

NITRATSCOUTS



Lehrmaterialien zum Thema Nitrat in Böden und Grundwasser

Entwickelt im Projekt Nitratscouts – “Partizipative Entwicklung von Bildungsmodulen zur Vermittlung systemischer Zusammenhänge”



gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de



IMPRESSUM

Autor:innen

Magdalena Moßbrucker; Daniela Lud

Mit Ergebnissen von: Osama Attallah, Adiel Batson, Anish Bhattarai, Elizaveta Emerel, Claire Kowalewski, Sachin Lamichhane, Ole Langenbach, Bikram Limbu, Bikash Paudel, Khem-Raj Regmi, Shreevarshan Sivakumar, Emilie Streichsbier, Ellen Tjisse-Klasen.

Projektpartner:innen

- SoLaWi Niederrhein
- Wasserverbund Niederrhein
- LINEG
- SCI Moers
- TINThof Voerde-Spellen
- Zdi Kamp-Lintfort
- Grünes Klassenzimmer Kamp-Lintfort

Gestaltung und Herstellung

Gestaltung: Magdalena Moßbrucker, Zoe Stern, Herstellung: Druckerei Linsen

Förderung

Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Fördernummer 37467/01-41

Fotos Vorderseite

Links: Gemüsesäckchen des Gemüsemarktspiels im Einsatz in den Gärten des Grünen Klassenzimmers im Zechenpark Kamp-Lintfort. Foto: A. Probst.

Rechts: Bait-Lamina sticks werden in den Hochbeeten im Zechenpark eingesetzt. Foto: M. Moßbrucker.

Foto Rückseite

Begutachtung von Aktivkohle, die in Filtern des Wasserverbunds Niederrhein eingesetzt wird. Foto: M. Moßbrucker.

Weitere Fotos:

Wo nicht anders angegeben, wurden Fotos von Magdalena Moßbrucker gemacht.

Datum: 22.07.2024

DOI: 10.13140/RG.2.2.17156.13444

Dieses Werk darf für nicht-kommerzielle Zwecke genutzt und modifiziert werden, solange Autorennamen und Quellenangaben erhalten werden.



gestaltet mit



gefördert durch



www.dbu.de



Inhaltsverzeichnis _____ 2

Das Nitratscouts Projekt _____ 3

 1. Module _____ 4

Produkte

 1. Umweltzusammenhänge _____ 5

 Versuchshochbeete _____ 6

 Köderstreifen und Biodiversitätsauswertung _____ 9

 Nitratmessmethoden _____ 14

 2. Transformation und Wirkung _____ 17

 Gemüsemarktspiel _____ 18

 Grundwasserspiel analog und online _____ 22

 3. Digitale Methoden _____ 27

 Nitratdatenvisualisierungen _____ 29

 Bait Lamina App _____ 33

 3D-Gedrucktes Mikroskop _____ 35

Zusammenfassung und Ausblick _____ 38

DAS NITRATSCOUTS PROJEKT

Das Projekt Nitratscouts ist ein Bildungsprojekt für nachhaltige Entwicklung. Wir entwickeln Materialien, die es den Teilnehmer:innen ermöglichen, die Auswirkungen ihres Handelns auf das Umfeld besser zu verstehen und Impulse für eine nachhaltige Entwicklung zu geben.

Daher entwickelten wir neue Methoden zur Vermittlung systemischer Zusammenhänge zum Thema Nitratbelastung des Grundwassers als Folge der Düngung landwirtschaftlicher Flächen, diese erprobt und im Anschluss veröffentlicht. In drei Modulen entwickelten die Teilnehmenden gemeinsam schrittweise digitale und analoge Lehr- und Lern-Tools. Diese beinhalten unter anderem interaktive visuelle Darstellungen und digitale und analoge Spiele, die im Unterricht oder in Bürgerwissenschaftlichen Projekten Verwendung finden können.

Nutzer:innen testeten die entwickelten Entwürfe und Materialien und gaben Feedback.

Nutzer:innen waren: Lehrende, Schüler:innen, Auszubildende, Student:innen, Projektpartner:innen.

Ausgewählte Ergebnisse stellen wir in diesem Reader vor; eine Materialsammlung ist online abrufbar, die die vollständigen Materialien zum Selbermachen beinhaltet:



MODULE

1. Umweltzusammenhänge

Was brauchen Pflanzen für ein gesundes Wachstum, welche Rolle spielen Nährstoffe, Bodenorganismen, Regen und Grundwasser? Was bedeutet dies für Landwirtschaft und Trinkwassergewinnung, und was hat das mit Nitrat zu tun?

Diese Fragen werden durch Tools, die im Modul Umweltzusammenhänge erstellt wurden, vereinfacht für kleine und große Forschende bearbeitet.

Das sind z.B. Versuchshochbeete, Köderstreifentests und Nitrattests.

3. Digitale Methoden

Um öffentlich verfügbare Nitratdaten für Laien verständlich zu machen, und der Allgemeinheit die Möglichkeit zu geben, neue Daten erfassen und auswerten zu können, wurden in diesem Modul digitale Tools entwickelt. Dies sind z.B. Visualisierungen zu Grundwasser-Nitratdaten, online-Versionen für Tools der anderen Module, sowie ein 3D-gedrucktes Mikroskop. Hierbei soll die Möglichkeit erfahrbar werden, dass Akteur*innen Einfluss nehmen können, nicht zuletzt als Konsument:in.

2. Transformation und Wirkung

Als Konsument:innen sehen wir uns den Wechselwirkungen von Umweltfaktoren, den Rollen von Akteur:innen und sich ändernden Regularien gegenüber gestellt. In diesem Modul wurde diesen Wechselwirkungen mit verschiedenen spielerischen Ansätzen begegnet, um die Möglichkeit, als Konsument:innen Einfluss zu nehmen erfahrbar zu machen. So erhalten Teilnehmende Anregungen, über ihr Verhalten und nachhaltige Entwicklung im allgemeinen nachzudenken.





Die Ergebnisse dieses Moduls wurden mit unterschiedlichen Lernenden - z. B. Arbeitsgruppen von Schüler*innen, angehenden Landwirt*innen, Biologie-Leistungskursen, Pfadfinderkindern und Studierenden - in verschiedenen Workshops, Treffen und interaktiven Formaten ausprobiert.

Mit diesen Methoden kann unter anderem die Auswirkung von Dünger auf die Nitratkonzentration und Bodenlebewesen gemessen werden, Bodentiere gezählt und deren Aktivität gemessen werden.



Versuchshochbeete: Getrennte Beethälften mit Entwässerungsrinnen erlauben es, einfache Sickerwasserproben zu nehmen

Um die Tatsache, dass Grundwasser durch Düngung beeinflusst werden kann, besser verständlich zu machen, arbeiteten wir im Projekt Nitratscouts mit speziell aufgebauten Hochbeeten.

Bestehende Hochbeete auf dem Gelände des GreenFabLabs haben wir so umgebaut, dass sie Sickerwasser auffangen können. Die Hochbeete sind in jeweils 2 Hälften aufgeteilt, die unabhängig voneinander gedüngt und beprobt werden können. Im Folgenden beschreiben wir den Nachbau eines solchen Hochbeetes. Es kann ein Doppelbeet - wie unten abgebildet beschrieben - oder zwei identische Hochbeete mit jeweils nur einer Sickerwasserauffangrinne gebaut werden.

Hier ist die Anleitung zum Aufbau aufgenommen, in der erweiterten Materialsammlung sind weitere Fotos sowie spezifische Grafiken enthalten.



