

C.11

Böden / Vegetation / Hydrologie

Das dynamische Ökosystem Boden – Bedeutung für die Nachhaltigkeit

Stefanie Menstell



Diese Einheit widmet sich den Grundlagen der Bodenkunde, Bodentypen und deren räumlicher Verteilung. Anhand zweier Fallbeispiele aus Baden-Württemberg und Kalifornien werden spezifische Herausforderungen der Landwirtschaft, wie Wasserknappheit, Bodenerosion und nachhaltiger Nutzung, analysiert. Ein besonderes Highlight ist ein Rollenspiel zu konventioneller und ökologischer Landwirtschaft, in dem die Lernenden unterschiedliche Perspektiven einnehmen und agrarpolitische Fragen diskutieren. Methoden wie Argumentationswippe, ein interaktives Kahoot-Quiz, digitale Karten und praxisnahe Gruppenarbeiten fördern das kritische Denken und sorgen für eine motivierende und abwechslungsreiche Unterrichtsgestaltung.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	11, 12, 13
Dauer:	14 Unterrichtsstunden
Materialart:	Bilder, Karten, Texte, Quiz, Diagramm
Kompetenzen:	1. Sachkompetenz, 2. Methodenkompetenz, 3. Urteilskompetenz, 4. Handlungskompetenz
Methoden:	Bildanalyse, Interpretation, Internetrecherche, Kartennutzung, Textarbeit, Rollenspiel, Quiz
Inhalt:	Boden, Bodenhorizonte, Bodenbildung, Bodenfruchtbarkeit, Bodenqualität, Landwirtschaft, Bodendegradation, Schutzmaßnahmen

Fachliche Hinweise

Boden ist eine essenzielle, für den Menschen nicht erneuerbare Ressource, welche aus festen anorganischen und organischen Bestandteilen besteht. Das stark variable Medium setzt sich aus verwittertem Ausgangsgestein, Wasser, Luft, Tieren, Bakterien, Pilzen, Algen, Mikroorganismen und Pflanzen zusammen und stellt ein komplexes, dynamisches System dar.

Die Bodenbildung, auch Pedogenese genannt, wird von fünf **Bodenbildungsfaktoren** wechselseitig beeinflusst, die in unterschiedlichen Klimazonen variieren und somit zur Ausbildung spezifischer, aber variabler Böden führen. Die Hauptfaktoren der Bodenbildung sind: klimatische, geologische, topographische, biologische und zeitliche Faktoren. Sicherlich ist optional auch der Mensch als anthropogener Faktor aufzuführen. In Bezug auf das Klima beeinflussen vor allem Temperatur und Niederschlag die physikalischen und chemischen Verwitterungsprozesse und die biologische Aktivität im Boden, welche bei der Humusbildung die zentrale Rolle spielt. Der geologische Faktor bezieht sich auf das Ausgangsgestein, welches die mineralische Zusammensetzung des Bodens und somit die chemischen Eigenschaften zentral ausmacht. Weiterhin beeinflusst die Topographie die Wasserbewegung und die Erosions- und Sedimentationsprozesse maßgeblich. Der biologische Faktor beinhaltet die Aktivität von Pflanzen, Tieren, Mikroorganismen und Pilzen, welche zur Bodenstruktur und Humusbildung beitragen. Letztlich ist einer der relevantesten Faktoren die Zeit, denn Bodenbildung kann Jahrtausende andauern.

Die Bodenbildungsfaktoren begünstigen in verschiedenen Kombinationen die verschiedenen **Bodenbildungsprozesse**, welche im Folgenden genauer betrachtet werden.

Lateralisierung benötigt hohe Temperaturen und hohe Niederschläge, weshalb sie meist in den Tropen vorkommt. Hierbei kommt es zu einer intensiven chemischen Verwitterung,

welche über einen jahrtausendelangen Prozess zur Auswaschung von Silikaten und Anreicherung von Eisen- und Aluminiumoxiden führt.

