



Nadine Rosendahl, Lisa Wieczorek, Luis Rüther, Nina Scholten,
Natalie Bienert & Rainer Mehren

EXPERIMENTIERVIDEOS I BODENEROSION DURCH WASSER

JAHRGANGSTUFE 7 – 9 | LEHRKRÄFTEHANDREICHUNG

INHALTSVERZEICHNIS

EINSATZ IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT	01
INTERNETADRESSE DER EXPERIMENTIERVIDEOS	01
HINWEISE FÜR DEN UNTERRICHTLICHEN EINSATZ	02
UNTERRICHTSVORSCHLAG – VARIANTE 1	03
UNTERRICHTSVORSCHLAG – VARIANTE 2	05
UNTERRICHTSVORSCHLAG – VARIANTE 3	07
SCHÜLERPROTOKOLL	09
SCHÜLERPROTOKOLL – BEISPIELLÖSUNG	12
VERTIEFUNGSAUFGABEN	16
METHODENKARTEN	16
AUFGABEN ZUR METHODENREFLEXION	17
 HINTERGRUNDINFORMATIONEN	 18
BODENEROSION DURCH WASSER	18
DIE NATURWISSENSCHAFTLICHE ARBEITSWEISE „EXPERIMENTIEREN“	20
 GLOSSAR	 21
LITERATUR	22
IMPRESSUM	23

INTERNETADRESSE DER EXPERIMENTIERVIDEOS

BODENEROSION DURCH WASSER



Abb. 1: Screenshot des Experimentiervideos Bodenerosion durch Wasser, Einflussfaktor Vegetation

Faktor Hangneigung



<http://bit.ly/3uNVGMN>

Faktor Niederschlagsmenge



<https://bit.ly/42RAKkF>

Faktor Vegetation



<https://bit.ly/4a8hK3V>

HIER GEHT ES ZUR GEOBOX-SEITE



www.geobox.online

EINSATZ IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT

HINWEISE FÜR DEN UNTERRICHTLICHEN EINSATZ

VARIANTEN DES EINSATZES

Ebenso wie Experimente unterschiedlich im Unterricht eingesetzt werden können, ergeben sich auch für Experimentervideos verschiedene Einsatzmöglichkeiten. Die nachfolgend vorgestellten Varianten sind drei Möglichkeiten des Einsatzes. Sie unterscheiden sich hinsichtlich des Eingangsimpulses sowie der Schüleraktivität bzw. -selbstständigkeit (Abb. 3). Dementsprechend setzen die Vorschläge verschiedene Schwerpunkte bei der Förderung der Experimentierkompetenz. In der Übersichtsgrafik der Varianten markieren blau hervorgehobene Schritte die Teile, die von den Lernenden selbst erarbeitet werden, während die in Grau dargestellten Schritte vorgegeben sind (Abb. 2). Die Vorschläge sind grundsätzlich als entdeckende Experimente konzipiert, bei denen die Lernenden zu Beginn noch kein Wissen über die Einflussfaktoren des untersuchten Phänomens haben.



Abb. 2: Ausschnitt aus Variante 1

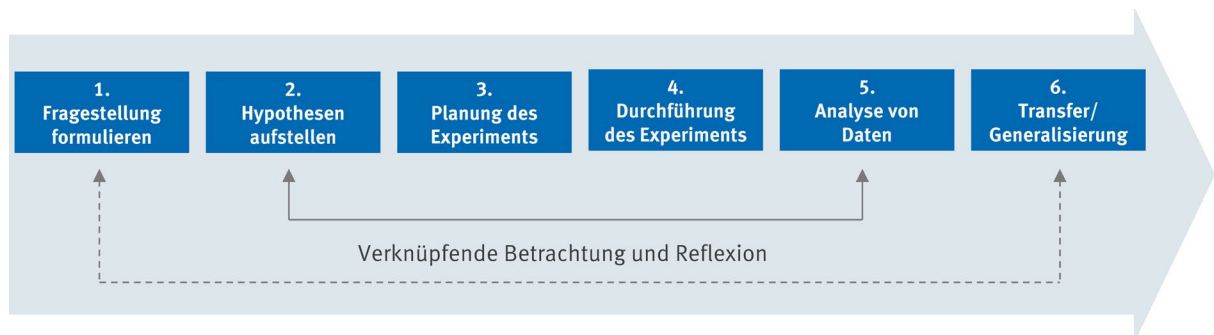


Abb. 3: Allgemeine Schrittfolge beim Experimentieren im Geographieunterricht (eigene Darstellung, nach Rosendahl, 2023, S. 11)

UNTERRICHTSMATERIAL

In der Handreichung sind Informationen zum Kernanliegen des Unterrichts, die verschiedenen Verlaufspläne sowie alle benötigten Unterrichtsmaterialien enthalten. Das **Schülerprotokoll** sowie die **Beispiellösung** sind für alle Varianten nutzbar. Die **Vertiefungsaufgaben**, die Aufgaben zur **Methodenreflexion** und die **Methodenkarten** (Abb. 4) sind ebenfalls variantenübergreifend einsetzbar und können je nach Lernziel und Voraussetzungen der Lernenden flexibel in den Unterricht integriert werden. Gerade bei unterschiedlichen methodischen Kenntnissen und Fähigkeiten bieten sich die Methodenkarten für das Vornehmen einer Binnendifferenzierung an. An dieser Stelle sei jedoch angemerkt, dass eine Einführung der Methodenkarten und Hinweise zur Verwendung dieser im Vorfeld gegeben werden sollten, um einer kognitiven Überforderung der Lernenden während des Unterrichts vorzubeugen (Schmidt et al. 2019).

Methodenkarte

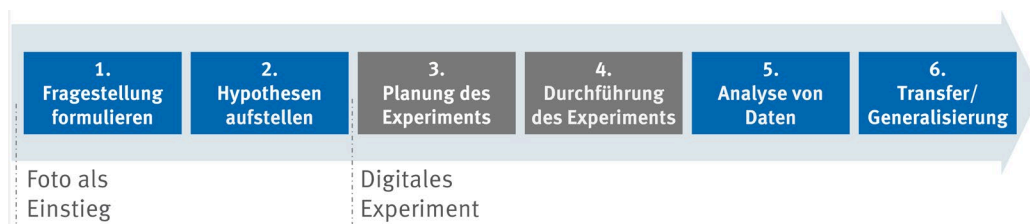
Forschungsfrage für ein Experiment formulieren

Was ist eine naturwissenschaftliche Frage?

- Eine präzise, klare Frage, die sich auf beobachtbare Phänomene in der Natur bezieht und mithilfe von naturwissenschaftlichen Methoden erforscht werden kann. Sie hilft, Naturgesetze zu verstehen und neue Erkenntnisse zu gewinnen.
- Zu naturwissenschaftlichen Methoden gehören z. B. Messen, Zählen, Beobachten, Experimentieren.

Abb. 4: Ausschnitte einer Methodenkarte

UNTERRICHTSVORSCHLAG – VARIANTE 1



KERNANLIEGEN

Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten mittels eines Experiments die Wirkung von drei Einflussfaktoren (Niederschlagsmenge, Hangneigung, Vegetation) auf die Bodenerosion durch Wasser und erweitern ihre experimentellen Kompetenzen in den vier Bereichen: Formulierung von Fragestellung und Hypothesen, Analyse von Daten und Transfer/ Generalisierung.

