

Können Pflanzen ohne Erde wachsen?

Ein Schülerversuch für die Jahrgangsstufe 5/6 zur vergleichenden Kultivierung von Mais in Erde und in einem hydroponischen System

H. Hardt^{1,2,3}, I. Heil^{2,3}, J. T. van Dongen¹, J. Bohrmann², R. Schmidt¹

RWTH Aachen, ¹Institut für Biologie I, Botanik/Molekulare Genetik, ²Institut für Biologie II, Zoologie und Humanbiologie, ³Didaktik der Biologie und Chemie

In diesem Artikel wird ein Kultivierungsexperiment mit Mais vorgestellt, bei dem einfache, selbst gebaute hydroponische Systeme zum Einsatz kommen. Es wird geprüft, ob Maiskeimlinge in einem solchen System ohne Erde ebenso wachsen können wie bei Kultivierung in Erde. Das Experiment ist quantitativ und dabei so einfach und zuverlässig hinsichtlich Durchführung und Ergebnis, dass die Kompetenzentwicklung im Bereich Erkenntnisgewinnung besonders gefördert werden kann.

Stichwörter: Erde, Wachstum, Keimung, Kultivierung, Mais, hydroponisches System, vertikale Landwirtschaft

1 Einleitung

Bei dem hier vorgestellten Experiment kommen hydroponische Systeme zum Einsatz, deren Bauanleitung sich ebenfalls in dieser Ausgabe von BU praktisch befindet (BU praktisch 2(3):1, <http://www.bu-praktisch.de/index.php/bupraktisch/issue/archive>). Hydroponische Systeme werden in der vertikalen Landwirtschaft eingesetzt und ermöglichen die Kultivierung von Pflanzen ohne Erde (ebd., Literaturangaben dort). Die Pflanzen wachsen statt in Erde in Nährlösungen, deren Zusammensetzung speziell für die jeweilige Pflanzenart optimiert ist. Im Schulexperiment wird Leitungswasser für die hydroponischen Systeme verwendet.

Durch das Kultivierungsexperiment, das mit der Nutzpflanze Mais durchgeführt wird, können die Schülerinnen und Schüler selbst forschend entdecken, dass das Wachstum von Pflanzen nicht nur in Erde, sondern auch ohne Erde - in einem hydroponischen System - möglich ist (Abb. 1 sowie Abschnitt 3 und Arbeitsmaterial).

In Schulbüchern sind zu den Themen Keimung, Wachstum und Kultivierung von Pflanzen vor allem unterschiedlich umfangreiche Keimungsversuche enthalten (z. B. [1], S. 73; [3], S. 45). Vielfach wird Kresse auf Watte ausgesät, was im Gegensatz zu dem hydroponischen System ein regelmäßiges Gießen erfordert ([9], S. 6f.). Auch sind die Kressesamen so klein, dass in der Regel keine definierte Anzahl eingesetzt wird und somit keine quantitativen Ergebnisse erzielt werden können.

In Abgrenzung dazu wird in diesem Unterrichtsmodell ein Versuch zur Kultivierung von Mais vorgestellt [2], mit dem die Frage nach der Notwendigkeit von Erde beim Wachstum von Pflanzen untersucht wird (Abschnitt 3 und Arbeitsmaterial). Mit dem Versuch kann zugleich das hydroponische System eingeführt und mit der herkömmlichen Kultivierung in Erde verglichen werden. Es wird jeweils gezählt, wie viele Maiskeimlinge nicht nur eine Wurzel ausbilden (drei Tage nach Aussaat), sondern auch einen Spross (acht Tage nach Aussaat). So ist es möglich, mit den Schülerinnen und Schülern klar zwischen Keimung und Wachstum von Pflanzen zu differenzieren, was in manchen Schulbüchern teilweise nicht trennscharf erfolgt (z. B. [1]).

Idealerweise schließt sich das vorgestellte Kultivierungsexperiment zum Wachstum von Mais an Keimungsversuche mit Kresse an, greift erworbene Kompetenzen auf und erweitert und vertieft diese. Das Experiment ist so konzipiert, dass praktisches Arbeiten und naturwissenschaftliches Denken gleichermaßen in den Mittelpunkt gestellt werden (s. Arbeitsmaterial für die Schülerinnen und Schüler: Arbeitsblatt als vollständiges Protokoll sowie gesonderte Anleitung zur Durchführung und Auswertung). Im Hinblick auf Differenzierung und Heterogenität werden für das Protokoll verschiedene Varianten vorgeschlagen.

Die vielfältigen Möglichkeiten zur Förderung der Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern der Erprobungsstufe werden exemplarisch anhand der SI-Kernlehrpläne NRW aufgezeigt (Abschnitt 2), dies sind der Kernlehrplan für den Lernbereich Naturwissenschaften an der Gesamtschule [6] sowie der neue Kernlehrplan für Biologie am Gymnasiums [5], der zum Schuljahr 2019/20 für die Jahrgangsstufe 5/6 in Kraft getreten ist.

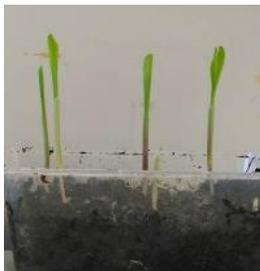


Abb. 1: Kultivierung von Maiskeimlingen in Erde (links) und hydroponisch in Wasser (rechts). Die Sprossbildung zeigt, dass bei beiden Ansätzen Wachstum stattgefunden hat. Fotos: Hanna Hardt.

2 Curriculare Anbindung und thematische Bezüge des Versuchs

Im hier vorgestellten Kultivierungsexperiment können die Schülerinnen und Schüler selbst forschend entdecken, dass die Kultivierung von Pflanzen nicht nur in Erde, sondern auch ohne Erde, d.h. hydroponisch in Wasser, möglich ist.

Das Experiment kann dem in der Erprobungsstufe vorgesehenen Inhaltsfeld "Lebensräume und Lebensbedingungen" ([6], S. 31f.) bzw. "Vielfalt und Anpasstheiten von Lebewesen" (hier: Samenpflanzen) [5] zugeordnet und im Rahmen des Unterrichtsvorhabens "Erforschung von Bau und Funktionsweise der Pflanzen" [8] bzw. im Kontext "Pflanzen für die Ernährung/Nutzpflanzen" [6], S. 31f.) durchgeführt werden. In Bezug auf die Basiskonzepte liegt der Schwerpunkt auf dem

Basiskonzept Entwicklung (Keimung und Wachstum) ([5], [6]). Vorgeschlagen wird als mögliche Unterrichtssequenz ‚Bedingungen und Methoden zur Kultivierung von Pflanzen‘. So können fachbezogenen Faktoren für die Kultivierung von Pflanzen und ein Vergleich der herkömmlichen und der zukunftsweisenden, in einigen Städten bzw. Regionen bereits eingesetzten vertikalen Landwirtschaft erarbeitet und damit auch fachübergreifend im Kontext von Nachhaltigkeit betrachtet werden [8].

