

# Versuche über die Wirkung der Hormonisierung bei Kartoffeln.

Von R. D o s t á l, Brünn.

Aus dem Botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule in Brünn.

## Über Phytohormone der Auxingruppe.

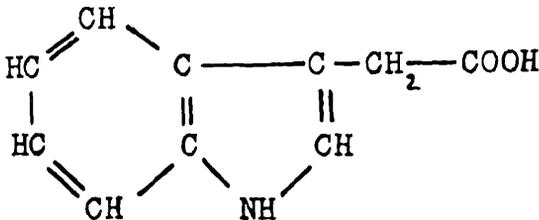
Die landwirtschaftliche Produktion hat in den Pflanzenhormonen neue Mittel zur Erzielung des Höchstwertes gefunden. Trotz Mangels an Blutsystem und Drüsenorganen, wie im tierischen Körper, werden diese Regulationsstoffe in neuerer Zeit auch für den Pflanzenorganismus angenommen, nur definiert man sie allerdings anders, nämlich als oligodynamisch, das heißt in kleinsten Mengen wirkende Stoffe organischer Natur, deren sich die Pflanze selbst für ihre Lebensäußerungen bedient. Große Geister der verflossenen Jahrhunderte haben diese Wirkstoffe vermutet, wie der Vater der Pflanzenphysiologie Julius Sachs (1880), aber aus damaligem Mangel an experimentellen Mitteln nicht bewiesen. Dieser Vortrag betrifft hauptsächlich die Phytohormone der Auxingruppe, die zuerst in der Spitze der Haferkoleoptile von Went (1926) nachgewiesen wurden. Dieses zarte, noch erst scheidenförmige Blattgebilde des Haferkeimlings stellt das Wachstum ein, wenn etwa zwei bis drei mm von der Spitze abgeschnitten werden. Aus den Versuchen geht hervor, daß in dieser Spitze Wuchsstoff (Auxin) gebildet wird, der sich in die mittleren und unteren Teile der Koleoptile verbreitet und ihr Längenwachstum hervorruft. Werden die abgeschnittenen Koleoptilspitzen auf eine Agarplatte auf etwa zwei Stunden aufgesetzt und dann die Agarstücke auf die entspitzen Koleoptilen einseitig mit Gelatine angeklebt, so krümmen sich die Stümpfe durch stärkeres Streckungswachstum dieser Seite, von dem, den Wuchsstoff enthaltenden Agarstücke weg. Diese Krümmung ist bisher das sicherste Maß der Wuchsstoffmenge, deren Einheit einen Winkel von  $10^{\circ}$  vorstellt. Andere Wuchsstoff-Teste sind weniger empfindlich oder anschaulich, wie z. B. die Einkrümmung der längsgespaltenen Erbsenstengel oder der Geradezuwachs der Koleoptilsegmente in den geprüften Wuchsstofflösungen.

Für die chemische Untersuchung reicht die in den Hafer- oder in den etwas stärkeren Maiskoleoptilen produzierte Auxinmenge nicht aus, 10 Leute könnten aus diesem Material täglich



Kohlrabi durch eine 10.000fache Anreicherung gewinnen könnte, während beim Harn eine 21.000fache Anreicherung nötig ist und bei den Maiskoleoptilen sogar eine 800.000fache (nach L i n s e r).

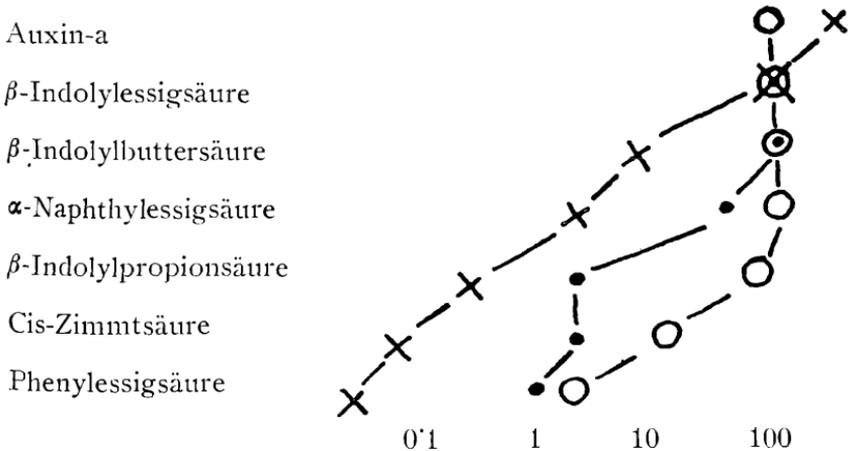
Für die Praxis ist eine andere Entdeckung Kögl's von großer Wichtigkeit. Im Harn eines Patienten stellte er durch Hafertest eine auffallend große Menge von Wuchsstoff fest, aber von einer ganz abweichenden Beschaffenheit, also ein Heteroauxin. Die Analyse verriet jedoch eine bereits lange im Harn und den Zersetzungsprodukten bekannte  $\beta$ -Indolylessigsäure, die durch biologische Spaltung der Eiweißstoffe durch Bakterien und Pilze entsteht und aus diesem Grunde im Menschenspeichel, im Mist und im Boden vorkommt.



Heteroauxin ( $\beta$ -Indolylessigsäure).

Die physiologische Wirkung des Heteroauxins ist derjenigen des Auxins im ganzen ähnlich, nur etwa halb so stark. Theoretisch hätte 1 g Auxin eine Aktivität von 50 Milliarden Hafereinheiten, während 1 g Heteroauxin nur eine solche von 25 Milliarden hat. Es ist also auch dieser synthetisch erzeugte und den Praktikern käuflich zugängliche Stoff noch so stark wirksam, daß man mit ihm bei der Hormonisierung der Pflanzen vorsichtig umgehen muß. Begreiflicherweise gab dieser Stoff Veranlassung zum Suchen nach anderen ähnlich wirksamen Chemikalien, die jedoch gewisse Struktureigenschaften aufweisen müssen. Unbedingt nötig ist eine Doppelbindung und eine Seitenkette mit der Karboxylgruppe, die etwa 2 C von dem Ring entfernt ist. Dem Heteroauxin sehr nahe stehende  $\beta$ -Indenessäure, die im Pyrrolring statt Stickstoff Kohlenstoff besitzt, ist nicht mehr fähig, sich in der Pflanze zu verbreiten und deswegen ist die Krümmung der Haferkoleoptile nur auf der Behandlungsstelle sichtbar (Th i m a n n). Die Benzofuranessäure mit Sauerstoff, anstatt Stickstoff des Heteroauxins, ruft keine Koleoptilkrümmung mehr hervor. Stoffe mit abgesättigtem Ring, hier die Dihydroindolessigsäure, sind ebenso unwirksam, wie die Indolkarboxylsäure, die die Karboxylgruppe direkt mit dem Indolkern verbunden besitzt. Die Natur des Ringes ist im Gegensatz zu den erwähnten Strukturforderungen weniger