Aufbau eines Versuchshochbeetes

Material

Es können zum Hochbeetbau fertige Bausätze, Paletten oder stapelbare (Back)Steine als Basis genutzt werden. Wichtig ist dabei, dass an einer Seite im unteren Drittel Löcher für die Ablaufrinnen angelegt werden.

Methode

Das Hochbeet kann nach Anleitung der erweiterten Materialliste mit zwei getrennten Kammern aufgebaut werden (Abb. 2), in denen jeweils eine Entwässerungsrinne erlaubt, Sickerwasserproben getrennt zu entnehmen (Abb. 1). Im Rahmen des Projekts wurden die Hochbeete mit Radieschen, Klee, Mohn und Salat bepflanzt, und mit mineralischem Dünger gedüngt (Abb. 3a). Die Unterschiede in den Blattoberflächen können mithilfe einer App berechnet werden (z.B. Petiole, siehe erweiterte Materialliste).



Abbildung 1. Querschnitt des Hochbeetes mit Teichfolie und Vliesbedeckten Entwässerungsrinnen.
Foto E. Tijssen-Klasen, C. Kowalewski

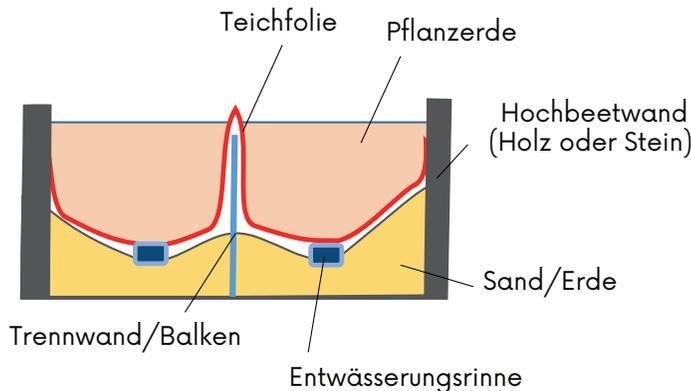


Abbildung 2. Querschnitt eines Versuchshochbeetes mit Trennwand

Diese Versuchshochbeete sind interessant für vielerlei Anwendungen, zum Beispiel im Rahmen einer Garten-AG, bei der die Hochbeete gebaut werden können, um das Wachstum von Pflanzen zu beobachten.

Weiterhin können diese in der Lehre verwendet werden (wenn auch nicht unbedingt in der Wissenschaft, da das Wasser nicht gleichmäßig durch die beiden bepflanzten Bereiche sickert und keine repräsentativen Konzentrationen liefert, um kontinuierliche Daten für Sickerwasser aufzunehmen).

Die Materialkosten sind vor allem dann günstig, wenn Material mit kleinen Mängeln z.B. Ziegel aus Fehlbränden (wie in diesem Fall, Abb. 3 a und b), Steine oder sonstige günstige/frei erhältliche Materialien verwendet werden.



Abbildung 3. a) Bepflanzte Versuchshochbeete, b) Ablauf der Entwässerungsrinnen.

Foto D. Lud, M. Moßbrucker

Köderstreifen geben Aufschluss über die Fraßaktivität von Bodentierchen in verschiedenen Bodentiefen

Die Aktivität von Bodenorganismen ist für die Gesundheit des Bodens und somit auch der Pflanzen wichtig. Um diesen Zusammenhang darzustellen, eignen sich Bait Lamina Sticks gut.

Dies sind schmale Kunststoffstreifen mit Löchern in genormten Abständen nach ISO 18311:2016.

Die Löcher sind mit einem Fraßköder gefüllt, und die Streifen werden in die Bodenoberfläche von Kulturpflanzen gesteckt, wo sie 10 Tage bleiben (Abb. 4).



Abbildung 4. Salat in den Feldern der SoLaWi Niederrhein. Foto D. Lud

Der Köder lockt Bodenlebewesen, die diesen auffressen und die Löcher im Streifen wieder frei legen. Somit kann die Fraßaktivität von Bodenlebewesen in den obersten Bodenschichten gemessen werden.

Dieses Heft beinhaltet die Anleitung und Auswertungsbögen, in der erweiterten Materialsammlung ist ein Hinweis auf die Norm, eine Bezugsadresse zu den Streifen und ein Hinweis zu einem Bestimmungsschlüssel für Bodentiere enthalten.

Bait Lamina Sticks/Köderstreifen

Anleitung zur Nutzung der Köderstreifen für Bodentierchen zur Einschätzung der biologischen Aktivität in Böden.

Material



Abbildung 5. Bait Lamina Streifen mit Fraßköder gefüllten Löchern.

Foto A. Batson.

Methode

- Die Teststreifen werden aussagekräftig mit einem permanenten Marker beschriftet, z.B. Kürzel für den Probeort und laufende Nummer (Abb. 5).
- 10–20 Teststreifen werden an geeigneter Stelle auf einer etwa 1x1m großen Fläche ausgebracht, indem mit einem spitzen, schmalen Gegenstand (z. B. Küchenmesser) zuvor ein Loch im Boden vorgebohrt wurde.
- Die Teststreifen werden so tief in die Erde geschoben, dass das oberste Loch etwa 1 cm unter der Bodenoberfläche liegt.
- Die Köderstreifen verbleiben mindestens 10 Tage im Boden und werden dann entfernt. Eine genauere Beschreibung findet sich in der DIN.
- Die Erdreste vorsichtig mit einem Papiertuch entfernen. Die Streifen können gleich vor Ort, oder fotografiert und später ausgewertet werden (Abb. 6).
- Um sie zur Auswertung mitzunehmen, sollten sie in einer Tüte verpackt werden.
- Streifen zur Auswertung gegen das Licht halten um das Ablesen zu erleichtern.



Abbildung 6. Bait Lamina Streifen direkt nach Entnahme aus dem Boden. Foto A. Batson

Auswertung

Die Fraßaktivität kann bei der Auswertung in die folgenden drei Kategorien eingeteilt werden. Andere Auswertungsmethoden sind möglich, diese werden in der DIN-Norm ausführlich beschrieben.

- 0 Kein Fraß, Loch noch gut gefüllt.
- 0.5 Fraßspuren (z.B. kleine Lücken), aber Köderreste vorhanden.
- 1 Köder (fast) komplett aufgefressen.

Um einen Eindruck von der biologischen Vielfalt der Bodenorganismen zu erhalten, wird eine Probe mit Spaten entnommen (ungefähr so tief wie die Bait Lamina Streifen), die Erde nach Organismen abgesucht, und diese in den Auswertungsbogen eingetragen. Die Bodenorganismen vorsichtig behandeln und wieder zurücksetzen.

Fazit

Die Auswertungshilfe (nächste Seite) kann anschließend genutzt werden, die Ergebnisse graphisch wiederzugeben. Hierfür kann die Summe pro Lochtiefe eingetragen werden um die Fraßstärke in Abhängigkeit von der Bodentiefe darzustellen.

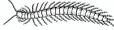
Die hier beschriebene Auswertung wird nicht ganz nach DIN-Norm durchgeführt, sondern mit einer vereinfachten Variante, die sich in Workshops mit Akteur:innen durchgesetzt hat.

Am besten eignet sich diese Methode um 2 Teststellen zur selben Zeit oder 2 Messungen an der gleichen Stelle zu unterschiedlichen Zeiten zu vergleichen, idealerweise in Kombination mit Analysen zur Bodenbiodiversität.

