

Pflanzen in Bewegung

Darstellung einer interaktiven, multimedialen und differenzierten Lerneinheit zur Thematik *Bewegungsphysiologie von Pflanzen*

Luisa Henze¹ & Monique Meier²

¹ Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Am Kleinen Felde 30, 30167 Hannover, luisa.henze@stud.uni-hannover.de

² Technische Universität Dresden, Professur für Didaktik der Biologie, Zellescher Weg 19, 01069 Dresden, monique.meier@tu-dresden.de

Pflanzen bewegen sich – Während diese kurze Aussage bei manchen zu Erstaunen, Verwunderung oder sogar Unglaube führen kann, haben manch andere womöglich bereits konkrete Vorstellungen zu den vielfältigen Bewegungsformen von Pflanzen. Die in diesem Beitrag vorgestellte interaktive, multimediale Lerneinheit knüpft an die Vorstellungen von Lernenden zur Bewegungsphysiologie von Pflanzen an. Dabei erweitern Lernende des 5. und 6. Jahrgangs ihre Vorstellungen zu dieser spannenden Thematik durch wissenschaftliches, systematisches Beobachten und Schlussfolgern. Entlang des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges können sie verschiedene Pflanzenbewegungen beobachten und deren ultimate Funktion diskutieren. Die zentrale mediale Technologie stellen in der digitalen Lerneinheit Videos dar, die um interaktive sowie multimediale Elemente erweitert sind. Eine Differenzierung innerhalb der Lerneinheit wird neben unterschiedlichen medialen Zugängen insbesondere durch die Orientierung an Schülervorstellungen zur Bewegung von Pflanzen umgesetzt. Die Lerneinheit ermöglicht eine selbstgesteuerte Einzelarbeit in synchroner oder asynchroner Durchführung im / zum Klassenunterricht.

Stichwörter: Interaktivität, digitale Lernmedien, Lernvideos, Multimedia, Beobachtung, Differenziertes Lernen, Pflanzenbewegung, Schülervorstellungen

1 Einleitung

Digitalisierung – Sie betrifft alle Lebensbereiche der Menschen. Entwicklungen für und im schulischen Bildungsbereich bei der Gestaltung von Unterricht zu berücksichtigen, ist unumgänglich. Dem Erziehungs- und Bildungsauftrag der Schulen zu entsprechen, ist die Befähigung der Lernenden „[...] zu einer aktiven und verantwortlichen Teilhabe am kulturellen, gesellschaftlichen, politischen, beruflichen und wirtschaftlichen Leben [...]“ (KMK, 2017, S. 10) auch an die Integration digitaler Technologie in das Lehren und Lernen im Fach gebunden. Nicht zuletzt wurde diese Relevanz durch die Covid-19-Pandemie sehr deutlich (Gerke & Wegner, 2021). Als traditionelles, digitales Lernmedium des naturwissenschaftlichen Unterrichts gilt das Video, mit

welchem Fachinhalte vorwiegend dynamisch visualisiert bzw. präsentiert werden (Sauli et al., 2018; Meier et al., 2022). Hierbei ist der Lernende zumeist passiver Rezipient des im Video dargestellten Fachinhalts, d.h. eine aktive Interaktion zwischen Lernendem und Videoinhalt findet in der Darbietung der Inhalte nicht statt (Sauli et al., 2018). Dieses passive Rezipieren von digital dargebotenen Inhalten ist im Zuge der Integration digitaler Medien in den Unterricht häufig anzutreffen (Sauli et al., 2018) und nicht selten mit einem eher lehrerzentrierten und weniger schüleraktivierenden Unterricht verbunden (Blömeke et al., 2006). Für den digital gestützten Biologieunterricht ist es herausfordernd, das Potenzial digitaler Technologien für das fachliche Lernen abzuleiten und zu nutzen, um kognitive Lernprozesse zu unterstützen, zu vertiefen oder auch erst zu ermöglichen (Blömeke et al., 2006; Kerres, 2000). Bezogen auf den Videoeinsatz gilt es, die technologischen Errungenschaften u.a. in der intuitiv-einfachen Produktion und Bearbeitung von Bewegtbildern (Zeller & Meier, 2022) sowie die softwarebasierten Möglichkeiten zur Verknüpfung unterschiedlicher digitaler, multimedialer Elemente in der Gestaltung von videobasierten Lernzugängen zu nutzen (Weinert et al., 2021). In der Folge können Lernende über die Einbettung bzw. Verknüpfung von multimedialen, interaktiven Elementen in Videos (oder auch zwischen verschiedenen Videoclips) aktiv mit den Videoinhalten interagieren (Meier et al., 2022; Weinert et al., 2021), wodurch es zu einem besseren Verständnis des Videoinhaltes sowie zu einem gesteigerten Lerneffekt seitens der Lernenden kommen kann (Balzert, 2016). Neben Bildern, Texten und Audios, die selbstgesteuert aufgerufen werden können oder obligatorisch im Zuge spezifischer Merkmale der Lernenden im Video erscheinen, können auch Quizfragen oder Hyperlinks zu weiteren Informationsquellen das Lernen mit dem Videoinhalt unterstützen (Weinert et al., 2021). Infolgedessen verändert sich der Charakter des Mediums Video hinzu interaktiven Lerneinheiten (Weinert et al., 2021), die je nach Ansprache und Aufgabenformaten in den Videos von Lernenden im Team oder einzeln aktiv selbstgesteuert genutzt werden (Köster, 2018). Bereits Ende der Achtziger konnten Schaffer und Hannafin (1986) zeigen, dass Videos mit anschließenden Lernaufgaben zu einem höheren Lernerfolg führen. Mit der zeitlich direkten Verknüpfung von integrierten Aufgaben mit dem Videoinhalt bleibt u.a. der Lernfluss aufrecht, differenzierte Formate können lernerspezifisch, wie z.B. in unterschiedlichen Repräsentationen des Inhaltes dargeboten werden. Der Einsatz von digitalen (videobasierten) Lerneinheiten im Unterricht ermöglicht es, den Herausforderungen des Unterrichts – zeitlich und organisatorisch aufwendige Untersuchungen sowie heterogene Lerngruppen mit unterschiedlichen Voraussetzungen – adäquat zu begegnen (Zeller & Meier, 2022).

Mit den technologischen Möglichkeiten treten jedoch auch neue Herausforderungen zu Tage, die u.a. die Gestaltung von digitalen Lernmedien betreffen. Nicht anders als bei analogem Material darf auch bei der Vielzahl an digitalen Funktionalitäten und Repräsentationsformen das digitale Lernmedium bzw. die Lerneinheit nicht zur Überforderung bei Lernenden führen (Horz, 2009; Mayer, 2001). Für die im Folgenden vorgestellte interaktive, digitale Lerneinheit *Pflanzen in Bewegung* ist kognitionspsychologisch begründet die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) von Mayer, mit dem Anliegen, die Lerneinheit lernwirksam sowie kognitiv nicht überlastend zu gestalten, von großer Relevanz. Unter Berücksichtigung verschiedener Gestaltungsprinzipien

der CTML ist es Lernenden möglich, aktiv und bedeutungsvoll zu lernen (Mayer, 2001; siehe Kap. 4).

Aus didaktisch-instruktionalen Gesichtspunkten ermöglicht die Lerneinheit selbstreguliertes Lernen in eigenem Tempo und bietet eine abwechslungsreiche sowie klar strukturierte multimediale Gestaltung. Darüber hinaus wurden in der Lerneinheit die vielfältigen Interessen und Vorstellungen von Lernenden im Sinne der inneren Differenzierung berücksichtigt (Krüger & Meyfarth, 2009; siehe Kap. 3.1). Zusammenfassend wird mit der vorgestellten Lerneinheit ein nachhaltiger Wissenserwerb, der durch digitales, selbstgesteuertes und multimediales Lernen sowie durch eine aktive Interaktion mit dem Lerninhalt ermöglicht wird, anvisiert. Dabei wird durch die Differenzierung nach Schülervorstellungen das selbstständige und individualisierte Arbeiten der Lernenden unterstützt, welches sich auch auf den Lernerfolg positiv auswirken kann (Joller-Graf, 2010).

