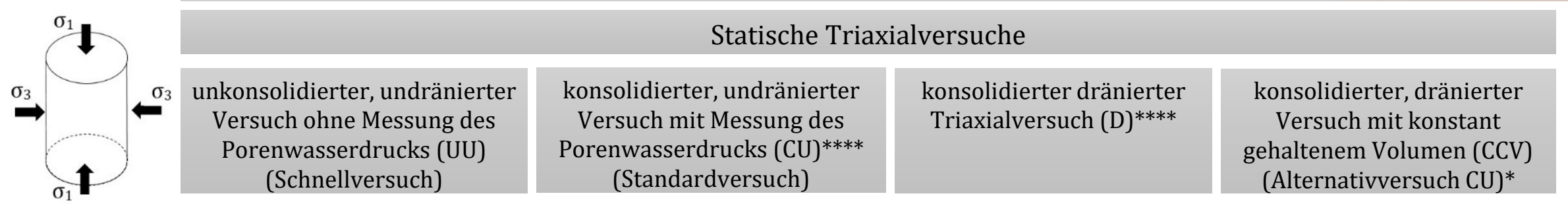


Triaxialversuche



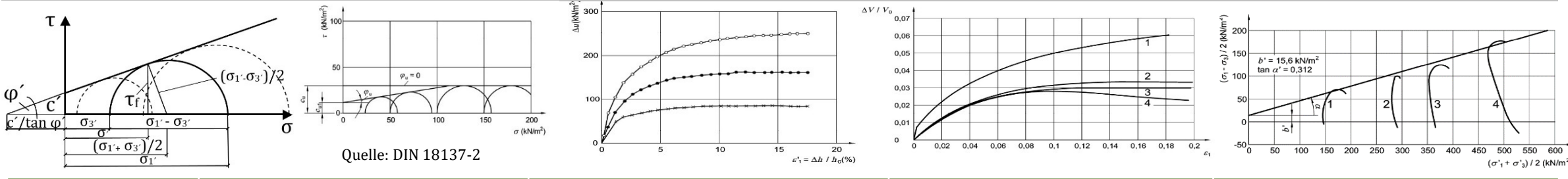
Statische Triaxialversuche

	unkonsolidierter, undräierter Versuch ohne Messung des Porenwasserdrucks (UU) (Schnellversuch)	konsolidierter, undräierter Versuch mit Messung des Porenwasserdrucks (CU)**** (Standardversuch)	konsolidierter dräierter Triaxialversuch (D)****	konsolidierter, dräierter Versuch mit konstant gehaltenem Volumen (CCV) (Alternativversuch CU)*
Anwendung	-bindige Böden -während/direkt nach Baumaßnahme -liefert Anfangsstandfestigkeit	-(gesättigte) bindige und nichtbindige Böden** -normal oder überkonsolidiert möglich	-(gesättigte) bindige und nichtbindige Böden** -Langzeit-Belastungswirkung	-(gesättigte) bindige und nichtbindige Böden** -halbste bindige Böden mit unzureichender Sättigung (B-Test)
Zeitaufwand	gering (h)	mittel (d)	hoch (d-w)	mittel (d)
Probenanzahl***	3	3	3	3
Scherparameter [Resultat]	Totale Spannungen (φ, c) [undräierte Scherfestigkeit c_u]	Effektive Spannungen (φ', c') [Zunahme Porenwasserdruck]	Effektive Spannungen (φ', c') [Volumenänderung]	Effektive Spannungen (φ', c') [Zunahme Porenwasserdruck]

*DIN 18137-1: 4.42.3 ANMERKUNG 2: effektive Spannungspfade von CU- und CCV-Versuch stimmen bei gleicher Konsolidation überein (Sättigungsgrad zu niedrig: CCV-Test).
 **für die Ermittlung des Spannungs-Verformungsverhaltens teilgesättigter Böden sind sowohl die Saugmessung (Triaxialversuch), als auch Materialparameter (K0-Test) notwendig; siehe auch genauere Messverfahren: teilgesättigte Böden.
 ****DIN 18137-1: 4.37.2.1 ANMERKUNG 3: nichtbindige Böden (=kohäsionslos): Gerade der Umhüllenden verläuft durch Ursprung des Spannungsdiagrammes nach Mohr-Coulomb. Nur 2 Probekörper nötig für die Ermittlung von Scherparametern.
 *****DIN ISO/TS 17892-9 (Juni 2005): Konsolidation kann isotrop oder anisotrop erfolgen. Daraus ergibt sich eine neue Nomenklatur: CIU-, CAU-, CID- und CAD-Versuch.