UNTERRICHTSVERLAUFPLAN

U-Phase	Sozial-form	Didaktisch-methodischer Schwerpunkt	Materialien
Einstieg	UG	Die Lernenden beschreiben das Foto. Es werden Vermutungen darüber angestellt, um welches Phänomen es sich handelt. Die Lehrkraft deckt den ersten Absatz des Textes auf. In Abhängigkeit des Vorwissens der Lernenden gibt die Lehrkraft ggf. weitere Informationen zum Prozess der Wassererosion (Splash-Effekt, Verschlammung). Es wird die Frage aufgeworfen, welche Relevanz dieses Phänomen für die Landwirtschaft haben könnte. Die Lehrkraft ergänzt Informationen zu dessen Ausmaß.	Foto und Text Einstieg (Seite 4) Präsentationsmedium
Erarbeitung I	UG GA	Die Lehrkraft deckt nun den zweiten Teil des Textes auf. Gemeinsam wird eine naturwissenschaftliche Fragestellung zu Einflussfaktoren auf die Bodenerosion durch Wasser formuliert und für alle sichtbar notiert. Im Anschluss werden mögliche Einflussfaktoren gesammelt. Die Lehrkraft informiert darüber, zu welchen Faktoren Experimentiervideos vorliegen (Niederschlagsmenge, Hangneigung, Vegetation). Es wird festgelegt, welche Lernenden sich welchem Faktor widmen. Zu allen drei Faktoren werden arbeitsteilig Hypothesen aufgestellt.	Präsentationsmedium
Sicherung I	UG	Die Hypothesen werden im Plenum zusammengetragen und die Lernenden tragen ihre bisherigen Arbeitsergebnisse in das Protokoll ein. Dabei übernehmen die Lernenden nur diejenigen Hypothesen zu dem ihnen zugewiesenen Faktor.	AB Schülerprotokoll (Seite 9)
Erarbeitung II	PA	Die Lernenden schauen sich das Experimentiervideo in Tandems zu je einem der drei Faktoren an (Niederschlagsmenge, Hangneigung, Vegetation). Sie dokumentieren die Planung, Durchführung und Beobachtungen im Protokoll. Sie analysieren die Ergebnisse, indem sie diese deuten und auf die Hypothesen beziehen.	Experimentiervideos AB Schülerprotokoll (Seite 9)
Sicherung II	UG	Die Lernenden stellen ihre Arbeitsergebnisse vor, vergleichen diese untereinander und diskutieren diese. Sie vervollständigen das Protokoll (Zusammenfassung). Anschließend diskutieren sie, inwiefern sich aus den Experimenten allgemeine Regeln ableiten lassen (möglicher Transfer/ mögliche Generalisierung auf den Realraum) und formulieren eine abschließende Antwort auf die anfangs aufgestellte Frage (Transfer/ Generalisierung).	Präsentationsmedium AB Schülerprotokoll (Seite 9)
Optional: Vertiefungsaufgaben und/ oder Aufgaben zur Methodenreflexion.			

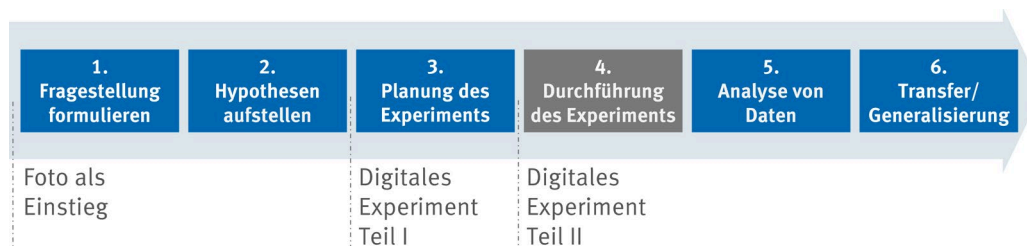
FOTO: EINSTIEG

Auf dem Foto seht ihr die **Erosion** von Ackerboden. Unter Erosion versteht man die Abtragung der oberen Bodenschicht entweder durch Wasser (wie in diesem Fall) oder durch Wind.

Der Landwirt auf dem Foto wundert sich. Der Regen hat nur auf diesem Feld den Boden so stark **erodiert**, auf seinen anderen Feldern im Nachbardorf ist die Erosion deutlich geringer.



UNTERRICHTSVORSCHLAG – VARIANTE 2



KERNANLIEGEN

Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten mittels eines Experiments die Wirkung von drei Einflussfaktoren (Niederschlagsmenge, Hangneigung, Vegetation) auf die Bodenerosion durch Wasser und erweitern ihre experimentellen Kompetenzen in den fünf Bereichen: Formulierung von Fragestellung und Hypothesen, Planung eines Experiments, Analyse von Daten und Transfer/ Generalisierung.

UNTERRICHTSVORLAUFPLAN

U-Phase	Sozialform	Didaktisch-methodischer Schwerpunkt	Materialien
Einstieg I	UG	Die Lernenden beschreiben das Foto. Es werden Vermutungen darüber angestellt, um welches Phänomen es sich handelt. Die Lehrkraft deckt den ersten Absatz des Textes auf. In Abhängigkeit des Vorwissens der Lernenden gibt die Lehrkraft ggf. weitere Informationen zum Prozess der Wassererosion (Splash-Effekt, Verschlammung). Es wird die Frage aufgeworfen, welche Relevanz dieses Phänomen für die Landwirtschaft haben könnte. Die Lehrkraft ergänzt Informationen zu dessen Ausmaß.	Foto Einstieg (Seite 6) Präsentationsmedium
Erarbeitung I	UG GA	Die Lehrkraft deckt nun den zweiten Teil des Textes auf. Gemeinsam wird eine naturwissenschaftliche Fragestellung zu Einflussfaktoren auf die Bodenerosion durch Wasser formuliert und für alle sichtbar notiert. Im Anschluss werden mögliche Einflussfaktoren gesammelt. Die Lehrkraft informiert darüber, zu welchen Faktoren Experimentervideos vorliegen (Niederschlagsmenge, Hangneigung, Vegetation). Es wird festgelegt, welche Lernenden sich welchem Faktor widmen. Zu allen drei Faktoren werden arbeitsteilig Hypothesen aufgestellt.	Präsentationsmedium
Sicherung I	UG	Die Hypothesen werden im Plenum zusammengetragen und die Lernenden tragen ihre bisherigen Arbeitsergebnisse in das Protokoll ein. Dabei übernehmen die Lernenden nur diejenigen Hypothesen zu dem ihnen zugewiesenen Faktor.	AB Schülerprotokoll (Seite 9)
Erarbeitung II	UG PA	Die Lehrkraft zeigt ein Bild mit allen für die Experimente verfügbaren Materialien. Die Bezeichnungen für die einzelnen Materialien werden zusammengetragen. Die Lernenden diskutieren und wählen aus, welche Materialien benötigt werden, um die verschiedenen Hypothesen zu untersuchen. Die Lernenden planen in Tandems zu je einem der zu untersuchenden Faktoren (Niederschlagsmenge, Hangneigung, Vegetation) mit den zugeteilten Materialien einen Experimentaufbau und fertigen eine Skizze an.	Foto Material (Seite 6) Präsentationsmedium Experimentervideos

Sicherung II	GA	Die Lernenden mit gleichen Faktoren vergleichen ihre Entwürfe für den Experimentaufbau zunächst untereinander, bevor sie die Skizzen mit der jeweiligen Lösung vergleichen (Video Abschnitt 2: Aufbau) und besprechen. Die Lehrkraft unterstützt die Gruppen.	Experimentiervideos
Erarbeitung III	PA	Die Lernenden schauen sich das Experimentiervideo an und vervollständigen das Protokoll.	AB Schülerprotokoll (Seite 9)
Sicherung II	UG	Die Lernenden stellen ihre Arbeitsergebnisse vor, vergleichen diese untereinander und diskutieren diese. Sie vervollständigen das Protokoll (Zusammenfassung). Anschließend diskutieren sie, inwiefern sich aus den Experimenten allgemeine Regeln ableiten lassen (möglicher Transfer/ mögliche Generalisierung auf den Realraum) und formulieren eine abschließende Antwort auf die anfangs aufgestellte Frage (Transfer/ Generalisierung).	Präsentationsmedium AB Schülerprotokoll (Seite 9)
Optional: Vertiefungsaufgaben und/oder Aufgaben zur Methodenreflexion.			

