ETH Institut für Verhaltenswissenschaft
Abteilung für Landwirtschaft

Gruppenunterricht zum Thema

Wachstumsfaktoren und Pflanzenwachstum

Fach:	**Düngerlehre/Futterbau**
Schultyp:	**Landwirtschaftliche Fachschule**
Vorkenntnisse:	**2 praktische Lehrjahre, Berufsschule**
Bearbeitungsdauer:	**4 Lektionen**
Autoren:	**Frick Erich** **Manser Christian** **Schmid Sepp** **Spahr Jürg** **Streit Bernhard**
Betreuer:	**Herr Albert Egger** **Landw. Schule Flawil**
Endfassung vom:	**14. 9. 1993**

Einführungsblatt für alle Schülerinnen und Schüler

Wachstumsfaktoren der Pflanzen

In Ihrer zweijährigen Lehrzeit haben Sie sicher genügend Umgang mit Pflanzen gehabt und dabei vielleicht manchmal mit Staunen festgestellt, dass Pflanzen bei genügend Licht und Wärme einfach wachsen. Sicher wissen Sie auch, dass Dünger das Pflanzenwachstum fördert und Sie somit mehr Ertrag haben, doch haben Sie sich auch einmal gefragt, warum dies so ist?
Am Schluss werden Sie in der Lage sein, über all die Faktoren, die zu einem ertragreichen und gesunden Pflanzenwachstum führen, Auskunft zu geben.

Unsere Ziele sind folgende:

Sie werden nach dem Unterricht vier Sachverhalte kennen:

Thema 1: Licht und Temperatur sind für die Pflanzen lebensnotwendig

Thema 2: Einfluss von Kohlenstoff und Sauerstoff auf das Pflanzenwachstum

Thema 3: Die Wachstumsfaktoren Wasser, Nährstoffe und Wirkstoffe der Pflanze

Thema 4: Wachstum und Entwicklung der Pflanze

Arbeitsweise:

Der ganze Stoff wird in vier Themen aufgeteilt. Mit jedem Thema befassen sich vier Schüler. Diese vier Schüler arbeiten während der ersten Runde an diesem Thema, bis sie es sehr gut beherrschen, das heisst bis sie Experten sind. Deshalb sagen wir dem die *Expertenrunde.*

Wenn diese vier Schüler den Stoff beherrschen, dann bilden sie Zweierteams. Jedes Team geht nun zu einer anderen Gruppe und unterrichtet dort die anderen, die dieses Thema nicht gelernt haben. Diese Runde nennen wir die *Unterrichtsrunde*.

Sie arbeiten also zuerst in der ***Expertenrunde***, dann in der ***Unterrichtsrunde***.

Das Ganze vollzieht sich also in zwei Schritten.

Inhaltsverzeichnis

Titelseite		1
Einführung		3
Inhaltsverzeichnis		4
Arbeitsanleitung		5, 6
Gruppe 1	Streit Bernhard	
	Anleitungsblätter für die Expertenrunde	7, 8
	Arbeitsblätter 1+2	9 - 11
	Schülertestfragen und Antworten	12, 13
Gruppe 2	Spahr Jürg	
	Anleitungsblatt für die Expertenrunde	14
	Arbeitsblätter 1 - 6	15 - 20
	Versuchsanleitung 1 + 2	21 - 23
	Schülertestfragen und Antworten	24, 25
Gruppe 3	Schmid Sepp	
	Anleitungsblätter für die Expertenrunde	26, 27
	Arbeitsblätter 1 - 5 inkl. Versuchsanleitung	28 - 33
	Schülertestfragen und Antworten	34, 35
Gruppe 4	Manser Christian, Frick Erich	
	Anleitungsblatt für die Expertenrunde	36
	Arbeitsblätter 1 - 5, AGFF-Merkblatt 3	37 - 42
	Schülertestfragen und Antworten	43, 44
Anhang 1	Minididaktik	45
Anhang 2	Lehrer-Lernkontrolle-Fragen: Serie A	46, 47
	Serie B	48, 49
	Lehrer-Lernkontrolle-Antworten: Serie A	50, 51
	Serie B	52, 53
Anhang 3	Von den Autoren benutzte Quellen	54

Arbeitseitsanleitung

Erster Schritt: Expertenrunde

Jeder von Ihnen hat bereits ein Los gezogen. Auf jedem dieser Lose ist eine Zahl, wodurch Sie in eine von vier Gruppen eingeteilt werden: Gruppe 1, Lose 1 - 4; Gruppe 2, Lose 5 - 8; Gruppe 3, Lose 9 - 12; Gruppe 4, Lose 13 - 16.

Damit sind die Expertengruppen gebildet. Was müssen Sie nun machen?

1. Zuerst lesen Sie Ihr Anleitungsblatt durch. Dann arbeiten Sie gemäss dem Anleitungsblatt Ihr Thema und die entsprechenden Aufgaben durch.

2. Zu Beginn studieren alle Leute in Ihrer Gruppe die Unterlagen alleine.

3. Wenn Sie fertig sind, können Sie mit den Kontrollfragen testen, ob Sie alles richtig verstanden haben. **Bis hierher arbeiten Sie alleine.**

4. Falls Sie etwas nicht ganz begriffen haben, lassen Sie sich von den anderen helfen. Alle Experten müssen den Stoff beherrschen , denn alle werden nachher das Thema unterrichten.

5. Nachdem Sie den Stoff nun beherrschen, bilden Sie Zweierteams. Nun machen Sie die Unterrichtsplanung, denn Sie werden ja den anderen Ihr Thema vermitteln, die es noch nicht kennen. In Anhang 1 haben Sie eine Minididaktik. Sie ist eine Hilfe, wie Sie die Unterrichtsplanung vorbereiten müssen.

Allfällige Vorbereitungsarbeiten für die Unterrichtsrunde erledigen Sie als Hausaufgabe.

Zeitbedarf: zwei Lektionen

Zweiter Schritt: Unterrichtsrunde

Sie lösen nun die Expertenrunde auf und bilden zwei **Unterrichtsgruppen**.

In diesen neuen Gruppen ist aus jeder der vier Expertengruppen ein Zweierteam vertreten. Die ersten beiden Nummern einer Gruppe bilden jeweils ein Team: 1+2, 3+4, 5+6 usw. Ein Experte eines Teams tritt nun als Lehrer auf und vermittelt der neuen Gruppe sein Wissen.

Die Experten mit dem Thema 1 kommen zuerst an die Reihe. Dann diejenigen mit den Themen 2, 3 und vier.

Denken Sie daran, dass Sie vor dem Start in die Unterrichtsrunde Ihr Material bereitstellen müssen .

Damit es kein Durcheinander gibt, halten Sie sich am besten an die folgende Gruppeneinteilung. Ihre Losnummer entscheidet, in welcher Unterrichtsgruppe Sie Mitglied sind.

Gruppe A: 1+2, 5+6, 9+10, 13+14 Gruppe B: 3+4, 7+8, 11+12, 15+16

In der Unterrichtsrunde stehen Ihnen 20 Min zur Verfügung, um Ihren Kameraden den Stoff zu vermitteln.

Konkrete Aufteilung einer Klasse mit 24 Schülern:

Expertengruppe: 4 Gruppen zu 6 Schülern

Unterrichtsgruppe: 3 Gruppen zu 8 Schülern

Anleitungsblatt 1 für Expertenrunde

Gruppe 1

Licht und Temperatur

Ziele

1. Am Schluss dieser Expertenrunde kennen Sie den Zusammenhang zwischen Licht und Photosynthesetätigkeit.

2. Sie kennen den Unterschied zwischen Kurztag - und Langtagpflanzen und können je 2 Beispiele nennen.

3. Sie kennen den Einfluss der Temperatur auf das Pflanzenwachstum und können die wichtigen Extrembereiche nennen (Minimum, Optimum, Maximum).

Material:

- 1 eingetopfte Pflanze, mindestens 3 Blätter
- Papier, Büroklammern, Methanol, Iodlösung, 2 Petrischalen
- Allgemeiner Pflanzenbau Teil II: Kapitel 2.1 und 2.2, Zollikofen 1989 (LmZ)
- Arbeitsblatt 1: Der Einfluss von Temperatur und Lichtstärke auf die Photosyntheserate
  aus: Metzler, J.B.: Linder Biologie. Stuttgart 1983
- Arbeitsblatt 2: Kurztagpflanzen / Langtagpflanzen
  aus: Schmid J. E.: Allgemeine Pflanzenzüchtung. Vorlesung ETH Zürich 1992
- Frage- und Antwortblatt für die Expertenrunde

Vorgehen:

1. Stunde

1. Sie befestigen an 2 Blättern der eingetopften Pflanze je einen Papierstreifen und stellen die Pflanze anschliessend wieder an die Sonne (~ 1 Tag). 5'

2. Lesen Sie das schriftliche Material durch. 15'

3. Verfassen Sie anschliessend eine Zusammenfassung Ihres Fachgebietes. 10'

Anleitungsblatt 2 für Expertenrunde

Gruppe1

4. Beantworten Sie schriftlich die Fragen auf dem Frageblatt. Die Antworten finden Sie auf dem separaten Antwortblatt. Sie korrigieren Ihre Tests selbständig. Falls Sie 4 von den maximal 5 Punkten erreicht haben, sind Sie für die Unterrichtsrunde bestens vorbereitet. 15'

2. Stunde

5. Reissen Sie die Blätter von den Pflanzen und entfernen Sie die Papierstreifen. Legen Sie sie anschliessend in eine mit Methanol halb gefüllte Petrischale (5 Minuten).
Tünchen sie dann Ihre Blätter in Iodlösung (5 Minuten). Benutzen Sie dazu die zweite Petrischale. Alle dunklen Stellen weisen auf Stärke hin. 20'

Schreiben Sie Ihre Beobachtungen auf und versuchen Sie aufgrund Ihres Wissensstandes Erklärungen zu finden (10 Minuten).

6. Erstellen Sie nun schriftlich ein Konzept für die Unterrichtsrunde. Das Arbeitsblatt "Minididaktik" (siehe Anhang 1) zeigt Ihnen, wie ein interessanter Unterricht zu gestalten ist.
Vergessen Sie nicht, dass Sie mit Ihrem Experiment über ein vorzügliches Anschauungsmittel verfügen. Ich denke, dass die Zeit bis Ende dieser Stunde reichen wird. 25'

Arbeitsblatt 1.1

Gruppe 1

DER EINFLUSS VON TEMPERATUR UND LICHTSTÄRKE AUF DIE PHOTOSYNTHESERATE

Die Photosyntheserate und damit auch das Pflanzenwachstum ist von zwei verschiedenen Faktoren abhängig: Einerseits von der Lichtstärke und andererseits von der Temperatur.

Lichtstärke:

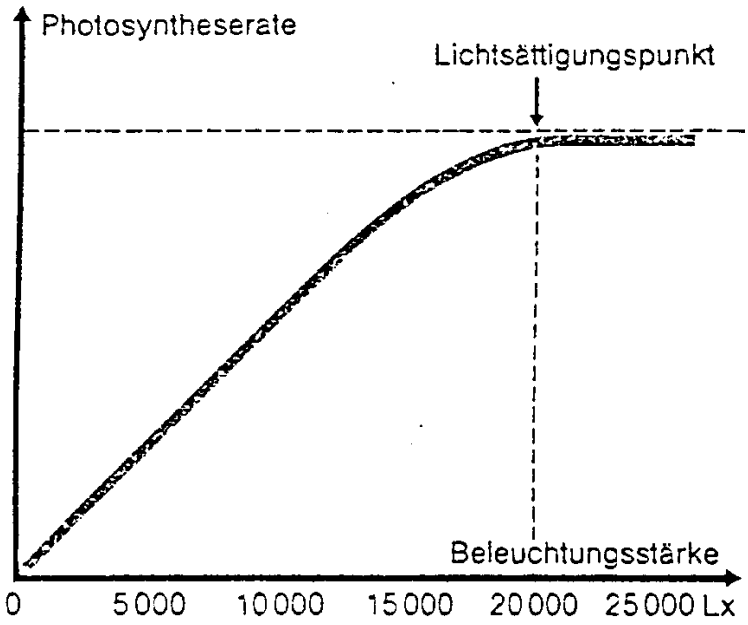


Abb. 1: Einfluss verschiedener Lichtstärken
auf die Photosynthese
(Abb.113.2, Linder Biologie, Stuttgart)

Photosyntheserate: Anteil der CO_2-Umsetzung der Pflanze
Lx (Lux = lat. Licht): Masseinheit für Beleuchtungstärke

Aus Abb. 1 ist ersichtlich, dass die Photosyntheserate mit zunehmender Lichtintensität ansteigt, bis sie den sog. "Lichtsättigungspunkt" erreicht hat. Dieser Punkt ist artspezifisch. Die weitere Erhöhung der Beleuchtungsstärke steigert die Photosyntheserate nicht mehr.

Arbeitsblatt 1.2

Gruppe 1

Temperatur:

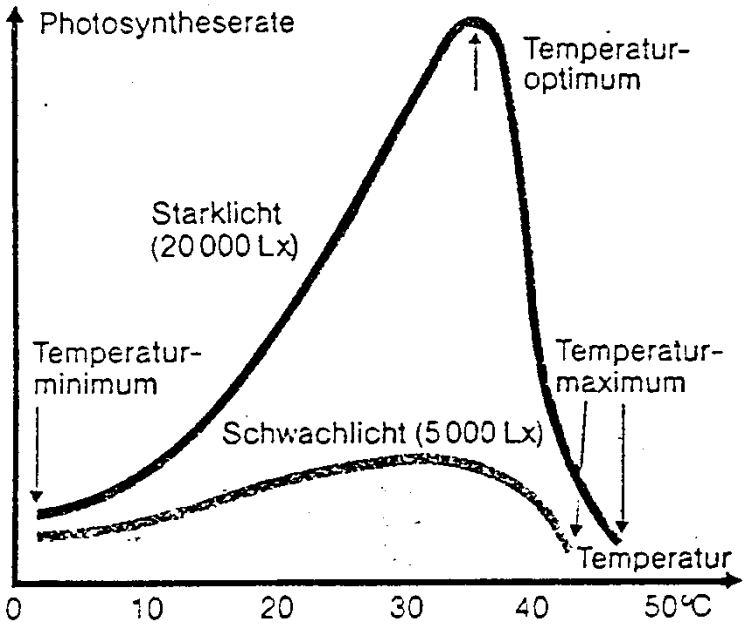


Abb. 2: Einfluss der Temperatur auf die Photosyntheserate
(Abb.113.3, Linder Biologie, Stuttgart)

In Abb. 2 ist dargestellt, wie sich die Photosynthesetätigkeit in Abhängigkeit der Temperatur verändert. Auch diese Kurven sind bei jeder Art anders. Charakteristisch für jede Kurve sind:

Temperaturminimum: Unter dieser Temperatur ist die Photosynthesetätigkeit eingestellt.
Temperaturoptimum: Bei dieser Temperatur ist die Photosyntheserate am höchsten.
Temperaturmaximum: Bei Temperaturen über diesem Wert ist die Photosynthesetätigkeit eingestellt.