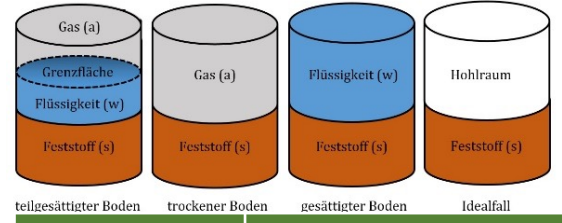
Ventile	-Porenwasser geschlossen -Drainage geschlossen (Wasser kann sich der äußeren Belastung nicht entziehen)	-Drainage während der Konsolidation offen -Drainage während Abschervvorgang geschlossen	-Drainage ständig geöffnet	-Drainage geschlossen -Messung Porenwasserdruck -Regelung Zellentdruck (σ_3): konstanter Porenwasserdruck
Sättigungsvorgang*	-	+	+	+
Kontrolle Dichtheit	-	+	+	+
B-Test**	-	+	+	+
Messwerte***	t, Δh , P, σ_3	t, Δh , P, σ_3 , u	t, Δh , P, σ_3 , ΔV	t, Δh , P, σ_3 , u

*abhängig von Testverfahren (offene oder geschlossene Drainage), Schwellfähigkeit und Konsolidationsgrad der Probe, sowie Zeitpunkt der Sättigung (vor oder nach Konsolidation).
 **DIN 18137-2: Wenn eine ausreichende Wassersättigung durch die ausführbaren Sättigungsdrücke nicht zu erreichen ist, was vor allem bei halbfesten bindigen Böden vorkommt, ist der CCV-Versuch dem CU-Versuch vorzuziehen.
 ***Zusätzlich zu dokumentieren nach DIN 18137-2: Zeit t, Zusammendrückung Δh , Stempelkraft P, Zellentdruck σ_3 , Porenwasserdruck u, ausgespresstes Volumen ΔV ; Zeitintervalle so wählen das 15 Ablesungen bis zum Bruch erfolgen; nach dem Versuch Masse der feuchten Probe auf 0,5%o wiegen und Feuchtegehalt bestimmen. Neben der Kolbenstangenkorrektur für Stempelkraft P und einer Korrektur für die Stempelgeometrie (Zellendruck wirkt auf Stempel axial), sind nach DIN ISO/TS 17892-8 und -9 ebenfalls Korrekturen für Membran (Gummihülle) und Filterstein vorzunehmen.



Auswertung*	UU	CU	D	CCV
rechnerisch	-Querschnittsfläche $A=(V_0)/(h_0-\Delta h)=A_0/(1-\epsilon_1)$ -Deviatorspannung $\sigma_1-\sigma_3=(P-P_0)/A$ -totale Scherparameter (φ, c_u)	-Querschnittsfläche $A=(V_0)/(h_0-\Delta h)=A_0/(1-\epsilon_1)$ -effektive Axialspannung $\sigma_1'=(P-P_0)/A+\sigma_3-u_0$ -effektive Scherparameter (φ', c')	-mittlere Querschnittsfläche Probekörper $A=(V_0-\Delta V)/(h_0-\Delta h)$ -effektive Axialspannung $\sigma_1'=(P-P_0)/A+\sigma_3-u_0$ -effektive Scherparameter (φ', c')	Siehe CU-Versuch
grafisch	-($\sigma_1-\sigma_3$)/2, ϵ_1 -Diagramm - τ, σ -Diagramm (Spannungskreise der totalen Hauptspannungen mit größter Deviatorspannung $\sigma_1-\sigma_3$)	-($\sigma_1-\sigma_3$)/2 (bei normalkonsolidierten Proben σ_1'/σ_3'), ϵ_1 -Diagramm - $\Delta u, \epsilon_1$ -Diagramm ($\Delta u = u-u_0$) -($\sigma_1-\sigma_3$)/2, ($\sigma_1-\sigma_3$)/2-Diagramm	-($\sigma_1-\sigma_3$)/2, ϵ_1 -Diagramm - $\Delta V/V_0, \epsilon_1$ -Diagramm -($\sigma_1-\sigma_3$)/2, ($\sigma_1-\sigma_3$)/2-Diagramm -effektive Scherparameter (φ', c')	Siehe CU-Versuch (σ_3' anstelle Δu)