Bei der Podsolierung lösen organische Säuren aus Nadelstreu Eisen und Aluminium heraus, was zur Ausbildung von hellen Horizonten führt. Dabei begünstigt die Vegetation aus Nadelwäldern und das Klima mit kühlen Temperaturen und hohen Niederschlägen den verlangsamen Humusabbau. Daraus entstehen Podsole.

Die Vergleyung findet an feuchten Standorten mit hohem Grundwasserstand statt, da es für die Reduktion und Oxidation von Eisen einen Wechsel zwischen Wasserüberschuss und Austrocknung gibt. Dies geschieht topographisch in Tieflagen oder Senken, wobei ein Klima mit hohen Niederschlägen vorliegen muss, um die Staunässe auszubilden. Bodentypen sind Gleyböden.

Bei der Carbonatisierung, welche in trockenen Gebieten stattfindet, ist Kalkstein, das Ausgangsgestein, welches bei Feuchtigkeit gelöst wird und unter Trocknisbedingungen wieder rekarbonatisiert. Bodentypen sind Rendzinen, Terra Fusca und Calcsole.

Die Versalzung findet in Trockengebieten mit hohen Temperaturen und wenig Niederschlag statt. Dabei führt die Verdunstung zur Salzzakkumulation an der Oberfläche, da die Niederschläge zur Auswaschung fehlen. Typisch ist dies in arideren Regionen, manchmal verursacht durch fehlerhafte Bewässerungssysteme der Menschen.

Die genauen Kenntnisse über die Bodenbildungsstadien, Bodenbildungsprozesse, Bodenhorizonte, Bodentypen, Bodennutzung und Bodenschutz sind essenziell für eine **nachhaltige Nutzung von Boden**. Dieses Wissen kann den potenziellen Verlust an landwirtschaftlicher Nutzbarkeit des Bodens für den Menschen verhindern. Der Verlust geschieht häufig durch Unkenntnis oder durch Veränderung durch den Menschen, wie z. B. direkte Eingriffe oder Klimaveränderungen, die diesen Verlust begünstigen oder direkt auslösen.

Didaktisch-methodische Hinweise

Diese Einheit vermittelt den Lernenden komplexe geowissenschaftliche Inhalte zur Bodenbildung und deren Abhängigkeit von klimatischen, biologischen, topographischen, zeitlichen und geologischen Faktoren. Didaktisch basiert der Ansatz auf dem exemplarischen Lernen, indem typische Bodentypen aus verschiedenen Klimazonen als Beispiele dienen. Dadurch lassen sich die Bodensetzungsprozesse und -faktoren anschaulich erläutern und die Wechselwirkungen und die Notwendigkeit einer Handlungsorientierung erkennen. Zudem folgt die Einheit dem konstruktivistischen Ansatz, da die Lernenden das Wissen durch eigene Analysen und Vergleiche mit Kartenmaterial, z. B. am Beispiel Baden-Württembergs, aktiv erschließen.

Die Erarbeitung des Fachwissens findet interaktiv statt. Dabei werden verschiedene Methoden angewendet. Grundsätzlich wird problemorientiert vorgegangen, indem die Fragen zur Bodenbearbeitung und -nutzung zur Reflexion anregen. Die Probleme der Boden-degradation, landwirtschaftlichen Nutzung und die Erkenntnis, dass es sich beim Boden für

den Menschen um eine essenzielle, aber nicht erneuerbare Ressource handelt, zielen auch durch die Unterrichtseinheit.

Die Auswertung von Boden- und Klimakarten ermöglicht den Transfer der theoretischen Konzepte in praxisnahe Kontexte, welche in Fallbeispielen vertieft werden. Weiterhin wird die Atlasarbeit geschult. Durch den Vergleich von Böden in verschiedenen Regionen wird das Verständnis für Bodenbildungsprozesse und die Folgen für die landwirtschaftliche Nutzbarkeit für den Menschen vertieft. In Diskussionsrunden wird die Bedeutung von Böden für Landwirtschaft, Klimawandel und Nachhaltigkeit erörtert.