Auswertung Bodenbiodiversität

Name:

Datum:

Organismus	Kurzbeschreibung	Gattung/ Artengruppe	Anzahl	Summe
Regenwürmer 	z.B. rot, Borsten (Körperringe) getrennt		z.B. IIIII III	z.B. 8
Käfer 				
Schnecken 				
Nacktschnecken 				
Tausendfüßler 	zwei Beinpaare pro Segment			
Hundertfüßler 	ein Beinpaar pro Segment			
Andere 				

Methoden zur Messung von Nitrat in Wasserproben: Kompliziert? Nein, denn Teststreifen geben schnelle und robuste Ergebnisse

Die Nitratkonzentrationen im Grundwasser von landwirtschaftlich genutzten Flächen sind häufig erhöht, was Probleme z. B. für die Trinkwassergewinnung verursacht. Einfache Methoden, Nitratkonzentrationen zu bestimmen, können somit in bürgerwissenschaftlichen Projekten Verwendung finden.

Zur Messung der Nitratkonzentration in verschiedenen Wasserproben, wie z.B. Brunnenwasser, Grundwasser und Oberflächengewässern, werden unterschiedliche Nitratschnelltests verwendet. Diese unterscheiden sich in der Methodik, im Zeitaufwand, dem Einsatz von Gefahrstoffen und dem Messbereich.

In diesem Heft ist die Anleitung für eine robuste, einfache und Gefahrstofffreie Messmethode wiedergegeben, in der erweiterten Materialsammlung finden sich Anleitungen für eine Kalibrationskurve. Diese geben sehr interessante Vergleichswerte, wenn es Möglichkeiten zur Zusammenarbeit mit einem Labor gibt, das Lösungen mit bekannten Konzentrationen (Standardlösungen) zur Verfügung stellen kann.

Nitratschnelltest mit Teststreifen

Material

Ein Schnellteststreifen für Aquarienwasser, z.B. der Marke AQUATEST ist hierfür gut geeignet.

Für das Auswerten der Wasserprobe wird ein Probenfläschchen benötigt, sowie Papierhandtücher.

Zur Auswertung wird die Verpackung der Teststreifen verwendet.

Methode

- Das Probenfläschchen (Abb. 7) wird mit dem Probenwasser ausgespült.
- Der Teststreifen wird aus der Verpackung genommen, und 2-3 Sekunden in die Wasserprobe eingetaucht (Abb. 7).
- Überschüssiges Wasser auf dem Teststreifen wird entfernt, indem dieser seitlich auf ein Papiertuch gesetzt und dann mehrmals vorsichtig abgeklopft wird (siehe Abb. 8).
- Der Teststreifen wird dann für 1 Minute beiseite gelegt (am besten auf ein Papiertuch).
- Die Farben werden dann mit denen der Tabelle verglichen und die Ergebnisse notiert. Ergebnisblatt siehe Materialsammlung.

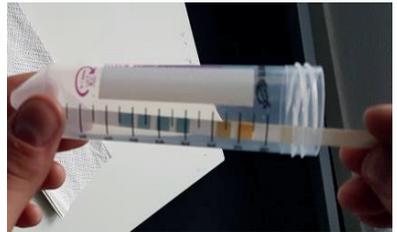


Abbildung 7. Teststreifen für 3 Sekunden in die Wasserprobe halten
Foto E. Tjisse-Klasen, C. Kowalewski

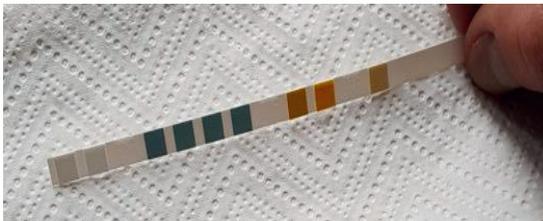


Abbildung 8. Überschüssiges Wasser wird entfernt, indem der Teststreifen seitlich auf ein Papierhandtuch gelegt wird.
Foto E. Tjisse-Klasen, C. Kowalewski

Auswertung

Die Auswertung der Proben kann wie folgt erfasst werden:

Analyseergebnis Probe Nr. _____, Probenahmeort: _____

Parameter	Wert	Beurteilung
Nitrat [mg/L]		
Nitrit [mg/L]		

Fazit

Diese Testmethode eignet sich hervorragend um Nitratkonzentrationen unkompliziert zu ermitteln, da sie schnell ist, und keine Installationen oder technische/chemische Voraussetzungen erforderlich sind. Somit können wiederholte Tests an einer Wasserprobe leichter durchgeführt werden, was wiederum für bürgerwissenschaftliche Projekte sehr von Vorteil ist (Abb. 9). Der Test ist robust, ergibt bei Wiederholung vergleichbare Messungen, der Messbereich passt gut zu Grundwasserproben und es muss nicht mit Gefahrstoffen gearbeitet werden.



Abbildung 9. Mehrere Teststreifen von verschiedenen Wasserproben

Andere Testmethoden:

Mit Gefahrstoffen

Eichkurve: hierbei können Grundfertigkeiten des chemischen Arbeitens mit erfahrenen Lehrkundigen geübt werden.

Ohne Gefahrstoffe:

z.B. Mini-Photometer mit Reagenzien auf Teststreifen: hier ist der Messbereich klein, und die Durchführung dauert pro Probe mindestens 10 Minuten.

Schnelltest: ein robuster Test mit einem großen Messbereich, der keine Gefahrstoffe enthält.

Bei beiden Methoden muss nicht direkt mit Gefahrstoffen gearbeitet werden. Details zu diesen und anderen Tests finden sich in der Materialsammlung.

TRANSFORMATION UND WIRKUNG

Das Modul Transformation und Wirkung soll Ziele der Bildung für nachhaltige Entwicklung umsetzen, und verschiedene Akteursgruppen aktiv in die Erstellung von Lehrmodulen einbeziehen. Somit wird die Thematik zielgruppengerecht für verschiedene Gruppen von Akteur:innen vermittelt.

Dabei soll erlebbar gemacht werden, dass jeder Einzelne eine aktive Rolle spielen und Nitratkonzentrationen im Grundwasser positiv beeinflussen kann.

In diesem Modul wurden mit Akteur:innen zusammen zwei Spiele entwickelt, die Projektinhalte spielerisch verständlich machen und den Teilnehmenden Anstöße für den eigenen Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung zu geben.



Es gibt sie, die Unterschiede! Das Gemüsemarktspiel verdeutlicht, wie verschiedene Anbauformen sich auf die Nitratauswaschung auswirken

Dieses Spiel wurde mit der Idee entwickelt, mittels Säckchen mit verschiedenen Gewichten (Abb. 10) auf sehr einfache Art Unterschiede in der Nitratauswaschung verschiedener Anbauformen von sechs gängigen Gemüsesorten darzustellen. Damit das Spiel auch für kleine Kinder verständlich ist, entwickelten wir meh-rere Spielvarianten, mit denen verschiedene Altersgruppen angesprochen werden.

In diesem Heft zeigen wir das Spielecover und die Anleitung, in der erweiterten Materialsammlung sind eine ausführliche Bauanleitung und Malschablonen enthalten.



Abbildung 10. Gemüsesäckchen bei einem Workshop mit der Garten-AG des Grünen Klassenzimmers. Foto A. Probst

Gemüsemarktspiel



Anleitung zum *Gemüsewiktspiel*

Aufbau und Materialien:

Der Karton zum Spiel enthält 15 Beutel für unterschiedliche Gemüsesorten und Anbauformen, die jeweils mit verschiedenen vielen Steinen zur Gewichtung gefüllt sind (Tab. 1). Hier bieten sich Aquariensteine, Kies oder andere Materialien in variablen Größen an. Die Säckchen können außerdem mit leichten Materialien befüllt werden, sodass sie schöner und greifbarer sind. Wir empfehlen Zeitungspapier als Füllmaterial, da dies günstig und leicht zu portionieren ist.



