



## Untersuchung des mechanischen Verhaltens von acrylat-gebundenem grobkörnigem Boden

Georg Schmeier

### Einleitung

In der Geotechnik gibt es eine Vielzahl von Gründen für boden- oder gesteinsertüchtigende Maßnahmen. Momentan werden Baugrundinjektionen in der Regel mit zementbasierten Injektionsmitteln durchgeführt. Eine Alternative bieten acrylat-gebundene Injektionsmaterialien. Ihr Einsatz für bautechnische Zwecke ist allerdings noch nicht umfassend erforscht. Im Rahmen der Diplomarbeit wurden aus Dresdner Sand und dem Acrylat Solidcryl Probekörper hergestellt (Abb. 1). Diese konnten im Anschluss an die Erhärtungsreaktionen im Labor auf ihre bodenmechanischen Eigenschaften untersucht werden. Die labortechnischen Untersuchungen beinhalteten unter anderem die Bestimmung der mechanischen Eigenschaften des Solidcryl-Sand-Gemisches, sowie des reinen Sandes und des reinen Acrylates. Bei den Untersuchungen des Solidcryl-Sand-Gemisches wurden insbesondere die einaxiale Druckfestigkeit, das Verhalten im Ödometer und die Durchlässigkeit betrachtet.



Abb. 1: Utensilien zur Probenherstellung

### Einaxiale Druckversuche

Beim einaxialen Druckversuch wird mittels einer Presse die Stauchungs-Spannungs-Linie der getesteten Probekörper erstellt. Aus dieser lassen sich Peakstauchung, Peakspannung und der maximale E-Modul ermitteln. Im Laufe der Untersuchungen wurden mehrere Eingangsparameter der Proben, wie Wassergehalt, Aushärtezeit, Umgebungswassergehalt oder Belastungsgeschwindigkeit variiert. Gemessen wurde neben der axialen Verformung die radiale Verformung. Die Versuche an Probekörpern mit vier verschiedenen Mischungsverhältnissen erfolgte in zwei unterschiedlichen Pressen. Im in Abb. 2 dargestellten Peakstauchungs-Peakspannungs-Diagramm sind die einaxialen Druckfestigkeiten der unterschiedlichen Mischungsverhältnisse und Probengeometrien dargestellt. Die Verhältnisse beziehen sich dabei immer auf Masseanteile von Solidcryl zu Sand. Die Bezeichnung k und g verweisen auch die Probengeometrie (k:  $\varnothing=38\text{mm}$ ; g:  $\varnothing=46\text{mm}$ )

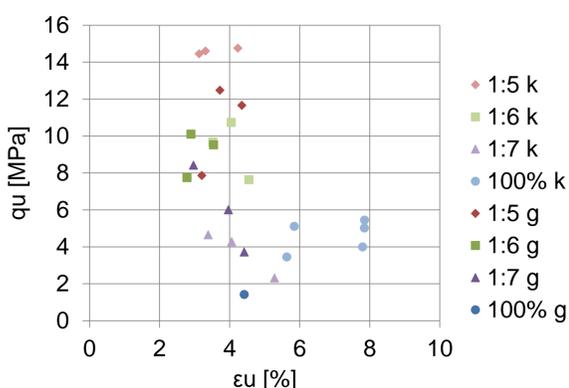


Abb. 2: Peakstauchungs-Peakspannungs-Diagramm

### Einaxiale Druckversuche mit veränderlichem Umgebungswassergehalt

Bei den Untersuchungen zum Einfluss des Umgebungswassergehaltes auf die einaxiale Druckfestigkeit der Solidcryl-Sand-Proben wurden diese nach einer 15 minütigen Aushärtezeit über 1, 7 und 15 Tage in einem mit Sand gefüllten Eimer gelagert. Der Wassergehalt des die Proben umgebenden Sandes betrug dabei 0, 2 und 4%. Zudem wurde eine Probe in einem mit Wasser gefüllten Eimer gelagert. Die in Abb. 3 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass sich das Vorhandensein von Wasser im anstehenden Boden negativ auf den Aushärteprozess auswirkt. Dabei haben schon geringe Wassergehalte einen großen Einfluss auf die zu erwartende einaxiale Druckfestigkeit. Bei Sandwassergehalten ab 4% spielt es, im Bezug auf den Aushärtevorgang, quasi keine Rolle mehr, ob sich die Probe in Sand oder direkt im Wasser befindet. Eine hohe Lagerungsdauer wirkt sich nur bei anstehenden Böden mit einem sehr geringen Wassergehalt positiv aus.