Ergänzend zum Versuch könnte erarbeitet werden, dass die Faktoren Wasser, Licht und Luft sowie, bei einer längeren Kultivierung, zusätzlich Nährsalze und Mineralien für das Wachstum von Pflanzen entscheidend sind (vgl. mögliche weiterführende Fragestellungen zum Experiment, Abschnitt 3.2). Auch könnten abiotische Stressfaktoren thematisiert werden, die das Wachstum von Pflanzen beeinträchtigen. Ausgewählt werden könnte der Faktor Trockenheit. Hier besteht ein Zusammenhang mit dem inhaltlichen Schwerpunkt „Extreme Lebensräume“ ([6], S. 31) sowie (im Inhaltsfeld „Ökosysteme und Ressourcen“) mit dem Kontext „Lebensgrundlage Wasser“ ([6], S. 43).

Im Hinblick auf den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen (vgl. [5], [6], [7], [8]). ist beim Kultivierungsexperiment die Kenntnis des Grundbauplans von Pflanzen von Bedeutung, denn die Schülerinnen und Schüler unterscheiden die Pflanzenorgane Wurzel und Spross in Bezug auf die Phasen von Keimung und Wachstum. Auch Kenntnisse über die Keimung von Pflanzen und die dazu nötigen Umweltfaktoren sind wesentlich, um im Vergleich mit Wachstum und Wachstumsbedingungen Gemeinsamkeiten und Unterschiede herauszustellen. Die Alltagsvorstellung, dass Erde für das Pflanzenwachstum unbedingt erforderlich sei, wird durch das Experiment hinterfragt und kann revidiert werden.

Besondere Schwerpunkte legt das Unterrichtsmodell in den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung und Kommunikation (vgl. [5], [6], [7], [8]). Dies beinhaltet die Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, Dokumentation der Vorgehensweise durch Protokoll, Formulierung einer experimentell überprüfbaren Fragestellung, Hypothesenbildung, Überlegungen zur Planung des Experiments, Auswählen von Versuchsansätzen, Nachvollziehen der Handlungsschritte gemäß Anleitung, sachgerechter Umgang mit den Geräten und Pflanzen, Wahrnehmung und Beobachtung von Veränderungen der Samen und Keimlinge, Faktorenkontrolle, tabellarische Ergebnisdokumentation, Auswertung und Schlussfolgerung durch Vergleich der ermittelten Daten, fachbezogene Kommunikation im Plenum und in der Gruppe (was auch die Förderung der Arbeit im Team und sozialer Kompetenzen impliziert), sachgerechte Präsentation in Form von bildungssprachlich angemessenen Redebeiträgen und Texten unter Verwendung von einfachen fachsprachlichen Elementen.

3 Das Kultivierungsexperiment

3.1 Vorbereitung, Organisation und Ablauf

Der Kultivierungsversuch ist besonders gut zu organisieren, wenn die Klasse zwei Mal wöchentlich eine Einzelstunde Unterricht hat. Er verteilt sich auf drei Unterrichtsstunden (s. Abb. 2, auch im Zusatzmaterial und - mit Lücken - im Arbeitsmaterial, s. Abschnitt 3.2), wobei das praktische Arbeiten i.d.R. nicht die gesamte Unterrichtszeit beansprucht. So kann hier auch das Experiment als naturwissenschaftliche Verfahrens- und Erkenntnisweise behandelt werden, wobei hierzu noch ein bis zwei weitere Stunden (vor/nach der Durchführung des Experiments) eingeplant werden sollten (s. Abschnitt 3.2 und 3.3 sowie Arbeitsmaterial) sowie ggf. weitere Unterrichtszeit, wenn die hydroponischen Systeme gemeinsam gebaut werden sollen (s. Bauanleitung in dieser Ausgabe: BU praktisch 2(3):1, <http://www.bu-praktisch.de/index.php/bupraktisch/issue/archive>).

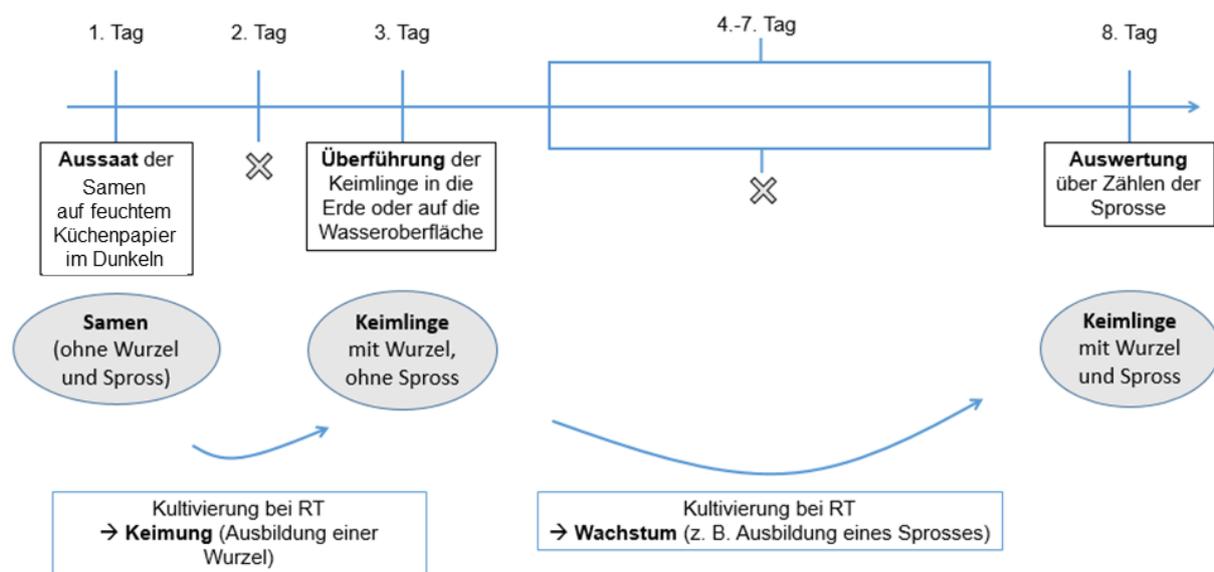


Abb. 2: Schematischer Überblick zum Schülerversuch zur vergleichenden Kultivierung von Maispflanzen in Erde und in einem hydroponischen System. [8] Angegeben sind die an den einzelnen Versuchstagen zu vollziehenden Arbeitsschritte; weitere Arbeitsschritte zwischen den Stunden (wie etwa regelmäßiges Gießen) sind bei diesem Versuch nicht erforderlich; für die Arbeitsschritte im Einzelnen s. Anleitung im Arbeitsmaterial. RT: Raumtemperatur.