*Allgemeine Angaben: Bodenart nach DIN EN ISO 14688-1 und Bodengruppe nach DIN 18196; Güteklasse der Probe nach DIN EN 1997-2; Prüfkörpermaße, Anfangs- und Endwassergehalt, Anfangsdichte, Korndichte und Porenzahl; Versuchsanordnung und Versuchsart; Angaben über Konsolidation; Methode der Sättigung und Sättigungsdruck; Vorschubgeschwindigkeit.



	teilgesättigte Böden	Messung lokalen Porenwasserdrucks	Bender-Element Test	Messung lokaler Verformungen	Vorbelastete Proben	Resonant-Column-Test (Resonanzsäule)	3-fach gekoppelte Systeme	Be- und Entwässerung
Hintergrund	Probleme (notwendiges Vorgehen): A) Zuführung von Druck auf Luftporen B) Messung der Volumenänderung: nach Sättigung erfolgt Entsättigung durch Erhöhung der Saugwirkung der Matrix. Somit sind herkömmliche Messungen ungenau, da Luftporen sehr kompressierbar sind.	Da Porenwasserdruck u nur am Kopf/Fuß oder außerhalb der Druckzelle gemessen wird, sind Ergebnisse nicht für die Scherzone repräsentativ.	Abschätzung des maximalen Schermoduls durch Induktion und Messung von Spannungen in Form von P- und S-Wellen (Primär- bzw. Sekundärwellen) m. H. paarweise horizontal und vertikal in Probe eingebrachte Bender-Elemente.	Verformung wird global gemessen und ist durch Kopf- bzw. Fußplatte eingeschränkt. Somit ist nur das mittlere 1/3 der Probe repräsentativ.	Proben die in der Vergangenheit einer Belastung ausgesetzt waren, die größer war als die Belastung zum Zeitpunkt der Probenentnahme können durch sog. Überkonsolidierung modellhaft wieder in diesen Zustand versetzt werden.	Zur Ermittlung von Materialdämpfung und dynamischem Deformationsmodul. Während dynamische Triaxialversuche eher für niedrige Frequenzen und hohe Axialdehnungsamplituden geeignet sind, ist es beim RC-Test genau umgekehrt.	Herkömmliche Triaxialgeräte untersuchen den Boden auf mechanisch-hydraulische Eigenschaften. Eine zusätzliche thermische Komponente könnte Temperatureinflüsse auf den Boden mit analysieren (radioaktives Material).	Eine Modifikation des Triax-Versuchsstandes zur Messung und Durchführung von Be- und Entwässerungsvorgängen unter definierten Spannungszuständen würde zu genaueren Ergebnissen führen.
zusätzliche Geräte	*	Porendruckmessgerät für Mittelebene	Bender-Elemente	Bender-Elemente, Hall Sensor	-	RC-Gerät	Temperaturmessung	zusätzlicher Druckregler (z.B. Bürette)

*A) regulierte Druckluftzufuhr oder Gerät zur Kontrolle inneren Porenluftdrucks bzw. Volumens. B) Luftporen/Volumen Kontrolle C) Luftporen/Volumen-Kontrolle, intrazellulärer Niederfrequenz-Differentialdruckumwandler, Doppelverglaste Triaxialzelle, lokale radiale und axiale Belastungs(um)wandler.



