

EINFÜHRUNG

Bodendynamische Berechnungen und numerische Verformungsprognosen erfordern die Kenntnis des elastischen Materialverhaltens. Bei Beanspruchungen, die plastische Verformungen hervorrufen, ist auch die Abnahme der Steifigkeit mit zunehmender Verzerrung zu berücksichtigen. Bei dynamischer Beanspruchung ist außerdem die Größe der Materialdämpfung von Bedeutung.

Die Ermittlung der Materialparameter einer Probe kann im Labor mit dem Resonant Column (RC) Versuch bei dynamischer Anregung erfolgen. Zur Parameterermittlung eignet sich auch der Torsional Shear (TS) Versuch mit zyklischer Belastung der Probe. Insbesondere der TS-Versuch erfordert den Einsatz geeigneter Sensoren für die Messung sehr kleiner Wege bzw. Verformungen.

VERSUCHSSTAND

Kern des Versuchsstandes (Hersteller: GDS Ltd.) ist eine Triaxialzelle für bis zu 15 MPa Zelldruck und für zylindrische Proben mit H/D ca. 10/5 cm. Die Belastung erfolgt am Probenkopf über ein elektromagnetisches Antriebssystem bestehend aus vier Spulen und Permanentmagneten (Bild 1 und 2). Der Probenfuß ist fest gelagert.

Zusätzlich zur Torsionsanregung ist eine Biegeerregung der Probe möglich (Bild 2). Ein axialer Belastungskolben erlaubt das Abscheren der Probe.

Die Proben können auch in einem anisotropen Spannungszustand untersucht werden. Ein Klimagerät ermöglicht konstante Zelltemperaturen zwischen -20 und +40°C.