2 Sachinformationen

2.1 Bewegungsphysiologie von Pflanzen

Unter Pflanzenbewegungen sind Orts- und Lageveränderungen von Organellen, Zellen oder Organen von ortsgebundenen Pflanzen oder frei beweglichen einzelligen Grünalgen zu verstehen. Dabei lassen sich die Bewegungen von Pflanzen in drei Klassen einteilen (Kutschera, 2002):

- (1) *Induzierte (aitionome) Bewegungen* werden durch äußere Reize ausgelöst. Hierzu zählen unter anderem Nastien und Tropismen. Nastien sind Bewegungen von Pflanzenzellen, -geweben oder -organen, die abhängig von der Anatomie des Bewegungsapparats und somit unabhängig von der Richtung des Reizes erfolgen. Diese Bewegungen beruhen auf reversiblen, wiederholbaren Turgorveränderungen zwischen Zellen oder Geweben, sodass es zu einem Wechsel zwischen Wasseraufnahme und -abgabe kommt (Kutschera, 2002; Sonnewald, 2021). Zu nastischen Bewegungen gehören oszillatorische Bewegungen, welche der Tag-Nacht-Rhythmik entsprechen und auch als Photonastien bezeichnet werden können (siehe *Trifolium pratense*), sowie rasche, einmal ablaufende Bewegungen (siehe *Mimosa pudica* und *Dionaea muscipula*) (Kutschera, 2002; Jäger et al., 2003). Tropismen sind hingegen Bewegungen, die gerichtet in Reizrichtung erfolgen. Da sie auf einem differentiellen Flankenwachstum in den Wachstumszonen der gegenüberliegenden Organhälften beruhen, sind sie irreversibel. Beispielhaft lässt sich hier der Gravitropismus (siehe *Triticum aestivum*) anführen (Kutschera, 2002; Sonnewald, 2021).
- (2) *Endogene (autonome) Bewegungen* werden nicht von Außenfaktoren hervorgerufen. Hierzu zählen unter anderem Schlafbewegungen, sogenannte Nyctinastien, die auf Turgorbewegungen beruhen (Sonnewald, 2021). Da diese Prozesse innerhalb von 24h

ablaufen, werden sie auch als circadiane Rhythmen oder tagesperiodische Bewegungen bezeichnet. Hierbei ist anzumerken, dass die bereits genannten nistischen Bewegungen, die durch den Hell/Dunkel-Wechsel ausgelöst werden, meist auch ohne exogene Faktoren ablaufen und somit zu Nyctinastien zählen (siehe *Trifolium pratense*) (Kutschera, 2002).

- (3) Zudem werden noch *mechanische Bewegungen* zusammengefasst, wie z.B. Turgor-Schleuderbewegungen, durch welche es zur Freisetzung und Ausbreitung von Pollenkörnern, Sporen sowie Samen kommt (Kutschera, 2002).

Gravitropismus bei *Triticum aestivum*

Der Gravitropismus beschreibt eine Wachstumskrümmung von Pflanzenorganen in eine bestimmte Richtung abhängig von der Schwerkraft (Sonnewald, 2021). Pflanzenwurzeln wie die von der Weizenpflanze wachsen in Richtung der Schwerkraft. Sie wachsen positiv gravitrop.



Negativ gravitrop – entgegen der Schwerkraft – wächst hingegen der Hauptspross der Pflanze (Jäger et al., 2003; siehe Abbildung 1). Seitensprosse und Blätter wachsen häufig in einem bestimmten Winkel zur Schwerkraft (Kutschera, 2002). Die gravitropen Reaktionen von insbesondere dem Spross und der Wurzel sind für das Überleben der Pflanze äußerst wichtig: Durch die positiv gravitrope Wachstumsrichtung der Wurzeln werden die Aufnahme von Wasser und Ionen aus der Erde sowie die Verankerung der Pflanze im Boden gewährleistet. Das Wachstum des Sprosses entgegen der Schwerkraft ist für das Betreiben von Photosynthese essenziell (Kutschera, 2002).

Abbildung 1. Negativer Gravitropismus bei *Triticum aestivum* (Bildquelle: Bosse Althaus & Luisa Henze).

Thigmonastie und Seismonastie bei *Mimosa pudica*

Werden die Fiederblättchen von *Mimosa pudica* (siehe Abbildung 2) z.B. durch Wind oder Berührungen gereizt, kommt es zu einem raschen Zusammenklappen dieser. Auch die Blattstiele klappen nach unten, bei sehr starker Reizung erfolgt zudem ein Sinken der Sprossachse. Nach ca. 15–20 Minuten ist die Mimosenpflanze erneut reaktionsfähig (Sonnewald, 2021). Über die ultimate



Funktion der Bewegung der *Mimosa pudica* wird u.a. vermutet, dass das Einklappen der Blätter bei Wind Wasserverlust über Transpiration verringern kann. Auch ein Schutz vor Fressfeinden durch eingeklappte Blätter ist denkbar. Die beschriebene Reaktion zeigt sich bei *Mimosa pudica* auch bei Temperaturveränderungen (Thermonastie) oder Verletzungen (Traumatonastie) (Kutschera, 2002).

Abbildung 2. *Mimosa pudica* (Bildquelle: Bosse Althaus & Luisa Henze).

Thigmonastie bei *Dionaea muscipula*

Nicht nur *Mimosa pudica* reagiert auf Berührungsreize mit Bewegungen der Pflanzenorgane, sondern auch *Dionaea muscipula*. Durch die zweifache Reizung einer Fühlborste oder mehrfache Reizung verschiedener Fühlborsten, die auf der Innenseite der Blatthälften der Venusfliegenfalle liegen, klappen die Blatthälften zusammen (Kutschera, 2002). Das Fangblatt ist nach einigen Stunden erneut reaktionsfähig. Falls jedoch ein Beutetier, das die Reaktion ausgelöst hat, gefangen wurde, bleiben die Blatthälften über einen Zeitraum von mehreren Wochen geschlossen (siehe Abbildung 3). Das Insekt wird durch Einwirken von Enzymen verdaut (Sonnewald, 2021). Neben



den über Fotosynthese gebildeten Nährstoffen wird mit dem Fangen und Verdauen von Insekten eine zusätzliche Nährstoff- und Mineralsalzaufnahme möglich. Diese ist für die Pflanze entscheidend, da sie auf salzarmen Böden in einigen Regionen Nordamerikas verbreitet ist und kein ausgeprägtes Wurzelsystem besitzt (Kutschera, 2002).

Abbildung 3. Gefangenes Beutetier in einem Fangblatt von *Dionaea muscipula* (Bildquelle: Bosse Althaus & Luisa Henze).

Photonastie und tagesperiodische Blattbewegung bei *Trifolium pratense*



Die Fiederblättchen von Kleearten wie *Trifolium pratense* (siehe Abbildung 4) oder *Trifolium repens* führen tagesperiodische Laubblattbewegungen aus, nyctinastische Schlafbewegungen genannt, welche auch zu Photonastien gehören (Jäger et al., 2003). Durch die vom Licht abhängigen Öffnungs- und Schließbewegungen sind die Fiederblättchen des Wiesenklees am Tag waagrecht ausgebreitet (Tagstellung) und bei Nacht vollständig zusammengeklappt (Nachtstellung) (Kutschera, 2002). Auch bei dieser Pflanzenbewegungen können nur Vermutungen über die ultimate Funktion angeführt werden: Über die ausgebreiteten Blätter ist es naheliegend, dass mehr Licht aufgenommen wird, wodurch die Fotosyntheserate der Pflanzen gesteigert werden kann (Minorsky, 2019). Hingegen dienen eingeklappte Blätter dem Schutz vor Kälte (Simons, 1994).

Abbildung 4. *Trifolium pratense* (Bildquelle: Bosse Althaus & Luisa Henze).

3 Die interaktive, digitale Lerneinheit *Pflanzen in Bewegung*

3.1 Konzeptioneller Aufbau

Die interaktive, multimediale, differenzierte Lerneinheit *Pflanzen in Bewegung* ist für die untere Mittelstufe konzipiert und wurde mit der Webanwendung *genially* (<https://genial.ly/de/>) erstellt. Zentrale mediale Elemente der Lerneinheit sind kurze Videos von Pflanzenbewegungen, mit denen die Lernenden eine Beobachtung durchführen (siehe Kap. 3.2). Die Videos wurden anteilig in Kooperation mit der Universität Siegen (2022; Dr. Björn Hendel & Richard Sannert) angefertigt. Die inhaltliche und digitale Grundstruktur bilden vier verschiedene Lernpfade, die sich auf unterschiedliche Formen der Pflanzenbewegung beziehen (siehe Kap. 2.1). Entscheidend für die Auswahl dieser waren von Lernenden häufig formulierte Vorstellungen zur Bewegung von Pflanzen. Lernende des fünften bis siebten Jahrgangs führen auf die Frage, ob und wie Pflanzen sich bewegen, vornehmlich die Wachstumsbewegung, die Bewegung im bzw. durch Wind, die Bewegung durch Berührungsreize, die Bewegung durch die Sonne bzw. im Tagesverlauf sowie keine Pflanzenbewegung an (Heidemann, 2022; Meier, 2022). In der Lerneinheit können die Lernenden passend zu ihren eigenen Vorstellungen einen von vier Lernpfaden auswählen (siehe Abbildung 5; siehe Kap. 3.2).

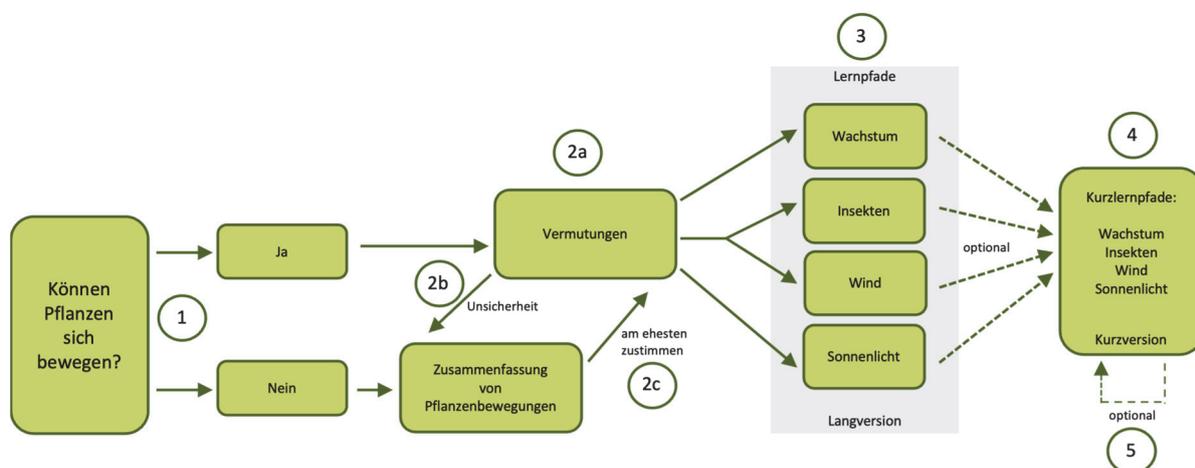


Abbildung 5. Konzeptioneller Aufbau der digitalen Lerneinheit *Pflanzen in Bewegung*.

