



Einfluss der Dichte auf das Scherverhalten von Tragschichtmaterial

Frieda Kott

Einleitung

Von besonderer Bedeutung für die Leistungsfähigkeit von Erdbauwerken im Verkehrswegebau ist die Einbaudichte während der Errichtung. Sie ist definiert über das Verhältnis des Einbauvolumens zu dem maximal möglichen Volumen des Materials und kann einen starken Einfluss auf das bodenmechanische Verhalten der Tragschicht ausüben.

In dieser Arbeit ist das Ziel das Scherverhalten bei unterschiedlichen Verdichtungsgraden zwischen 90 und 105% zu vergleichen. Es wurden umfangreiche Versuche an dem auf 0/16 skalierten Tragschichtenmaterial KG 2 durchgeführt (siehe Abb.1). Diese umfassten eine große Zahl an Rahmenscherversuchen und zusätzlich ausgeführten Triaxialversuchen, um weitere Erkenntnisse zum Scherverhalten des Materials zu gewinnen.

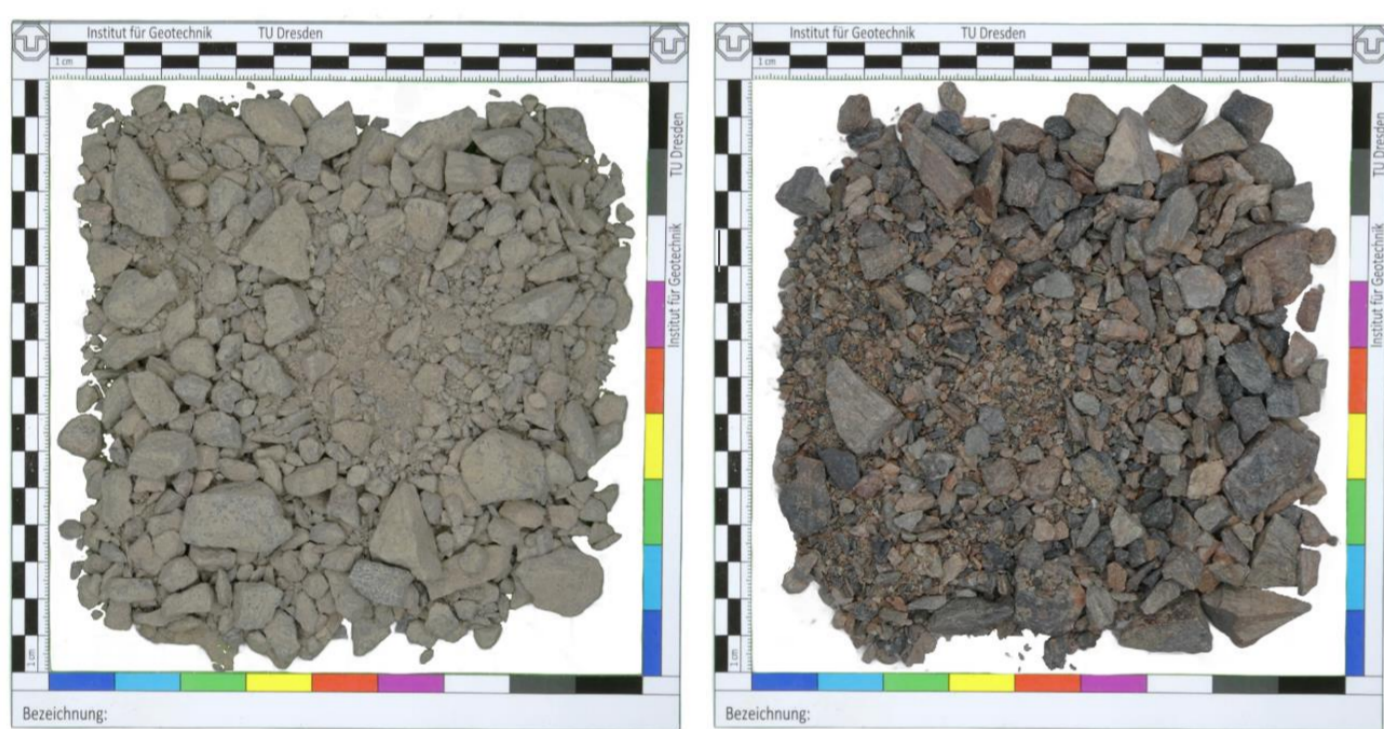


Abb. 1: Versuchsmaterial 0/16 ungewaschen (links) und gewaschen (rechts)

