



Lisa Wieczorek, Nadine Rosendahl & Rainer Mehren

EXPERIMENTIERVIDEOS I

BODENEROSION DURCH WIND

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	10
SCHÜLERPROTOKOLL – BEISPIELLÖSUNG	13
VERTIEFUNGSAUFGABEN	18
METHODENKARTEN	19
AUFGABEN ZUR METHODENREFLEXION	20
HINTERGRUNDINFORMATIONEN	21
BODENEROSION DURCH WIND	21
DIE NATURWISSENSCHAFTLICHE ARBEITSWEISE „EXPERIMENTIEREN“	24
GLOSSAR	25
LITERATUR	26
IMPRESSUM	27

INTERNETADRESSE DER EXPERIMENTIERVIDEOS

BODENEROSION DURCH WIND

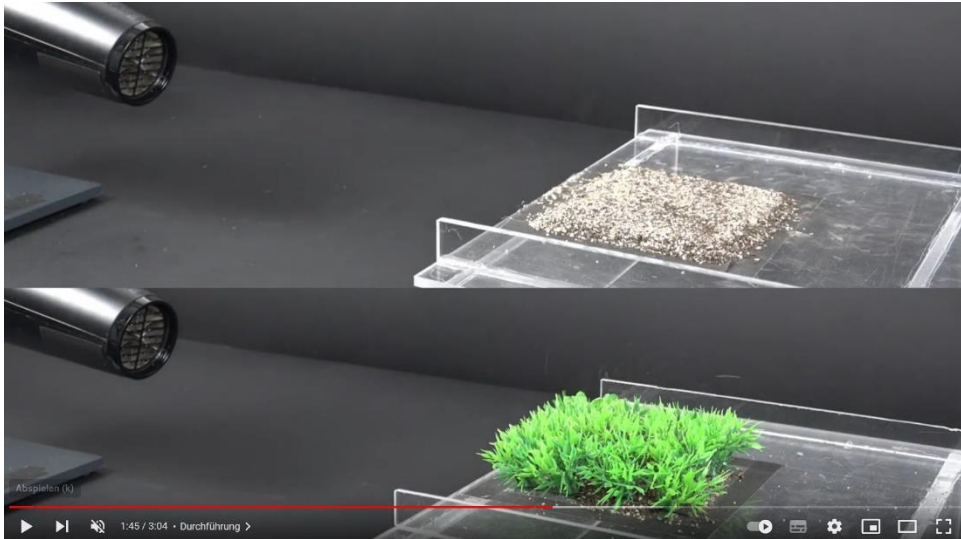


Abb. 1: Screenshot des Experimentiervideos Bodenerosion durch Wind, Einflussfaktor Vegetation

Faktor Korngröße



<http://bit.ly/4dZpVI5>

Faktor Windstärke



<https://bit.ly/3XAA81H>

Faktor Windschutz- pflanzung



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

Faktor Vegetation



<https://bit.ly/3MHZg0s>

HIER GEHT ES ZUR GEOBOX-SEITE



www.geobox.online

HINWEISE FÜR DEN UNTERRICHTLICHEN EINSATZ

VARIANTEN DES EINSATZES

Ebenso wie Experimente unterschiedlich im Unterricht eingesetzt werden können, ergeben sich auch für die Experimentiervideos verschiedene Einsatzmöglichkeiten. Nachfolgend werden drei Möglichkeiten des Einsatzes vorgestellt. Sie unterscheiden sich hinsichtlich des Eingangsimpulses sowie der Schüler:innenaktivität 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)

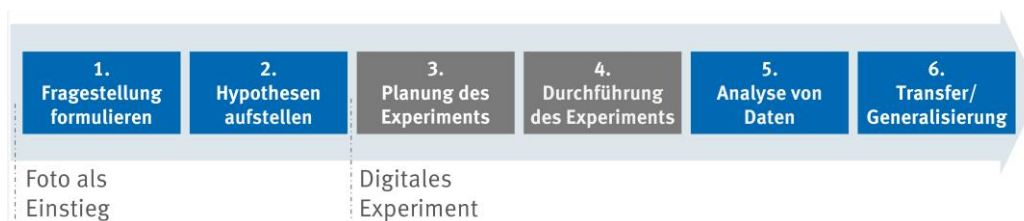
UNTERRICHTSMATERIAL

In der Handreichung sind Informationen zum Kernanliegen des Unterrichts, die verschiedenen Verlaufspläne sowie alle benötigten Unterrichtsmaterialien enthalten. Das **Schülerprotokoll** sowie die **Beispielösung** 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).



Abb. 4: Ausschnitte einer Methodenkarte

UNTERRICHTSVORSCHLAG – VARIANTE 1



KERNANLIEGEN

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

UNTERRICHTSVERLAUFPLAN

U-Phase	Sozialform	Didaktisch-methodischer Schwerpunkt	Materialien
Einstieg	UG	Die Lernenden lesen den ersten Absatz des Textes und beschreiben das Foto. Hier erkennen sie, dass die Grünstreifen des dargestellten Agroforstsystems in regelmäßigen Abständen die Ackerfläche unterbrechen. Es werden Vermutungen darüber angestellt, warum dies gemacht wird.	Foto und Text Einstieg (Seite 4) Präsentationsmedium
Erarbeitung I	UG GA	Die Lehrkraft deckt den zweiten Teil des Textes auf. Aus diesem wird deutlich, dass die Vegetationsstreifen die Bodenerosion durch Wind verhindern sollen. In Abhängigkeit des Vorwissens der Lernenden gibt die Lehrkraft ggf. weitere Informationen zum Prozess der Winderosion. Gemeinsam wird eine naturwissenschaftliche Fragestellung dahingehend formuliert, warum die Anlage solcher Systeme nicht überall notwendig ist. Die Frage zielt auf die Einflussfaktoren der Bodenerosion durch Wind ab und wird für alle sichtbar notiert. Im Anschluss werden mögliche Einflussfaktoren gesammelt. Die Lehrkraft informiert darüber, zu welchen Faktoren Experimentiervideos vorliegen (Korngröße, Windstärke, Windschutzpflanzung, Vegetation). Es wird festgelegt, welche Lernenden sich mit welchem Faktor beschäftigen. Zu allen vier Faktoren werden arbeitsteilig in Gruppen Hypothesen aufgestellt.	Präsentationsmedium
Sicherung I	UG	Die Hypothesen werden im Plenum zusammengetragen und die Lernenden notieren ihre bisherigen Arbeitsergebnisse im Protokoll. Dabei übernehmen die Lernenden nur die Hypothesen des ihnen zugewiesenen Faktors.	AB Schülerprotokoll (Seite 10)
Erarbeitung II	PA	Die Lernenden schauen sich das zu ihrer Hypothese passende Experimentiervideo in Tandems an (Korngröße, Windstärke, Windschutzpflanzung, 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 10)
Sicherung II	UG	Die Lernenden stellen ihre Arbeitsergebnisse vor, vergleichen und diskutieren diese und vervollständigen das Protokoll (Zusammenfassung). Anschließend diskutieren sie, inwiefern sich aus den Experimenten allgemeine Regeln ableiten lassen und formulieren eine abschließende Antwort auf die anfangs aufgestellte Frage (Transfer/ Generalisierung).	Präsentationsmedium AB Schülerprotokoll (Seite 10)
Optional: Vertiefungsaufgaben und/ oder Aufgaben zur Methodenreflexion.			