Da bei diesem Spiel das Gewicht sehr wichtig ist, muss unbedingt dasselbe Gewicht des Füllmaterials in jedem Beutel sein. Die Beutel werden auf einem Tisch ausgebreitet und je nach Gemüse- und Anbauart sortiert. Hierzu können Schilder mit der Aufschrift Bio/Treibhaus/Gewöhnlich angebracht werden. Eine digitale oder analoge Waage wird gut sichtbar und zugänglich auf den Tisch platziert.

Das Ziel des Spiels ist, dass jeder Mitspieler:in mindestens einen

Vergleich zwischen den Nitratmengen im Gemüse aus den verschiedenen Anbauformen abschätzt.

Spieldurchführung:

Je nach Altersgruppe können verschiedene Spielmethoden und Schwierigkeitsgrade verwendet werden und je nach Ermessen der Lehrenden auch anders angewandt werden. Die Spielenden sollen sensibilisiert werden für das Thema Nitrat im Grundwasser

Sehr junge Spieler:innen (4-10 Jahre): Jeder darf sich vom Treibhaus, Bio oder gewöhnlichen Anbau einen Beutel aussuchen. Dieser wird gewogen.

Wenn der Beutel schwer ist, wird das Gewicht mit einem leichteren Beutel derselben Gemüsesorte (also z.B. die BIO Variante) oder einer anderen Gemüsesorte verglichen. Dies auch gerne ohne Waage, wobei hier der/die Spielende beide Beutel in jeweils eine Hand nimmt und das Gewicht vergleicht. Bei leichten Beuteln geschieht dasselbe, jedoch andersrum.

Junge Spieler:innen (11-14 Jahre): Jeder:er darf sich von jeweils einer der Anbauarten eine Gemüsesorte aussuchen, also drei insgesamt. Diese werden gewogen, und jeweils mit derselben Gemüsesorte aus einer anderen Anbauart (siehe Anleitung für sehr junge Spieler:innen) verglichen.

Ältere Spieler:innen (ab 15 Jahren): Jeder:r Mitspieler:in geht auf dem Markt „einkaufen“, und darf sich je nach Körpergewicht (siehe Berechnung unten) so viele Beutel aussuchen, bis das Spielgeld aufgebraucht ist. Damit haben sie die max. Nitratausspülung für die Woche erlangt. Jetzt dürfen die Spieler:innen sich nochmal anders entscheiden, und Beutel austauschen, jedoch dürfen sie insgesamt nicht weniger Beutel haben als zuvor.

Anschließend kann nochmal gewogen werden. Die Unterschiede werden nun diskutiert.

$$3 \cdot \text{Körpergewicht} = X_{mg} \cdot 10 = X_g$$

Man multipliziere das Körpergewicht der jeweiligen Mitspieler:in mal 3. Das Ergebnis entspricht der Gesamtzufuhr Nitrat [mg], die im Spiel nicht überschritten werden soll. Wir nehmen dieses mal 10, um es mit dem Gewicht der Beutel [g] gleichzusetzen. Xg entspricht dem Wert des Spielgeldes, welches an den/die jeweilige Spielende ausbezahlt wird.

Tabelle 1: Verschiedene Gewichtungen der Gemüsesackchen.
100g Füllgewicht korrespondieren zu 1000mg Nitratauswaschung im echten Gemüse.

Nitrat-Gemüsegarten Rechentabelle [g]			
Gemüse	Herkömmlicher Feldanbau	Biologischer Feldanbau	Gemüse aus dem Treibhaus
Kopfsalat	155	120	370
Radishesen	155	130	285
Radishesen	155	130	285
Kohlrabi	130	110	250
Endivie	105	110	kein Anbau
Spinat	85	95	kein Anbau
Karotten	50	20	kein Anbau

Diskussion und Erläuterungen:

Wenn die Spieler:innen jeweils ihre Beutel gewogen haben, und Unterschiede zwischen den Gemüsesorten bei verschiedenen Anbauarten bemerkt haben, ist der perfekte Zeitpunkt, um das Thema Nitrat im Anbau zu erklären.

Hier folgt man dem Prinzip Gewicht $\hat{=}$ Nitratauswaschung.

Es folgen Vorschläge je nach Alter des Spielers, um dieses Thema altersgerecht zu erklären: **Sehr junge Spieler:innen (4-10 Jahre):**

Hier wird in einfachen

Worten erklärt, was Nitrat ist. Also z.B. dass Pflanzen Dünger brauchen um zu wachsen (Kinder brauchen ja schließlich auch Essen, um zu wachsen). Wenn aber zu viel gedüngt wird, gibt es zu viel Nitrat im Grundwasser, ähnlich wie wenn man zu viel isst. Verschiedene Anbauarten brauchen verschieden viel Dünger. Die Idee ist nicht, dass die Kinder Nitrat fürchten, sondern dass ein Zusammenhang zwischen zu viel Düngen und Nitrat hergestellt wird.



Junge Spieler:innen (11-14 Jahre): Hier kann man mehr auf die unterschiedlichen Anbauarten eingehen, und erklären, dass diese jeweils andere Düngemittel und/oder Spritzmittel verwenden. Weiterhin kann erklärt werden, warum zwischen den Anbauarten ein Unterschied besteht, also z.B. dass im Treibhaus meist Gemüse außerhalb der saisonalen Anbauzeit angebaut wird, oder ähnliches.

Ältere Spieler:innen (ab 15 Jahren): Hier kann vertieft in das Thema Nitrat eingestiegen werden. Die Aufnahme in die Pflanzen kann thematisiert werden (also, dass Stickstoff in verschiedener Form von Pflanzen aufgenommen wird, aber dass gerade Nitrat zu einem großen Anteil ins Grundwasser gelangt, weil es schlecht vom Boden festgehalten wird), die Symbiose mancher Pflanzenarten mit Stickstoff-bindenden Bakterien, und die Folgen von zu viel Nitrat im Grundwasser.

Weitere Ideen:

Für jüngere Spieler:innen kann es hilfreich sein, sich dem Thema auch durch eine Kombination von Bastel- und Spielaktivitäten anzunähern und eigene Säckchen zu bemalen und zu befüllen.

Dafür sind unsere **Malschablonen** für diese Spieler:innen attraktiv!

Mit älteren Spieler:innen können Themen wie der Preis von unterschiedlich angebautem Gemüse und Konsumfragen (regionales und saisonales Gemüse versus Gemüse aus vielen unterschiedlichen Ländern z. B. im Supermarkt) diskutiert werden. Auch taktische Überlegungen können ins Spiel einbezogen werden, z. B. wie sehen Anbaumengen und Erträge der unterschiedlichen Gemüsearten aus? Ist es möglich, unterschiedlichen Gemüsesorten aus? Ist es möglich, Anbaumengen von Gemüse insgesamt zu maximieren ohne den Nitrataustrag zu erhöhen. Wie sieht es mit tierischen Produkten (Fleisch, Milch, Eier) und deren „Nitrat-Fußabdruck“ aus?