Beim Kultivierungsexperiment werden die Maispflanzen vergleichend mit und ohne Erde kultiviert. Geplant ist der Versuch für eine 30 Schülerinnen und Schüler umfassende Klasse, welche in sechs Gruppen à fünf Schülerinnen und Schüler unterteilt wird. Jede Gruppe wiederum wird in Team A (zwei Personen) für die Kultivierung mit Erde und Team B (3 Personen) für die Kultivierung ohne Erde, also im hydroponischen System unterteilt [8]. (Im Arbeitsmaterial sind die Materialien pro Gruppe aufgelistet, damit bei abweichender Klassengröße und Anzahl der Gruppen dort keine

Änderungen vorgenommen werden müssen. Die Größe der Gruppen und deren Aufteilung in Teams A und B ist eine Empfehlung und wäre bei Bedarf an die aktuelle Lerngruppe anzupassen.)

Pro Klasse werden für die Ansätze ohne Erde sechs große hydroponische Systeme ("Maissysteme") benötigt (Abb. 3). Für die Ansätze mit Erde werden insgesamt zwölf (für jede der sechs Gruppen zwei) kleine Plastikboxen benötigt, z.B. Mikrowellenbehälter (Volumen ca. 1000 mL) aus transparentem Kunststoff (es können die Boxen der kleinen "Kressesyseme" - ohne Adapter - verwendet werden, s. Bauanleitung).



Abb. 3: Großes hydroponisches System für die Kultivierung von Mais im Schülerversuch. Foto: Hanna Hardt.

Dies ist die "Minimallösung" in Bezug auf den Materialaufwand, d.h. die kostengünstigste Variante. Entsprechend ist diese im Arbeitsmaterial berücksichtigt. Folgende Alternativen sind möglich:

Werden weitere sechs große Plastikboxen gekauft, sind die zwölf kleinen Plastikboxen (für die Ansätze mit Erde) nicht erforderlich, so kann das Experiment für alle Ansätze in einheitlichen Boxen durchgeführt werden.

Werden weitere zwölf kleine Plastikboxen gekauft, können pro Gruppe vier kleine Boxen verwendet werden: zwei Boxen für die Keimungsphase (Tag 1) und zwei weitere, bereits mit der Erde befüllte Boxen für die Wachstumsphase (Tag 3). Dies verringert ein wenig den Zeitaufwand (und evtl. auch die Verschmutzung), da die Schülerinnen und Schüler die Erde nicht selbst in die Boxen füllen müssen, bevor sie die Keimlinge in die Erde einpflanzen (für die Arbeitsschritte im Einzelnen s. Arbeitsmaterial). Saatgut von *Zea mays* kann z.B. über das Internet erworben werden (500 Gramm für ca. sechs Euro, exkl. Versandkosten). Pro kleiner Box werden für den

Kultivierungsversuch zudem knapp 0,5 Liter Einheitserde benötigt, insgesamt also maximal sechs Liter für sechs Gruppen.

Folgende Hinweise sollten hinsichtlich der Methoden von der Lehrkraft berücksichtigt werden:

Das Vorquellen der Samen in Leitungswasser für die Teams A und B muss vor dem Beginn der Stunde begonnen werden, um eine 20-30 minütige Quellzeit zu gewährleisten. Es werden pro Team 12 Samen benötigt, also pro Gruppe 24 Samen. Es sollten genügend Samen als Puffer hinzugenommen werden für den Fall, dass z. B. ein Same herunterfällt (z.B drei Samen pro Team, so ergeben sich insgesamt 30 Samen pro Gruppe, also 180 Samen bei sechs Gruppen).

Es sollte klargestellt werden, dass die Samen nach der Quellzeit zunächst alle auf feuchtem Papier zum Keimen ausgesät werden (Tag 1), da nicht untersucht werden soll, inwieweit Erde für die Keimung, sondern inwieweit diese für das Wachstum der Pflanzen erforderlich ist (Überführung der Samen in Erde - bei den Kontrollansätzen - erst an Tag 3). Bei den Testansätzen ist eine direkte Aussaat der Maissamen in den Adapter an Tag 1 zu empfehlen, da es zeitaufwändig ist, die vorgekeimten Samen an Tag 3 mit der Pinzette so in den Löchern auszurichten, dass später austreibenden Sprosse nicht unter den Adapter wachsen und absterben. Die o.g. Überführung in Erde kann in wenigen Minuten vorgenommen werden und bringt keinen vergleichbaren Aufwand mit sich [2].

Die bei einem Probelauf dieses Versuchs erzielten Ergebnisse sind im Lösungsteil zum Versuchsprotokoll aufgeführt (vgl. Abschnitt 3.3). Erfahrungsgemäß keimen tatsächlich alle eingesetzten Samen, also 12 pro Team bzw. je 72 insgesamt bei den Ansätzen mit und ohne Erde (was den Vergleich der Einzelergebnisse erleichtert); ggf. müssen einzelne Zahlen nach unten korrigiert und bei der Berechnung der Gesamtwerte berücksichtigt werden (was die Notwendigkeit der Berechnung von prozentualem Anteil und Mittelwert verdeutlicht) .

3.2 Gestaltung und Steuerung der Lehr-Lern-Schritte

Das Arbeitsmaterial für die Schülerinnen und Schüler umfasst das Versuchsprotokoll, das in die Erkenntnisschritte Problemstellung, Frage, Hypothesen (mit Vorhersagen), Material, Durchführung, Ergebnisse und Auswertung gegliedert ist, sowie eine gesonderte Anleitung zu den einzelnen Arbeitsschritten der Gruppen bei der Aussaat der Samen (Tag 1), der Überführung der Keimlinge in Erde bzw. die hydroponischen Systeme (Tag 3) sowie der Ermittlung und Auswertung der Ergebnisse (Tag 8). Es bietet sich an, diese Anleitung zu laminieren, so dass sie später wieder in anderen Klassen zum Einsatz kommen kann; es genügt je eine Anleitung pro Gruppe.

Das Problem, ob Pflanzen auch ohne Erde wachsen können, kann im Einstieg durch die Schilderung eines fiktiven schülernahen Kontexts initiiert werden (s. Kasten 1, auch im Zusatzmaterial). In der Gelenkstelle wird aus dem Problem der Geschwister Kim und Leylan ("Eigentlich wollen wir sofort anfangen und nicht nochmal aufbrechen, um Erde zu kaufen. Aber wenn die Maispflanzen ohne

Erde doch nicht wachsen, haben wir ein paar Tage verschenkt und müssen dann doch noch Erde kaufen und alles nochmal machen. Wie sollen wir uns entscheiden?") ein fachliches Problem für die Schülerinnen und Schüler ("Wir sollten überprüfen, ob Maispflanzen ohne Erde wachsen können. Dazu sollten wir ein Experiment durchführen.").

Die Geschwister Kim und Leylan haben zwei Kaninchen. Sie haben gelesen, dass Kaninchen gerne Mais fressen. Diesen möchten sie selbst für die Kaninchen anbauen. Sie haben Maissamen gekauft und möchten die Maispflanzen nun in der Küche kultivieren.

Als sie wieder zu Hause sind, sagt Leylan: „Wir haben vergessen, Erde zu kaufen.“

„Oh nein!“, sagt Kim, „dann können wir den Mais ja heute gar nicht aussäen, oder? Wir wollten doch jetzt anfangen!“

„Vielleicht wachsen Maispflanzen auch ohne Erde?“, überlegt Leylan.