Dynamische Triaxialversuche*

	CU-Versuch E-Module und Dämpfungskoeffizient D	CU-Versuch Zyklischer Belastungswiderstand	CD-Versuch	CW-Versuch**
Hintergrund	-undräiert, konsolidiert -Probenentnahme, Systemvorbereitung, Sättigung, Konsolidation wie ST	-undräierter, konsolidierter Versuch zur Ermittlung der Scherparameter	-konsolidierter, dräierter Versuch	-Versuch bei konstantem Wassergehalt und dräierter Porenluft
Durchführung	-axiale Belastung erhöhen (steigert Dämpfungskoeffizienten) -Porendruck Messung erfolgt	-Probe bis Bruch belasten (Porendruckdifferenz konstant 1,0 oder 20% Verformung) -Porendruckmessung erfolgt	-siehe statischer Triaxialversuch	-Entwässern und Konsolidation*** -Normalspannung steigern -Porendruck messen
Ergebnis	-Dämpfungskoeffizient D, E-Modul, Schermodul G, Scherdehnung γ	-Proben mit verschiedenen zyklischen Belastungsraten in Kraft-Kurven gegeneinander auftragen	-Scherparameter	-vorerst steigt Saugspannung und somit Scherfestigkeit, später Schwellverhalten und Dehnungsentfestigung

*zyklisch ≤ 5 Hz \leq dynamisch, ein typischer Bereich für triaxiale Versuche liegt bei 0,1 bis 2 Hz
 **TOYOTA ET AL. 2001: In diesem Versuch wurde festgestellt, dass die Scherfestigkeit und Verformungsbedingung unabhängig von der Drainagebedingung sind.
 ***BECKER 2012: Entwässert konsolidierte Proben verzeichnen bei Steigerung der Normalspannung eine stärkere Abnahme von Scherfestigkeit und von Scherverformung abhängiger Saugspannung als konsolidiert entwässerte Proben.

Individuelle Frequenzen

Es gibt einfache (Schwellversuche, Maschinen) und komplexe (Wechselversuche, alternierend, Erdbeben) Frequenzen. Herkömmliche Triax-Anlagen können meist nur einfache Frequenzen durchführen. Praktisch existieren harmonische, periodische, transiente und impulsartige dynamische Belastungen, welche aber idealisiert als harmonische angenommen werden.

Einwirkungsart	Hz	Lastamplitude
Erdbeben	>1	groß
Zugverkehr	1..3	klein
Wellen, Winde	0.1..1	klein, groß
Dynamische Intensivverdichtung	<0.1	sehr groß
Vibrationsverdichtung	≈ 50	klein

Quelle: LESNY & REICHWEIN 2004

Quelle: BECKER 2012

Vorgesaltete Tests/Zwischentests/Kontrollen

	Dichtheitsprüfung	B-Test	K0-Test
Zweck	Dichtheit Druckzelle	Kontrolle Sättigungsvorgang**	teilgesättigte Proben (vgl. Oedometerversuch)
Zeitpunkt	nach Sättigung	nach Sättigung	vor Triaxialversuch
Ergebnis	Dichtheit Gummihülle* und Porenwasserdrucksystem	Wassersättigungsgrad Probe	Materialparameter für teilgesättigte Böden
Durchführung	- Drainage nach Sättigung schließen - Kontrolle ob Porenwasserdruckanzeige konstant bleibt	- Drainagekanäle schließen, u messen - Zellendruck erhöhen ($\Delta\sigma$) - u nimmt dadurch zu (Δu) - Dauer ca. 2 min	-Konsolidation -Drainage öffnen - σ_1 in sinnvollen Stufen erhöhen, radiale Dehnungsmessung passt Zellendruck an -Ziel: keine Radialdehnung (=eindimensionale Konsolidation, ohne Wandreibung)
Auswertung	- Anstieg: undichte Gummihülle - Abnahme: undichtes Porenwasserdrucksystem (außerhalb Druckzelle)	- B-Wert = $\Delta u/\Delta\sigma \geq 0,95$ für weiche bis steife bindige und nichtbindige Böden ist, oder $\geq 0,90$ für hoch überkonsolidierte, halbfeste bindige Böden ist.	Last-Setzungs-Parameter

*DIN 18137-2: D-Versuch: Dichtheit Gummihülle darf anhand Standrohr kontrolliert werden.
 **DIN 18137-2: Bei halbfesten feinkörnigen Böden sollte immer eine Prüfung der Wassersättigung erfolgen, da hier eventuell die Sättigungsdrücke nach Tabelle 3 nicht ausreichen.



