

Ein multipler Klinostat.

Von

George Peirce.

Mit 2 Textfiguren.

Im Jahre 1907 veröffentlichte Van Harreveld¹⁾ eine geschichtliche Übersicht über die Entwicklung des Klinostaten. Darin richtete sich seine Kritik gegen alle Instrumente, die seinen eigenen vorausz gingen. Sogar gegen die besten machte er Einwendungen, weil, wie er sagt, ihre Rotationsrate nicht einheitlich sei. Ob für ein Instrument, das für verhältnismäßig langsame Umdrehungen bestimmt ist, eine absolute oder eine möglichst absolute Rotations-einheit nötig ist, mag in Frage gezogen werden. Jedenfalls aber gibt es schwerer wiegende Einwendungen als die von Van Harreveld gemachten.

Abgesehen von der fundamentalen Frage, ob eine Pflanze, die auf einem Klinostaten rotiert, überhaupt in einem genügend normalen Zustande ist, um uns zu berechtigen, aus ihrem Verhalten Schlüsse auf die Einflüsse zu ziehen, unter denen sie sich in ihren gewöhnlichen, festen Stellungen befindet, sind keine Klinostate, die mir vor Augen gekommen sind oder von denen ich gehört habe, einwandfrei, weil sie nur die Rotation einer einzigen Pflanze oder Kultur für jeden Versuch erlauben. Wenn wir den Klinostat überhaupt haben müssen, so benötigen wir einer ganzen Batterie; denn sonst ziehen wir aus einem einzigen Experiment einen allgemeinen Schluß. Die Wiederholung eines Experimentes kann seine Fortsetzung nur insoweit verbürgen, als es in gewissen, notwendigerweise weiten Grenzen kontrolliert werden kann.

Die Alternation zwischen mehreren oder zahlreichen Klinostaten ist gewöhnlich der Kosten wegen unausführbar. Ist Ungenauig-

1) Van Harreveld, Ph. D., Die Unzulänglichkeit der heutigen Klinostaten für reizphysiologische Untersuchungen. *Recueil des Travaux Bot. Néerlandais*: III, 1907.

keit in einem Klinostat gewiß ein Fehler, so ist es ebenso gewiß, daß, je billiger ein Klinostat ist, desto unzuverlässiger er ist.

Wenn der Besitz eines Instrumentes von großer Genauigkeit einem botanischen Institute möglich ist, so kann es gewiß nur eins oder höchstens zwei solcher besitzen. Hat es mehrere oder zahlreiche, so müssen die meisten minderwertig sein. Gewöhnlich ist der Gang keiner zwei Instrumente gleich und das nicht einmal innerhalb verhältnismäßig weiter Grenzen. Das Resultat ist Ungenauigkeit, und die daraus entstehenden Fehler mehren sich mit der Zahl der Instrumente.

Außerdem ist Zuverlässigkeit völlig so wichtig wie Genauigkeit. Dies gilt besonders von Experimenten, die sich über eine bedeutende Zeitlänge erstrecken müssen. Das Instrument muß nicht nur gleichmäßig, sondern auch ununterbrochen gehen, widrigenfalls der Fehler um so verhängnisvoller ist, je länger das Experiment gedauert hat.

Im Universitätsjahre 1905—06 benützte ich etwa 20 billige Klinostaten in einer Serie von Experimenten, die durch das Erdbeben vom 18. April 1906¹⁾ unterbrochen wurden.

Im folgenden Jahre begann ich mit der freundlichen Unterstützung von Dr. Durand, Professor der Maschinenteknik auf der hiesigen Universität, Versuche anzustellen mit einem einzigen Triebwerk, das bestimmt war, eine bedeutende Zahl von Pflanzen oder Kulturen gleichzeitig in Umdrehung zu setzen. Dieser Mechanismus ist seitdem nur wenig verändert worden; dagegen sind wiederholte Veränderungen bezüglich der Mittel der Kraftübertragung von dem Uhrwerk auf die Drehscheiben gemacht worden. Es ist nicht nötig, hier auf diese Veränderungen und späteren Verbesserungen einzugehen. Der Apparat ist in seiner gegenwärtigen Form hauptsächlich in Verbindung mit gewissen damit erzielten Resultaten beschrieben worden²⁾. Dagegen habe ich eine eingehende Beschreibung des multiplen Klinostaten bis auf diese Gelegenheit gespart und zwar zu Ehren des Entwerfers desjenigen Klinostaten, der, wie allgemein anerkannt, die meiste Befriedigung gewährt, nämlich desjenigen von Pfeffer.