FOTO - EINSTIEG

Auf dem Foto seht ihr die **Erosion** von Ackerboden. Unter Erosion versteht man die Abtragung der oberen Bodenschicht entweder durch Wasser (wie in diesem Fall) oder durch Wind.

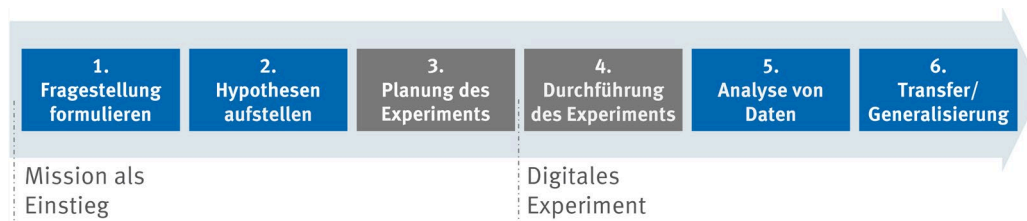
Der Landwirt auf dem Foto wundert sich. Der Regen hat nur auf diesem Feld den Boden so stark **erodiert**, auf seinen anderen Feldern im Nachbardorf ist die Erosion deutlich geringer.



FOTO - MATERIAL FÜR DIE EXPERIMENTPLANUNG



UNTERRICHTSVORSCHLAG – VARIANTE 3



KERNANLIEGEN

Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten mittels eines Experiments die Wirkung von drei Einflussfaktoren (Niederschlagsmenge, Hangneigung, Vegetation) auf die Bodenerosion durch Wasser und erweitern ihre experimentellen Kompetenzen in den vier Bereichen: Formulierung von Fragestellung und Hypothesen, Analyse von Daten und Transfer/ Generalisierung.

UNTERRICHTSVERLAUFPLAN

U-Phase	Sozial-form	Didaktisch-methodischer Schwerpunkt	Materialien
Einstieg	UG	Die Lernenden lesen die E-Mail mit der Mission und bringen die Fotos in die richtige Reihenfolge (Lösung Reihenfolge: 3, 4, 5, 1, 3). Es erfolgt ein Austausch über die Lösung.	E-Mail Mission Teil 1 (Seite 8) Präsentationsmedium
Erarbeitung I	UG	Die Lernenden stellen mit Hilfe der Fotos Vermutungen an, zu welchem Thema das Experiment durchgeführt wurde. In Abhängigkeit des Vorwissens der Lernenden gibt die Lehrkraft ggf. weitere Informationen zum Prozess der Wassererosion (Splash-Effekt, Verschlammung). Es wird die Frage aufgeworfen, welche Relevanz dieses Phänomen für die Landwirtschaft haben könnte. Die Lehrkraft ergänzt Informationen zu dessen Ausmaß. Es wird eine mögliche, der Experimentreihe zugrundeliegende, Fragestellung abgeleitet. Zudem werden mögliche Hypothesen zu Einflussfaktoren auf die Bodenerosion durch Wasser gesammelt.	Präsentationsmedium
Sicherung I	UG	Die Lernenden tragen ihre Arbeitsergebnisse in das Protokoll ein.	AB Schülerprotokoll (Seite 9)
Erarbeitung II	PA	Die Lernenden lesen die zweite E-Mail. Anschließend schauen sie sich in Tandems arbeitsteilig zu einem Einflussfaktor das Experimentiervideo an und vervollständigen das Protokoll.	E-Mail Mission Teil 2 (Seite 8) Experimentiervideos AB Schülerprotokoll (Seite 9)
Sicherung II	UG	Die Lernenden stellen ihre Arbeitsergebnisse vor, vergleichen diese untereinander und diskutieren diese. Sie vervollständigen das Protokoll (Zusammenfassung). Anschließend diskutieren sie, inwiefern sich aus den Experimenten allgemeine Regeln ableiten lassen (möglicher Transfer/ mögliche Generalisierung auf den Realraum) und formulieren eine abschließende Antwort auf die anfangs aufgestellte Frage (Transfer/ Generalisierung).	AB Schülerprotokoll (Seite 9)
Optional: Vertiefungsaufgaben und/ oder Aufgaben zur Methodenreflexion.			

E-MAIL MISSION TEIL 1- EINSTIEG

DRINGEND: Mission TerraLab - Eure Hilfe wird benötigt!

Liebes Team der Laborsicherheit,

wir brauchen eure Hilfe! Gestern wurde durch einen Brand unser geowissenschaftliches Labor in Wageningen zerstört. Glücklicherweise kam niemand zu Schaden und auch die Brandursache konnte bereits geklärt werden (technischer Defekt). Allerdings sind bedeutende Forschungsergebnisse unwiederbringlich verloren gegangen. Trotz dieser Katastrophe gibt es einen Hoffnungsschimmer: In den verkohlten Überresten des Labors konnten fünf Fotos eines Teil-Experiments gerettet werden. Vielleicht besteht mit diesen Fotos die Möglichkeit, das Thema der Experimentreihe und die zugrundeliegende Fragestellung zu rekonstruieren. Es ist sicher hilfreich, die Fotos zunächst zu ordnen. Möglicherweise kann ich mit den Informationen sogar die beschädigten Videodateien wiederherstellen. Die Zukunft des TerraLabs liegt nun in euren Händen.

Dr. Anna Sturmwald, Leiterin des TerraLab

Anhang: Fotos ungeordnet, Nummerierung nach Beweismittelfund



E-MAIL MISSION TEIL 2- ÜBERLEITUNG VIDEOS

INFORMATION: Videos konnten wiederhergestellt werden.

Liebes Team der Laborsicherheit,

gute Arbeit! Die Videos konnten mithilfe eurer Informationen wiederhergestellt werden. Anbei sende ich euch den Zugang zu den Videos. Mit diesen könnt ihr das Protokoll vollständig rekonstruieren.

Dr. Anna Sturmwald, Leiterin des TerraLab

Anhang: Zugang zu den Videos

Video 1



<http://bit.ly/3uNVGMN>

Video 2



<https://bit.ly/42RAKkF>

Video 3



<https://bit.ly/4a8hK3V>

SCHÜLERPROTOKOLL ZUM EXPERIMENT

BODENEROSION DURCH WASSER

Namen: _____

Schritt 1: Eine naturwissenschaftliche Frage formulieren.

- Formuliert eine Forschungsfrage, die mit einem Experiment untersucht werden kann.

Schritt 2: Hypothesen aufstellen.

- Notiert mögliche Einflussfaktoren auf die Bodenerosion durch Wasser.

- Wählt einen Einflussfaktor aus und überlegt, welchen Einfluss dieser auf die Bodenerosion durch Wasser haben könnte. Formuliert dann eine passende Hypothese.

Hypothese: _____

- Formuliert die dazugehörige Nullhypothese.

