

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem.)

Einfluß künstlicher Beleuchtung auf höhere Pflanzen.

(Sammelreferat.)

Von **Eduard Schratz.**

Für den normalen Entwicklungsablauf einer höheren Pflanze ist das Vorhandensein einer ausreichenden Lichtintensität von fundamentaler Bedeutung. Wie für andere Faktoren, die einen wesentlichen Einfluß auf lebenswichtige Prozesse haben, sind auch die Grenzen der Lichtmenge, die das Pflanzenleben unterhalten können, recht weit, aber für jede Pflanzenart gibt es eine optimale Lichtmenge, unter der sie ihre Lebensprozesse am vorteilhaftesten entwickeln kann.

Normalerweise sind die Pflanzen der meisten Bezirke der Erde einer intermittierenden Helligkeit und Dunkelheit durch den ständigen Wechsel von Tag und Nacht ausgesetzt. Daß aber an und für sich eine ständige Helligkeit der Pflanze nicht schädlich ist, sehen wir an den hochpolaren Pflanzen, die gerade den Hauptteil ihrer Entwicklung, d. h. Blüte und Fruchtreife, während einer Zeit durchmachen, in der sie einer ständigen Beleuchtung ausgesetzt sind.

Wir wissen seit WIESNERS (1907) klassischen Untersuchungen, daß jede Art eine ganz bestimmte minimale Lichtmenge nötig hat, aber am besten gedeiht, wenn neben anderen Faktoren auch Licht in optimaler Menge vorhanden ist. Im allgemeinen können wir annehmen, daß den Pflanzen dort ihr Optimum in möglichster Annäherung geboten ist, wo sie geographisch ihr Hauptverbreitungsgebiet haben und zu der Zeit, in der sie ihren Hauptentwicklungsgang durchzumachen pflegen. Für eine Pflanzenart, die unter den Verhältnissen des Äquators gedeiht, wird eine regelmäßige Licht- und Dunkelheitsperiode von 12 Stunden und die darin enthaltene Lichtmenge günstig sein. Das Lichtbedürfnis einer deutschen Schatten- oder Frühlingsart ist geringer als das einer Art, die der vollen Hochsommersonne ausgesetzt sein will, um sich normal entwickeln zu können.

Unsere heutigen Kultur- und Zierpflanzen bestehen größtenteils aus Arten, deren Heimat nicht in unseren Breiten liegt. Sie können zwar ihren Entwicklungsgang unter unseren klimatischen Verhältnissen vollenden, weil sie mindestens den minimalen nötigen Bedarf an Licht und Temperatur decken können, sie brauchen aber bei weitem nicht das Optimum zu erreichen. Vor allem steht den meisten von ihnen die notwendige Menge an Licht und Wärme nur während eines Teiles des Jahres, während des Sommers,

zur Verfügung. Es gehört schon lange zur selbstverständlichen Praxis, der Pflanze das Optimum der Temperatur durch Kultur im Gewächshause zu bieten. Trotzdem ist bisher die Heranzucht mancher Arten während der Wintermonate nicht möglich gewesen, weil die nötige Lichtmenge, die zum normalen Wachstum ebenso nötig ist wie die genügende Temperatur, fehlte.

Schon vom rein praktischen Gesichtspunkte aus hat daher die Frage lange interessiert, ob es möglich ist, durch Zugabe von künstlichem Lichte (unter gleichzeitiger Darbietung der nötigen Temperatur) das Pflanzenwachstum zu fördern oder unter Umständen überhaupt erst zu ermöglichen. Es tauchen also die Fragen auf, ob die zur Verfügung stehenden elektrischen Lichtquellen genügend Energie spenden, Pflanzenkultur unter ihnen zu gestatten, und weiterhin, ob im Bejahungsfalle durch künstliche Verlängerung der Tage ein fördernder Einfluß auf das Wachstum erzielt werden kann. Praktisch würde eine solche Möglichkeit von großer Bedeutung sein, da wir auf diese Weise nicht nur die Entwicklungsperiode einer Pflanze, der das bereits vorhandene Tageslicht genügt, durch Zusatzbeleuchtung abkürzen, sondern sie evtl. auch im Winter im Gewächshaus ziehen können, wenn das Tageslicht nicht mehr ausreichend ist, normales Wachstum zu unterhalten.

Diese Fragen wurden experimentell untersucht, sobald genügend starke Lichtquellen zur Verfügung standen. So liegen schon aus dem vorigen Jahrhundert einige Angaben vor, die allerdings wegen der damals noch recht unzureichenden Lichtquellen mehr historischen als kritischen Wert haben. So benutzten schon MANGON 1861 und PRILLEUX 1869 künstliche Beleuchtung, um den Einfluß des Lichtes auf die Bildung und Tätigkeit des Chlorophylls zu studieren. Weitere Versuche über die Wirkung künstlichen Lichtes wurden von SIEMENS 1880, BAILEY 1891—1893, CORBETT 1899 angestellt. Aber die Ergebnisse dieser Forscher sind heute seit dem Besitze bedeutend höherer Lichtintensitäten nicht mehr kritisch zu bewerten. Den Einfluß kontinuierlichen elektrischen Lichtes auf die Struktur und Anatomie der Pflanzen untersuchte als erster BONNIER im Jahre 1895. Er konnte feststellen, daß die beleuchteten Pflanzen zwar eine größere Menge Chlorophyll

besaßen, aber daß die Dauerbeleuchtung auch eine weniger gute Ausdifferenzierung der Gewebe hervorgerufen hatte.

Zu exakten und auf weiterer Basis aufgebauten Experimenten konnte jedoch erst geschritten werden, nachdem elektrische Glühkörper von hoher Lichtintensität geschaffen waren, und vor allem auch solche, die Licht ausstrahlten, das dem normalen in seiner Zusammensetzung und Strahlenbereiche einigermaßen entsprach. Eine Reihe von zum Teil recht großzügigen Experimenten ist seither ausgeführt worden, deren wichtigsten Ergebnisse hier besprochen werden sollen.

Auf Grund der Methodik lassen sich zwei Gruppen von Untersuchungen unterscheiden. Zunächst kann versucht werden, unter Ausnutzung des verfügbaren Tageslichtes durch künstliche Verstärkung desselben während des Tages oder eines Teiles der Nacht dem Optimum der Lichtmenge für eine bestimmte Pflanzenart näherzukommen. Diese Methode ist für die Praxis die wichtigste. Zweitens kann man versuchen, die Pflanzen unter Ausschluß alles Tageslichtes nur bei künstlichem Lichte zu ziehen. Diese Methode hat die größte theoretische Bedeutung, weil sie vor allem zeigen wird, ob das uns zur Verfügung stehende elektrische Licht überhaupt für die Kultur der Pflanzen genügt und wie es auf dieselben einwirkt. Die so gesammelten Kenntnisse sind für die Beurteilung der Frage nach dem Nutzen einer Zusatzbeleuchtung von größtem Wert.

Die Ergebnisse, die in dieser Richtung bisher erhalten worden sind, reichen zur völligen Beantwortung der hier interessierenden Fragen noch nicht aus und manche widersprechende Ansichten liegen noch vor. Jedoch ist daran ohne allen Zweifel zum Teil sicherlich mangelnde Methodik schuld, vor allem zu geringe Intensität der verwandten Lichtquellen. Da in vielen Fällen die den Pflanzen tatsächlich zur Verfügung stehende Lichtmenge nicht angegeben ist, läßt sich schwer ermitteln, worauf die erhaltenen Widersprüche zurückzuführen sind. In diesem Aufsatz soll nicht versucht werden, auf solche ungeklärten Ergebnisse tiefer einzugehen, besonders da es sich dabei meistens um Fragen mehr theoretischen Interesses handelt. Unsere Aufgabe wird es sein, aus den vorliegenden Untersuchungen zu sichten, welche tatsächlichen Erfolge erzielt worden sind und wie sie für die Praxis in Verwendung kommen können.