Prüfpresse und Druckzelle

präzisere/zusätzliche Messverfahren

	teilgesättigte Böden	Messung lokalen Porenwasserdrucks	Bender-Element Test	Messung lokaler Verformungen	Vorbelastete Proben	Resonant-Column-Test (Resonanzsäule)	3-fach gekoppelte Systeme	Be- und Entwässerung
Hintergrund	Probleme (notwendiges Vorgehen): A) Zuführung von Druck auf Luftporen B) Messung der Volumenänderung: nach Sättigung erfolgt Entsättigung durch Erhöhung der Saugwirkung der Matrix. Somit sind herkömmliche Messungen ungenau, da Luftporen sehr kompressierbar sind.	Da Porenwasserdruck u nur am Kopf/Fuß oder außerhalb der Druckzelle gemessen wird, sind Ergebnisse nicht für die Scherzone repräsentativ.	Abschätzung des maximalen Schermoduls durch Induktion und Messung von Spannungen in Form von P- und S-Wellen (Primär- bzw. Sekundärwellen) m. H. paarweise horizontal und vertikal in Probe eingebrachte Bender-Elemente.	Verformung wird global gemessen und ist durch Kopf- bzw. Fußplatte eingeschränkt. Somit ist nur das mittlere 1/3 der Probe repräsentativ.	Proben die in der Vergangenheit einer Belastung ausgesetzt waren, die größer war als die Belastung zum Zeitpunkt der Probenentnahme können durch sog. Überkonsolidierung modellhaft wieder in diesen Zustand versetzt werden.	Zur Ermittlung von Materialdämpfung und dynamischem Deformationsmodul. Während dynamische Triaxialversuche eher für niedrige Frequenzen und hohe Axialdehnungsamplituden geeignet sind, ist es beim RC-Test genau umgekehrt.	Herkömmliche Triaxialgeräte untersuchen den Boden auf mechanisch-hydraulische Eigenschaften. Eine zusätzliche thermische Komponente könnte Temperatureinflüsse auf den Boden mit analysieren (radioaktives Material).	Eine Modifikation des Triax-Versuchsstandes zur Messung und Durchführung von Be- und Entwässerungsvorgängen unter definierten Spannungszuständen würde zu genaueren Ergebnissen führen.
zusätzliche Geräte	*	Porendruckmessgerät für Mittelebene	Bender-Elemente	Bender-Elemente, Hall Sensor	-	RC-Gerät	Temperaturmessung	zusätzlicher Druckregler (z.B. Bürette)

*A) regulierte Druckluftzufuhr oder Gerät zur Kontrolle inneren Porenluftdrucks bzw. Volumens. B) Luftporen/Volumen Kontrolle C) Luftporen/Volumen-Kontrolle, intrazellulärer Niederfrequenz-Differentialdruckumwandler, Doppelverglaste Triaxialzelle, lokale radiale und axiale Belastungs(um)wandler.

Triaxial Shear Test

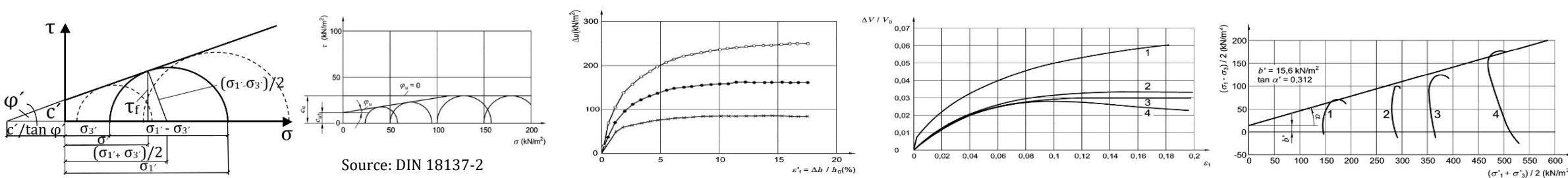
Static Triaxial Shear Tests				
	Unconsolidated undrained test w/o excess pore pressure measurement (UU) (Quick Test)	Consolidated undrained test with excess pore pressure measurement (CU)**** (Standard Test)	Consolidated drained test (D)****	Consolidated drained test with constant volume (CCV) (alternative CU test)*