FOTO - EINSTIEG

Auf dem Foto seht ihr einen Acker in Schleswig-Holstein in der Nähe der Küste. Doch etwas ist anders als bei vielen anderen Äckern. Nur, was könnte es sein?

Vorbeikommende Menschen wundern sich: Warum befinden sich Bäume und Grünstreifen mitten auf der Fläche?

Der Landwirt Felix erklärt, dass ohne diese Streifen die Bodenerosion durch Wind zu groß wäre, also zu viel Boden abgetragen würde. Doch warum werden solche Grünstreifen nicht überall angelegt? Felix erläutert, dass dies nicht überall gleichermaßen notwendig ist.



UNTERRICHTSVORSCHLAG – VARIANTE 2



KERNANLIEGEN

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

UNTERRICHTSVERLAUFPLAN

U-Phase	Sozialform	Didaktisch-methodischer Schwerpunkt	Materialien
Einstieg I	UG	Die Lernenden lesen den ersten Absatz des Textes und beschreiben das Foto. Hier erkennen sie, dass die Grünstreifen des dargestellten Agroforstsystems in regelmäßigen Abständen die Ackerfläche unterbrechen. Es werden Vermutungen darüber angestellt, warum dies gemacht wird.	Foto Einstieg (Seite 6) Präsentationsmedium
Erarbeitung I	UG GA	Die Lehrkraft deckt nun den zweiten Teil des Textes auf. Aus diesem wird deutlich, dass die Vegetationsstreifen die Bodenerosion durch Wind verhindern sollen. In Abhängigkeit des Vorwissens der Lernenden gibt die Lehrkraft ggf. weitere Informationen zum Prozess der Winderosion. Gemeinsam wird eine naturwissenschaftliche Fragestellung dahingehend formuliert, warum die Anlage solcher Systeme nicht überall notwendig ist. Die Frage zielt auf die Einflussfaktoren der Bodenerosion durch Wind ab und wird für alle sichtbar notiert. Im Anschluss werden mögliche Einflussfaktoren gesammelt. Die Lehrkraft informiert darüber, zu welchen Faktoren Experimentiervideos vorliegen (Korngröße, Windstärke, Windschutzpflanzung, Vegetation). Es wird festgelegt, welche Lernenden sich mit welchem Faktor beschäftigen. Zu allen vier Faktoren werden arbeitsteilig in Gruppen Hypothesen aufgestellt.	Präsentationsmedium
Sicherung I	UG	Die Hypothesen werden im Plenum zusammengetragen und die Lernenden notieren ihre bisherigen Arbeitsergebnisse im Protokoll. Dabei übernehmen die Lernenden nur die Hypothesen des ihnen zugewiesenen Faktors.	AB Schülerprotokoll (Seite 10)
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 planen in Tandems zu je einem der zu untersuchenden Faktoren (Korngröße, Windstärke, Windschutzpflanzung, Vegetation) mit den zugeteilten Materialien einen Experimentaufbau und fertigen davon eine Skizze an.	Foto Material (Seite 6) Präsentationsmedium Experimentiervideos

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 die Experimentiervideos an und vervollständigen das Protokoll.	AB Schülerprotokoll (Seite 10)
Sicherung II	UG	Die Lernenden stellen ihre Arbeitsergebnisse vor, vergleichen und diskutieren diese. Sie vervollständigen das Protokoll (Zusammenfassung). Anschließend diskutieren sie, inwiefern sich aus den Experimenten allgemeine Regeln ableiten lassen und formulieren eine abschließende Antwort auf die anfangs aufgestellte Frage (Transfer/Generalisierung).	Präsentationsmedium AB Schülerprotokoll (Seite 10)
Optional: Vertiefungsaufgaben und/ oder Aufgaben zur Methodenreflexion.			

FOTO - EINSTIEG

Auf dem Foto seht ihr einen Acker in Schleswig-Holstein in der Nähe der Küste. Doch etwas ist anders als bei vielen anderen Äckern. Nur, was könnte es sein?

Vorbeikommende Menschen wundern sich: Warum befinden sich Bäume und Grünstreifen mitten auf der Fläche?

Der Landwirt Felix erklärt, dass ohne diese Streifen die Bodenerosion durch Wind zu groß wäre, also zu viel Boden abgetragen würde. Doch warum werden solche Grünstreifen nicht überall angelegt? Felix erläutert, dass dies nicht überall gleichermaßen notwendig ist.



