

**Umweltfaktoren und ihr Einfluss auf das Pflanzenwachstum  
Teil1: Licht, Temperatur, Wasser, Nährstoffe**



Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungsniveau	Durchführungsniveau	Vorbereitung Durchführung
Sek I (Sek II)	Ökologie	Abiotische Faktoren	•••	eher ■■	aufwändig

*Autor: Dr. Karlheinz Brüning*

Einleitung:

Allgemeine Vorbemerkung:

Ökologie ist die Wissenschaft von den Faktoren, welche von innen und außen auf das Gedeihen (Wachstum, Fortpflanzung und Verbreitung) eines Individuums einwirken. Dabei wird zunächst grundsätzlich zwischen abiotischen und biotischen Faktoren unterschieden. Unter biotischen Faktoren werden diejenigen verstanden, mit denen Lebewesen untereinander auf sich einwirken. Abiotische sind dagegen diejenigen, die von der unbelebten Umwelt aus auf Pflanzen und Tiere Einfluss haben. Diese sind zum Beispiel: Feuchtigkeit, Temperatur, Licht, Ionenverfügbarkeit (aber auch Wind oder UV - Einstrahlung) und somit diejenigen Faktoren, die am leichtesten experimentell dann fassbar werden, wenn man sich auf Pflanzen beschränkt.

Spezielle Vorbemerkung:

Der Newsletter gliedert sich in zwei Teile, die aufeinander in Sek I und Sek II aufbauen können und bewusst praxisbezogen sind, also nach dem Aufbau einer Schulsammlung (an der auch Schüler durch einfache Sammlungsstücke wie z.B. Joghurtbecher oder Pflanzbehälter, Gefrierdosen etc.) beteiligt werden können erste Experimente in Sek I sowohl im Frontal-/ Normalunterricht in Klasse 5/6 aber auch als Praktikum (z.B. Naturphänomene oder NWT) durchgeführt werden können und dessen Erweiterung in den Chemieunterricht hinein fächerübergreifend zum Biologieunterricht möglich ist; der vierstündige Unterricht in "Naturwissenschaft und Technik" bietet sich hier besonders an.

Didaktik/ Methodik

Allgemeine Vorbemerkung:

Alle methodischen Details sind in diesem 1. Teil für Sek I detailliert behandelt und / obwohl sie auch für die Sek II (siehe auch eine spätere Veröffentlichung) Gültigkeit besitzen.

Spezielle Vorbemerkungen:

Das Thema Ökologie in SEK I kann sehr gut im praxisbezogenen Unterricht behandelt werden. Über Schülermitarbeit bei Vorlage\_VAD1 Ökologie ist 2 vorbereitenden Arbeiten aber auch schülerassistierte Mitarbeit während der Unterrichtsphase mag der einzelne Lehrer entscheiden. Oft ist die Wahl dieser Unterrichtsmethode klassenspezifisch. Das Thema Ökologie in SEK II wird meist theoretisch abgehandelt. Die Begriffsbestimmung der abiotischen und biotischen Faktoren auf das Gedeihen einer Art/eines Individuums erfolgt oft ohne anschauliche Belege und ist solchermaßen für den einzelnen Schüler wenig/schlecht fassbar. Die Beschränkung auf Pflanzen zur Veranschaulichung der abiotischen Faktoren lässt sich didaktisch dadurch vertreten, dass diese als Anfang der Nahrungskette mitbestimmend sind für die Lebensverhältnisse der nachfolgenden Glieder

einer Nahrungskette ("ohne Gras keine Kuh/ keine Milch und kein Kalb / aber auch kein Käse/ keine Butter").

Aktuelle Beobachtungen bestimmen die Ionenverwendung im Experiment.