Application	-cohesive soils -during or directly following a construction project -short-term soil stability	-(saturated) cohesive and coarse soils** -normal or overconsolidated possible	-(saturated) cohesive and coarse soils** -long-term loading response	-(saturated) cohesive and coarse soils** -semisolid cohesive soils with low saturation (B-Test)
Duration	low (h)	medium (d)	high (d-w)	medium (d)
Samples***	3	3	3	3
Shear parameters [result]	total stress (φ, c) [undrained shear strength c_u]	effective stresses (φ', c') [generates excess pore pressure]	effective stresses (φ', c') [volume change]	effective stresses (φ', c') [increase of excess pore pressure]

*DIN 18137-1: 4.42.3 effective stress path of CU and CCV test match if degree of consolidation is equal (low degree of saturation: CCV test).
 **for partially saturated soils/samples triaxial shear test and K0 test (delivers additional material parameters) are necessary to determine the stress and strain properties; see also below: explicit methods: partially saturated soils.
 ***DIN 18137-1: 4.37.2.1 non-cohesive soils: shear line passes origin of ordinates in Mohr-Coulomb diagram, only 2 samples are necessary; this only applies for tests aiming to measure shear parameters.
 ****DIN ISO/TS 17892-9 (January 2005): consolidation can be performed isotropic or anisotropic; this results in new nomenclature: CIU, CAU, CID and CAD test.

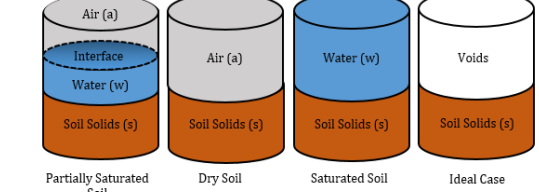
Valves	-pore pressure valve closed -drainage closed (water can't escape exterior stress)	-drainage open during consolidation -drainage closed during shearing process	-drainage constantly open	-drainage closed -measure excess pore pressure -regulate cell pressure (σ_3): constant pore water pressure
Saturation*	-	+	+	+
Leakproofness	-	+	+(alternativ)	+
B-Test**	-	+	+	+
Messwerte***	t, Δh , P, σ_3	t, Δh , P, σ_3 , u	t, Δh , P, σ_3 , ΔV	t, Δh , P, σ_3 , u

*depends on test (open or closed drainage), swelling capacity and degree of consolidation of sample, as well as time of saturation (before/after consolidation).
 **DIN 18137-2: If necessary saturation can't be reached by saturation pressures (common in semisolid cohesive soils), CCV-Test is to be applied instead of CU-Test.
 ***DIN 18137-2: additional documentation of: time t, compression Δh , power of punch P, cell pressure σ_3 , excess pore pressure u, excess volume ΔV ; for representative purposes intervals should be chosen to result in 15 readings till shear is completed; weight of wet probe at 0,5% is to be measured to determine moisture content. Additional to the correction of the piston rod for the power of punch P and a correction for the geometry of the punch (cell pressure is in axial direction towards punch), DIN ISO/TS 17892-8 and -9 also requires a correction for the membrane and the filter stone.



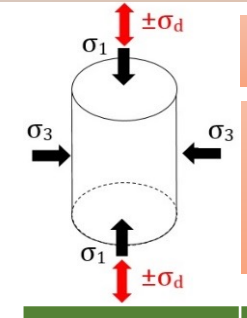
Analysis*	UU	CU	D	CCV
calculation	-cross sectional area $A=(V_0)/(h_0-\Delta h)=A_0/(1-\epsilon_1)$ -total stress difference $\sigma_1-\sigma_3=(P-P_0)/A$ -total shearing parameters (φ_u, c_u)	-cross sectional area $A=(V_0)/(h_0-\Delta h)=A_0(1-\epsilon_1)$ -effective axial stresses $\sigma_1'=(P-P_0)/(A)+\sigma_3-u_0$ -effective shearing parameters (φ', c')	-cross sectional area $A=(V_0-\Delta V)/(h_0-\Delta h)$ -effective axial stresses $\sigma_1'=(P-P_0)/(A)+\sigma_3-u_0$ -effective shearing parameters (φ', c')	a.v. CU test
diagrams	-($\sigma_1-\sigma_3$)/2, ϵ_1 -diagram - τ, σ -diagram (stress circles of total stresses with main total stress difference $\sigma_1-\sigma_3$)	-($\sigma_1-\sigma_3$)/2 (normal consolidated samples σ_1'/σ_3'), ϵ_1 -diagram - $\Delta u, \epsilon_1$ -diagram ($\Delta u = u-u_0$) -($\sigma_1-\sigma_3$)/2, ($\sigma_1'-\sigma_3'$)/2-diagram	-($\sigma_1-\sigma_3$)/2, ϵ_1 -diagram - $\Delta V/V_0, \epsilon_1$ -diagram -($\sigma_1-\sigma_3$)/2, ($\sigma_1'-\sigma_3'$)/2-diagram	a.v. CU test (σ_3' instead of Δu)