wichtig, sodaß auch viele Anthrazen-, Naphthalen- und sogar Phenolverbindungen, im ganzen über 100 Stoffe, mehr oder weniger das natürliche Auxin auch zu ersetzen vermögen. Die gebräuchlichsten sind aus dieser Zusammenstellung W e n t s zu ersehen, wo sie mit Heteroauxin, gleich 100, verglichen werden. Die billigste Phenyllessigsäure erreicht kaum ein Zehntel der Heteroauxin-Wirksamkeit und für die künstliche Bewurzelung ist sie bedeutungslos. Dagegen bewirkt die im Vergleich zu Heteroauxin verhältnismäßig billigere  $\alpha$ -Naphthyllessigsäure, trotzdem sie nur schwächere Haferkoleoptilkrümmungen hervorruft, eine sehr starke Wurzelbildung und Stimulation des Saatgutes.



Anm. Wirksamkeit  $\times$  im Hafertest,  $\bullet$  in der Streckung der Haferkoleptilsegmente,  $\circ$  im Erbsentest (nach W e n t).

Der Mechanismus der Wuchsstoffwirkung in der Pflanze ist noch nicht geklärt. Einige halten sie einfach für Reizmittel, andere aber unterstützen durch ihre Untersuchungen über das Zellhautwachstum die Ansicht, daß die Wuchsstoffe stöchiometrisch in die Wachstumsreaktion eingehen. Als primäre Wirkung der Auxine wird nämlich das Zellhautwachstum gedeutet, dessen Folge die Streckungsphase der Pflanzenorgane ist. Darin sind sich alle einig, daß ohne Auxine oder ihre Ersatzstoffe kein Streckungswachstum möglich ist. Junge, durch Teilung und Protoplasmavermehrung entstandene Zellen nehmen die Wuchsstoffe in ihre jungen, wahrscheinlich noch lebenden Membranen normal gierig auf. Diese werden dadurch auffallend infolge der Verquellung der Intermizellarsubstanz plastisch, die die Haftpunkte zwischen den festen Zellstoffmizellen zerreißt. In die freien Räume werden auf dem Wege der Intussuszeption neue Zelluloseteilchen eingelagert und da gleichzeitig der Tur-

gordruck der Zellen nach Aufnahme von Wasser in die sich vergrößernden Vakuolen steigt, streckt sich die Zelle sehr beträchtlich. Stärkere Wuchsstoffkonzentrationen führen zum Dickenwachstum der Zellen und der ganzen Organe, wie auf dem Querschnitt durch die Zuckerrübenwurzel zu beobachten ist, wenn die Blätter auf einer Seite mit Heteroauxinpaste, auf der anderen mit Wasserpaste bestrichen wurden (P o d e š v a). Diese Pasten werden aus wasserfreiem Wollfett mit Zusatz von Heteroauxinlösung oder, wenn es sich um die Kontrollen handelt, mit bloßem Wasserzusatz hergestellt. Ebenso asymmetrisch entwickelte sich die Kohlrabiknolle nach Behandlung der Blätter auf der einen Seite mit Wuchsstoff, auf der anderen mit Wasserpaste. Noch stärkere Wuchsstoffkonzentrationen rufen besonders an den Schnittflächen Geschwulstbildungen hervor, da sie die Zellagen im Bereiche der Gefäßbündel zu wiederholter Teilung und starker Vergrößerung anregen. An diesen Wucherungen erscheinen bald zahlreiche Wurzelanlagen als Zeichen einer Überfüllung der Gewebe mit Wuchsstoff. Außer der Konzentration der Wuchsstoffe entscheidet über die Art der Wachstumsreaktion der innere Zustand der Zellen, die der Wuchsstoffwirkung ausgesetzt werden. Daraus ist zu schließen, daß die Wuchsstoffe primär auf das Protoplasma einwirken und daß die Art der Reaktion, die sehr mannigfach ausfallen kann, durch die lebende Substanz bestimmt wird. Die Wuchshormone sollen wir demnach nur als Vermittler der Wachstumsregulationen ansehen, aber auch von diesem Standpunkt aus hat sich nach ihrer Festlegung vieles, was früher in der Pflanzenphysiologie unverständlich war, erklären lassen, vor allem die Wachstumskorrelationen und Bewegungen der Pflanzen.

Die Phytohormone werden vorwiegend in den Blättern gebildet, sie verbreiten sich in der Pflanze in einer bisher unbekannt Form in die sich streckenden Organe, in die Organspitzen; vor allem in den Knospen werden sie dann aktiviert und rufen in den Streckungszonen das sichtbare Wachstum hervor. Auf die definitiv ausgewachsenen Zellen üben sie keine Wirkung mehr aus. Man darf nicht annehmen, daß die knollenartigen Verdickungen, die bestimmte Organe einiger Pflanzen zeigen, die Folge der Auxinwirkung allein sind. Zur Knollenbildung sind besondere Hormone (Organogene nach B. N ě m e c, der das erste davon bereits im Jahre 1929 in bakteriellen Wuchsstoffen entdeckt hat) nötig, die jedoch bisher noch nicht chemisch identifiziert wurden, wie die ebenfalls sehr wahrscheinlichen Hormone der Blütenbildung, Florigen (Čajlachjan). Werden z. B. Radieschensamen in stärkeren Wuchsstofflösungen eingeweicht, sodaß die Achse der jungen Keimlinge dann knollenartig anschwillt, so ist dies noch nicht als eine vorzeitige künstliche Knollenbildung zu deuten (J a k e š), da Ähnliches