Nullhypothese: _____

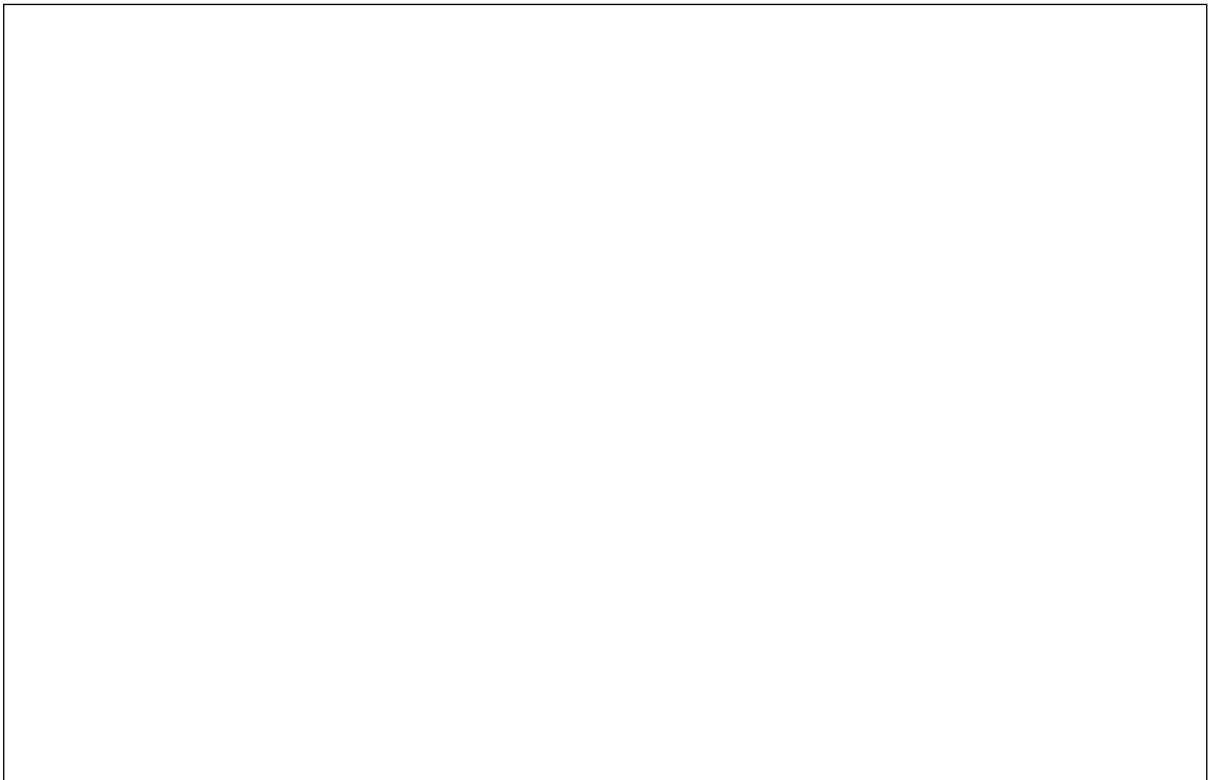
Schritt 3: Planung des Experiments

- Notiert, welche Materialien für den Aufbau und die Durchführung des Experiments zur Überprüfung der Hypothesen benötigt werden.

Materialliste:

- | | |
|---|---|
| ➤ | ➤ |
| ➤ | ➤ |
| ➤ | ➤ |
| ➤ | ➤ |
| ➤ | ➤ |

- Fertigt eine beschriftete Skizze des Aufbaus an:



Schritt 4: Durchführung des Experiments

- Beobachtet genau, was bei der Durchführung des Experiments passiert.
Notiert eure Beobachtungen.

Schritt 5: Analyse von Daten

- Welche Schlussfolgerung könnt ihr im Hinblick auf die Hypothesen ziehen? Kreuzt an.

	bestätigt	nicht bestätigt
Hypothese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nullhypothese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Überlegt, wie man das Ergebnis erklären könnte. Denkt dabei an die Prozesse der Wassererosion (Splash-Effekt, Verschlämmung, Oberflächenabfluss).

- Präsentiert eure Ergebnisse in der Klasse und hört euch die Ergebnisse der anderen Gruppen an. Füllt nun die Tabelle als Zusammenfassung aus:

Einflussfaktor	Welchen Einfluss hat der Faktor auf die Wassererosion?
Hangneigung	
Niederschlagsmenge	
Vegetation	

Schritt 6: Transfer und Generalisierung

- Diskutiert, inwiefern sich aus dem Experiment allgemeine Regeln ableiten lassen. Formuliert eine abschließende Antwort auf die anfangs aufgestellte Frage.

SCHÜLERPROTOKOLL ZUM EXPERIMENT

BODENEROSION DURCH WASSER (BEISPIELLÖSUNG)

Schritt 1: Eine naturwissenschaftliche Frage formulieren.

➤ Formuliert eine Forschungsfrage, die mit einem Experiment untersucht werden kann.

- Wodurch und wie wird die Bodenerosion durch Wasser beeinflusst?
- Welche Faktoren begünstigen die Bodenerosion durch Wasser?
- Warum ist die Bodenerosion durch Wasser an verschiedenen Orten unterschiedlich?

Schritt 2: Hypothesen aufstellen.

➤ Notiert mögliche Einflussfaktoren auf die Bodenerosion durch Wasser.

Auswahl Einflussfaktoren:

1. Hangneigung
2. Vegetation
3. Niederschlagsmenge/ -intensität
4. Bodenbedeckung (Streuauflage)
5. Hanglänge
6. Bodenbeschaffenheit (Feuchte, Zusammensetzung)

Die Experimentiervideos prüfen lediglich die Einflussfaktoren 1 bis 3! Es ist jedoch im Sinne der Förderung der Experimentierkompetenz sinnvoll, zunächst möglichst viele Faktoren zu sammeln.

➤ Wählt einen Einflussfaktor aus und überlegt, welchen Einfluss dieser auf die Bodenerosion durch Wasser haben könnte. Formuliert dann eine passende Hypothese.

	Hangneigung	Niederschlagsmenge	Vegetation
Hypothese	Je stärker die Hangneigung ist, desto höher ist die Wassererosion. Je stärker die Hangneigung ist, desto geringer ist die Wassererosion.	Je mehr Niederschlag fällt, desto höher ist die Wassererosion. Je weniger Niederschlag fällt, desto höher ist die Wassererosion.	Je mehr Vegetation vorhanden ist, desto geringer ist die Wassererosion. Je weniger Vegetation vorhanden ist, desto geringer ist die Wassererosion.

➤ Formuliert die dazugehörige Nullhypothese.

	Hangneigung	Niederschlagsmenge	Vegetation
Nullhypothese	Die Hangneigung hat keinen Einfluss auf die Bodenerosion durch Wasser.	Die Niederschlagsmenge hat keinen Einfluss auf die Bodenerosion durch Wasser.	Die Vegetation hat keinen Einfluss auf die Bodenerosion durch Wasser.

Schritt 3: Planung des Experiments

- Notiert, welche Materialien für den Aufbau und die Durchführung des Experiments zur Überprüfung der Hypothesen benötigt werden.

Materialliste:

- Zwei längs aufgeschnittene Flaschen
- 2x 500 g Ackerboden
- Stapelbare Holzstücke
- Zwei Bechergläser (V = 600 ml)
- Zwei Gießkannen
- Wasser 500 ml (Bei Faktor Niederschlagsmenge abweichend)
- Waage
- Kunstgras (nur Faktor Vegetation)
- Zwei Erlenmeyerkolben (V = 500 ml)
- Zwei Trichter
- Zwei Kaffeefilter

- Fertigt eine beschriftete Skizze des Aufbaus an:



Schritt 4: Durchführung des Experiments

- Beobachtet genau, was bei der Durchführung des Experiments passiert. Notiert eure Beobachtungen.