Methodik.

Zunächst sei einiges über die Methodik der künstlichen Beleuchtung gesagt. Im einfachsten

Falle wird man elektrische Glühkörper von genügend hoher Intensität für die zu züchtende Art in dem Anzuchthause, meistens wohl einem Gewächshause, anbringen. Die nötige Intensität ist für verschiedene Arten eine ganz verschiedene, wie unsere späteren Ausführungen zeigen werden und läßt sich nur auf Grund praktischer Versuche festlegen. Im allgemeinen dürfte für ausschließlich künstliche Beleuchtung 1000 Watt in 1 m Höhe für 1 qm Fläche gute Erfolge geben. Wenn die künstliche Beleuchtung nur als Zusatzlicht benutzt werden soll, reichen geringere Intensitäten aus. Zur besseren Ausnutzung des Lichtes werden die Lampen mit einem Reflektor versehen, der die Strahlen möglichst gleichmäßig verteilen soll, da sonst leicht Brandwunden und sonstige schädigende Einflüsse auftreten können. Auch die Verteilung der einzelnen Lampen im Gewächshause wird so vorgenommen, daß möglichst gleichmäßiges Licht garantiert wird. Dabei hängt die Entfernung der Lichtquellen voneinander von ihrer Höhe über den Kulturen ab, da die Lichtstärke mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Die Lampen müssen hoch genug über den Kulturen angebracht sein, damit die Pflanzen nicht zu hohen Temperaturen ausgesetzt werden, sondern die als Wärmestrahlung ausgesandte Energie der Lichtquellen in der Nähe der Kulturen in optimalen Grenzen für ihr Wachstum gehalten wird.

Die großzügigste Anlage dieser Art, die natürlich auch dementsprechend kostspielig im Bau und in der Unterhaltung ist, besitzt das Boyce Thompson-Institut in Yonkers, New York, das als Vorbild einer solchen künstlichen Beleuchtungsanlage gelten kann. In der Abb. 1 ist das Gewächshaus, das der künstlichen Belichtung dient, gezeigt. Das etwa 8×10 m große Haus ist mit Kontrollen für konstante Temperatur und Luftfeuchtigkeit ausgestattet. Die Beleuchtungsanlage besteht aus 48 Lampen von je 1000 Watt, die an einem Gestell angebracht sind, das über Nacht zum Zwecke der Zusatzbeleuchtung über das Gewächshaus gefahren werden kann, des Tages aber entfernt wird, um das Tageslicht voll auszunützen. Es kann natürlich mit weit bescheideneren Mitteln und billigeren Einrichtungen mit Erfolg gearbeitet werden, wie viele praktische Arbeiten bereits gezeigt haben. Eine einfache Beleuchtungsanlage ist auch in dieser Zeitschrift (I, 205) schon von HIORTH beschrieben und abgebildet worden.

Während die oben beschriebene amerikanische Anlage nur der Zusatzbeleuchtung dient, gibt es in demselben Institute noch eine weitere, die dazu dient, die Pflanzen unter alleinigem elek-

trischen Licht zu ziehen. Dementsprechend wurden dort die Lichtquellen noch stärker gewählt. Es ist für eine Fläche von etwa 10 qm eine Belichtungsanlage von 25 Lampen zu je 1500 Watt angelegt.

Künstliche Dauerbeleuchtung.

Wir wollen nun zunächst der Frage näher treten, ob die Pflanzen eine elektrische Dauerbeleuchtung ertragen und ob sie unter alleiniger künstlicher Beleuchtung sich entwickeln und ihre wichtigsten Lebensfunktionen, vor allem Blüte und Samenreife, normal vollziehen können. Daß an sich kontinuierliches Licht nicht schäd-

igte Licht von dem Sonnenlichte in mancher Beziehung verschieden ist. Besonders ist es recht arm an kurzwelligen Strahlen, also aus dem blauviolettten Bereich. Wir wissen aber auch, daß gerade diese Strahlen von großem Einflusse auf die normale Entwicklung der Pflanzen sind (KLEBS 1918, SCHANZ 1919, POP 1926). Vor allem haben die kurzwelligen Strahlen eine Bedeutung für die Formgestaltung der Pflanzen, so daß ihr Fehlen bei manchen Arten dieselben Wirkungen hervorruft, wie ein zu schwaches Licht, eine allgemeine Etiolierung durch Verlängerung und Verdünnung der Sproßachsen und Blätter, schwächere Verzweigung u. ä.

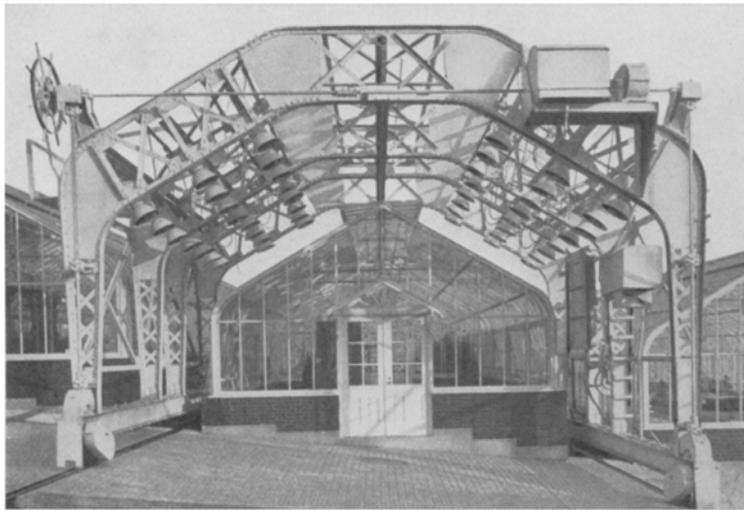


Abb. 1. Künstliche Beleuchtungsanlage des Boyce Thompson Institutes in Yonkers, New York.

digend, sondern unter Umständen fördernd auf die Pflanzen einwirkt, wurde bereits früh beobachtet. KJELLMAN suchte bereits 1885 den Einfluß der Dauerbeleuchtung dadurch zu studieren, daß er unter anderen *Lepidium sativum* einer ununterbrochenen Beleuchtung in der Arktis aussetzte und die Vergleichspflanzen 12 Stunden verdunkelte. Er konnte so feststellen, daß die dauerbeleuchteten Pflanzen sich besser entwickelten. In viel höherem Maße galt das für solche Arten, die normalerweise in der Arktis wachsen.

CURTEL 1890 machte ähnliche Beobachtungen in Norwegen, wo er nachweisen konnte, daß die Pflanzen bei Dauerbeleuchtung ununterbrochen assimilieren.