Die digitale Lerneinheit startet mit einem kurzen visuellen Einstiegstrailer von einer Blumenwiese. Im Anschluss werden die Lernenden mit der zentralen Fragestellung *Können Pflanzen sich bewegen?* konfrontiert (1: siehe Abbildung 5), in dessen Beantwortung die grundlegende Vorstellung zu Pflanzenbewegungen angesprochen wird. Falls die Lernenden der Meinung sind oder auch entsprechendes Vorwissen besitzen, dass sich Pflanzen bewegen können, werden sie dazu aufgefordert, zu vermuten, wie sich Pflanzen bewegen (2a: siehe Abbildung 5). Dazu wählen sie eine von drei Vermutungen aus: *Pflanzen bewegen sich, indem sie wachsen; Pflanzen bewegen sich,*

wenn sie von Wind oder einem Insekt berührt werden oder Pflanzen bewegen sich, indem sie ihre Blüten öffnen, wenn die Sonne auf sie scheint, und sie schließen, wenn die Sonne nicht mehr auf sie scheint. Falls die Lernenden keiner der drei Vermutungen zustimmen können oder wollen, wird ihnen ein zusammenfassendes Video von allen in der Lerneinheit behandelten Pflanzenbewegungen dargeboten (2b: siehe Abbildung 5), worauf sie nachfolgend nochmal die Möglichkeit haben einer der Vermutungen zuzustimmen (2c: Abbildung 5). Nach Auswahl der jeweiligen Vermutung beginnt die Bearbeitung des entsprechenden Lernpfads (3: Abbildung 5).

Lernpfad: Pflanzen bewegen sich, indem sie wachsen.

Wählen die Lernenden die Vermutung *Pflanzen bewegen sich, indem sie wachsen* aus, sehen sie zunächst eine Zeitrafferaufnahme zur Keimung von Kresse, um zu überprüfen, ob die in diesem Lernpfad präsentierte Pflanzenbewegung ihrer Vorstellung auch tatsächlich entspricht. Lernenden des fünften und sechsten Jahrgangs sind Keimungsexperimente aus dem Biologieunterricht i.d.R. bekannt (z.B. Niedersächsisches Kultusministerium, 2015), insofern wird dieser Lernpfad vermutlich häufig ausgewählt. Wenn sich die Lernenden solch eine Bewegung unter der ausgewählten Vermutung vorgestellt haben, startet der Lernpfad *Wachstum: Bewegen sich Pflanzen, indem sie wachsen?* Wenn nicht, bietet die Lerneinheit die Auswahlmöglichkeiten, entweder trotzdem dem Lernpfad zu folgen und mehr über die Wachstumsbewegung von Pflanzen zu erfahren oder eine andere Pflanzenbewegung zu wählen. Dieser Aufbau ist bei allen Lernpfaden identisch. Grundlegend beobachten die Lernenden in dem Lernpfad *Wachstum* die Wachstumsbewegung von der Keimwurzel sowie dem Keimstängel eines Weizenkorns in Abhängigkeit von der Schwerkraft (siehe Arbeitsmaterial: Beobachtungsprotokoll Wachstum).

Lernpfad: Pflanzen bewegen sich, wenn sie von Wind oder einem Insekt berührt werden.

Wenn die Vermutung *Pflanzen bewegen sich, wenn sie von Wind oder einem Insekt berührt werden* gewählt wird, ist zunächst ein Video zu sehen, in welchem die Pflanzen Katzenminze und Klatschmohn durch die Berührung von Wind und/oder einem Insekt bewegt werden. Geben die Lernenden an, dass ihre Vorstellung mit dem Gesehenen übereinstimmt, startet der Lernpfad *Berührung: Bewegen sich Pflanzen, wenn sie von Wind oder einem Insekt berührt werden?* Dabei entscheiden die Lernenden noch, ob sie mehr über Bewegung durch Insekten oder die Bewegung durch Wind lernen möchten. In dem Lernpfad *Insekten* wird eine (quantifizierte) Beobachtung der Fangblattbewegung einer Venusfliegenfalle durchgeführt (siehe Arbeitsmaterial: Beobachtungsprotokoll Insekten). In dem Lernpfad *Wind* erfolgt die (quantifizierte) Beobachtung am Beispiel der Bewegung von Fiederblättchen und Blattstiele der Mimose (siehe Arbeitsmaterial: Beobachtungsprotokoll Wind). Die Lernenden beschäftigen sich zudem jeweils an dem Pflanzenbeispiel mit der Funktion der Bewegung.

Lernpfad: Pflanzen bewegen sich, indem sie ihre Blüten öffnen, wenn die Sonne auf sie scheint, und sie schließen, wenn die Sonne nicht mehr auf sie scheint.

Bei Auswahl dieser Vermutung sehen die Lernenden einen Zeitraffer zur Bewegung vom Blütenstand des Löwenzahns in Abhängigkeit vom Sonnenlicht. Nach Übereinstimmung mit der eigenen Vorstellung beginnt der Lernpfad *Sonnenlicht: Bewegen sich Pflanzen, indem ihre Blätter je nach dem Licht der Sonne bewegt werden?*. Anhand des Wiesenklees beobachten die Lernenden dessen Blattbewegung in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung im Zusammenhang mit der Tageszeit und erlernen auch hier die Funktion der Bewegung. Aus didaktisch reduzierenden Gründen wird die der Bewegung zugrundeliegende circadiane Rhythmik nicht benannt (siehe Arbeitsmaterial: Beobachtungsprotokoll Sonnenlicht).

Ich bin mir unsicher, welcher Vermutung ich zustimmen möchte.

Falls die Lernenden keiner der drei Vermutungen zustimmen, wird ihnen ein sehr kurzes Video gezeigt, in welchem die Kressekeimung, die Bewegung der Katzenminze und des Klatschmohns sowie die Blütenstandbewegung des Löwenzahns impulsartig zu sehen sind (2b: siehe Abbildung 5). Darauf aufbauend wählen sie eine Pflanzenbewegung aus, die für sie noch am vorstellbarsten wäre (2c: siehe Abbildung 5). Dieses Video sehen ebenfalls die Lernenden, die zu Beginn vermuteten, dass Pflanzen sich nicht bewegen können (1: siehe Abbildung 5). Durch das Video wird ihnen ein deutlicher Unterschied bzw. ein kognitiver Konflikt zu ihrer eigenen bzw. fehlenden Vorstellung zur Bewegung von Pflanzen demonstriert (Beniermann & Grospietsch, 2022).

Kurzlernpfade

Haben die Lernenden einen Lernpfad bearbeitet, wird ihnen die Möglichkeit geboten, nach ihren Vorstellungen und Interessen einen von vier Kurzlernpfaden zu einer weiteren Pflanzenbewegung zu bearbeiten (4: siehe Abbildung 5). Die Kurzlernpfade sind Kurzversionen des jeweiligen Hauptlernpfades. Durch die Bearbeitung eines Kurzlernpfades sollen die Schülerinnen und Schüler lernen, dass sich Pflanzen auf vielfältige Weise bewegen können. Zudem wird an dieser Stelle das differenzierte Lernen im individuellen Tempo und nach Leistungsniveau ermöglicht, um der gegebenen Individualität des Einzelnen sowie der Heterogenität in einer Klasse Rechnung zu tragen (Krüger & Meyfarth, 2009). Die Anzahl der bearbeiteten Kurzlernpfade ist für jeden Lernenden (ausgehend vom System) optional; kann durch die Lehrkraft aber vorgegeben werden (5, siehe Abbildung 5). Die Wahl eines Kurzlernpfades wird anhand von Bildern und einem die Pflanzenbewegung beschreibenden Satz getroffen.

3.2 Didaktische Merkmale

Die Lerneinheit ist hinsichtlich verschiedener Aspekte differenziert gestaltet. Der konzeptionelle Aufbau der Lerneinheit in verschiedene Lernpfade stellt den Kern einer umgesetzten inneren Differenzierung dar, weil die Pfade entsprechend der eigenen Vorstellung von den Lernenden ausgewählt werden können. Erwartungskonform weichen Alltagsvorstellungen häufig von naturwissenschaftlichen Vorstellungen oder Erkenntnissen ab. Diese Diskrepanz kann als lernförderliche Chance angesehen werden, bei der Lernende zu einer aktiven Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt und einer Vorstellungserweiterung angeregt werden (Kattmann, 2017; Kattmann et al., 1997). Ein individueller Lernweg mit der Lerneinheit ergibt sich auf inhaltlicher wie auch zeitlicher Dimension. Selbstreguliert und -gesteuert können die Lernenden im eigenen Tempo die Einheit bearbeiten. Neben der Wahl in der Pflanzenbewegung werden zudem individuelle Präferenzen in der Informationsdarbietung adressiert (siehe Kap. 4).