Lernvoraussetzungen sind die Grundkenntnisse in physischer Geographie in Bezug auf Klima, Klimazonen, Verwitterung (physikalische und chemische Verwitterung) sowie Erosion und Sedimentation. Weiterhin ist es hilfreich, wenn zum Beispiel Glaziallandschaften bereits zu den Vorkenntnissen zählen, da sie im Fallbeispiel Baden-Württemberg einen großen Einfluss haben. Fähigkeiten zur Interpretation von Kartenmaterialien, Kartenschere und geographischen Methoden wie das Fließschema oder eine Profilskizze sind sinnvoll. Ansonsten sollten sie im Zuge der Unterrichtseinheit eingeführt werden. Darüber hinaus sind Grundkenntnisse zu Nachhaltigkeit sinnvoll, um die ökologische und landwirtschaftliche Bedeutung von Böden einschätzen zu können.

Alternative didaktische Möglichkeiten sind forschendes Lernen, wobei die Lernenden eigene Bodenanalysen durchführen und so eine regionale Vertiefung in der Bodenkunde vornehmen. Auch ein exkursionsbasiertes Lernen, z. B. auf landwirtschaftlichen Flächen (nach Erlaubnis) oder in Geoparks, eignet sich. Zudem nutzt die Unterrichtseinheit digitale Karten (GIS) und interaktive Kartenanwendungen. Weitere Möglichkeiten wären der Einsatz von Erklärvideos oder Simulationen zu Bodenbildungsprozessen.

Hinweis M 1: Für den Einstieg in das Thema kann der Dokumentationsfilm Hannes Jaencke: „Im Einsatz für die Erde“ (Jahr 2015 / 43 Minuten) dienen. Die Arbeitsaufträge werden per Durchzählen individuell an die Lernenden vergeben. Die Beantwortung der Fragen ist auch ohne Vorkenntnisse gut möglich und zielt von Beginn an auf die Problematik der anthropogenen Nutzung des Bodens, der Nachhaltigkeit, der Notwendigkeit von Umwelt- und Bewusstseinsbildung und der Notwendigkeit von Schutz von Boden ab. Der Film ist in hoher Qualität downloadbar, sodass er unabhängig von einer Internetverbindung einsetzbar ist.

Auf einen Blick

Vorbemerkung

Alle Inhalte und die wichtigsten Bilder finden Sie auch zum Download

Einstieg

M 1 Film von Hannes Jänicke: „Im Einsatz für Erde“

Benötigt: ☐ Internet, Endgeräte

Grundlagen der Pedosphäre

M 2 Grundlagen der Pedosphäre

M 3 Bodenbildungsfaktoren und Bodendegradation

M 4 Bodenbestandteile

M 5 Bodeneigenschaften

Boden entsteht

M 6 Bodenentstehung (Pedogenese)

M 7 Bodenprofile

M 8 Bodenbildungsprozesse

M 9 Bodentypen

Räumliche Verteilung von Böden

M 10 Bodenzonen weltweit

Wissensüberprüfung

M 11 Boden-Quiz

Raumbeispiel Baden-Württemberg

M 12 Bodengroßlandschaften in Baden-Württemberg

Benötigt: ☐ Atlas
☐ Internet

Raumbeispiel Kalifornien

- M 13 Topographie von Kalifornien
 - M 14 Klima in Kalifornien
 - M 15 Landwirtschaft in Kalifornien
 - M 16 Wasserwirtschaft in Kalifornien
 - M 17 Wasserverfügbarkeit, -verteilung und -management
-