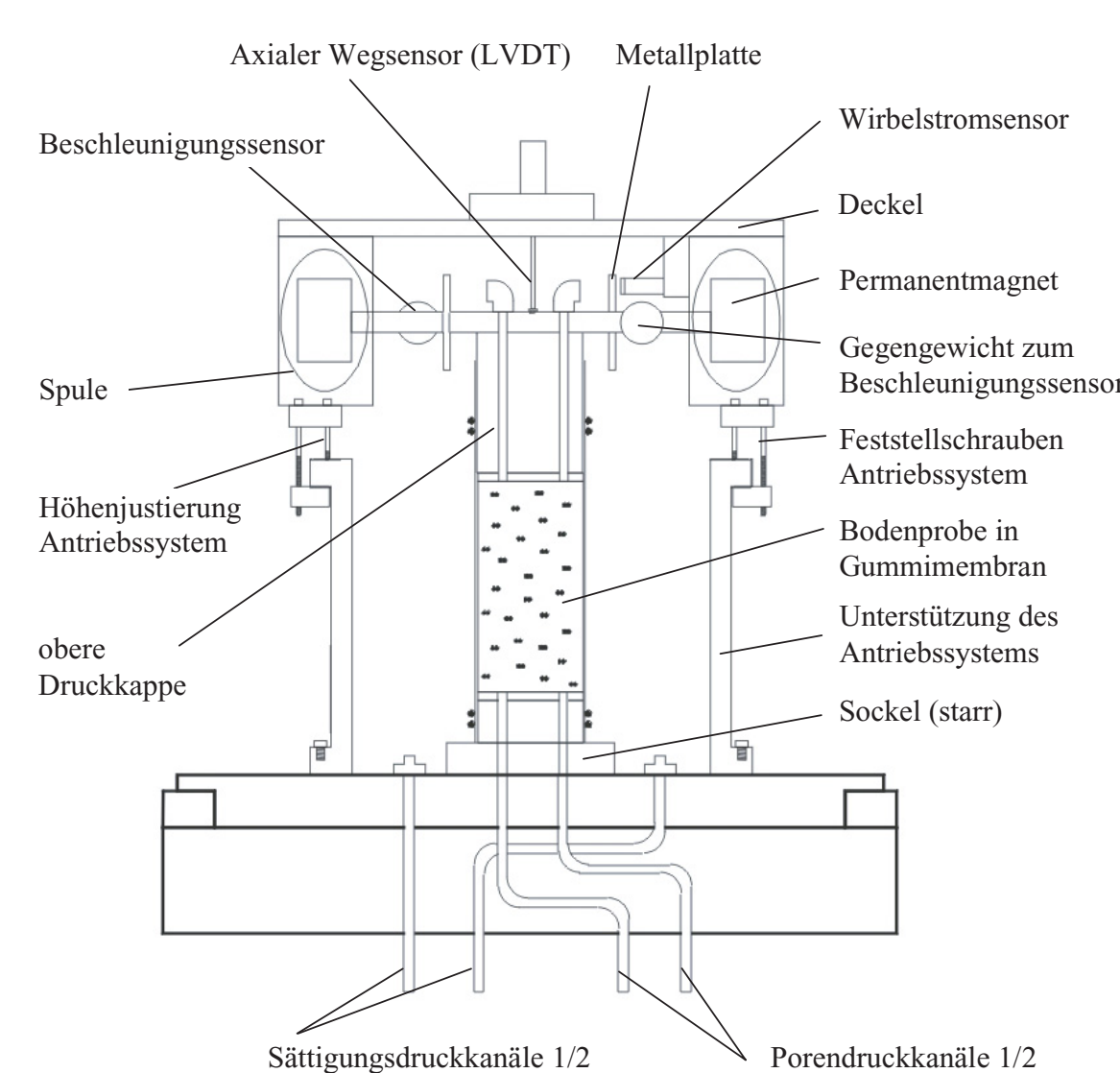


Bild 1: Antriebs- und Messsystem

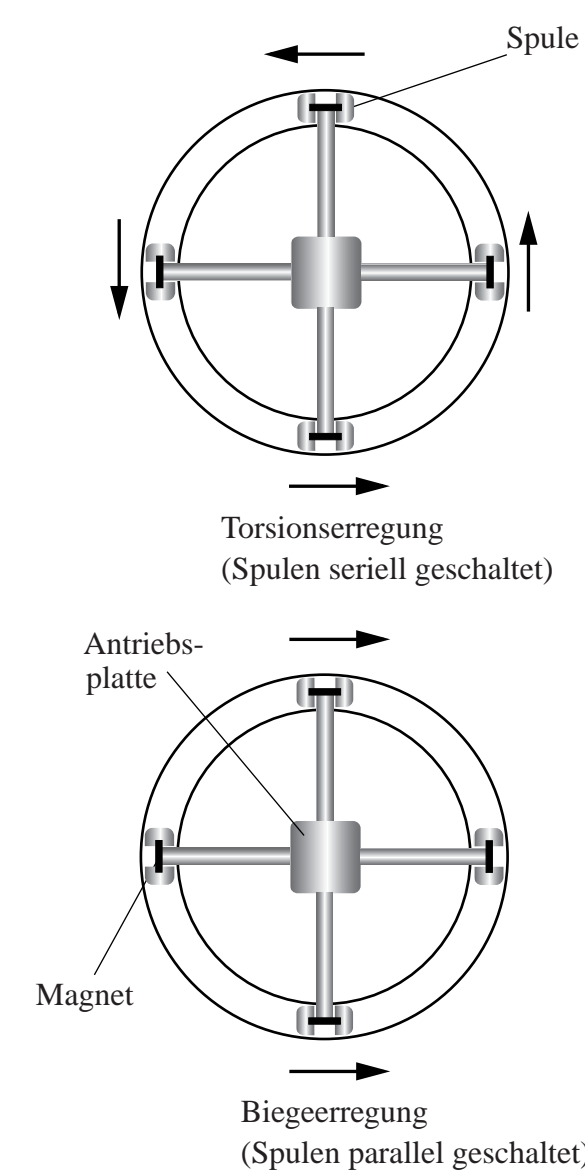


Bild 2: Torsions- und Biegeerregung

RESONANT COLUMN TEST

Im RC-Versuch wird die zylindrische Probe mittels harmonischer Anregung in Torsionsschwingungen versetzt. Durch Variation der Erregerfrequenz wird die Resonanzfrequenz (Eigenfrequenz) ermittelt.

