungen eine viel höhere Genauigkeit aufweist als die traditionelle Siebanalyse.

Besonders für die Ermittlung von Kornformparametern bietet die dynamische Bildanalyse eine geeignete Methode. Die Vorteile überwiegen hier im Vergleich zu anderen Methoden. Das Verfahren ist objektiv, da es nicht vom Bearbeiter abhängt. Die Bilder werden von einer Software ausgewertet. [17]

Die Partikelmessung mit dynamischer Bildanalyse kann also sehr gut für die Bestimmung der granulometrischen Eigenschaften von grobkörnigen Böden verwendet werden. Allerdings verwendet momentan jeder Hersteller von solchen Geräten unterschiedliche Deskriptoren. Es muss hier also zu einer Vereinheitlichung und Normung kommen, um vergleichbare und aussagekräftige Ergebnisse erzielen zu können

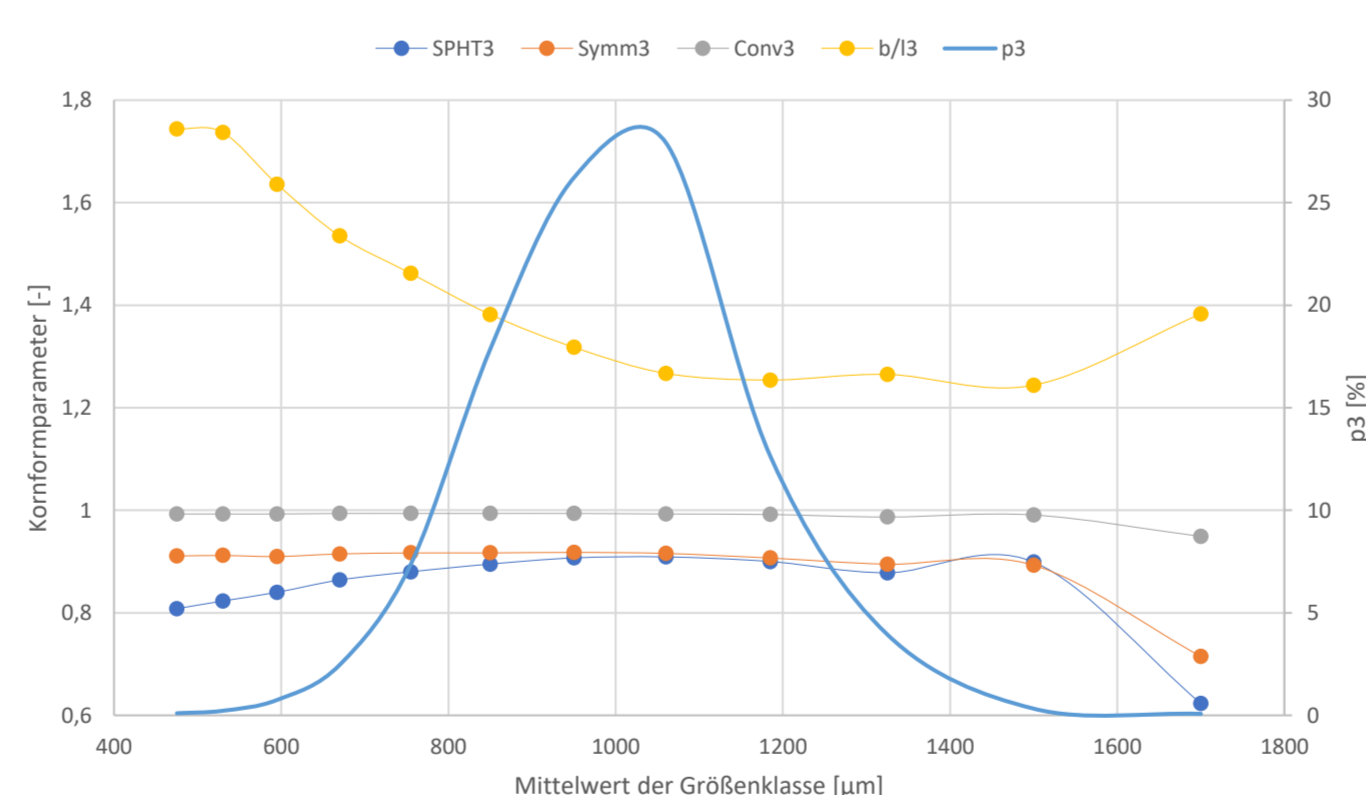


Abb. 2: Kornformanalyse-Diagramm 2016\_18\_1

### Auswertung der Bodenproben

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Daten von insgesamt 3 verschiedenen Erdstoffen ausgewertet.