Landwirtschaftliche Nutzbarkeit und Nachhaltigkeit

- M 18 Nachhaltigkeit und Landwirtschaft
 - M 19 Klimawandel und Landwirtschaft
 - M 20 Ein Vergleich zwischen konventioneller und ökologischer Landwirtschaft
 - M 21 Bodenschwund – Bewirtschaftungsmethoden
 - M 22 Ideen für den Schutz des Bodens
-

Rollen spielen

- M 23 Nachhaltige Bodennutzung – ein Konflikt zwischen Ökonomie und Ökologie
-

M 1 Einstieg – Film von Hannes Jänicke: „Im Einsatz für Erde“

Schauen Sie sich das Video an und beantworten Sie die Fragen.

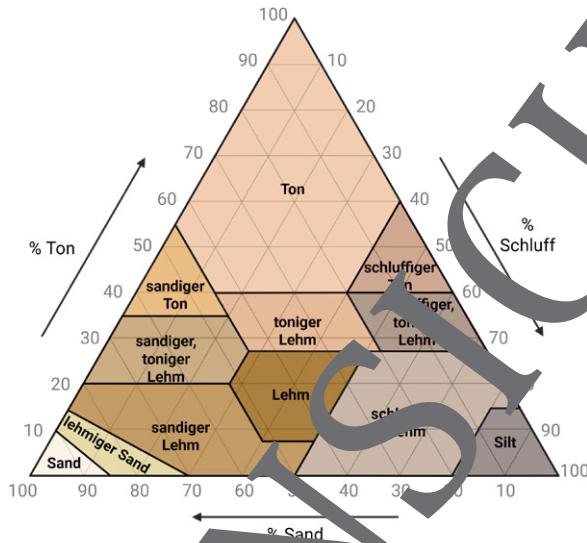
Hannes Jaenicke: Im Einsatz für die Erde, ZDF, Dokumentation 43:54 min,
<https://raabe.click/zdf-boden>, Veröffentlichung 03.10.2024; verfügbar bis
03.10.2034.



Aufgaben (Internet, Film)

1. **Erklären** Sie, wie die im Film gezeigten menschlichen Aktivitäten auf der Erde und mit der Erde ihre Ressourcen gefährden.
2. **Stellen Sie dar**, wie die Zusammenhänge zwischen Klimawandel, Artensterben und Bodendegradation im Film verdeutlicht werden.
3. **Vergleichen** Sie die Rolle der Industrie/Landwirtschaft mit der Rolle des Individuums, wie sie im Film in Bezug auf Umweltverantwortung dargestellt wird.
4. **Erläutern** Sie die Bedeutung des Begriffs „nachhaltige Ressourcennutzung“, wie er im Film thematisiert wird.
5. **Bewerten** Sie, inwieweit der Film wissenschaftlich fundierte Informationen bietet und/oder auf emotionaler Ebene argumentiert.
6. **Vergleichen** Sie, wie unterschiedliche Länder im Film mit Umweltproblemen umgehen und welche Lösung sie anwenden.
7. **Erörtern** Sie, wie Hannes Jänicke die Notwendigkeit von Umweltbildung und Bewusstseinsbildung begründet.

Korngrößendreieck



© RAABE, erstellt mit <https://BioRender.com>

2. Organische Substanz

Obwohl die organische Substanz weniger als 5 % des Gesamtvolumens eines Bodens ausmacht, spielt sie eine essenzielle Rolle für die landwirtschaftliche Produktivität und ökologische Funktionalität.

Organische Substanz setzt sich aus lebenden und abgestorbenen Organismen sowie bereits zersetzten organischen Verbindungen zusammen. In einem einzelnen Teelöffel Boden können mehrere Milliarden Mikroorganismen, Bakterien und Pilze enthalten sein. Sie fungieren als Destruenten für die Lagerung, Durchlüftung und Zersetzung abgestorbener Organismen. Als Streu (Litter) sammeln sich verschiedene abgestorbene Teile von Pflanzen, z. B. deren Blätter, auf der Erdoberfläche. In kalten und feuchten Gebieten mit wenig Niederschlag findet die Zersetzung langsam statt. In warmen und feuchten Gebieten kann die Zersetzung nahezu so schnell stattfinden, wie Streu fällt.

