

## Klinostat

### 1. Kontrolle des Materials

Die folgende Materialliste ermöglicht Ihnen eine bessere und schnellere Kontrolle des empfangenen Materials bzw. des Materials, welches in der Schule vorhanden ist.

Der Klinostat besteht aus:

- einem neigbaren Gehäuse, auf dem eine drehbare Scheibe fixiert ist.
- aus 5 Plastikbechern (3 sind auf der drehbaren Scheibe fixiert, 2 auf dem Gehäuse), beweglich.



### 2. Technische Eigenschaften

Drehgeschwindigkeit der Scheibe:	3 Drehungen/Stunde
Stromversorgung:	220 V
Abmessungen des Gehäuses:	225 x 145 x 60 mm
Anzahl der Becher:	5
Volumen der Becher:	25 ml

### 3. Das Prinzip

Das Wachstum und auch die Wachstumsrichtung wird durch mehrere Faktoren beeinflusst: hauptsächlich durch das Licht und das Gewicht. Das Wachstum der Pflanze richtet sich insbesondere nach der Schwerkraft (Gravitationskraft). 1806 stellte der britische Physiologe A. KNIGHT durch einen entscheidenden Versuch klar, dass die Richtung des Wurzelwachstums von der Schwerkraft (Gravitation der Erde) gesteuert wird: er befestigte Keimlinge auf einem senkrecht stehenden Rad, welches er durch ein kleines Mühlrad von einem rasch fließenden Bach um seine horizontale Achse drehen ließ. Durch die Drehung kam die Zentrifugalkraft zur Wirkung. Den gleichen Effekt erzielte er, als er die Keimlinge auf einem sich horizontal drehenden Rad befestigte. Bei schneller Rotation des horizontal gestellten Rades wuchsen alle Wurzeln nach außen (in Richtung der Zentrifugalkraft), bei langsamer Drehung nahmen sie vom Rand an etwa eine Stellung von 45 Grad ein (Ergebnisse im Kräfteparallelogramm: Zentrifugalkraft gegen Gravitation).

Die Ausrichtung der Pflanze nach der Schwerkraft bezeichnet man auch als Geotropismus. Es gibt jedoch auch eine Ausrichtung nach dem Licht hin, dies bezeichnet man auch als Phototropismus.

Die Reaktion der Pflanzen auf diese Reize ist jedoch nicht gleichmäßig: die Stile z.B. zeigen einen negativen Geotropismus und einen positiven Phototropismus (wachsen nach oben), während die Wurzeln einen positiven Geotropismus und einen negativen Phototropismus aufweisen.

### a. Geotropismus oder auch Gravitropismus

Wie auch immer die Ausgangslage der Wurzeln einer Pflanze ist, sie orientieren sich immer zur Gravitation. Wenn man z.B. die Wurzeln einer Pflanze horizontal ausrichtet, dann werden sich die Enden der Wurzeln nach kurzer Zeit beugen und nach unten neigen (dies sieht man z. B. schon nach einigen Minuten). Dieser Richtungswechsel der Wurzeln erklärt sich durch die Differenz der Größe zwischen den Zellen auf der konkaven und konvexen Seite der Biegung. 1892 postulierte F. NOLL (1858-1908, Prof. in Bonn, später in Halle), dass es in Zellen der Wurzelspitze mikroskopisch kleine, bewegliche Teile geben müsse, die einen Druck auf das Plasma der jeweiligen Unterseite der Zelle ausüben. Der Druckreiz müsste dann vom Plasma in eine Dehnung der Zellwand und in stärkeres Wachstum umgesetzt werden. Eine Bestätigung fand die Annahme (Statolithentheorie) durch die Pflanzenanatomen B. NEMEC in Prag und den Österreicher G. HABERLANDT, die in den Zentralzellen der Kalyptra die beweglichen und wirklich der Schwerkraft folgenden Partikel sahen und sie als Amyloplasten (Stärkeköerner) identifizierten.

### b. Phototropismus

Stellt man eine Pflanze vor ein Fenster, so erkennt man in kurzer Zeit, dass sich Stiel und Blätter nach dem Licht ausrichten. Dies bezeichnet man als positiven Phototropismus. Negativer Phototropismus, den man beim Wurzelwachstum antrifft, ist da schon schwieriger nachzuweisen. Krümmungsreaktion erfolgt durch differentielles Flankenwachstum. Die Stärke der Krümmung ist von der eingestrahelten Dosis ( $I \times t$ ) abhängig. Die Krümmung erfolgt durch Wachstum (Zellstreckung), das seinerseits durch unterschiedliche Auxinkonzentrationen gesteuert wird. Die Beteiligung von Auxin (Indol-3-Essigsäure, IES) lässt sich durch einen klassischen Versuch beweisen: wenn man die Spitze einer Coleoptile einige Millimeter weit abschneidet und auf einen Agarblock setzt, diffundiert das in der Spitze gebildete Auxin in den Agarblock. Der Auxintransport im Gewebe beruht auf einem aktiven basalen Transport. Trennt man die lichtzugewandte von der lichtabgewandten Seite bei seitlichem Lichteinfall durch eine eingeschobene Glimmerbarriere, so findet man in dem lichtabgewandten Agarblock deutlich mehr IES als in dem lichtzugewandten. Der dekapitierte Coleoptilenstumpf zeigt keine Wachstumsreaktion. Setzt man die beiden Agarblöckchen auf eine Seite von zwei Coleoptilenstümpfen, wachsen diese wieder und zeigen eine unterschiedlich starke Krümmung von der Seite mit dem Agarblock weg. Also beruht das differentielle Flankenwachstum auf einem Auxingradienten. Wie kommt dieser Auxingradient zustande? Zur Erklärung sind drei verschiedene Hypothesen aufgestellt worden:

1. Das Auxin wird auf der lichtzugewandten Seite abgebaut. Nach der Hypothese von Hager wird das Auxin von Zelle zu Zelle aktiv mit Hilfe von Permeasen transportiert. An der lichtzugewandten Seite wird mehr Auxin photolytisch, weil das Licht in der Zelle durch Schirmpigmente partiell absorbiert wird. Daher wird mehr Auxin an der lichtabgewandten Seite zur nächsten Zelle abgegeben. Tatsächlich lässt sich IES im Licht in 3-Methyloxindol (3M) umwandeln. Allerdings erfolgt diese Reaktion nur bei höheren Bestrahlungsstärken und nicht in dem Bereich, in dem positiver Phototropismus beobachtet wird.