Landwirt sein ist komplex: Das Grundwasserspiel erklärt spielerisch die Zusammenhänge

Dieses Spiel soll Spieler:innen helfen, sich in die Realität von Landwirt:innen hineinzusetzen, indem möglichst viele Pflanzen mit hoher Punktezahl (= Wasser + Nitrat) geerntet werden, dabei aber möglichst wenig Nitrat in das Grundwasser gelangt. Hierbei soll ein 4-seitiger Würfel zufällige Wetterereignisse simulieren.

Das Spiel hat einen komplexen Aufbau, der den Einfluss von Wetterereignissen, Düngemittelzufuhr, Wahl der Anbausorte und die Rollen verschiedener Akteur:innen auf einen landwirtschaftlichen Betrieb möglichst akkurat darstellen soll. Deshalb eignet es sich äußerst gut für Kinder in höheren Klassen/ Altersstufen oder Erwachsene mit Lust an Brettspielen.

In der erweiterten Materialsammlung ist eine ausführliche Anleitung sowie alle Spielbausteine, alternative Spielbrettdesigns, Personas u. v. m. erhältlich.



Anleitung Grundwasserspiel analog und digital

Spielbeginn: Jede Gruppe würfelt ein Mal mit dem vierseitigen Würfel. Die Zahl gibt an, wie viele verschiedene Pflanzen gesät werden müssen, z.B. 4 = 4 verschiedene Pflanzen.

Auf dem Spielbrett (siehe übernächste Seite, Attallah, 2024) sind angegeben:

Die Spielrunde als Jahr/Monat mit Hinweis, in welchen Jahreszeiten die jeweilige Pflanze gesät werden kann.

Wetterereignisse, die durch das Würfeln entstehen.

Pflanzenarten und deren min. Wasserbedarf und max. Düngung.

- Ihre Eigenschaften werden in Tab. 2 angezeigt.

Das Spiel kann kompetitiv oder im Team gespielt werden, im

Team-Modus kann jede Gruppe 3 x im Spiel ein Nitratblöckchen

- aus dem eigenen Grundwasser zu einer Pflanze der anderen Gruppe leiten.

Die Spieldauer wird am Anfang des Spiels festgelegt, und der Startmonat/die Startsaison ausgewählt.

Tabelle 2. Merkmale zu verschiedenen Kulturpflanzen und deren Punkte im Spiel

Kulturen Eigenschaften						
Wasserbedarf	4	2	3	1	3	1
Max. Düngung	4	2	3	1	2	2
Dürre-resistenz	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja

- In jeder Runde wird einmal mit dem 4-seitigen Würfel gewürfelt. Die Auswirkungen des Würfels sind in Tabelle 3 ausgeführt.

Tabelle 3: Würfelereignisse im Spiel und ihre jeweiligen Auswirkungen.

Gewürfelte Zahl	1	2	3	4
Würfelereignisse	Regen und Nitrat- auswaschung	Regen und Stickstoff- fixierung	Dürre und Denitrifikation	Dürre und Stickstoff- fixierung
Auswirkungen	H ₂ O wird zum Oberboden hinzugefügt; NO ₃ - wird aus diesem entfernt.	H ₂ O und NO ₃ - werden zum Oberboden hinzugefügt.	H ₂ O und NO ₃ - wird vom Oberboden entfernt;	H ₂ O aus dem Oberboden wird entfernt; NO ₃ - wird diesem hinzugefügt.
Generelle Auswirkung	Alle NO ₃ - Plättchen sinken um 1 m; ein H ₂ O kann verschoben werden, um eine der gesäten Pflanzen zu bewässern.		Die nicht-dürre-resistenten Pflanzen verlieren ein Wasserplättchen.	

- Die Ernte erfolgt nur, wenn der Wasserbedarf einer Pflanze gedeckt ist. Ob zusätzlich bei gesättigtem Düngbedarf geerntet wird, ist Entscheidungssache, bringt aber mehr Gesamternte.
- Nach erfolgreicher Ernte säen Spieler:innen Zwischenfrüchte, um das im Boden verbliebene Nitrat aufzunehmen.
- Grenzwertüberschreitungen des Nitrats ergeben sich, wenn im Grundwasserspiegel die Anzahl der Nitratplättchen die der Wasserplättchen am Ende des Spiels übersteigt.
- Der Grundwasserspiegel ist im Herbst/Winter 3 Blöcke hoch, im Frühling/Sommer nur 2.

Wenn z.B. im Winter 9 Nitratblöcke übrigbleiben (=12 GW Blöcke), ist dies keine Überschreitung, im Sommer (=8 GW Blöcke), wird dies als Überschreitung gezählt.

Grundwasserspiel

Nitratscouts

Highscore

Einzel:

Wettbewerb:



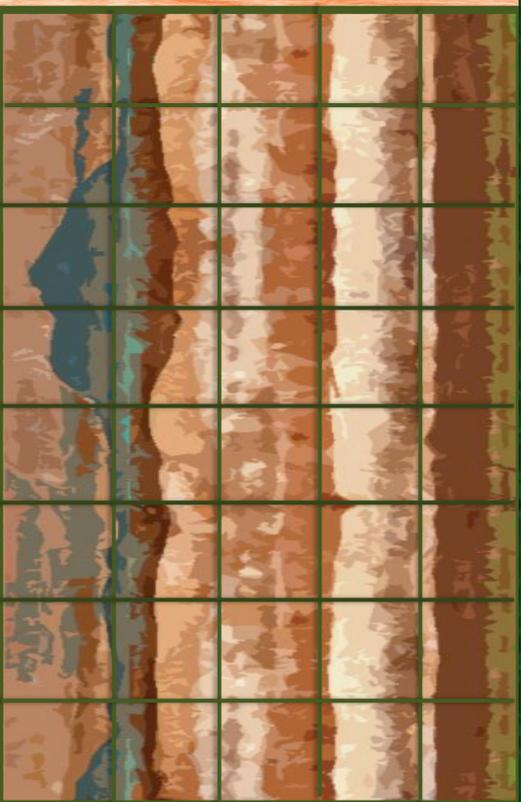
QR-Code zum Spielarchiv



Boden **Wasserbedarf und**
tiefe **minimale Düngung**

WA Ereignisse

Ergebnisse der
Vertommnisse



1m		3	2	4	4	3	3
3m		4	1	2	2	2	2
4m		1	1	2	2	1	1
5m	Wenn Regen eintritt, sinken alle Nitratscouts um 1 m. Falls Dürre auftritt, verlieren sie und Blumenkohl 1 Wurzelblock Gesamternte = geerntete Pflanzen + aufgebrauchter Dünger						

Denitrifikation/
Stickstofffixierung

Grundwasserspiegelbereich

1	+H ₂ O	-NO ₃ ⁻
2	+H ₂ O	+NO ₃ ⁻
3	-H ₂ O	-NO ₃ ⁻
4	-H ₂ O	+NO ₃ ⁻

WELCOME TO THE NITRATSCOUT GROUNDWATER GAME!

Online Spiel

Material

Die online-Version des Grundwasser-Spiels wurde mit dem Unity Programm entwickelt.

Methode

Um diese Version zu erstellen, haben wir die Regeln des Spiels etwas verändert und simpler gemacht.

Zwar gibt es noch den vier-Seitigen Würfel mit denselben Auswirkungen wie auf dem Spielbrett (siehe vorherige Seite), jedoch wandert das Nitrat nur einmal runter, um in das Grundwasser zu gelangen, und es gibt bisher nur einen Einzelspiel-Modus. Das Spielfeld hat 9 Anbauflächen (Abb. 11).

Um das Wachstum der Pflanzen in drei Schritten darzustellen, haben wir drei verschiedene Stadien animiert, die je nach Wasser- und Nitratzufuhr reifer werden.