auch bei nicht knollenbildenden Pflanzenarten nach Überhormonisierung des Saatgutes zu beobachten ist. Echte Knollenbildung zeigt sich erst später, wenn die Blätter das knollenbildende Hormon ausbilden. Eine auf eine Kohlrabiknolle angelegte schwache Radieschenwurzel verdickte sich nur auf der Seite der Unterlage, wo die Kohlrabiblätter belassen wurden und fiel auf der anderen Seite ab, wo man die Blätter wiederholt entfernte. Die Knollenbildung hängt von dem Zustand der Blätter ab, jedoch in einer anderen Weise als die Auxinproduktion, die in den jungen Blättern viel bedeutender ist als in den ausgewachsenen. Dies zeigten ungleich alte Radieschenpflanzen, auf deren Hypokotyle dünne Radieschenwurzeln transplantiert wurden und der Blattapparat aller drei Unterlagen auf die gleiche Assimilationsfläche reduziert wurde. Die jüngsten Blätter bilden im Gegensatz zu den älteren kein Knollenhormon und deswegen blieb die angelegte Wurzel schwach (P o d e š v a). Ähnlich wird die Existenz des Blühormons durch Transplantation der blühreifen Pflanzen auf die nicht blühreifen z. B. bei den Sojabohnen oder Chrysanthemen nachgewiesen.

Dies muß man berücksichtigen, wenn man die Entwicklung der Knollengewächse durch künstliche Hormonisierung zu stärkerer Produktion bewegen will. Hier ist eigentlich nur ein Weg praktisch gangbar, nämlich die Stimulation des Saatgutes, da sich die Hormonisierung der bereits heranwachsenden Pflanzen nur bei kostbaren Ziergewächsen lohnen würde.

Bekanntlich ist die bisherige praktische Ausnützung der künstlichen Wuchsstoffe bei uns nur auf die Stecklingsbewurzelung in der Gartenbaupraxis beschränkt, da dadurch die Wurzelbildung verstärkt und beschleunigt wird und auch bei den Pflanzenarten gut gelingt, die sonst schwer zu bewurzeln sind. Doch zeigt die folgende Übersicht, daß sich auch der Ernteertrag der landw. Pflanzen erheblich steigern läßt, wenn man die Samen oder Früchte in geeigneten Lösungen von synthetischen Wuchsstoffen 24 Stunden lang einquellen läßt und dann in gewöhnlicher Weise aussetzt.

<sup>1</sup> Radieschen 210 mg, 98<sup>0</sup>/<sub>100</sub> (nach A m l o n g und N a u n d o r f), Kohlrabi 200 mg, 90<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, Wirsing 200 mg, 68<sup>6</sup>/<sub>100</sub>, Weißkohl 200 mg, 78<sup>7</sup>/<sub>100</sub>, Möhre 100 mg, 47<sup>6</sup>/<sub>100</sub>, Petersilie 100 mg, 67<sup>8</sup>/<sub>100</sub>, Sellerie 100 mg, 63<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, Kopfsalat 12<sup>5</sup> mg, 9<sup>6</sup>/<sub>100</sub>, Zichorie 50 mg, 50<sup>9</sup>/<sub>100</sub>, Mohn 50 mg, 100<sup>6</sup>/<sub>100</sub>, Lein (ohne Schleimschicht) 100 mg, 28<sup>7</sup>/<sub>100</sub>, Zuckerrübe 2 g, 157<sup>0</sup>/<sub>100</sub> (nach A m l o n g und N a u n d o r f), Zwiebel 200 mg, 79<sup>5</sup>/<sub>100</sub>, Porree 50 mg, 55<sup>3</sup>/<sub>100</sub>, Weizen 175 mg, 33<sup>4</sup>/<sub>100</sub>, Hafer 200 mg, 55<sup>0</sup>/<sub>100</sub> (nach C h o l o d n y), Sudangras 200 mg, 21<sup>2</sup>/<sub>100</sub>, Luzerne 2 g, 42<sup>0</sup>/<sub>100</sub> (nach A m l o n g und N a u n d o r f), Paradiesapfel, 1 mg  $\alpha$ -Naphthylessigsäure auf 1 g Talk, 45<sup>0</sup>/<sub>100</sub> (nach S t i e r u. D ü B u y). Anm. Die angegebenen Heteropauxinmengen werden in

einem Liter Wasser aufgelöst. Pflanzen ohne Autornamen in Klammern wurden von Ing. J. P o d e š v a 1939—1940 untersucht.

Die Kosten für eine derartige Samenhormonisierung sind unbedeutend. Bei dem Preise von 30.—K für 1 g Heteroauxin würden 100 cm<sup>3</sup> Lösung von einer Konzentration 200 mg (auf einen Liter) 60 Heller kosten. Dadurch kann bereits eine große Menge von Samen mit Erfolg stimuliert werden. Die chemische Zusammensetzung dieser Produkte und ihr biologischer Wert, besonders der Gehalt an Vitamin C, erscheint auch dadurch sehr günstig beeinflußt. Hervorzuheben ist, daß die Behandlung der Pflanzen im latenten Samenzustand viel leichter ist und daß ohne Schaden auch verhältnismäßig starke Hormonlösungen vertragen werden, die auf die bereits heranwachsende Pflanze giftig oder wenigstens stark hemmend wirken würden. Außerdem ist auch in Betracht zu ziehen, daß verschiedene Organe derselben Pflanze in ungleichem Maße für die Wuchsstoffe empfindlich sind. Weniger empfindlich sind die Stengel, ihr Wachstum wird erst durch verhältnismäßig starke Wuchsstoffgaben geschädigt. Die Entfaltung der Knospen wird aber bereits durch schwache Konzentrationen zurückgehalten, was für die Stecklingsbehandlung wichtig ist. Am empfindlichsten sind die Wurzeln, die bereits durch sehr schwache Konzentrationen gehemmt werden. Um die Maiswurzeln nicht zu schädigen, müßte man nach Geiger 1 g Heteroauxin in einer Menge Wasser auflösen, die 400.000 Züge mit je 50 zehntonrigen Waggons füllen würde. Man nimmt an, daß die Wuchsstoffe in der Wurzel supraoptimal vorhanden sind, aber für die Bestentwicklung des Sproßsystems reichen diese Vorräte nicht, es würde dazu oft noch ein Zusatz von künstlichem Wuchsstoff erforderlich sein. In dieser Beziehung ist es noch nicht genügend geklärt, wie die relativ kleinen Mengen von Zusatzwuchsstoff, die die Samen in 24 Stunden in sich aufnehmen, dauernd die Entwicklung der Pflanzen günstig beeinflussen können und besonders in der Beschleunigung und Steigerung der Ernte zum Ausdruck kommen. Die Vernalisierung des Saatgutes zeigt Ähnliches und wird auch hormonal erklärt. Hierbei betätigen sich in erster Linie wahrscheinlich organbildende Hormone und nicht Auxine, obwohl in beiden Fällen die ersten Blätter gehemmt erscheinen; erst später kommt es zu einer Entwicklungsförderung (Thimann und Lane). Je nach der Empfindlichkeit der hormonisierten Pflanzenart dauert diese Anfangshemmung ungleich lang. Allzu starke Hormongaben setzen überhaupt die Produktion herab, wie aus dem Versuch von Amlong und Nandorf mit Radieschen hervorgeht. Man stellt sich vor, daß die Auxine in der Pflanze die inneren, durch besondere, bisher leider noch nicht bestimmte Hemmstoffe verursachten Wachstumsbehinderungen aufheben.