Großrahmenscherversuche

Im Versuch sollte das Tragschichtenmaterial bei Einbaudichten mit einer Abstufung von 2,5% zwischen 90 und 105 Prozent der Proctordichte ($\rho_{PR} = 2,01 \text{ g/cm}^3$) untersucht werden. Ergänzend wurden Versuche durchgeführt, um den Einfluss der aufgetragenen Normalspannung auf die Ergebnisse zu beurteilen. Der Einbau des skalierten Materials 0/16 erfolgt in den Scherrahmen mit Abmaßen von 30 cm x 30 cm in drei gleich dicken Schichten mit je einer Höhe von knapp 5,5 cm.

RSV - Scherparameter

Bei einer zunehmenden Einbaudichte ist der Peak ausgeprägter und tritt in einem kleineren Bereich der Scherdehnung auf (siehe Abb.2). Die Differenzen in den Scherspannungen τ nehmen bei Einbaudichten über 100% deutlich ab. Es ist offensichtlich, dass mit einer steigenden Einbaudichte der Reibungswinkel φ_p signifikant zunimmt. Bei höheren Einbaudichten ist die festgestellte Änderung im Reibungswinkel φ_p , aufgrund der inneren Reibung, größer. Die Körner liegen bei einer dichteren Lagerung näher aneinander und es bilden sich intern mehr kleine Reibungsflächen aus.