Zusammenfassung aus: Metzler J.B.: Linder Biologie. Stuttgart 1983

Arbeitsblatt 2

Gruppe 1

KURZTAGPFLANZEN / LANGTAGPFLANZEN

Das Licht ist für viele Vorgänge in der Pflanze von grosser Bedeutung. So steuern beispielsweise die unterschiedlichen Tageslängen verschiedene Entwicklungsvorgänge. Besonders auffallend ist die Auswirkung der Tageslänge auf den Übergang vom Pflanzenwachstum zum Ausbilden der Blütenanlagen.

Bei den Pflanzen, deren Blütenbildung durch die Dauer des Lichteinflusses gesteuert wird, unterscheidet man zwei Hauptgruppen: **Kurztagpflanzen** und **Langtagpflanzen**

Qualitative Kurztagpflanzen und Langtagpflanzen lassen sich durch den Begriff der kritischen Dauer des Lichteinflusses voneinander trennen:

Kurztagpflanze:
Sobald die Tageslänge die kritische Dauer des Lichteinflusses erreicht oder **unter**schreitet **(**die Tage werden immer **kürzer**) kann die Blütenbildung ausgelöst werden (zB. bei Tageslänge £ 12 Stunden).

Beispiele für Kurztagpflanzen:

- Mais
- Kartoffel (Knollen !!)
- Soja
- Reis

Langtagpflanze:

Sobald die Tageslänge die kritische Dauer des Lichteinflusses erreicht oder überschreitet (die Tage werden immer länger) kann die Blütenbildung ausgelöst werden (Blütenbildung zB bei Tageslängen ³ 14 Stunden). Bei Langtagpflanzen findet sich oft im Dauerlicht eine optimale Blühreaktion.

Beispiele für Langtagpflanze:

- Weizen
- Gerste
- Roggen
- Kartoffel (Blüte !!)

aus: Schmid J.E.: Allgemeine Pflanzenzüchtung. Vorlesung ETH Zürich 1992

Schülertestfragen Gruppe 1

1. Sie haben am 1. August im letzten Jahr am Waldrand eine Blume gefunden, die gerade zu blühen anfing. Handelt es sich hier um eine Kurz- oder Langtagpflanze?
   Beantworten Sie diese Frage in einem kurzen Satz.
   (K2)

2. Ein Kollege von Ihnen behauptet, dass Wintergerste während der Weihnachtszeit (Durchschnittstemperatur -8ºC) bei schönem Wetter und schneefreiem Boden immer noch wachse.
   Sind Sie damit einverstanden?
   Begründen Sie Ihre Antwort mit 2 Argumenten.
   (K3)

3. Um welche Tageszeit ist die Photosynthesetätigkeit der Pflanzen am höchsten?
   Nennen Sie mir keine Uhrzeit, sondern nur den Tagesabschnitt (z.B. Mitternacht).
   (K1)

Antworten zu den Schülerfragen Gruppe 1

1. Am 1. August sind die Tage abnehmend, dh sie werden immer *kürzer*, also ist die gefundene Pflanze eine *Kurztagpflanze*.

2. Für die Photosynthesetätigkeit braucht es Licht und Wärme. In der in der Aufgabe beschriebenen Zeit ist das Licht dank dem schönen Wetter zwar vorhanden, doch unterschreitet die Temperatur das Temperaturminimum. Also kann Wintergerste nicht mehr wachsen und somit hat Ihr Kollege nicht recht.

3. Das Maximum des Lichteinflusses ist bei Sonnenhöchststand erreicht, also am frühen Nachmittag. Die Temperatur ist ebenfalls am Nachmittag am höchsten. Somit lautet die richtige Antwort: *Nachmittag.*

Anleitungsblatt 1 für die Expertenrunde

Gruppe 2:

Einfluß von Sauerstoff und Kohlendioxid auf das Pflanzenwachstum

Ziele:

1. Am Schluß dieser Arbeit sind Sie in der Lage, die Bedeutung von Sauerstoff und Kohlendioxid auf das Pflanzenwachstum einzuschätzen.

2. Sie kennen den Mechanismus der Bildung von Zuckern (Kohlenhydraten).

3. Sie können darüber Auskunft erteilen, welche Bedeutung die Photosynthese für alle tierischen Lebewesen hat.

Material:

* Glasglocke, eine kleine Pflanze in einem Topf, Natriumhydroxid
* Glasgefäss gefüllt mit Wasser, Glastrichter, Reagenzglas, einige Pflanzenteile der kanadischen Wasserpest, eine Pinzette, einen Holzspan, Streichhölzer
* Text: Kohlendioxid und Sauerstoff: 2 wichtige Wachstumsfaktoren der Pflanzen
* Text: Das Kohlendioxid in den Pflanzen
* Text: Der Sauerstoff

Vorgehen:

1.Stunde

1. Sie lesen den beigelegten Text aufmerksam durch. Schreiben Sie das Wichtigste in eigenen Worten auf. 35'

2. Führen Sie das Experiment "CO_2 ist wichtig für das Pflanzenwachstum" gemäß den Anleitungen durch. 10'

2.Stunde

3. Beantworten Sie die Schülertestfragen schriftlich. 20'

4. Als Experte für Kohlendioxid und Sauerstoff sind Sie nun in der Lage, Ihren Mitschülern über die Bedeutung dieser beiden Stoffe im Wachstum der Pflanzen Auskunft zu erteilen. Bitte machen Sie sich einige Gedanken darüber, wie Sie Ihr Wissen Ihren Kameraden mitteilen wollen. Im Anhang 1 finden Sie eine Minididaktik die Ihnen dabei helfen wird. Für Ihren Vortrag in der Unterrichtsrunde haben Sie 20 Minuten Zeit. 25'

Arbeitsblatt 1

Gruppe 2

Sauerstoff und Kohlendioxid

Sicher haben Sie sich auch schon Gedanken darüber gemacht, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit eine Pflanze wächst. Die allermeisten Pflanzen brauchen sicher einen Untergrund, damit sie sich verankern können. Dieser Untergrund muss darüber hinaus Pflanzennährstoffe (vor allem Nährsalze) enthalten. Diese werden dem Boden in der Landwirtschaft laufend zugeführt (Kunstdünger und Hofdünger). Das Wasser sorgt dafür, dass die Nährstoffe gelöst werden und damit von der Pflanze aufgenommen werden können. Sind damit alle Voraussetzungen für ein günstiges Pflanzenwachstum geschaffen? Nein! Ohne Sauerstoff und Kohlendioxid, welche beides Bestandteile der Luft sind, würde keine Pflanze wachsen.

Mein Ziel für diese Arbeit ist folgendes:

Nach dem Unterricht wird Ihnen klar sein, welche Schlüsselrolle die beiden Gase Sauerstoff (O_2) und Kohlendioxid (CO_2) im Pflanzenwachstum einnehmen. Dabei soll auch das Zusammenspiel zwischen der Tier- und der Pflanzenwelt bei diesem Gashaushalt erläutert werden.

Die Luft ist eine Nahrungsquelle der Pflanzen!

Bereits im 17. Jahrhundert begannen sich Forscher zu fragen, wie sich die Pflanzen ernähren. Bis dahin glaubte man, daß die Pflanzen die Nährstoffe nur dem Boden entziehen. Ein flämischer Chemiker führte dann aber ein Experiment durch, das diese Vermutung widerlegte. Er pflanzte in einem Topf ein junges Bäumchen. Von Zeit zu Zeit maß er das Gewicht des gesamten Topfes. Wenn sich die Pflanze wirklich nur vom Boden "ernährte", sollte das Gewicht immer gleich bleiben. Das war aber nicht der Fall: Die Masse nahm ständig zu. Der Forscher erklärte dies damit, daß das Bäumchen das Baumaterial für sein Wachstum dem Wasser entnahm, das er zuführte. Diese Erklärung war aber nicht ganz richtig, aber auch nicht ganz falsch.

Hundert Jahre später fand ein englischer Forscher heraus, daß das Kohlendioxid der Luft der Pflanze als Nahrung dient. Deshalb nahm das Gewicht im oben beschriebenen Experiment zu. Später entdeckte man auch, daß die Pflanzen Sauerstoff "ausatmen". Man kann diesen Vorgang in einem Satz zusammenfassen:

Die Pflanzen atmen Kohlendioxid (CO_2) aus der Luft ein und atmen Sauerstoff (O_2) als Nebenprodukt wieder aus.

Pflanzen sind somit in doppelter Hinsicht wichtig: Einerseits sind sie ein nachwachsendes Nahrungsmittel. Andrerseits erneuern sie stets den Sauerstoffvorrat der Erdatmosphäre. Täten sie dies nicht, so würde der Sauerstoffvorrat der Erde binnen weniger Jahrhunderte so weit absinken, daß alles als tierische Leben, also auch der Mensch, ersticken müsste. Jährlich produzieren die Grünpflanzen 360 Milliarden (360´000´000´000) Tonnen Sauerstoff! Die auf dem Land wachsenden Pflanzen haben dabei einen Anteil von 10%. Die restlichen 90% haben wir den Pflanzen und Algen der Ozeane gutzuschreiben.

Arbeitsblatt 2

Gruppe 2

Kohlendioxid und Sauerstoff: 2 wichtige Wachstumsfaktoren der Pflanzen

Sicher haben Sie sich auch schon einmal folgende Frage gestellt: "Woraus bestehen eigentlich die Pflanzen?" Ein Chemiker, der die Pflanzen untersucht, würde Dir folgende Antwort geben:

1. Die häufigsten Elemente sind: Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Wasserstoff (H), Stickstoff (N), Schwefel (S) und Phosphor (P).

2. Es gibt noch einige andere Elemente, die in der Pflanzen enthalten sind. Weil ihr Anteil zum Teil sehr gering ist, nennt man sie auch Spurenelemente: Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Eisen (Fe), Zink (Zn), Kupfer (Cu), Silicium (Si) und viele mehr.

Viele Nährstoffe nimmt die Pflanze aus dem Boden auf. So wird zum Beispiel Stickstoff in Form von Nitrat aufgenommen. Ganz anders verhält es sich mit Kohlenstoff. Dieser ist in genügender Menge in der Luft enthalten und zwar als Kohlendioxid (CO_2). Das ist ein Molekül, das sich aus einem Kohlenstoff- und zwei Sauerstoffatomen zusammensetzt. Die Atmosphäre enthält in einem Kubikmeter Luft ungefähr 3 Deziliter CO_2-Gas (= 0.03%). Seit der Mensch fossile Brennstoffe (Erdölprodukte) verbrennt, ist der CO_2-Gehalt sehr stark gestiegen.
Wie der Mensch und die Tiere atmen auch die Pflanzen. Dabei verbrauchen sie ebenso wie wir Sauerstoff. Auch diesen nehmen sie aus der Luft. Wie wir weiter unten sehen werden, produziert die Pflanze aber mehr Sauerstoff als sie selber verbraucht.

Das Kohlendioxid in den Pflanzen

Die Pflanzen nehmen das Kohlendioxid hauptsächlich über die Blätter auf. Normalerweise ist der Gehalt in der Luft ausreichend. Anschließend wird das CO_2 in die Zellen der Blätter transportiert. In diesen befinden sich viele kleine grüne Kügelchen. In der Fachsprache heißen diese "Chloroplasten". Sie enthalten ein äußerst kompliziertes Chemiewerk, welches das Kohlendioxid umbaut. Dabei spielt auch Wasser eine sehr wichtige Rolle! Was geschieht genau? In den Chloroplasten wird aus sechs Teilen CO_2 und zwölf Teilen Wasser (H_2O) mit der Sonnenenergie Traubenzucker (Kohlenhydrate) produziert. Man bezeichnet diesen Vorgang als **PHOTOSYNTHESE.** Der Chemiker beschreibt die Bildung von Zucker mit einer Gleichung:

$$\mathbf{6\ CO_2 + 12\ H_2O\ + Licht \quad >> \quad C_6H_{12}O_6\ +\ 6\ H_2O\ +\ 6\ O_2}$$

6 Teile Kohlendioxid und 12 Teile Wasser und Licht ergeben einen Teil Zucker und 6 Teile Wasser und 6 Teile Sauerstoff.

Diese Gleichung nennt man die ***"Bruttogleichung der Photosynthese".***
Die Pflanzen produzieren das organische Material (das ist Material das als Grundbaustein Kohlenstoff enthält), aus dem sie zur Hauptsache bestehen, demnach selber.

Arbeitsblatt 3

Gruppe 2

Was passiert aber nun mit den gebildeten Stoffen? Der Zucker wird als Energiereserve gespeichert oder zu Pflanzenbaustoff weiterverarbeitet. Das in der Pflanze zur Verfügung stehende Wasser kann erneut in die Photosynthese eingeschleust werden. Der produzierte Sauerstoff wird in die Atmosphäre abgegeben.

Die CO_2-Versorgung der Pflanze

Man kann sich jetzt folgende Frage stellen: Wieviel Kohlendioxid brauchen eigentlich die Pflanzen? Dazu gibt es ein eindrückliches Beispiel (H. Sägesser, P. Weber: Pflanzenernährung und Düngung. Zollikofen 1989 (LMZ), Seite 13):

> "Eine Zuckerrübenernte von 500 dt/ha Rüben und 400 dt/ha Laub (= 170 dt/ha Trockensubstanz) braucht rund 68 dt Kohlenstoff (C). Diese Menge entspricht ungefähr 13 000 m^3 CO_2 oder rund 40 Mio. m^3 Luft mit normalen Kohlendioxidgehalt."