Immer wieder nennen die Schüler zur Umweltproblematik:

- Streuen von Salz im Winter (Natrium-, Kalium-, Calcium- und Chloridionen)
- Säuren Regen (Stickstoff- oder Schwefelverbindungen mit Sauerstoff, Nitrate, Sulfate); Verbrennung chlorhaltiger Stoffe wie PVC: Salzsäure,
- Waldsterben (Freisetzen von Aluminiumsalzen im Boden aus Gestein)
- Düngung (Nitrate, Phosphate, Kalium - Ionen; Nitrophoska)

Die Beschränkung auf Pflanzen bestimmt deshalb die Methode: möglichst umfangreiche und anschauliche Experimente mit geeignetem Pflanzenmaterial (platzsparend und kostengünstig bei möglichst geringem Zeitaufwand für Lehrer wie Schüler). Das von mir bevorzugte Pflanzenmaterial war bezogen auf SEK I: Bohne und Erbse und bezogen auf SEK II: Senf und Kresse.

Meine Erfahrungen dazu: Von der Bohne zur Betrachtung der Keimblätter und des Keimlings wenig Samenmaterial am besten von der Weißen Saubohne anschaffen. Weiterführende Experimente erhöhen natürlich den Samenbedarf. Von Erbsen ein Experiment zum Quellungsdruck mit Erbsensamenmaterial, das gerade beschaffbar ist.

Für die SEK II lässt sich grundsätzlich feststellen:

Senf ist geeigneter als Kresse, aber nicht so leicht erhältlich wie Kressesamen. Es lässt sich mit dem Senfsamenmaterial leichter umgehen ("handling") - Aussäen, heranziehen und vermessen-. Kresse wächst zum Teil krumm oder gedreht und lässt sich daher schlechter ausmessen und auch wegen des kleinen Samenmaterials lässt es sich schlechter und umständlicher auslegen und säen. Das Samenmaterial altert. Daher sollte es zumindest jedes zweite Jahr erneuert werden. So habe ich z.B. ganz schlechte Erfahrung zur Keimung und Quellung mit Senfsamenmaterial gemacht, das im Internet angeboten wurden, um Senfgurken einzulegen. Die Mühe des Ganges zur Samenhandlung lohnt sich.

In die Mathematik übergreifende (statistische) Verfahren kommen in der Auswertung zur Anwendung (von 100 sind 37 ... = 37%); diese Verfahren können und müssen nach meiner Erfahrung teilweise wiederholt, vertieft aber auch erweitert werden ( z.B. Mittelwert , Standardabweichung, etc., Umgang mit Excel).

Arbeitsteilige Verfahren in der Gruppe (Teamwork) müssen gefunden (evtl. verordnet) und durchprobiert werden (wer macht was, wer kann was besser oder schneller; wer arbeitet sorgfältiger, wer ist zuverlässiger in der Zeit usw.)

Forderung oder auch nur Aufforderung zur Darstellung von Ergebnissen in grafischer Form (verschiedene Diagrammtypen; Tabellen) spricht PC - Freaks an;

Präsentation von Ergebnissen in Zweier - Gruppen kann geprobt werden. Verschiedene andere, auch neue Medien (Whiteboard, Flipchart, Powerpoint per Laptop, etc) lassen sich gewinnbringend einsetzen.

Biologisch besonders interessierte Schüler können Hintergründe darstellen (z.B. Osmose, Diffusion etc.) ;

Chemisch interessierte Schüler sind z.B. bei Konzentrationsansätzen oder Verdünnungsreihen gefragt und gefordert (x molare Ansätze von Ionenlösungen; wie verdünnt man konzentrierte Salzsäure auf 0,1 molare Konzentration, Mischungskreuz etc). Schließlich gibt es sicher auch die Möglichkeit, diese Versuchsreihen auf andere Pflanzengattungen (z.B. Getreide) zu übertragen und Variationen der Methode dem Schüler zu überlassen und so eine Möglichkeit z.B. für Arbeiten zu "Schüler experimentieren" oder "Jugend forscht" zu schaffen.

Es kann auch z.B. über die Begriffe Eiseilige, Schafskälte oder Mondkalender, Quellung zur Sprengung von Gestein etc. fächerverbindend unterrichtet werden.