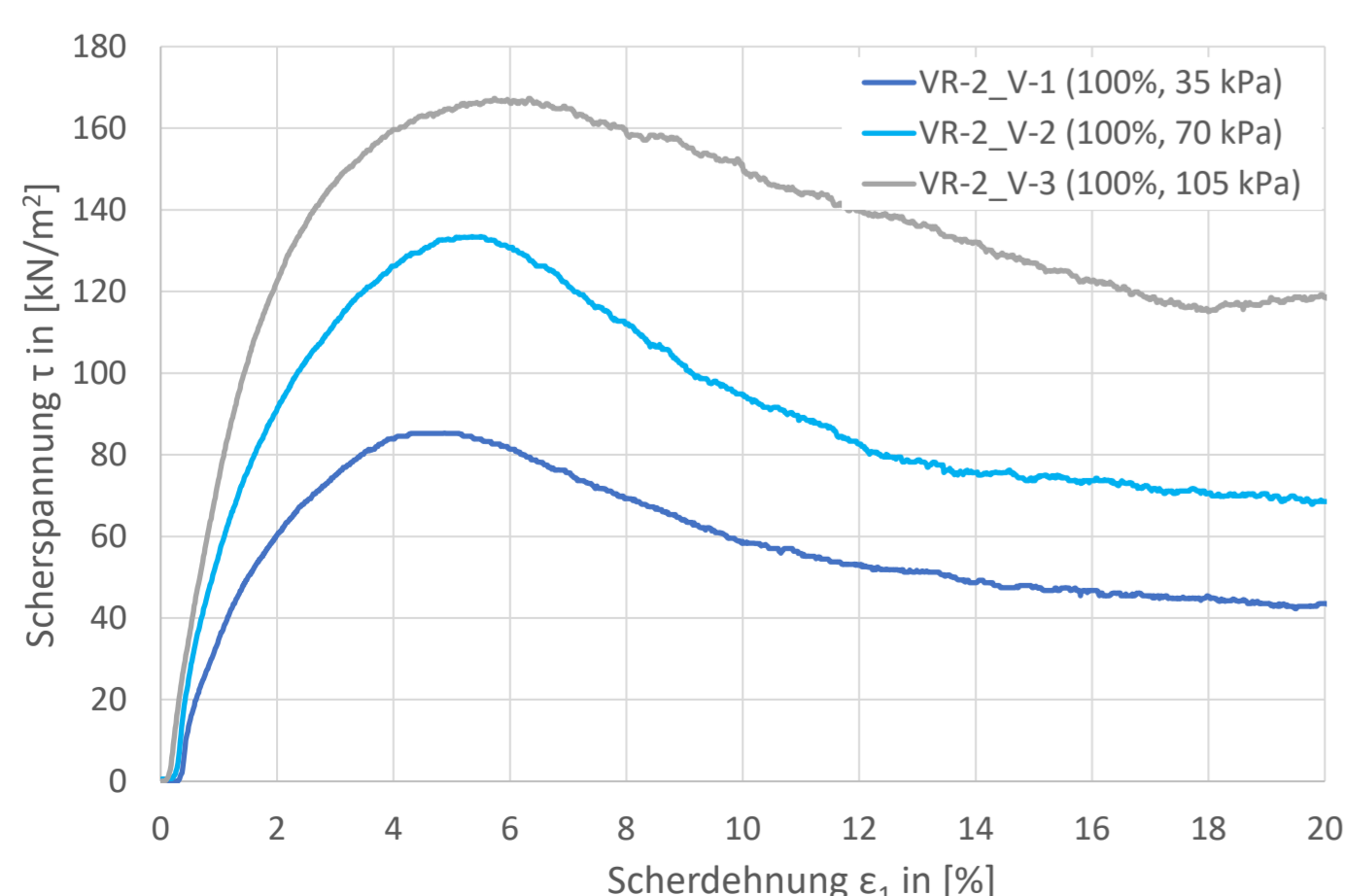


Abb. 2: RSV - gemessene Scherspannungen τ bei Verdichtungsgrad von 100%

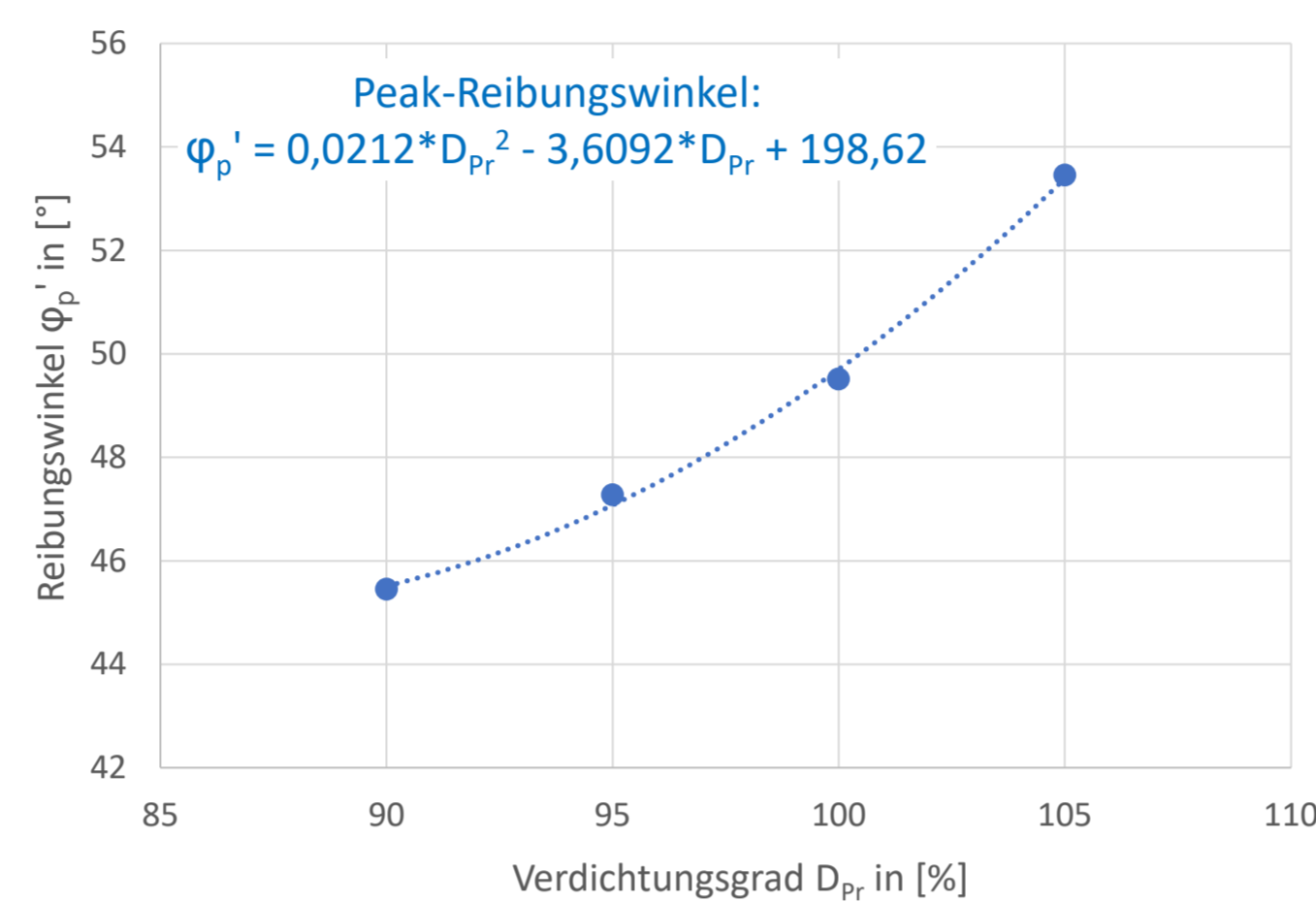


Abb. 3: Diagramm Reibungswinkel φ_p in Abhängigkeit vom Verdichtungsgrad

Der Anstieg des Reibungswinkels φ_p lässt sich durch eine Funktion zweiten Grades annähern (siehe Abb.3).

RSV - mobilisierter Reibungswinkel φ_M

Es ist erkennbar dass bei einer niedrigeren Normalspannung σ_N die mobilisierten Reibungswinkel φ_M deutlich höher sind als bei der höheren Spannung. Es ist die Tendenz festzustellen, dass je dichter das Probenmaterial eingebaut wurde desto größer fällt auch der bestimmte mobilisierte Reibungswinkel φ_M aus.

RSV - Dilatanzwinkel ψ

Aus den Ergebnissen kann man eine Tendenz erkennen, dass bei einer höheren Einbaudichte der Dilatanzwinkel ψ ebenfalls zunimmt. Zwischen 100%-iger Dichte und 105% Proctordichte liegt ein Anstieg von 20° vor. Bei größerer Verdichtung nimmt der Winkel somit sichtbar zu. Dieses Verhalten steht im Zusammenhang mit der stärkeren anfänglichen Verzahnung der Bodenpartikel, welche stärkere Scherspannungen τ hervorrufen. Aufgrund der höheren Spannung stellt sich auch die zu erwartende Hebung im Versuch schneller ein. Aus den Versuchen mit unterschiedlichen Normalspannungen σ_N lassen sich aufgrund der stark abweichenden Messwerte nur bedingt Rückschlüsse auf den Zusammenhang zwischen vertikal aufgetragener Spannung und Dilatanzwinkel ψ schließen.

Triaxialversuche

Triaxialversuche wurden durchgeführt, um die Scherparameter mit den im Rahmenscherversuch erhaltenen abgleichen zu können. Der Verdichtungsgrad entspricht 100% und die Durchführung erfolgte mit unterschiedlichen Konsolidierungsspannungen σ_3 . Die Maße der eingebauten zylindrischen Probekörper liegen bei einem Durchmesser von etwas über 10 cm und einer Höhe von 20 cm. Die Probenherstellung erfolgte in 4 Schichten mithilfe von 50 Schlägen mit einem Proctorhammer A.