„Versuchen wir es!“ meint Kim. „Fifty-fifty, dass das möglich ist!“

„Aber wenn nicht, müssen wir in ein paar Tagen von vorn anfangen,“ gibt Kim zu bedenken, „vielleicht sollten wir doch nochmal los, um Erde zu besorgen?“

Überprüft in einem Kultivierungsexperiment, wie die beiden Geschwister sich entscheiden sollten.

Kasten 1: Einstieg zur Problematisierung und Hinführung. Experiment zur vergleichenden Kultivierung von Mais in Erde und in einem hydroponischen System ohne Erde.

Sodann kann durch konkretisierende Überlegungen zum Kultivierungsexperiment hingeführt werden, z.B.:

- "Wir müssen Ansätze ohne und mit Erde machen." (Test- und Kontrollansatz),
- "Wie könnte man Pflanzen ohne Erde kultivieren?" (hydroponisches System),
- "Außer der Erde dürfen wir bei den Ansätzen nichts ändern." (Faktorenkontrolle),
- "Woran machen wir fest, ob Wachstum stattgefunden hat?" (Sprossbildung),
- "Fifty-fifty (s. Einstieg), dass Wachstum ohne Erde möglich ist." (Hypothese und Gegenhypothese).

Es empfiehlt sich, die Abbildungen 2 und 3 aus diesem Beitrag (auch im Zusatzmaterial) heranzuziehen, wenn die Schülerinnen und Schüler auf entsprechende Ideen und Überlegungen zu sprechen kommen bzw. wenn die Aufmerksamkeit durch die Lehrkraft auf bestimmte Aspekte gelenkt werden soll.

Anschließend sind die Fragestellung und die Hypothesen für das durchzuführende Experiment so zu formulieren, dass sie verschriftlicht werden können (s. Musterlösung, Abschnitt 3.3). Während

die Frage recht einfach aus der geschilderten fiktiven Situation abgeleitet werden kann, ist es für die Hypothesenbildung (und natürlich die weiteren Schritte) zielführend, dass sich die Schülerinnen und Schüler - anknüpfend an das vorhergehende Unterrichtsgespräch (s.o.) - den prinzipiellen Ablauf des Experiments inkl. Ergebnisermittlung vergegenwärtigen (s. Aufgaben und Abbildungen im Arbeits- und Zusatzmaterial). Denn die jeweiligen Vorhersagen antizipieren die Methodik (Ansätze ohne Erde und mit Erde, Sprossbildung als Kriterium für Wachstum, Zählen der gebildeten Sprosse bei den verschiedenen Ansätzen) und das mögliche Ergebnis (kein Unterschied vs. Unterschied in der Anzahl der gebildeten Sprosse bei den Ansätzen ohne Erde und mit Erde).

Die praktische Arbeit sollte somit erst beginnen, wenn den Schülerinnen und Schülern nicht nur klar ist, was sie wann wie tun sollen (Durchführung), um ihre Frage zu beantworten, sondern auch, dass diese Frage durch das Experiment prinzipiell mit ja oder nein beantwortet werden könnte (Hypothese und Gegenhypothese), und in welchem Zusammenhang die möglichen Ergebnisse und die Hypothesen stehen (Vorhersagen).

Die Durchführung des Experiments und das Auszählen der Sprosse pro Ansatz kann anhand der gesonderten Anleitung möglichst selbstständig und eigenverantwortlich erfolgen.

Die Dokumentation der Ergebnisse erfolgt tabellarisch und wird anschließend auch versprachlicht (s.u.). Um die Einzelwerte zusammenzuführen, können bis zu drei verschiedene Gesamtwerte ermittelt werden (Anteil in absoluten Zahlen und in Prozent sowie Mittelwerte, s. Arbeitsmaterial) - je nach Lerngruppe kann hier ggf. reduziert werden. Die bei einem Probelauf dieses Versuchs ermittelten Ergebnisse sind im Lösungsteil zum Versuchsprotokoll aufgeführt (Abschnitt 3.3).

Nach dem Experiment sollten alle Gruppen die Möglichkeit erhalten, ihre Ergebnisse zu präsentieren, entsprechend sollte auch hierfür ausreichend Zeit in der Sicherungsphase eingeplant werden.

Die Schülerinnen und Schüler ergänzen (bzw. verfassen selbst, s.u.) einen Text, der die Ergebnisse beschreibt, vergleicht und erklärt, der Bezug auf die Hypothesen nimmt und weiterführende Fragestellungen formuliert. Diese Fragestellungen könn(t)en ebenfalls experimentell untersucht werden. Nicht zu vergessen wäre hier, die Bedeutung der Literaturrecherche als wissenschaftliche Tätigkeit besonders hervorzuheben: Beispielsweise liegen natürlich schon Erkenntnisse darüber vor, ob Pflanzen in Wasser mit darin gelösten Stoffen besser wachsen als ohne; auch zu Art und Menge dieser Stoffe gibt es Forschungsergebnisse, was bei der Planung eigener Experimente zu berücksichtigen wäre.

Die Auswertung ist i.S.e. wissenschaftsnahen Darstellung, die den Schülerinnen und Schülern als Muster dienen soll, umfangreich und (fach)sprachlich anspruchsvoll. Sie ist daher durch Hinweise gegliedert und recht stark vorgegeben; die Werkzeuge zur Bearbeitung [4] variieren abschnittsweise (Wortgeländer, Lückentext zum Ergänzen einzelner Wörter oder Satzfragmente, z.T. mit Worttopf oder vorgegebenen Anfangsbuchstaben, Auswahlmöglichkeiten zum Ankreuzen, Zuordnung; s. Arbeitsmaterial).

Ein geringerer Grad der Steuerung kann z.B. durch Leitfragen zu den einzelnen Elementen der Auswertung (Beispiele in Kasten 2, auch im Zusatzmaterial) zum Erstellen eines Freitextes realisiert werden. Natürlich können auch solche Leitfragen entfallen und lediglich die gliedernden Hinweise verwendet werden. Es ist naheliegend, der Lerngruppe durchaus verschiedene Varianten zur Verfügung zu stellen, aus denen die Schülerinnen und Schüler individuell auswählen können, und/oder die Unterstützung (auch) in Form gestufter Hilfen bereitzuhalten, die die Schülerinnen und Schüler bedarfsweise heranziehen können (z.B. ein Helferkärtchen pro Textabschnitt, Worttopf zur Unterstützung bei Lückentext oder Leitfragen zur Unterstützung bei Freitext).

Beschreibt die ermittelten Ergebnisse. Orientiert euch an folgenden Leitfragen: Wie viele Sprosse und Samen lagen bei dem Ansatz mit und bei dem Ansatz ohne Erde jeweils insgesamt vor? Was waren bei den einzelnen Ansätzen jeweils die größten und was die kleinsten Werte? Gab es Einzelergebnisse, die stark von den anderen Einzelergebnissen nach unten oder oben abwichen?