SEK I:

QUELLUNG (Schülerexperiment mit Fotodokumentation)

Ein einziges Beispiel aus dieser fächerverbindend möglichen Behandlung des Themas möchte ich vorstellen, da ich es (als Schülerexperiment!) in meinem Unterricht durchführen und auswerten ließ:

Bohrung 8mm in einen Ziegelstein von Schülern nach Aufforderung mitgebracht - Füllung des Bohrloches passend mit Buchenholzpfropf. Die Schüler versuchten es mit einer Bohrung. Der Ziegelstein war hart gebrannt.





Wässerung des Buchenholzpfropfs (über mehrere Tage; Demobild!)



Bild: (Angebliches!) Ergebnis nach 9 Tagen

Mich hat der senkrechte Riss nach unten stützig gemacht und die Absprengung rechts am waagerechten Riss fast direkt neben dem Buchenholzpfropf und habe den Versuch deshalb selbst nachgemacht. Ich bin nicht zu einer Sprengung gekommen. Vielleicht kann man hier an Schüler den Appell zur wissenschaftlichen Dokumentationsehrlichkeit richten. Man gestand mir die Verwendung eines Meißels ein, weil "es einfach nicht ging"! (mehrere Bohrungen?) Beobachtung und Diskussion ist auf jeden Fall angebracht!

Materialbeschaffung allgemein:

Die Beschaffung der Grundausstattung ist recht zeitintensiv, kann aber als dauerhafte Arbeitseinrichtung in einer Sammlung mit Ausnahme des Samenmaterials aufbewahrt werden. Ich habe Wochen im Voraus zum Beispiel Schüler damit beauftragt Art und Menge des Materials zum Teil selbst zu organisieren (genauere Hinweise zum Beispiel zu den Samenaufzuchtsdosen habe ich vorgegeben - es musste nicht immer Tupperware sein; siehe unten).

Materialbeschaffung für die Experimente in Sek I:

Erbsenexperimente: kleines, sehr dünnwandiges Reagensglas (beste Erfahrung mit ganz dünnen Reagensgläsern zur Aufbewahrung von Vanilleschoten aus dem Einkaufsmarkt), dazu passender (Gummi)- Stopfen, Tesafilm, Wasser, Erbsen, evtl. Stativ,  
 Bohnenexperimente: Weiße Bohnen (Sau- oder Dicke oder Puff- Bohnen), es gehen auch die kleineren Busch - oder Stangenbohnenarten, Taschenmesser (Küchenmesser oder Skalpelle von der Schule falls vorhanden), Wasser, Lupe - besser binokulare oder monokulare Lupen, flache Schüssel,  
 Handys von Schülern oder eine kleine Digitalkamera zur Dokumentation der Ergebnisse sind hilfreich, aber nicht ausreichend.

BIOLOGISCH - EXPERIMENTELLER TEIL:

Frage: Was ist ein Same?

Material: Bohnensamen so groß wie möglich (Dicke Bohnen, Puffbohnen, Saubohnen, Lupen, Monokulare oder Binokulare, Taschenmesser oder Küchenmesser, Wasser, kleines Gefäß zum Einweichen der Bohnen, Grammwaage

Durchführung:

Betrachtung des trockenen Samens von außen



Bild: Dicke Bohne mit Blick auf den Nabel (trockener Samen)

Messbeispiele:

10 trockene Samen: Länge und Breite messen;  
(Längen-/Breitenverhältnis berechnen)  
10 trockene Samen wiegen (→ Mittelwert bestimmen)

Betrachtung des für 36 Stunden eingeweichten Samens von außen

- Seite 7 -



Bild: Dicke Bohne mit Blick auf Nabel 36 h eingeweichter Samen. Über dem Nabel Durchbruch der Keimwurzel erkennbar.

Vergleich:



Bild: trockener Dicke Bohne Samen und 36 h eingeweichter dicke Bohne Samen

Wieder Länge und Breite messen; (Längen-Breitenverhältnis berechnen).