2. Die Auxinproduktion oder der Auxintransport wird auf der lichtabgewandten Seite gesteigert. In diesem Zusammenhang ist auch ein möglicher Linseneffekt diskutiert worden, jedoch ist die Coleoptile auf Grund ihrer zellulären Struktur keine effektive Zylinderlinse, lediglich "light piping" (Lichtleiter) wurde beobachtet.

3. Das Auxin könnte einer Querverschiebung von der lichtzugewandten Seite zur lichtabgewandten Seite unterliegen. Obwohl diese Hypothese am unwahrscheinlichsten klingt, scheint sie die richtige Erklärung zu sein, wie die Versuche mit eingeschobenen Barrieren zeigen.

Zusammenfassend können wir festhalten, dass bestimmte Hormone in das Wachstum der Pflanzen intervenieren. In einigen Zellen wird das Wachstum beschleunigt, in anderen wird es verlangsamt.

### c. Zweck des Klinostat

Der Klinostat ist ein Gerät, mit dem man das Wachstum bzw. die Richtung des Wachstums genauer untersuchen kann. Das kippbare Gehäuse mit Drehscheiben ermöglicht den Effekt des Geotropismus sowie den Effekt des Phototropismus auf das räumliche Wachstum der Pflanzen zu untersuchen. Die Rotation der Scheibe unterwirft die Pflanzen, die sich in den Becher befinden, der Zentrifugalkraft, so dass die Phänomene der Krümmung - d.h. die Phänomene des Geotropismus und Phototropismus kompensiert werden.

## 4. Versuche

### a. Notwendiges Material

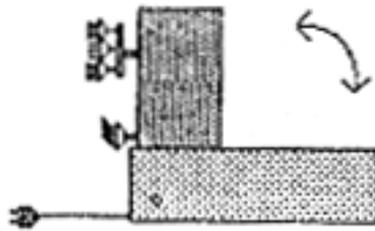
- Samenkörner: Kresse, weißer Senf ...
- Saugwatte oder ähnliches
- Lichtquelle

### b. Präparation

- Platzieren Sie die Samenkörner in etwas befeuchtete Watte. Diese geben Sie dann in die 5 Becher des Klinostaten.
- Nun lassen Sie die Samenkörner einen oder zwei Tage keimen.

### c. Nachweis des Geotropismus

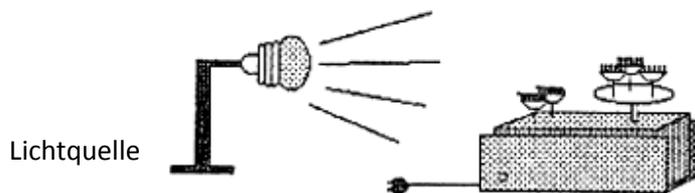
- Stellen Sie die Becher, die die gekeimten Samenkörner enthalten auf den Klinostat.
- Neigen Sie das Gehäuse des Gerätes um einen bestimmten Winkel.
- Legen Sie die Spannung an.
- Der Keimling sollte sich nun etwas entwickeln: der Richtungswechsel der Stile ist schon nach 1,5 Stunden nach Beginn des Versuches festzustellen. Die Stile der Keimlinge, die sich im Becher befinden, die auf der Drehscheibe befestigt wurden, stehen senkrecht zur Achse des Bechers. Die Pflanzenstile, die sich in den Becher befinden, die am Gehäuse des Klinostat fixiert wurden, krümmen sich nach oben bis zur Vertikalen.



GEOTROPISMUS

#### d. Nachweis des Phototropismus

- Platzieren Sie die Becher, die die gekeimten Samen enthalten auf den Klinostat, der horizontal ausgerichtet wird.
- Stellen Sie die Lichtquelle so auf, dass sie sich direkt vor dem Gerät befindet, so dass sie die Becher von der Seite her beleuchtet.
- Schalten Sie den Klinostat ein.
- Geben Sie den Keimlingen etwas Zeit sich zu entwickeln: nach 1/2 Stunde sieht man eine Veränderung. Die Stile des Keimlings, die sich in den Becher befinden, die auf den rotierenden Scheiben sind, behalten eine senkrechte Ausrichtung zur Achse der Becher bei ( positiver Phototropismus). Die Stile der Keimlinge, die sich in den Bechern befinden, die am Klinostatgehäuse sind, krümmen sich zur Lichtquelle hin.



PHOTOTROPISMUS

Bemerkung: nehmen Sie nicht zu viel Watte. Die Watte muss locker den Keimling umschließen. Es ist übrigens auch möglich, die Phänomene des Geotropismus und Phototropismus bei den Wurzeln zu beobachten.

#### 5. Pflege

Bevor man überhaupt mit Pflegemaßnahmen beginnt, muss man das Gerät ausschalten und vom Netz nehmen.

Die "Kulturbecher" kann man leicht herausnehmen und den Inhalt somit bequem entsorgen. Lagern Sie das Gerät an einem trockenen, sicheren Ort, wie alle elektrischen Geräte auch!