

## GLOBE Pedosphären-Untersuchung

Messung der Bodenfeuchte (Gravimetrisch)



#### Übersicht und Lernziele

#### Dieses Modul beschreibt die...

- Auswahl eines Standortes zur Untersuchung der Bodenfeuchte
- Vorgehensweise bei der Durchführung der Untersuchung.
- Kalibrierung der erforderlichen Instrumente.
- im GLOBE-Protokolle angewandten Methoden.

#### Nach der Bearbeitung kann man...

- die gravimetrische Bodenfeuchte gemäß der GLOBE Protokolle messen.
- das Vorgehen bei der Probennahme beschreiben.
- Daten in die GLOBE-Datenbank übertragen und veranschaulichen.

## Die Bedeutung der Bodenfeuchte für die Umwelt

Der Boden verhält sich wie ein Schwamm, der sich über große Teile der Landoberfläche erstreckt. Er nimmt Regen und Schneeschmelze auf, beeinflusst den Abfluss und hilft Überschwemmungen zu kontrollieren.

Das absorbierte Wasser wird an der Oberfläche der Bodenpartikel sowie in deren Zwischenräumen gehalten. Dort steht es Pflanzen in Zeiten geringerer Niederschläge zur Verfügung. Ein Teil des Bodenwassers gelangt durch Verdunstung wieder in die Atmosphäre, ein anderer gelangt ins Grundwasser.



#### Wieso ist es wichtig, die Bodenfeuchte zu messen?

Mit der Messung der Bodenfeuchte untersuchen die SuS inwiefern die Bodenfeuchte:

- mit dem Niederschlag zusammenhängt
- durch die Oberflächen-, Boden- und Lufttemperatur beeinflusst wird
- im Laufe des Jahres, von Jahreszeiten, Wochen oder auch Tagen verändert
- mit dem Pflanzenwachstum zusammenhängt



## Wie die Messungen dabei helfen, die Wechselwirkungen des Bodens mit dem Rest des Systems Erde zu verstehen



Messfeld zur Untersuchung des Boden in Yanco (Australien). Sowohl direkte Messungen des Bodens, als auch Daten aus der Fernerkundung helfen dabei, die Bodenfeuchte zu verstehen. Die beiden Methoden werden in NASA-Missionen, wie GRACE oder SMAP kombiniert.



Im Abstand von 3 Tagen erstellt der SMAP Satellit eine weltweite Karte der Bodenfeuchte. Dabei wird die volumetrische Bodenfeuchte der oberen 5 cm des Bodens. Mit Hilfe des GLOBE SMAP-Protokolls lassen sich die Messdaten des Satelliten über *in situ* (vor Ort) Messungen überprüfen.

#### THE GLOBE PROGRAM A Worldwide Science and Education Program

#### Überblick über das Protokoll

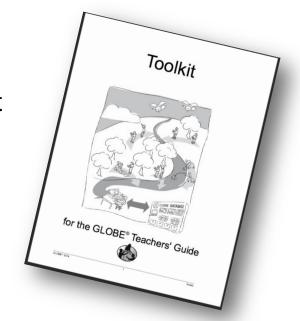
Wo?	GLOBE Messstandort zur Untersuchung des Bodens				
Wie oft?	mindestens zwölf Mal im Jahr am selben Ort Bestenfalls: täglich, wöchentlich oder monatlich				
Vorbereitungen	Bestimmung des Messstandorts mit Hilfe des <u>Site Definition Sheet</u>				
Benötigte Dokumente	<ul> <li>Gravimetric Soil Moisture Protocol</li> <li>Soil Moisture Data Sheet-Star Pattern</li> <li>Soil Moisture Data Sheet-Transect Pattern</li> <li>Soil Moisture Data Sheet- Depth Profile</li> </ul>				
Dauer	<ul> <li>5-10 Minuten Vorbereitung</li> <li>10-15 Minuten zur Probennahme</li> <li>5 Minuten zum Messen der feuchten Proben</li> <li>5 Minuten zum Messen der trockenen Proben</li> <li>2 Tage zum Trocknen der Proben unter einer Wärmelampe oder</li> <li>1 Nacht zum Trocknen der Proben mit einem Trockenofen</li> </ul>				