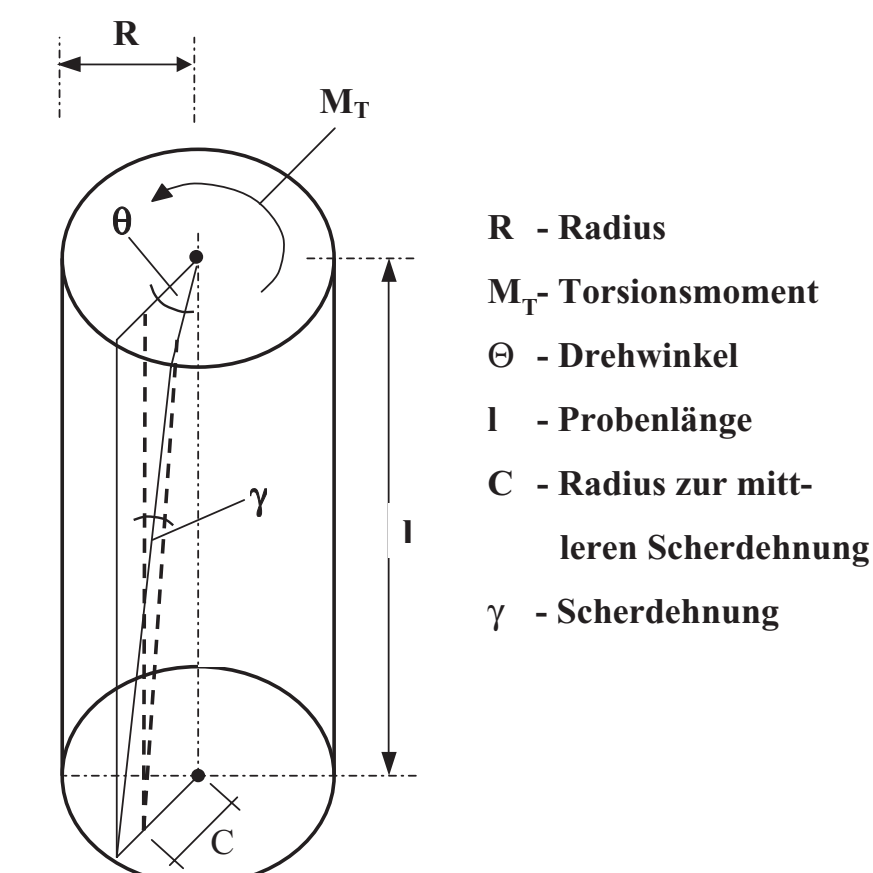


Bild 3: Torsion der Bodenprobe

Der Resonanzzustand liefert die Scherwellengeschwindigkeit c_s , den dynamischen Schubmodul G_{dyn} sowie die Scherdehnungsamplitude γ aus der Theorie der Wellenausbreitung in einem elastischen Stab.