Der Lerneinheit liegt das Lehr-Lernkonzept zum Forschenden Lernen (u.a. Martius, Delevenne & Schlüter, 2016) entlang des hypothetisch-deduktiven Erkenntnisprozesses zugrunde. Die Lernenden informieren sich in der Lerneinheit zunächst über die durchzuführende Arbeitsweise bzw. Erkenntnismethode der Beobachtung (siehe Abbildung 6). Systematisches Beobachten zum Aufdecken von Zusammenhängen fokussiert auf die zu beobachtenden Merkmale sowie auf die Beziehungen zwischen diesen Merkmalen eines biologischen Systems (Wellnitz & Mayer, 2013). Im Falle der inhaltlichen Ausrichtung der Lerneinheit stehen mögliche Zusammenhänge der Bewegungen von Pflanzen und externer Faktoren (abiotischer, biotischer) sowie anatomischer Merkmale der Pflanze selbst im Forscherinteresse. Angeleitet über Arbeitsaufträge führen die Lernenden eine wissenschaftliche Beobachtung angebunden an die gewählte Vermutung und die zugehörige Pflanzenbewegung durch. Die Beobachtungsaufträge sind methodisch offen (z.B. *Beobachte die Bewegung der Blätter der Mimose*) und sollen von den Lernenden hinsichtlich der zu beobachtenden Merkmale und Zusammenhänge selbstständig spezifiziert werden, um sie in den methodischen Fähigkeiten naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu fördern sowie einen Grad an Mitbestimmung im Erkenntnisprozess zu gewährleisten (Mayer & Ziemek, 2006). Begleitet wird das forschende Arbeiten durch die Dokumentation der Beobachtungsergebnisse in einem printbasierten Protokoll (siehe Arbeitsmaterial: Beobachtungsprotokolle). Der Erkenntnisprozess schließt mit der Überprüfung der ausgewählten Vermutung sowie der Beantwortung der Fragestellung *Können Pflanzen sich bewegen?* ab.

4 Interaktive Elemente und ihre didaktische Bedeutung

Bereits bei dem selbstgesteuerten Rezipieren von Videos wird zumeist schon von einem, wenn auch sehr geringer Grad an Interaktivität gesprochen. Je nach Zweck kann das Starten, Stoppen, Vor- und Zurückspulen und die Veränderung der Abspielgeschwindigkeit einen individuellen Zugang zum Videoinhalt ermöglichen oder der organisationsbedingten Navigation dienen, welche per Definition nicht einer Interaktion gleichzusetzen ist (Schulmeister, 2002). Die Navigation

innerhalb der Lerneinheit wird durch Navigationspfeile, die rechts und links am unteren Bildschirmrand platziert sind, unterstützt (siehe Abbildung 6, a). Die Navigationspfeile erscheinen auf den meisten Seiten der Lerneinheit zeitlich versetzt, sodass einem Durchklicken der Lerneinheit entgegengewirkt wird. Die Erscheinungszeit variiert je nach Umfang des angebotenen Inhaltes. Den Lernenden wird trotzdem ermöglicht, die Lerneinheit gemäß ihres individuellen Lerntempos zu bearbeiten, da die Erscheinungszeit an die minimale Bearbeitungszeit des jeweiligen Inhaltes angepasst ist. Zusätzlich ist es ihnen zu zwei Bearbeitungszeitpunkten möglich, freiwillig eine dreiminütige Pause einzulegen, welche durch einen ablaufenden Timer angezeigt wird. Nach Ablauf der Zeit blinkt dieser rot, wodurch sie zur Weiterarbeit aufgefordert werden. Neben dem individualisierten, sukzessiven Voranschreiten in den einzelnen Videos und der gesamten Lerneinheit sind Informationen für die Lernenden in Form von Texten über interaktive Informationsbuttons anwählbar (Balzert, 2016). Die Informationen erscheinen entweder auf einer separaten Seite oder in einem kleinen Fenster derselben Seite (siehe Abbildung 6, b & 7). Auch ausformulierte Aufgabenstellungen werden über einen entsprechenden Button von den Lernenden optional aufgerufen, wenn sie zum Verstehen der gezeigten Aufgabe (z.B. Lückentext: siehe Abbildung 6, e) nötig sind. Dadurch ist die jeweilige Seite der Lerneinheit nicht überfüllt und an die kognitiven Bedürfnisse der Lernenden anpassbar, um eine Überforderung zu vermeiden (Mayer, 2001). Damit eine Differenzierung nach den individuellen Präferenzen der Lernenden gewährleistet wird, können ausgewählte Informationen statt visuell auch auditiv wiedergegeben werden. Dies geschieht über Audiobuttons (siehe Abbildung 6, c). Die Audiofunktion sollte in einem Klassenraum nur mit Kopfhörern benutzt werden. Um den heterogenen Lernvoraussetzungen der Lernenden zu begegnen, wird ihnen an zwei Stellen in der Lerneinheit eine Hilfe angeboten, die ebenso individuell aufgerufen werden kann (siehe Abbildung 6, d).

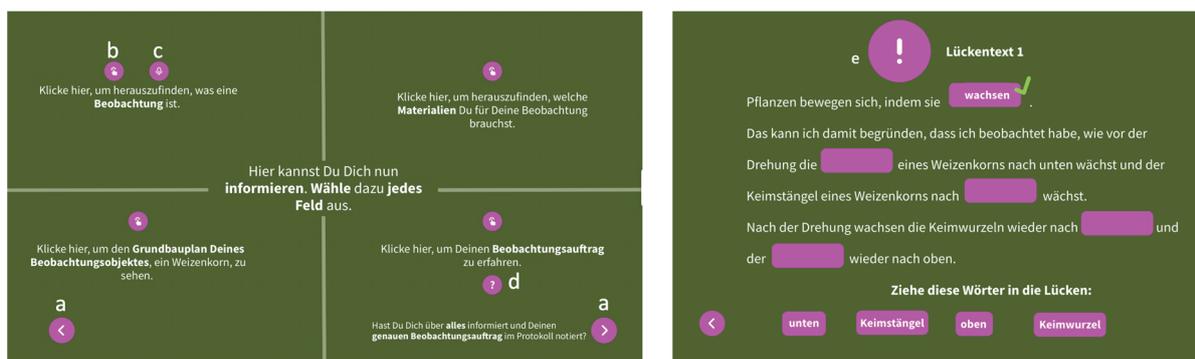


Abbildung 6. Informationen zur Arbeitsweise der Beobachtung, Lückentext und interaktive Elemente der Lerneinheit.
Anmerkung: a Navigationspfeile. b Informationsbutton. c Audiobutton. d Hilfe. e Aufgabenstellung

Der Hintergrund der zu den Videos begleitenden Informations- oder Instruktionseiten der Lerneinheit ist möglichst kontrastreich gegenüber der Schrift- und Button-Farbe sowie schlicht einfarbig angelegt. Hierbei werden Merkmale einer barrierefreien Gestaltung von Lernmaterialien beachtet (Clauss et al., o. J.), wozu auch die Auswahl von Audiospuren gehört. Sind zum Verständnis des Inhaltes auch Bilder nötig oder hilfreich, gestalten diese u.a. den jeweiligen Hintergrund (CTML:

Mayer, 2001). Im Vordergrund sind für die Lernenden auf dem statischen Bild interaktive Informations- bzw. Audiobuttons nutzbar, die weiterführende Informationen passend zum bildlichen Inhalt liefern (siehe Abbildung 7). Die Kombination von verschiedenen Darstellungsformen erhöht den Lernerfolg. Dafür sollten die bildlichen und textlichen bzw. auditiven Informationen in räumlicher Nähe zueinander positioniert sein (Mayer, 2001).

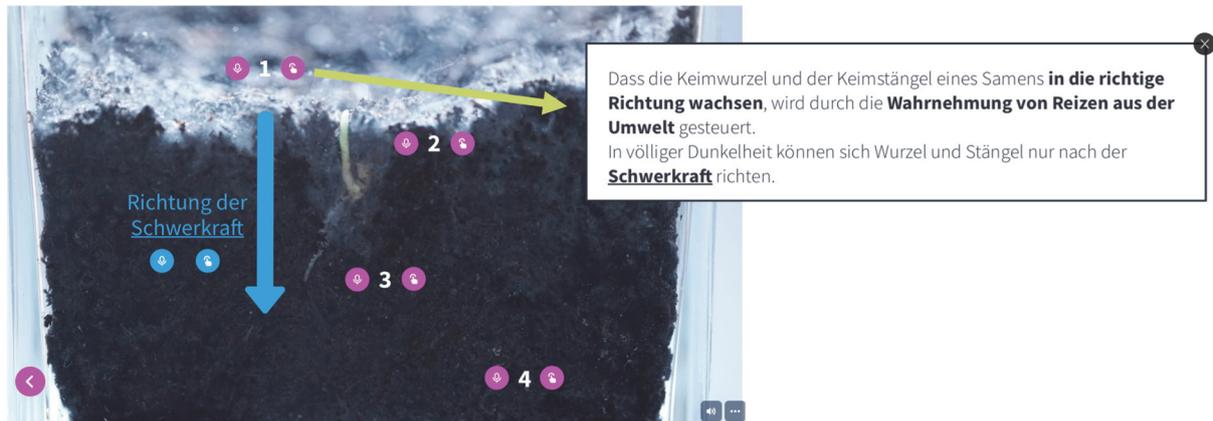


Abbildung 7. Kombination interaktiv abrufbarer Informationen auf einem statischen Bild (= Interaktive Bilder) mit Textfeld des Informationsbuttons 1.