Fazit

Diese Version des Spiels ist noch im Aufbau. Der Einfluss von Spielgeld, ähnlich wie das Gemüsemarktspiel, soll noch eingebettet werden, und das Spiel in deutscher Version verfügbar gemacht werden. In Workshops gab es bereits großes Interesse an dem Spiel.



Abbildung 11. Ansicht des online-Grundwasserspiels mit Spielfeld, Samenbank und Nitrat/Wasserblöckchen (Chabvuta, 2024)



Für dieses Modul wurden die öffentlich verfügbaren Hygrisc Datensätze des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW zu regionalen Grundwasser-Nitratdaten in Visualisierungstools umgewandelt, mit dem Ziel authentisches Lernmaterial zu erzeugen und persönlichen Bezug zu diesem Thema zu generieren.

Weiterhin wurden die in dem Modul "Umweltzusammenhänge" erstellten Bait Lamina Strip Ergebnisse zur vereinfachten und interaktiven Auswertung als App weiterentwickelt, und ein 3D-gedrucktes Mikroskop/Lupe, mit dem kleine Wasserorganismen beobachtet werden können, beschrieben.



Daten zugänglich machen durch Excel und online-Dashboard

Viele Umweltdaten sind öffentlich verfügbar. Dies gilt auch für Daten zu Konzentrationen von Nitrat im Grundwasser. Im Projekt wurde mit regionalen Daten gearbeitet, um den persönlichen Bezug zu der Problematik zu erleichtern.

Die Nutzer:innen können selbstständig die Daten erkunden (Abb. 12) und z.B. herausfinden, wo die höchsten und wo die niedrigsten Konzentrationen gemessen wurden, wie sich die Werte zeitlich unterscheiden und Schwankungen erkennen. Dadurch können sie lokale Zusammenhänge besser verstehen. So können die Tools den Nutzer:innen z.B. Aufschlüsse darüber geben, ob Werte in landwirtschaftlichen Bereichen höher liegen, und welche Unterschiede in den Messdaten es zwischen den Jahreszeiten gibt.

In der erweiterten Materialsammlung wird ein Link zum Abrufen der Excel-Dateien und des online-Dashboards verfügbar sein.



Abbildung 12. Excel-Visualisierungen im Workshop erklärt, bevor sie selber ausprobiert werden. Foto D. Lud.

Datenvisualisierungen zu Nitrat im Grundwasser

1

Excel Nitratdatenvisualisierung

Excel-Tools wurden auf Grundlage des Hygrisc Datensatzes des LANUV für die beiden Landkreise Kleve und Wesel erstellt. Diese Tools bieten interaktive Möglichkeiten, um einzelne Jahre, Landkreise, Städte und Jahreszeiten zu selektieren, und die Ergebnisse als Balkendiagramm und Tortendiagramm zu sehen (Abb. 13 und 14).

Die Nutzung von Excel-basierten Tools auf vorbereiteten mitgebrachten Laptops hat sich in mehreren Schüler:innenworkshops als sehr userfreundlich und leicht erlernbar erwiesen. In der erweiterten Materialsammlung ist ein Zugangslink zu allen Excel-Tabellen enthalten.

Material

Der Hygrisc Datensatz des LANUV wurde in Excel überführt:

Bitte probiereres aus! indem du auf den folgenden Timeliner und Slicer klickst, um Daten in einer bestimmten Region zu einer bestimmten Zeit zu beobachten

Landkreis
Kleve

Städte
Kleve

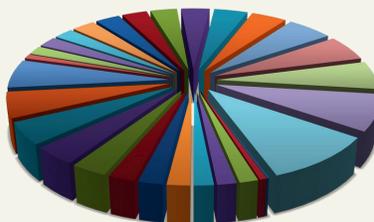
JAHRE
2021 2022 2023

Jahreszeit
Herbst

Räumliche/
geografische
Dimension

Zeitliche
Dimension

Tortendiagramm zur Darstellung der Dichte und des Durchschnittswerts



Landkreis	Städte
■	Wesel Dinslaken
■	Wesel Voerde
■	Wesel Neukirchen-Vluyn
■	Wesel Kamp-Lintfort
■	Wesel Moers
■	Wesel Wesel
■	Wesel Rheinberg
■	Wesel Alpen
■	Wesel Schermbeck

Abbildung 13. Bedienfeld und Tortendiagramm der Excel-Visualisierung für die Jahre 2021-23 (Regmi, 2024)

Methode

Im interaktiven Diagramm können Jahre, Jahreszeiten, Städte und Landkreise ausgewählt, und als Pivot-Tabelle, Torten- und Balkendiagramm dargestellt werden (Abb. 13 und 14). So werden Unterschiede visuell attraktiv dargestellt.

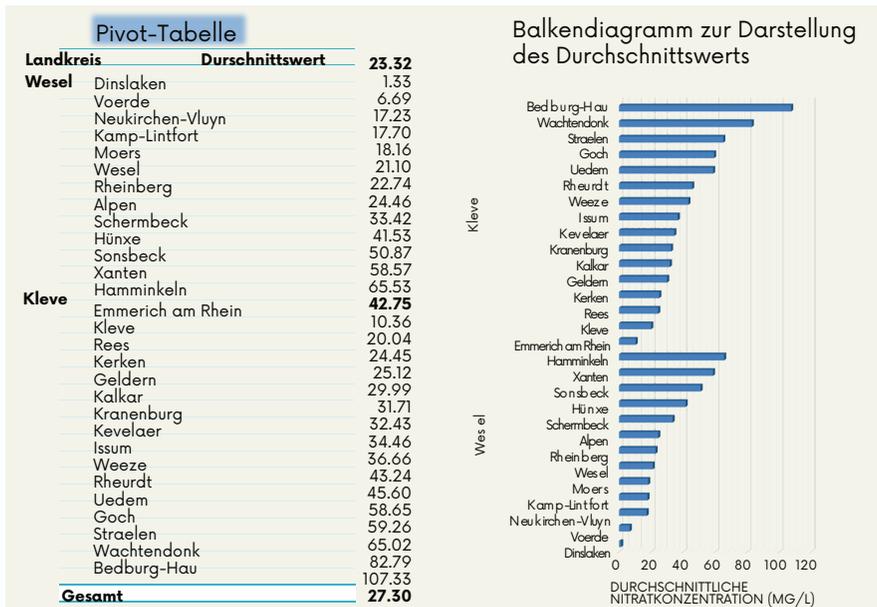


Abbildung 14. Pivot-Tabelle und Balkendiagramm der Excel-Visualisierung für die Jahre 2021-23 (Regmi, 2024)

Fazit

Diese Art der Darstellung ist vor allem für Landwirtschafts-schüler:innen und facherfahrene Akteur:innen von Interesse. Da es sich um eine Excel-Tabelle handelt, ist dieses Produkt gut geeignet, um offline bearbeitet zu werden. Jedoch sind die Tabellen nicht einfach veränderbar. Aus dem Grund wurden sie in ein Online-Dashboard überführt (siehe nächste Seite).

a) Drag and drop file here
Limit 200MB per file • XLSX, XLS

Browse files

b)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	messstelle_id	datum_pn	stoff_nr	messergebnis_c	masseinheit	e32	n32	gemeinde_id	landkreis	städte	season
2	80201556	1987-02-23 00:00:00	1244	0.8854 mg/l		310317	5693030	5154052	Kleve	Straelen	winter
3	80201556	1984-06-18 00:00:00	1244	4.427 mg/l		310317	5693030	5154052	Kleve	Straelen	summer
4	80201556	1986-09-02 00:00:00	1244	0.8854 mg/l		310317	5693030	5154052	Kleve	Straelen	autumn

Abbildung 16. a) Button zum Hochladen eigener Datensätze und b) Demo-Excel-Tabelle (Regmi, 2024)

Fazit

Das Dashboard ist ähnlich interaktiv wie die Excel-Tabelle, jedoch bereitet das Hochladen eigener Daten einen sehr interessanten Aspekt, der Lernenden ermöglicht, eigene Daten zu visualisieren. Generelle Aussagen zu den Nitratkonzentrationen können einfach gemacht werden, und auch einzelne Jahre oder die Werte in der eigenen Stadt einfach beobachtet werden (Abb. 17).