FOTO - MATERIAL FÜR DIE EXPERIMENTPLANUNG



UNTERRICHTSVORSCHLAG – VARIANTE 3



KERNANLIEGEN

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

UNTERRICHTSVERLAUFPLAN

U-Phase	Sozialform	Didaktisch-methodischer Schwerpunkt	Materialien
Einstieg	UG	Die Lernenden lesen die Botschaft mit der dazugehörigen ersten Aufgabe und versuchen zunächst ohne Hilfe, das Thema zu erfassen. Hierzu stellen sie mit Hilfe der Fotos Vermutungen an, zu welchem Thema das Experiment durchgeführt wurde. Bei Bedarf können sie eine Hilfe in Form von ungeordneten Buchstaben hinzuziehen (Lösungswort: Winderosion): Es erfolgt ein Austausch über die Lösung.	Konferenz-Aufgabe Teil 1 (Seite 8) Präsentationsmedium
Erarbeitung I	UG	In Abhängigkeit des Vorwissens der Lernenden gibt die Lehrkraft ggf. weitere Informationen zum Prozess der Winderosion. 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 Wind gesammelt.	Präsentationsmedium
Sicherung I	UG	Die Lernenden tragen ihre Arbeitsergebnisse in das Protokoll ein.	AB Schülerprotokoll (Seite 10)
Erarbeitung II	PA	Die Lernenden lesen die zweite Nachricht des Konferenztteams. Anschließend schauen sie sich in Tandems arbeitsteilig zu einem Einflussfaktor das Experimentiervideo an und vervollständigen das Protokoll.	Konferenz-Aufgabe Teil 2 (Seite 9) Experimentiervideos AB Schülerprotokoll (Seite 10)
Sicherung II	UG	Die Lernenden stellen ihre Arbeitsergebnisse, zum Beispiel passend zur Rahmennarration in einer kleinen Konferenz vor, vergleichen diese untereinander und diskutieren diese. Sie vervollständigen das Protokoll (Zusammenfassung). Anschließend diskutieren sie, inwiefern sich aus den Experimenten allgemeine Regeln ableiten lassen und formulieren eine abschließende Antwort auf die anfangs aufgestellte Frage (Transfer/ Generalisierung). Es besteht ebenfalls die Möglichkeit, mit den Lernenden darüber zu diskutieren, inwiefern diese Forschungsergebnisse nun für die (fiktive) Konferenz von (großer) Bedeutung sind.	AB Schülerprotokoll (Seite 10)
Optional: Vertiefungsaufgaben und/ oder Aufgaben zur Methodenreflexion.			

E-MAIL MISSION TEIL 1 - EINSTIEG

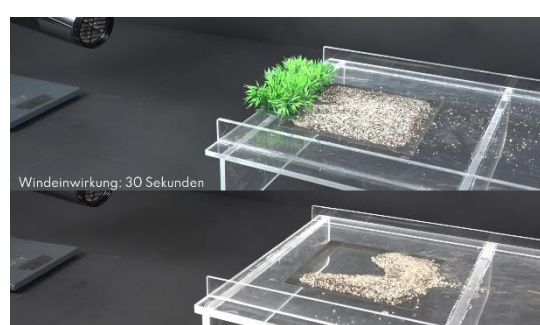
RÄTSELHAFTE FORSCHUNGSERGEBNISSE FÜR DIE TAGUNG „DIE ZUKUNFT DER BÖDEN: NACHHALTIGE LÖSUNGEN FÜR GLOBALE HERAUSFORDERUNGEN“ AUFGETAUCHT

Herzlich willkommen zu einer der wichtigsten Wissenschaftskonferenzen des Jahres!

Kurz vor Konferenzbeginn erreichte den Organisator der Konferenz, Felix Forst, ein rätselhafter Umschlag. In diesem befinden sich einige ungeordnete Fotos von Experimenten aus einer augenscheinlich größeren Forschungsreihe. In dem Umschlag ist zudem ein USB-Stick enthalten, dessen Inhalte aber nur mit einem Buchstabencode in Form eines Wortes geöffnet werden können. Im Umschlag finden sich sonst keine weiteren Erklärungen zur Experimentreihe und auch der Absender scheint unbekannt. Wir gehen aber davon aus, dass es sich um noch unveröffentlichte Forschungsergebnisse handelt, die für den Ausgang der Konferenz entscheidend sein könnten. Ihr als talentierte Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler seid durch die Konferenzleitung auserwählt worden, dieser Forschungsreihe auf den Grund zu gehen. Eure Aufgabe ist es nun, das Thema der Experimentreihe für den richtigen Buchstabencode zum Öffnen der Inhalte auf dem USB-Stick zu finden und dann die zugrundeliegende Fragestellung zu rekonstruieren. Wir danken euch für eure Unterstützung. Ihr seid unsere letzte Rettung für den erfolgreichen Ausgang unserer Konferenz!

Dr. Felix Forst, Leiter der Konferenz

Anhang: Fotos zur Experimentreihe



Anzahl der Buchstaben: _ _ _ _ _

Tatsächlich konnte auf der Rückseite des Umschlages noch ein Hinweis gefunden werden! Es scheint sich um eine ungeordnete Buchstabenfolge zu handeln, die euch womöglich zur Lösung weiterverhelfen könnte...

DIENOIRNSOW

E-MAIL MISSION TEIL 2 - ÜBERLEITUNG VIDEOS

Tatsächlich! Mithilfe des richtigen Codeworts konnten die Dateien auf dem Stick geöffnet werden. Danke für eure Hilfe! Auf dem Stick finden sich die Videos zur Experimentreihe. Der Konferenzorganisator hat euch der netterweise QR-Codes zu den Experimenten und ein Blanko-Protokoll ausgestellt. Könnt ihr mithilfe der Videos und dem Protokoll das Forschungsprojekt nun komplett rekonstruieren? Wir sind gespannt auf die Ergebnisse, die ihr im Rahmen der Konferenz präsentieren sollt. Wir glauben, dass sie die Welt verändern könnten. Herzliche Grüße und vielen Dank, mit eurer Hilfe wird die Konferenz ein voller Erfolg!

Dr. Felix Forst, Leiter der Konferenz

Anhang: Zugang zu den Videos

Video 1



<http://bit.ly/4dZpVI5>

Video 2



<https://bit.ly/3XAA81H>

Video 3



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

Video 4



<https://bit.ly/3MHZg0s>

SCHÜLERPROTOKOLL ZUM EXPERIMENT BODENEROSION DURCH WIND

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 Wind.

- Wählt einen Einflussfaktor aus und überlegt, welchen Einfluss dieser auf die Bodenerosion durch Wind 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 Winderosion (Roller/ Kriechen, Springen, Schweben).

- 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 Winderosion?
Korngröße	
Windstärke	
Windschutzpflanzung	
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 WIND (BEISPIELLÖSUNG)

Schritt 1: Eine naturwissenschaftliche Frage formulieren.

- Formuliert eine Forschungsfrage, die mit einem Experiment untersucht werden kann.
- Wodurch und wie wird die Bodenerosion durch Wind beeinflusst?
- Welche Faktoren begünstigen die Bodenerosion durch Wind?
- Warum ist die Bodenerosion durch Wind an verschiedenen Orten unterschiedlich?

Schritt 2: Hypothesen aufstellen.

- Notiert mögliche Einflussfaktoren auf die Bodenerosion durch Wind.