## Hormonisierung der Kartoffelknollen.

Ein lehrreiches Hormonisierungsbeispiel stellen nach Ing. Zika verschiedene Kartoffelsorten dar, an denen diese Hemmungen zu einem ungleichen Zeitpunkt abklingen, bei der Sorte Robinia in der vierten, bei der Sorte Parnassia erst in der siebenten Woche nach dem Auspflanzen. Die Steigerung der Knollernte betrug bei der Sorte Robinia 53%, bei der Sorte Parnassia 95% nach Anwendung von Heteroauxinlösungen von 10, bezw. 125 mg auf einen Liter, in die die Saatknollen auf 24 Stunden eingelegt und dann gleichzeitig mit den in Wasser gelegenen Kontrollknollen ins Feld ausgesetzt wurden (Abb. 1). Zunächst wurden diese Versuche an der Sorte Ackerseggen mit einem 93%igen Mehrertrag der vorhormonisierten Pflanzen angestellt. Bei der mikroskopischen Durchsicht der geernteten Knollen fiel eine ungewöhnliche Stärkekorngröße als Folge der Hormonisierung des Pflanzgutes auf. Die Stärkekörner erreichen hier mit ihrer Länge von 132  $\mu$  die Dimensionen der größten bekannten Knollenstärkearten wie von Canna-Stärke, während sonst für die Kartoffelstärke 110  $\mu$  als die Höchstlänge angegeben wird. Über die Wuchsstoffwirkung auf die zu prüfende Kartoffelsorte kann man sich verhältnismäßig rasch auf isoliert im feuchten Sand kultivierten Blättern orientieren, wenn man sie mit Heteroauxin-, bezw. Wasserpaste bestreicht. Bei der Sorte Erstling entwickelten sich in den weißlichen Auftreibungen der Blattspindel größere Stärkekörner nach Behandlung mit Wuchsstoff als in den Kontrollblättern. Diese Abhängigkeit der Stärkekorngröße vom Zusatzwuchsstoff, der die Mizellar-, bzw. Molekulargerüste hier ähnlich auflockert wie in den Zellhäuten, hat zweifellos eine Bedeutung für die technische Verarbeitung. Ähnlich verhalten sich auch die Getreidestärken. Der praktischen Verbreitung der Kartoffelknollenhormonisierung mit den Wuchsstoffen stehen noch gewisse Schwierigkeiten im

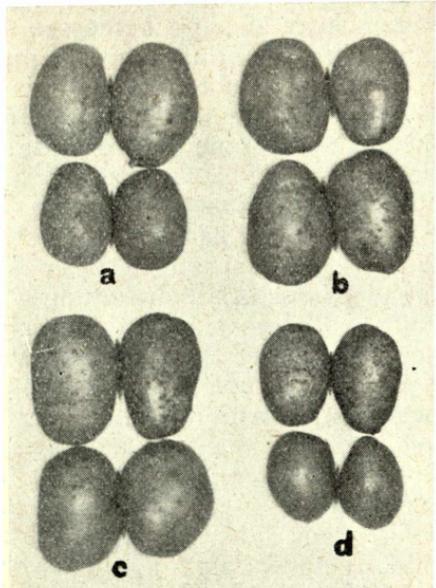


Abb. 1. Sorte Rotschalige. Durchschnittsknollen nach der Hormonisierung des Pflanzgutes mit einer Heteroauxinlösung von a) 125 mg/l, b) 62.5 mg/l, c) 10 mg/l, d) Kontrolle mit Wasser. Die entsprechenden Durchschnittsgewichte der geernteten Knollen: 5.5, 7.0, 8.0, 4.5 dkg (nach Ing. M. Zika).

Wege. Das Material ist umfangreich und die Kosten für das Heteroauxin verhältnismäßig höher als bei den Samen, nämlich für das Pflanzgut auf 1 ha etwa 2000 K. Eine 24stündige Wässerung vertragen nicht alle Sorten gleich gut. Deswegen wurden auch Bestäubungsmethoden geprüft, indem die Knollen mit pulverigem Gemisch von Holzkohle und Heteroauxin bestreut wurden, bisher jedoch ohne Erfolg. Im Anschluß an die weit ausgedehnten Untersuchungen über die Wirkung der Laboratoriumsluft auf die Kartoffelpflanze, die ich auf Veranlassung des Herrn Prof. Dr. O. Richter anstellte, habe ich auch die Hormonisierung der Kartoffelknollen mit Leuchtgas geprüft. Der morphogenetisch besonders wirksame Bestandteil des Leuchtgases, das Äthylen, verhält sich oft auch als ein Pflanzenhormon, wie besonders schön M o l i s c h in seiner letzten Buchveröffentlichung angab. In ganz geringen Konzentrationen wirkt dieses Gas stimulierend, in stärkeren dagegen hemmend auf das Streckungswachstum ein. Stärkere Dosen rufen auch Geschwulst- und Wurzelbildung hervor, die Wurzelwachstumsförderung wird aber dadurch zurückgehalten.