Aus dem Litter (komplexe organische Verbindungen), werden immer einfachere chemische Verbindungen. Zuletzt werden daraus chemische Elemente gewonnen, welche in den Nährstoffkreislauf zurückgeführt werden.

Der verbleibende Anteil wird als Humus bezeichnet, der charakteristisch eine braune bis schwarze Färbung aufweist. Humus verbessert die Bodenstruktur, erhöht die Kapazität, Wasser zu halten, und dient als nährstoffreicher Katalysator. Er ist für die Landwirtschaft von höchster Bedeutung und wird oftmals als „schwarzes Gold der Erde“ bezeichnet.

M 7 Bodenprofile

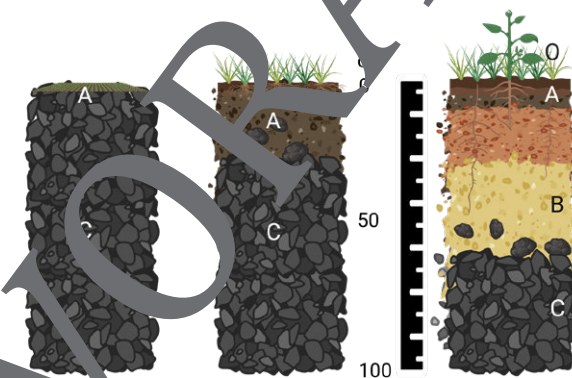
Aufgabe

Beschreiben Sie, wie sich die einzelnen Bodenhorizonte voneinander unterscheiden.

Böden weisen eine charakteristische Schichtung auf, welche durch Übergangszonen nicht klar voneinander getrennt sind. Jeder dieser Bodenhorizonte hat spezifische physikalische, chemische und biologische Eigenschaften. Bodenhorizonte verlaufen weitgehend parallel zur Erdoberfläche. Ein Bodenprofil bezeichnet den vertikalen Schnitt durch den Boden, der vier bis sechs verschiedene Bodenhorizonte unterscheidet.

- ggf. **O-Horizont:** Organische Auflage, die aus frischer oder bereits teilweise zersetzter organischer Substanz besteht. Diese kommt besonders häufig in Wäldern vor, ansonsten ist ein O-Horizont für Böden eher untypisch.
- **A-Horizont:** Oberboden, der Humus (organische Substanz), mineralische Partikel und zahlreiche Bodenorganismen enthält.
- ggf. **E-Horizont:** Auswaschungshorizont, in welchem ein Verlust von Mineralien, wie zum Beispiel Ton, Eisen und Aluminium, durch Auswaschung stattgefunden hat (Eluvialhorizont).
- **B-Horizont:** Unterboden, in welchem sich die ausgewaschenen Mineralien des E-Horizonts einlagern. Dieser Horizont wird oft als Anreicherungshorizont bezeichnet und enthält viel Ton, Eisen und Aluminium.
- **C-Horizont:** Untergrundgestein oder auch unverwittertes Ausgangsgestein, welches teilweise verwittert und unverdichtet als Regolith vorliegt.

Quelle: Hess, Darrel; McKnight, David (2009): *Physische Geographie*, 9. Auflage, Pearson Studium, München, S. 469–471.



© RAABE, erstellt mit <https://BioRender.com>

M 17 Wasserverfügbarkeit, -verteilung und -management

Rund 75 % des Oberflächenwassers stammen aus dem Norden Sacramentos, während 80 % des Wasserverbrauchs im trockenen Süden liegen. Dabei haben Ballungsräume wie Los Angeles einen besonders hohen Bedarf. Die Wasserknappheit wird in Trockenzeiten besonders durch die Landwirtschaft verstärkt.