10 eingeweichte Samen äußerlich trocknen dann wiegen ( → Mittelwert bestimmen)

Versuchsbeobachtungen:

ein typisches Ergebnis:

- 10 trockene Dicke Bohnen (Puffbohnen con amore, Dürr Samenmaterial):
- Einzeln wiegen!
- Gesamtgewicht: 13,4 g (Gramm) → Einzelgewicht
- 10 eingeweichte Dicke Bohnen (siehe oben) Gesamtgewicht: 26,9 g (Gramm) → Einzelgewicht

Versuchsergebnisse:

→ Gewichtszunahme durch Wasseraufnahme im Gesamtgewicht pro 10 Samen 13,5 g also etwas mehr als 100 %

Welche Folgerungen ergeben sich aus den Daten: Länge - Breite - Gewicht?

(hier: Diskussion Diffusion/Osmose je nach Klassen -und Vorkenntnissen möglich)

Den eingeweichten Samen der Dicken Bohne mit dem Taschen-/ Küchenmesser vorsichtig zu öffnen versuchen. Beide Hälften mit der Lupe untersuchen.

Unten sind 2 Beispiele abgebildet:



Bild: Samenschale (oben), helles Nährgewebe(unten) und Keimling in Bildmitte links deutlich erkennbar.

Zeichnung: Handskizze zur Erklärung des obigen Fotos:

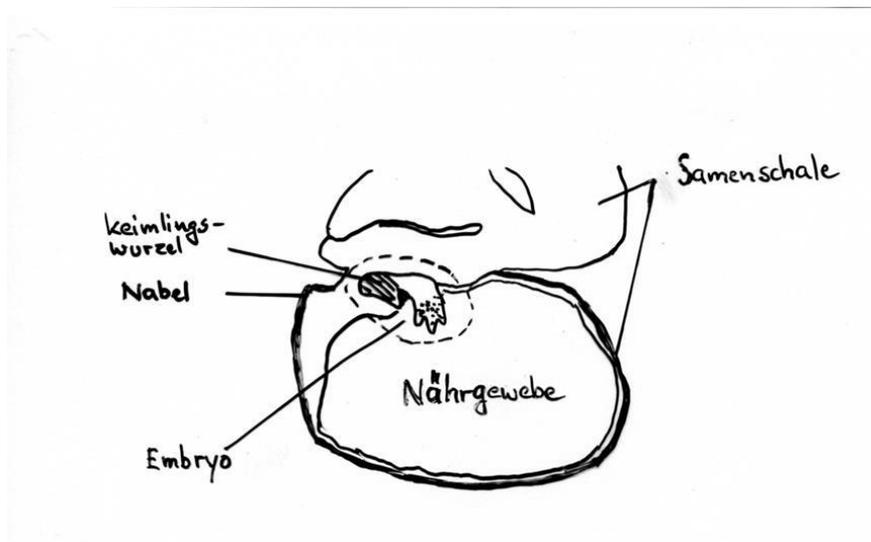


Bild: Weiteres Bild der geöffneten Bohne nach Quellung mit Wiedergabe von Samenschale, Nährgewebe und Keimling mit Keimwurzel seitenverkehrt zum obigen.