In den ersten orientierenden Versuchen haben wir zu starke Leuchtgaskonzentrationen verwendet und auch ihre Wirkungsdauer zu lang bemessen, sodaß dadurch der Ernteertrag ungünstig beeinflußt wurde. Empfindlichere Sorten, wie Keřkover Nieren, die leicht der Fäulnis unterliegen, zeigten im Felde Lücken. Während die mit Heteroauxin behandelten Knollen dieser Sorte eine 44prozentige Ertragssteigerung aufwiesen, führte eine 20prozentige, 24 Stunden einwirkende Leuchtgasatmosphäre eine 5prozentige Ernteverminderung gegenüber den Kontrollen herbei. Noch stärker war der Ernteabfall, wenn die Knollen bei ungünstiger Witterung erst nach einer dreitägigen Leuchtgasbehandlung ausgesetzt wurden. Doch war bei einigen Sorten eine beträchtliche Erntesteigerung zu verzeichnen, die bei der Sorte Keřkover Erstling nach der Begasung der Knollen 82<sup>0</sup>/<sub>100</sub> betrug. Dadurch erscheint die Möglichkeit einer positiven Hormonisierung der Kartoffel mit Leuchtgas unter gewissen Vorsichtsmaßnahmen gegeben. Aber auch bei der Sorte Keřkover Nieren wurde eine 9prozentige Ertragssteigerung der begasten Kartoffeln gegenüber den unbegasten festgestellt, wenn die Knollen nach Begasung nicht gleich in den Boden ausgepflanzt, sondern vorher noch einige Tage frei liegen gelassen wurden. Das Herausfinden der optimalen Begasung der Saatkartoffeln würde sicher eine wesentliche Verbilligung der Hormonisierung bedeuten. Daß sie auch bei anderen landw. Produkten einen Erfolg verspricht, ist aus einer 50prozentigen Steigerung des Samenertrags bei der Luzerne, die K o p e r s c h i n s k y nach Äthylenbehandlung der Samen erreicht hat, zu erhoffen. Auch bei den Kartoffeln muß der innere Zustand der Knollen berücksichtigt werden, vor allem, wenn sie vorge-

keimt sind oder nicht. Dann kommt es auch auf die Reservestoffmenge an, mit der die Menge der Hemmstoffe wächst. In Parallelversuchen mit mehreren Sorten zeigte es sich, daß die aus isolierten Augen mit ganz kleinen Knollenstücken herangewachsenen Pflanzen bei einigen Sorten, wie Goldgelbe und Boroviny, einen ebenso großen Knollenertrag brachten wie die Pflanzen aus ganzen Knollen. Die Menge der Reservestoffe in der ganzen Mutterknolle ist bei der Mehrzahl der Kartoffelsorten ihrem anfänglichen Streckungswachstum mehr hinderlich als förderlich. Von der chemischen Isolierung der dafür verantwortlichen Hemmstoffe kann man auch für die Kulturpraxis einen großen Vorteil erwarten. Es ist schon länger bekannt, daß die Mutterknolle auch später von einer gewissen Entwicklungsphase des Sproßsystems an überflüssig ist, sodaß sie ohne Verminderung der Qualität und Quantität der Tochterknollen entfernt werden kann (D e n n y).

### Lichtkeimprüfung und Laboratoriumsluft.

Besonders stark treten die Hemmungen bei der Laboratoriumskultur der Knollen ohne Erdboden und ohne Wasserzufuhr hervor. Zunächst ist diese für die Lichtkeimprüfung nach S n e l l von Bedeutung, die in wenigen Tagen die Sortenechtheit und -Reinheit zu bestimmen gestattet und in den Winterarbeiten die beste Methode darstellt. Die Anthokyanfarbe des Keimes, die entweder rot oder blauviolett auftritt, habe ich auf Anregung des Herrn Prof. Dr. O. R i c h t e r an 40 Kartoffelsorten auf ihre Beständigkeit in einer mit Leuchtgas, Äthylen oder Naphthalindämpfen vermischten Luft untersucht. Im Einzelnen zeigten sich beträchtliche Unterschiede von der Standardfarbe der einzelnen Sorten, wie sie S n e l l für die einzelnen Sorten angibt. In mit Leuchtgas und Äthylen verunreinigten Laboratoriumsluft geht besonders der rotviolette Farbton zu-

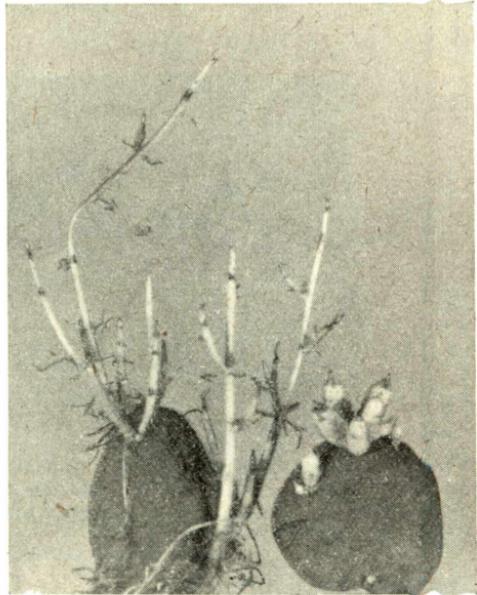


Abb. 2. Sorte Kerckover Ideal. Dunkelkeime links in reiner, rechts in mit Leuchtgas (20%) vermischter Luft auf trockenem Sand entwickelt.

rück, aber wenn man die Knollen wieder in reine Luft überträgt, so erscheinen an den neuen Zuwächsen wieder charakteristische Farben, während die in unreiner Luft bereits fertig ausgebildeten Basalteile grünlich gefärbt bleiben. Z. B. bei der Sorte Alberta ist nur der Oberteil blauviolett. Besonders auffallend

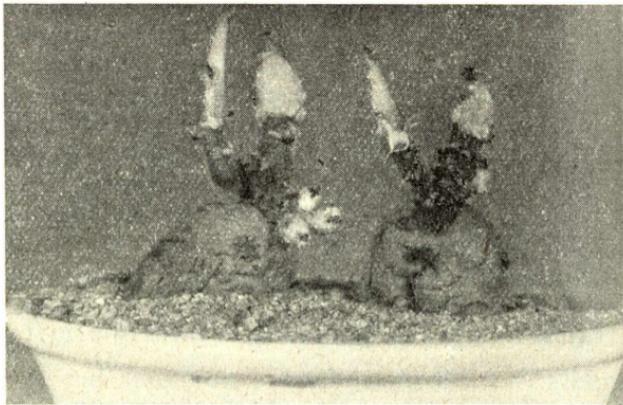


Abb. 3. Sorte Alberta. Lichtkeime rechts an beiden Knollen mit 0.1% Heteroauxin-, links mit Wasserpaste behandelt. Links Keim- und Wurzelstreckung, rechts Verdickung.