Seit dem 20. Jahrhundert wurden in Kalifornien große Wasserprojekte mit Tausenden und Billionen von Dollar umgesetzt. Die Bewässerungskanäle zur Versorgung der Bevölkerung und der Landwirtschaft sind ein Beispiel ist das California State Water Project (SWP). Es wurde in den 1950er-Jahren mit dem Bau des Oroville-Stausees als Hauptreservoir umgesetzt. Das daraus entstandene California-Aquädukt ist rund 700 km lang. Es verbindet rund 20 Stauseen, fünf Kraftwerke und zahlreiche Kanäle. Sie versorgen die Anbaubereiche San José und San Joaquin Valley mit Wasser.



© Ikluft/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0

Dabei hat der Sierra Nevada mit 2/3 die größte Bedeutung zuzuschreiben. Im Winter fällt dort Schnee, welche große Wassermengen speichert, die im Frühjahr schmelzen und als Trinkwasser und Wasser für die Bewässerung genutzt werden. Wichtige Flüsse in diesem Gebiet sind der Sacramento River und der San Joaquin River.

Problematisch für Kalifornien ist der Klimawandel, welcher die Wasserknappheit verstärkt (durch hohe Verdunstung und geringe Niederschläge).

Die Niederschläge schwanken jährlich, in den Jahren 2012 bis 2016 gab es eine extreme Dürre, wobei 2017 mit Rekordniederschlägen von über 1.000 mm herausstach. Langfristig

M 23 Rollenspiel: Nachhaltige Bodennutzung – ein Konflikt zwischen Ökonomie und Ökologie

Diskussionsfrage

Soll die landwirtschaftliche Nutzung zur Deckung der steigenden Nachfrage intensiviert werden, oder sollte der Fokus auf einer nachhaltigen Bodennutzung liegen?

Titel der Argumentationswippe: Pro/Kontra konventionelle Landwirtschaft

Szenario

In einer mittelgroßen Gemeinde auf dem Land wird eine Diskussion über die Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen geführt. Einige Betriebe in der Landwirtschaft fordern eine Intensivierung der Nutzung, um die Erträge weiter zu steigern und wirtschaftlich konkurrenzfähig zu bleiben. Naturschützer und Wissenschaftler warnen hingegen vor den langfristigen Folgen solch einer Nutzung für die Bodenfruchtbarkeit, die Umwelt und das Klima. Auch die Politik und die Kundschaft haben unterschiedliche Interessen, die in diesem Rollenspiel vertreten werden. Ein Gemeinderatstreffen wurde einberufen, um die verschiedenen Perspektiven objektiv anzuhören und eine Entscheidung über die Nutzungstrategie zur Bodennutzung in der Gemeinde zu treffen.

Anleitung für das Rollenspiel

1. Lesen Sie Ihre Rollenkarte und verteidigen Sie Ihre Position und Argumente.
2. Nutzen Sie die bisherigen Informationen zur Verstärkung Ihrer Argumente.
3. Bereiten Sie sich auf das Rollenspiel vor.
4. Ziel ist es, am Ende eine objektive Entscheidung auf Basis der Gewichtung der Argumente zu treffen.

Aufgaben

1. Stellen Sie in einer Tabelle alle Argumente für eine Intensivierung der Landwirtschaft und alle Argumente für eine nachhaltige Bodennutzung dar. Gewichten Sie die Argumente (Argumentationswippe).

Tipp: Bei der Argumentationswippe werden zunächst alle Argumente gesammelt. Im Zuge der Gewichtung gelangt die Wippe auf die eine oder andere Seite. Ein hilfreiches Online-Tool für die Argumentationswippe ist: <https://argumentationswippe.de/>.

2. Formulieren Sie ein schriftliches Fazit zur Beantwortung der Diskussionsfrage.



Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online
14 Tage lang kostenlos!

www.raabits.de