Wie Du siehst, ist eine gute CO_2-Versorgung der Pflanze für das Wachstum sehr wichtig. Auf dem freien Feld ist dies kein Problem. Etwas anders ist die Situation in Gewächshäusern. Dort ist es wichtig, daß mit Ventilatoren oder dem Öffnen von gossen Türen im Sommer, die Luft zirkulieren kann.

Zuviel CO_2 in der Luft: Ein Problem ? oder !

In den letzten Jahren hat man häufig das Wort "Treibhauseffekt" gehört. Was bedeutet das?
Wir machen eine kurze Zeitreise. Vor Jahrmillionen sah es auf der Erde ungefähr so aus: Was nicht unter dem Meeresspiegel lag, war bewaldet. Die Temperaturen und die CO_2-Konzentration waren höher als heute. Durch die Photosynthesetätigkeit der Pflanzen sank der CO_2-Gehalt langsam. Viel später wurde das organische Material dieser Wälder von neuen Meeren überflutet. In einem lange dauernden Prozeß entstand aus diesem Material Erdöl oder Kohle. Beide Stoffe enthalten sehr viel Kohlenstoff. In unserem Jahrhundert wurden und werden diese sogenannten fossilen Brennstoffe abgebaut. Sie werden entweder zur Wärmegewinnung (Heizöl) oder als Treibstoffe (Diesel, Benzin) verwendet. Bei der Verbrennung wird der gespeicherte Kohlenstoff in Form von CO_2 an die Luft abgegeben. Die Pflanzen vermögen das zusätzliche Kohlendioxid nicht zu verarbeiten. Damit steigt der Gehalt von diesem Gas in der Luft stetig. Das bewirkt, daß die Wärme auf der Erdoberfläche nicht mehr in den Weltraum zurückgestrahlt werden kann. Die Erdatmosphäre wird so immer wärmer.
Auf das Pflanzenwachstum hat das keine großen Auswirkungen. Im Gegenteil: Die meisten Kulturpflanzen wachsen unter wärmeren Bedingungen besser. Dazu kommt, daß sich eine höhere Kohlendioxidkonzentration im allgemeinen günstig auf das Pflanzenwachstum auswirkt.
Das größte Problem werden aber die Klimaveränderungen sein: Der Meeresspiegel wird steigen. Damit werden große Wohngebiete überflutet. Viele Menschen müßten in höher gelegene Gebiete flüchten.

Arbeitsblatt 4

Gruppe 2

Zusammenfassung zum Thema "Kohlendioxid"

Die Pflanze entnimmt die Nährstoffe aus dem Boden und aus der Luft. Dabei ist der Anteil, den sie aus der Luft in Form von Kohlendioxid bezieht, viel größer als der Anteil, den sie aus dem Boden, hauptsächlich in Form von Salzen, aufnimmt. In den Pflanzenzellen wird das Kohlendioxid mit Wasser, das über die Wurzeln aufgenommen wird, zu Traubenzucker umgewandelt. Damit die Reaktion stattfinden kann, braucht es Licht. Bei diesem Prozeß fällt als Abfallprodukt Sauerstoff an, den die Pflanze an die Luft abgibt.

Der Sauerstoff

Der Sauerstoff ist gleich wie das Kohlendioxid ein unentbehrlicher Wachstumsfaktor. Er ist Baustein von unzähligen Verbindungen, aus denen die Pflanzen aufgebaut sind. Als Beispiele kann man die Eiweiße oder eben auch den Zucker angeben. Die Pflanze bezieht den Sauerstoff zum Aufbau dieser organischen Verbindungen hauptsächlich vom CO_2. Weshalb ist die Pflanze aber auch auf reinen Sauerstoff (O_2) aus der Luft angewiesen?

Obwohl sie in der Lage sind, Lichtenergie in Form von Zuckerverbindungen zu speichern, können die Pflanzen das Licht nicht direkt dazu verwenden, die Lebensprozesse aufrecht zu erhalten. Dies geschieht wie bei den tierischen Lebewesen durch die Atmung. Dabei wird Sauerstoff aus der Luft entnommen und zusammen mit Zucker "verbrannt". Dieser Prozeß findet in kleinen Körperchen der Pflanzenzellen statt. Sie heißen Mitochondrien und werden häufig auch als die Kraftwerke der Zellen bezeichnet. Wie bei der Photosynthese kann man auch die Atmung in einer Gleichung darstellen:

$$\mathbf{C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \;>>\; 6\,CO_2 + 6\,H_2O + Energie}$$

Ein Teil Zucker und sechs Teile Sauerstoff werden verbrannt zu sechs Teilen Kohlendioxid und sechs Teilen Wasser wobei eine gewisse Menge Energie freigesetzt wird. Diese Energie wird beim Aufbau von neuen Pflanzenzellen und deren Bestandteilen verwendet.

Betrachte jetzt die Gleichung von der Photosynthese und die Gleichung von der Atmung. Was fällt Dir dabei auf? Sie sehen sehr ähnlich aus, einfach nur umgedreht. Jetzt wird Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid gebildet. Wird bei der Atmung der Pflanzen gleichviel Sauerstoff verbraucht, wie bei der Photosynthese produziert wird? Diese Frage soll nun beantwortet werden.

Der Sauerstoffhaushalt der Atmosphäre

Wie Sie wissen, atmen alle tierischen Lebewesen Sauerstoff ein. In den Lungen wird er vom Blut aufgenommen und zu den Muskeln transportiert. Dort wird er zusammen mit Zucker abgebaut. Dabei entsteht CO_2, das wieder mit dem Blut zu den Lungen und von dort nach außen gelangt. Bei diesem Prozeß wird die Energie geliefert, die wir zum Gehen oder Arbeiten brauchen. Der Ablauf der Atmung ist bei uns ähnlich wie bei der Pflanze. Das Problem ist nun

Arbeitsblatt 5

Gruppe 2

folgendes: Sowohl bei den Tieren wie bei den Pflanzen wird bei der Atmung Sauerstoff verbraucht. Würde der Atmosphäre nicht dauernd neuer Sauerstoff zugeführt, hätte das sehr ungünstige Folgen: Der Sauerstoff wäre sehr schnell verbraucht und an ein Leben auf der Erde wäre nicht mehr zu denken. Wer also sorgt für den Sauerstoffnachschub?
Wahrscheinlich haben Sie es schon erraten. Die Antwort lautet: Die Pflanzen. Wir haben gesehen, daß die Pflanzen bei der Photosynthese Sauerstoff produzieren. Wir wissen auch, daß sie bei der Atmung wieder Sauerstoff verbrauchen. Nun ist es so, daß weit weniger Zucker abgebaut wird, als die Pflanzen gebildet haben. Damit wird auch nur ein geringer Anteil an Sauerstoff wieder verbraucht. Der restliche Zucker wird entweder zu Baumaterial der Pflanze umgebaut oder als Reservestoff gespeichert.

Die Sauerstoffversorgung der Pflanzen

Normalerweise wird die Pflanze über die Luft genügend mit Sauerstoff versorgt. Aber nicht nur die Pflanze selber braucht dieses Gas. Auch das Wurzelwerk ist auf eine ausreichende Versorgung angewiesen. Darum ist es wichtig, dass der Boden gut durchlüftet wird.
Das gilt auch für die Mikroorganismen im Boden. Diese sind zuständig, daß Ernterückstände oder Mist abgebaut werden. Der Abbau funktioniert aber nur dann reibungslos, wenn genügend Sauerstoff vorhanden ist.
Bei all diesen Atmungsvorgängen wird Sauerstoff verbraucht. Als Abfallprodukt wird unter anderem Kohlendioxid gebildet und an die Atmosphäre abgegeben. Damit ist sichergestellt, daß die Pflanzen immer genügend CO_2 für die Photosynthese zur Verfügung haben.

Was geschieht mit Überschusszucker?

Wir haben gesehen, dass die Pflanze mehr Zucker produziert, als sie eigentlich selber braucht. Was geschieht mit dem überschüssigen Zucker? Ein großer Anteil wird in den Zellen in die sogenannte Zellulose umgebaut. Zellulose wird in der Pflanze als Baustoff verwendet. Werden neue Zellen gebildet, wird mit der Zellulose das Gerüst der Zellwand gebaut. Man bezeichnet deshalb die Zellulose auch als Gerüstsubstanz.
Obwohl sehr große Mengen Zellulose produziert werden, bleiben beachtliche Reste an Zucker übrig. Die Pflanze vernichtet diesen wertvollen Stoff nicht, sondern deponiert ihn in einem speziellen Speicherorgan. Die meisten Pflanzen wandeln den Zucker sofort in Stärke um, weil dieser leichter zu speichern ist. So groß die Pflanzenvielfalt auf der Erde ist, so groß ist auch die Vielfalt an Speicherorganen. Eine kleine Auswahl soll hier erwähnt werden:

Arbeitsblatt 6

Gruppe 2

Pflanze	**Speicherorgan**
Kartoffel	Knolle
Obstbäume	z.B. Äpfel, Birne
Zuckerrübe	Rübe
Getreide	Körner

Wie Sie sehen, sind das alles Produkte, die für unsere Ernährung sehr wichtig sind. Und da liegt die Schlüsselrolle der Pflanzen. Nur sie sind in der Lage, das Sonnenlicht zum Aufbau von Zucker (Kohlenhydrat) zu verwenden. Die Menschen und die Tiere sind auf die Kohlenhydratvorräte der Pflanzen angewiesen.

Zusammenfassung

Das Wichtigste zum Thema "Sauerstoff" ist hier noch einmal kurz zusammengefaßt.

Die Pflanze gewinnt ihre "Lebensenergie" aus der Verbrennung von Zucker mit Sauerstoff. Dieser Vorgang heißt Atmung und findet in den Mitochondrien statt. Der übrige Zucker wird weiterverwendet: Entweder als Gerüstsubstanz (Zellulose) oder als Reservestoff in speziellen Organen.

Die Pflanzen sind in doppelter Hinsicht lebenswichtig für Mensch und Tier: Einerseits produzieren sie Kohlenhydrate, die wir als Nahrung brauchen. Andrerseits fällt dabei als "Abfallprodukt" Sauerstoff an, den wir zum Atmen brauchen.

Die Pflanzen nehmen den Sauerstoff vor allem über die Blätter und Wurzeln auf. Es ist deshalb wichtig, daß der Boden atmungsaktiv bleibt. Vernässte oder verkrustete Böden sind deshalb für die Pflanzen ungünstig.

Arbeitsblatt 7

Gruppe 2

1. Versuch: CO_2 ist wichtig für das Pflanzenwachstum

In der ersten Stunde der Expertenrunde wird der Versuch aufgebaut, damit Sie ihn in der Unterrichtsrunde eine Woche später Ihren Kollegen demonstrieren und erklären können.

Mit diesem Versuch kann man zeigen, wie wichtig Kohlendioxid für das Pflanzenwachstum ist.

Und das brauchen Sie für diesen Versuch: Einen Topf mit einer Pflanze, eine Natriumhydroxid-tablette (giftig!!!), eine Glasglocke, eine Schale mit Wasser und ein Brett.

Wie wird der Versuch aufgebaut?

Der Versuchsaufbau ist ganz einfach. Sie legen die Schale mit Wasser auf das Brett und stellen den Topf rein. Neben die Schale kommt die Natriumhydroxidtablette (nicht in das Wasser!). Jetzt wird über alles die Glasglocke gelegt. Zum Schluß stellen Sie den Versuch in die Nähe einer Lichtquelle, am besten an das Fenster.

Was geschieht nun?

Die Pflanze ist von der Aussenluft abgeschlossen. Das Natriumhydroxid ist ein Stoff, der der Luft das CO_2 entzieht. Die Luft unter der Glocke hat also kein Kohlendioxid mehr. Überlegen Sie, wie sich die Pflanze bis in einer Woche entwicklen wird. Schreiben Sie Ihre Vermutungen auf ein Blatt, damit Sie nächste Woche überprüfen können, ob Ihre Voraussage richtig gewesen ist.

Arbeitsblatt 8

Gruppe 2

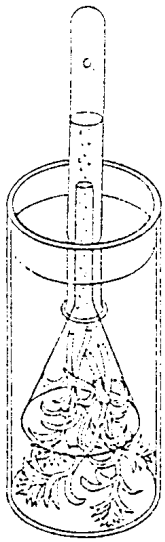
2. Versuch: Die Pflanze produziert Sauerstoff

Was kann mit diesem Versuch gezeigt werden?

Dieser Versuch dient als Beweis, daß die Pflanzen nicht nur Kohlendioxid verbrauchen, sondern dabei auch Sauerstoff produzieren.

Welches Material brauchen Sie?

Das notwendige Material wird Ihnen abgegeben. Sie müssen den Versuch doppelt führen, einmal für Sie und einmal als Demonstration für Ihre Kollegen in der Unterrichtsrunde. Deshalb erhalten Sie folgendes Material: zwei Reagenzgläser, zwei Glastrichter, zwei Gläser, ein großes Becken, Pinzette, Holzspäne, Streichhölzer und einige Sprossen der Wasserpest (das ist eine Wasserpflanze).



Wie wird der Versuch aufgebaut?

Die Vorbereitungen für diesen Versuch sind nicht ganz einfach und sollten richtig durchgeführt werden. Zuerst füllen Sie das Becken mit Wasser. Danach legen Sie die Pflanzen mit dem Schnitt nach unten in den Trichter. Jetzt können Sie das Glas in das Becken legen und den Trichter vorsichtig in das Glas einführen (Trichteröffnung gegen den Glasboden). Zum Schluß wird auch das Reagenzglas mit Wasser gefüllt und über das Trichterröhrchen gestülpt. Sie müssen achtgeben, daß im Reagenzglas keine Luft eingeschlossen worden ist. Ist dies der Fall, können Sie das Glas samt Inhalt aus dem Wasser nehmen und vorsichtig aufstellen. Der Versuchsaufbau sieht dann etwa so aus, wie auf dem Bildchen dargestellt. Jetzt stellen Sie das Glas in die Nähe des Fensters, damit die Pflanze genügend Licht hat.