Ob jedoch künstliche Beleuchtung allein für das Pflanzenwachstum ausreicht, war nicht ohne weiteres vorauszusehen, weil das von den gewöhnlichen elektrischen Glühkörpern ausge-

Es hat sich aber gezeigt, daß die von unseren elektrischen Glühkörpern gelieferte Lichtqualität für eine große Anzahl von Pflanzenarten ausreichend ist, ihr Gedeihen zu gewährleisten. HARVEY machte im Jahre 1922 den ersten umfangreichen Versuch, der die Möglichkeit, Pflanzen unter völligem Ausschluß des Tageslichtes durch Dauerbeleuchtung durch elektrisches Licht zur vollen Entwicklung zu bringen, bewies. Seine Erfahrungen konnten in weiteren Versuchen bestätigt und weiter ausgebaut werden (HENDRICKS und HARVEY 1924). Diese Autoren suchten auch gleichzeitig ein Bild davon zu bekommen, welches die niedrigsten Lichtwerte sind, unter denen eine Pflanze bei andauernder Beleuchtung ihren Lebenszyklus abschließen kann, indem sie ihre Pflanzen durch verschiedene Entfernung von der Lichtquelle verschiedenen Intensitäten aussetzten. Es zeigten diese Versuchsserien deutlich, daß das

elektrische Licht ausreichend für die Unterhaltung der pflanzlichen Lebensprozesse ist, aber auch, daß die Anforderungen an Lichtstärke für einzelne Arten recht verschieden sind. Als Kriterium für günstige Wachstumsverhältnisse benutzten HENDRICKS und HARVEY, daß eine Pflanze zur Blüte und zur Samenreife kam. Manche der untersuchten Arten waren recht indifferent gegen die gebotene Lichtintensität und blühten in einem großen Helligkeitsbereiche, andere dagegen brauchten sehr hohe Lichthelligkeiten, wiederum andere setzten Samen unter Intensitäten, bei denen viele Arten überhaupt nicht zu gedeihen vermochten. Jedoch zeigten diese ersten Versuche auch bereits, daß ausschließliche und kontinuierliche künstliche Beleuchtung zu Anomalitäten führen kann. So



Abb. 2. *Lilium longifolium*, linke Pflanze gezogen unter künstlicher Dauerbeleuchtung, rechte Pflanze unter Tageslicht.
(Aus HENDRICKS u. HARVEY, 1924.)

bildete z. B. *Mirabilis* zwar reichlich Blüten, die aber alle abfielen, ohne aufzublühen. Erst nachdem das Licht für eine Zeitlang ausgeschaltet war, öffnete *Mirabilis* seine Blüten, so daß eine Dunkelheitsperiode, wenn auch nur kurz, doch nötig war.

Die Möglichkeit der Pflanzenkultur unter künstlicher Dauerbeleuchtung konnte später durch eine Reihe weiterer Arbeiten bestätigt werden (MAXIMOV 1925, ADAMS 1925, PFEIFFER 1926, ARTHUR und GUTHRIE 1927, HIORTH 1929).

Von praktischer Bedeutung ist aber in erster Linie, ob diese Kulturweise größere Vorteile gegenüber der normalen bietet. Die Ergebnisse lassen sich noch nicht mit Sicherheit verallgemeinern, da die bisher untersuchten Pflanzen doch nur Stichproben aus der ungeheuren Pflanzenliste sind. Außerdem läßt sich noch

nicht ersehen, ob mitgeteilte Mißerfolge mit manchen Arten wirklich zu Recht bestehen oder durch sonstige Umstände bewirkt worden sind. Dazu sind bisher zu wenig Untersuchungen angestellt und diese unter zu verschiedenen Bedingungen. Es sollen in diesem Aufsätze jedoch weniger die noch offenstehenden Fragen, als vielmehr die tatsächlichen Erfolge mitgeteilt werden, die als einigermaßen gesichert angesehen werden dürfen. Es kann somit festgestellt werden, daß für manche bisher untersuchte Arten sich die künstliche Dauerbeleuchtung nicht nur als möglich, sondern auch als sehr wachstumsfördernd herausgestellt hat. Fast allgemein wurde eine größere Höhe der dauerbelichteten oberirdischen Organe gegenüber kürzer belichteten Kontrollen beobachtet. Da jedoch, wie bereits erwähnt, die künstliche Beleuchtung durch das Wegfallen der kurzwelligen Strahlen dem Etiolement ähnliche Erscheinungen hervorrufen kann, ist die Höhe der Pflanzen ein schlechter Vergleichsmaßstab. Aber auch die Menge des in gleicher Zeit hervorgebrachten Frischgewichtes der oberirdischen Organe zeigt in vielen Fällen den günstigen Einfluß der Dauerbeleuchtung. Von großer Bedeutung ist vor allem die schnellere Entwicklung mancher Pflanzenarten, das schnellere Erreichen der Blüte und der Fruchtreife. Bereits HENDRICKS und HARVEY berichteten von dem schnelleren Aufblühen der Lilie durch Dauerbeleuchtung (Abb. 2) ARTHUR und GUTHRIE konnten Rotklee in 38 Tagen von Samen zu Samen ziehen. Auch HIORTH beschreibt mehrere Arten, deren Vegetationszeit durch Dauerbeleuchtung merklich abgekürzt werden konnte. *Vaccaria segetalis* trug bereits 50 Tage nach Aussaat reichlich und sehr voll entwickelte Samen. *Melandrium album* blühte 36 Tage nach Aussaat, Gerste hatte nach 47 Tagen die erste reife Ähre. Es ließen sich innerhalb 9 Monaten drei Generationen dieser Art ziehen, von denen die erste und dritte unter künstlicher Dauerbeleuchtung, die zweite im Sommer im Gewächshause gezüchtet wurden. Verschiedene Rassen von *Collinsia bicolor* ließen sich unter Dauerbeleuchtung in zwei Monaten von Samen zu Samen kultivieren.

Einige interessante Angaben können wir den Arbeiten von MAXIMOV (1925) entnehmen. Verschiedene Pflanzenarten wurden teils einer Dauerbeleuchtung, teils einer nur zwölfstündigen Beleuchtung unterworfen. In der Tabelle 1 sind die Trockengewichte der Pflanzen als Maß ihrer Entwicklung nach 28 Tagen wiedergegeben.

Aus dem in der letzten Spalte enthaltenen Verhältnis des Trockengewichtes der dauerbe-

Tabelle 1. Trockengewicht von Pflanzen, aufgezogen in künstlicher Beleuchtung durch eine Lampe von 1000 Kerzen im Laufe von 28 Tagen (nach MAXIMOV).

Pflanze	Ununterbrochene Beleuchtung	Täglich 12 Stunden Beleuchtung	Verhältnis
Sommerweizen (<i>v. erythrospermum</i>).	0,877	0,285	3,1 : 1
Sommerweizen (<i>v. lutescens</i>)	1,040	0,354	2,9 : 1
Gerste, frühreife (<i>v. pallidum</i>) . . .	1,523	0,422	3,6 : 1
Gerste, mittelreife (<i>v. pallidum</i>) . . .	1,525	0,545	2,8 : 1
Gerste, späte (<i>v. pallidum</i>)	0,914	0,567	1,6 : 1
Erbse	0,484	0,271	1,8 : 1
Bohne	3,270	1,666	2,0 : 1
Buchweizen	1,333	0,229	5,8 : 1

leuchteten Pflanzen zu dem der zwölfstündig belichteten, geht einwandfrei hervor, wie in allen Fällen die ersteren besser gewachsen sind. Die doppelte Menge des Lichtes hat ein Vielfaches der gebildeten Substanz hervorgebracht. Auch für größere Wachstumsgeschwindigkeit mit höherer Lichtintensität gibt MAXIMOV interessante Beiträge (Tabelle 2). Wir sehen, daß der Sommerweizen in zwei Monaten zur Reife gelangt, Sommergerste bei Dauerbeleuchtung sogar in 1½ Monaten, während bei zwölfstündiger Beleuchtung etwa 2 Monate nötig sind (bei einer

Tabelle 2. Entwicklungsgang der Getreidepflanzen in elektrischem Licht (nach MAXIMOV).