Vergleicht die Ergebnisse der beiden Ansätze. Gebt dazu jeweils an, ob die meisten Pflanzen einen Spross entwickelt hatten und ob sich die Gesamtanzahl der Sprosse bei den beiden Ansätzen unterschied.

Erläutert die Ergebnisse bezüglich der zu Beginn des Versuchs aufgestellten Fragestellung und überprüft, ob bzw. welche eurer Hypothesen zutrifft. Schlüsselbegriffe: Fragestellung, Hypothese, Erde, ohne Erde, wachsen.

Kasten 2: Beispiele für Leitfragen und Hilfen für die Erstellung des Textes zum Protokollteil "Ergebnisse und Auswertung".

Unabhängig vom Grad der Steuerung durch das Material sollte die schriftliche Fixierung der Ergebnis- und Auswertungsteile durch ein entsprechendes Unterrichtsgespräch im Plenum je nach Lerngruppe vorentlastet, begleitet und/oder gesichert werden.

Zum Ende der Einheit erfolgt der Rückbezug zum Einstieg mit Beantwortung der Frage, ob die Geschwister Kim und Leylan sich richtig entschieden hätten, den Anbau von Mais für ihre Kaninchen trotz fehlender Erde zu versuchen. So können die Schülerinnen und Schüler fachinhaltlich und fachmethodisch Gelerntes auf den Kontext anwenden, hierzu fachlich begründet Stellung nehmen und dabei Bildungs- und Fachsprache üben.

3.3 Lösungen zum Arbeitsmaterial

Problem:

Kim und Leylan möchten Mais als Futter für ihre Kaninchen anpflanzen. Sie haben Samen gekauft, aber nicht an Erde gedacht. Allerdings haben sie mal gehört oder irgendwo gelesen, dass Pflanzen (z.B. Kresse) auch ohne Erde keimen und wachsen können. Nun sind sie nicht sicher, ob sie gleich mit der Kultivierung ohne Erde beginnen können oder lieber doch noch Erde besorgen sollten.

Frage:

Können Maispflanzen ohne Erde wachsen?

Hypothesen:

Ja, Maispflanzen können ohne Erde wachsen.

Wenn diese Hypothese zutrifft, werden die Keimlinge im Experiment bei den Ansätzen mit Erde und bei denen ohne Erde etwa gleich häufig Wachstum zeigen, d.h. einen Spross ausbilden.

Nein, Maispflanzen können nicht ohne Erde wachsen.

Wenn diese Hypothese zutrifft, werden deutlich weniger oder keine Keimlinge bei den Ansätzen ohne Erde wachsen, d.h. einen Spross ausbilden.

Ergebnisse und Auswertung:

Die bei einem Probelauf des Versuchs ermittelten Ergebnisse sind in Tab. 1 aufgeführt.

Beschreibt ...

Es wurden jeweils 72 Samen für die Ansätze mit Erde und für die Ansätze ohne Erde ausgesät (Tag 1). An Tag 3 wurden 72 Keimlinge in Erde und 72 Keimlinge in die hydroponischen Systeme mit Wasser statt Erde überführt. Nach weiteren 5 Tagen wurden bei den Ansätzen mit Erde insgesamt 63 Maispflanzen mit Spross gezählt, bei den Ansätzen ohne Erde waren es insgesamt 61 Maispflanzen mit Spross. Es wurde somit bei 87,5 Prozent der Keimlinge in Erde ein Wachstum festgestellt. Von den Keimlingen in den hydroponischen Systemen sind 84,7 Prozent gewachsen. Betrachtet man die Einzelwerte der Gruppen und Teams (A und B), so betrug die Anzahl der gebildeten Sprosse zwischen neun und zwölf (von jeweils zwölf eingesetzten Keimlingen) pro Ansatz.

Vergleicht ...

In allen Ansätzen wurden bei ungefähr gleich vielen Keimlingen Sprosse ausgebildet. Insgesamt ist die Anzahl bzw. der Anteil der gebildeten Sprosse bei den Ansätzen ohne Erde aber doch ein wenig geringer als bei denen mit Erde. Es gibt keine großen Unterschiede zwischen den Werten der einzelnen Gruppen und denen der einzelnen Teams. Die Einzelwerte zeigen auch keine starken Abweichungen vom Mittelwert.

Nehmt Bezug ...Überprüft ...

Die Fragestellung lautete, ob Maispflanzen Erde zum Wachsen benötigen. Im Versuch konnten wir feststellen, dass nicht nur bei den Ansätzen mit Erde die meisten Maispflanzen einen Spross entwickelten, sondern auch bei den Ansätzen ohne Erde. Die Hypothese, dass Maispflanzen nicht

ohne Erde wachsen können, trifft also nicht zu. (Man sagt: Sie wurde falsifiziert). Die andere Hypothese wird durch das Ergebnis unterstützt: Maispflanzen benötigen für das Wachstum keine Erde. (Man kann auch sagen: Diese Hypothese wurde bestätigt oder verifiziert.)

Findet mögliche Erklärungen ...und macht Vorschläge ...

Es kann Zufall sein, dass bei den Ansätzen ohne Erde etwas weniger Maispflanzen einen Spross ausgebildet haben – das könnte durch Wiederholungsexperimente, auch mit mehr eingesetzten Maissamen, überprüft werden. Eine andere Erklärung wäre, dass sich der Gehalt bestimmter Stoffe (Mineralien und Spurenelemente) in der Erde und im Leitungswasser unterscheidet und für das Pflanzenwachstum von Bedeutung ist – das könnte durch Experimente überprüft werden, bei denen diese Zusammensetzung bekannt ist und variiert wird.

Anzahl der Maispflanzen mit Spross bei Kultivierung der Keimlinge ...		
	... mit Erde (Team A)	... ohne Erde (Team B)
Gruppe 1	10 von 12	9 von 12
Gruppe 2	12 von 12	10 von 12
Gruppe 3	11 von 12	11 von 12
Gruppe 4	11 von 12	9 von 12
Gruppe 5	10 von 12	12 von 12
Gruppe 6	9 von 12	10 von 12
a) Anzahl der Maispflanzen mit Spross insgesamt	63 von 72	61 von 72
b) Anteil der Maispflanzen mit Spross an der Gesamtzahl der Keimlinge	87,5 %	84,7 %
c) Durchschnittliche Anzahl der Maispflanzen mit Spross pro Ansatz	10,5 von 12	10,2 von 12

Tab. 1: Eigene Ergebnisse aus einem Probelauf zum Kultivierungsexperiment.

Formuliert ...

Gilt die gewonnene Erkenntnis auch für andere Pflanzen als Mais? / Welche anderen Faktoren sind für das Wachstum von (Mais-)Pflanzen von Bedeutung? / Unterscheiden sich ausgewachsene Maispflanzen, wenn sie länger als acht Tage mit oder ohne Erde kultiviert werden, z.B bezüglich, Größe, Farbe, Anzahl? / Macht es einen Unterschied, wenn statt Leitungswasser destilliertes Wasser verwendet wird? / ...?