Hangneigung:

Das Wasser, welches in die rechte Flasche (stärkere Hangneigung) gegeben wird, scheint im Vergleich zur linken Flasche (geringere Hangneigung) eine höhere Fließgeschwindigkeit zu haben. Zudem erscheint das aus der Flasche fließende Wasser im Ansatz mit der stärkeren Neigung trüber/ dunkler. Das abgeschwemmte Bodenmaterial wurde bei beiden Ansätzen in einem Becherglas aufgefangen. Auffällig ist, dass im rechten Becherglas mehr Wasser aufgefangen wurde (ca. 500 ml im Vergleich zu ca. 400 ml im linken Becherglas). Zudem ist das Wasser leicht trüber als im Ansatz mit der geringeren Hangneigung. In beiden Ansätzen schwimmt Bodenmaterial an der Oberfläche des Wassers. Ebenso setzt sich Bodenmaterial am Boden ab. Nach dem Filtrieren zeigt sich, dass im Ansatz mit der stärkeren Hangneigung mehr Boden abgetragen wurde als im Ansatz mit der geringeren Hangneigung.

	Ansatz geringere Neigung	Ansatz stärkere Neigung
Bodenabtrag nach dem Filtrieren:	48 g	172,9 g

Niederschlagsmenge:

Das abgeschwemmte Bodenmaterial wurde bei beiden Ansätzen in einem Becherglas aufgefangen. Auffällig ist, dass im Ansatz, bei dem 600 ml aufgebracht wurden, mehr Wasser im Becherglas ist (ca. 450 ml) als im Ansatz, bei welchem 300 ml aufgebracht wurde (ca. 200 ml). Die Trübung des Wassers ist in den beiden Bechergläsern ähnlich. In beiden Ansätzen schwimmt Bodenmaterial an der Oberfläche des Wassers. Ebenso setzt sich Bodenmaterial am Boden ab. Zudem setzt sich beim rechten Becherglas (600 ml Wasser) mehr Bodenmaterial ab. Nach dem Filtrieren zeigt sich, dass im Ansatz mit der stärkeren Beregnung mit 600 ml mehr Boden abgetragen wurde als im Ansatz mit der geringeren Beregnungsmenge (300 ml).

	Ansatz mit 300 ml Beregnung	Ansatz mit 600 ml Beregnung
Bodenabtrag nach dem Filtrieren:	17,8 g	53,4 g

Vegetation:

Das aus der Flasche fließende Wasser erscheint im Ansatz ohne Vegetation trüber/ dunkler. Das abgeschwemmte Bodenmaterial wurde bei beiden Ansätzen in einem Becherglas aufgefangen. In beiden Bechergläsern wurde eine ähnliche Menge an Wasser aufgefangen (ca. 420 ml). Auffällig ist die im Vergleich unterschiedliche Trübung des Wassers. Im linken Becherglas (keine Vegetation) ist eine starke Trübung des Wassers erkennbar. Zudem befindet sich hier mehr abgesetztes Bodensubstrat (schwimmend und am Boden). Das Wasser im rechten Becherglas (Ansatz mit Vegetation) hingegen erscheint fast klar und es ist nur wenig abgesetztes Bodenmaterial sichtbar. Nach dem Filtrieren zeigt sich, dass im Ansatz ohne Vegetation mehr Boden abgetragen wurde als im Ansatz mit Vegetation.

	Ansatz ohne Vegetation	Ansatz mit Vegetation
Bodenabtrag nach dem Filtrieren:	32,8 g	7,4 g

Schritt 5: Analyse von Daten

- Welche Schlussfolgerung könnt ihr im Hinblick auf die Hypothesen ziehen? Kreuzt an.
- Überlegt, wie man das Ergebnis erklären könnte. Denkt dabei an die Prozesse der Wassererosion (Splash-Effekt, Verschlammung, Oberflächenabfluss).

Hangneigung

- Je stärker die Hangneigung ist, desto höher ist die Wassererosion.
- Begründung für die Schlussfolgerung: Die höhere Trübung in dem Becherglas unter der Flasche mit der höheren Hangneigung deutete bereits auf eine intensivere Bodenerosion hin, bei der eine größere Menge von Bodenpartikeln mit dem Wasser abgetragen wurde. Dies bestätigte sich nach dem Filtrieren.
- Begründung für das Ergebnis: An steileren Hängen fließt das Wasser mit einer höheren Geschwindigkeit ab. Dies führt dazu, dass weniger Wasser in den Boden versickern kann. Zudem kann das Wasser durch die erhöhte Geschwindigkeit (und damit die höhere Energie) mehr Bodenmaterial mitreißen.

Niederschlagsmenge

- Je mehr Niederschlag fällt, desto höher ist die Wassererosion.
- Begründung für die Schlussfolgerung: Die höhere Trübung in dem Becherglas unter der Flasche mit der höheren Niederschlagsmenge deutete bereits auf eine intensivere Bodenerosion hin, bei der eine größere Menge von Bodenpartikeln mit dem Wasser abgetragen wurde. Dies bestätigte sich nach dem Filtrieren.
- Begründung für das Ergebnis: Das Ergebnis ist auf die zusätzliche Wassermenge zurückzuführen, die den Boden erodieren kann. Bei höheren Niederschlagsmengen tritt ein verstärkter Splash-Effekt und mehr Verschlammung auf, was schließlich zu einer höheren Erosionsrate führt.

Vegetation

- Je mehr Vegetation vorhanden ist, desto geringer ist die Wassererosion.
 - Begründung für die Schlussfolgerung: Die höhere Trübung in dem Becherglas unter der Flasche mit der höheren Niederschlagsmenge deutete bereits auf eine intensivere Bodenerosion hin, bei der eine größere Menge von Bodenpartikeln mit dem Wasser abgetragen wurde. Dies bestätigte sich nach dem Filtrieren.
 - Begründung für das Ergebnis: Die Bedeckung schützt den Boden vor direktem Kontakt mit dem Regen, reduziert die Aufprallkraft der Tropfen (Splash-Effekt) und fördert die Wasseraufnahme. Zudem verankern Pflanzenwurzeln den Boden und verbessern die Bodenstruktur, wodurch die Infiltrationsrate von Wasser erhöht und der Oberflächenabfluss reduziert wird.
- Präsentiert eure Ergebnisse in der Klasse und hört euch die Ergebnisse der anderen Gruppen an. Füllt nun die Tabelle als Zusammenfassung aus:

Einflussfaktor	Welchen Einfluss hat der Faktor auf die Wassererosion?
Hangneigung	Je stärker die Hangneigung ist, desto höher ist die Wassererosion.
Niederschlagsmenge	Je mehr Niederschlag fällt, desto höher ist die Wassererosion.
Vegetation	Je mehr Vegetation vorhanden ist, desto geringer ist die Wassererosion.

Schritt 6: Transfer und Generalisierung

- Diskutiert, inwiefern sich aus dem Experiment allgemeine Regeln ableiten lassen. Formuliert eine abschließende Antwort auf die anfangs aufgestellte Frage.