Auswahl Einflussfaktoren:

1. Windgeschwindigkeit/ Windstärke
2. Windschutzpflanzung
3. Bodenart/ Korngröße
4. Vegetation
5. Bodenfeuchte
6. Verdichtung des Bodens
7. Humusgehalt des Bodens

Die Experimentiervideos prüfen in den einzelnen Videos lediglich die Einflussfaktoren 1 bis 4! 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 Wind haben könnte. Formuliert dann eine passende Hypothese.

	Korngröße	Windstärke	Windschutzpflanzung	Vegetation
Hypo- these	Je geringer die Korngröße ist, desto stärker ist die Bodenerosion durch Wind.	Je stärker der Wind ist, desto stärker ist die Bodenerosion durch Wind.	Je mehr Windschutzpflanzung vorhanden ist, desto geringer ist die Bodenerosion durch Wind.	Je mehr Vegetation vorhanden ist, desto geringer ist die Bodenerosion durch Wind.

- Formuliert die dazugehörige Nullhypothese.

	Korngröße	Windstärke	Windschutzpflanzung	Vegetation
Nullhypothese	Die Korngröße hat keinen Einfluss auf die Bodenerosion durch Wind.	Die Windstärke hat keinen Einfluss auf die Bodenerosion durch Wind.	Die Windschutzpflanzung hat keinen Einfluss auf die Bodenerosion durch Wind.	Die Vegetation hat keinen Einfluss auf die Bodenerosion durch Wind.

Schritt 3: Planung des Experiments

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

Materialliste:

- 50 g feiner Sand (0,2-0,63 mm) (Faktor Korngröße)
- 50 g grober Sand (0,63-2 mm) (Faktor Korngröße)
- 2 x 50 g Ackerboden
- Windmessgerät
- Stoppuhr
- Maßband
- Waage
- Künstliches Gras (Faktor Vegetation u. Windschutzpflanzung)
- Haartrockner
- Handfeger
- Auffangschale
- Stativ

- Fertigt eine beschriftete Skizze des Aufbaus an.



Schritt 4: Durchführung des Experiments

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

Korngröße:

Im Ansatz mit dem Grobsand erfolgt der Abtrag zeitlich etwas verzögert und die groben Bodenbestandteile werden springend abgetragen. Der Abtrag erfolgt zunächst in der Mitte, wobei sich eine Schneise bildet. Nach Ende der Windeinwirkungszeit ist noch Bodenmaterial an den Rändern der Fläche vorhanden. Beim Ansatz mit dem Feinsand fällt auf, dass unmittelbar nach Einsetzen der Windwirkung der Abtrag beginnt. Der Abtrag erfolgt in der Fläche, jedoch ist der Abtrag in der Mitte der Fläche zunächst stärker. Erkennbar ist zudem, dass die feinen Sandkörner auch fliegend abgetragen werden. Nach Ende der Windeinwirkung ist fast das gesamte Bodenmaterial abgetragen worden.

	Ansatz mit grobem Sand	Ansatz mit feinem Sand
Bodenabtrag:	21,4 g	46,4 g

Windstärke:

Im Ansatz mit der höheren Windgeschwindigkeit wird sehr schnell viel Bodenmaterial abgetragen. Hierbei fällt auf, dass zunächst vor allem die kleineren Bestandteile abgetragen werden. Die Abtragung ist dabei zudem in der Mitte am stärksten, wohingegen die Ränder der Fläche nach und nach abgetragen werden. Am Ende bleibt auf der Fläche nur wenig Material zurück. Der Ansatz mit der niedrigeren Windgeschwindigkeit zeigt einen deutlich geringeren Abtrag des Bodenmaterials, wobei auch hier der Abtrag in der Mitte der Fläche am stärksten ausfällt. Nach Ablauf der Zeit ist der Großteil des Bodenmaterials noch auf der Fläche zurückgeblieben.

	Ansatz geringere Windstärke	Ansatz höhere Windstärke
Bodenabtrag:	3,6 g	45,8 g

Windschutzpflanzung:

Im Ansatz mit der Windschutzpflanzung wird sehr wenig Bodenmaterial abgetragen und es fällt auf, dass lediglich einige Körner die Fläche springend verlassen. Zudem bewegen sich die einzelnen Körner sehr langsam. Vor allem in der Mitte der Fläche wird im Verhältnis zum Rest der Fläche viel Bodenmaterial abgetragen. Im Ansatz ohne die Windschutzpflanzung wird fast das gesamte Bodenmaterial während der Windeinwirkung abgetragen. Der Abtrag beginnt zunächst vor allem in der Mitte der Fläche und dehnt sich zunehmend nach außen aus. Nach Ablauf der Zeit ist lediglich ein schmaler Streifen Bodenmaterial auf der Fläche zurückgeblieben. Insgesamt wird das Bodenmaterial sehr schnell abgetragen.

	Ansatz mit Windschutz (Kunstgras vor der Fläche)	Ansatz ohne Windschutz (kein Kunstgras)
Bodenabtrag:	4,7 g	47,7 g

Vegetation:

Im Ansatz ohne Vegetation erfolgt der Bodenabtrag unmittelbar nach Beginn der Windeinwirkung. Dabei werden die Sandkörner vorwiegend in springender Bewegung abgetragen. Der Abtrag beginnt vor allem an einer Ecke der Fläche und dehnt sich dann über diese aus. Nach Ende der Windeinwirkung ist noch gut die Hälfte des Bodenmaterials auf der Fläche. Im Ansatz mit Vegetation erfolgt so gut wie kein Abtrag. Einige Sandkörner werden in eine rollende/ kriechende und springende Bewegung versetzt und somit abgetragen.

	Ansatz ohne Vegetation	Ansatz mit Vegetation
Bodenabtrag:	28,1 g	2,7 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 Winderosion (Rollen/ Kriechen, Springen, Schweben).