## Angaben zu den Messgeräten

Die folgenden Materialien fassen die Messungen aller Protokolle zusammen, mit Angabe des Lernniveaus, den wissenschaftlichen Angaben für die Messinstrumente und wie man weitere Ausrüstung erwirbt (Kauf, Basteln, Download).

Durch das Nutzen der GLOBE-Angaben zu den Messinstrumenten wird gesichert, dass die Messdaten akkurat und vergleichbar mit den Messdaten anderer GLOBE-Teilnehmer sind.

Where to find specifications for instruments used in **GLOBE** investigations



Where to find scientific instruments used in GLOBE investigations

#### Benötigte Materialien zur Probennahme und Messung

#### Für alle Methoden zur Probennahme:

- Definierter **Messstandort**
- **Fähnchen** zum Markieren der Messpunkte
- Kompass
- **Schaufel**
- Permanent Marker zur Beschriftung der Plastikbeutel und Dosen
- Eine **Wärmelampe** (Dauertemperatur von 60 90 °C für 2 oder 3 Tage) oder eine **Wärmebrücke** (250-Watt-Infrarotlampe)
- (Idealerweise wird ein **Trocknungsofen** verwendet)

#### Für die Transekt-Methode:

- Maßband mit Milimeterangaben
- 13 verschließbare **Plastikbeutel**
- **Seil** (50m, Markierungen alle 5m)

#### Für die Stern-Methode:

- 6 verschließbare **Plastikbeutel**
- Zollstock

#### Für Tiefen-Profil:

- 5 verschließbare **Plastikbeutel**
- Zollstock
- Erdbohrer

#### Vorbereitungen vor der Probennahme

Zuerst sollte die Schaufel 5 cm von der Spitze markiert werden, um sicher zu gehen, dass die Schaufel bei der Probennahme nicht tiefer eingestochen wird.

Die Waage muss gemäß den Angaben des Herstellers kalibriert werden. Alternativ kann hierzu ein Vergleichsgewicht verwendet werden, wobei auftretende Abweichungen notiert werden müssen.

Bei einer digitalen Waage ist zunächst darauf zu achten, dass diese auf Null gesetzt wurde (Tare-Funktion) und die Messung in Gramm erfolgt.

Zusätzlich muss das Gewicht der Plastikbeutel bzw. der Behälter auf 0,1 g genau bemessen werden und anschließend mit dem Gewicht und einer Nummer beschriftet werden.





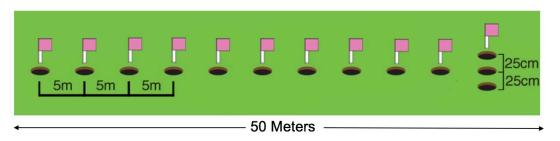


# Die Methode zur Probennahme sollte mit Bezug auf das Untersuchungsziel gewählt werden:

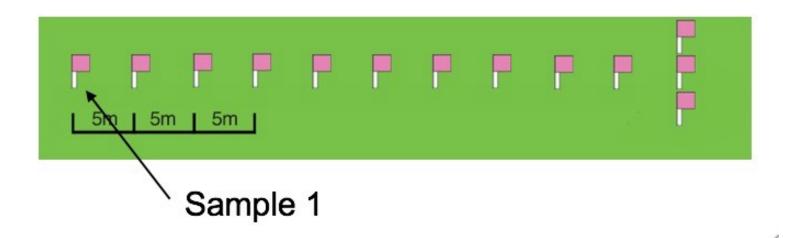
#### **Transekt-Methode:**

Hierbei werden Proben über ein großes Messgebiet entnommen. SMAP Messungen liefern Messdaten über die Bodenfeuchte der ersten 5 cm des Bodens und beschreiben einen Bereich von über 100 m². Bei dieser Messung können die SuS räumliche Unterschiede der Bodenfeuchte untersuchen. Darüber hinaus ist es sinnvoll die Messungen mit den Messdaten der Fernerkundung zu vergleichen.