Pflanze	Dauer der Beleuchtung	Anzahl der Tage von Aussaat bis				
		Bestockung	Schossen	Ahrenbildung	Blüte	Reife
Weizen:						
Sommerweizen (<i>v. erythrospermum</i>)	ununterbr.	30	17	33	49	60
Sommerweizen (<i>v. lutescens</i>) . . .	ununterbr.	28	17	27	37	54
Winterweizen (<i>v. lutescens</i>) . . .	ununterbr.	25	—	—	—	—
Gerste:						
Wintergerste	ununterbr.	18	—	—	—	—
	12 Stunden	27	—	—	—	—
Sommergerste, frühreif	ununterbr.	19	13	20	—	43
	12 Stunden	29	13	24	—	52
Sommergerste, mittelreif	ununterbr.	23	13	25	—	45
	12 Stunden	25	17	34	—	55
Sommergerste, spätreif	ununterbr.	25	17	54	—	69
	12 Stunden	25	17	59	—	—

Der Züchter, 3. Jahrg.

Temperatur von 12—23° C) und wie auch die anderen Entwicklungsstadien in entsprechend kürzerer Zeit erreicht werden. Auffällig ist allerdings, daß die Bestockung unter der künstlichen Beleuchtung verzögert wird und erst nach dem Sprossen auftritt. Das schnellere Gedeihen trifft nur zu für die Sommergetreide, gilt aber nicht für die Wintergetreide. Auf diese Unterschiede werden wir später noch zurückkommen.

Nur teilweisen Erfolg mit der Pflanzenkultur unter Dauerbeleuchtung hatte ADAMS (1925). Eine Reihe von Pflanzen, wie Weizen, Buchweizen, Hanf, Kartoffel, Soja- und Wachsbohnen wuchsen unter Dauerbeleuchtung zunächst schneller als unter Gewächshausbedingungen, aber von diesen kamen nur wenige Arten zur Blüte. Auch wenn das Tageslicht durch elektrisches Licht vermehrt war, zeigte sich in seinen Versuchen nur bei einem Teil der Arten eine Wachstumsförderung. Aber ADAMS arbeitete wohl mit zu geringen Lichtintensitäten (700 Watt), um normales oder gar besseres Wachstum erwarten zu können, was ja auch die erfolgreiche Kultur teilweise derselben Arten durch andere Autoren beweist.

Wir müssen aber noch darauf hinweisen, daß nach den bisherigen Erfahrungen die künstliche Dauerbeleuchtung sich für manche Arten *nicht bewährt* hat, sei es, daß bereits das vegetative Wachstum anormal vor sich ging, sei es, daß Blüten oder Samenansatz nicht erreicht wurden. Eine derartige Art, der Dauerbeleuchtung nicht zuträglich ist, ist nach den übereinstimmenden Ergebnissen mehrerer Autoren (PFEIFFER, ARTHUR und GUTHRIE) die *Tomate*. In den Versuchen von ARTHUR und GUTHRIE ging diese Art bei einer Dauerbeleuchtung überhaupt zugrunde. Ebenso berichtet PFEIFFER, der nicht nur das allgemeine Aussehen der Pflanzen, sondern auch die anatomische und chemische Ausbildung näher verglich, daß Tomaten bei einer Dauerbeleuchtung (oder gar einer Beleuchtungszeit von 19 Stunden) schlecht gediehen. Bei den dauerbeleuchteten Tomaten war infolge herabgesetzter Photosynthese auch der Gehalt an Kohlehydraten niedriger als bei kürzer belichteten Pflanzen.

Bei anderen Arten zeigte sich die bereits erwähnte Hemmungserscheinung in der Öffnung der Blüte (ADAMS bei *Mirabilis*, ARTHUR und GUTHRIE bei *Salvia*). Auf einige andere Wirkungen der Dauerbeleuchtung werden wir noch zu sprechen kommen.

Wenn die gebrachten Ausführungen auch den teilweisen Erfolg der Kultur von Pflanzen unter ununterbrochener künstlicher Beleuchtung ge-

zeigt haben, so besitzen die Ergebnisse vorläufig mehr einen theoretischen als praktischen Wert. Von großer Bedeutung ist, daß der genügende Beweis erbracht worden ist, daß *unter Umständen künstliches Licht an Stelle des Tageslichtes treten kann, und daß somit die Möglichkeit gegeben ist, den Tag künstlich zu verlängern*, wenn dies zum Vorteile der Entwicklung bestimmter Pflanzen sein kann. Eine derartige Zusatzbeleuchtung unter Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Tageslichtes ist allein von praktischer Bedeutung, weil mehr ökonomisch als die Dauerbeleuchtung. Wir werden daher jetzt die Frage zu beantworten haben, ob wir Wachstum oder Ertrag dadurch fördern können, daß wir die

des Tages verdunkelt wurden. Dabei zeigte sich, daß manche Pflanzen unter kurzen Tagen nicht mehr zur Blüte kamen, andere dagegen auf lange Tage unvorteilhaft reagierten. Es wurde daraus der Begriff Langtag- und Kurztagpflanzen geprägt. Eine Langtagpflanze, die normalerweise während der Sommertage gedeiht, läßt sich auf Grund dieser Ansicht also nicht etwa an viel lichtärmeren Wintertagen normal ziehen.

Inwieweit diese Ansicht von GARNER und ALLARD, die in manchen Punkten später von anderen Autoren bestätigt werden konnte, allgemeingültig ist, und inwieweit wirklich die Grenzen für Lichtzufuhr für eine Art fest fixiert sind, darauf kann hier nicht näher eingegangen



Abb. 3. *Lactuca sativa*. Einfluß der Beleuchtungszeit auf das Wachstum. Pflanzen waren dem künstlichen Licht ausgesetzt für 5, 7, 12, 17, 19 und 24 Stunden. (Aus ARTHUR u. GUTHRIE, 1927.)

Pflanzen unter höhere Lichtintensität bringen als uns das Tageslicht bietet. Das bedeutet, ob wir Pflanzen, die zur vollen Entwicklung eines vollen Sommerlichtes bedürfen von etwa 12 Stunden durchschnittlicher Helligkeit, im Winter im Gewächshause kultivieren können, indem wir das fehlende Licht durch künstliche Beleuchtung ersetzen.

Zusatzbeleuchtung.

Aus zahlreichen Versuchen, von denen wir nur die von GARNER und ALLARD (1920, 1923) erwähnen wollen, geht hervor, daß Pflanzen zur vollen Entwicklung einer Helligkeitsperiode von ganz bestimmter Länge bedürfen. Bei diesen Versuchen wurde so vorgegangen, daß Pflanzen an langen Sommertagen teilweise dadurch kürzeren Tagen bzw. schwächerem Lichtgenuß ausgesetzt waren, daß sie für bestimmte Stunden

werden. Jedenfalls sprechen manche mit der künstlichen Beleuchtung gemachten Erfahrungen für eine derartige Annahme. Vor allem müssen wir daran denken, daß dieselben Lichtintensitäten und -dauer nicht für alle Arten gleichen Einfluß zu haben brauchen, sondern daß wir das Optimum für jede Art zu bestimmen haben. Andererseits legt uns diese Ansicht, die in ähnlicher Weise ja bereits von WIESNER geäußert wurde, den Gedanken nahe, solche Langtagpflanzen bei ungünstigen Lichtverhältnissen durch Unterstützung mit künstlichem Lichte zu kultivieren.