Das hier vorgestellte Kultivierungsexperiment wurde im Rahmen einer Masterarbeit an der RWTH Aachen für den schulischen Einsatz entwickelt. Die Thematik der vertikalen Landwirtschaft und die Kultivierung von Pflanzen mittels hydroponischer Systeme ist Gegenstand aktueller Forschung der Aachener Biologie und Biotechnologie (ABBT).

Anschrift der Autoren

Hanna Hardt, M. Ed.^{1,2,3}, Prof.-Vertr. Dr. Ingeborg Heil, OStR' i.H.^{2,3}, Prof. Dr. Joost T. van Dongen¹, Prof. Dr. Johannes Bohrman², Dr. Romy Schmidt¹

RWTH Aachen, ¹Institut für Biologie I, Botanik/Molekulare Genetik, Worringerweg 1, 52074 Aachen sowie ²Institut für Biologie II, Zoologie und Humanbiologie, ³Didaktik der Biologie und Chemie, Worringerweg 3, 52074 Aachen; Kontakt (für die Autoren): heil@bio2.rwth-aachen.de und roschmidt@bio1.rwth-aachen.de

Literaturverzeichnis

- [1] Abenthum-Glaser, I., Frankenberg, T., Hausfeld, R., Höxter, H., Klaßen, D., Lisbach, I., Nußwald, T., Peters, J., Pütz, N., Ratermann, M. Schröder, E., Schulenberg, W., Stoppel, F., Teschner, H. und Vorwerk, B. (2016): Bioskop 5./ 6. Gymnasium Nordrhein-Westfalen. Westermann, Braunschweig.
- [2] Hardt, H. (2019). Entwicklung von Schulexperimenten zur Kultivierung und zum Einfluss von abiotischem Stress auf verschiedene Pflanzenarten. Masterarbeit. RWTH. Aachen.
- [3] Heilemann, J., Jungbauer, W., Konopka, H.-P., Menke, K., Reck, M., Schäfer, H., Starke, A. S. und Wasmann, A. (2016): Linder 1. Biologie. Nordrhein-Westfalen. Schroedel: Braunschweig.
- [4] Leisen, J. (2019). Methodenwerkzeuge für den sprachsensiblen Fachunterricht; online: <http://www.josefleisen.de/downloads/methodenwerkzeuge/49%20%C3%9Cbersicht%20-%20Vierzig%20Methoden-werkzeuge.pdf> (24.07.2019)
- [5] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2019): Kernlehrplan für das Gymnasium. Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Biologie. (Online-Fassung Inkraftsetzung 23.06.2019); online: <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/197/KLP%20GY%20SI%20Biologie.pdf> (19.07.2019)
- [6] Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013): Kernlehrplan für die Gesamtschule. Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften. Biologie, Chemie, Physik. Heft 3108. 2. Aufl.; online: <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/gesamtschule/naturwissenschaften/index.html> (19.08.2018).

- [7] QUA-LiS NRW (2019): Beispiel für einen schulinternen Lehrplan. Gymnasium – Sekundarstufe I. Biologie (Fassung vom 24.06.2019); online:
<https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/gymnasium-aufsteigend-ab-2019-20/gymnasium.html> (19.07.2019)
- [8] QUA-LiS NRW (2019): Unterstützungsmaterial und Hinweise zum Kernlehrplan Biologie für das Gymnasium (aufsteigend ab 2019/20). Jahrgangsstufe 5: UV 4 „Erforschung von Bau und Funktionsweise der Pflanzen“; online:
https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/front_content.php?idart=12718 (19.07.2019)
- [9] Wüller, M., Gawlik, S., Conrath, U. und Bohrmann, J. (2011): Können Pflanzen „lernen“, Trockenheit zu ertragen? UB 362: 6-10.

Protokoll zum Kultivierungsexperiment: Vergleich des Wachstums von Maispflanzen (*Zea mays*) mit und ohne Erde

Problem:

Fasst zusammen, welches Problem Kim und Leylan haben.

Kim und Leylan möchten M_____ als Futter für ihre Kaninchen anpflanzen. Sie haben S_____ gekauft, aber nicht an E_____ gedacht. Allerdings haben sie mal gehört oder irgendwo gelesen, dass Pf_____ (z.B. Kresse) auch ohne Erde k_____ und w_____ können. Nun sind sie nicht sicher, ob sie gleich mit der K_____ ohne Erde beginnen können oder lieber doch noch Erde besorgen sollten.

Frage:

Leitet aus dem beschriebenen Problem die Frage ab, die mit Hilfe des Experiments beantwortet werden soll.

Hypothesen:

Formuliert eine Vermutung über die Antwort auf eure Frage und beschreibt das erwartete Ergebnis des Experiments. Stellt außerdem die gegenteilige Hypothese auf, denn prinzipiell müsst ihr von der Möglichkeit ausgehen, dass das erwartete Ergebnis nicht eintritt. *Die Abbildungen auf Seite 1 und 2 helfen euch bei der Bildung der Hypothesen.*

Ja, _____

Wenn diese Hypothese zutrifft, werden die Keimlinge im Experiment bei den Ansätzen _____ Erde und bei denen _____ Erde etwa gleich häufig Wachstum zeigen, d.h. _____

Nein, _____

Wenn _____, werden deutlich weniger oder keine Keimlinge bei den Ansätzen _____ Erde wachsen, d.h. einen Spross ausbilden.

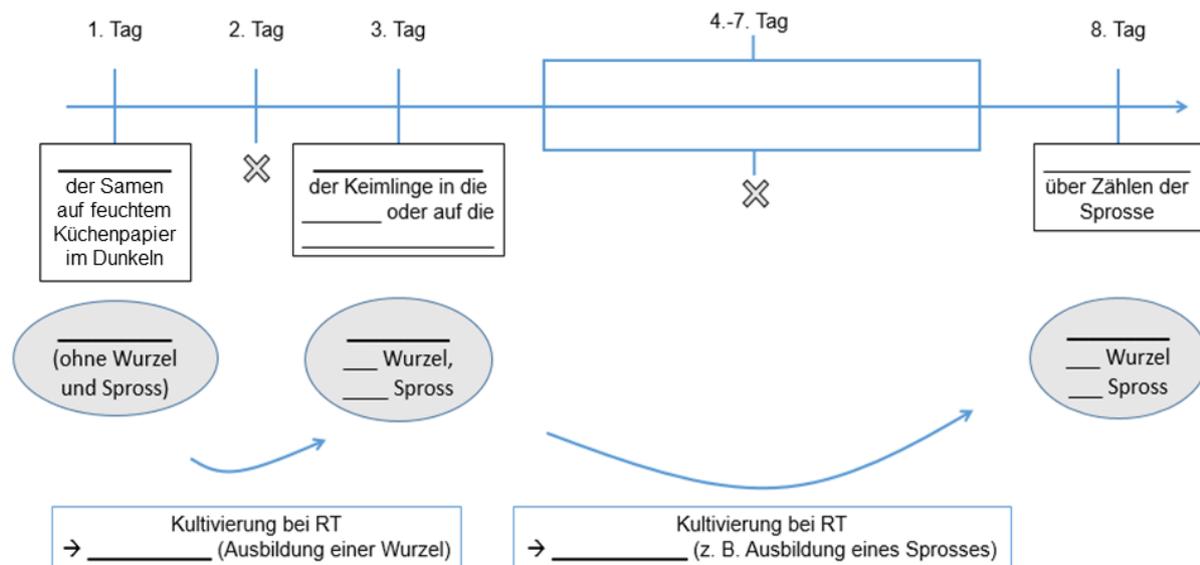
Zwei Keimlinge von *Zea mays* mit Wurzel und Spross. Wenn ein Samen keimt, bildet sich zuerst eine Wurzel. Diese Keimungsphase dauert bei Mais etwa drei Tage. Erst danach beginnt die Wachstumsphase: Es entwickelt sich ein Spross. Nach acht Tagen ist der Spross gut zu sehen. Die Ausbildung eines Sprosses ist das Kriterium dafür, ob eine Pflanze gewachsen ist. Foto: Hanna Hardt.