- Alle 5 m wird eine Probennahme durchgeführt.
- Dabei werden die oberen 5 cm des Bodens mit der Schaufel ausgehoben.
- Die Proben sollten nicht mehr als 25 cm von der "Ideallinie" abweichen.



#### **Transekt-Methode:**



- Mit dem Maßband bzw. Seil eine Linie bestimmen, auf der gemessen werden soll.
- Alle 5 m wird eine Messung durchgeführt. Diese werden durchnummeriert.
- Bei 50 m sollten die Messungen 12 und 13, wie angezeigt etwa 25 cm zusätzlich durchgeführt werden.
- Mit dem Kompass muss die Richtung der "Messlinie" bestimmt werden.



#### **Transekt-Methode:**

- Bei der Entnahme der Bodenprobe muss zuerst das Grass oder ähnliche Bodenbedeckung entfernt werden.
- Man muss zur Probennahme ein Loch mit einem Durchmesser von 10-15 cm und einer Tiefe von 5 cm ausheben, wobei der Boden locker in dem Erdloch liegen bleibt.
- Aus dem lockeren Erdmaterial sollten Steine mit mehr als 5mm Durchmesser, Wurzeln oder andere organische Materialien entfernt werden.
- 100 g der gesäuberten Erde werden nun mit der Schaufel in den Behälter /Plastikbeutel gefüllt und bilden die Bodenprobe.
- Der Behälter sollte direkt verschlossen werden, um Verdunstung zu vermeiden.
- Anschließend sollten diese mit Datum, Messstandort und Messnummer beschriftet werden.









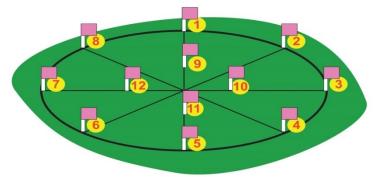
# Die Methode zur Probennahme sollte mit Bezug auf das Untersuchungsziel gewählt werden:

#### Stern-Methode:

Bei der Stern-Methode werden an 12 Stellen zu 12 unterschiedlichen Zeitpunkten auf einer 2 m x 2 m großen Fläche sternförmig Proben entnommen.

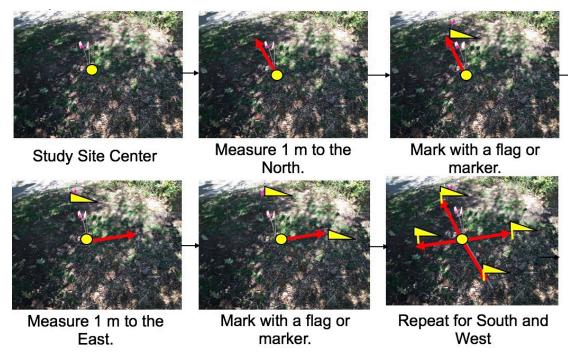
An jedem der 12 Messpunkte werden jeweils 3 Bodenproben der ersten 5 cm des Bodens und in einer Tiefe von 10 cm entnommen, sodass anschließend für jeden Messpunkt 6 Proben vorliegen.

Mit Hilfe des <u>Soil Temperature Protocol</u> kann diese Methode gut angeleitet werden und gleichzeitig die Bodentemperatur gemessen werden, da die Messungen an den selben Messpunkten und in der selben Tiefe durchgeführt werden.