Arbeitsblatt 9

Gruppe 2

Was wird geschehen?

Wenn Sie eine Woche warten, wird sich folgendes verändert haben: Das Wasser im Reagenzglas ist verschwunden. An seine Stelle ist ein Gas getreten. Vielleicht haben Sie es schon erraten um was für ein Gas es sich handelt. Richtig, es ist Sauerstoff. Um diese Behauptung zu beweisen, führen Sie jetzt bei einem der beiden die sogenannte Holzspanprobe durch. Und das geht so: Zünden Sie einen langen Holzspan, den Sie mit der Pinzette festhälst, an und laßen ihn kurz brennen. In der Zwischenzeit nehmen Sie mit der freien Hand das Reagenzglas vom Trichter. Mit dem Daumen auf der Öffnung verhindern Sie, daß das Gas entweichen kann. Jetzt muß alles sehr schnell gehen. Die Flamme am Span wird ausgeblasen. Das Holz muß aber unbedingt noch glimmen. Wenn das so ist, können Sie den Daumen vom Reagenzglas wegnehmen und den Span hineinführen. Wenn das Gas wirklich Sauerstoff ist, sollte das Holz wieder zu brennen beginnen.
Wenn Ihnen alles ein bißchen zu schnell gehen sollte, führen Sie die Spanprobe mit einem Kollegen durch.
Den zweiten Versuch sollen Sie später in der Unterrichtsrunde demonstrieren.

Was zeigt Ihnen der Versuch?

Mit dem Wissen, das Sie sich jetzt angeeignet haben, sollten Sie folgende Frage beantworten können: Woher stammt der Sauerstoff ? Wie wurde er gebildet?

Überlegen Sie sich die Antwort und notieren Sie dazu ein paar Stichworte. Wenn Sie nicht mehr sicher sind, lesen Sie noch einmal die Einführungstexte.

Schülertestfragen Gruppe 2

Die folgenden Fragen werden Ihnen zeigen, ob Sie den Stoff beherrschen. Wenn Sie keine Probleme haben, sind Sie für die Unterrichtsrunde bereit. Vielleicht müssen Sie das eine oder andere im Text noch einmal nachlesen.
Sie schreiben sich die Lösungen auf ein Blatt. Beim Lehrer liegen die richtigen Antworten zur Einsicht bereit. Am besten diskutieren Sie mit ihm kurz Ihre Ergebnisse.

1. In Treibhäusern gibt es hin und wieder folgendes Problem: Zum Teil ist es schwierig, daß die Kultur mit ausreichender Frischluft versorgt wird. Dadurch sinkt mit der Zeit der Kohlendioxidgehalt so stark ab, daß ein normales Pflanzenwachstum nicht mehr möglich ist. Darum legt der Gärtner feuchte Strohballen ins Treibhaus.

   a.) Warum ist der Kohlendioxidgehalt in Gewächshäusern mit feuchten Strohballen höher, als in solchen ohne Stroh?
   (K3)

   b.) Gibt es in der Landwirtschaft auch die Möglichkeit, den CO_2-Gehalt in Bodennähe zu steigern?
   (K3)

2. In der letzten Zeit hat man viel über nachwachsende Rohstoffe gelesen und gehört. Dabei handelt es sich um Pflanzen, die man zu Treibstoffen oder Kunststoffen verarbeiten kann. Als Beispiele kann man das Chinaschilf oder auch den Raps nennen. Damit sollten die fossilen Brennstoffvorräte der Erde geschont werden. Außerdem sollen sie "umweltfreundlicher" sein als die Erdölprodukte.

   Wie würde sich der CO_2-Gehalt der Luft ändern, wenn vermehrt solche Treibstoffe (z.B. Rapsöl als Dieselersatz) verwendet würden?
   (K3)

3. Wir führen ein Experiment mit einer Pflanze durch: Wir stellen sie in einen Raum, dessen Luft nur Kohlendioxid enthält. Die Pflanze ist dem Tageslicht ausgesetzt; außerdem ist die Versorgung mit Wasser gewährleistet.

   a.) Stirbt die Pflanze oder wächst sie weiter? Geben Sie eine kurze Begründung an.
   (K3)

   b.) Wie ändert sich die Zusammensetzung der Luft mit der Zeit?
   (K3)

4. Sie sind Direktor der Zuckerfabrik Aarberg. Besucher fragen Sie, wieso die Rüben eigentlich Zucker enthalten und woher dieser kommt. Was geben Sie für eine Antwort?
   (K2)

Antworten zu den Schülerfragen Gruppe 2

1a) Das nasse Stroh wird durch Mikroorganismen abgebaut. Dabei verbrauchen sie den vorhandenen Sauerstoff. Als Abfallprodukt geben sie Kohlendioxid in die Luft ab. Dadurch kann die CO_2-Konzentration gesteigert werden und die Pflanzen wachsen besser.

1b) Mist, der auf die Felder geführt wird, wird ebenso wie das Stroh im Gewächshaus durch Mikroorganismen abgebaut. Dadurch erhöht sich in Bodennähe die Kohlendioxid-konzentration.

2) Die Kohlendioxidkonzentration in der Luft ändert sich beim Verbrennen dieser Treibstoffe nicht. Es wird genau soviel CO_2 in die Luft abgegeben, wie die Pflanzen früher aufgenommen und verarbeitet haben.

3a) Die Pflanze stirbt nicht! Sauerstoff ist zwar unentbehrlich für das Pflanzenwachstum, aber die Pflanze produziert den notwendigen Sauerstoff bei der Photosynthese am Tag selber.

3b) Da die Pflanze mehr Sauerstoff produziert, als sie selber wieder braucht, wird die O_2-Konzentration im Raum mit der Zeit ansteigen.

4) Die Pflanze produziert den Zucker in den Blättern. Dabei nimmt sie Kohlendioxid aus der Luft auf und bildet daraus zusammen mit Wasser und Licht Zucker. Einen Teil davon wandelt sie in Zellulose um, damit sie weiterwachsen kann. Den Rest deponiert sie in den Rüben. In der Zuckerfabrik wird dieser Speicherzucker gewonnen.

Anleitungsblatt 1 für die Expertenrunde

Gruppe 3:

Die Wachstumsfaktoren Wasser, Nährstoffe und Wirkstoffe der Pflanze

Ziele:

1. Sie werden in der Expertenrunde anhand von einem Experiment das Gesetz des Minimums kennenlernen und daraus entsprechende Folgerungen schliessen.

2. Sie werden in der Unterrichtsrunde in der Lage sein, die Funktion der Nährstoffe zu erklären und daraus für die Praxis wichtige Konsequenzen zu ziehen.

3. Sie kennen die Bedeutung von Wirkstoffen für die Pflanze und wissen, wie der Mensch auf das Pflanzenwachstum Einfluss nehmen kann.

Material:

- 5 vorbereitete Joghurtbecher
- Gefäss mit Wasser
- 1 Becken

- Arbeitsblatt 1
- Arbeitsblatt 2: Versuchsanleitungen
- Arbeitsblatt 3: "Das Wasser" aus LmZ Allg. Pflanzenbau
- Arbeitsblatt 4: "Die Nährstoffe" aus LmZ Allg. Pflanzenbau
- Arbeitsblatt 5: "DieWirkstoffe" aus LmZ Allg. Pflanzenbau

Vorgehen:

1. Stunde

1. Anhand der Versuchsanleitung des Arbeitsblattes 2 beobachten Sie was das Gesetz des Minimums bedeutet. Notieren Sie Ihre Beobachtungen und schliessen Sie daraus mögliche Konsequenzen für den Pflanzenbau. Stichworte: Düngereinsatz, Bodenkenntnisse, Pflanzenkenntnisse, sonstige Einflüsse...

10'

Anleitungsblatt 2 für die Expertenrunde

Gruppe 3

2. Mit Hilfe der Arbeitsblätter 1 - 5 orientieren Sie sich weiter. Sie müssen ja nachher in der Lage sein, Ihren Mitschülern die Aufgaben von Wasser, Nährstoffen und Wirkstoffen in Bezug auf das Pflanzenwachstum zu erklären. Lesen Sie zunächst die Texte **allein** in Ruhe durch.

   35'

2. Stunde

3. Beantworten Sie die Testfragen als Selbstkontrolle schriftlich. 20'

4. Legen Sie anschliessend in der Expertenrunde fest, was Sie Ihren Mitschülern weitergeben wollen. Versuchen Sie Ihr Wissen aus der Expertenrunde möglichst anhand von Beispielen in der Praxis weiterzugeben.

   25'

Für das Erklären in der Unterrichtsrunde werden Ihnen 20 Minuten zur Verfügung stehen.

Arbeitsblatt 1

Gruppe 3

Wasser:

Transportmittel:

Pflanzen verdunsten viel Wasser an ihrer Oberfläche. Dadurch entsteht ein Sog, der sich durch die ganze Pflanze hin fortsetzt und das Wasser nachzieht. Die Wasseraufnahme erfolgt über die Wurzeln, von wo aus das Wasser in toten Zellröhren, dem Xylem, zu den Pflanzenorganen transportiert wird. Die Pflanzen sind auf diesen Wasserstrom angewiesen, denn alle nötigen Nährstoffe sind im Bodenwasser gelöst und müssen von den Pflanzen aufgenommen werden. In umgekehrter Richtung dient der Saftstrom dazu, Assimilate in die Bereiche der Pflanzen zu transportieren, wo sie benötigt werden, z.B.: Wurzeln, Stengel, Früchte. Das Wasser hat hier also die Aufgabe eines Transportsystems für die Nährstoffe. Vergleichen Sie beim Menschen die Aufgaben des Blutes.

Bausubstanz:

Das Wasser hat weiter eine sehr wichtige Aufgabe als Baustein für organische Substanzen. Das erkennt man ganz klar dadurch, dass Pflanzen einen Wassergehalt von bis zu 95% aufweisen.

Temperaturregulierung:

Genau wie bei uns Menschen dient den Pflanzen das Wasser auch dazu, ihre Temperatur durch die Regulierung der Verdunstung zu steuern. Wasser hat eine sehr hohe Verdunstungsenergie, d.h. es braucht viel Energie oder Wärme bis Wasser verdunstet. Je heisser es ist, umso mehr Wasser wird verdunstet, d.h. umso mehr Wärme wird der Pflanze entzogen.

Pflanzenfestigkeit:

Im Zellsaft sind zahlreiche Stoffe gelöst und deshalb ist sein möglicher osmotischer Druck (Druck der Zellwand, der der Wasseraufnahme entgegen wirkt) meist erheblich grösser als in der Umgebung. Infolgedessen nimmt die Zelle Wasser auf. Hierdurch entsteht ein Innendruck, der Turgor. Die Zelle nimmt solange Wasser auf, bis der Wanddruck dem Innendruck entgegenwirkt und diesen nicht mehr anwachsen lässt. Um das besser zu verstehen, stellen Sie sich einen Ballon vor, den Sie in einer Schachtel aufblasen. Sobald der Ballon den Schachtelraum ausfüllt, können Sie ihn nicht mehr weiter aufblasen, da die Schachtel dagegendrückt. Der Turgor trägt erheblich zur Festigkeit des Pflanzenkörpers bei. (Erlahmen der Pflanze bei zu niedrigem Turgordruck)

Arbeitsblatt 2

Gruppe 3

Sie haben 5 Joghurtbecher in denen Schlitze auf verschiedener Höhe ausgeschnitten sind. Alle Schlitze sind mit einem Makronährstoff beschriftet. Der Becherrand zuoberst bedeutet die optimale Versorgung beim jeweiligen Nährstoff.

Nun stellen sie alle Becher ins Becken und giessen jeden Becher voll mit Wasser.

Was stellen Sie fest?
Anhand ihrer Feststellungen formulieren Sie das Gesetz des Minimums in Bezug auf den Pflanzenertrag.

Zeit: 10 Minuten

Feststellungen:

Gesetz des Minimums:

Arbeitsblatt 3

Gruppe 3

Das Wasser

Wasser ist ein unentbehrlicher Wachstumsfaktor. Für das Gedeihen der Pflanzen kommen ihm verschiedene Funktionen zu:

- Baustein für die organische Substanz
- Lösungsmittel und Transportmittel für Nährstoffe und Assimilate: im aufsteigenden Saftstrom gelangen die im Wasser gelösten Stoffe in die Stengel und Blätter; im absteigenden Saftstrom wandern die Assimilate in den Siebröhren in Stengel, Früchte und Wurzeln.
- Mittel zur Quellung, zum Beispiel für das Eiweiss
- Mittel zur Aufrechterhaltung des Turgordruckes: ist dieser zu niedrig, erschlafft die Pflanze
- Mittel zur Regulierung der Temperatur durch Verdunstung und der damit erfolgten Wärmeabgabe.

Wassergehalt von Pflanzen

Der Wassergehalt der einzelnen Pflanzen ist je nach Alter und Organen sehr verschieden. Junge wachsende Triebe und saftige Früchte enthalten rund 90 bis 95% Wasser, Getreidekörner nur etwa 10 bis 15% und Rapssamen sogar nur etwa 7 bis 10%.
Die Pflanze nimmt im Verlaufe der Vegetation viel mehr Wasser auf, als sie zu ihrem Aufbau benötigt. Das überschüssige Wasser wird durch die Blätter verdunstet (Transpiration). Von der gesamten, während einer Vegetation aufgenommenen Wassermenge bleiben in der Ernte nur rund 1 bis gegen 2%. Die benötigte Wassermenge ist um so niedriger, je günstiger die übrigen Wachstumsfaktoren sind.

Transpirationskoeffizient

Zur Produktion von 1 kg Trockensubstanz brauchen die Kulturpflanzen des gemässigten Klimas etwa 300 bis 800 kg Wasser; diese Wassermenge wird als Transpirations-koeffizient bezeichnet.
Der Wasserverbrauch je kg erzeugter Trockenmasse ist jedoch für die einzelnen Kulturen keine feste Grösse; er schwankt je nach Klima- und Bodenverhältnissen sowie Sorte und Bewirtschaftung innerhalb weiter Grenzen.