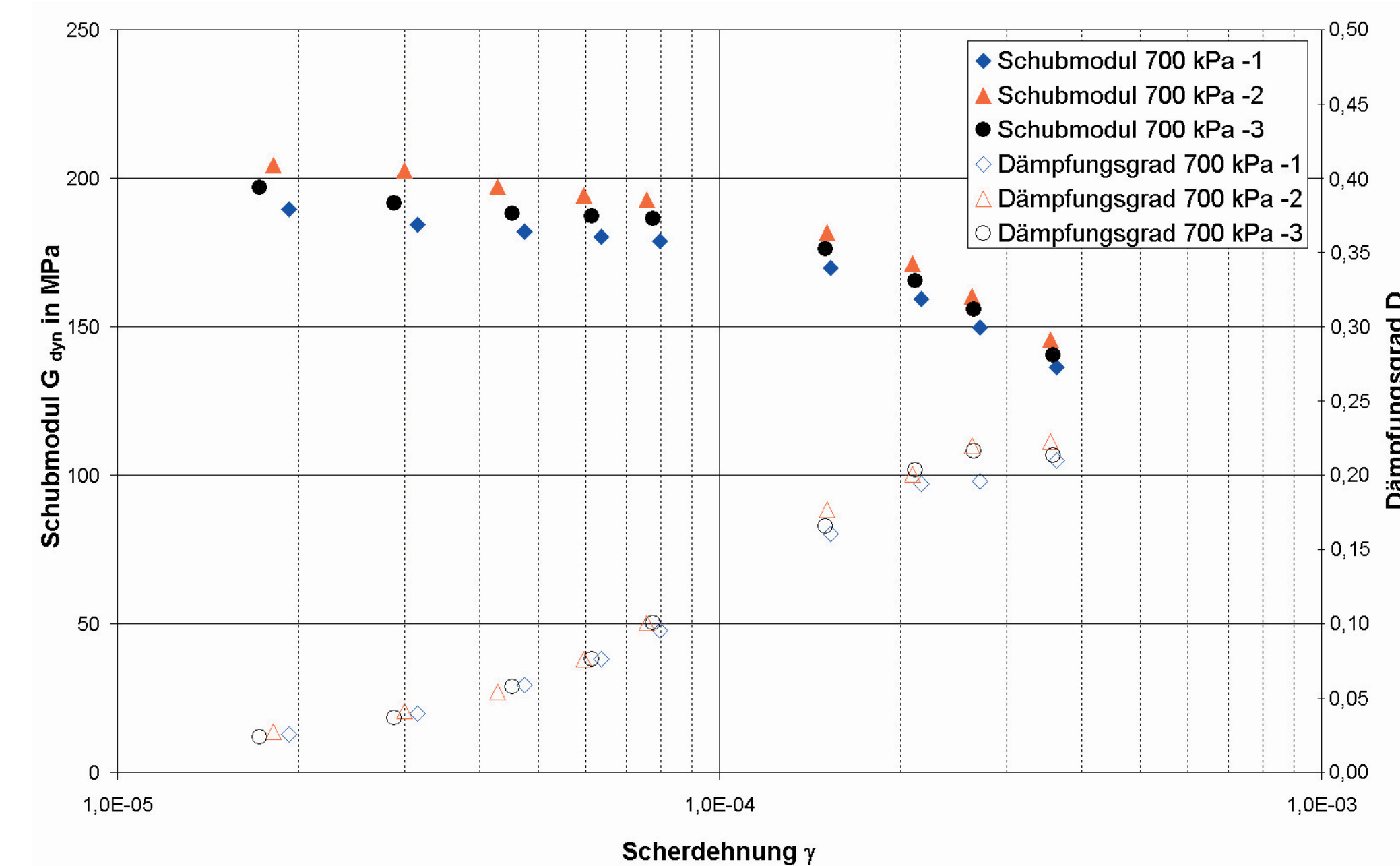


Bild 5: RC-Versuchsergebnisse einer feinkörnigen Bodenprobe

Die Materialdämpfung lässt sich durch erneute Anregung der Probe mit der Eigenfrequenz und die Aufzeichnung der Amplitudenabnahme beim anschließenden freien Ausschwingen ermitteln (Bild 4).