*general information: soil according to DIN EN ISO 14688-1 and soil group according to DIN 18196; sample grade according to DIN EN 1997-2; sample measurements, initial and final water content of sample, initial density, grain density and pore ratio; test arrangement and type; information about consolidation; method of saturation and saturation pressure; rate of axial strain.



Purpose	problems (necessary steps): A) apply pressure to air voids B) measure volume change: after saturation follows desaturation due to a raise in suction effects inside the matrix; conventional measurements are not precise since air voids are very compressible.	Since excess pore pressure u is only measured at top/bottom or exterior to the the pressure cell, the data is not representative for the shear zone.	Estimation of maximum shear modulus by induction and measurement of stresses like P- and S-waves (primary and secondary seismic waves) with paired horizontal and vertical Bender elements attached to the sample.	Deformation is measured globally and restricted at top/bottom only the third in the center of the sample is representative.	Soils that have been exposed to loads before extraction that were higher than loads at time of extraction can be over-consolidated to reach in-situ state of consolidation.	To determine E-modulus and dynamic shear modulus. While dynamic triaxial tests are suitable for low frequencies and high amplitudes, RC tests are more applicable to the opposite.	Common triaxial stations investigate mechanical and hydraulic properties. An additional thermal component could measure influence of temperature on soil (radioactive material).	A modification of the triaxial test station to measure and apply irrigation and drainage under defined stresses would result in more representative results.
Additional Systems	*	mid-plane pore pressure transducers	Bender elements	Bender elements, Hall effect type transducers	-	RC apparatus	temperature measurement	Additional pressurestat (e.g. burette)

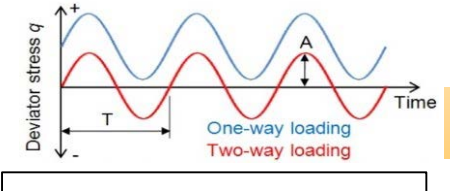
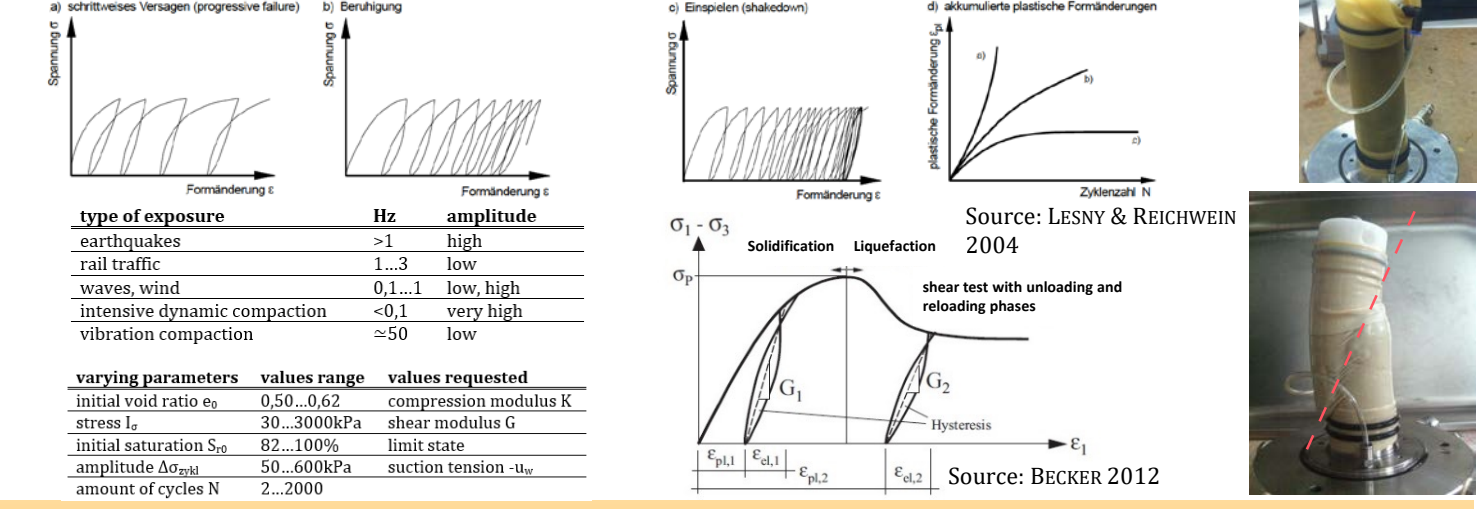
*A)regulation of a compressed air supply, or through use of an enclosed pore air pressure/volume controller. B)pore air pressure/volume controller, inner cell and low-range differential pressure transducer, double walled triaxial cell, local axial and radial strain transducers.