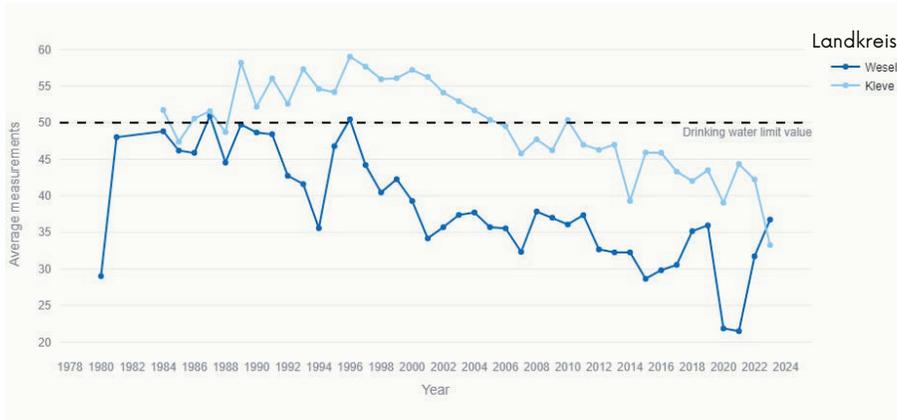


Abbildung 17. Liniendiagramm der Durchschnittlichen Nitratkonzentrationen pro Jahr, mit Markierung zur Trinkwasserobergrenze für die Landkreise Kleve und Wesel (Regmi, 2024)

Bait Lamina Sticks interaktiver gestalten mit Dashboard und App



Abbildung 18. Grafik zur Übersicht der Funktionsweise der Bait Lamina Sticks (Bhattarai, 2024)

Bait Lamina Sticks liefern aussagekräftige Daten: Viele Datenpunkte für die Aktivität von Bodenorganismen können gesammelt, und einfach ausgewertet werden. Da das Feedback für die Auswertungstabellen (Seite 11) ergab, dass diese Methodenauswertung langwierig sein kann, entwickelten wir eine attraktive und interaktive App, erstellten in dem Dashboard integrierte Grafiken zur Funktionsweise und Auswertung (Abb. 18). Das Dashboard ist über einen Link in der erweiterten Materialliste zugänglich, oder über folgenden QR-Code:



Material

Die App wurde anhand eines scroll-Dashboards erstellt, bei dem die Inhalte durch Herunterscrollen und Swipen angezeigt werden, wie z.B. die Darstellung zur Fressaktivität in Abb. 19.

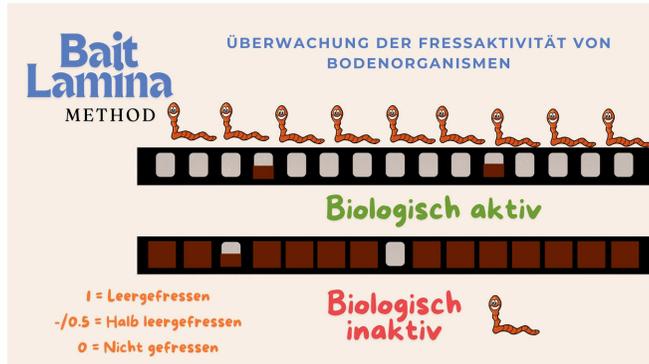


Abbildung 19. Grafik zur Darstellung der biologischen Aktivität mittels Bait Lamina Sticks (Bhattacharai, 2024)

Methode

Hier können die einzelnen Löcher digital eingegeben werden, und werden automatisch als Punktediagramm dargestellt (Abb. 20). Ein Bericht kann generiert und heruntergeladen werden.

Fazit

Diese Art der Auswertung ist spannend und interaktiv, und bietet Gelegenheit, die Bait Lamina Sticks und Bodenorganismen zu erklären, und deren Bedeutung klarzumachen.

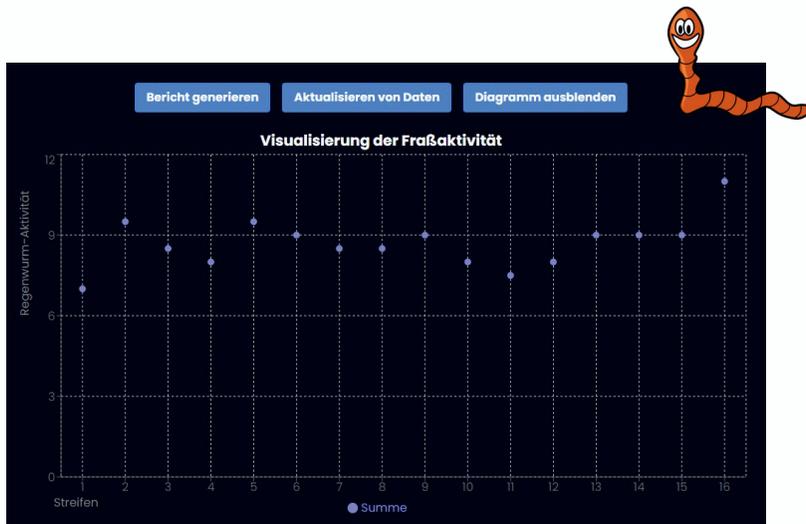


Abbildung 20. Visualisierung der Fraßaktivität nach Bodentiefe als Punktediagramm (Bhattacharai, 2024)

Ein 3D-gedrucktes Mikroskop funktioniert nicht nur gut, sondern zeigt, wie es funktioniert.

Um kleine Bodenorganismen und Wasserorganismen besser erkennen zu können, wurde in den Workshops ein günstiges und selber druckbares Mikroskop verwendet.

Das Design und die Entwürfe des Mikroskops stammen aus dem "OpenFlexure project". Dieses Open Source Projekt hat sich zum Ziel gesetzt ein hochpräzises mechanisches Verstell-System jedem, der Zugang zu einem 3D-Drucker hat, zugänglich zu machen. Darüber hinaus liefert das Projekt den Ansatz, dieses System in einem Mikroskop zu nutzen.

Material

Dieser Mikroskop-Bausatz dient als Basis. Für die Nutzung im Nitrat-scouts Projekt wurde sowohl eine eigene Anleitung geschrieben, als auch der Bauprozess vereinfacht um die Bauzeit für die Workshops auf ein Minimum zu reduzieren.