Eine Kontrollinstanz zur selbst durchgeführten, aber digital angeleiteten Beobachtung stellt eine Multiple-Choice-Frage dar, bei welcher zwei von vier Antworten korrekt sind. Solche Fragen sind didaktisch sinnvoll, da sie zu einer intensiveren Verarbeitung der gelernten Fachinhalte führen (Balzert, 2016). Die Lernenden erhalten auf ihre ausgewählten Antworten ein direktes, einfaches Feedback, welches ein Voranschreiten in der Lerneinheit ermöglicht und den Lernprozess positiv lenkt (Narciss, 2020). Bei einer falschen Antwort können die Lernenden eine Hilfe benutzen, die ihnen Tipps zur Beantwortung der Frage anbietet (siehe Abbildung 8). Nachdem die Lernenden die Frage korrekt beantwortet haben, werden sie dazu angehalten, ihre Beobachtungsergebnisse in ihren Protokollen zu verbessern, um eine korrekte Sicherung der Erkenntnisse zu gewährleisten.

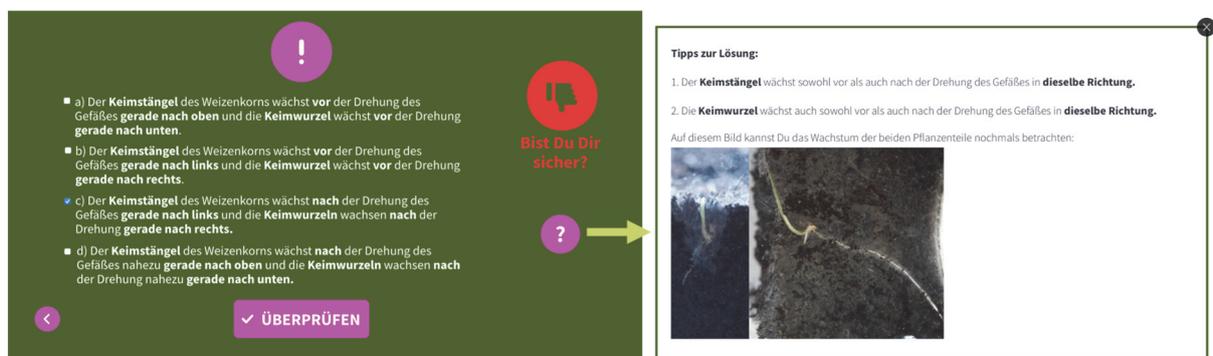


Abbildung 8. Multiple-Choice-Frage mit Hilfestellung (! = Aufgabenstellung, ? = Hilfe).

Ein weiteres Aufgabenformat zur Wissensüberprüfung sowie Wiederholung des Gelernten, das in der Lerneinheit eingesetzt wird, ist der Lückentext. Das Ausfüllen erfolgt per Drag and Drop von vorgegebenen Begriffen. Bei jedem korrekt eingesetzten Begriff erscheint ein Haken, sodass die Lernenden auch hier direktes Feedback zu ihrer Auswahl erhalten (siehe Abbildung 6). Der Lückentext wird in jedem Lernpfad an zwei Stellen eingesetzt: Das erste Mal zum Abschluss der Beobachtung der Pflanzenbewegung. Das zweite Mal zur Überprüfung des erlernten Wissens bezüglich der ultimativen Funktion der Pflanzenbewegung. Sowohl die Multiple-Choice-Frage als auch die Lückentexte sind stets zum Ende eines Abschnitts im Lernprozess platziert, sodass der Lernfluss nicht gestört wird (Weinert et al., 2021). Die Wiederholung des erlernten Wissens durch diese beiden Aufgabentypen hat einen hohen didaktischen Stellenwert, weil Lernende durch Wiederholungen nachhaltig lernen (Balzert, 2016).

Neben den interaktiven Elementen sind in die Lerneinheit kurze Textabschnitte eingebettet. Diese machen den Lernenden die nächsten Lernschritte kenntlich und dienen als Ein- und Überleitungen zwischen Lernabschnitten sowie als Zusammenfassungen von diesen.

5 Einsatz im Unterricht

5.1 Legitimation

Die in der Lerneinheit behandelten fachlichen Inhalte sind dem Inhaltsbereich der Botanik zuzuordnen, welcher im Kontext der Kennzeichen des Lebendigen, der Ökologie und Blütenpflanzen im fünften bis siebten Jahrgang bundeslandspezifisch curricular verankert ist. Die Behandlung der Kennzeichen des Lebendigen kann vernetzend mit dem von den Bildungsstandards angegebenen übergeordneten Basiskonzept *System* geschehen, indem die spezifischen Eigenschaften von lebendigen Systemen, insbesondere die Bewegung bei Pflanzen, erarbeitet werden (KMK, 2005). Dadurch erfolgt eine Annäherung an das Verständnis der lebendigen Natur (z.B. Niedersächsisches Kultusministerium, 2015; siehe Tabelle 1).

Kennzeichen des Lebendigen (KMK, 2005, S. 8)	mögliche Fachinhalte gegliedert nach Fachwissensbereichen (FW) (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015, S. 83–87).
Steuerung und Regelung	FW 3: Aufrechterhaltung von bestimmten Zuständen durch Regulation (Keimung)
Stoff- und Energieumwandlung	FW 4: Licht, Wasser und Mineralstoffe als essentielle Faktoren für Pflanzen
Bewegung und Informationsverarbeitung	FW 5: Aufnahme von Reizen aus der Umwelt verknüpft mit der daraus resultierenden Pflanzenbewegung
Fortpflanzung und Wachstum	FW 6: Individualentwicklung von Blütenpflanzen

Tabelle 1. Mögliche Fachinhalte zur Erarbeitung der Kennzeichen des Lebendigen bei Pflanzen.

Bezüglich der hier anzulegenden fachbezogenen Kompetenzen sollen Lernende am Ende des sechsten Jahrgangs gemäß des Niedersächsischen Kerncurriculums für Gymnasien (2015) u.a.

- „den Zusammenhang zwischen einfachen makroskopischen Strukturen von Organen und ihrer Funktion [beschreiben].“ (Fachwissensbereich 1: Struktur und Funktion; Biologie Funktion, S. 81)
- „über Artenkenntnis innerhalb einer ausgewählten Organismengruppe, z. B. heimische Bäume und Sträucher auf dem Schulgelände [verfügen].“ (Fachwissensbereich 7: Variabilität und Anpasstheit; Artenvielfalt, S. 89)
- „erläutern, dass Merkmale von Organismen zu ihrer spezifischen Lebensweise passen.“ (Fachwissensbereich 7: Variabilität und Anpasstheit; Selektionsprozesse und Anpasstheit, S. 90)

Über die Beobachtung von Pflanzenbewegungen kann gezielt auf Struktur-Funktions-Zusammenhänge geleitet werden sowie eine Auseinandersetzung mit spezifischen Arten erfolgen. Zudem können ultimate Ursachen in der Anpassung der Pflanzen durch ihre Bewegung erarbeitet und diskutiert werden. Innerhalb der Lerneinheit findet eine fachlich korrekte Artansprache der ausgewählten Pflanzen statt, wobei aus didaktischen Gründen mit Blick auf die Adressaten nur die deutschen und nicht die lateinischen Namen aufgeführt werden. Neben heimischen Pflanzen, die einen Bezug zur Lebenswelt der Lernenden schaffen, werden auch nicht-heimische Pflanzen, die Mimose und die Venusfliegenfalle, behandelt. Dies lässt sich zum einen durch die Orientierung an Schülervorstellungen zur Bewegung von Pflanzen begründen. Zum anderen sollen damit die Motivation sowie das Interesse der Lernenden geweckt werden, da Lernende Pflanzen mit außergewöhnlichen Eigenschaften wie die Fangbewegung der Venusfliegenfalle, ästhetisch aussehende oder unbekannte Pflanzen spannender als andere Pflanzen wahrnehmen (Tessartz & Scheersoij, 2019).

Wissenschaftliches Arbeiten und eine damit verbundene Förderung fachmethodischer Kompetenzen sind vom Anfangsunterricht über die Mittelstufe bis in die Oberstufe curricular verankert und gefordert (u.a. KMK 2005 & 2020). Im Vergleich zum Experimentieren sind Lernanlässe zum systematischen Beobachten und Analysieren von korrelativen Zusammenhängen (hier reizinduzierte Bewegungen bei Pflanzen) weniger prominent bzw. in der Ausgestaltung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses meist reduzierter. Ein geplanter Beobachtungsprozess, ausgehend von einer Fragestellung und Vermutung, ermöglicht es den Lernenden, Phänomene auf Basis eigener gewonnener Beobachtungsdaten zu beschreiben und über Schlussfolgerungen zu neuen fachlichen Erkenntnissen zu kommen (z.B. Niedersächsisches Kultusministerium, 2015: Erkenntnisgewinnung 1 & 2). In der Lerneinheit wird ein derartiger naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess zum Beobachten mit einem einführenden und noch

eher angeleiteten Charakter angelegt. Demnach sind keine bis wenig Vorkenntnisse in der Arbeitsweise zum Beobachten nötig und die Lerneinheit kann als Einstieg zum wissenschaftsmethodischen Arbeiten fungieren.