Basierend auf den Ergebnissen des Experiments lässt sich feststellen, dass die Hangneigung, die Niederschlagsmenge und die Vegetation bedeutende Einflussfaktoren auf die Bodenerosion sind. Steilere Hänge und höhere Niederschlagsmengen begünstigen die Erosion, während Vegetation einen schützenden Effekt hat. Diese Erkenntnisse bieten einen Einblick in mögliche Zusammenhänge, allerdings ist zu betonen, dass sie vorläufig sind. Um fundierte und allgemeingültige Regeln abzuleiten, wäre es notwendig, das Experiment in verschiedenen Umgebungen zu wiederholen und verschiedene Bedingungen zu berücksichtigen. Bodenerosion ist ein komplexer Prozess, der von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird, und daher können einzelne Experimente nur begrenzte Einblicke liefern. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen als Ausgangspunkt für weitere Forschung und könnten als Leitfaden für die Entwicklung von Erosionskontrollmaßnahmen dienen, sollten jedoch in Bezug auf spezifische Gegebenheiten interpretiert werden.

EINSATZ IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT

VERTIEFUNGSAUFGABEN





1. **Wo genau?** Recherchiert eine Karte zur potentiellen Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wasser in Deutschland. Benennt nun Gebiete, die besonders gefährdet sind und stellt Vermutungen an, weshalb gerade diese Gebiete betroffen sind. Begeht euch auf Spurensuche und recherchiert weitere Informationen, um die Faktoren zu erklären, welche die Bodenerosion in diesen Gebieten begünstigen.
2. **Was kann getan werden?** Recherchiert zu verschiedenen Maßnahmen zur Reduzierung oder Verhinderung von Bodenerosion durch Wasser auf landwirtschaftlichen Flächen. Betrachtet dabei, inwiefern es Unterschiede zwischen verschiedenen Pflanzenarten gibt (z. B. Mais, Sommerweizen). Begründet, welche Maßnahmen in welchen Situationen besonders wirksam sind, und erstellt eine kurze Handlungsempfehlung für Landwirte.
3. **Was ist mit dem Klimawandel?** Recherchiert zur Verbindung zwischen Bodenerosion und dem Klimawandel. Erklärt, wie sich der Klimawandel auf die Bodenerosion auswirkt und welche zukünftigen Prognosen dazu existieren. Diskutiert mögliche Anpassungsstrategien im Hinblick auf die prognostizierten Veränderungen.

METHODENKARTEN

Ihr braucht einen Impuls bei der Bearbeitung der einzelnen Schritte?

Hier findet ihr verschiedene Methodenkarten, die euch bei den einzelnen Schritten des Experimentierens unterstützen und hilfreiche Tipps geben können.



Schritt 1	Forschungsfrage formulieren		https://uni.ms/roshd
Schritt 2	Hypothesen aufstellen		https://uni.ms/cx1lg
Schritt 3 & 4	Experiment planen und durchführen		https://uni.ms/lh1db
Schritt 5 & 6	Analyse von Daten und Transfer/Generalisierung		https://uni.ms/pu0t3

AUFGABEN ZUR METHODENREFLEXION

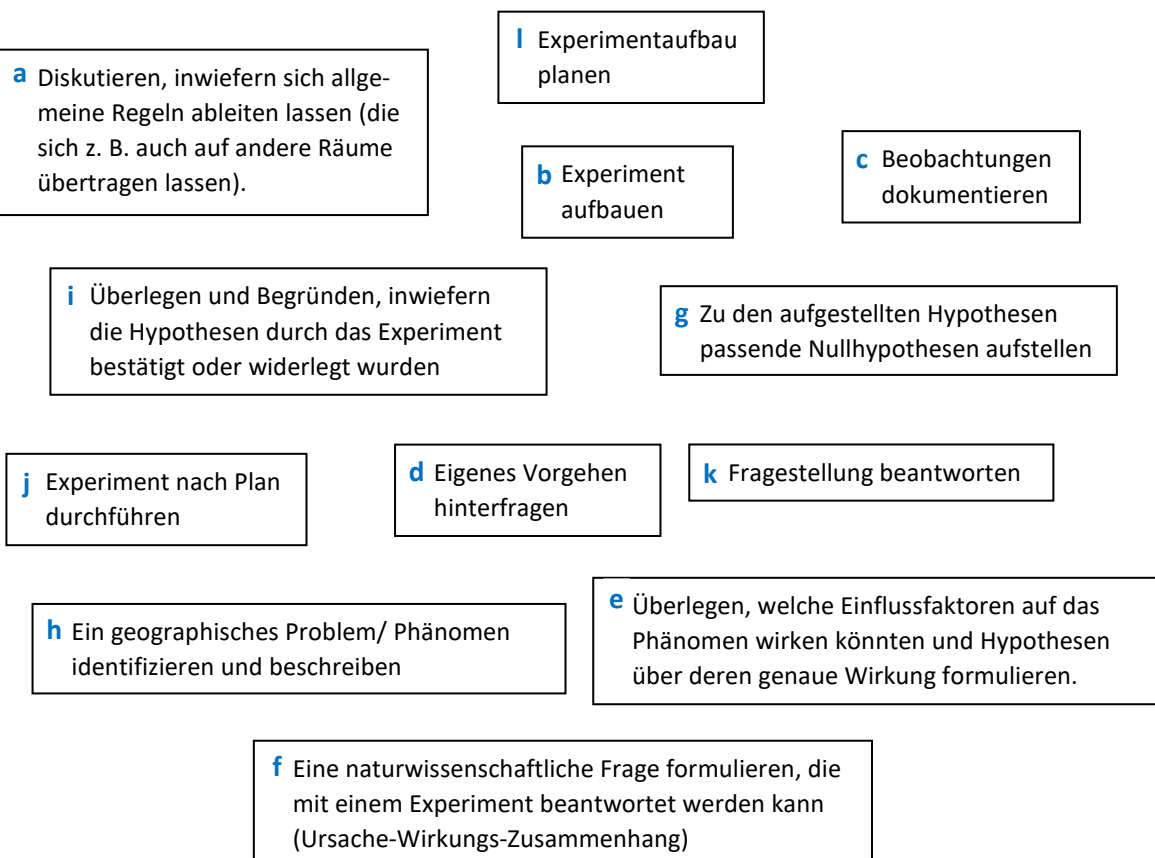
Mit Bezug zu den Experimentervideos

1. Überlegt, welche Schritte euch leichtfielen und welche nicht. Tauscht euch darüber aus.
2. Überlegt am Beispiel des Experiments, worauf bei den einzelnen Schritten besonders geachtet werden muss, um möglichst wissenschaftlich bzw. genau zu arbeiten.
3. Diskutiert, inwiefern das Experiment verbessert werden könnte.

Zum methodischen Vorgehen allgemein

1. Ordnet die Schritte, die bei einem Experiment durchlaufen werden.
2. Diskutiert, was bei den einzelnen Schritten herausfordernd sein könnte und worauf besonders geachtet werden muss, um möglichst wissenschaftlich bzw. genau zu arbeiten.
3. Ordnet die Schritte den übergeordneten Schritten des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs zu:

- (1) Problem/ Phänomen identifizieren & Fragestellung formulieren
- (2) Hypothesen formulieren
- (3) Planung eines Experiments
- (4) Durchführung eines Experiments
- (5) Analyse der Daten
- (6) Transfer/ Generalisierung



Lösung: (1): h, f | (2): e, g | (3): i | (4): b, j, c | (5): i | (6): k, a, d | Anmerkung: das eigene Vorgehen in jedem Schritt hinterfragt werden.

BODENEROSION DURCH WASSER

WAS IST BODENEROSION DURCH WASSER?