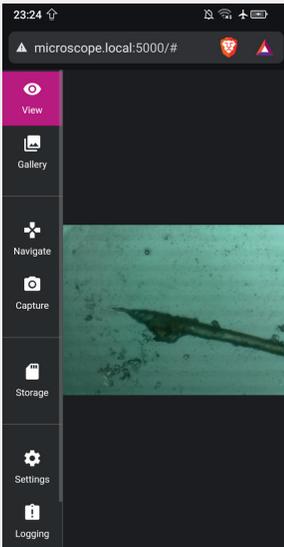


Abbildung 22. Smartphone Screenshot

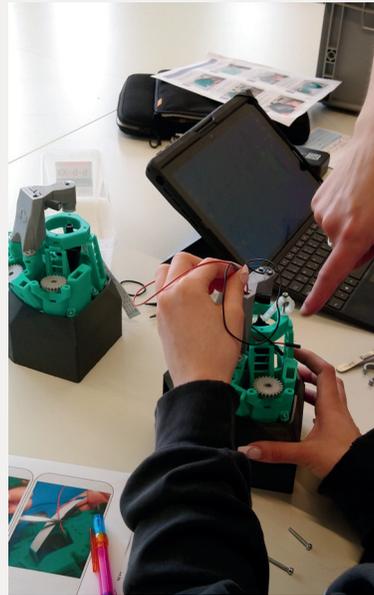


Abbildung 21. Das 3D-Mikroskop im Aufbau

Das Betriebssystem des Raspberry Minicomputers wurde so angepasst, dass das Bild des Mikroskops kabellos direkt nach dem Start übertragen wird (Abb. 21). Dadurch ist es möglich das Bild z.B. auf einem Smartphone anzuzeigen (Abb. 22).

3D-gedrucktes Mikroskop

Methode

Die insgesamt 9 zuvor im 3D-Drucker hergestellten Teile werden anhand der Anleitung in knapp 40 bebilderten Einzelschritten zu einem funktionierenden Mikroskop zusammengesetzt. Neben den Teilen aus dem Drucker, werden noch Sechskant-Schrauben in unterschiedlichen Dimensionen benötigt. Als Werkzeug wird lediglich ein 2,5er Innensechskant Schlüssel, sowie ein kleiner Schlitzschraubendreher benötigt.

Das Herzstück des Mikroskops bildet ein Raspberry Pi 3 Model B+ Minicomputer in Verbindung mit einem Pi-Kameramodul. Als Lichtquelle dient eine weiße LED, welche über den Raspberry mit Strom versorgt wird.



Pin No.	
3.3V	1 2 5V
GPIO2	3 4 5V
GPIO3	5 6 GND
GPIO4	7 8 GPIO14
GND	9 10 GPIO15
GPIO17	11 12 GPIO18
GPIO27	13 14 GND
GPIO22	15 16 GPIO23
3.3V	17 18 GPIO24
GPIO10	19 20 GND
GPIO9	21 22 GPIO25
GPIO11	23 24 GPIO8
GND	25 26 GPIO7
DNC	27 28 DNC
GPIO5	29 30 GND
GPIO6	31 32 GPIO12
GPIO13	33 34 GND
GPIO19	35 36 GPIO16
GPIO26	37 38 GPIO20
GND	39 40 GPIO21

Abbildung 24. Pin-out des Raspberry Pi

Das Mikroskop besitzt drei Stellschrauben mithilfe derer der Objektstisch sowohl in X und Y-Richtung verschoben, als auch die Kamera auf das Objekt fokussiert werden kann.

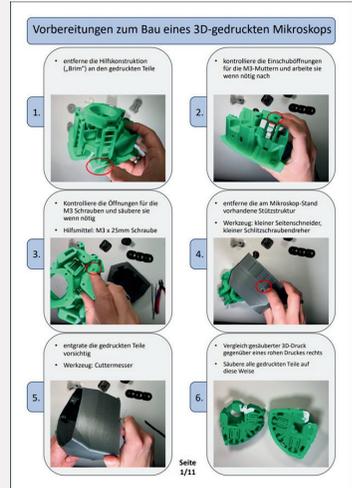


Abbildung 23. Auszug aus der Anleitung

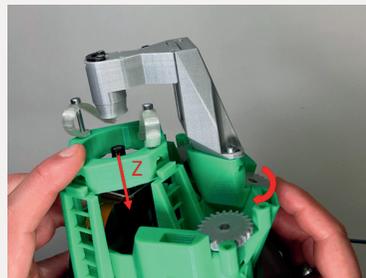


Abbildung 25. Stellschrauben des Mikroskops

Die Software für den Raspberry kann ebenfalls auf der Projektseite heruntergeladen werden. Bevor sie auf die micro SD-Karte übertragen wird, wird es allerdings so modifiziert, dass der Raspberry nach dem Hochfahren ein eigenes WLAN-Netz startet. In dieses kann sich dann mit einem WLAN fähigen Gerät eingeloggt und über den Browser das Kamerabild abrufen werden.

Fazit

Wenn ein 3D-Drucker verfügbar ist, ist dieses Mikroskop relativ leicht herzustellen und zusammenzubasteln. Da es zusammengebaut werden muss, lernen Schüler:innen und Studierende den Aufbau eines Mikroskops selber kennen. Weiterhin können Organismen und Strukturen aus eigenen Proben beobachtet werden, und somit zu besserem Umweltbewusstsein führen. Im Vergleich zu einem klassischen Mikroskop ermöglicht es das digitale Mikroskop, Aufnahmen des Gesehenen zu erstellen. Diese erleichtern nicht nur das Auswerten, sondern auch das Dokumentieren.

Der Vorteil in der Nutzung des Rasperrys besteht darin, dass er es möglich macht das Bild der Kamera kabellos zu übertragen.

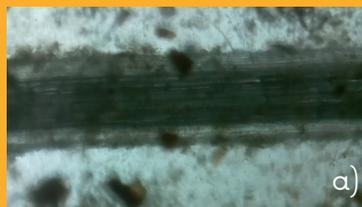
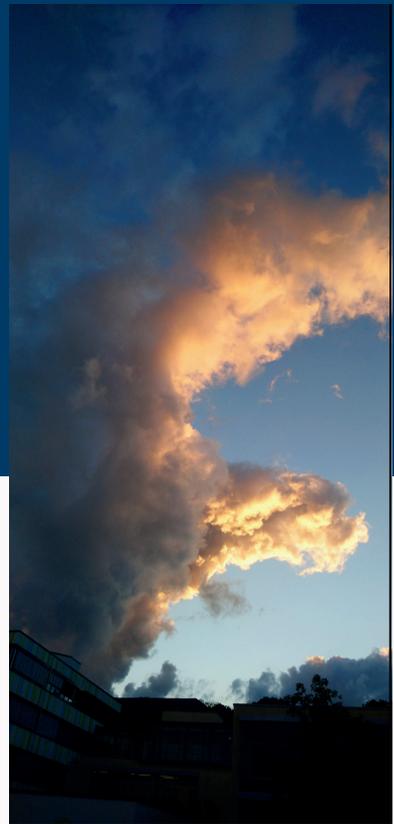


Abbildung 26. Beispiele zu Beobachtungen:
a) Wurzel, b) Fadenalge und Muscheln

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Für die entwickelten Tools konnte Feedback von Lernenden und Lehrenden gesammelt werden, sodass Grundlagen für diese und weitere (wissenschaftliche) Publikationen gelegt werden konnten.

Die online-Version dieses Readers enthält erweiterte Materiallisten und Ergebnisse, die den genauen Aufbau und Durchführung der Lehr- und Lerntools enthalten. Diese erfassen zum Beispiel Spielblöcke, Programmierungstools, Einverständniserklärungen und weitere detaillierte Produkte, die für das selber herstellen wichtig sind. Diese können gerne für nicht-kommerzielle Zwecke verwendet und modifiziert werden, solange die Autor:innennamen und Quellenangaben erwähnt werden.





Green FabLab