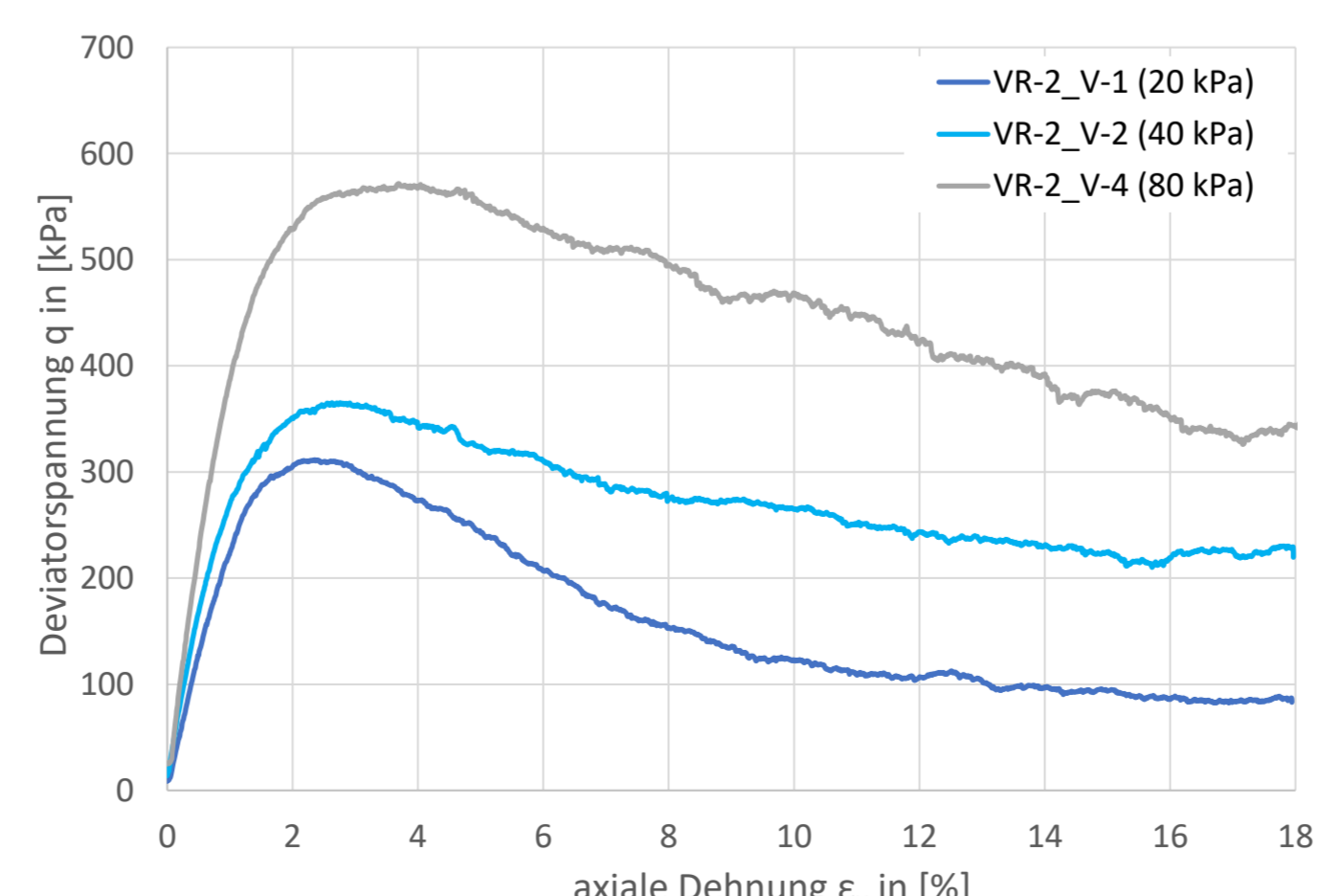


Abb. 4: TAV - gemessene Deviatorspannungen q bei Verdichtungsgrad von 100%

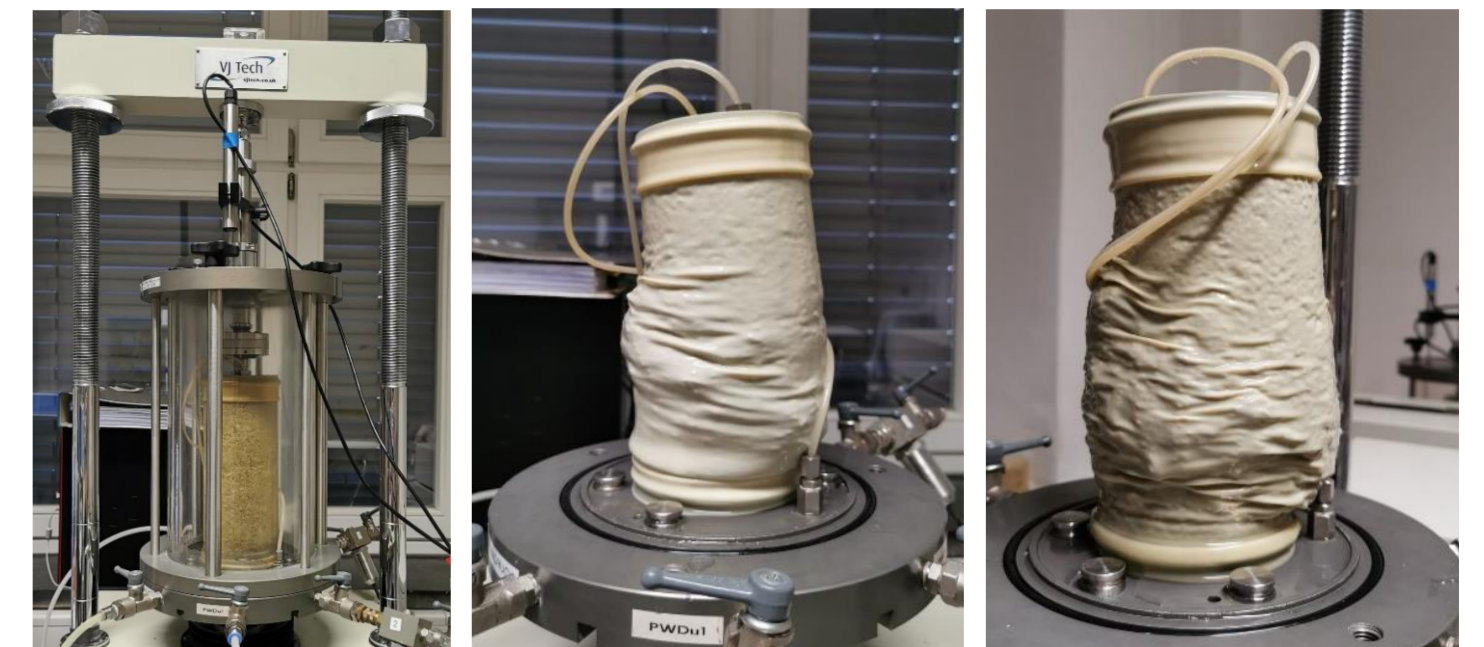


Abb. 4: Probekörper in Triaxialzelle und nach Scherung

TAV - Scherparameter

Es ist deutlich erkennbar, dass die anfängliche Steifigkeit und die gemessene Deviatorspannung q mit einer höheren Konsolidationsspannung σ_3 zunimmt (siehe Abb.3). Insgesamt ist der ermittelte Reibungswinkel φ_p aus den Triaxialversuchen geringer, als die Winkel im Rahmenscherversuch. Die Kohäsionen c' zwischen beiden Versuchen sind sehr ähnlich.

Es ist erkennbar, dass mit einer steigenden Spannung der mobilisierte Reibungswinkel φ_M abnimmt. Der Verlauf kann durch eine lineare Funktion angenähert werden. Das Verhalten ist demnach analog zu den ausgeführten Rahmenscherversuchen einzuschätzen.

Bei dem Dilatanzwinkel ψ ist erkennbar, dass sich bei höherer Belastung die Winkelveränderung beim Vergleich der Stufen miteinander sich geringer ausbildet. Der Dilatanzwinkel ψ wird geringer da der umliegende Zeldruck eine zusätzliche stützende Wirkung auf den Probekörper hat und somit die Auflockerung behindert.

Zusammenfassung

Verschiedene Laborversuche, Rahmenscherversuche und Triaxialversuche, ermöglichten eine Einschätzung des bodenmechanischen Verhaltens des Tragschichtenmaterials. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine höhere Einbaudichte zu einem geringeren Scherverhalten bis zum Bruch beiträgt. Die Reibungen im Tragschichtenmaterial sind deutlich größer und begünstigen die Standfestigkeit der Konstruktion. Ein Einbau mit einer größeren Dichte, als die Proctordichte ρ_{PR} führt nur bedingt zu einer Verbesserung der bodenmechanischen Eigenschaften, da die Dilatanz deutlich erhöht ausfällt.