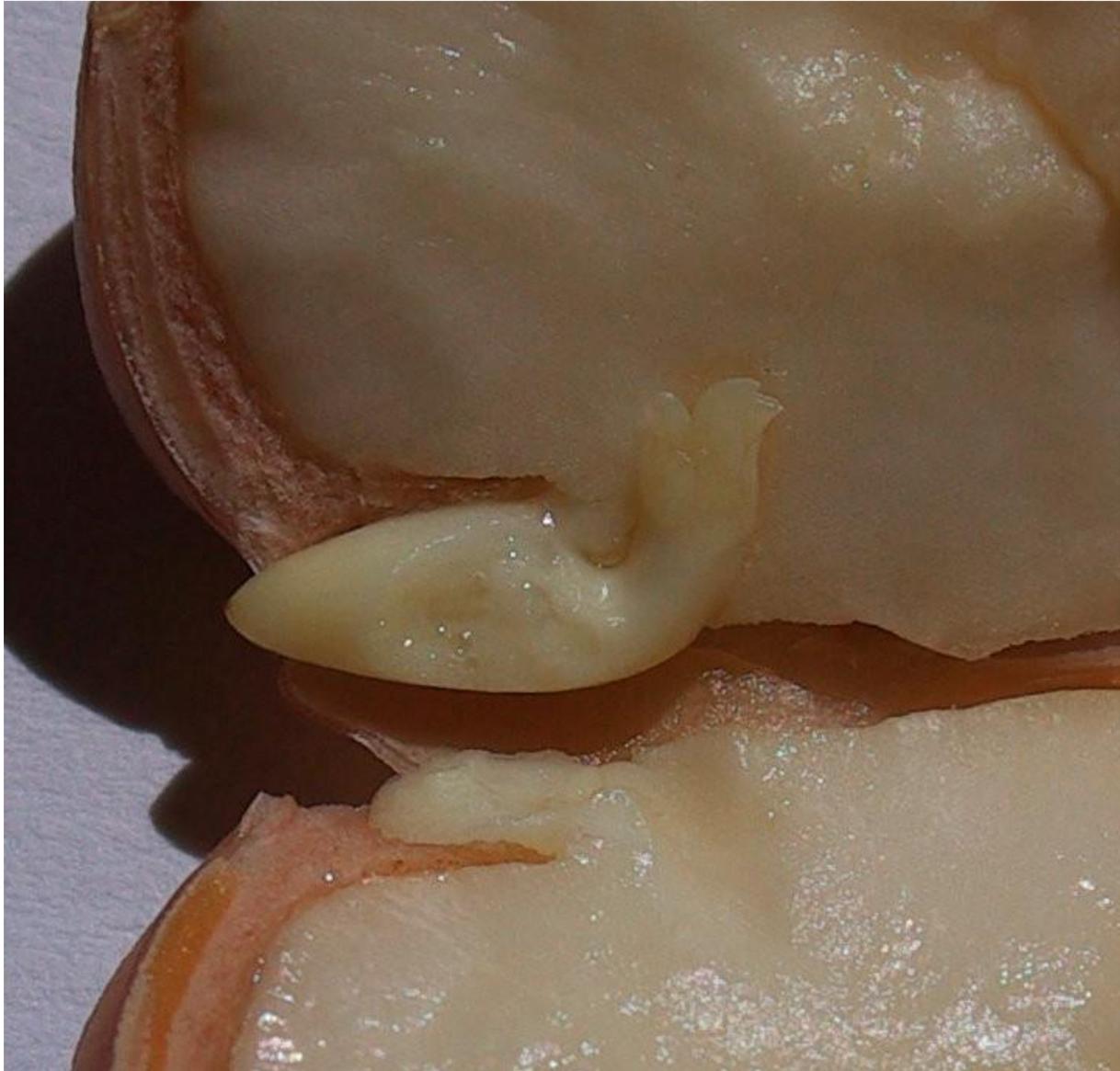


Bild: Vergrößerte Wiedergabe des Embryos

Experimente mit Erbsensamen (Variation)