Die in der Literatur mitgeteilten Versuche über Zusatzbeleuchtung geben uns bereits genügend Material an die Hand, zu entscheiden, ob sich ein Erfolg erzielen lassen wird und ob es für die Pflanzen eine optimale Lichtmenge gibt. An erster Stelle wollen wir derartige Versuche

besprechen, in denen dieselben Arten verschieden langen Lichtperioden ausgesetzt waren, so daß dadurch ein Vergleich über die Wirkung der Zusatzbeleuchtung möglich ist.

Zunächst seien die Ergebnisse von SHIRLEY (1929) gegeben, wo die Pflanzen zwar dieselbe Zeit, aber verschiedenen Lichtintensitäten ausgesetzt waren. Sämlinge wurden unter zwölfstündiger Beleuchtung unter verschiedener Lichtstärke gezogen. Ganz allgemein ließen diese Versuche den Schluß zu, daß das Trockengewicht der oberirdischen Teile direkt ansteigt mit zunehmender Lichtintensität bis zu einer Lichtstärke, die etwa 20% des vollen Sommersonnenlichtes betrug, in der bei den untersuchten Pflanzen ein Maximum an Höhe und Laubfläche erhalten wurde.

ADAMS (1924) studierte den Einfluß des Lichtes auf die Pflanzenentwicklung dadurch, daß er sie verschieden lange Perioden exponierte, nämlich für 3, 6, 12 und 18 Stunden bzw. in anderen Serien für 5, 10, 15 und 20 Stunden. Für die kürzeren Expositionszeiten wurde das Tageslicht benutzt unter Abdunkelung für die nötige Zeit, für die Belichtung von 18 oder 20 Stunden wurde elektrische Zusatzbeleuchtung von 300 bzw. 400 Watt verwandt. Trotz dieser noch recht schwachen Zusatzbeleuchtung berichtet ADAMS von einer fördernden Wirkung. Am deutlichsten machte sich ein Einfluß bemerkbar bei den Pflanzen, die nur für 9 bis 12 Stunden dem Tageslicht ausgesetzt wurden und die dann für weitere 9 Stunden künstlich belichtet waren. Bei ihnen war das Wachstum und die Blütezeit beschleunigt. Dagegen war die Wirkung gering oder bei einigen Arten sogar hemmend (Sojabohne, Hanf), wenn die Pflanzen während des Sommers bereits mehr als 12 Stunden Tageslicht und noch darauffolgende künstliche Beleuchtung erhielten. Das bestätigten auch spätere Versuche (ADAMS 1925), in denen Weizen, Buchweizen, Sojabohnen mit alleinigem Tageslichte als auch mit Zusatzbeleuchtung gezüchtet wurden. Es darf wohl angenommen werden, daß in diesen Fällen die Pflanzen durch die langen Tage bereits ihr Optimum an Licht erhalten hatten, so daß eine weitere, zumal recht schwache Zusatzbeleuchtung keinen merkbaren Einfluß mehr ausüben konnte.

Wertvolle Aufschlüsse über Wirkung als auch Optimum der Tageslänge geben uns die Untersuchungen von PFEIFFER (1926), der mit abgestuften, aber starken Lichtintensitäten arbeitete (vgl. Einrichtung des Boyce Thompson Institutes). Es wurde einmal nur künstliches Licht

in 5, 7, 12, 17, 19 und 24 Stunden gegeben, in einer anderen Serie natürliches Tageslicht mit einer Zusatzbeleuchtung von 6 Stunden (entweder von 18—24 Uhr, oder von 24—6 Uhr). Dabei zeigte sich, daß die Länge der Belichtung



Abb. 4. *Helianthus*. Einfluß der Beleuchtungsintensität auf das Wachstum. Die Pflanzen waren der künstlichen Beleuchtung für 48 Tage täglich 12 Stunden ausgesetzt, jedoch in verschiedener Intensität in angegebenem Verhältnis. (Aus SHIRLEY, 1929.)

bzw. die künstliche Zusatzbeleuchtung von wesentlichem Einflusse auf das Wachstum der Untersuchungspflanzen war, aber nur in bestimmten Grenzen. Dies lassen besonders gut die Studien an Buchweizen und Tomate erkennen, die auch von anderen Autoren mit in die Versuche gezogen wurden, so daß sich für diese

beiden Arten mehrere Ergebnisse zum Vergleiche ergeben.

Buchweizen zeigte sich als eine Art, die sich unter einer 24stündigen Beleuchtung entwickeln konnte und auch zur Blüte kam (MAXIMOV, HARVEY, HENDRICKS und HARVEY, ARTHUR und GUTHRIE). Andererseits zeichnete sich diese Art

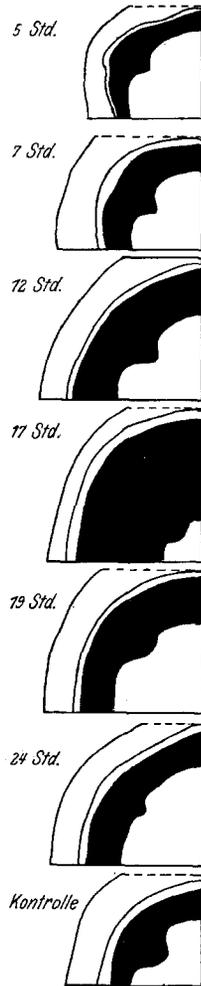


Abb. 5. Einfluß der Beleuchtungsdauer auf die Anatomie der Tomate. Querschnitt durch die Stammbasis. Stärkste Ausbildung des Xylems (schwarz) bei einer Beleuchtung von 17 Stunden, bestes Allgemeinwachstum jedoch bei 12stündiger Beleuchtung. (PFEIFFER, 1926.)

auch dadurch aus, daß sie unter so niedrigen Beleuchtungsintensitäten blüht (HENDRICKS und HARVEY), unter denen andere Pflanzen bereits nicht mehr gedeihen können, wie auch bei sehr kurzen Beleuchtungszeiten (5 Stunden), wie ARTHUR und GUTHRIE fanden. In den Versuchen von MAXIMOV blühte der Buchweizen unter Dauerbeleuchtung nach 36 Tagen, bei zwölf-

stündiger Beleuchtung schon nach 30 Tagen. Daß es für diese Art aber trotz der anscheinenden Unempfindlichkeit gegen die Lichtmenge ein ganz bestimmtes Optimum gibt, lassen die Ergebnisse von PFEIFFER deutlich erkennen. Die größten Pflanzen als auch der größte Stammdurchmesser wurde bei einer Beleuchtungszeit von 17 Stunden gefunden. In dieser Serie war auch das Xylem am stärksten ausgebildet. Pflanzen mit kürzerer als auch längerer Belichtungszeit waren schwächer entwickelt. Bei einer Beleuchtungszeit von 17 Stunden und mehr war auch der Gehalt an Kohlehydraten höher als bei den kürzeren Belichtungen.