Transpirationskoeffizienten verschiedener Kulturen (Richtwerte)

Kultur	Transpirations-Koeffizient
Gerste, Roggen, Mais, Zuckerrüben	300-500
Weizen, Hafer, Ackerbohnen	500-600
Kartoffeln, Natur- Und Kunstweizen	600-800

Wasserverbrauch (in Liter) je kg erzeugter Trockensubstanz

Arbeitsblatt 4

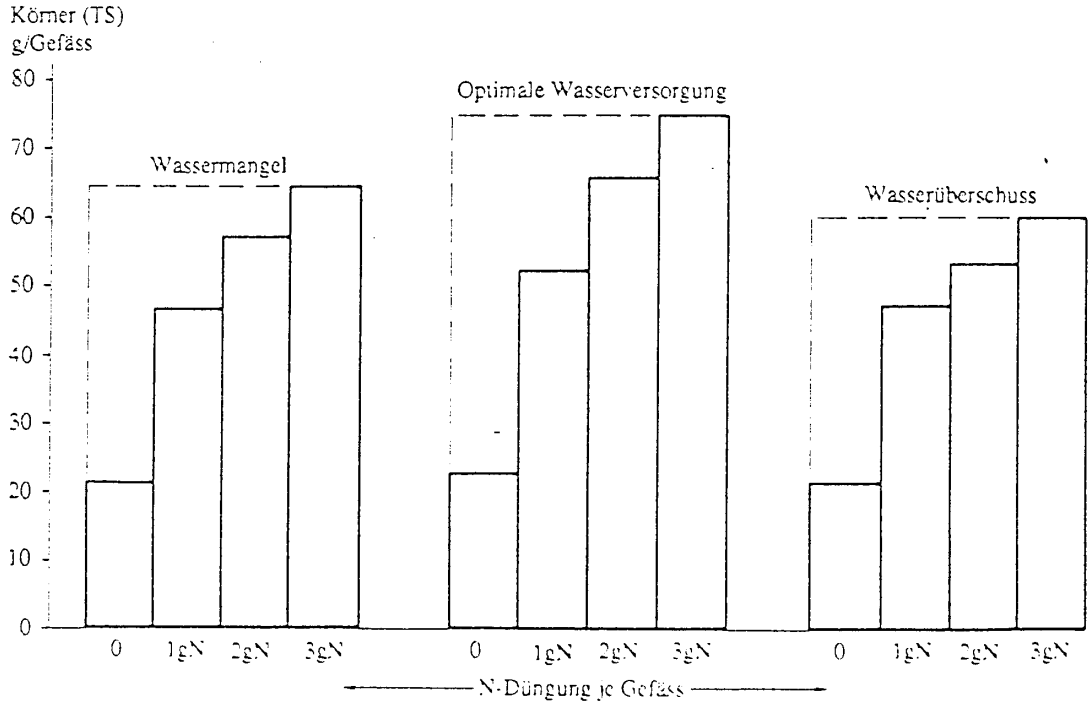
Gruppe 3

Beispiel
Eine Zuckerrübenernte von 500 dt/ha und 400 dt/ha Laub (=rund 170 dt/ha Trockensubstanzertrag) braucht mindestens 5.5 bis 6.5 Millionen Liter Wasser, entsprechend einer Niederschlagsmenge von 550 bis 650 mm.

Der Wasserbedarf der Kulturen ist während des intensivsten Wachstums am grössten; für Getreide ist dies die Zeit von der Bestockung bis Ende der Blüte, für Rüben während der intensivsten Blattentwicklung und für Grünland vor jedem Schnitt oder Umtrieb. Die Kulturen beziehen die grossen Wassermengen praktisch ausschliesslich aus dem Boden. Der Wasserhaushalt des Bodens ist daher für eine günstige Pflanzenproduktion äusserst wichtig, Tiefgründige, mittelschwere Böden (Lehm) sind am besten geeignet zur Speicherung einer möglichst grossen Menge an nutzbarem Wasser.
Voraussetzung für eine optimale Wasserversorgung der Kulturen sind eine günstige Verteilung der Niederschläge sowie Ein guter Wasserhaushalt des Bodens. Ungenügende oder auch zu reichliche Wassermengen sind oft die massgebenden Ursachen für geringere Ernteerträge.

Niederschläge
Die atmosphärischen Niederschläge (Regen, Schnee, Tau) liefern die Hauptmenge des benötigten Wassers. Sie betragen für die meisten Gebiete der Schweiz jährlich über 1000 mm. Kleiner sind sie im Regenschatten des Waadtländer und Neuenburger Juras, des Schwarzwaldes (Kanton Schaffhausen), ferner im unteren und mittleren Wallis sowie im Unterengadin. Von der jährlichen Niederschlagsmenge fallen im grossen Durchschnitt im schweizerischen Mittelland im Winter 15%, im Frühjahr 22%, im Sommer 38% und die restlichen 25% im Herbst.
Da bei uns die Vegetationsruhe über einige Monate andauert, genügen die während dieser Zeit fallenden Niederschläge, um auch einen tiefgründigen Boden mit nutzbarem Wasser zu sättigen.

Körnerertrag von Sommerweizen in Abhängigkeit von Wasserversorgung und Stickstoffdüngung



Arbeitsblatt 5

Gruppe 3

Die Nährstoffe (Mineralstoffe)

Jeder lebende Organismus, sei es Mensch, Tier oder Pflanze, ist auf die Zufuhr von Nährstoffen angewiesen. Diese sind zum Aufbau und zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge unentbehrlich.
Die grüne Pflanze ist befähigt, aus einfachen chemischen Verbindungen (Kohlendioxid, Wasser und Mineralsalzen) organische Verbindungen (Kohlehydrate, Eiweisse usw.) selbst herzustellen.
Obschon die Nährstoffe in ihrer Zusammensetzung für Mensch, Tier und Pflanze sehr verschieden sind, enthalten sie mit wenigen Ausnahmen die gleichen chemischen Grundstoffe (Elemente oder Nährelemente). Nährstoffe oder Nährelemente sind durch kein anderes Element ersetzbar.

Da die Pflanze bei der Nährstoffaufnahme nicht zwischen lebensnotwendigen und entbehrlichen Stoffen zu unterscheiden vermag, sind in der Pflanzenasche je nach den chemischen Eigenschaften des Bodens noch eine Reihe anderer, entbehrlicher Mineralstoffe vorhanden, die nützlich, nutzlos oder gar schädlich sein können.

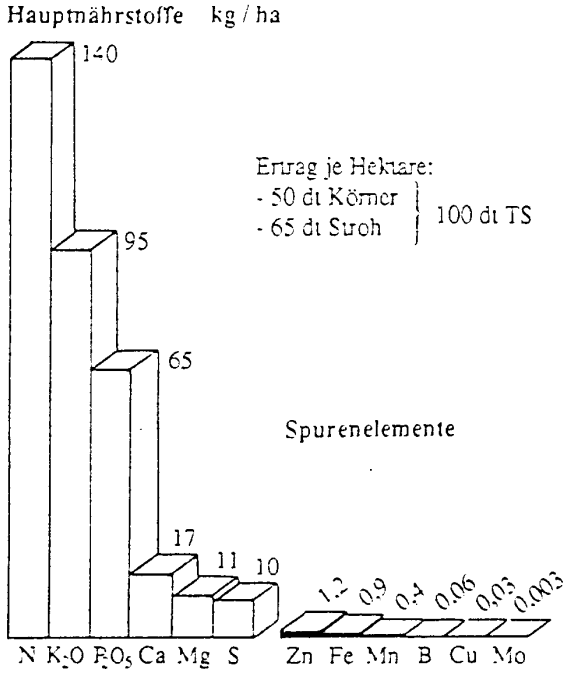
Die Menge und das Verhältnis der Mineralstoffe in den Pflanzen sind nicht nur für die Pflanze selbst, sondern ebenso für die Ernährung des menschlichen und tierischen Organismus von Bedeutung. Im Gegensatz zu den höheren Pflanzen sind für Mensch und Tier zum Beispiel Natrium, Jod und Fluor lebensnotwendig.

Die unentbehrlichen Mineralstoffe sowie der Stickstoff, der ebenfalls in mineralischer Form dem Boden entstammt werden nach dem Mengenbedarf der Pflanzen in zwei Gruppen unterteilt:

- Makronährstoffe oder Hauptnährstoffe
- Mikronährstoffe oder Spurenelemente

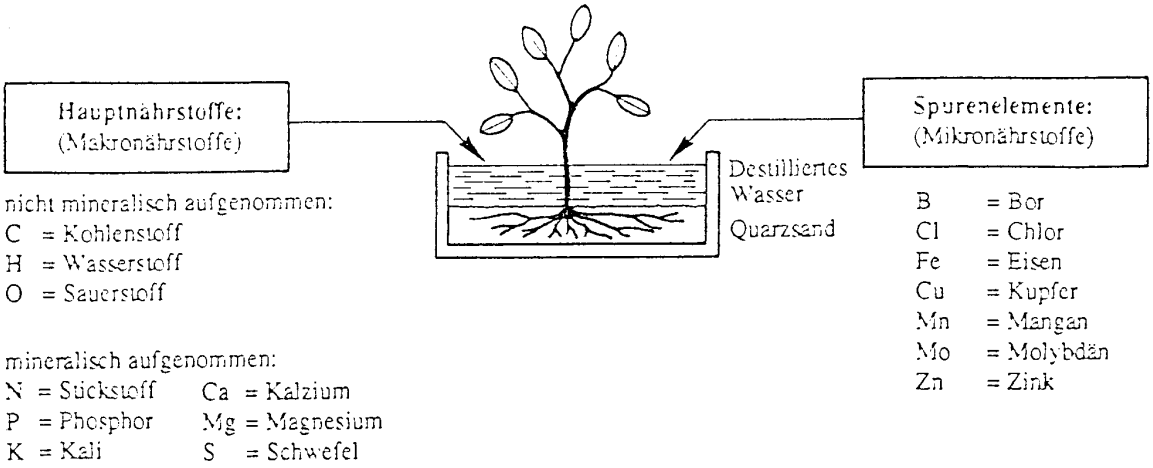
Die Ausdrücke "Makro" (gross) und "Mikro" (klein) beziehen sich auf den Gehalt der betreffenden Nährstoffe in der Pflanze.
Neben en Makro- und Mikroelementen gibt es noch weitere, deren Unentbehrlichkeit umstritten ist: z.B. Si, Na, Co.

Entzug an Hauptnährstoffen und Spurenelementen einer Weizenernte



Arbeitsblatt 6

Gruppe 3



Die Wirkstoffe

Neben den klassischen Nährstoffen beeinflussen zahlreiche Wirkstoffe die Stoffwechselvorgänge in den Pflanzen wie zum Beispiel die Keimung, das Längenwachstum, die Blätter- und Fruchtbildung, die Förderung des Blatt- und Fruchtfalles, die Umwandlung von Stärke zu Zucker.
Diese Wirkstoffe werden von den Pflanzen selbst gebildet und wirken in äusserst geringen Konzentrationen wachstumsfördernd oder wachstumshemmend.
Hemmstoffe können auch bei de Verrottung von Pflanzenresten entstehen oder durch Mikroorganismen gebildet werden. Sie können die Keimung nachfolgender Saaten beeinträchtigen.

Wirkstoffe werden auch künstlich hergestellt und in den Kulturen als Wachstumsregulatoren eingesetzt: Halmverkürzer, Fruchtausdünner, Herbizide usw. In jüngster Zeit befasst sich die Forschung vor allem auch mit den verschiedenen Wachstumseinflüssen im Wurzelbereich der Pflanzen (Rhizosphäre).

Einteilung der Wirkstoffe

Phytohormone
Im Gegensatz zu Hormonen von Mensch und Tier wirken sie relativ unspezifisch. Man unterscheidet Wuchsstoffe (Auxine, Gibberelline, Gytokinine) und Hemmstoffe (Abscisinsäure, Aethylen, CCC, Cerone, Alar usw.)

Enzyme oder Fermente
Enzyme oder Fermente ermöglichen oder beschleunigen bestimmte Stoffwechselvorgänge in den Zellen (z.B. Stärkebildung, Atmung, Energieübertragung usw.). Die Pflanzen erzeugen diese Biokatalysatoren selber.

Vitamine
Sie werden - im Gegensatz zu Mensch und Tier - durch die Pflanzen selbst erzeugt und sind deshalb in der Wirkung den Enzymen gleichzusetzen.

Antibiotika
Sie werden vor allem durch Mikroorganismen, Pflanzen oder gewisse Pilzarten (z.B. in der Rhizosphäre) gebildet. Ihre Bildung hängt stark vom Humusgehalt und der biologischen Aktivität des Bodens ab. Sie beeinflussen die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Krankheiten.

Schülertestfragen Gruppe 3

1. Viele Landwirte düngen ihren Boden nach Richtwerten. Sie wissen genau bei welchem Stadium sie wieviel Stickstoff oder andere Dünger ausbringen müssen. Nicht selten sieht man deshalb, dass viele Böden überdüngt sind.

   Was muss der Landwirt wissen, damit er ein optimales Pflanzenwachstum hat und trotzdem nicht überdüngt. Nennen Sie zwei wesentliche Faktoren und begründen Sie ihre Antworten.
   (K2)

2. Bauer Lanz hat in letzter Zeit viel über immergrüne Ackerflächen (vor allem beim Maisanbau) gehört. Leider ist er jedoch vom System, dass der Boden ganzjährig bedeckt sein sollte noch nicht ganz überzeugt.

   Sie als Experte auf dem Gebiet Nährstoffe und Wasser haben nun die Aufgabe Bauer Lanz von dieser Methode zu überzeugen. Erläutern Sie Ihm drei gute Gründe um mit der Winterbrache aufzuhören.
   (K3)

3. Sie wissen, dass das menschliche Wachstum durch viele Hormone gesteuert wird. Genauso haben auch die Pflanzen ein Hormonsystem. Seitdem man nun die Wirkung verschiedenster Pflanzenhormone kennt, werden sie im Pflanzenbau angewandt.