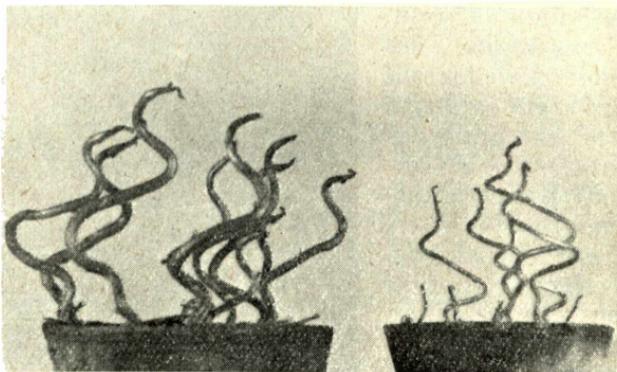


Abb. 4. Sorte Alpha. Triebentwicklung in der Laboratoriumsluft, beim Wechsel der Lichtrichtung. Links aus ganzen Knollen, rechts auf isolierten Augen.

aber ist der Unterschied in der Gestalt der Triebe in reiner Luft und in der Laboratoriumsluft. Die Interodien erscheinen in dieser kürzer und schwellen kugelig an, die Terminalknospen bleiben unentwickelt (Snell) und die Wurzelhöcker strecken sich nicht merklich, wie dies z. B. an Knollen der

Sorte Preußen in 20prozentiger Leuchtgasatmosphäre stark hervortritt. In reiner Luft bleiben allerdings die Triebe im Licht auch verhältnismäßig kurz, aber die Wurzeln und Blätter entfalten sich doch stärker. Noch deutlicher sind diese Gestal-

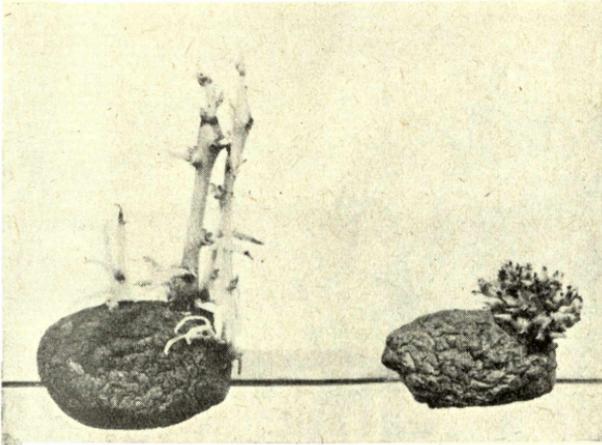


Abb. 5. Sorte Ackersegen. Links normale, rechts knospensüchtige Knolle. Dunkelkeime im Glashauss entwickelt.

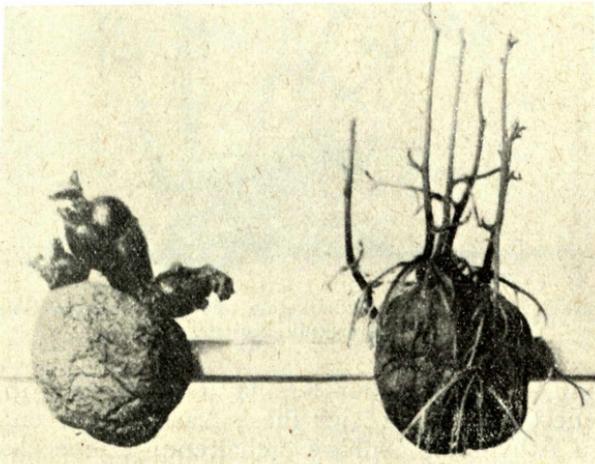


Abb. 6. Sorte Sickingen. Links normale, rechts Fadenkeime. Lichtkultur im Glashauss.

tungsunterschiede im Dunkeln. Die Leuchtgastriebe sind kugelig oder oval, die Triebe in reiner Luft schwach, langgliedrig, bewurzelt und verästelt (Sorte Keröver Ideal, Abb. 2). Nähere Beachtung verdienen die braungefärbten, nekrotischen Stellen

unter den Gipfelknospen der etiolierten Triebe. Ganz ähnlich ist die Äthylenwirkung und auch hormonal so zu deuten, daß dieses Gas bereits in ganz geringen Konzentrationen die Empfindlichkeit der Gewebe der Streckungszonen auf das Auxin bei einigen Pflanzen erheblich steigert (Michener).

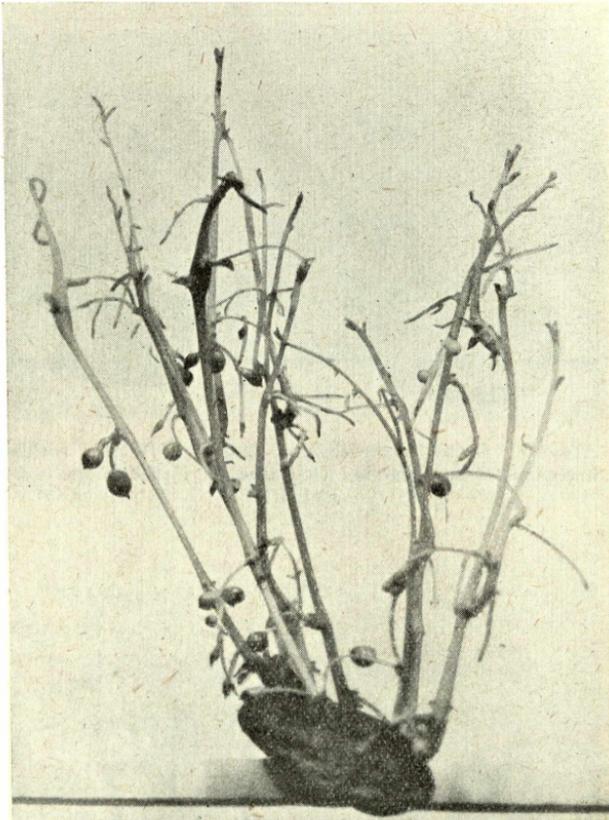


Abb. 7. Sorte Äal. Fadenkeime mit Knöllchen in Glashaushausdunkelkultur.