5.2 Hinweise und Vorschläge zum Einsatz im Biologieunterricht

Die interaktive, multimediale und differenzierte Lerneinheit *Pflanzen in Bewegung* ist auf selbstregulierte Einzelarbeit ausgelegt, die entweder synchron im Klassenverband oder asynchron im Rahmen von Homeschooling oder zur individuellen Förderung erfolgen kann. Jeder Lernende benötigt ein digitales Endgerät (Tablet, Laptop, Computer) sowie eine Internetverbindung. Die Lerneinheit wird von den Lernenden über einen (mit den Geräten geteilten) Link (<https://view.genial.ly/631d892432427200117cc438/video-presentation-videx-pflanzen-in-bewegung-interaktive-lerneinheit-fur-mittelstufe>) oder einem QR-Code (siehe Abbildung 9) aufgerufen.



Abbildung 9. QR-Code zur interaktiven, digitalen Lerneinheit

Vor der individuellen Arbeitsphase ist eine Einführung in die Bedienelemente der Lerneinheit zu empfehlen. Dazu findet sich ein vorgefertigtes Informationsblatt im beigefügten Arbeitsmaterial. Ebenso bedarf es analoger Beobachtungsprotokolle, auf die bereits verwiesen wurde (siehe Kap. 3.1). Für jeden Lernpfad gibt es ein eigenes Beobachtungsprotokoll. Die Unterscheidung erfolgt über entsprechende Symbole:

- Lernpfad Wachstum: Symbol *Wachsende Pflanze*
- Lernpfad Insekten: Symbol *Insekt*
- Lernpfad Wind: Symbol *Wind*
- Lernpfad Sonnenlicht: Symbol *Sonne*

Die Beobachtungsprotokolle bestehen aus zwei Teilen, welche von den Lernenden möglichst nacheinander bearbeitet werden sollen. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Lernenden einen gestaffelten Zugriff auf die Protokolle bekommen, indem sie beispielsweise auf getrennten Stapeln im Klassenraum zur Verfügung gestellt werden. Die Lernenden erhalten während der Bearbeitung der Lerneinheit Informationen, wann sie welchen Teil des Beobachtungsprotokolls

benötigen. Während der erste Teil des Beobachtungsprotokolls der Durchführung und Dokumentation der Beobachtungsergebnisse dient, findet im zweiten Teil die Sicherung und Auswertung der Beobachtungsergebnisse statt. Falls die Lernenden einen bzw. mehrere Kurzlernpfade bearbeiten, bietet ihnen das Informationsblatt der Bedienelemente zusätzlichen Platz. Die Protokolle sind schlicht und übersichtlich gestaltet, um selbstständiges Bearbeiten zu unterstützen, nicht zu überfordern und eine ggf. nötige Anpassung an die Lerngruppe zu vereinfachen. Die Instruktionen sind in einer an die Jahrgangsstufe angepassten Sprache formuliert. Die Bearbeitung der Lerneinheit nimmt ca. 30 bis 40 Minuten in Anspruch, wobei dies abhängig vom individuellen Lerntempo ist. Daher wird der Einsatz im Rahmen einer Doppelstunde empfohlen, um die interaktive Lerneinheit entsprechend vor- und nachbereiten zu können. Zwei Unterrichtsvorschläge für die Integration der interaktiven Lerneinheit in den Unterricht können Tabelle 2 entnommen werden.

Ablauf	Unterrichtsvorschlag 1	Unterrichtsvorschlag 2
Problemorientierter Einstieg	Anknüpfung an die Kennzeichen des Lebendigen mit Fokus auf das Kennzeichen <i>Bewegung</i> (siehe Tabelle 1) über einen Concept Cartoon	Motivierende Vertiefung im Rahmen der Unterrichtseinheit <i>Blütenpflanzen</i> über Filmausschnitte der Filmreihe <i>Harry Potter</i>
Erarbeitung	Interaktive, digitale Lerneinheit <i>Pflanzen in Bewegung</i>	
Sicherung	Besprechung der Ergebnisse und Rückbezug auf den Einstieg	

Tabelle 2. Überblick zu zwei Unterrichtsvorschlägen zur Integration der Lerneinheit *Pflanzen in Bewegung*.

Die beiden Unterrichtsvorschläge unterscheiden sich in ihrem Einstieg, wodurch ein unterschiedlicher Schwerpunkt passend zur eigenen Unterrichtsreihe gesetzt werden kann. In Unterrichtsvorschlag 1 wird mit der Durchführung der interaktiven Lerneinheit der Schwerpunkt auf die Kennzeichen des Lebendigen mit Fokus auf das Kennzeichen *Bewegung* gesetzt (siehe auch Tabelle 1). Durch einen problemorientierten Einstieg mit der Frage *Können Pflanzen sich bewegen?* kann eine ausgiebige Diskussion bei den Lernenden aufgrund ihrer vielfältigen Vorstellungen hervorgerufen sowie ihr ‚Forscherinstinkt‘ geweckt werden. Als mediale Unterstützung können Concept Cartoons genutzt werden. Dabei werden in Sprechblasen alltagsweltliche sowie plausible Aussagen zu einem biologischen Phänomen präsentiert, zu denen Lernende ausgehend von ihren eigenen Vorstellungen Stellung nehmen (Weitzel, 2022). Einen Concept Cartoon, der sich für den Einstieg in die Lerneinheit eignet, kann auf der Internetseite *VidEX- Experimentiervideos zum Lehren und Lernen* über den Link (<https://videx-nawi.de/pflanzenbewegungen-beobachtung/>) oder folgenden QR-Code (siehe Abbildung 10) heruntergeladen werden.



Abbildung 10. QR-Code zu dem Concept Cartoon auf VidEX

Unterrichtsvorschlag 2 kann als motivierende sowie spannende Vertiefung im Rahmen einer Unterrichtseinheit zu *Blütenpflanzen* eingesetzt werden. Dazu bietet es sich an, Ausschnitte aus der Filmreihe *Harry Potter* im Unterricht zu zeigen, in denen sich Pflanzen auf magische Art und Weise bewegen. Oft ist die Bewegung von Pflanzen für Lernende nicht selbstverständlich, sondern wird eher mit Magie assoziiert. Passende Filmausschnitte können ebenfalls bei *VidEX* über den Link und QR-Code (siehe Abbildung 10) aufgerufen werden.

6 Fazit

Die Lerneinheit *Pflanzen in Bewegung* vereint interaktive, multimediale sowie differenzierte Merkmale miteinander. Durch die inhaltliche Differenzierung nach Lernpfaden, die auf den Vorstellungen der Lernenden basieren, die Kombination von Videos, Bildern, Texten und Audios sowie die Integration von interaktiven Elementen ist es möglich, dass Schülerinnen und Schüler aktiv, bedeutsam sowie nachhaltig lernen. Durch die Ausschöpfung des innovativen Potenzials digitaler Technologien sind sie keine passiven Konsumenten der Lerninhalte, sondern werden zu aktiven Nutzenden (Meier et al, 2022; Köster, 2018). Zudem bieten die an die Vorstellungen der Lernenden anknüpfenden Videoelemente im Sinne der Theorie zur Conceptual Reconstruction die Möglichkeit, bei den Lernenden ein Umlernen zu bewirken, indem sie einen deutlichen Unterschied zwischen dem fachbezogenen Inhalt und ihrer eigenen bzw. fehlenden Vorstellung zur Bewegung von Pflanzen feststellen. In Kombination mit den verschiedenen interaktiven Elementen wird ihre aktive Teilhabe am Lernprozess und so eine intensivere Auseinandersetzung mit den Fachinhalten ermöglicht (Beniermann & Grospietsch, 2022). Neben diesen Vorteilen ermöglicht die Verwendung von Videos, insbesondere die Zeitrafferaufnahmen von der Wachstumsbewegung des Weizenkorns sowie der licht- und tageszeitabhängigen Bewegung des Wiesenklees, Pflanzenbewegungen innerhalb einer Doppelstunde zu beobachten. Die Lerneinheit konnte sich im Praxiseinsatz des fünften und sechsten Jahrgangs bereits bewähren. Sowohl die digitalen Anwendungen als auch das selbstständige und selbstbestimmte Lernen führen zur Motivation gegenüber dem Lerngegenstand bei den Lernenden. Nicht nur Lernende, sondern auch Lehrende, die die Lerneinheit in ihrem Unterricht eingesetzt haben, berichten von jener hohen Motivierung ihrer Schülerinnen und Schüler. Zudem wird positiv hervorgehoben, dass es den Lernenden ermöglicht wird, an ihre eigenen Vorstellungen anzuknüpfen und dass sie in ihrem

eigenen Tempo arbeiten können. Auch wird die direkte Umsetzbarkeit der Lerneinheit und somit ein geringer Vorbereitungsaufwand für Lehrkräfte als vorteilhaft beschrieben.