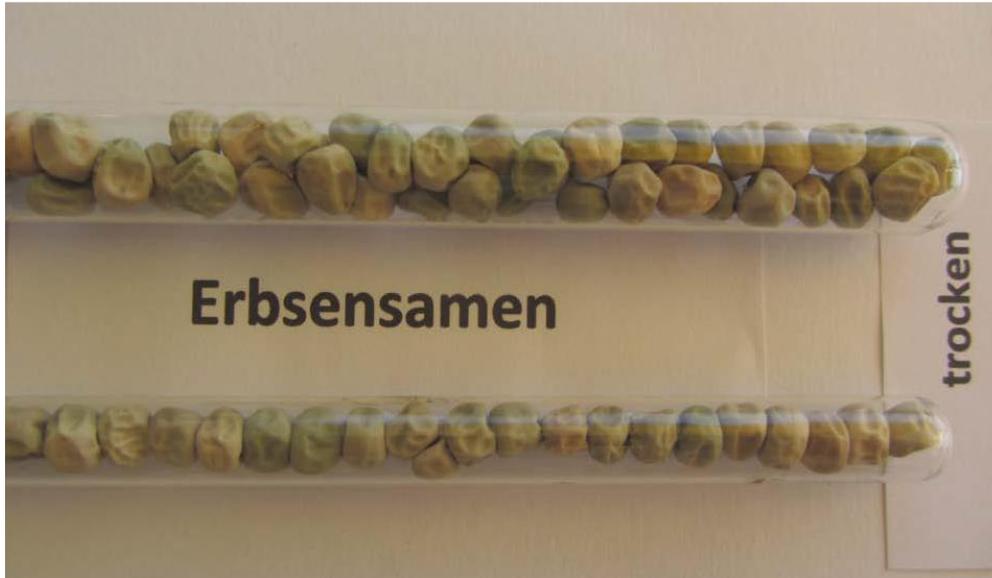


Bild: Erbsensamen kleines Reagenzglas (oben) und Vanilleschotenglas (unten); trocken



Bild: Erbsensamen 24 h in Leitungswasser (Achtung oben einlagig unten mehrlagig)

Diskussion:

- Wie dokumentiere ich etwas? Beide Abbildungen sollten vergleichbar sein (z.B. in Lage, Hintergrund etc.)

- Nur das obere Gläschen ist geplatzt. Siehe nächstes Bild. Warum?  
z.B. heiß/warm geworden, Volumenzunahme der Samen



Das Ganze erscheint trocken, kein Wasser auf dem Tisch. Wo ist das Wasser geblieben?

Vergrößerung der Samen durch Aufnahme von Wasser:

Warum Wasseraufnahme? Platz machen im Boden,

Stoffe im Samen lösen (welche? wie nachweisen? In trockene/gequollene Samenschale pieksen / Schüleräußerung/), Enzyme aktivieren.

Bei der Quellung entwickelt sich durch Wasseraufnahme eine Kraft/Quellkraft! Ohne Wasser keine Quellung. Ohne Quellung keine Keimung.

Eingeflossene Schülerfrage:

Wird es bei der Quellung/ Keimung auch warm/ entsteht Wärme?

Diskussion: Wie könnte man das nachweisen? (Fachnachfrage in Physik/ Kalorimeter).  
Der Lösung der Schülerfrage wurde an dieser Stelle aus pädagogischen Gründen nicht nachgegangen.

Der Bau eines einfachen Kalorimeters zur Lösung der Schülerfrage ist Teil eines anderen Newsletters.

Einfluss verschiedener Faktoren auf Quellung und Keimung:

Schon das Titelbild beantwortet eigentlich die Frage (hier mit Senfsamen) zum Einfluss von Licht und Wärme! Aber es differenziert zugleich: Licht wird nicht gebraucht im Gegenteil ist die Keimung bei Senfsamen im Dunkeln "besser" als im Hellen!

Diskussionsbedarf! Keimung für viele im Dunkel der Erde (unter der Erde) aber Streben zum Licht hin. Deshalb schnell langer Stängel!? Was ist mit der Wurzel!?

In SEK I sollte der besseren Beobachtung halber mit Bohnensamen weitergearbeitet werden.

Folgende Versuchsansätze wurden in Diskussion mit der Klasse vor- geschlagen:

- Kälte / Wärme (das Ganze im Kühlschrank)
- Licht / Dunkel (das Ganze in einer Blechdose)
- Luft / Luftabschluss (Schülervorschlag: unter Wasser!!)

Schüler können/sollen sich Experimentalvorrichtungen selbst ausdenken.

Vorgegeben war das Material:

Puffbohnen, Dicke Bohnen, Saubohnen; größere Gläser: hier Gurkengläser mit Metalldeckel, Verbandswatte, demineralisiertes Wasser (für Dampfbügler), Blechdose, Hammer und alter Schraubendreher für die Löcher in den Blechdosen.