Ohne Auxin, das hier in der Knolle in inaktiver Form reichlich aufgespeichert ist, bilden sich diese Anschwellungen nicht, wie isolierte in Äthylenatmosphäre gehaltene Triebe zeigen. Für diese Erklärung spricht ein Versuch mit Knollen der Sorte Alberta mit je zwei Keimen; der eine davon wurde mit 0,1% Heteroauxinpaste, der andere mit Wasserpaste bestrichen (Abb. 3). Dieser letztere streckte sich bedeutend und trieb auch Wurzeln aus, während der mit Heteroauxin ohne Wurzelstreckung stark anschwell. Schon ganz geringe Leuchtgasverunreinigungen der Laboratoriumsluft machen sich auch bei der

Kultur im Boden bemerkbar, wie bei der Sorte Alpha zu sehen ist. In beiden Töpfen bildeten sich trotz der Belichtung nur halbetolierte Triebe mit zurückgebildeten Blattanlagen, die stark phototropisch gekrümmt waren, wie die Pflanzen von Zeit zu Zeit dem Lichte zu- und abgewendet wurden (Abb. 4). Das

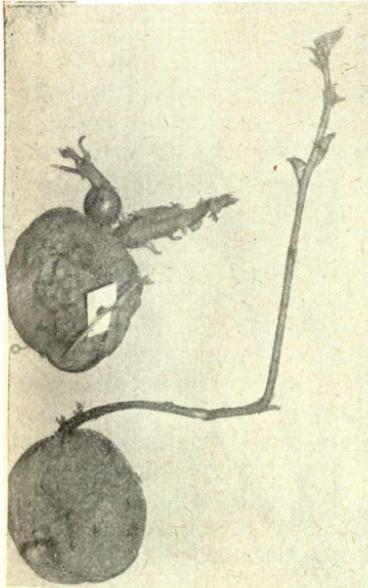


Abb. 8. Sorte Integra. Am apikalen Pole (oben) normale, am basalen Pole (unten) fadenförmige, knöllchenbildende Keime.

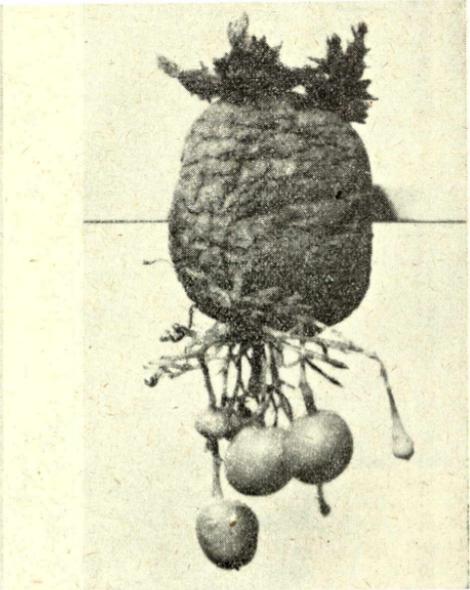


Abb. 9. Sorte Sickingen. Polare Verteilung der normalen und der knollenbildenden Keime, Apikalpol oben. Glashauskultur im abgeschwächten Lichte auf feuchtem Sand.

selbe Verhalten zeigten Triebe mit Knollen und auch ohne Knollen. In beiden Fällen wurde die geotropische Reaktionsfähigkeit stark herabgesetzt. Alle diese abnormen Gestaltungen entsprechen den grundlegenden Entdeckungen über die Wirkung der Laboratoriumsluft auf die Pflanzen, die vor einer Reihe von Jahren Herr Prof. Dr. O. Richter gemacht hat. Viele, vorher anderen Faktoren zugeschriebene Gestaltungs- und Bewegungserscheinungen, wurden erst durch die Ergebnisse von Prof. Richter genau erklärt, doch erhalten diese Tatsachen besonders in neuerer Zeit, wo so viele oligodynamisch wirkende organische Stoffe in den Vordergrund der pflanzlichen Morphogenese treten, ein hervorragendes Interesse. Bereits ganz geringe Beimischungen verschiedener Gase und Dämpfe vermögen den komplizierten Hormonhaushalt der Pflanzen zu verändern.

### Korrelationsstörungen.

Einige von diesen Veränderungen lassen sich bisher schwer erklären, da eine eingehende Untersuchung der inneren Hormonverhältnisse noch fehlt. Dies gilt z. B. von der sogenannten Knospensucht, die ohne direkte Einwirkung der Außenwelt an



Abb. 10. Sorte Robinia. Dunkelkeime oben angeschwollen, am Basalpol der Mutterknolle knöllchenbildend. Glashauskultur.

einigen Knollen zu Tage tritt. Valetschauer Kipfler, als Beispiel, besitzen entweder nur vereinzelte starke Keime, die bei dieser Sorte verhältnismäßig bald zur Knollenentwicklung übergehen, oder dicht angehäufte und sehr reichlich verästelte Triebe, zwischen denen dann viel später einige kleine Knöllchen erscheinen. Ein anderes Beispiel stellen Knollen von der Sorte Ackersegen vor, ebenfalls im Dunkeln, in reiner Luft des Glashauses gehalten (Abb. 5). Offenbar ist die Dominanz der Keime, die nämlich bei normalen Knollen in der Entwicklung nur wenige, aber starke Triebe zum Vorschein bringt, bei den er-