7 Literaturverzeichnis

- Balzert, H. (2016). *Wie schreibt man ... erfolgreiche Lehrbücher und E-Learning-Kurse? Eine pragmatisch, empirisch gestützte Didaktik* (1. Aufl.). W3L.
- Clauss, H., Lerche, S., Weckenmann, S. & Lilienthal, T. (o. J.). BIK für alle. Barrierefrei informieren und kommunizieren - für alle. *Für Webentwickler: Einbindung in die Internetseite*. <https://bik-fuer-alle.de/fuer-webentwickler-einbindung-in-die-internetseite.html>
- Blömeke, S., Müller, C., & Eichler, D. (2006). Unterricht mit digitalen Medien—Zwischen Innovation und Tradition? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 632–650.
- Etschenberg, K. & Kremer, B. P. (2000). Sichtbar machen. *Unterricht Biologie. Zeitschrift für alle Schulstufen*, 24(256), 4–13.
- Gerke, A. & Wegner, C. (2021). Digitale Werkzeuge für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine Sammlung verschafft Überblick. *Digital unterrichten: Biologie*, 2021(2), 3.
- Heidemann, F. E. (2022). *Schülervorstellungen zu Pflanzenbewegungen - Eine quantitative Studie*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Leibniz Universität Hannover.
- Horz, H. (2009). Medien. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 103–134). Springer Medizin.
- Jäger, E. J., Neumann, S., & Ohmann, E. (2003). *Botanik* (5., neu bearb. Aufl.). Spektrum, Akad. Verl.
- Joller-Graf, K. (2010). Binnendifferenziert unterrichten. In A. Buholzer, A. Kummer Wyss (Hrsg.), *Alle gleich – alle unterschiedlich! Zum Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht* (S. 122–137). Klett/Kallmeyer.
- Kattmann, U. (2017). Die Bedeutung der Alltagsvorstellungen für den Biologieunterricht. In U. Kattmann (Hrsg.), *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen. Didaktische Rekonstruktion in Unterrichtseinheiten* (S. 6–13). Klett/Kallmeyer.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Kerres, M. (2000). Information und Kommunikation bei mediengestütztem Lernen. Entwicklungslinien und Perspektiven mediendidaktischer Forschung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 3, 111–130.
- KMK/Kultusministerkonferenz. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*, https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf

- KMK/Kultusministerkonferenz. (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*, https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- KMK/Kultusministerkonferenz. (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020*, https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf
- Köhler, K. & Meisert, A. (2020). Welche Erkenntnismethoden sind für den Biologieunterricht relevant? In U. Spörhase (Hrsg.), *Biologiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. (8. Aufl., S. 130–151). Cornelsen.
- Köster, J. (2018). *Video in the Age of Digital Learning*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93937-7>
- Krüger, D. & Meyfarth, S. (2009). „Binnen – kurzer Zeit – differenzieren!“ *Unterricht Biologie. Zeitschrift für alle Schulstufen*, 33(347/348), 2–10.
- Kutschera, U. (2002). *Prinzipien der Pflanzenphysiologie*. (2. Aufl.). Spektrum Verlag.
- Martius, T., Delvenne, L. & Schlüter, K. (2016). Forschendes Lernen. Verschiedene Konzepte, ein gemeinsamer Kern? *MNU Journal*, 69(4), 220–228.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie. Zeitschrift für alle Schulstufen*, 30(317), 4–12.
- Meier, H. (2022). *Entwicklung von Schülervorstellungen zu Pflanzenbewegungen von Sekundarstufe I zu II - eine qualitative Studie*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Leibniz Universität Hannover.
- Meier, M., Stinken-Rösner, L., & Zeller, D. (2022). Interaktive Videoformate für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Vom Rezipieren zum Interagieren. *Unterricht Biologie. Zeitschrift für die Sekundarstufe*, 46(475), 44–47.
- Minorsky, P. V. (2019). The functions of foliar nyctinasty: a review and hypothesis. *Biological Reviews*, 94, 216–229.
- Narciss, S. (2020). Feedbackstrategien für interaktive Lernaufgaben. In H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie. Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen* (1. Aufl., S. 369–392). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9>
- Niedersächsisches Kultusministerium. (Hrsg.). (2015). *Kerncurricula für das Gymnasium Schuljahrgänge 5-10. Naturwissenschaften*.
- Sauli, F., Cattaneo, A. & van der Meij, H. (2018). Hypervideo for educational purposes: a literature review on a multifaceted technological tool. *Technology, Pedagogy and education*, 27(1), 115–134. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2017.1407357>

- Schaffer, L. C., & Hannafin, M. J. (1986). The effects of progressive interactivity on learning from interactive video. *ECTJ*, 34(2), 89–96. <https://doi.org/10.1007/BF02802581>
- Schulmeister, R. (2002). Taxonomie der Interaktivität von Multimedia - Ein Beitrag zur aktuellen Metadaten-Diskussion. *it - Information Technology*, 44(4), 193-199. <https://doi.org/10.1524/itit.2002.44.4.193>
- Simons, P. (1994). *Pflanzen in Bewegung. Das Muskel- und Nervensystem der Pflanzen*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-0348-6183-0>
- Sonnewald, U. (2021). Bewegungsphysiologie. In J. W. Kadereit, C. Korner, P. Nick & U. Sonnewald. *Strasburger – Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften* (38. Aufl., S. 581–614). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61943-8_15
- Tessartz, A. & Scheersoi, A. (2019) Pflanzen? Wen interessiert's? *Bildungsforschung* 1, 1–22. <https://doi.org/10.25656/01:19206>
- VidEX. Experimentiervideos zum Lehren und Lernen. *Pflanzenbewegungen (Beobachtung)*. <https://videx-nawi.de/pflanzenbewegungen-beobachtung/>
- Weinert, T., Benner, D., Dickhaut, E., Janson, A., Schöbel, S., & Leimeister, J. M. (2021). Unterstützung digitaler Bildungsprozesse durch interaktive gamifizierte Lernvideos – Wie innovative Lernvideos Motivation und Lernerfolg steigern können. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 58(6), 1483–1503. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00798-w>
- Weitzel, H. (2022). Concept Cartoons. In U. Spörhase & W. Ruppert (Hrsg.), *Biologie. Methodik*. (5. Aufl., S. 191–193). Cornelsen.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315–345.
- Zeller, D. & Meier, M. (2022). Videos interaktiv erweitern. Forschendes Lernen vielseitig unterstützen. *Digital unterrichten: Biologie*, 2022(4), 10–11.

Bildquellen

Abbildung 1: Althaus, B. & Henze, L. (2022). Negativer Gravitropismus bei *Triticum aestivum*.

Abbildung 2: Althaus, B. & Henze, L. (2022). *Mimosa pudica*.

Abbildung 3. Althaus, B. & Henze, L. (2022). Gefangenes Beutetier in einem Fangblatt von *Dionaea muscipula*.

Abbildung 4: Althaus, B. & Henze, L. (2022). *Trifolium pratense*.

Beobachtungsprotokoll Wachstum, Teil 1

Bewegen sich Pflanzen, indem sie wachsen?



Material:

- Einen Stift
- Digitale Lerneinheit

Hier kommst du zu der Lerneinheit.



Deine Beobachtungsaufträge:

Dein 1. Beobachtungsauftrag:

Beobachte, in welche **Richtung** der **Keimstängel** des Weizenkorns wächst.

Dein 2. Beobachtungsauftrag:

Beobachte, in welche **Richtung** die **Keimwurzel** des Weizenkorns wächst.

Beschreibe, was du bei den Richtungen des Wachstums des Keimstängels und der Keimwurzel des Weizenkorns **genau** beobachten möchtest.

Beobachtungsergebnisse:

Ergebnisse zu Beobachtungsauftrag 1: Wachstum des Keimstängels

Ergebnisse zu Beobachtungsauftrag 2: Wachstum der Keimwurzel

Beantworte mit Deinen Beobachtungsergebnissen Frage 1 bis Frage 4:

Frage 1: In welche Richtung wächst der Keimstängel vor der Drehung des Gefäßes?

Frage 2: In welche Richtung wächst der Keimstängel nach der Drehung des Gefäßes?

Frage 3: In welche Richtung wächst die Keimwurzel vor der Drehung des Gefäßes?

Frage 4: In welche Richtung wächst die Keimwurzel nach der Drehung des Gefäßes?

Beobachtungsprotokoll Wachstum, Teil 2

Bewegen sich Pflanzen, indem sie wachsen?



Lückentext 1

Übertrage die Lösung des Lückentexts aus der Lerneinheit.

Pflanzen bewegen sich, indem sie . Das kann ich damit begründen, dass ich beobachtet habe, wie vor der Drehung des Gefäßes die eines Weizenkorns nach unten wächst und der Keimstängel eines Weizenkorns nach wächst. Nach der Drehung wachsen die Keimwurzeln wieder nach und der wieder nach oben.

Lückentext 2

Übertrage die Lösung des Lückentexts aus der Lerneinheit.

Die Keimwurzel des Weizenkorns wächst nach unten und der Keimstängel des Weizenkorns wächst nach oben, weil von diesen die wahrgenommen wird. Wenn der Samen gedreht wird, dann werden an die Pflanzenteile gesendet. Dadurch werden der Keimwurzel und dem Keimstängel signalisiert, wo jetzt oben und unten ist.