In der Vorbereitung für die Konstruktion eines multiplen Klinostaten, dessen Betrieb ich so gleichmäßig und so dauernd zuverlässig als möglich machen wollte, bin ich durch Überlegung von den Wasser- und Elektrizitätsmotoren abgekommen, weil diese durch

1) Peirce, G. J., *Annals of Botany*, Bd. 20, 1906.

2) Dudley Memorial Volume, *Stanford University Publications*, 1913.

Ströme betrieben werden, die nicht gleichmäßig und vielleicht nicht einmal konstant sind. Die Natur meiner Versuche verlangte sowohl eine konstante als auch eine gleichmäßige Kraft. Springfedern waren außer Frage, weil es sich um eine Kraft zur Bewegung von etwa 40 Drehscheiben handelte. Die einzig anzuwendende Kraft, die zugleich ununterbrochen, unveränderlich und einheitlich ist, war die Schwerkraft¹⁾. Diese konnte mittels Gewichte an Stahldrahtseilen von der Decke meines Laboratoriums herabhängend angewendet werden (s. Fig. 1 u. 2).

Ein Ende des Seiles ist an einer Schraube im Querbalken der Decke befestigt. Das Seil geht dann durch einen Stahlflaschenzug, der an einen Eisenstab geschmiedet ist, auf dem die Gewichte aufgereiht sind (s. Fig. 1). Diese Gewichte sind Scheiben aus Gußeisen und Blei. Ihr Totalgewicht beträgt etwa 215 kg. Von diesem Flaschenzug wird der Draht wieder nach oben geführt und geht durch eine zweite Stahlrolle, die an einer Schraube in der Decke hängt. Dann geht er wieder abwärts und wird an einer Trommel im Uhrwerk befestigt (Fig. 1). Die Achse dieser Trommel steht über den Rahmen des Uhrwerks und über die Kante des starken Tisches, an dem es festgeschraubt ist, vor. Das Ende der Achse ist viereckig und mit einer Kurbel versehen (Fig. 2), mit der das Uhrwerk aufgezogen wird. Durch das Aufwinden des Seiles auf die Trommel werden die Gewichte zur Decke emporgezogen. Die Trommel und die Kurbel werden durch den normalen Gang des Uhrwerks sowie durch einen gewöhnlichen Klammerhaken am Abwinden verhindert. Das Uhrwerk wird nur einmal täglich aufgezogen und läuft 28 Stunden. Die so gewonnene Kraft wird durch ein Triebwerk, wie es in den beiden Figuren erscheint, auf Zahnräder übertragen, die sich außerhalb des Uhrwerkrahmens am Ende einer der Achsen befinden (Fig. 2). Ein anderes Zahnradgetriebe, das auf dem einen Ende einer horizontalen Welle sitzt, greift in jenes ein. Auf der entgegengesetzten Seite der Welle greift ein weiteres Räderwerk in ein entsprechendes Getriebe auf einer vertikalen Welle ein. Diese vertikale Welle trägt gezahnte oder einfache Rädergetriebe in angemessener Höhe, um in andere entsprechende Räder an der ersten Drehscheibe jeder Reihe einzugreifen. Die Drehscheiben sitzen auf Regalen, die in die Fensterische eingebaut sind (s. Fig. 1 u. 2). Das Fenster ist oben mit einem undurchsichtigen, unten mit einem durchscheinenden Stoffe

1) Peirce, Textbook of Plant Physiology, p. 280 et seq., 1903.

verhangen. Die Kanten sämtlicher Drehscheiben sind gezahnt, und diese selbst sitzen in Kugellachsenbüchsen aus Gußstahl. Sie



Fig. 1. Multipler Klinostat im Fenster des Laboratoriums.

Zeigt den Mechanismus, den Regulator und die Gewichte. Von einer Blitzlicht-Photographie.

werden so gestellt, daß sie ineinander eingreifen, ohne ineinander festzulaufen. Die Achse jeder Drehscheibe ist gekerbt und eine Schraube, die durch die Wand der Achsenbüchse geht und in die Einkerbung paßt, dient dazu, die Scheibe unter jedem möglichen Winkel festzuhalten. Wie die zwei Figuren zeigen, sind die Regale verschiebbar mit Ausnahme des obersten und untersten. In den Figuren erscheint das oberste Regal ohne Drehscheiben, es kann aber wie die übrigen mit solchen versehen werden.