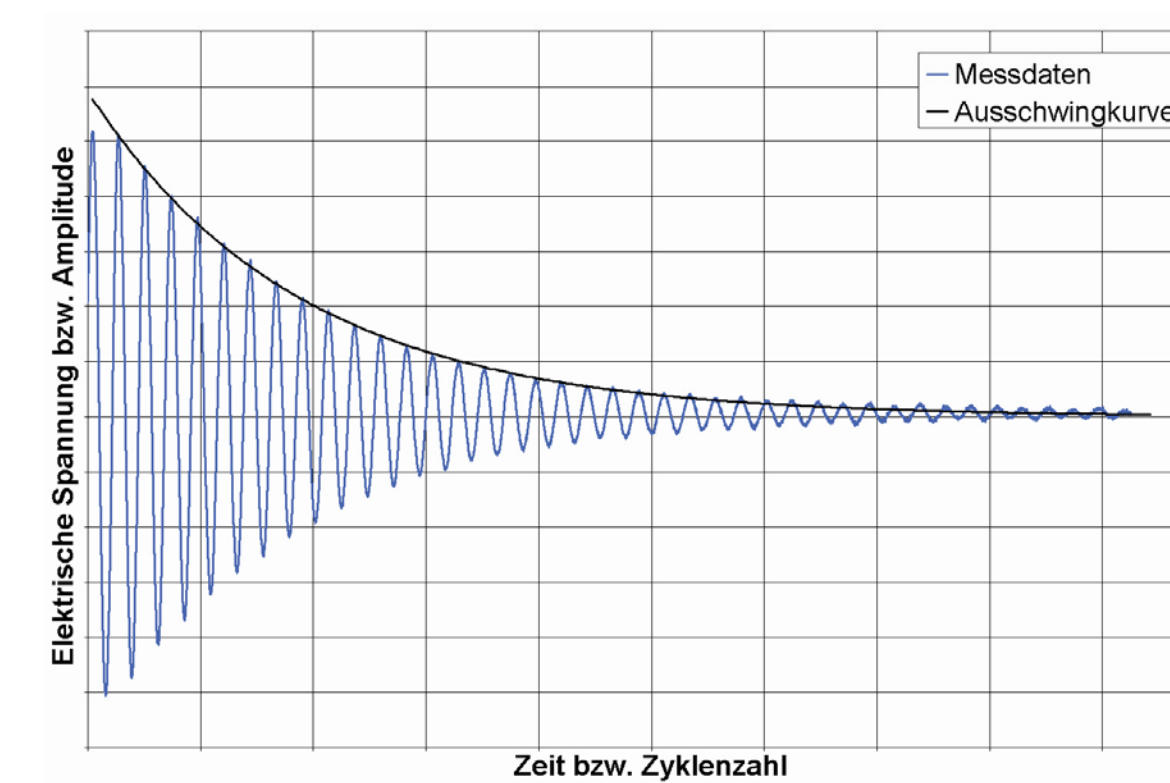


Bild 4: Ausschwingkurve

In Bild 5 sind die Versuchsergebnisse eines feinkörnigen aufbereiteten Bodens bei einem isotropen Zelldruck von 700 kPa dargestellt. Mit der Scherdehnung nimmt der Schubmodul ab und die Materialdämpfung zu.

TORSIONAL SHEAR TEST

Im TS-Versuch erfolgt ebenfalls eine harmonische Torsionsanregung der Probe, jedoch bei geringer Frequenz (<5Hz). Die Messung der Verdrehung erfolgt berührungslos mit einem Wirbelstromsensor (Bild 6).

der Hysterese ermittelt. Die (hysteretische) Materialdämpfung ergibt sich aus dem Verhältnis der dissipierten Energie ($A_{Schleife}$) zur elastischen Energie ($A_{Dreieck}$) aus dem ersten Belastungsabschnitt der zyklischen Belastung.