Material und Durchführung:

• Überblick über den Ablauf des Kultivierungsexperiments

Verschafft euch einen Überblick über den gesamten Ablauf des Experiments, indem ihr die Anleitung zu den Tagen 1, 3 und 8 sowie die Materialliste vollständig lest und in der Abbildung die fehlenden Wörter ergänzt: *Aussaat, Auswertung, Erde, Keimlinge (2x), Keimung, mit (2x), ohne, Samen, Spross (2x), Überführung, und, Wachstum, Wasseroberfläche*



• Material

Teilt eure Gruppe (fünf Personen) in Team A (zwei Personen; Kultivierung mit Erde) und Team B (drei Personen; Kultivierung ohne Erde im hydroponischen System).

Tag	Material pro Gruppe
1	24 vorgequollene Maissamen; 1 Becherglas, gefüllt mit Leitungswasser; 1 Rolle Küchenpapier; 1 Rolle Alufolie; 1 Pinzette; 1 wasserfester Stift; Team A: 2 kleine Plastikboxen; Team B: 1 große Plastikbox mit 1 Adapter (= hydroponisches System); auf dem Pult: Einmalhandschuhe
3	Material von Tag 1 sowie zusätzlich: 3 Papierzettel und Tesafilm (alternativ: selbstklebende Etiketten); Team A: 1 L Erde; Team B: Messgefäß, z.B. 1 L (alternativ: 2 Plastikflaschen 1,5 L und 1 L); Leitungswasser
8	Boxen mit den kultivierten Keimlingen von Tag 3; Küchenpapier; 1 Pinzette; auf dem Pult: Einmalhandschuhe, Behälter zur Entsorgung der Erde und der Pflanzenreste

• Durchführung

Verwendet die Anleitung zur Durchführung (Tag 1 und 3) und zur Auswertung (Tag 8) des Kultivierungsexperiments. Diese Anleitung liegt euch gesondert vor.

Ergebnisse und Auswertung

Sammelt die Ergebnisse im Plenum. Tragt hierzu die Einzelwerte aller Gruppen in die Tabelle ein. Berechnet dann folgende Werte und ergänzt diese in der Tabelle. Zeile a und b: Die Gesamtanzahl der Maispflanzen mit Spross im Verhältnis zur Gesamtanzahl der eingesetzten Samen bzw. Keimlinge (als Summe in Zeile a und in Prozent in Zeile b); Zeile c: Die durchschnittliche Anzahl der Maispflanzen mit Spross pro Ansatz (Mittelwerte).

Anzahl der Maispflanzen mit Spross bei Kultivierung der Keimlinge ...		
	... mit Erde (Team A)	... ohne Erde (Team B)
Gruppe 1	von 12	von 12
Gruppe 2	von 12	von 12
Gruppe 3	von 12	von 12
Gruppe 4	von 12	von 12
Gruppe 5	von 12	von 12
Gruppe 6	von 12	von 12
a) Anzahl der Maispflanzen mit Spross insgesamt	von 72	von 72
b) Anteil der Maispflanzen mit Spross an der Gesamtzahl der Keimlinge	%	%
c) Durchschnittliche Anzahl der Maispflanzen mit Spross pro Ansatz	von 12	von 12

Beschreibt die ermittelten Ergebnisse. Berücksichtigt dabei Gesamt- und Einzelergebnisse für die Ansätze mit Erde und die Ansätze ohne Erde. *Ergänzt eure eigenen Werte und die fehlenden Begriffe.*

Es wurden jeweils _____ Samen für die Ansätze _____ Erde und für die Ansätze _____ Erde ausgesät (Tag _____). An Tag _____ wurden _____ Keimlinge in _____ und _____ Keimlinge in die hydroponischen Systeme mit _____ statt Erde überführt. Nach weiteren _____ Tagen wurden bei den Ansätzen mit Erde insgesamt _____ Maispflanzen mit Spross gezählt, bei den Ansätzen ohne Erde waren es insgesamt _____ Maispflanzen mit Spross. Es wurde somit bei _____ Prozent der Keimlinge in Erde ein Wachstum festgestellt. Von den Keimlingen in den hydroponischen Systemen sind _____ Prozent gewachsen. Betrachtet man die Einzelwerte der Gruppen und Teams (A und B), so betrug die Anzahl der gebildeten _____ zwischen _____ und _____ (von jeweils _____ eingesetzten _____) pro Ansatz.

Vergleicht die Werte für die Ansätze mit Erde (A) und ohne Erde (B). Vergleicht zunächst das jeweilige Gesamtergebnis (s. Tab.: Zeile a-c). Vergleicht auch die Werte der einzelnen Gruppen mit den errechneten Werten. *Wählt für die Lücken passend aus: gleich – verschieden, geringer – höher – größer, groß – klein, stark – schwach*

In allen Ansätzen wurden bei ungefähr _____ vielen Keimlingen Sprosse ausgebildet. Insgesamt ist die Anzahl bzw. der Anteil der gebildeten Sprosse bei den Ansätzen ohne Erde aber doch ein wenig _____ als bei denen mit Erde. Es gibt keine _____ Unterschiede zwischen den Werten der einzelnen Gruppen und denen der einzelnen Teams. Die Einzelwerte zeigen auch keine _____ Abweichungen vom Mittelwert.