   Geben Sie drei Beispiele, wie solche Pflanzenhormone sinnvoll eingesetzt werden könnten. Vergleichen Sie auf Arbeitsblatt 1 "Wirkstoffe".
   (K2)

4. Bekanntlich nimmt die Pflanze in Wasser gelöste Nährstoffe durch ihre Wurzeln auf. Verschiedene Faktoren im Boden beeinflussen die Nährstoffaufnahmefähigkeit der Pflanze.
   Bauer Lanz hat mit seinem Rübenfeld etliche Probleme. Seine Rüben sind trotz ausreichender Düngerzufuhr und idealem Wetter (Wasser) verkrüppelt und klein. Bei der Besichtigung des Feldes fällt Ihnen sofort auf, dass der Oberboden einen Deckel bildet.

   Versuchen Sie nun dem Bauer Lanz anhand von verschieden Möglichkeiten zu erklären, warum die Rüben ein so mickriges Wachstum aufweisen. Geben Sie drei Gründe und die Erklärung dazu an.
   (K4)

Antworten zu den Schülerfragen Gruppe 3

1. Er muss wissen:
   - wieviel pflanzenverfügbarer Stickstoff im Boden vorhanden ist
   - wieviel Stickstoff die einzelne Pflanze für ihr Wachstum braucht. Sie braucht nicht in allen Wachstumstadien gleich viel.

2. Eine Pflanzendecke schützt den Boden vor:

   - Bodenerosion, kein Abtrag von Boden durch Wasser und Wind
   - Nitratauswaschung; ein durchwurzelter Boden hält Nitrat zurück und es wird nicht ins Grundwasser ausgewaschen
   - Durch die Bewurzelung wird die Bodenstruktur stabiler, bessere Krümelung des Bodens

3. - Wachstumshemmstoffe: z.B. CCC in Getreide, um die Standfestigkeit zu vergrössern
   - Fruchtausdünner: Im Obstbau zur Vermeidung von zu vielen Äpfeln pro Baum
   - Herbizide: im Ackerbau zur Unkrautbekämpfung

4. - Bodenverdichtung; Durch falsche Bodenbearbeitung wurde der Boden so verdichtet, dass die Rübenwurzeln gar nicht mehr die Erde zu durchstossen vermögen.
   - Wasserverfügung; Der Deckel auf dem Boden verhindert, dass Wasser durch den Boden aufgenommen werden kann und fliesst einfach oberirdisch ab. Dadurch haben die Rüben zu wenig Wasser.
   - Nährstoffzufuhr; Durch die hohe Bodendichte befindet sich auch wenig Luft in den Poren, wodurch die biologische Aktivität eingeschränkt ist. Dadurch werden auch weniger Nährstoffe pflanzenverfügbar.

Anleitungsblatt für die Expertenrunde

Gruppe 4:

Wachstum und Entwicklung von Futterpflanzen

Ziele:

1. Als Experten kennen Sie den gleichzeitigen Verlauf der Ertrags- und Nährstoffgehaltskurven.

2. Sie können den Jahresverlauf einer Wachstumskurve für Berg und Tal aufzeichnen und erklären.

3. Sie können einem Landwirt den optimalen Zeitpunkt für eine Schnitt- oder Weidenutzung aufzeigen und begründen.

Material:

- Arbeitsblatt Nr. 1 "Wachstumskurve der Futterpflanzen" aus LmZ
- Arbeitsblatt Nr. 2 "Einfluss der Jahreszeiten auf das Pflanzenwachstum" aus LmZ
- Arbeitsblatt Nr. 3 "Nutzungszeitpunkt"
- Arbeitsblatt Nr. 4 "Wachstumskurve einer Intensivweide" aus Futterbau II, J. Nösberger ETHZ
- Arbeitsblatt Nr. 5: Artikel "Junges Gras, ein ausgezeichnetes Futter" aus St.Galler Bauer Nr. 19 vom 14. 5. 1993
- AGFF Merkblatt Nr. 3, Bezugsadresse: LBL, 8315 Lindau
- 3 Heuproben mit unterschiedlichen Nutzungszeitpunkt

Vorgehen:

1. Stunde

1. Lesen Sie die Unterlagen und machen Sie Notizen in bezug auf die Ziele. 25'

2. Untersuchen Sie die 3 Heuproben und ziehen Sie Rückschlüsse auf den Schnittzeitpunkt und den Nährstoffgehalt. 20'

2. Stunde

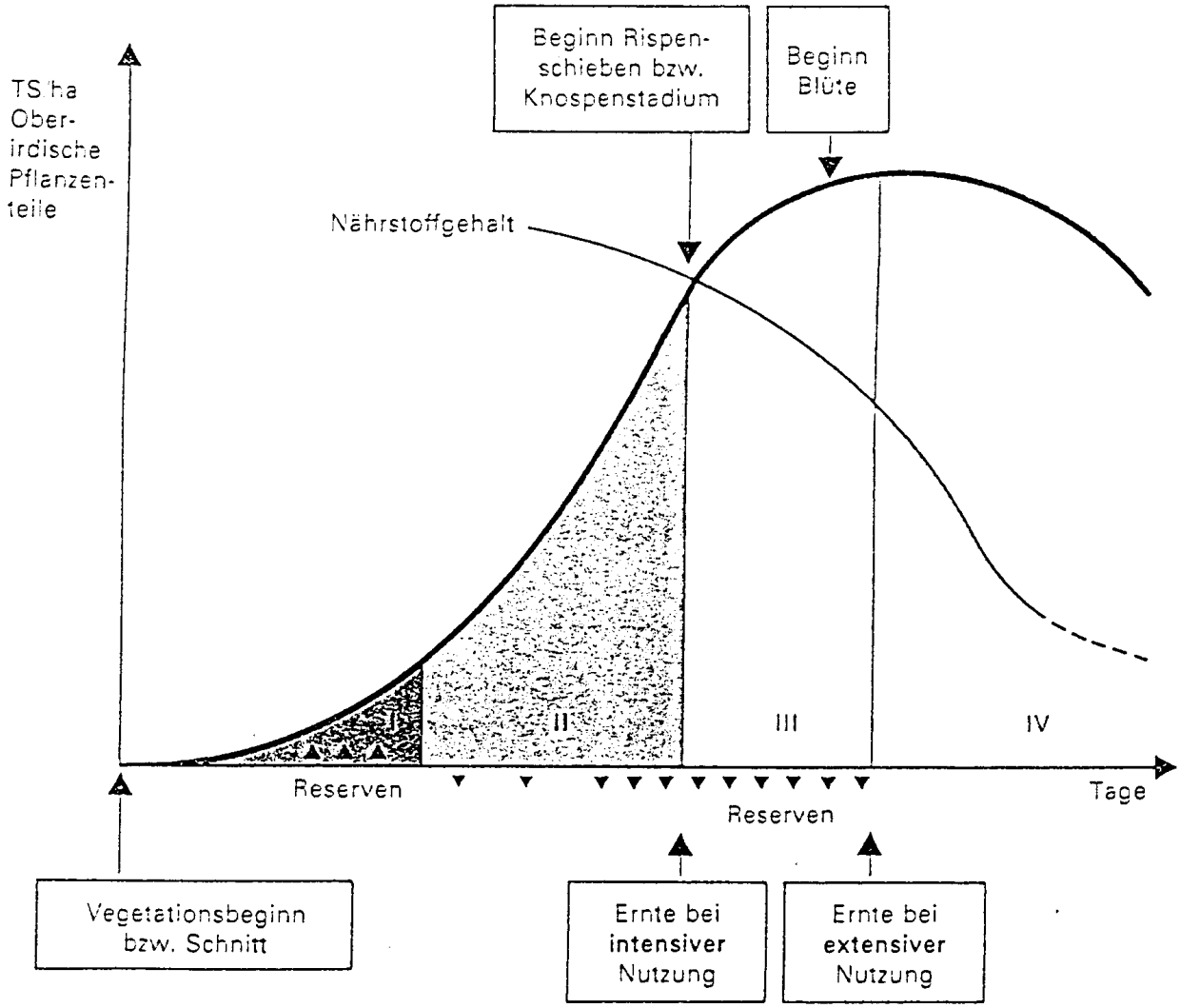
3. Beantworten Sie die Testfragen schriftlich. 20'

4. Überlegen Sie sich, wie Sie die Unterrichtsrunde gestalten. In welcher Form wollen Sie Ihr Wissen weitergeben? Sie werden 20 Minuten zur Verfügung haben. 25'

Arbeitsblatt 1

Gruppe 4

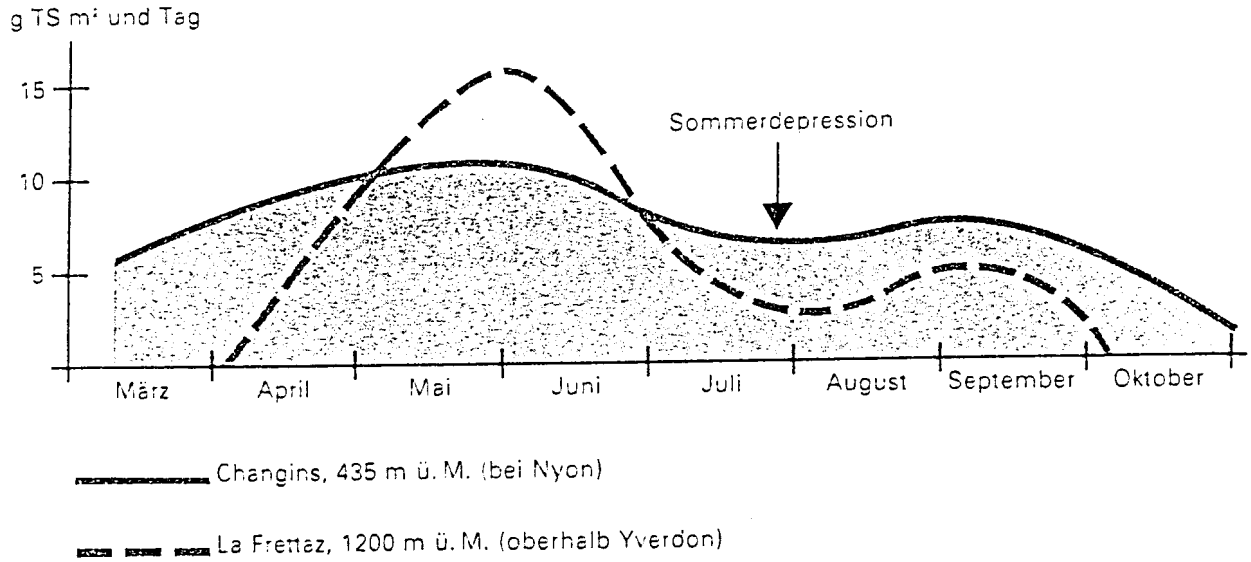
Wachstumskurve der Futterpflanzen (im 1. Schnitt)



Arbeitsblatt 2

Gruppe 4

Einfluss der Jahreszeiten auf das Pflanzenwachstum



Arbeitsblatt 3

Gruppe 4

<u>Nutzungszeitpunkt:</u>

Nährstoffgehalt und Ertrag befinden sich nicht zur selben Zeit im Maximum. Deshalb muss für den optimalen Nutzungszeitpunkt ein Kompromiss zwischen Ertrag und Qualität gemacht werden.

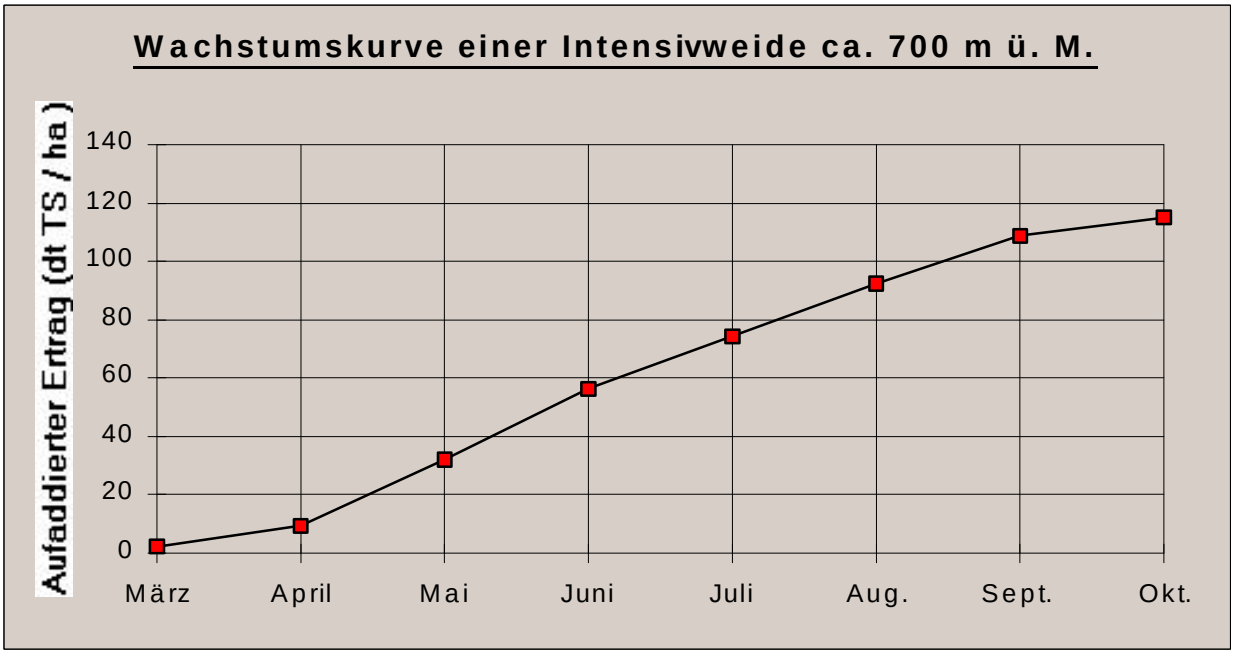
- Schnitt:	Optimaler Zeitpunkt 1. Schnitt:	Gräser Beginn Rispenschieben Kleearten Knospenstadium
	Optimaler Zeitpunkt Sommerschnitte:	Intensiv 4 - 5 Wochen Ruhezeit Extensiv 6 - 7 Wochen Ruhezeit
- Weide:	Optimaler Zeitpunkt für Weidebeginn:	10 cm - Punkt - Stadium (siehe AGFF-Blatt Nr. 3)

- Folgen von falschen Nutzungszeitpunkten:

zu früh: keine ausreichende Ruhezeit für die Bildung neuer Reserven, deshalb wird Nachwuchs gehemmt.
zu spät: Qualität nimmt ab. Weniger Ertrag, weil die Wachstumsphasen schlecht ausgenutzt werden.