#### **Stern-Methode:**

- Bestimmen des Messstandorts via GPS. Der erste Messpunkt bildet die Mitte der sternenförmigen Probennahme.
- Sternförmig werden an jedem Messpunkt 1-3 Bodenproben in einer Tiefe von 5 cm und 10 cm entnommen.
- Wenn die Messungen nur selten durchgeführt werden und über das Jahr verteilt sind, sollten die Messzeitpunkte so gelegt werden, dass sie Trockene und feuchte Wetterlagen umfassen.

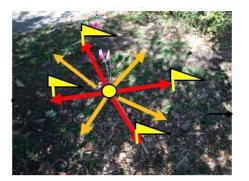


#### Stern-Methode:

- Nachdem die Messpunkte mit Hilfe des Kompass und Fähnchen markiert worden sind, müssen an diesen die Bodenproben entnommen werden.
- Bei der Entnahme der Bodenprobe muss zuerst das Grass oder ähnliche Bodenbedeckung entfernt werden.
- Man muss zur Probennahme ein Loch mit einem Durchmesser von 10-15 cm und einer Tiefe von 5 cm ausheben, wobei der Boden locker in dem Erdloch liegen bleibt.











#### Stern-Methode:

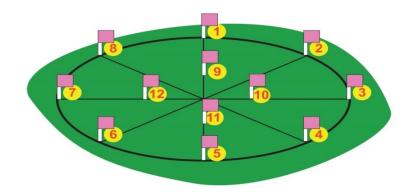
- Aus dem lockeren Erdmaterial sollten Steine mit mehr als 5mm Durchmesser, Wurzeln oder andere organische Materialien entfernt werden.
- 100 g der gesäuberten Erde werden nun mit der Schaufel in den Behälter /Plastikbeutel gefüllt und bilden die Bodenprobe.
- Der Behälter sollte direkt verschlossen werden, um Verdunstung zu vermeiden.
- Anschließend sollten diese mit Datum, Messstandort und Messnummer beschriftet werden.





Die Methode zur Probennahme sollte mit Bezug auf das Untersuchungsziel gewählt werden:

**Tiefen-Profil-Methode:** 



Diese dritte Methode zur Probennahme wird wie die Stern-Methode durchgeführt. Anstelle der 6 Proben werden jedoch mit einem Erdbohrer Bodenprofile entnommen.

Zwar ist die Arbeit mit dem Erdbohrer zeitintensiver, dafür kann die Messung an der selben Stelle durch das <u>Soil Characterization Protocol</u> sowie das <u>The Digital Multi-Day Max/Min/Current Air and Soil</u> <u>Temperatures Protocol</u> begleitet werden.

0-5 cm

30 cm

60 cm

90 cm

## **Tiefenprofil-Methode:**

THE **GLOBE** PROGRAM

- Zuerst werden die Messpunkte entsprechend der Stern-Methode bestimmt.
- Die Bodenproben werden in 5 cm, 10cm, 30 cm, 60 cm und 90 cm entnommen.
  - Die Bodenproben für 5 cm und 10 cm tiefe, werden wie bei der Stern-Methode entnommen.
  - Die restlichen Bodenproben werden mit Hilfe eines Erdbohrers durchgeführt.
- Anschließend werden die Bodenproben in einem Behälter/Plastikbeutel gesammelt und direkt luftdicht verschlossen.
- Wenn Plastikbeutel benutzt werden, bietet es sich an diese mit Datum, Messstandort und Nummer des Messpunkts zu beschriften.







#### **Arbeitsschritte im Labor**

THE **GLOBE** PROGRAM



## **Benötigte Materialien**

- Ein Trocknungsofen oder eine Wärmelampe
- Thermometer, dessen Messbereich 105 °C abdeckt (sofern ein Trocknungsofen genutzt wird)
- Bodenproben, in einem wärmebeständigen Behälter
- Waage mit einer Genauigkeit von 0,1 g und einem Messbereich bis 400 g (empfohlen bis 600 g)
- Ofenhandschuhe
- GLOBE Data Entry App oder Bodenfeuchte
   Datenblatt SMAP Block Muster
- Permanent Marker



#### Trocknung einer Bodenprobe in einer Dose

Folgendes ist beim Trocknen mit einer **Wärmelampe** zu beachten:

Ein verschließbarer Beutel muss beschriftet werden mit...