Bodenerosion bezeichnet die Verlagerung von Bodenmaterial an der Oberfläche bspw. durch Wasser oder Wind (LUNG, 2002, S. 18). Bodenerosion durch Wasser wird auch Wassererosion genannt. Die Bodenerosion durch Wasser lässt sich in drei Teilprozesse unterteilen (Strauss & Schmaltz, 2020, S. 346): In der ersten Phase führt die kinetische Energie des aufprallenden Regenwassers zur Zerstörung der Bodenstruktur, bekannt als Splash-Effekt, wodurch Bodenaggregate aufgebrochen werden (Abb. 5). Die kleineren Bodenpartikel (= Bodenteilchen) werden in der zweiten Phase in die Lücken zwischen die größeren Bodenpartikel geschwemmt. Die Bodenporen, also die Lücken zwischen den Bodenteilchen, werden dadurch verstopft (Abb. 6). Man spricht von Verschlämmung. Das Regenwasser kann in den verstopften Bodenporen nur sehr schlecht versickern. Aus der verringerten Infiltrationsrate resultiert ein verstärkter Oberflächenabfluss, besonders bei geneigten Flächen, der zu weiterer Erosion führt, indem Bodenteilchen abgetragen und verlagert werden. Fällt viel Regen und wird viel Boden durch das Wasser weggespült, bilden sich Rillen, Rinnen und Gräben im Boden. Nimmt die Fließgeschwindigkeit des Wassers ab, lagern sich die Bodenpartikel in der dritten Phase wieder ab, zuerst die großen und schweren, anschließend die kleineren und leichteren.



Abb. 5: Splash-Effekt (eigener Entwurf, nach AID 2013)

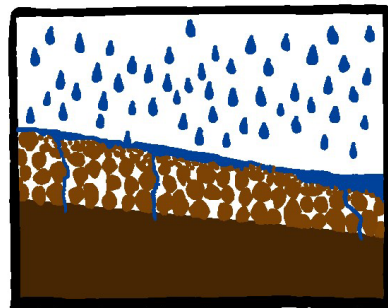


Abb. 6: Verschlämmung und Oberflächenabfluss (eigener Entwurf, nach AID 2013)

WESHALB IST DAS THEMA WICHTIG?

Die Bodenerosion durch Wasser als globales Mensch-Umwelt-Problem hat signifikante Ausmaße angenommen und übersteigt die jährliche Bodenreuebildung deutlich (Wienke & Harnischmacher, 2017, S. 52). Die weltweite Erosion durch Wasser führt jährlich zu einem Verlust von etwa 75 Milliarden Tonnen fruchtbarem Oberboden (Lal, 2003, S. 437). Dies entspricht ca. 9,49 Tonnen pro Person auf der Erde. Das Gewicht eines ausgewachsenen afrikanischen Elefantenbullen, also des größten lebenden Landsäugetiers, beträgt zum Vergleich ca. sechs Tonnen. Neben sichtbaren Schäden, wie der Verletzung und Vernichtung von Kulturpflanzen, tiefen Erosionsrinnen (Abb. 5) und der Verschmutzung von angrenzenden Wegen, führt Wassererosion auch zu nicht sichtbaren Schäden wie der Akkumulation von Schadstoffen im Ablagerungsbereich und der verminderten ökologischen Funktionsfähigkeit (Wasserspeicher-, Filter- und Puffervermögen) geschädigter Böden (LUNG, 2002, S. 14).

WELCHE FAKTOREN BEEINFLUSSEN DIE WASSEREROSION?

Die Wassererosion wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, darunter Niederschlag, Bodenanfälligkeit, Topographie, Bodenbedeckung und Witterungsbedingungen wie Schneeschmelze oder Regen auf gefrorenem Boden (LUNG 2002, S. 19ff.). Starke und langanhaltende Niederschläge mit einer bestimmten Intensität und Menge können die Erosion auslösen, insbesondere auf anfälligen Böden wie sandigen Lehmen und lehmigen Sanden. Die Hanglängen, Hangneigungen und die Bodenbedeckung spielen ebenfalls eine entscheidende Rolle bei der Erosionsgefährdung. Diese Faktoren interagieren miteinander und bestimmen das Ausmaß und die Intensität der Wassererosion in einem bestimmten

Gebiet. Da die Faktoren zusammenwirken, kann es je nach Ortsbedingungen unterschiedlich sein, wann die Wassererosion beginnt. Es können aber einige Richtwerte angenommen werden (ebd.):

- **Bodenbedeckung:** < 50%
- **Bodenzusammensetzung:** Bevorzugt sandige Lehme und lehmige Sande
- **Hangneigung:** > 4%
- **Hanglänge:** > 50 m
- **Niederschlag:** Menge: > 7,5 mm Menge oder Intensität: > 5mm je Stunde
- **Schneesmelze oder Regen auf gefrorenem Boden**

Wie kann die Bodenerosion durch Wasser verringert werden?

Um die Bodenerosion durch Wasser zu verhindern oder zu verringern, können verschiedene Maßnahmen ergriffen werden (LUNG 2002, S. 32ff.). Eine geschlossene Vegetationsdecke nimmt hierbei eine Schlüsselrolle ein. Diese kann durch den Anbau von Zwischenfrüchten zur Bodenbedeckung gewährleistet werden. Zudem sollte eine Anpassung der Nutzung an potenzielle Anbauverhältnisse erfolgen und Fruchtarten ausgewählt werden, die weniger anfällig für Erosion sind. Die Anlage von Feldrainen, Gewässerrandstreifen, Saumbiotopen und Filterstreifen kann ebenfalls dazu beitragen, die Erosion zu reduzieren. Durch Flurneuordnung und Flurgestaltung, wie die Optimierung von Transport- und Fahrstrecken sowie die Befestigung von Wegen zur Regulierung des Oberflächenabflusses, können Schadverdichtungen und Fahrspuren als erosionsverschärfende Faktoren minimiert werden. Des Weiteren spielen bodenschonende Bearbeitungsverfahren eine wichtige Rolle, um die Bodenoberfläche offen zu halten und die Infiltration von Niederschlagswasser zu verbessern. Maßnahmen wie eine ausreichende Humusversorgung, ein guter Kalkzustand, bodenschonende Bearbeitung zum richtigen Zeitpunkt und die Reduzierung von Fahrspuren auf dem Acker können dazu beitragen, die Bodenerosion durch Wasser zu bekämpfen.

DIE NATURWISSENSCHAFTLICHE ARBEITSWEISE „EXPERIMENTIEREN“

WAS IST EIN EXPERIMENT?