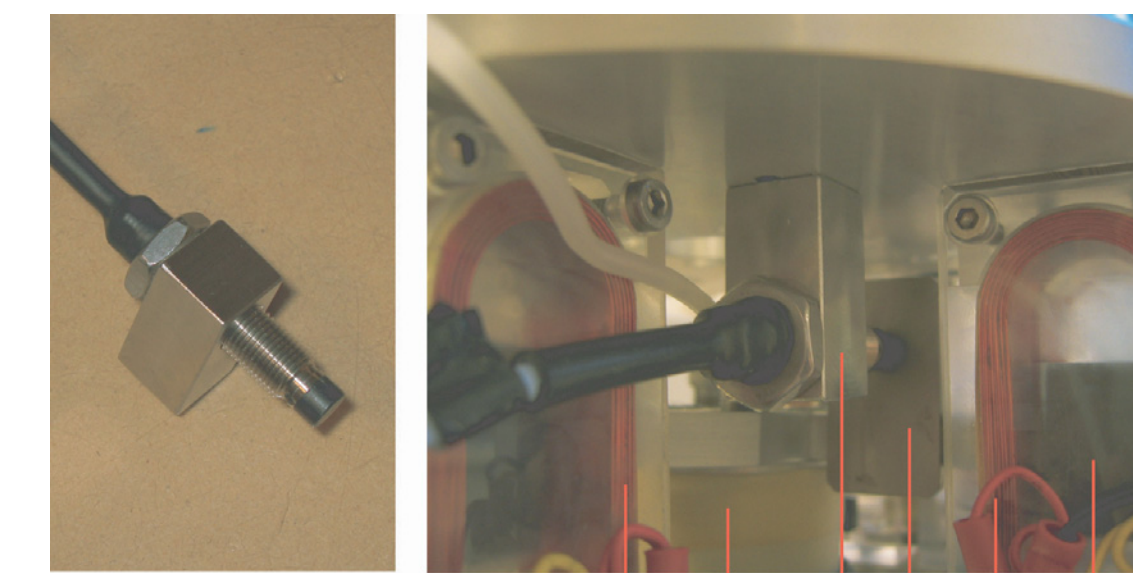
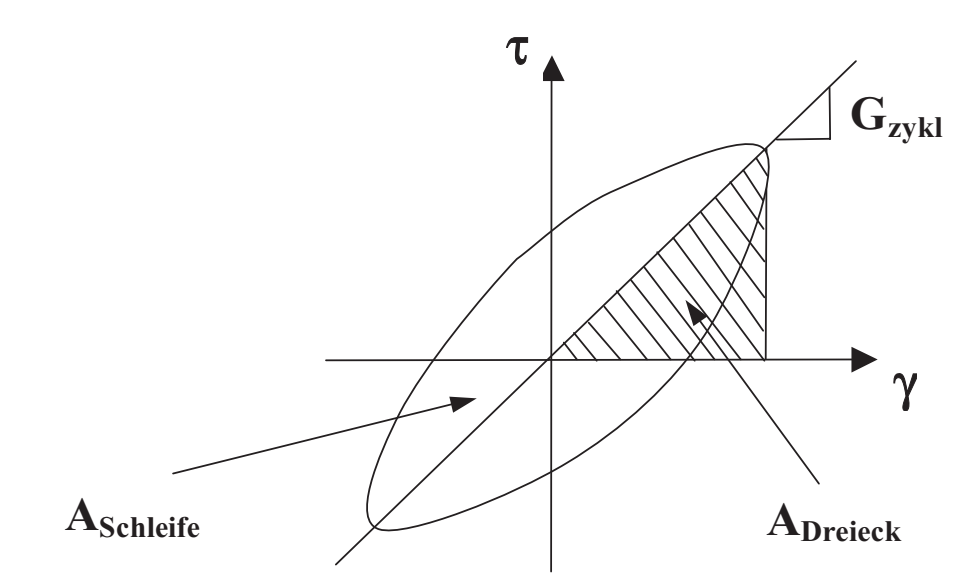


Bild 6: Wirbelstromsensor

Schubmodul und Materialdämpfung ergeben sich aus der Auswertung der gemessenen Schubspannungs-Scherdehnungs-Hysteresen (Bild 7). Der Schubmodul wird als Sekantenmodul aus den Umkehrpunkten



$$\lambda = \frac{A_{Schleife}}{4 \cdot \pi \cdot A_{Dreieck}}$$

Bild 7: Hystereseschleife

In Bild 8 sind die Versuchsergebnisse des bereits im RC-Versuch untersuchten Bodens dargestellt. Schubmodul und Materialdämpfung ändern sich mit gleicher Tendenz wie im RC-Versuch.