Nehmt Bezug auf die zu Beginn des Versuchs aufgestellte Fragestellung. Überprüft anhand des Ergebnisses, ob bzw. welche eurer Hypothesen zutrifft. *Verwendet jeweils das Wortgeländer unterhalb der Linien.*

Fragestellung – lauten – Maispflanzen – Erde – Wachsen – benötigen

Versuch – feststellen – Ansätze mit Erde – Maispflanzen – Spross entwickeln – Ansätze ohne Erde

Hypothese – Maispflanzen – ohne Erde – wachsen können – nicht zutreffen – (falsifizieren)

Hypothese – Ergebnis – unterstützen – Maispflanzen – benötigen – Wachstum – keine Erde – (bestätigen – verifizieren)

Findet mögliche Erklärungen für abweichende Werte und macht Vorschläge für deren Überprüfung. *Ordnet die Aussagen durch passende Verbindungslinien zu.*

Es kann Zufall sein, dass bei den Ansätzen ohne Erde etwas weniger Maispflanzen einen Spross ausgebildet haben.

Das könnte durch Experimente überprüft werden, bei denen diese Zusammensetzung bekannt ist und variiert wird.

Eine andere Erklärung wäre, dass sich der Gehalt bestimmter Stoffe (Mineralien und Spurenelemente) in der Erde und im Leitungswasser unterscheidet und für das Pflanzenwachstum von Bedeutung ist.

Das könnte durch Wiederholungsexperimente, auch mit mehr eingesetzten Maissamen, überprüft werden.

Formuliert weiterführende Fragestellungen, die sich aufgrund der Ergebnisse dieses Experiments ergeben.

Anleitung zur Durchführung und Auswertung: Vergleich des Wachstums von Maispflanzen (*Zea mays*) mit und ohne Erde

1. Tag: Aussaat der Samen auf Küchenpapier

Team A:

Faltet 2 Blätter Küchenpapier jeweils einmal in der Mitte. Taucht diese einzeln in ein mit Leitungswasser gefülltes Becherglas. Platziert in den beiden kleinen Plastikboxen jeweils ein nasses Blatt Küchenpapier auf dem Boden. Dieser muss vollständig bedeckt sein.

Legt nun in beiden kleinen Plastikboxen je sechs vorgequollene Samen aus.

Reißt zwei Stücke Alufolie ab, die so groß sind, dass jeweils eine kleine Plastikbox darin eingepackt werden kann. Legt die beiden Stücke Alufolie auf den Tisch und stellt vorsichtig je eine kleine Plastikbox darauf. Schlagen die Plastikboxen nun in Alufolie ein. Es darf kein Licht in die Box dringen!

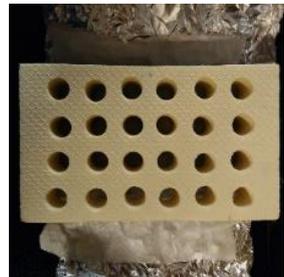
Beschriftet eure Versuchsansätze auf der Alufolie (Gruppe, Team, Namen).

Team B:

Reißt ein Stück Alufolie ab, das groß genug ist, um den Adapter später darin einzupacken. Legt den Adapter mit den Füßen nach oben auf die Alufolie (s. Foto). Taucht ein Blatt Küchenpapier in ein wassergefülltes Becherglas. Platziert das Küchenpapier zwischen den Füßen des Adapters und klappt es an den Seiten so um, dass es zwischen die Füße passt. Alle Löcher müssen vom Küchenpapier bedeckt sein (s. Foto). Drückt das Küchenpapier leicht an.



Haltet das Küchenpapier an den Seiten fest, dreht dann den Adapter mit dem daran klebenden nassen Küchenpapier zügig um und stellt ihn auf der Alufolie ab. Nun zeigt die Seite mit den offenen Löchern nach oben (s. Foto).



Sät nun insgesamt 12 vorgequollene Maissamen in die beiden mittleren Reihen mit je 6 Löchern aus. Überschüssige Maissamen in einem Loch könnt ihr mit der Pinzette entfernen. Dreht den Adapter bei den nächsten Schritten nicht um, sonst fallen die Maissamen heraus!

Packt nun den Adapter in die Alufolie ein und drückt die Folie an der Unterseite fest, damit das nasse Küchenpapier gegen das Fliegengitter drückt. In die Löcher darf kein Licht fallen! Beschriftet euren Versuchsansatz auf der Alufolie (Gruppe, Team, Namen). Legt den Adapter mit den Füßen nach unten in die große Plastikbox.

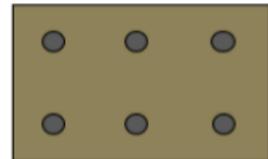
Team A und B: Alle Ansätze werden für zwei Tage bei Raumtemperatur im Dunkeln kultiviert.

3. Tag: Überführung der Keimlinge in Erde oder das hydroponische System

Team A:

Nehmt das Küchenpapier mit den gekeimten Maissamen aus den beiden kleinen Plastikboxen. Verteilt die Erde auf die beiden nun leeren Boxen. Feuchtet die Erde an, indem ihr etwas Leitungswasser mit einem Becherglas in die Boxen gießt. **Die Erde sollte überall feucht sein; es darf jedoch kein Wasser in den Boxen stehen!**

Formt nun mit den Fingern in jeder Box sechs ca. 3 cm tiefe Löcher (s. Skizze). Pflanz in jedes Loch einen der Keimlinge aus den kleinen Plastikboxen. Die kleinen Wurzeln sollen in der Erde nach unten zeigen. Bedeckt die Samen mit Erde.



Beschriftet zwei Zettel (Gruppe, Team, Namen) und klebt diese an die Seite der Boxen.

Team B:

Nehmt den Adapter mit den gekeimten Maissamen vorsichtig aus der großen Plastikbox heraus. Füllt 2,5 Liter Leitungswasser in die große Plastikbox.

Packt den Adapter vorsichtig aus der Alufolie aus und entfernt das Küchenpapier. **Dreht den Adapter bei den nächsten Schritten nicht um!** Platziert den Adapter auf der Wasseroberfläche. **Die Adapterunterseite muss überall das Wasser berühren. Drückt den Adapter bei Bedarf leicht an.**

Klebt einen beschrifteten Zettel an eine Boxenseite (Gruppe, Team, Namen).

Team A und B: Alle Ansätze werden für fünf Tage bei Raumtemperatur kultiviert.

8. Tag: Auswertung über Zählen der gebildeten Sprosse

Jedes Team zählt, bei wie vielen Maispflanzen nun ein Spross vorhanden ist, und notiert seinen Wert in der Tabelle im Protokoll. **Hinweis für Team A:** Nehmt die Samen mit den Fingern aus der Erde heraus, wenn oberhalb der Erde noch kein Spross erkennbar ist und schaut, ob ein kleiner Spross vorhanden ist.

Entsorgt die Pflanzenreste und die Erde in dem dafür vorgesehenen Behälter. Spült die Boxen mit Wasser aus und trocknet sie mit Küchenpapier ab. Räumt euren Arbeitsplatz auf und reinigt das Waschbecken! **Hinweis für Team B:** Reinigt den Adapter sorgfältig, indem ihr mit der Pinzette die Maiskeimlinge aus dem Adapter herauszieht und zunächst auf einem Blatt Küchenpapier sammelt. Wenn ihr den Adapter mit Wasser abspült, entfernt verbliebene Pflanzenreste mit den Fingern oder der Pinzette.