Material - Ansätze: (Dokumentation siehe im Folgenden)

1. mit Licht - in Wärme(draußen) - mit Luft (Löcher in Dosen)
2. mit Licht - in Wärme - ohne Luft (Samen unter Wasser, Deckel ohne Löcher)



Bild: Dosen mit Luftlöchern (links) und geschlossen rechts in Licht und Wärme  
Ohne Licht (in Blechdose) in Wärme (draußen) - mit Luft (siehe oben)



Bild: Glas mit Luftlöcherdeckel und Blechdose für Dunkelheit (Deckel der Blechdose entfernt)



Bild: Glas beschlagen, im Hintergrund Eisschrankwand mit Eis- tropfen; Blechdose für Dunkelheit (zur Dokumentation) entfernt

Pro Glas fünf annähernd gleich aussehende Bohnen, davon später vier Samen auswerten. (Statistik!?!; Diskussion)

Zeitlicher Ansatz:

Freitag 8 Uhr - 20 Bohnen etwa gleicher Größe in ein Glas warmes Wasser geben und darin etwa 1 Stunde wässern.

9 Uhr - je 5 Bohnen entsprechend den Materialansätzen in die vorbereiteten Gläser geben  
Samstag 8 Uhr = 24 h Quellen und Keimen ohne Kontrolle  
Sonntag 8 Uhr = 48 h Quellen und Keimen ohne Kontrolle .

Montag 8 Uhr = 72 h Quellen und Keimen - evtl. Kontrolle.

Danach: Auswertung.

Die Ergebnissicherung mit Fotos, die Auswertung und Diskussion zu den Faktoren Licht, Luft und Temperatur führen die Schülergruppen und stellen ihre Ergebnisse vor.

Beispiel Auswertung:

	<b>1 Mit Licht, mit Wärme Mit Luft</b>	<b>2 Mit Licht, mit Wärme, mit Luft</b>	<b>3 Ohne Licht, mit Wärme, mit Luft</b>	<b>4 Ohne Licht, ohne Wärme, mit Luft</b>
1	-	Einfluss von Luft	<b>Einfluss von Licht</b>	Einfluss von Licht + Temperatur
2	-	-	-	Einfluss von Licht + Luft + Temperatur
3	-	-	-	Einfluss von Temperatur
4	-	-	-	-