Dynamic Triaxial Shear Tests*				
	CU-test E-modulus and damping coefficient D	CU-test cyclic load resistance	CD-test	CW-test**
Principle	-undrained, consolidated -sampling, system preparation, saturation, consolidation like static tests	-undrained, consolidated test to determine shear parameters	-consolidated, drained test	-test at constant water content and drained pore air
Process	-increase axial load (increases damping coefficient) -pore pressure measurement	-strain sample till shearing (pore pressure difference constant at 1,0 or 20% deformation) -pore pressure measurement	-q.v. static test	-drain and consolidation*** -increase normal stress -pore pressure measurement
Result	-damping coefficient D, E-modulus, shear modulus G, shear deformation γ	compare samples of different cyclic load amplitudes (different force curves in 1 diagram)	-shear parameters	-increase of draw strain results in temporary increase of shear strength, later swelling and loss off shear strength

*cyclic $\leq 5 \text{ Hz} \leq$ dynamic, a typical field of operation for triaxial tests is at 0,1 to 2 Hz
 **TOYOTA ET AL. 2001: it was discovered that in CW-testing the shear strength and deformation condition are independent of the drainage condition.
 ***BECKER 2012: drained consolidated samples show a higher decrease of shear strength and draw strain at an increase of normal stress than consolidated drained samples.

individual frequencies
 There are simple (swell tests, machines) and complex (shift tests, alternating, seismic activity) frequencies. Common triaxial systems are only capable of performing simple frequencies. Technically also harmonic, pericodic, transient and pulse-like dynamic loads exist. They are idealized as harmonic patterns.



- General Process**
1. System preparation
 2. Saturation
 3. Consolidation
 4. Shearing



test stand and pressure cell

	Leakproofness	B-test	K0-test
Purpose	checking leakproofness of pressure cell	checking saturation process**	partially saturated samples (cf. Oedometer test)
Time	after saturation	after saturation	before triaxial test
Result	proofness of membrane* and pore pressure system	sample's degree of saturation	parameters for partially saturated soils
Process	-close drainage after saturation -check if excess pore water pressure display stays constant	-close drainage -measure excess pore pressure u -increase cell pressure ($\Delta \sigma$) -excess pore pressure increases (Δu) -duration apx. 2 min	-consolidation -open drainage -increase σ_1 in steps, radial load measuring adjusts cell pressure -goal: no development of radial loads (=1-dimensional consolidation, no wall friction)
Analysis	-excess pore pressure raises: rubber membrane leak -decrease: excess pore water system leaks (exterior to pressure cell)	-B-value = $\Delta u / \Delta \sigma$ -necessary saturation: ≥ 0.95 (soft/stiff cohesive and granular soils) ≥ 0.90 (highly overconsolidated, medium-stiff cohesive soils)	-stress and deformation properties

*DIN 18137-2: D-test: leakproofness of rubber membrane may be checked via standpipe.
 **DIN 18137-2: medium-stiff fine grained soil should always be tested for saturation, because saturation pressures listed in chart 3 may be too low.

explicit//additional methods

	partially saturated soils	measurement of local excess pore pressure	Bender element test	measurement of local deformations	pre-strained samples	RC test (resonant column)	triple paired systems	irrigation and drainage
--	---------------------------	---	---------------------	-----------------------------------	----------------------	---------------------------	-----------------------	-------------------------