Ein weiteres interessantes Beispiel ist die verschiedentlich untersuchte Tomate. Wir erwähnten bereits die Mißerfolge bei der Kultur dieser Art unter Dauerbeleuchtung. Dagegen brachten ARTHUR und GUTHRIE sie zur Blüte und zum Fruchtausatz bei einer Beleuchtungszeit von 12, 17 und 19 Stunden. Einen Erfolg hatte auch DEATS, die die Tomate sowohl unter Tageslicht als auch einer Zusatzbeleuchtung (Licht von 5,20 bis 23 Uhr) kultivierte und bedeutend besseres und schnelleres Wachstum in letzterem Falle fand. Sie rechnete daher die Tomate zu den Langtagpflanzen, die zu optimalem Wachstum eine Beleuchtungszeit von 12 Stunden oder mehr bedarf. In Versuchen von ADAMS (1924) waren die Tomaten bei einer zwölfstündigen Beleuchtung etwas höher als die mit 18stündiger Exposition, dagegen betrug das Frischgewicht der letzten Gruppe etwa 50% mehr als das der ersten. Die beste Blüte erzielte ADAMS bei einer Beleuchtungszeit von 12 Stunden. Die abgestuften Belichtungszeiten von PFEIFFER zeigen auch in diesem Falle, daß künstliche Beleuchtung eben nur bis zu einer gewissen Grenze wachstumsfördernd wirken kann. Die beste Entwicklung brachte ein zwölfstündige Beleuchtung, sie zeigte größte Höhe, stärksten Stammdurchmesser, höheren Protein- und Kohlehydratgehalt der Pflanzen. Die Pflanzen mit 17stündiger Beleuchtung waren nicht nur kleiner, sondern zeigten auch sonst ungesunde Erscheinungen (Abb. 5).

Wir kommen aus diesen Erfahrungen zu dem Schluß, daß künstliche Zusatzbeleuchtung für manche Pflanzenarten sicher einen fördernden Einfluß ausübt, daß jedoch ein Optimum, das für verschiedene Arten verschieden liegt, vorhanden ist, oberhalb dessen eine weitere Lichtzufuhr keinen Nutzen mehr bringt, sondern im Gegenteil sogar schädlich wirken kann.

Einfluß künstlicher Beleuchtung auf die Wurzeln.

Durch den Einfluß, den die künstliche Beleuchtung auf die oberirdischen Organe ausübt, wird auch das Wurzelsystem betroffen. Es ist bereits bekannt, daß durch verschieden lange Belichtung von Pflanzen durch normales Tageslicht ein erheblicher Einfluß auf die Wurzelbildung geltend gemacht wird, und daß mit langer Belichtung eine kräftigere Entwicklung zusammengeht (JOHANNSSON 1929). GARNER und ALLARD berichten, daß die Knollenbildung der Kartoffel bei der Extragabe von künstlichem Licht fortfällt, was allerdings in Gegensatz zu einer Beobachtung von HARVEY steht, der Knollen bis zu 180 g erhielt. Daß aber auch hier wieder eine enge Korrelation zwischen der Menge des zugeführten Lichtes und der Wurzelbildung besteht, zeigen wiederum einwandfrei die Versuche von PFEIFFER bei *Mirabilis*. Da *Mirabilis* fleischige Wurzeln hat, wurde als Maß ihr Volumen genommen. Die Abb. 6 zeigt, daß die oberirdischen Organe am besten bei einer Beleuchtungszeit von 17 Stunden entwickelt sind, die Wurzeln dagegen bei einer ununterbrochenen Beleuchtung am stärksten waren. Die Wurzeln der längeren Beleuchtungszeiten fielen außerdem noch dadurch auf, daß sie weit

mehr verzweigt und fadenförmig waren als die der kürzeren Beleuchtungszeiten.

Der Einfluß der Länge der Beleuchtung bzw.

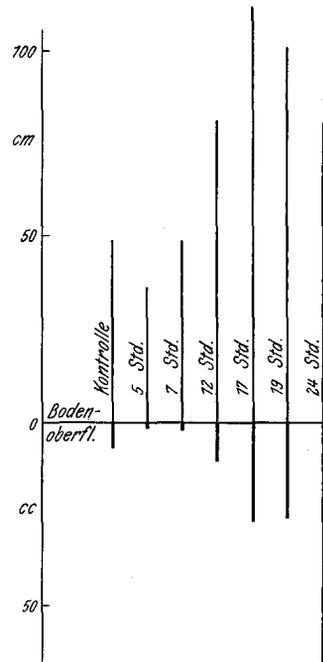


Abb. 6. *Mirabilis*. Einfluß der Beleuchtungsdauer auf das Verhältnis der Entwicklung oberirdischer Organe zu Wurzelwachstum. Größte Höhe der oberirdischen Teile bei 17 Stunden, stärkste Wurzelbildung bei Dauerbeleuchtung. (Aus PFEIFFER, 1926.)



Abb. 7. Einfluß der Zusatzbeleuchtung auf Wurzelentwicklung und Blütezeit von Dahlia-Sämlingen. A. Kultiviert vom 3. November bis 7. Februar; links normales Tageslicht, rechts mit Zusatzbeleuchtung. B. Sämlinge kultiviert vom 3. November bis 4. Januar. Die zwei kleinen Pflanzen links erhielten nur Tageslicht und bildeten Reserveknollen. Zwei große Pflanzen rechts erhielten Zusatzbeleuchtung und bildeten Fadenwurzeln. (Aus ZIMMERMANN u. HITCHCOCK, 1929.)

der Tageslänge ist auch in der Praxis schon lange bekannt für *Dahlia*. Werden von dieser Art Stecklinge zu spät im Jahre angelegt, so bilden sie nicht mehr genügend Fadenwurzeln, sondern gehen gleich zur Bildung von knollenförmigen Reservebehältern über. Das vegetative Wachstum wird daher bald sistiert, und die Pflanzen beginnen zu blühen, bevor sie einen genügend starken Stamm gebildet haben. Diese Erscheinung, die mit dem schwachen Lichtgenuß

Februar noch nicht zur Blüte gelangt. Ganz allgemein zeigte sich bei mehreren Varietäten von *Dahlia*, daß ein kurzer Tag zur Knollenbildung mit schwacher oberirdischer Entwicklung führte, während ein langer Tag (Zusatzbeleuchtung) die Bildung von Fadenwurzeln und damit vegetativen Wachstum der oberirdischen Teile förderte. Ähnliche Erfahrungen wie mit den Stecklingen wurden auch mit Sämlingen dieser Art gemacht. Die Abb. 7 u. 8 zeigen diese besprochenen Verhältnisse.



Abb. 8. Einfluß der Tageslänge auf Dahlia-Stecklinge. Pflanzenpaare von links nach rechts: Mit Zusatzbeleuchtung, normales Tageslicht, 9 Stunden, 7 Stunden Licht. Darunter Pflanzen mit denselben Belichtungen. Nur die kurzbelichteten bildeten Reserveknollen. (Aus ZIMMERMANN u. HITCHCOCK, 1929.)

während der kurzen Herbsttage zusammenhängt, konnten ZIMMERMANN und HITCHCOCK (1929) durch künstliche Zusatzbeleuchtung aufheben. Neben Kontrollpflanzen, die der normalen Tageslänge des Herbstes ausgesetzt waren, wurden andere Serien von Sonnenuntergang bis Mitternacht durch 1500 Watt Zusatzlicht beleuchtet, das sich von vollem Erfolge zeigte. Während die Kontrollstecklinge vom 26. August bereits im November und Dezember blühten in einer Höhe von 30—100 cm, wuchsen die extrabelichteten nur vegetativ, bildeten ein starkes Fadenwurzelsystem und waren im

Ausbildung auf die anatomische Ausbildung.