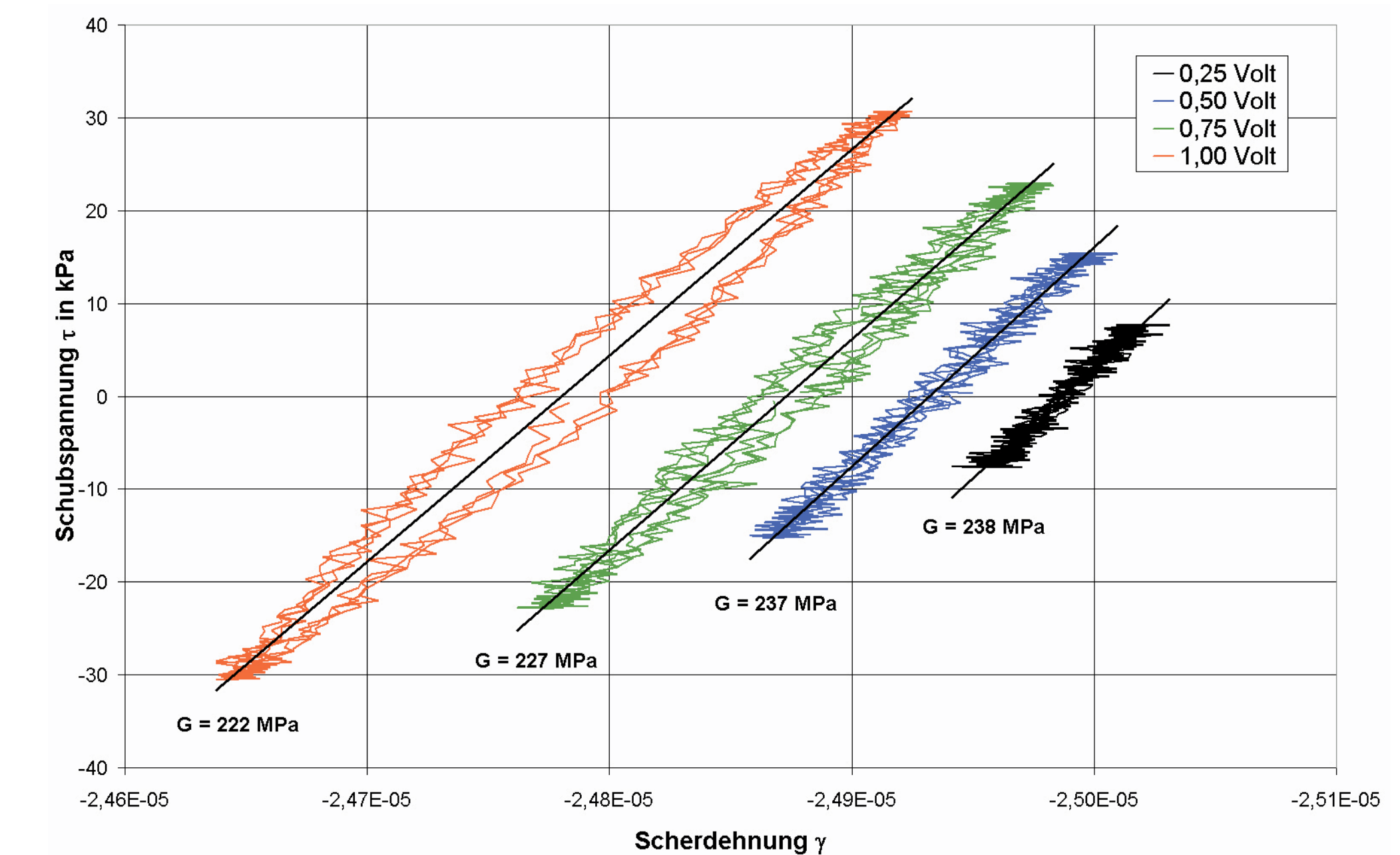


Bild 8: TS-Versuchsergebnisse einer feinkörnigen Bodenprobe

Kontakt:

Technische Universität Berlin
Grundbau und Bodenmechanik
Prof. Dr.-Ing. S.A. Savidis
Sekt. TIB1-B7
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin

Dr.-Ing. Frank Rackwitz

Frank.Rackwitz@tu-berlin.de
Fax: +49-30-314 72343
Tel.: +49-30-314 72344