Die Daten wurden mittels Siebanalyse und dynamischer Bildanalyse gewonnen und anschließend mithilfe des Programms Microsoft EXCEL ausgewertet.

Es wurden Korngrößenverteilungen aus der im Laboralltag genutzten Siebanalyse und auch aus den Camsizer-Messungen ermittelt. Die Daten wurden anschließend verglichen. Außerdem wurden die Kornformkenngrößen ausgewertet. Es wurden 4 Kennwerte ausgewertet, die der Camsizer ausgibt. (SPHT3, Conv3, b/l3, Symm3) Anschließend erfolgte eine Sensitivitätsanalyse dieser Kenngrößen auf ihre Eingangsparameter. Abschließend wurde ein Vergleich der Kornformkenngrößen mit den Indexeigenschaften der Böden vorgenommen.

### Zusammenfassung

Die maßgeblichen granulometrischen Eigenschaften von grobkörnigen Böden sind die Korngröße und die Kornform.

Die Korngröße bezeichnet den Äquivalentdurchmesser von Bodenkörnern. Dies ist die Grundlage zur Klassifikation von Böden nach geltenden Normen.

Die Kornform ist eine weitere maßgebende granulometrische Eigenschaft des Bodens. Da es bis heute keine genormten Verfahren zur Beschreibung der Kornform gibt, wurden von Autoren viele Deskriptoren vorgeschlagen. Diese beschreiben qualitativ oder quantitativ die Korngestalt.

Die Kornform beeinflusst die mechanischen Eigenschaften des Bodens. Dies beruht im Wesentlichen auf zwei Mechanismen ab: Der Anordnung der Partikel und dem Kontakt zwischen den Partikeln. Außerdem hat auch das Brechen der Partikel einen Einfluss auf die Bodeneigenschaften.

Die dynamische Bildanalyse hat ein hohes Potential zur Nutzung in der Bodenanalyse. Das Prinzip beruht auf der Analyse von Bildern der Bodenpartikel, die im freien Fall aufgenommen wurden. Das Messgerät Camsizer erzeugt hierfür spezifische Deskriptoren. Eine Reihe von Vorteilen gegenüber traditionellen Verfahren konnten festgestellt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 3 Sande analysiert. Es wurden die Daten der Siebanalyse und der Messungen mit dem Camsizer ausgewertet.

Es wurde festgestellt, dass es sich um 3 Sande unterschiedlicher Feinheit handelt. 2016\_18\_1 ist hier als gröbster, 2016\_18\_W6 als feinsten Sand identifiziert worden.

Der Vergleich der Korngrößenverteilungen, die durch den Camsizer, bzw. der Siebanalyse ermittelt wurden zeigten, dass der Camsizer genauere Ergebnisse über alle Korngrößenbereiche liefert. Der minimale Feretdurchmesser korreliert hier am besten mit den Ergebnissen der Siebanalyse. Auch  $C_u$  und  $D_{50}$  interpoliert aus dem minimalen Feretdurchmesser zeigen ähnliche Ergebnisse wie aus der Siebanalyse.

Die Auswertung der Kornformkenngrößen SPHT3, Conv3, Symm3 und b/l3 zeigte, dass die gewichteten Mittelwerte dieser Kenngrößen sich zwischen den Böden nur gering unterscheiden.

Die Sensitivitätsanalyse der Kornformkenngrößen auf ihre Eingangsparameter zeigte, dass besonders SPHT3 und b/l3 sensitiv auf die Kornlänge und -breite reagieren. Symm3 und Conv3 zeigen geringere Reaktion auf die Streuung von Kornlänge und -breite.

Außerdem wurden die Zusammenhänge zwischen den Kornformkenngrößen und den Indexeigenschaften ermittelt. Die Grenzporozahlen und der kritische Reibungswinkel zeigen eine deutliche Abhängigkeit von SPHT3 und Conv3.  $C_u$  und  $D_{50}$  haben einen Zusammenhang mit b/l3 und Symm3. Abschließend wurde der Zusammenhang zwischen den Grenzporozahlen und  $D_{50}$  bzw.  $C_u$  nachgewiesen.

**Projekt**  
Bachelorarbeit

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

**Wissenschaftliche Betreuung**  
M.Sc. Božana Bačić, TU Dresden

**Abgabe**  
August 2021