Jedes Regal trägt 10 Drehscheiben. Die Rotationsgeschwindigkeit jeder Scheibe auf ein und demselben Regal ist gleich, doch kann die Geschwindigkeit der Scheiben auf den verschiedenen Regalen gleich oder verschieden sein, je nach dem Getriebe, das angebracht wird. So drehen sich z. B. in meinem Apparat die Scheiben der untersten Reihe mit einer Geschwindigkeit von vier ganzen Umdrehungen pro Minute und diejenigen der obersten mit einer solchen von einer pro Minute.

Wie Fig. 1 zeigt, geschieht die Regelung des ganzen Apparates durch einen Fächerregulator. Die Verbindung dieses Regulators mit dem übrigen Mechanismus ergibt sich aus der Photographie.

Es liegt auf der Hand, daß durch gegenseitiges Eingreifen jede Scheibe mit derselben Geschwindigkeit wie die ihr zunächst liegende, jedoch in entgegengesetzter Richtung rotiert, daß sich dagegen die alternierenden Scheiben in derselben Richtung bewegen. So ist es möglich, die Wirkung der Rotation in entgegengesetzter Richtung, z. B. in Beziehung auf die Zirkumnutation, auf eine bedeutende Zahl von Pflanzen gleichzeitig zu prüfen.

Das Uhrwerk ist mit Bolzen an den Tisch geschraubt und dieser gleicherweise an den Fußboden befestigt. Um jenes vor Staub zu schützen, wird es gewöhnlich bedeckt. Das Getriebe ist größtenteils nach dem Normalmaß und für seinen besonderen Zweck zusammengesetzt. Der Rahmen, sowie die Scheiben und Büchsen mußten besonders gegossen werden.

Der Leichtigkeit halber sind die Scheiben aus einer Legierung von Aluminium und Zink, Alzink, gemacht.

Wie beide Figuren zeigen, ist eine Reihe der Drehscheiben so eingestellt, daß sie sich auf einer horizontalen Achse drehen. Die Kulturen werden durch Stäbe, die mit Haken versehen sind und die sich an geeigneter Stelle in mit Gewinden versehenen Löchern in die Scheiben einschrauben lassen, an Ort und Stelle gehalten. Dies läßt eine genau zentrale oder eine beliebige exzen-

trische Stellung zu. Durch entsprechende Veränderungen in der Stellung der Regale und in dem Getriebe auf der vertikalen Welle