Ein Experiment ist „eine planmäßige, grundsätzlich wiederholbare Beobachtung unter künstlich hergestellten, möglichst veränderbaren Bedingungen“ (Regenbogen et al., 1998, S. 213). Das Ziel eines Experiments ist die Überprüfung von Hypothesen zu kausalen Wirkungszusammenhängen zwischen Faktoren, die an einem Prozess beteiligt sind (Grupe, 1977, S. 240). Ausschlaggebend ist, dass die zu untersuchende Testvariable (unabhängige Variable, UV) isoliert wird. Das bedeutet, dass diese präzise definiert und einzeln variiert wird. Alle anderen Variablen werden konstant gehalten (kontrolliert). Durch den Vergleich zwischen den Ansätzen (mindestens zwei Ansätze), in denen lediglich die Testvariable variiert wird, können Schlussfolgerungen über die Wirkung der Testvariable auf die abhängigen Variable (AV) gezogen und damit Hypothesen überprüft werden. Es ergeben sich folgende fünf Merkmale für ein Experiment (verändert nach Bäuml-Roßnagel, 1979, S. 41; Otto, 2003, S. 3):



- 1) **planmäßige** Beobachtung
- 2) Überprüfung **kausaler Wirkungszusammenhänge**
- 3) **Variation** der unabhängigen Variablen
- 4) **Kontrolle** aller anderen Variablen
- 5) **Reproduzierbarkeit**

MERKMALE AM BEISPIEL DES EXPERIMENTS WASSEREROSION

- 1) **Planmäßigkeit:** Beim vorliegenden Experiment werden die Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs systematisch durchlaufen. Das Experiment basiert auf Hypothesen zum Einfluss der Hangneigung auf die Wassererosion und die Durchführung erfolgt planvoll nach zuvor festgelegten Schritten.
- 2) **Kausalität:** In dem Experiment wird der Zusammenhang zwischen der Hangneigung des Geländes und der Menge des Bodenabtrags durch Wassererosion untersucht.
- 3) **Variation der unabhängigen Variablen:** Der zu untersuchende Einflussfaktor Hangneigung wird durch einen Experimentalansatz (starke Neigung) und einen Kontrollansatz (schwache Neigung) variiert.
- 4) **Kontrolle:** Alle weiteren möglichen Einflussfaktoren werden im Experimental- und Kontrollansatz genau konstant gehalten (z. B. Menge des Bodens, Menge und Dauer der Beregnung, Bodenbedeckung). Dadurch können die Unterschiede im Ergebnis auf den Einflussfaktor Hangneigung zurückgeführt werden.
- 5) **Reproduzierbarkeit:** Bei gleichem Experimentaufbau und gleicher Experimentdurchführung ergeben sich konsistente Ergebnisse.

GLOSSAR

Abhängige Variable - AV (beobachtete/gemessene Variable)	Faktor, der in einem Experiment gemessen werden soll und welcher durch die abhängige Variable (zu verändernde Variable) beeinflusst wird
Bodenerosion	Verlagerung von Bodenmaterial bspw. durch Wasser (Wassererosion) oder Wind (Winderosion)
Experiment	Ein Experiment ist eine „planmäßige, grundsätzlich wiederholbare Beobachtung unter künstlich hergestellten, möglichst veränderbaren Bedingungen“ (Regenbogen et al., 1998, S. 213). Das Ziel ist es, herauszufinden, wie dieser Faktor einen anderen Faktor (die unabhängige Variable) beeinflusst. Somit können Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge erfasst werden.
Experimentalansatz	Ein Experiment hat grundsätzlich mindestens zwei Aufbauten. Diese heißen Experimentalansatz und Kontrollansatz, wobei sich beide nur in einem Faktor (unabhängige Variable) unterscheiden. Der Experimentalansatz ist der Grundaufbau, der als Referenz für den Aufbau des Kontrollansatzes genutzt wird.
Forschungsfrage	Prägnante und klar formulierte Frage, die den Schwerpunkt bzw. Ausgangspunkt einer wissenschaftlichen Untersuchung festlegt. Sie kann mit wissenschaftlichen Methoden bearbeitet werden und hilft dabei, Gesetzmäßigkeiten zu verstehen sowie neue Erkenntnisse zu gewinnen
H0-Hypothese (Nullhypothese)	Behauptung oder Vermutung, dass zwischen zwei Faktoren bzw. Variablen kein Zusammenhang oder Effekt besteht
H1-Hypothese (Hypothese)	Behauptung oder Vermutung, dass zwischen zwei Faktoren bzw. Variablen ein Zusammenhang oder Effekt besteht
Kontrollansatz	Ein Experiment hat grundsätzlich mindestens zwei Aufbauten. Diese heißen Experimentalansatz und Kontrollansatz. Der Kontrollansatz wird also exakt so aufgebaut wie der Experimentalansatz - bis auf die Ausprägung eines Faktors. Mit einem Kontrollansatz soll gewährleistet werden, dass ein beobachtbarer Effekt in einem Experiment tatsächlich auf den veränderten Faktor (unabhängige Variable) zurückgeführt werden kann. Es kann in einem Experiment mehrere Kontrollansätze geben.
Unabhängige Variable - UV (untersuchte/veränderte Variable)	Gezielt manipulierter bzw. veränderter Faktor, dessen Wirkung auf einen Faktor (abhängige Variable) untersucht werden soll

LITERATUR

- AID (Hrsg.) (2013). Gute Fachliche Praxis: Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz, aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft. Verbraucherschutz e.V.
- Bäumli-Roßnagl, M.-A. (1979). *Das Experiment im Sachunterricht der Grundschule: Umweltorientiertes, wissenschaftsorientiertes, schülerorientiertes Lernen durch Experimentieren. Prögel-Bücher: Bd. 80.* Prögel.
- Grupe, H. (1977). *Biologie-Didaktik.* Aulis.
- Lal, R. (2003). Soil erosion and the global carbon budget. *Environment International*, 29, 437–450.
- LUNG [Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern] (Hrsg.) (2002). *Bodenerosion* (Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern). Schwerin.
- Otto, K.-H. (2003). Experimentieren im Geographieunterricht. *geographie heute*, 24(208), 2–7.
- Regenbogen, A., Meyer, U., Kirchner, F., Michaelis, C. & Hoffmeister, J. (1998). *Wörterbuch der philosophischen Begriffe. Philosophische Bibliothek: Bd. 500.* Meiner.
- Rosendahl, N. (2023). *Experimentieren im GEO Lehr-Lern-Labor: Eine DBR-Studie zur Förderung der Selbstwirksamkeitserwartung von Studierenden zum naturwissenschaftlichen Arbeiten im Geographieunterricht. Geographiedidaktische Forschungen: Bd. 80.* BoD - Books on Demand.
- Schmidt, S., Stiller, C. & Wilde, M. (2019): Hilfen beim Experimentieren – Auswirkungen unterschiedlicher Arten der Unterstützung auf den extraneous Cognitive Load. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 18, 9-23.
- Strauss, P. & Schmaltz, E. M. (2020): Bodenerosion. In T. Glade, M. Mergili & K. Sattler (Hrsg.), *Extrema 2019. Aktueller Wissensstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich* (S. 343--363). V & R unipress.
- Wienke, C. & Harnischmacher, S. (2017). Bodenerosion. In L. Mönter, K.-H. Otto & C. Peter (Hrsg.), *Experimentelles Arbeiten: Beobachten, untersuchen, experimentieren* (S. 52–59). Westermann.

IMPRESSUM

Das Projekt GEOBOX ist ein Entwicklungsprojekt des Instituts für Didaktik der Geographie der Universität Münster (vormals Gießen). Das Ziel besteht darin, das naturwissenschaftliche Arbeiten im Geographieunterricht zu stärken.



Dazu werden nach und nach auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse naturwissenschaftliche Unterrichtskonzepte zu unterschiedlichen Themen für verschiedene Jahrgangsstufen entwickelt.

Weitere Informationen finden sich unter:

WWW.GEOBOX.ONLINE

MEDIALE GESTALTUNG
TITTELBLATT

Jakob Rompkowski
www.shutterstock.com

PROJEKTVERANTWORTLICHER

PROF. DR. RAINER MEHREN

Universität Münster
Institut für Didaktik der Geographie
Heisenbergstraße 2
D – 48149 Münster

GPS N 51° 58.157 | E 07° 35.755
www.uni-muenster.de/geographiedidaktik
Tel: +49 251 / 83 393 49

MIT FREUNDLICHER UNTERSTÜTZUNG DURCH

**Klaus Tschira
Stiftung**