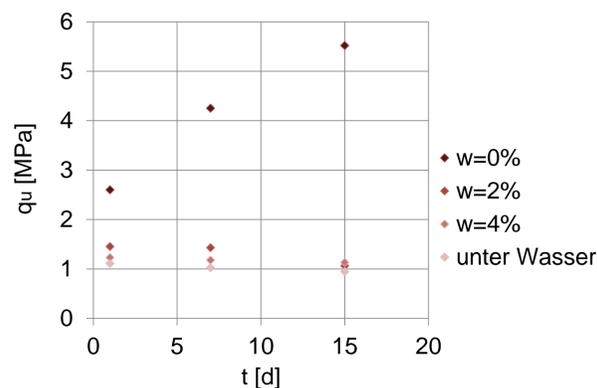


Abb. 3: Zeit-Peakspannungs-Diagramm; Alle Proben mit 1:5

### Zusammenfassung der einaxialen Druckversuche

Die einaxialen Druckversuche wurden in sieben Versuchsreihen durchgeführt. Dabei erfolgte die Untersuchung von ein bis drei Acrylat-Sand-Mischungsverhältnissen sowie des reinen Solidcryls. Aus Abb. 4 ist zu erkennen, dass es eine Vielzahl von Einflussfaktoren auf die einaxiale Druckfestigkeit der Solidcryl-Sand-Proben gibt. Somit ist es kaum möglich vorauszusagen, wie das Gemisch in einem unbekanntem Untergrund reagieren wird. Eine möglichst genaue Kenntnis der Randbedingung ist somit, für die Anwendung des Solidcryls zur Baugrundertüchtigung, von erheblicher Bedeutung. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Möglichkeit zur Flüssigkeitsabgabe des Acrylat-Boden-Körpers. Zudem spielt die Art und Höhe der Belastung eine wesentliche Rolle. Soll beispielsweise die maximal aufnehmbare Last ausgereizt werden, ohne dass sich allzu große Verformungen ergeben, muss die Belastungsdauer möglichst gering gehalten werden. Somit sollten bei jeder Anwendung immer die Vor- und Nachteile des Acrylates bei der Bodenertüchtigung abgewogen werden.



Abb. 4: Zusammenfassung der im einaxialen Druckversuch untersuchten Eigenschaften, rot= starker Einfluss, violett= variabler Einfluss, grün= geringer Einfluss, blau= nicht untersuchter Einfluss

### Weitere Laboruntersuchen

Die einaxialen Druckversuche stellen, wenn auch den größten, nur einen Teil der durchgeführten Laborversuche dar. Weitere Versuche waren:

- Ödometerversuche
- Durchlässigkeitsversuche
- Quellversuche

### Zusammenfassung

Die Baugrundertüchtigung mit Hilfe von Acrylaten bietet eine mögliche Alternative zu zementbasierten Materialien. Acrylatbasierte Bodenverfestigungskörper härten schneller aus als herkömmliche Verfestigungskörper und besitzen eine höhere Duktilität. Über die Variation der Komponentenmischung lassen sich die Eigenschaften in viele Richtungen steuern. Zur Einbringung von Acrylaten können die herkömmlichen Methoden des Spezialtiefbaus verwendet werden. Zum aktuellen Zeitpunkt wird das CSV-Verfahren favorisiert. Im Vergleich zu Zement sind Acrylate recht teuer, was eine genaue Abwägung der Vorteile bei einer Anwendung voraussetzt. Gegenstand der Laboruntersuchungen waren neben dem reinen Dresdner Sand und dem reinen Solidcryl insbesondere die Solidcryl-Sand-Mischproben. Ein besonderes Augenmerk lag auf den einaxialen Druckversuchen, welche viele wichtige Informationen über das Materialverhalten des Gemisches lieferten. Um die Auswirkungen verschiedener Einflussparameter auf die einaxiale Druckfestigkeit der Solidcryl-Sand-Proben zu untersuchen, erfolgten insgesamt sieben Versuchsreihen mit der Veränderung je eines Versuchsparameters. Die Versuchsreihen zeigten, dass die einaxiale Druckfestigkeit des Solidcryl-Sand-Gemisches teilweise sehr stark von den äußeren Rahmenbedingungen abhängt. Allerdings lassen die Versuche noch viel Spielraum für weitere Untersuchungen. Zusätzlich zu den einaxialen Druckversuchen erfolgte eine labortechnische Untersuchung des Materialverhaltens im Ödometer und im Durchlässigkeitsstand. Auch diese Laborversuche dienen der Beschreibung der Gemischeigenschaften. Sie ermöglichen die Eingrenzung der Anwendungsmöglichkeiten acrylat-gebundener Böden und zeigen in welcher Hinsicht der Einsatz von Acrylaten in der Geotechnik Vor- oder Nachteile mit sich bringt. Eine Zusammenfassung der Laboruntersuchungen liefert Abb. 4

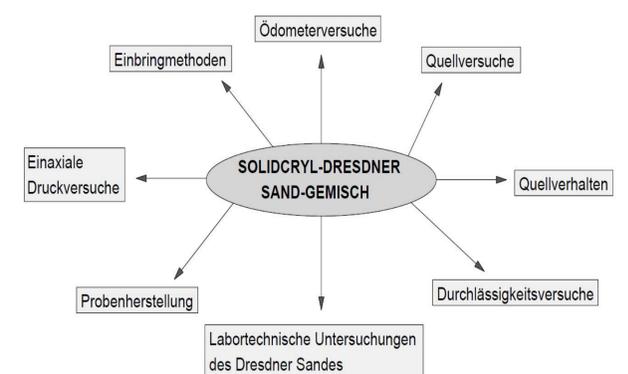


Abb. 4: Durchgeführte Laboruntersuchungen

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

**Wissenschaftliche Betreuung**  
Dr.-Ing. Kornelia Nitsche, Dipl.-Ing Erik Schwiteilo

**Abgabe**  
Dezember 2017