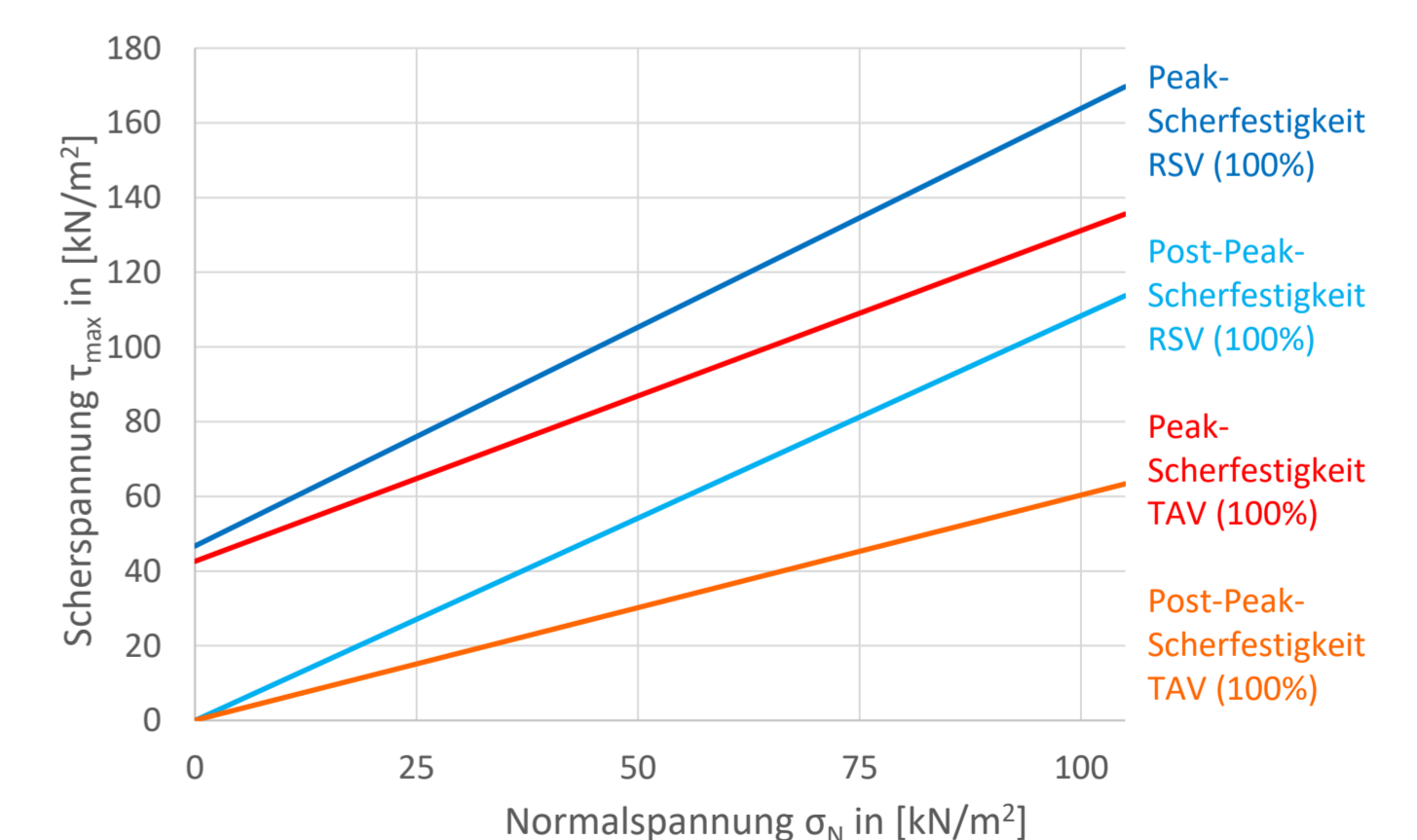


Abb. 4: Diagramm Vergleich Scherparameter RSV und TAV

Projekt

Projektarbeit

Hochschullehrer

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

Wissenschaftliche Betreuung

Dipl.-Ing. (FH) Claudia Bräunig, TU Dresden

Abgabe

Januar 2024