Korngröße:

- Je kleiner die Korngröße, desto stärker ist die Winderosion.
- Begründung für das Ergebnis: Feinere Bodenbestandteile (also geringere Korngrößen) sind leichter und können damit eher in eine fliegende Bewegung durch Wind versetzt werden. Dadurch ist der Abtrag erleichtert. Jedoch gilt es zu beachten, dass sehr feine Partikel (z. B. Ton) bei etwas Feuchtigkeit durch Kohäsionskräfte stärker zusammengehalten werden, wodurch sie dann etwas weniger anfällig für Erosion durch Wind sind. Grobe Bodenbestandteile hingegen sind schwerer, wodurch mehr Energie benötigt wird, um sie in Bewegung zu versetzen. Sie werden vorwiegend springend oder rollend abgetragen, wodurch sie in der Regel auf dem Feld verbleiben und der Fläche nicht dauerhaft verlorengehen. Im Gegensatz dazu können schwebende Bodenpartikel, die durch Suspension transportiert werden, bei starkem Wind über weite Entfernungen abgetragen werden und der Fläche langfristig fehlen.

Windstärke:

- Je stärker der Wind, desto höher ist die Winderosion.
- Begründung für das Ergebnis: Bereits ab Windgeschwindigkeiten von 6 m/s in 10 m über dem Gelände werden Bodenpartikel abgetragen. Bei höherer Windgeschwindigkeit ist folglich auch die auf die Bodenpartikel wirkende Kraft höher, sodass mehr Bodenmaterial mobilisiert und abgetragen werden kann. Vor allem feinkörnige Bodenpartikel können durch ihr geringes Gewicht und Volumen schneller in eine fliegende Bewegung übergehen, wohingegen größere Partikel bei gleicher Windstärke nur springend oder rollend abgetragen werden.

Windschutzpflanzung:

- Je mehr Windschutzpflanzung vorhanden ist, desto geringer ist die Winderosion.
- Begründung für das Ergebnis: Windschutzpflanzungen wirken als natürliche Windbrecher, indem sie die Windgeschwindigkeit reduzieren. Dies führt zu einer Verringerung der Energie, die der Wind auf den Boden ausübt, wodurch weniger Bodenpartikel abgetragen werden können. Darüber hinaus verringern Windschutzpflanzungen die Turbulenzen in der Nähe des Bodens, was insbesondere die Erosion feiner Bodenpartikel durch Suspension (fliegender Transport) minimiert. Zusätzlich fördern sie die Feuchtigkeitserhaltung des Bodens, da die reduzierte Windgeschwindigkeit die Verdunstung mindert, was die Bodenpartikel stärker zusammenhält und ihre Mobilität weiter einschränkt.

Vegetation:

- Je mehr Vegetation vorhanden ist, desto geringer ist die Winderosion.
- Begründung für das Ergebnis: Die Vegetationsdecke schützt den Boden vor der direkten Einwirkung des Windes, da sie als physische Barriere wirkt und die Windgeschwindigkeit in Bodennähe erheblich reduziert. Dies verringert die Wahrscheinlichkeit, dass Bodenpartikel gelöst und transportiert werden. Zusätzlich verhindern die Pflanzen die Austrocknung des Bodens, da sie Feuchtigkeit speichern und die Verdunstung durch Beschattung minimieren. Die Pflanzenwurzeln stabilisieren das Bodengefüge, indem sie Bodenpartikel miteinander verbinden und so deren Mobilität verringern. Zusammen tragen diese Faktoren dazu bei, den Boden vor Abtrag durch Wind zu schützen.

- 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 Winderosion?
Korngröße	Je geringer die Korngröße ist, desto höher ist die Winderosion.
Windstärke	Je stärker der Wind ist, desto höher ist die Winderosion.
Windschutzpflanzung	Je mehr Windschutzpflanzungen vorhanden sind, desto geringer ist die Winderosion.
Vegetation	Je mehr Vegetation vorhanden ist, desto geringer ist die Winderosion.

Schritt 6: Transfer und Generalisierung

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

Auf Basis der Ergebnisse aus den Experimenten lässt sich feststellen, dass die Korngröße, die Windstärke, die Windschutzpflanzung sowie die Vegetation (als Bedeckung) wesentliche Einflussfaktoren auf die Bodenerosion durch Wind sind. Feinsandige, trockene Böden mit geringer Korngröße sind besonders in Regionen mit hohen Windgeschwindigkeiten anfällig für Erosion. Vegetation und Windschutzpflanzungen hingegen wirken schützend, da sie die Windgeschwindigkeit reduzieren und die Bodenpartikel stabilisieren. Gerade diese Schutzfaktoren sind durch den Menschen beeinflussbar, z. B. durch eine angepasste Flächenbewirtschaftung. Die Experimente bieten insgesamt einen ersten Einblick in die Zusammenhänge und Einflussfaktoren der Winderosion. Jedoch gilt zu beachten, dass die Ergebnisse vorläufig sind. Für die Ableitung allgemeiner und fundierter Regeln ist es notwendig, die Experimente unter unterschiedlichen Umweltbedingungen zu wiederholen und weitere potenzielle Einflussfaktoren, wie Bodenfeuchte, Windrichtung sowie Turbulenzen und Verwirbelungen, zu berücksichtigen. Bodenerosion durch Wind ist insgesamt ein hochkomplexer Prozess, der von vielen Faktoren beeinflusst wird, die mitunter zusammenwirken. Die Ergebnisse aus den Experimenten sind somit als Ausgangspunkt zu verstehen für weitere Forschungen und Analysen. Sie bieten erste Ansätze für die Entwicklung von Erosionsschutzmaßnahmen, die jedoch immer an die spezifischen Gegebenheiten vor Ort angepasst werden sollten.

EINSATZ IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT

VERTIEFUNGSAUFGABEN

1. **Wie kann man es messen?**

- a) Damit Bodenmaterial durch Wind abgetragen wird, braucht es Windgeschwindigkeiten von rund 6 m/s in Bodennähe. Schätzt doch einmal, welche Kraft (also Windgeschwindigkeit) verschiedene Winde bzw. Windquellen haben: Eure Puste, ein Föhn mit verschiedenen Stufen, ein Ventilator mit verschiedenen Stufen. Messt anschließend mit einem Anemometer nach und ordnet eure Werte auf der Beaufortskala ein. Ihr könnt auch die aktuelle Windstärke bei euch in der Gegend messen. Ist diese überall gleich? Macht den Test!
- b) Auf dem Feld werden sogenannte Winderosionsfallen eingesetzt, um auf dem Acker zu überprüfen, wie viel Bodenmaterial erodiert wird. Recherchiert, wie die Messung mit einer Winderosionsfalle funktioniert und wie diese in der Forschung eingesetzt wird.

2. **Wo genau?** Recherchiert eine Karte zur potentiellen Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wind 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. Nehmt anschließend eine Verortung eures Wohnortes auf der Karte vor und beschreibt, inwiefern eure Region von der Bodenerosion durch Wind betroffen ist.