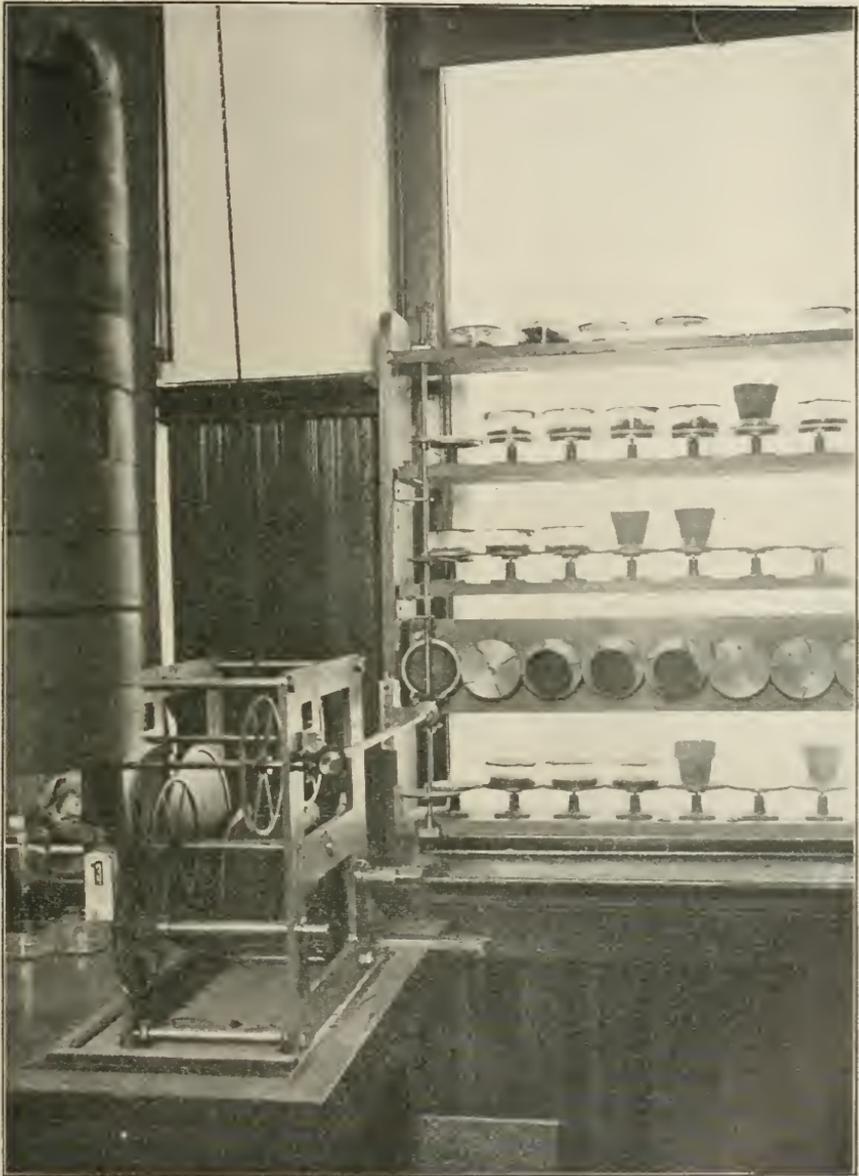


Fig. 2. Multipler Klinostat.

Zeigt Mechanismus, Transmission und Drehscheiben mit Kulturen. Von einer Blitzlicht-Photographie.

kann jeder beliebige Rotationswinkel zwischen der Vertikalen und der Horizontalen erlangt und festgehalten werden, und zwar nicht nur für eine Kultur, sondern für die ganze Reihe. Dies kann für jede Reihe von 10 Scheiben geschehen, ohne daß die andern Reihen dadurch beeinflußt werden.

Ich habe absichtlich eine Angabe über die Dimensionen der einzelnen Teile des multiplen Klinostaten unterlassen, denn sie wurden durch den mir in meinem Laboratorium zur Verfügung stehenden Raum und durch den Umfang der Gefäße, die ich zu gebrauchen wünschte, bestimmt.

Indem man von ungefähr 8 cm Durchmesser für die Drehscheiben ausgeht, kann man den übrigen Apparat den Verhältnissen jedes botanischen Institutes anpassen. Das Uhrwerk steht in meinem Laboratorium im rechten Winkel zu den Scheiben, die in Umdrehung versetzt werden; dies ist jedoch nicht wesentlich.

Es kann, soweit ich voraussehe, von jedem kompetenten Mechaniker hergestellt werden.

Ich wünsche an dieser Stelle den Herren Universitätsmechanikern Stevens und Banham meine Anerkennung für die Hilfe auszusprechen, die sie mir während des ganzen Versuchsstadiums zuteil werden ließen. Sie haben mit Ausdauer und Geschick die Veränderungen ausgeführt, die durch die Erfahrung im Laufe der Konstruktion notwendig oder wünschenswert erschienen.

Da dieser Apparat auf experimentellem Wege hergestellt werden mußte, waren die Kosten bedeutend. Seine Herstellung für das gewöhnliche botanische Institut sollte jedoch 800 Mark nicht übersteigen.

Mittels eines solchen Mechanismus können 40—50 Drehscheiben und Kulturen gleichzeitig, mit gleicher oder ungleicher Geschwindigkeit und in derselben oder in entgegengesetzter Richtung in Umdrehung versetzt werden. Und so fallen die Einwendungen gegen den Einzelversuch, wenn auch oft wiederholt, weg.

Wenn der Apparat gut konstruiert, richtig eingestellt und rein gehalten wird, so ist seine Rotation auffallend regelmäßig. Er ist so gut wie geräuschlos. Außerdem kann die gewonnene Kraft zu andern beliebigen Zwecken angewendet werden.

Es gereicht dem Unterzeichneten zur Freude, diesen multiplen Klinostat seinem Lehrer, dem Herrn Geheimrat Professor Dr. Wilhelm Pfeffer ergebenst zu widmen.

Dr. George J. Peirce, Professor der Pflanzenphysiologie
an der Leland Stanford Junior Universität, Kalifornien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Peirce George

Artikel/Article: [Ein multipler Klinostat. 330-336](#)