- der leeren Masse des Beutels,
- der Probennummer,
- dem Datum der Probennahme,
- der Bezeichnung des Entnahmestandortes.

Die Abdeckung der Probendose muss entfernt und der Inhalt umgehend in den beschrifteten Beutel gegeben werden. Die Probe muss vollständig umgefüllt werden.

## Bestimmung der feuchten Masse

- Danach wird die Probe im Beutel auf einer kalibrierten Waage gewogen.
- Die Masse wird mit einer Genauigkeit von 0,1 g als feuchte Masse in das dazu vorgesehene Feld in der Data Entry App bzw. auf dem Datenblatt übertragen.





## Trocknung der Bodenproben

- Beim Öffnen des Probenbeutels werden die Ränder umgeschlagen, um eine möglichst große Öffnung zu schaffen.
- Falls die Bodenprobe klumpig ist, muss diese vorsichtig von außen mit der Hand gelockert werden.
   Die Erde darf nicht mit der Hand berührt werden.
- Der geöffnete Beutel wird 20 40 cm unterhalb der 250-Watt Wärmelampe platziert, um die Trocknung zu beginnen.
- Es sollten unbedingt Topflappen oder Ofenhandschuhe getragen werden, um Verbrennungen zu vermeiden.
- Nach 2 3 Tagen wird die Probe erneut gewogen.

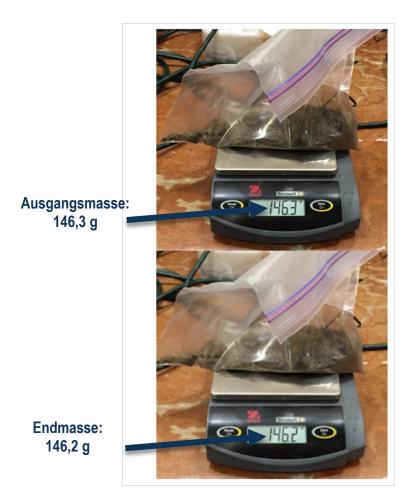




Ausgangsmasse: 146,3 g

## Überprüfung des Trocknungsprozesses

- Um sicher zu gehen, dass das Wasser vollständig verdampft ist, sollte die Probe nochmals für mindestens zwei Stunden getrocknet und anschließend gewogen werden.
- Sofern sich beim Wiegen eine Veränderung von mehr als 0,3 g ergibt, ist der Trocknungsprozess noch nicht vollständig abgeschlossen.
- Die Trocknung der Probe muss solange wiederholt werden, bis die Veränderung weniger als 0,3 g beträgt.
- Erst dann ist der Trocknungsprozess abgeschlossen.



## Dichte der Bodenproben

- Bei Verfügbarkeit eines Trocknungsofens sollte die Probennahme und die Trocknung mit Hilfe von Stechzylindern erfolgen.
- Die Bodendichte wird mit jeder zehnten Probennahme bestimmt. Dabei wird ein Stechzylinder verwendet, während es bei allen anderen Messungen genügt, die Probe in einen verschließbaren Beutel zu geben.

Die Bestimmung der Masse einer noch feuchten Probe erfolgt mit einer Genauigkeit von 0,1 g



Die Trocknung der Probe erfolgt gemäß des Protokolls



Die Masse der getrockneten Probe erfolgt mit einer Genauigkeit von 0,1 g



Feuchte Masse: 398,0 g Trockenmasse: 348,0 g



## Angaben auf dem Datenblatt

Nach dem Trocknungsprozess werden die folgenden Informationen auf dem Datenblatt (bzw. direkt in der Data Entry App) erfasst:

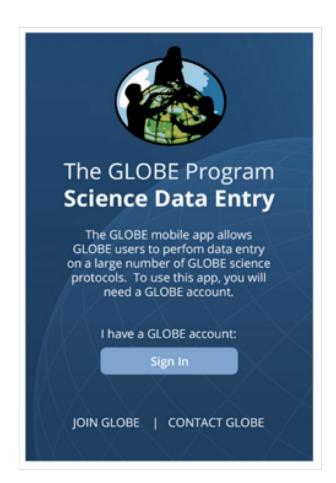
- Trocknungsdauer und -methode
- Trockenmasse und zugehörige Behälternummer
- Masse des verschließbaren Beutels

Study Site:				
Observer names:				
Date samples collected: Date samples collected: Date Local Time: (Ho	ate (Year-Month-D urs:Min) UT:	ay): (Hour	rs:Min)	
Soil State: (check one) *	ground  Snow o	n ground 🗖	Graupel on g	round
☐ Hail on Ground ☐ Froze Note: If Measureabl			all other selec	tions stop here.
Drying:				
Drying Method (oven and te	mperature range)		_ Drying time	(hrs:min):
sample before samp	ole after drying a (Calc		Empty Container Weight (d)	Dry Soil Weight (e) b - d = xx g (Calculated value by database)
Sample g	g Gravimetric S c / e = (Calculated value)	xx g/g	g	
Container Volume Measu	rements:			
Container volume measurement be repeated more frequently if of				
Measure the Initial and Fina average container volume v	vill be calculated dur	ing data entry		
Initial Volume (V <sub>I</sub> )   Sample 1	Final Volume (V <sub>f</sub> )  mL  mL  mL	(Calcula	/olume (V <sub>i</sub> - V <sub>f</sub> , ated value by tabase)	
Average Container Volume	will be calculated	during data e	entry.	
Additional observations:				

## Übermittlung der Daten an GLOBE

Es gibt drei verschiedene Möglichkeiten, um Messergebnisse in die Datenbank von GLOBE einzupflegen:

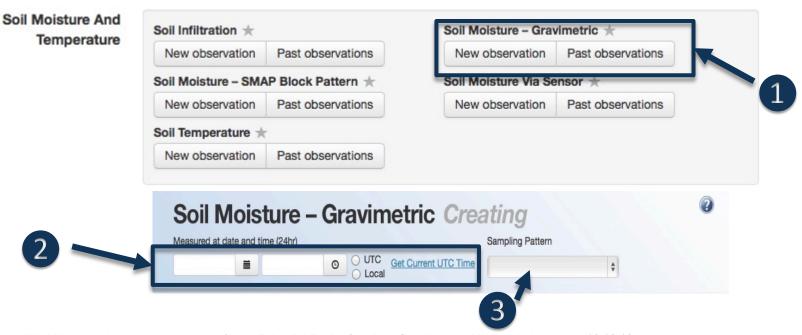
- Per manueller Dateneingabe auf der GLOBE Homepage mit der <u>Live Data Entry</u> Funktion.
- Per E-Mail an die Adresse <u>data@globe.gov</u>.
   Nähere Details finden sich in der <u>Anleitung</u>.
- Über die für <u>iOS</u> und <u>Android</u> erhältliche GLOBE Mobile Data App.



The **Globe** Program

## Dateneingabe über die GLOBE Homepage

- In der Rubrik Soil Moisture Gravimetric wird die Schaltfläche New Observation betätigt (1).
- Datum und Uhrzeit (Angabe von Ortszeit oder UTC erforderlich) der Messung werden in die entsprechenden Eingabefelder eingetragen (2).
- Unter Sampling-Pattern wird die Methode zur Probennahme ausgewählt (3).



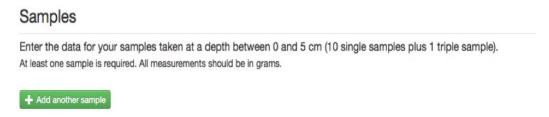
## Dateneingabe über die GLOBE Homepage – Transect-Methode

Nach der Auswahl von Transect werden die folgenden Angaben gemacht:

- Sättigung der Bodenprobe (4).
- Trocknungsmethode (5).