Legende: 1- 4 Einflüsse; Inhalte der Tabelle: Forschungsschwerpunkte

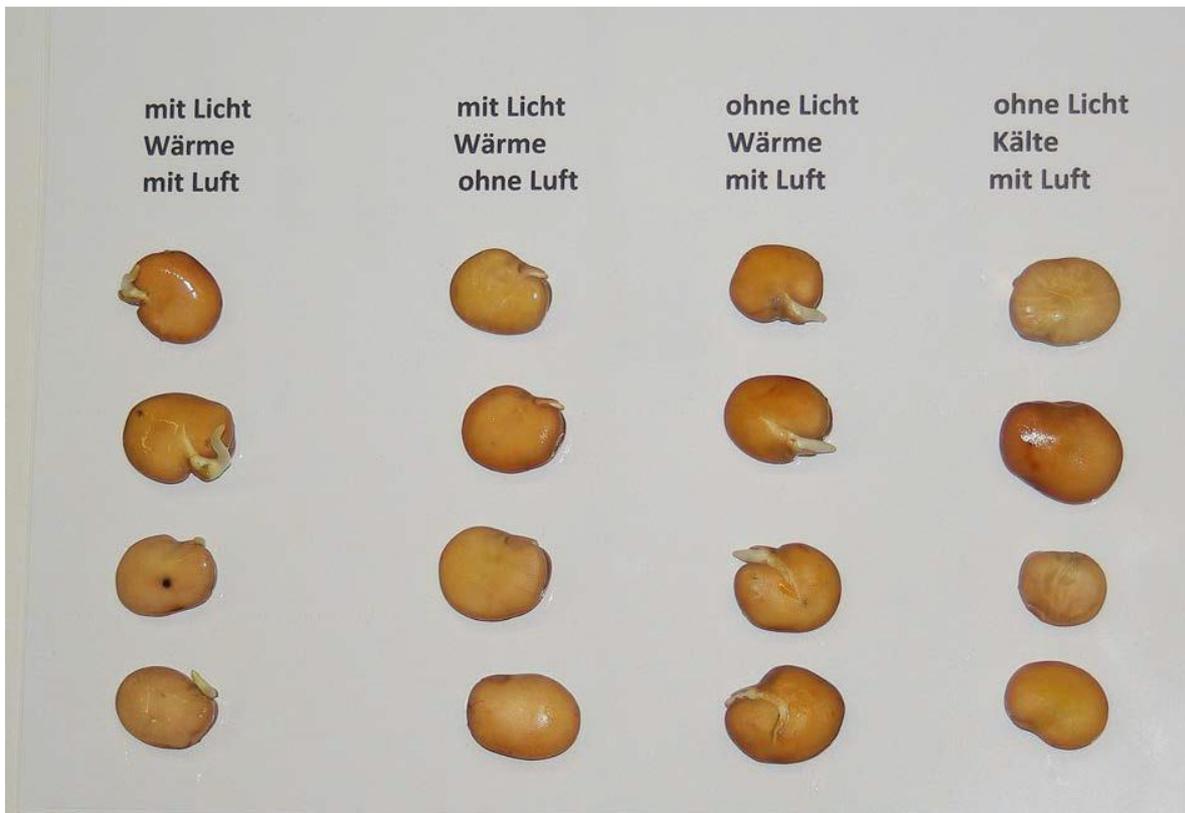
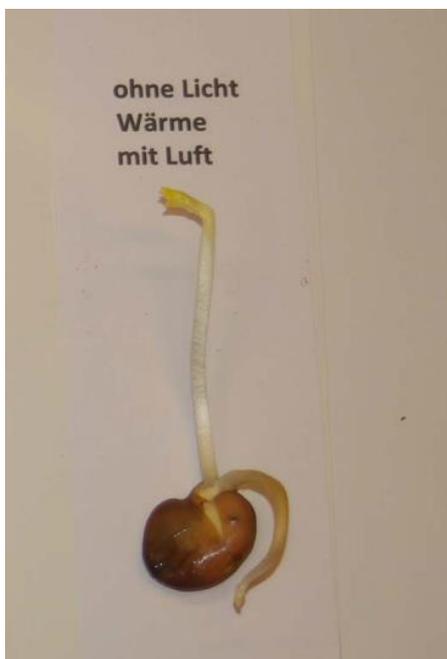


Bild: Beispiel einer Auswertung gemäß darüberstehender Tabelle. Die Bohnensamen haben 72 h der entsprechend angegebenen Behandlung unterlegen. Bilddokumentation

Die nach 72 h bereits gekeimten Bohnen mit der Vorbehandlung:  
Mit Licht, Wärme und mit Luft bzw. ohne Licht, mit Wärme und Luft  
wurden bis zur 120. Stunde unter den gleichen Bedingungen weiter herangezogen mit  
folgendem Ergebnis:



Weiterbehandlung wie angegeben bis zur 120. Stunde



Weiterbehandlung wie angegeben bis zur 120. Stunde

Die Auswertung und Diskussion bleibt Lehrern und Schulklassen überlassen.

Quellenangaben:

- Alle Fotos und Zeichnungen privat
- Heiligmann et al., Die Pflanze, Sammelband , Ernst Klett Schulbuchverlag, Stuttgart 1997
- Modelle z.B. zur Keimung von Bohne findet man im Katalog der Fa. Conatex

Zum Autor

geb. 1946, Abitur 1964, 1964 Beginn eines Studiums generale am Leibniz - Kolleg Tübingen; 1970 Staatsexamen in den Hauptfächern Biologie und Chemie und anschließende Promotion in Pflanzenphysiologie an der Albert - Ludwigs Universität bei Prof. Hans Mohr in Freiburg i.Br.; 1974 - 2009 Gymnasiallehrer für Biologie und Chemie in Breisach am Rhein; Fachberater des OSchA Freiburg für das Fach Chemie, seit 2009 im Ruhestand.

Rückfragen, Vor- und Ratschläge an den Autor jederzeit möglich unter email:  
carlobrue@yahoo.de