3. **Was ist mit dem Klimawandel?** Recherchiert zur Verbindung zwischen Bodenerosion und dem Klimawandel. Erklärt, wie sich der Klimawandel auf die Bodenerosion durch Wind auswirkt und welche zukünftigen Prognosen dazu existieren.

4. **Was kann getan werden?**

- a) Recherchiert zu verschiedenen Maßnahmen zur Reduzierung oder Verhinderung von Bodenerosion durch Wind auf landwirtschaftlichen Flächen.
- b) Ihr seid als Expert:innen nach Schleswig-Holstein eingeladen worden, eine Region, die stark von Winderosion betroffen ist. Entwerft für einen landwirtschaftlichen Betrieb eine Ackerfläche und überlegt, wie diese gestaltet werden kann, um die Fläche vor Winderosion besser zu schützen. Bezieht euch hierzu auf die vorherige Aufgabe a). Überlegt und recherchiert: Welche Barrieren für den Wind können genutzt werden? Welche Pflanzen (z. B. Breite, Wuchshöhe) oder andere Gegenstände eignen sich hierfür? Wie sollten diese Wind-Barrieren angeordnet werden? Welche Abstände sollten eingehalten werden? Wie können diese Wind-Barrieren ebenfalls für weitere Erträge genutzt werden (z. B. Anbau bodenschützender Früchte, Holzproduktion)? Erstellt eine beschriftete Skizze der Ackerfläche.
- c) Eine mögliche und immer bedeutsamere Form der Ackergestaltung ist die Anlage sogenannter Agroforstsysteme. Recherchiert zunächst, welche Merkmale Agroforstsysteme aufweisen und wo diese in Deutschland zu finden sind. Stellt heraus, wie sich Agroforstsysteme und traditionelle landwirtschaftliche Anbaumethoden auf die Winderosion auswirken. Arbeitet dann für beide Landwirtschaftsformen weitere Vor- und Nachteile mit Blick auf die Bewirtschaftung und die ökologische Nachhaltigkeit heraus.

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>

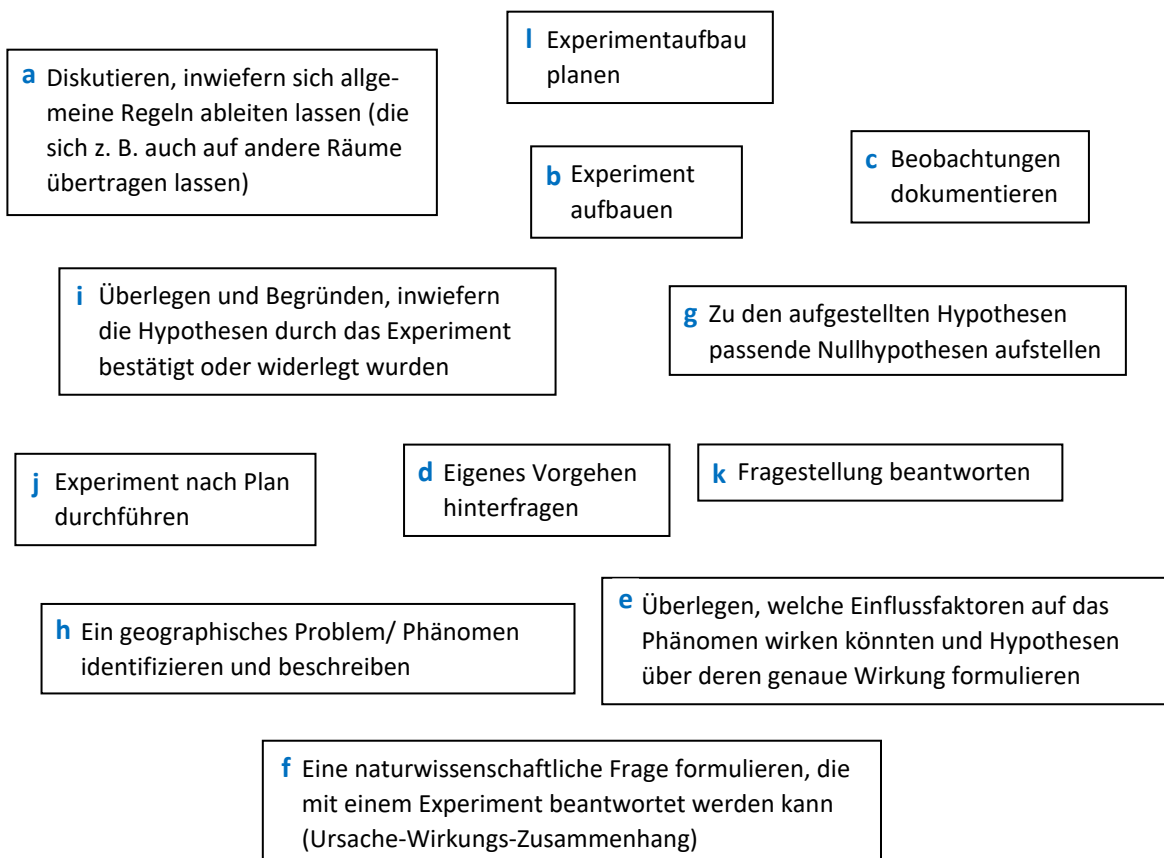
AUFGABEN ZUR METHODENREFLEXION

MIT BEZUG ZUM EXPERIMENTIERVIDEO

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.

MIT BEZUG 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 sollte in jedem Schritt hinterfragt werden.

BODENEROSION DURCH WIND

WAS IST BODENEROSION DURCH WIND?