Einige Worte seien noch der anatomischen Differenzierung der künstlich beleuchteten Pflanzen gewidmet. Vor allem interessieren hier in erster Linie die Pflanzen, die bei ausschließlich künstlichem und andauerndem Lichte gezogen sind. Nachdem BONNIER im Jahre 1895 einen hemmenden Einfluß der Dauerbeleuchtung an die anatomische Ausbildung des Pflanzengewebes festgestellt hatte, wurden lange keine weiteren Beiträge zu dieser Frage geliefert, so daß seine Ansicht als geltend angenommen wurde. Die neueren Untersuchungen haben aber bereits zur Genüge bewiesen, daß die Resultate BONNIERS nicht zu Recht bestehen, sondern daß sie nur durch zu geringe Lichtintensitäten hervorgerufen sein können. MAXIMOV stellte im Gegenteil fest, daß ununterbrochene Beleuchtung die Differenzierung der Gewebe fördert. Dasselbe zeigen auch die genauen Untersuchungen von PFEIFFER. Selbstverständlich hat eine künstliche Dauerbeleuchtung auf eine Reihe von Eigenschaften seine Wirkung. So wurde übereinstimmend eine größere Dünne der künstlich belichteten Blätter gegenüber der von normalen festgestellt. Nach den Beobachtungen von MAXIMOV als auch PFEIFFER beruht das wohl zum größten Teil auf einer Reduzierung des Parenchymgewebes. Während z. B. der Buchweizen normalerweise zwei bis drei Schichten von Parenchym besitzt, zeigten dauerbelichtete Pflanzen in MAXIMOV'S Versuchen nur eine einzige. Bei einer zwölfstündigen Beleuchtung war diese Lage noch kürzer und lockerer gelagert. Zu demselben Ergebnis führten die Untersuchungen PFEIFFER'S, der bei einer Reihe von Arten eine Reduktion der Blattdicke in Dauerbeleuchtung beobachtete. Während Arten mit mehr als einer Parenchymzellige diese gewöhnlich auf eine einzige reduzierten, war in manchen Arten die Verkürzung der Parenchymzellen so

stark, daß sie sich in ihrer Größe kaum noch von dem Schwammgewebe unterscheiden (*Coleus*). Im ganzen näherte sich die Struktur der künstlich beleuchteten Pflanzen also der von Schattenblättern, was wegen der viel geringeren Intensität der elektrischen Lichtquellen verglichen mit dem direkten Sonnenlichte verständlich ist. Die Zahl der Stomata scheint nach den zur Verallgemeinerung noch nicht ausreichenden Zählungen von PFEIFFER bei kontinuierlicher Beleuchtung reduziert zu werden. Je dünner die Blätter waren, d. h. je schwächer die Lichtintensität war, desto größer war im allgemeinen die Zahl der Stomata.

Anwendungsmöglichkeit künstlicher Beleuchtung.

Aus den oben mitgeteilten Erfahrungen geht zur Genüge hervor, daß künstliche Beleuchtung



Abb. 9. Wintergerste (links) und Sommergerste (rechts) als Keimlinge vom 8. Dezember ab unter 12 bis 15 Stunden Gesamtbeleuchtung, am 28. Januar photographiert. Die Wintergerste ist nicht geschossen, sie hat keine Stengel, sondern nur verlängerte Blattscheiden.
(Aus BOS, 1929.)

in der Praxis bereits in verschiedensten Fällen mit Erfolg angewandt werden kann. Die allgemeinste Ausnutzung, eine Zusatzbeleuchtung zur schnelleren Reife bestimmter Arten im Sommer, oder zur Ermöglichung einer Kultur im Winter, haben wir bereits hinreichend betont. Auf diese Weise kann die Methode der künstlichen Beleuchtung von großem Werte für *Selektionsarbeit* sein. Nicht nur, daß mehrere Generationen im Jahre gezogen werden können, sondern auch dadurch, daß wir uns unabhängig machen können von der normalen Blütezeit der zu untersu-

chenden Arten. Durch Aussaaten zur rechten Zeit ist es somit möglich, Arten, deren Blütezeiten normalerweise weit auseinander liegen, gleichzeitig zur Blüte zu bringen und für Bestäubungsexperimente zu benutzen.

Große Bedeutung mag die Anwendung künstlicher Beleuchtung auch gewinnen bei der Bestimmung von Sortenechtheit von Samen. Aus

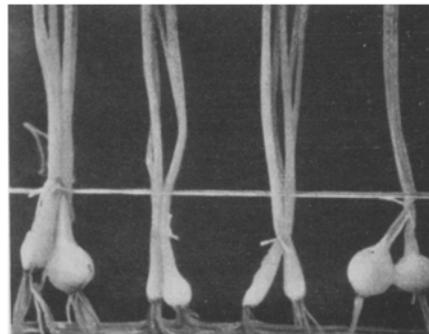
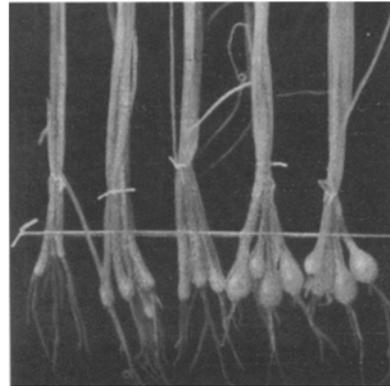


Abb. 10. Zwiebeln, kultiviert unter künstlicher Zusatzbeleuchtung. Die Sortencharaktere kommen deutlich zum Ausdruck.
(Aus BOS, 1929.)

der Tabelle 2 von MAXIMOV geht hervor, wie die Sommergetreide in einigen Wochen zur Reife kamen, während die Wintergetreide überhaupt nicht zum Schossen kamen. MAXIMOV vermutete hierin einen fundamentalen Unterschied dieser beiden Sorten und schlug vor, ihn als Hilfsmittel zur Sortenechtheitsbestimmung auszunutzen. Die Möglichkeit einer solchen Methode konnte er bereits selber zeigen. Bei der Bedeutung, die eine schnelle Sortenechtheitsbestimmung hat, und bei der Schnelligkeit, eine solche heute in kurzer Zeit vorzunehmen, muß einer solchen Methode großer Wert zugesprochen werden, falls

sie sich als praktisch durchführbar zeigt. Daß das der Fall zu sein scheint, zeigen Untersuchungen von BOS (1929), der diese Frage an verschiedenem Materiale für mehrere Jahre untersuchte. Vor allem bestätigten die Beobachtungen von BOS, daß die Ergebnisse von MAXIMOV an Getreidesorten zu Recht bestehen und mit vollem Erfolge ausgenutzt werden können. BOS benutzte in seinen Experimenten nicht wie MAXIMOV Dauerbeleuchtung, sondern die viel billigere Zusatzbeleuchtung (800 Watt in 40 cm Höhe für $\frac{1}{2}$ qm Bodenfläche) für eine Tageslänge von etwa 17 Stunden. Auch bei dieser Tageslänge zeigte sich, daß Sommer- und Wintergetreide durch ihren Vegetationsrhythmus unterschieden werden können. Diese Beleuchtung war ausreichend, auch während der Wintermonate die Sommersorten zum Schossen zu bringen, während die Wintersorten nicht zum Schossen kamen (Abb. 9). Die Entscheidung, ob es sich um Winter- oder Sommersorten handelt, konnte bei Roggen und Gerste in 4—5 Wochen, beim Weizen in etwas längerer Zeit entschieden werden. Ebenso konnte BOS Sortenechtheit in bedeutend abgekürzter Zeit bei einigen Kulturpflanzen prüfen, so bei Silberzwiebel, Erbsen, Spinat, Flachs, Karotten, während bei anderen Arten, besonders Cruciferen, bisher kein sicherer Erfolg erzielt werden konnte. In manchen Fällen wurden die Charaktere, vor allem der Blätter durch die künstliche Beleuchtung stark abgeändert, aber durch genaue Beobachtungen ließen sich in vielen Fällen die Sorteneigenschaften doch erkennen. So zeigt z. B. die Abb. 10, wie die für Zwiebelsorten charakteristische Formen deutlich zum Ausdruck kommen. Weitere Abänderung der Versuchsbedingungen und — im Gedanken an das so verschiedene Lichtoptimum der einzelnen Arten — Änderung in der benutzten Lichtintensität und -dauer werden sicher noch zu weiteren Erfolgen auf diesem Gebiete führen.