Arbeitsblatt 4

Gruppe 4



Arbeitsblatt 5.1

Gruppe 4

Jakob Frischknecht AG. Thalmühle, Degersheim

Junges Gras, ein ausgezeichnetes Futter

Anna Katharina Gämperli-Conrad, Union Futter AG, Schönenwerd

Junges Gras ist ein ausgezeichnetes und billiges Grundfutter, wenn bei der Fütterung seiner speziellen Nährstoffzusammensetzung Rechnung getragen wird; sonst treten im Kuhstall schnell ungewollte Probleme auf.

Junges Gras ist hochverdaulich und enthält im Vergleich zur Energie viel Rohprotein und wenig Rohfaser. Diese unausgeglichene Nährstoffzusammensetzung führt beim Tier unweigerlich zu einem Rohproteinüberschuss bzw. zu einem Rohfasermangel. Oft sind damit Störungen wie Durchfall, Leistungseinbussen, tiefer Milchfettgehalt, Weidetetanie oder auf längere Sicht Fruchtbarkeitsstörungen verbunden.

Durchfall und Rohfasermangel

Die hohe Verdaulichkeit des jungen Grases führt zu einer rascheren Passage des Futters durch den Verdauungstrakt. Die Kuh setzt deshalb häufiger Kot ab. Dieser ist sehr dünnflüssig, weil so auch ein grosser Teil des vielen, mit dem Grünfutter aufgenommenen Wassers ausgeschieden wird. Diesem Durchfall kann durch das Zufüttern von rohfaserreichen Futtermitteln entgegengewirkt werden. Geeignete Futtermittel sind grobes Heu, Maiswürfel und Maissilage. Ballastwürfel, wie sie von der Mischfutterindustrie angeboten werden, sind nur geeignet, wenn die enthaltenen Rohfaserträger strukturiert sind. Ein Beispiel dafür ist das Provaca der Union Futter-Gruppe.

Durch das Zufüttern eines rohfaserreichen Futtermittels kann zudem das mangelnde Angebot an Rohfaser ausgeglichen werden. Dieser Ausgleich ist unbedingt anzustreben. Denn enthält die Gesamtration zu wenig Rohfaser, optimal sind 15 bis 18 Prozent in der Futter-Trockensubstanz, wird nicht nur die Verdauung im Pansen, sondern auch der Milchfettgehalt (bis 05. Prozent Fettabfall) beeinträchtigt.

Überschuss an Rohprotein

Speziell zu beachten ist der hohe Rohproteingehalt des jungen Grünfutters. Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen zeigen nämlich, dass zwischen dem Rohproteingehalt der Ration und der Fruchtbarkeit der Kuh ein negativer Zusammenhang besteht. So wurde wiederholt gezeigt, dass bei steigendem Rohproteingehalt des Futters die Serviceperiode (Zeitspanne zwischen Abkalbung und erfolgreicher Belegung) verschlechtert wird. Der Rohproteinüberschuss im jungen Grünfutter kann nicht weggezaubert werden. Doch kann durch das Zufüttern von energiereichen Futtermitteln das Eiweiss-Energie-Verhältniss der Gesamtration verbessert werden. Dadurch steht einerseits den Pansenbakterien mehr Energie für die Proteinbildung zur Verfügung, andererseits wird die Leber entlastet, da sie weniger Ammoniak entgiften muss.

Achtung! Eine Verbesserung der Energiezufuhr kann nicht mit pansenstabilem Fett realisiert werden, weil diese Energie von den Pansenbakterien nicht verwertet werden kann!

Weidetetanie

In praktisch allen Ländern der Welt mit intensiver Milchproduktion tritt im Frühjahr bei den Milchkühen gehäuft die Stall- oder Weidetetanie auf. Ursache dieser Stoffwechselstörung ist eine ungenügende Magnesium-Versorgung.

Rauh- und Kraftfutter sind in der Wiederkäuerfütterung die wichtigsten Magnesium-Quellen. In der Regel kann aber der Magnesiumbedarf der Milchkuh, insbesondere bei hohen Milchleistungen nicht gedeckt werden. Diese Situation verschärft sich noch im Frühjahr. Denn junges, intensiv gedüngtes Grünfutter weist einen tiefen Magnesiumgehalt sowie einen erhöhten Stickstoff- und Kaliumgehalt auf. Dazu kommt, dass einerseits eine Kuh nur geringe Magnesium-Reserven anlegen kann (etwa 20 Gramm) und dass andererseits Verdauungsstörungen und Durchfall die geringe Absorption im Darm des Tieres erschweren.

Wie kann nun der Stall- oder Weidetetanie vorgebeugt werden?

- Vermeiden von Verdauungsstörungen (Durchfall)
- Einsatz von Mineralstoffmischungen mit erhöhtem Magnesiumgehalt. Von der Misch-

Arbeitsblatt 5.2

Gruppe 4

Futterindustrie werden diese Mischungen in mehliger, griesiger oder Würfelform angeboten. Die Rohstoffe müssen eine Topqualität aufweisen: Magnesium-Oxid gilt in dieser Hinsicht als ein sehr guter Rohstoff.
- Natrium-Mangel kann die Magnsesium-Absorption vermindern. Die Ration ist, speziell im Frühling zusätzlich mit 30 bis 50 Gramm Viehsalz pro Tier und Tag zu ergänzen.

St. Galler Bauer Nr. 19/93

Nur gesunde Tiere sind wirtschaftlich
Fütterungsfehler, insbesondere bei der Mineralstoffversorgung, sind oft nicht klar erkennbar. Sie wirken sich aber indirekt auf die Leistung und damit die Wirtschaftlichkeit der Tiere aus. Und Tiere, die nicht das maximale an Wirtschaftlichkeit erbringen, kann sich heute niemand mehr leisten. Deshalb ist es für jeden Landwirt ein Muss, den Besonderheiten der Frühjahrs- und Sommerfütterung grosse Beachtung zu schenken.

Bei der richtigen Fütterung können Ihre Kühe auch im Sommer so sauber bleiben. *St. Galler Bauer Nr. 19/93*

Schülertestfragen Gruppe 4

1. Bauer Gantenbein will einen Teil seines Betriebes extensivieren. Als Futterbauberater einer landwirtschaftlichen Schule haben Sie Ihn zu beraten.
   Nennen Sie je 2 Vor- und Nachteile extensiver Produkion.
   (K3)

2. Ihr Onkel betreibt im Gegensatz zu Ihnen einen Betrieb in der Siloverbotszone:
   a) Erklären Sie, welcher Betrieb (aus futterbaulichen Gründen) eher auf eine Heubelüftung verzichten kann und wieso?
   b) Ihr Onkel hat bei der Winterfütterung oft Probleme mit Durchfall. Nennen Sie einen futterbaulichen Grund, der zu Durchfall führen kann.
   (K3)

3. Obwohl der Wachstumsstart in den höheren Lagen explosiver ist und das Pflanzenwachstum Ende Mai/Anfang Juni grösser ist, halten die Bauern im Berggebiet weniger GVE/ha als im Talgebiet.
   Begründen Sie dieses Verhalten mit 3 Argumenten.
   (K2)

4. Auf Ihrem Lehrbetrieb im Talgebiet hatten Sie Probleme mit dem 3. Aufwuchs
   a) Nennen sie zwei mögliche Ursachen des schlechten Aufwuchses. (K2)
   b) Können Sie dieses Problem mit einem frühen Weidegang lösen? (K3)

Antworten zu den Testfragen Gruppe 4

1. Vorteile: - hoher Ertrag
   - Abblühen der Gräser = natürliche Vermehrung

   Nachteile: - qualitativ schlechtes Futter
   - weniger Ertrag pro Flächeneinheit

2. a) Ein Betrieb in der Siloverbotszone will möglichst früh heuen, um ein qualitativ sehr gutes Heu einzubringen. Meistens sind stabile Hochdrucklagen im Mai sehr selten, deshalb ist er stärker auf eine Heubelüftung angewiesen.
   Ein Betrieb in der Silozone kann mit der Silage (kürzere Anwelkungszeit als Heu) gehaltvolles Futter im Mai einbringen. Für den 2. und 3. Schnitt gibt es oft genügend Schönwetterlagen um trockenes Futter einzubringen.

   b) Der Onkel erntet immer sehr früh. Er hat deshalb rohproteinreiches, aber rohfaserarmes Futter. Dies kann zu Durchfall führen.

3. im Berggebiet: - kürzere Vegetationszeit
   - oft extensivere Bewirtschaftung
   - starke Sommerdepression

4. a) - zu frühe Nutzung des 2. Schnittes, daher keine Reservebildung
   - Sommerdepression

   b) Nein. Mit einer frühen Bestossung fördern Sie die Pflanzen, die eine grosse Assimilationsfläche nahe am Boden haben.

Anhang 1

MINIDIDAKTIK

Die folgenden 5 Punkte sollen Ihnen helfen, Ihre Unterrichtsrunde zu gestalten:

1. Überblick in drei Sätzen

Geben Sie den anderen Schülern in drei Sätzen einen Überblick über das, was Sie bei Ihrem Stoffgebiet gelernt haben. Sagen Sie Ihnen nur, was für Sie das Wichtigste war, z.B. "Ich erzähle Euch in den nächsten 20 Minuten, wie sich Licht und Temperatur auf das Pflanzenwachstum auswirken".

2. Was wissen oder können die Zuhörer nachher

Sagen Sie Ihren Mitschülern, was sie nach der Unterrichtsrunde von Ihrem Stoffgebiet wissen und können müssen. Orientieren Sie sich dafür an Ihren Lernzielen vorne in Ihren Unterlagen.

3. Unterrichtsblock

Jetzt wird es ernst! Sie tragen nun den anderen vor, was Sie gelernt haben.

Vielleicht hilft Ihnen da eine kleine Geschichte, ein Experiment, oder Sie machen eine Zeichnung. Wichtig ist, dass sich Ihre Zuhörer etwas vorstellen können.

4. Zusammenfassung

Am Schluss fassen Sie das Wichtigste nochmals kurz zusammen. Zwei, drei Sätze reichen!

5. Keine Fremdwörter

Sprechen Sie einfach! Verwenden Sie keine Fremd- oder Fachwörter. Sonst werden die Schüler verunsichert und schalten ab. Erklären Sie die Themen so einfach, dass Ihre Zuhörer nachher zufrieden "Aha" sagen können.

aus: Frey K., Scheich R., Frey-Eiling A., Gruppenunterricht nach der Puzzle-Methode, Zürich 1993.

Anhang 2

Lehrer-Lernkontrolle/Test

Fragen Serie A

1. Ihnen ist das Experiment mit den Pflanzen, deren Blätter teilweise abgedeckt wurden, damit später ein Unterschied in der Stärkeproduktion nachgewiesen werden konnte, vorgeführt worden.
   Was wäre wohl geschehen, wenn Ihr Mitschüler die Pflanze versehentlich hinter einen Vorhang gestellt hätte? Wie hätte das teilweise abgedeckte Blatt nach der Iodbehandlung ausgesehen?
   (K3) (2 Punkte)

2. Während eines Spaziergangs Ende März entdecken Sie erste Blumen, die blühen. Handelt es sich hier um Kurz- oder Langtagpflanzen?
   Beantworten Sie diese Frage in einem kurzen Satz.
   (K2) (1 Punkt)

3. Sauerstoff ist sowohl für die tierischen als auch für die pflanzlichen Lebewesen unentbehrlich. Welches ist aber der entscheidende Unterschied im Haushalt von Sauerstoff zwischen diesen beiden Lebensformen?
   (K2) (2 Punkte)

4. Bis vor hundert Jahren ist die Kohlendioxidkonzentration immer etwa gleich gross gewesen (etwas mehr als 0.2%). Welche Voraussetzungen waren damals gegeben, daß dieses Gleichgewicht aufrecht erhalten wurde?
   (K3) (2 Punkte)

5. Wasser ist einer der wichtigsten Faktoren,damit Pflanzen überhaupt wachsen können.
   a) Nennen Sie mir vier Funktionen, die dem Wasser für die Pflanze zukommen.
   (K1) (2 Punkte)
   b) Mais hat einen Transpirationskoeffizienten von ca. 400. Wieviel mm Regen braucht es nun um 10 kg Trockenmasse pro Quadratmeter aufzubauen.
   (K3) (2 Punkte)

Fragen Serie A

6. Die Pflanze kann aus Nährstoffen hochwertige Stoffe produzieren. Mensch und Tier sind auf diese Stoffe angewiesen, damit sie sich überhaupt ernähren können.
a) Nennen Sie mir 2 wichitge Pflanzenprodukte und die drei wichtigen Ausgangsstoffe dazu, die nicht mineralisch aufgenommen werden.
(K2) (3 Punkte)
b) Bauer Lanz hat seinem Mais eigentlich genügend Stickstoff gedüngt und trotzdem wächst der Mais nicht so recht. Nach einer Bodenprobe empfiehlt ein Experte, er müsse noch Kalzium dazugeben, damit der Mais gut wachse.
Warum wächst der Mais nicht trotz genügend Stickstoff? Begründen Sie die Antwort.
(K2) (2 Punkte)

7. Infolge schlechten Maiwetters konnte Bauer Huber erst Ende des Monats heuen. Bis dahin musste er altes Gras füttern, anschliessend hat er nur noch junges Gras zur Verfügung.
Erklären Sie diesem Bauern, worauf er beim Füttern / Weiden von jungem Gras achten muss und wie er Komplikationen vermeiden kann.
(K3) (3 Punkte)

8. Als Sohn eines Ackerbaubetriebes haben Sie beide Lehrjahre im Talgebiet absolviert. Bis zur Uebernahme des elterlichen Betriebes wollen Sie einige Sommer auf einer Kuhalp verbringen.
a) Zeichnen Sie die Produktionskurve Ihres elterlichen Betriebes und der Alp.
Nennen Sie zwei Gemeinsamkeiten und zwei Unterschiede.
(K1) (2 Punkte)
b) Wie nennt man den Verlauf der Kurve Ende Juli/Anfang August und erklären Sie dieses Verhalten (3 Gründe)
(K1) (2 Punkte)