Unter Bodenerosion durch Wind oder Winderosion wird allgemein der Abtrag und der Transport von Bodenmaterial durch Wind sowie dessen Ablagerung an anderer Stelle verstanden (Kruse & Stegger, o.J.). Ab einer Windgeschwindigkeit von fünf bis sechs Metern pro Sekunde können Winderosionsprozesse auf Böden (z. B. Acker- oder Brachflächen) in Gang gesetzt werden, indem es zur Deflation, also der Auswehung von Bodenteilchen, kommt. Durch den Wind entstehen Turbulenzen, welche einzelne Bodenteilchen in Bewegung setzen. Die Art der

Bewegung der Bodenteilchen durch den Wind sowie die Transportreichweiten sind abhängig von der Windgeschwindigkeit und der Korngröße der Teilchen (siehe auch Abb. 5). Größere Bodenteilchen mit einem Durchmesser von über 0,5 mm (z. B. Steinchen) legen zumeist rollend sehr kurze Distanzen zurück, wobei diese Bewegung Reptation genannt wird. Bei der Saltation werden Bodenteilchen in eine springende Bewegung versetzt. Die Sprunghöhe kann bis zu einem Meter betragen. Diese Bewegungsform tritt meist bei Bodenteilchen mit einem Durchmesser zwischen 0,1 und 0,5 mm (z. B. Sandkörner) auf. Sehr feine Bodenteilchen mit einem Durchmesser von unter 0,1 mm (z. B. Tonpartikel) werden bei ausreichend hoher Windgeschwindigkeit in schwebende und fliegende Bewegung versetzt (Suspension). Diese Teilchen können über hunderte von Kilometern weit transportiert werden, ehe es zu einer Ablagerung kommt. In der Praxis ist eine strenge Trennung der Transportformen jedoch nicht vorzufinden, vielmehr laufen die Bewegungen nebeneinander ab und weisen Übergangsbereiche auf (Funk & Frielinghaus, 2014). Gerade der fliegende Transport ist problematisch, da diese Bodenbestandteile zumeist wesentlich sind für die Bodenfruchtbarkeit und somit langfristig auf den Ackerflächen verloren gehen. Verstärkt wird der Abtragungsprozess zudem durch eine Kettenreaktion: In Bewegung versetzte Bodenteilchen treffen auf weitere Bodenteilchen. Der Aufprall beziehungsweise die Schleifwirkung führt zu einer Zerstörung anderer Bodenbestandteile und dazu, dass weitere Bodenteilchen in Bewegung versetzt werden. Die Intensität dieser Prozesse steigt ebenfalls mit zunehmender Windgeschwindigkeit.

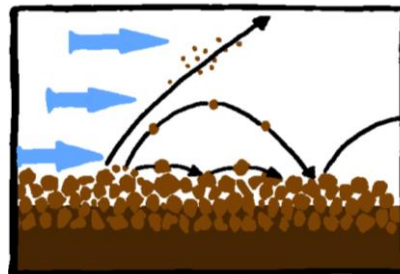


Abb. 5: Abtragungsformen bei der Winderosion (eigener Entwurf, nach AID, 2013)

WESHALB IST DAS THEMA WICHTIG?

Global betrachtet stellt die Bodenerosion durch Wind und Wasser die größte Gefahr für die Böden dar (Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, o.J.). Jährlich gehen weltweit etwa 24 Milliarden Tonnen fruchtbarer Boden durch Erosion verloren, was mehr als drei Tonnen Boden je Erdbewohnerinnen und Erdbewohner bedeutet (IASS, 2012). Durch Winderosion sind in Mitteleuropa etwa 20 % der als Ackerland genutzten Flächen gefährdet (Funk & Frielinghaus, 2014). Die Bodenerosion durch Wind ist grundsätzlich ein natürliches Phänomen, welches jedoch durch menschliche Bewirtschaftung im Zuge der Landwirtschaft sowie durch den Klimawandel vor allem mit Blick auf längere Dürreperioden, die zu einer Austrocknung der Böden führen, zusätzlich verstärkt wird (Umweltbundesamt, 2022). Die Folgen der Bodenerosion durch Wind sind dabei sowohl sichtbarer als auch unsichtbarer Natur. Zentrales Problem des Phänomens ist der Verlust der fruchtbaren Bodenbestandteile sowie die Verringerung der natürlichen Bodenfunktionen, was sich unter anderem negativ auf die Erträge auswirkt und zu Ernährungsunsicherheiten führen kann (Wurbs & Steininger, 2017). Die abgetragenen und an anderer Stelle akkumulierten Bodenbestandteile können zudem die Zusammensetzung und die Regulation anderer Ökosysteme (z. B. Gewässer, andere Ackerflächen) negativ beeinflussen, zum Beispiel

durch den Eintrag von Schadstoffen. Darüber hinaus kann die schleifende Wirkung der Bodenpartikel die Anbaupflanzen schädigen (Windschliff). Nicht zuletzt kann der fliegende Transport der feinen Bodenbestandteile zu Sichteinschränkungen führen, die in der Vergangenheit bereits zu schweren Autounfällen geführt haben (Wurbs & Steininger, 2017).

WELCHE FAKTOREN BEEINFLUSSEN DIE WINDEROSION?

Die Bodenerosion durch Wind ist ein komplexes Phänomen, wobei verschiedene Faktoren einen Einfluss auf den Prozess haben (Duttmann et al., 2011; Funk & Frielinghaus, 2014). Die Faktoren können sowohl einzeln als auch in Wechselwirkung zueinander auftreten und somit die Erosionsanfälligkeit eines Bodens in unterschiedlichem Ausmaß beeinflussen. Die Winderosion setzt zunächst eine kritische Windgeschwindigkeit voraus, die überschritten werden muss, damit der Wind Bodenpartikel bewegen kann (Funk & Frielinghaus, 2014). Zentrale Faktoren sind neben der Windgeschwindigkeit die Feldlänge und Windoffenheit, die Zusammensetzung der Böden in ihren Korngrößen, die Feuchte und Rauigkeit der Böden sowie nicht zuletzt der Bedeckungsgrad des Bodens (siehe auch Tabelle 1). Vor allem in Küstenregionen, die höhere Windgeschwindigkeiten bei flachen Reliefgegebenheiten aufweisen, ist die Anfälligkeit für Erosion besonders hoch. Dies trifft vor allem auf fein- und mittelsandige Böden zu, ebenso wie auf schwach schluffige und schwach lehmige Sande mit geringerem Humusgehalt. Sehr tonhaltige und leicht feuchte Böden sind hingegen etwas weniger anfällig für Erosion, da die Kohäsionskräfte zwischen den Bodenpartikeln für einen gewissen Zusammenhalt (Verkittung) sorgen. Die verschiedenen Faktoren variieren ortsbezogen. Vor allem auf den Faktor Vegetation und Flurgegestaltung, also die Anpassung der Feldlänge, kann der Mensch regulierend einwirken und durch entsprechende angepasste Bewirtschaftung und Parzellierung der Bodenerosion entgegenwirken.