Literatur.

- ADAMS, J.: Relation of flax to varying amounts of light. *Bot. Gaz.* **70**, 153—156 (1920).
 ADAMS, J.: The effect of certain plants of altering the daily period of light. *Ann. Bot.* **37**, 75—94 (1923).
 ADAMS, J.: Duration of light and growth. *Ann. Bot.* **38**, 509—524 (1924).
 ADAMS, J.: Some further experiments on the relation of light to growth. *Amer. J. Bot.* **12**, 398—412 (1925).
 ARTHUR, J.: Work to date at Boyce Thompson Institute for plant research on effect of light on

plant growth. *Trans. Illum. Engin. Soc.* **19**, 995—997 (1924).

ARTHUR, J.: Artificial climate and plant growth. *Techn. Engin. News* (1928) April.

ARTHUR, J. M., u. J. D. GUTHRIE: Effect of light, carbon dioxide and temperature on flower and fruit production. *Mem. Hort. Soc. New York* **3**, 73—74 (1927).

BAILEY, L. H.: Some preliminary studies of the influence of the electric arc lamp upon greenhouse plants. *Cornell Agr. Exp. Sta. Bull.* **30**, 83—122 (1891); **42**, 131—146 (1892); **55**, 145—157 (1893).

BONNIER, G.: Influence de la lumière électrique continuée sur la forme et la structure des plantes. *Rev. gén. Bot.* **7**, 241, 289, 332, 407 (1895).

BOS, H.: Die Anwendung künstlicher Beleuchtung bei der Sortenechtheit der Samen im Winter. *Angew. Bot.* **11**, 25—53 (1929).

CORBETT, L. C.: A study of the effect of incandescent light on plant growth. *W. Va. Agr. Exp. Sta. Bull.* **62**, 79—110 (1899).

CROCKER, W.: Discussion of the work at Boyce Thompson Institute and its application. *Trans. Illum. Engin. Soc.* **19**, 998—999 (1924).

CROCKER, W.: Contributions from Boyce Thompson Institute for Plant Research. **1**, 1—58 (1925).

CURTEL, G.: Recherches physiologiques sur la transpiration et l'assimilation pendant les nuits norvégiennes. *Rev. gén. Bot.* **2** (1890).

DEATS, M. E.: The effect on plants of the increase and decrease of the period of illumination over that of the normal day period. *Amer. J. Bot.* **12**, 384—392 (1925).

GARNER, W. W., u. H. A. ALLARD: Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. *J. Agr. Res.* **18**, 553—606 (1920).

GARNER, W. W. u. H. A. ALLARD: Further studies in photoperiodism, the response of the plant to relative length of day and night. *J. Agr. Res.* **23**, 871—920 (1923).

HARVEY, R. B.: Growth of plants in artificial light. *Bot. Gaz.* **74**, 447—451 (1922).

HAYDEN, J. L. R. u. C. P. STEINMETZ: Effect of artificial light on growth and ripening of plants. *Gen. Elec. Rev.* **21**, 232 (1918).

HENDRICKS, E. u. R. B. HARVEY: Growth of plants in artificial light. II. *Bot. Gaz.* **77**, 330—334 (1924).

HIORTH, G.: Die Anwendung elektrischer Beleuchtung für Vererbungsversuche mit Pflanzen. *Züchter* **1**, 204—209 (1929).

JOHANSSON, N.: Einige Versuche über die Einwirkung verschiedener Belichtung auf die vegetative Entwicklung von *Raphanus sativus* L. *Flora* **121**, 222—235 (1927).

KJELLMAN, F. K.: Aus dem Leben der Polarpflanzen. Leipzig 1885.

KLEBS, G.: Über die Blütenbildung von *Sempervivum*. *Flora* **111/112**, 128—151.

MANGON, H.: Production de la matière verte des feuilles sous l'influence de la lumière électrique. *C. r. Acad. Sci. Paris* **53**, 243—244 (1861).

MASSART, J.: L'action de la lumière continuée sur la structure des feuilles. Acad. Roy. Belg. Bull. Sci. 5, 6, 37—43 (1920).

MAXIMOV, N. A.: Pflanzenkultur bei elektrischem Licht und ihre Anwendung bei Samenprüfung und Pflanzenzüchtung. Biol. Zbl. 45, 627—639 (1925).

NIGHTINGALE, G. T.: Light in relation to the growth and chemical composition of some horticultural plants. Proc. Amer. Soc. Hort. 1922, 18—29 (1923).

PFEIFFER, N. E.: Microchemical and morphological studies of effect of light on plants. Bot. Gaz. 81, 173—195 (1926).

PRILLEUX, E.: De l'influence de la lumière artificielle sur la réduction de l'acide carbonique par les plantes. C. r. Acad. Sci. Paris 69, 408—412 (1869).

SHIRLEY, H. L.: The influence of light intensity and light quality upon the growth of plants. Amer. J. Bot. 16, 354—390 (1929).

SIEMENS, C. W.: On the influence of electric light upon vegetation and on certain physical principles involved. Proc. roy. Soc. Lond. 30, 210—219, 293—295 (1880).

TIEDJENS, V. A.: Stimulation of plant growth by means of electrical lighting. Amer. Conv. Ill. Eng. Soc. Oct. 1924.

WANSEER, H.: Photoperiodism in wheat. Science 56, 313—315 (1922).

WIESNER, J.: Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1907.

ZIMMERMANN, P. W., u. A. E. HITCHCOCK: Root formation and flowering of dahlia cuttings when subjected to different day lengths. Bot. Gaz. 87, 1—13 (1929).

Institut für Pflanzenzüchtung der Universität La Plata.



Am 24. Oktober 1931 wurde in Anwesenheit des Argentinischen Unterrichtsministers Dr. E. PADILLA und zahlreicher Vertreter von Behörden und wissenschaftlichen Instituten das neue Argentinische Zentralinstitut für Pflanzenzüchtung, Instituto Fitotecnico Santa Catalina feierlich eröffnet. Das Institut verfügt über stattliche Laboratoriumsgebäude, große Zuchtgartenflächen, Versuchsgärtnerien, Gewächshausanlagen, von denen besonders eine speziell für Versuche über Heranzüchtung von rostimmunem Weizen bestimmtes, künstlich kühlbares Gewächshaus großes Interesse erregte. Insgesamt besitzt das Institut ein Gelände von über 1000 ha. Direk-

tor des Institutes ist Prof. Dr. RUDORF. Das Institut gehört zur Fakultad de Agronomia der Universität La Plata und arbeitet zusammen mit den im ganzen Lande verteilten zahlreichen Versuchsstationen der Abteilung für Pflanzenzüchtung des Argentinischen Landwirtschaftsministeriums und mit dem Institut für theoretische Genetik der Universität Buenos Aires. Argentinien besitzt damit eine mustergültige Einrichtung für praktische Arbeiten auf diesem Gebiete, nachdem bereits Uruguay mit dem Ausbau der großen Saatzuchtstation in La Estanzuela (Direktor Prof. Dr. BOERGER) vorgegangen war.

E. B.