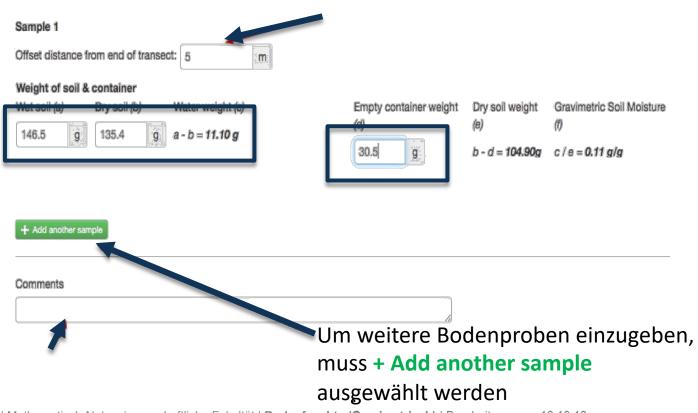


Danach können die gemessenen Daten der Bodenprobe eingetragen werden:



## Dateneingabe über die GLOBE Homepage – Transect-Methode

Anschließend werden Gewicht der feuchten und der trockenen Probe sowie das Gewicht des Behälters angegeben .



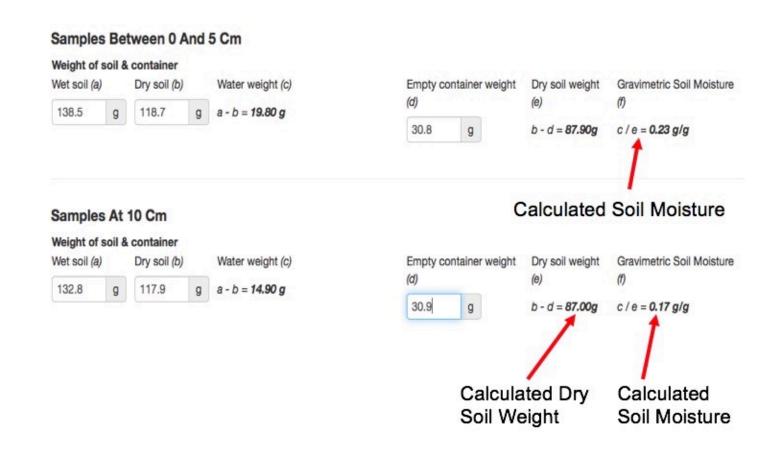
## Dateneingabe über die GLOBE Homepage – Stern-Methode

Daten für die 5 cm Probe und die 10 cm Probe werden getrennt voneinander angegeben.



## Dateneingabe über die GLOBE Homepage – Tiefen-Profil-Methode

Die Daten der Bodenprobe werden für jede Tiefe separat angegeben.



## Dateneingabe über die GLOBE Homepage – Tiefen-Profil-Methode

Die Daten der Bodenprobe werden für jede Tiefe separat angegeben.



Enter the data for each of the depths for which you took and dried samples.

Sofern die eingegebenen Messwerte plausibel sind, erscheint folgender Hinweis:



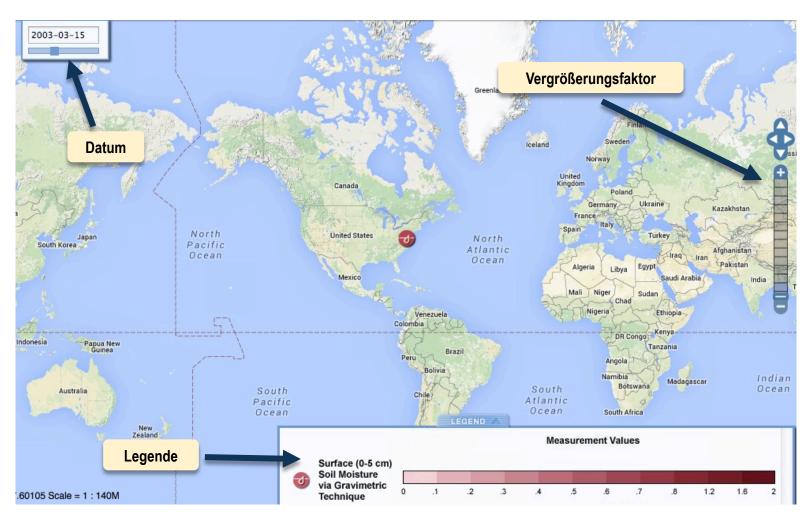
Andernfalls wird eine Fehlermeldung generiert



Nach der Korrektur der Eingaben können die Daten erneut übermittelt werden.



## Veranschaulichung im GLOBE Visualization System



Ebene mit ausgewählten gravimetrischen Daten zur Bodenfeuchte

## Veranschaulichung im GLOBE Visualization System



Ebene mit ausgewählten volumetrischen Daten zur Bodenfeuchte

#### Weiterführende Forschungsfragen

- Welche GLOBE-Schulen haben gleiche Messwerte bei der gravimetrischen Bodenfeuchte?
- Wie viele Wochen im Jahr ist der Boden relativ feucht bzw. relativ trocken?
- Verändert sich die Bodenfeuchte im Winter?
- Welche Bereiche am Messstandort sind normalerweise trocken und welche nass? Warum?
- Was speichert am meisten Wasser: Ton, Sand oder Schlick? Warum?
- Beeinflusst die Art der Landbedeckung die Wassermenge, die in den Boden gelangt?
- Beeinflusst die Art der Landbedeckung die Geschwindigkeit, mit der der Biden nach einem Regenguss trocknet?
- Wie hängen Bodenfeuchte und relative Luftfeuchtigkeit zusammen?
- Wie hängt die Bodenfeuchtigkeit mit der Boden-, Oberflächen- oder Lufttemperatur zusammen?
- Wie beeinflusst die Porosität des Boden die Bodenfeuchtigkeit?
- Was passiert mit der abwärts gerichteten Wasserströmung, wenn ein sandiger Boden über einem Bodenhorizont mit hohem Lehmanteil liegt?
- Was passiert mit der abwärts gerichteten Wasserströmung, wenn ein lehmiger Boden über einem sandigen Bodenhorizont liegt?



## Häufig gestellte Fragen (FAQ)

#### Was sollten die SuS machen, wenn sie vergessen haben, den leeren Behälter zu wiegen?

Die Probenbehälter können auch nach dem trocknen noch gewogen werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass der Behälter sauber und trocken ist.

#### Was sollten die SuS machen, wenn der Boden gefroren ist?

Es können keine Messungen durchgeführt werden, wenn der Boden gefroren ist. Man kann die Messung dann durchführen, wenn der Boden aufgetaut ist.

#### Was sollten die SuS machen, wenn der Messstandort gewässert wurde?

Die Daten werden gemessen wie gewöhnlich, jedoch sollte der bewässerte Messpunkt markiert werden. Die Messungen können dennoch hilfreich sein, indem sie die Bodenfeuchte für ein paar Tage beeinflussen. Sollten größere Flächen (>1 km²) bewässert worden sein, so sollte dies als Kommentar bei der Dateneingabe angegeben werden.

#### Was sollten die SuS machen, wenn der Boden mit Schnee bedeckt ist?

Wenn der Boden nicht gefroren ist, kann der Schnee beiseite geräumt und die Messung wie üblich durchgeführt werden.

#### Über diese Folien

Autoren Izolda Trachtenberg

Dixon Butler

Russane Low

Fotos Izolda Trachtenberg

Zeichnungen Rich Potter

#### Unterstützung









Deutsche Bearbeitung