Fragen Serie B

1. Stellen Sie sich vor, Sie hätten beim Pilotprojekt einer Saatgutfirma mit Kenaf mitgemacht. Kenaf ist eine Faserpflanze, die als nachwachsender Rohstoff verwendet werden kann. In Europa wurde Kenaf bis jetzt nur in Italien und Spanien angebaut, also noch nie nördlich der Alpen. Kenaf wird im späten Frühling ausgesät und im Herbst geerntet.
   Sie bewirtschaften einen Betrieb auf 650 Metern über Meer. Ihr Kenaf ist gut aufgelaufen, aber nach 2 Monaten hat er erst eine Höhe von 30 cm. Laut Angaben der Saatgutfirma, die sich auf Angaben aus Italien stützt, sollte er aber bereits 50 - 60 cm hoch sein.
   Können Sie sich erklären, weshalb trotz optimaler Saatbedingungen und korrekter Düngergaben Ihr Kenaf nicht gedeiht?
   (K3) (2 Punkte)

2. Weshalb sind Gärtnereien meistens mit Treibhäuser ausgerüstet?
   Beantworten Sie diese Frage mit 2 Stichwörter.
   (K3) (2 Punkte)

3. Im Zusammenhang mit der Luftverschmutzung liest man auch viel über die Zunahme des Kohlendioxidgehaltes der Luft. Damit soll sich das Klima in absehbarer Zeit ändern.
   Warum ist aber aus der Sicht der Pflanze eine höhere CO_2-Konzentration der Luft keine Verschmutzung?
   (K3) (2 Punkte)

4. Ein englischer Forscher namens J. Priestly (1733-1804) führte ein Experiment mit Pflanzen unter der Glasglocke durch. Er stellte fest, dass unter der Glocke die Luftqualität besser wurde. Dies verleitete ihn zu folgender Annahme:
   - Pflanzen reinigen die Luft.
   - Tiere verschmutzen die Luft.

   a) Erklären Sie kurz was Priestly mit dieser Aussage gemeint haben dürfte.
   b) Warum stimmt der Satz "Pflanzen reinigen die Luft" nicht ganz?
   (K3) (4 Punkte)

5. Nährstoffe sind für jede Pflanze von lebenswichtiger Bedeutung.
   a) Erklären Sie die Begriffe Hauptnährstoffe und Spurenelemente und geben Sie je drei Beispiele.
   (K1) (2 Punkte)
   b) Was besagt das Gesetz des Minimus, und was wäre für Sie die Konsequenz daraus für eine möglichst intensive Bewirtschaftung, ohne jedoch die Umwelt zu gefährden?
   (K2) (2 Punkte)

Fragen Serie B

6. Zwei Bauern bewirtschaften in der gleichen Gemeinde zwei Ackerbaubetriebe. Obwohl beide jedes Jahr dieselbe Kultur anbauen, sind die Erträge ganz verschieden. Nach einer Bodenuntersuchung stellen sie fest, dass Bauer Lanz einen flachgründigen, leichten Sandboden und Bauer Kopp einen tiefgründigen, mittelschweren, sandigen Lehmboden hat.
   a) Welcher von beiden wird bei einem trockenen Sommer weniger Probleme mit der Wasserversorgung haben? Begründen Sie.
   (K3) (2 Punkte)
   b) Wer wird beim Düngen viel mehr auf Nährstoffauswaschung achten müssen und warum?
   (K3) (2 Punkte)

7. Weil früher Weidegang die Bestockung fördert, lassen Sie Ihre Milchkühe regelmässig auf Flächen weiden, die nicht älter als drei Wochen sind.
   a) Welche Folgeerscheinungen treten bei der Wiese auf, wenn Sie immer die gleichen Flächen auf diese Weise bewirtschaften?
   (K2) (1 Punkt)
   b) Wie wirkt sich diese Weidetechnik auf die Kühe aus?
   Nennen Sie zwei positive und zwei negative Punkte.
   (K2) (2 Punkte)

8. Sie wissen, dass Ende Juli / Anfang August das Pflanzenwachstum gehemmt wird.
   a) Nennen Sie dafür zwei Ursachen!
   (K2) (2 Punkte)
   b) Wie können Sie die Auswirkungen der Sommerdepression mildern?
   (K3) (2 Punkte)

Antworten zu den Lehrerkontrollfragen

Serie A

1. Die Pflanzen hätten hinter dem Vorhang sicher nur wenig Licht erhalten. Somit wäre die Photosynthesetätigkeit, und damit die Stärkeproduktion, eingeschränkt gewesen.
   Daher hätte man nach der Iodbehandlung auch den Unterschied zwischen dem beleuchteten und dem abgedeckten Teil des Blattes kaum feststellen können.

2. Ende März ist die Tageslänge zunehmend, , also sind die beobachteten Pflanzen *Langtagpflanzen.*

3. Der entscheidende Unterschied liegt darin, daß die Pflanzen in der Lage sind, den Sauerstoff, den sie zum Leben brauchen, selber produzieren können. In der Nacht, wenn die Pflanze Traubenzucker abbaut, entzieht sie der Atmosphäre einen Teil des Sauerstoffes, den sie am Tag gebildet haben. Anders die tierischen Lebewesen: Sie sind auf die Sauerstoffüberproduktion der Pflanzen angewiesen, da sie nicht in der Lage sind, diesen selber zu produzieren.

4. Die grünen Pflanzen produzierten genau soviel Sauerstoff wie sie selber, die Tierwelt und die Mikroorganismen verbrauchten. Oder anders ausgedrückt: Die Pflanzen entzogen der Luft gleichviel Kohlendioxid, wie die Tierwelt (einschließlich Mikroorganismen) in die Atmosphäre abgaben.

5. a) Baustein, Lösungsmittel, Transportmittel, Temperaturregulierung, Quellungsmittel
   b) 10 * 400l = 4000l Wasser

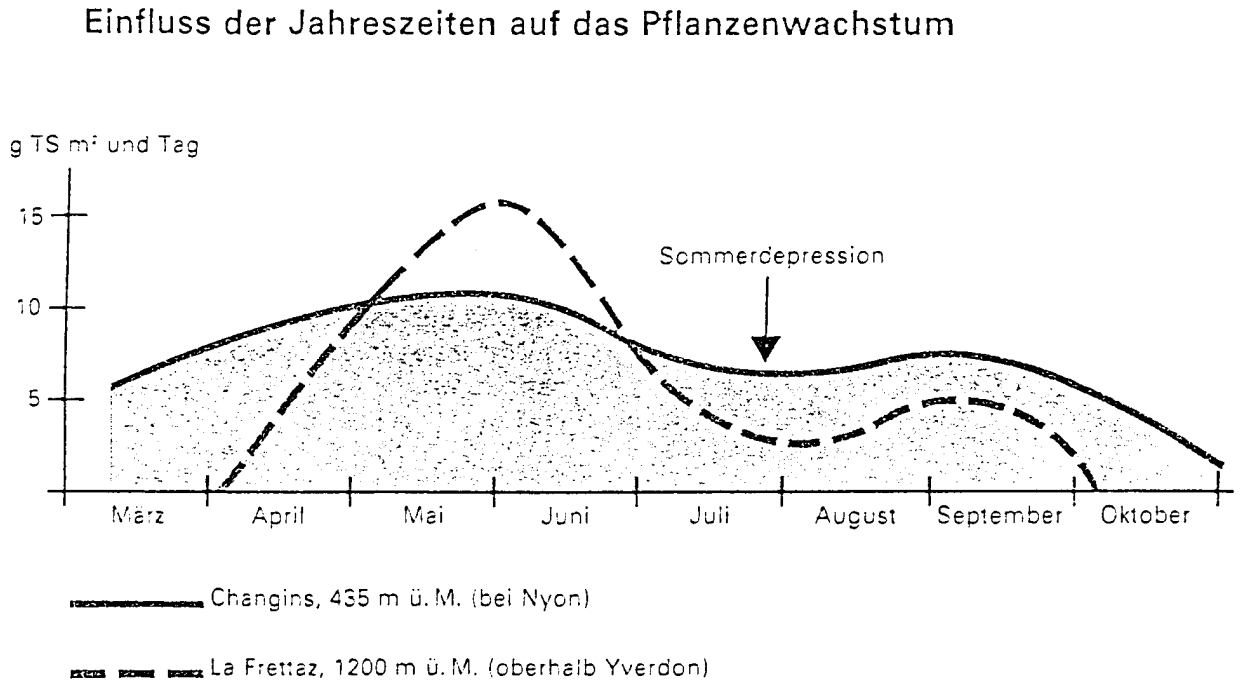
6. a) Kohlenhydrate, Eiweisse; Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O)
   b) Gesetz des Minimums: Der Pflanzenertrag wird vom am wenigsten verfügbaren Nährstoff bestimmt.

Antworten zu den Lehrerkontrollfragen

Serie A

7. Junges Gras enthält:
   - viel Rohprotein; energiereiches Futter zufüttern
   - wenig Rohfasern; rohfaserreiches Futter zufüttern
   - wenig Mg (Achtung Weidetetanie); Mg-Präparate zufüttern

8a)



b) Sommerdepression 3 Gründe: Trockenheit, wenig Niederschläge
hohe Temperaturen
wenig Reserven / Nährstoffe nicht verfügbar

Antworten zu den Lehrerkontrollfragen

Serie B

1. Kenaf ist eine Pflanze, die an das Klima von Italien oder Spanien angepasst ist. Sie braucht also viel Wärme. Es ist nun sehr gut denkbar, dass die Durchschnittstemperaturen auf 650 Metern über Meer zu tief sind, damit sich bei Kenaf eine genügende Photosynthesetätigkeit einstellt, da sein Temperaturoptimum offensichtlich über demjenigen unserer einheimischen Pflanzen ist. Somit ist das Wachstum eingeschränkt.

2. - unter Glas kann die Temperatur höher gehalten werden (evtl. mit Heizung)
   - mit künstlichem Licht können die Tage verlängert werden

3. Die Pflanzen brauchen das Kohlendioxid zur Photosynthese. Ihnen macht es nichts aus, wenn der CO_2-Gehalt der Luft höher ist als normal. Experimente haben gezeigt, daß die Pflanzen besser gedeihen, wenn ihnen mehr Kohlendioxid zur Verfügung steht, als in der Luft vorhanden ist.

4. a) Wenn die Pflanzen photosynthetisieren entnehmen sie der Luft Kohlendioxid und produzieren dabei Sauerstoff. Aus der Sicht des Menschen (oder der Tiere) wird das für sie ungünstige CO_2 durch das lebensnotwendige O_2 ersetzt. Man könnte aus dieser Sicht also von einer Reinigung der Luft sprechen.
   Im Gegensatz dazu verunreinigen die tierischen Lebewesen die Luft dadurch, daß sie Sauerstoff einatmen und Kohlendioxid an die Atmosphäre abgeben.

   b) Die Pflanzen produzieren nicht nur Sauerstoff, sie verbrauchen auch einen Teil davon wieder beim Abbau von Zucker. Bei diesem Prozeß setzen auch sie, gleich wie die Tiere, aber in viel geringerem Masse, Kohlendioxid frei. Dadurch kann man auch die Pflanzen bedingt als Luftverschmutzer bezeichnen.

Antworten zu den Lehrerkontrollfragen

Serie B

5. a) Hauptnährstoffe: sind absolut lebensnotwendig, hoher Gehalt in der Pflanze (N, K, C, H, O, S, P..)
Spurenelemente: sind für ein gesundes Wachstum nötig, kleiner Gehalt in der Pflanze (Zn, Fe, Mn..)
b) Der Pflanzenertrag wird vom am wenigsten verfügbaren Nährstoff bestimmt.
Der größtmögliche Ertrag wird erreicht, wenn alle Nährstoffe in optimaler, pflanzenverfügbarer Form und Menge vorhanden sind, ohne Ueberschuss eines Elementes.

6. a) Bauer Kopp wird wegen seines tiefgründigen Bodens weniger Probleme haben, denn dieser kann eine grosse Menge Wasser speichern. Beim anderen Boden dagegen besteht kein grosses Wasserspeicherungsvermögen und er wird daher schneller austrocknen.
b) Bauer Lanz wird bei seinem flachgründigen Boden stark darauf achten müssen, dass er nicht zuviel auf einmal düngt, denn sein Boden kann nur kleine Mengen Nährstoffe zurückhalten; der Rest wird ausgewaschen.

7. a)Weil keine Reserven gebildet werden können, wird das Wachstum gehemmt. Sie erhalten dadurch tiefere Erträge mit sehr geringem Rohfaseranteil.
b)Die Kühe werden das junge Gras sehr gerne fressen und deshalb mehr von diesem rohproteinreichen Futter aufnemen. Dadurch werden der Milchgehalt und die Milchleistung steigen. Da dieses Gras rohfaserarm ist, wird ohne Zufütterung von rohfaserreichen Futtermitteln (grobes Heu) Durchfall auftreten. Infolge ungenügender Magnesiumversorgung durch junges Gras, besteht die Gefahr von Weidetetanie.

8. a) Durch Trockenheit und hohe Temperaturen ist der geringe Anteil an Nährstoffreserven sehr schlecht verfügbar.
b) Mit einer Nutzung vor der Sommerdepression können Sie die negativen Auswirkungen minimieren. Düngung mit allfälliger Bewässerung tragen ebenfalls zu einem höheren Ertrag bei.

Anhang 3

Von den Autoren benutzte Quellen:

Asimov I.: Die exakten Geheimnisse unserer Welt. München 1988 (Knaur)

Diverse: Biologie heute S II. Hannover 1985 (Schrödel)

Frey K., Frey-Eiling A.: Allgemeine Didaktik. Zürich 1992, 5. Auflage (vdf)

Frey K. et al.: Gruppenunterricht nach der Puzzle-Methode. Zürich 1993

Metzler J.B.: Linder Biologie. Stuttgart 1983, 19. Aufl. (J.B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung)

Nultsch W.: Allgemeine Botanik. Stuttgart 1983 (J.B. Thieme)

Sägesser und Weber: Allgemeiner Pflanzenbau. Zollikofen 1989 (LmZ)

Schmid J.E.: Allgemeine Pflanzenzüchtung. Vorlesungsskript ETH Zürich 1992