Tab. 1: Häufige Ausgangsbedingungen für das Auftreten von Winderosionsereignissen (Duttmann et al., 2011, S. 14)

Häufige Ausgangsbedingungen für das Auftreten von Winderosionsereignissen	
<ul style="list-style-type: none"> • Windgeschwindigkeit 	> 7 m/s (in 10 m Höhe gemessen), entsprechend 4,5 – 5 m/s an der Bodenoberfläche
<ul style="list-style-type: none"> • Bodenerodierbarkeit 	Fein- und Mittelsande, schwach schluffige und schwach lehmige Sande mit geringem Gehalt an organischer Substanz, ackerbaulich genutzte Moorböden
<ul style="list-style-type: none"> • Bodenfeuchte 	Trockenheit in den obersten mm eines unbedeckten Bodens
<ul style="list-style-type: none"> • Bodenbedeckung 	Fehlende oder geringe Bodenbedeckung; hohes Auswehungsrisiko bei Bedeckungsgraden < 30 %
<ul style="list-style-type: none"> • Windoffenheit, Feldlänge 	< 5 km Flurelemente pro km ² in waldarmen Landschaften; Abstand von Feldgehölzen und Hecken > 300 m quer zur Hauptwindrichtung

WIE KANN DIE BODENEROSION DURCH WIND VERRINGERT WERDEN?

Die Bekämpfung der Bodenerosion durch Wind ist essenziell, um landwirtschaftliche Erträge zu sichern und die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu erhalten. Um die Böden vor Erosion zu schützen, können Maßnahmen im Bereich Pflanzenanbau/ Flächenbewirtschaftung (kurzfristig wirkend), der Landeskultur (mittelfristig wirkend) und der Agrarstruktur (langfristig wirkend) voneinander unterschieden werden (Wurbs & Steininger, 2017): Zur Kategorie des Pflanzenanbaus sowie der Bewirtschaftung zählen Maßnahmen der Bodenbearbeitung wie konservierende Bodenbearbeitungsmethoden, Direktsaatverfahren oder auch die Änderung der Bearbeitungsrichtung quer zur Hauptwindrichtung. Weitere Maßnahmen, die das Anbausystem betreffen, sind Anpassungen der Fruchtfolge, der Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten. Zudem kann durch Einbringen von Humus oder Kalk die Bodenstruktur stabilisiert werden. Zuletzt können auf dem Feld Erosionsschutzstreifen mit einer Breite von 30-50 Metern angelegt werden, wobei im Wechsel erosionsmindernde und erosionsgefährdete Fruchtarten angebaut werden, um so die Flächenheterogenität zu erhöhen. Zur Landeskultur zählen Maßnahmen, welche die umfassendere Umgestaltung der Ackerflächen betreffen, wie beispielsweise die Anlage von Windschutzpflanzungen rund um die landwirtschaftlichen Flächen oder die Anlage von Agroforstsystemen. Bei diesen handelt es sich um eine spezielle Form der Erosionsschutzstreifen, da neben einer reinen Ackernutzung in regelmäßigen Abständen Blühstreifen und größere Gehölze angelegt werden. Diese Streifen können dabei vielfältig gestaltet werden und erhöhen einerseits die Biodiversität auf dem Acker, können aber auch Nebenerträge (z. B. Holzproduktion) liefern. Maßnahmen im Bereich Agrarstruktur sind übergeordnet zu verstehen und fokussieren sich auf langfristige zu gestaltende Flurordnungen durch Anpassung der Schlaggestaltungen. Aber auch die Umwidmung besonders gefährdeter Erosionsflächen in Dauergrünland, für die Forstwirtschaft oder die Schaffung weiterer Biotope und Ökosysteme zum Schutz der Artenvielfalt sind Maßnahmen, die ergriffen werden können.

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 WINDEROSION (FAKTOR WINDSTÄRKE)

- 1) **Planmäßigkeit:** Beim vorliegenden Experiment werden die Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs systematisch durchlaufen. Das Experiment basiert auf Hypothesen zum Einfluss der Windstärke auf die Winderosion und die Durchführung erfolgt planvoll nach zuvor festgelegten Schritten.
- 2) **Kausalität:** In dem Experiment wird der Zusammenhang zwischen der Windstärke und der Menge des Bodenabtrags durch Winderosion untersucht.
- 3) **Variation der unabhängigen Variablen:** Der zu untersuchende Einflussfaktor Windstärke wird durch einen Experimentalansatz (hohe Windstärke) und einen Kontrollansatz (geringe Windstärke) variiert.
- 4) **Kontrolle:** Alle weiteren möglichen Einflussfaktoren werden im Experimental- und Kontrollansatz konstant gehalten (z. B. Menge des Bodens, Dauer und Winkel des Windeinflusses, Bodenbedeckung). Dadurch können die Unterschiede im Ergebnis auf den Einflussfaktor Windstärke 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 (Wasserosion) 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.
- Duttmann, R., Hassenpflug, W., Bach, M., Lungershausen, U. & Frank, J.-H. (2011). *Winderosion in Schleswig-Holstein. Kenntnisse und Erfahrungen über Bodenverwehungen und Windschutz. LLUR SH - Geologie und Boden: Bd. 15.*
- Funk, R. & Frielinghaus, M. (2014). Winderosion. In: Stahr, K., Felde, V., Felix-Henningsen, P., Horn, R. & Peth, S. (Hrsg.). *Handbuch der Bodenkunde.* Wiley-VCH.
- Grupe, H. (1977). *Biologie-Didaktik.* Aulis.
- IASS (Hrsg.) (2012). *Fruchtbare Böden: Entscheidend gegen Hunger und Klimawandel!* https://www.rifs-potsdam.de/sites/default/files/files/iass_gsw_media_sheet_boeden_de.pdf
- Kruse, K. & Stegger, U. (o.J.). *Bodenerosion durch Wind. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).* https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Ressourcenbewertung/Bodenerosion/Wind/BodenerosionWind_node.html
- 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.
- Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (o.J.). *Böden gehen verloren.* https://umwelt.thueringen.de/fileadmin/001_TMUEN/Unsere_Themen/Boden_Wasser_Luft_Laerm/Bodenschutz/boden_gehen_verloren.pdf
- Umweltbundesamt (2022). *Bodenerosion durch Wind.* <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-flaeche/bodenbelastungen/bodenerosion/bodenerosion-durch-wind#undefined>
- Wurbs, D. & Steininger, M. (2017). *Bodenerosion durch Wind. Sachstand und Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr.* Umweltbundesamt.

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