So können sie wieder in die jeweilige Richtung wachsen. Somit können

und Wasser aufgenommen werden.

Beobachtungsprotokoll Insekten, Teil 1



Bewegen sich Pflanzen, wenn sie von Insekten berührt werden?

Material:

- Einen Stift
- Digitale Lerneinheit

Hier kommst du zu der Lerneinheit.



Deine Beobachtungsaufträge:

Beobachte die **Bewegung des Fangblattes** der Venusfliegenfalle.

Beschreibe, was du bei der Fangbewegung der Venusfliegenfalle **genau** beobachten möchtest.

Deine Beobachtungsergebnisse:

Ergebnisse zu Beobachtungsauftrag 1: Bewegung der Blatthälften (eventuell in bestimmten Zeitabschnitten)

Ergebnisse zu Beobachtungsauftrag 2: Berührung der Pflanzenteile (eventuell in bestimmten Zeitabschnitten)

Beantworte mit Deinen Beobachtungsergebnissen Frage 1 und Frage 2:

Frage 1: Durch die Berührung welchen Teils der Pflanze wird das Zusammenklappen der Blatthälften des Fangblattes ausgelöst?

Frage 2: Wie schnell klappen die Blatthälften des Fangblattes nach der ersten Berührung der ersten Borste zusammen? (Angabe in Sekunden)

Beobachtungsprotokoll Insekten, Teil 2



Bewegen sich Pflanzen, wenn sie von Insekten berührt werden?

Lückentext 1

Übertrage die Lösung des Lückentexts aus der Lerneinheit.

Ich habe beobachtet, dass sich bestimmte Pflanzen bewegen, wenn sie von Insekten berührt werden. Eine Pflanze, die das kann, ist die Venusfliegenfalle. Sie gehört zu den fleischfressenden Pflanzen. Wenn ein Insekt das geöffnete Fangblatt berührt, klappen die Blatthälften innerhalb von ungefähr zusammen. Das Zusammenklappen der Blatthälften wird ausgelöst, wenn das Insekt die im Inneren des Fangblattes berührt.

Die ablaufende Fangbewegung ist eine der schnellsten Bewegungen unter den Pflanzen.

Lückentext 2

Übertrage die Lösung des Lückentexts aus der Lerneinheit.

Die Venusfliegenfalle wächst in ihrem natürlichen Lebensraum auf Böden. Um dennoch genügend Mineralstoffe zu sich nehmen zu können, kam es im Laufe der Zeit zur Entwicklung einer . Über diese Bewegung ist es der Pflanze möglich, Insekten zu fangen und diese . Das Fangen und Verdauen von Insekten ist für die Pflanzen, die auf mineralstoffarmen Böden leben, .

Beobachtungsprotokoll Wind, Teil 1



Bewegen sich Pflanzen, wenn sie von Wind berührt werden?

Material:

- Einen Stift
- Digitale Lerneinheit

Hier kommst du zu der Lerneinheit.



Deine Beobachtungsaufträge:

Beobachte die **Bewegung der Blätter** der Mimose.

Beschreibe, was du bei der Bewegung der Blätter der Mimose **genau** beobachten möchtest.

Deine Beobachtungsergebnisse:

Ergebnisse zu Beobachtungsauftrag 1: Bewegung der Blätter (eventuell in bestimmten Zeitabschnitten)

Ergebnisse zu Beobachtungsauftrag 2: Bewegung weiterer Pflanzenteile

Beantworte mit Deinen Beobachtungsergebnissen Frage 1 bis Frage 3:

1. In welche Position bewegen sich die Blätter, wenn sie von Wind berührt werden?

2. In welche Position bewegen sich die Blattstiele, wenn sie von Wind berührt werden.

3. Wie lange dauert das vollständige Zusammenklappen der Blätter und Sinken der Blattstiele der Mimose nach der ersten Berührung durch Wind? (Angabe in Sekunden)

Beobachtungsprotokoll Wind, Teil 2



Bewegen sich Pflanzen, wenn sie von Wind berührt werden?

Lückentext 1

Übertrage die Lösung des Lückentexts aus der Lerneinheit.

Ich habe beobachtet, dass die Blätter der Mimose aus eigener Kraft ,
wenn sie von berührt werden. Die Bewegung der Blätter erinnert an das
Schließen eines Buches. Die ablaufende Bewegung tritt unmittelbar nach der Berührung ein und
läuft ab. Auch habe ich beobachtet, dass sich nicht nur
die Blätter, sondern auch die der Mimose bewegen.
Sie nach unten, wenn sie von Wind berührt werden.

Lückentext 2

Übertrage die Lösung des Lückentexts aus der Lerneinheit.

Die Blätter der Mimose klappen zusammen und die Blattstiele sinken nach unten, wenn sie von
 berührt werden. Vermutlich dienen diese Bewegungen
zum . Pflanzen verlieren bei Wind viel
Wasser über ihre Blätter. Verliert die Pflanze zu viel Wasser, kann sie .

Jedoch bewegt sich die Mimose nicht nur durch die Berührung von Wind, sondern auch durch
Berührungen von , Insekten, anderen Gegenständen
oder durch .

Beobachtungsprotokoll Sonnenlicht, Teil 1



Bewegen sich Pflanzen, indem ihre Blätter je nach dem Licht der Sonne bewegt werden?

Material:

- Einen Stift
- Digitale Lerneinheit

Hier kommst du zu der Lerneinheit.



Dein Beobachtungsauftrag:

Beobachte, **wie sich der Wiesenklees** und insbesondere die **Blätter des Wiesenklees** bewegen. Beschreibe, was du bei der Blattbewegung des Wiesenklees **genau** beobachten möchtest.

Deine Beobachtungsergebnisse:

Beobachtungen zum Beobachtungsauftrag: Bewegung des Wiesenklees

Beantworte mit Deinen Beobachtungsergebnissen Frage 1 und Frage 2:

Frage 1: Wie bewegen sich die Blätter des Wiesenklees, wenn es heller wird?

Frage 2: Wie bewegen sich die Blätter des Wiesenklees, wenn es dunkler wird?

Beobachtungsprotokoll Sonnenlicht, Teil 2



Bewegen sich Pflanzen, indem ihre Blätter je nach dem Licht der Sonne bewegt werden?

Lückentext 1

Übertrage die Lösung des Lückentexts aus der Lerneinheit.

Pflanzen bewegen sich, indem ihre je nach Helligkeit und Dunkelheit aufgeklappt und eingeklappt werden. Das kann ich damit begründen, dass ich beobachtet habe, wie die Blätter , wenn die Sonne auf sie scheint.

Die Blätter , wenn die Sonne nicht mehr scheint.

Lückentext 2

Übertrage die Lösung des Lückentexts aus der Lerneinheit.

Die Blätter des Wiesenklees sind und in der Nacht eingeklappt, weil keine oder nur wenig scheint. Vermutlich sind zu dieser Tageszeit eingeklappte Blätter besser vor geschützt. Bis zur Mittagszeit sind die Blätter hingegen .

Durch diese Stellung können die Blätter mehr aufnehmen, da das Licht der Sonne zu dieser Tageszeit am stärksten ist.

Symbole für die Nutzung der Lerneinheit

Damit Du als Forscher oder Forscherin mit der Lerneinheit viel herausfinden kannst, **musst Du erst wissen, wie Du die digitale Lerneinheit richtig benutzt:**

Symbol	Funktion
	Navigationspfeile: Die Pfeile sind für die Navigation zwischen den Seiten der Lerneinheit. Sie erscheinen unten auf der rechten und linken Seite und oft erst nach einer gewissen Zeit .
	Informationsbutton: Klicke auf diesen Button, um mehr Informationen in Form von Text zu erhalten oder um weiterzukommen .
	Audios: Wenn Du dieses Symbol siehst, kannst du dir Audios anhören, anstatt einen Text zu lesen. Höre dir Audios im Klassenraum nur mit Kopfhörern an. Lies ansonsten bitte den Text.
	Aufgabenstellung: Wenn Du Aufgaben bearbeiten sollst , findest Du durch Klicken auf dieses Symbol die Aufgabenstellung.
	Hilfe: Wenn du Hilfe bei einer Aufgabe brauchst, klicke auf dieses Symbol.
	Klicke bitte NICHT auf diese beiden Symbole.
	Play und Stop: Klicke in der Mitte des Videos auf das Play-Symbol, um die Videos abzuspielen . Auch kannst du die Videos unten links immer stoppen . Zurückspulen: Dies machst du in der Leiste , die unten in der Mitte erscheint.
	Wiederholen: Wenn ein Video vorbei ist, kannst du es nochmal ansehen , indem du am Ende des Videos den runden Pfeil unten links anklickst.
	Vollbild: Klicke hier, wenn du ein Video im Vollbildmodus, also auf dem gesamten Bildschirm sehen möchtest.
	Geschwindigkeit: Klicke auf der unteren rechten Seite auf dieses Symbol, um die Geschwindigkeit zu verändern. Zahnrad: Hier kannst du, wenn nötig, die Qualität des Videos ändern.

Später in der Lerneinheit:

Hier hast Du Platz, um Deine Beobachtungen **einer zweiten Pflanzenbewegung** festzuhalten.