krankten Knollen ausgeschaltet. Diese pathologische Erscheinung (Filosität) wird auch als ein Hormonaleffekt gedeutet. Wie bei der Sorte Sickingen ersichtlich, bilden normale Knollen in reiner Luft, im Licht knollenartig verdickte Triebe, mit stark beblätterten Knospen an der Spitze, während erkrankte Knollen dünne, auf der ganzen Mutterknollenoberfläche unregelmäßig zerstreute Triebe ausbilden (Abb. 6). Erst später zeigen sich an diesen fadenförmigen Trieben auch winzige Knöllchen. Wie bei Sorte Aal können diese Knöllchen aus allen Achselanlagen der Fadentriebe hervorbrennen (Abb. 7). Diese abnorme Gestaltung der Triebe, die den Abbau kennzeichnet, ist höchstwahrscheinlich mit der Abnahme des Auxingehaltes in den Knollen verknüpft. Ramshorn hat nämlich nachgewiesen, daß sich diese Abbauerscheinungen verhindern lassen, wenn die abgeschwächte Dominanz der Gipfelkeime durch Einfügen von Wuchsstoffpaste auf das Gipfelende der Knolle verstärkt wird. Ohne diesen Eingriff wurden im Nachbau Fadentriebe über

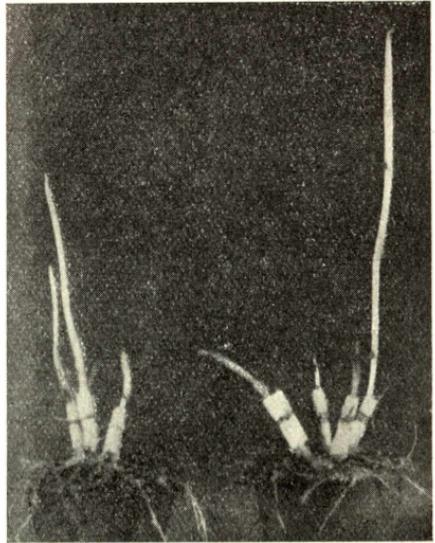


Abb. 11. Sorte Keřkover Ideal. Keime mit Filtrierpapier umwickelt. Dieses (von links nach rechts) mit Magnesium-, Kalziumnitrat-, Ferrichlorid-, Kaliumnitratlösung, dest. Wasser und Kalziumnitratlösung beträufelt. Dunkelkultur im feuchten Sande.

die ganze Mutterknolle unregelmäßig verteilt. Die hormonale Erklärung des ökologischen Abbaues ergibt sich aus der Gestaltung der Keime an Knollen, die nur zum Teil erkrankt sind. Entsprechend der Polarverteilung des Wuchsstoffes in der Knolle entwickeln sich die Sproßanlagen am apikalen, wuchsstoffreicheren Pole zu stärkeren, die basalen aber zu schwächeren bis fadenförmigen Keimen (Keřkover Ideal). Bei der Sorte Integra ist dieser Formunterschied noch größer. Apikale Keime sind stark verdickt, basale fadenförmig und knöllchenbildend (Abb. 8). Dem entsprechen auch die direkten Wuchsstoffbestimmungen. Jahnelt fand bei abbaukranken Kartoffeln um 30% weniger Auxin als bei gesunden. Auf ähnliche Mengenunterschiede ist auch die unterschiedliche Gestaltung der Triebe an den beiden Knollenpolen wenigstens indirekt zurückzuführen. Bei der Lichtkultur in reiner Luft im Glashaus entwickelten sich z. B. bei der Sorte Sickingen die Apikalknospen zu normalen dicken Keimen, die basalen dagegen zu schwächeren Trieben,

die bald Ausläufer und Knöllchen bildeten. Im Licht waren diese Knöllchen schön rot gefärbt (Abb. 9). Die Tendenz der Knöllchenbildung auf dem Basalpole der Knollen entspricht derjenigen der oberirdischen Sprosse. Dasselbe gilt aber auch für die Dunkelkultur, wie eine Knolle der Sorte Robinia zeigt (Abb. 10). Apikale Triebe verdickten sich nach einiger Zeit an ihrer Spitze, basale blieben kürzer und bildeten seitliche Knöllchen aus. Die auffallenden Triebanschwellungen erinnern an die Wirkung der verunreinigten Luft, aber hier müssen sie anderen äußeren oder inneren Faktoren zugeschrieben werden. Bei der Sorte Alberta trat nach ähnlichen Schwellungen wieder ein starkes Längenwachstum der Gipfel und der Seitenanlagen ein.

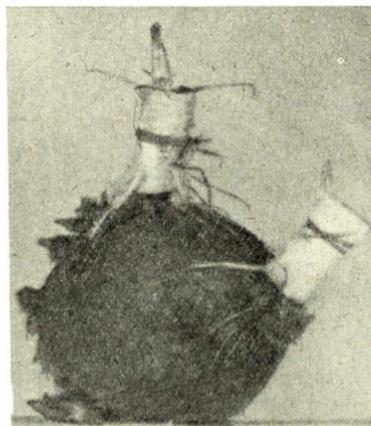


Abb. 12. Sorte Keßkover Ideal. Trieb links mit Knopscher Nährlösung, rechts mit dest. Wasser benetzt.

### Physiologische Keimnekrose.

Wie bereits oben bemerkt, beobachtet man an den im Laboratorium austreibenden Keimen nach einiger Zeit eine Nekrose gewisser Teile der Streckungszone. Erst später stirbt auch die Terminalknospe ab, obwohl ihre Vegetationsspitze von dem Verfall nicht direkt betroffen war. Dann kommen Seitenanlagen zu starker Entwicklung, aber bald fallen auch sie derselben Nekrose zum Opfer. Auf zweierlei Art ließ sich dieser pathologischen Erscheinung vorbeugen. Erstens durch Belichtung der Triebe, sodaß sich an der Spitze der Keime größere Blätter entfalteten, jedoch ließen sich bereits stärker nekrotisierte Keime auf diese Weise nicht mehr retten. In der Praxis kommen ähnliche Entwicklungsstörungen bei dem Vorkeimen vor. Die in den Blattanlagen im Lichte aktivierten Wuchsstoffe wirken hier als Mobilisatoren der in der Mutterknolle angehäuften Reservestoffe, vor allem aber der Aschensubstanzen, wie aus der zweiten Möglichkeit der Nekroseheilung zu schließen ist. Sie erinnert nämlich sehr an die von Böhm und später von Richter und Porthelm untersuchten Folgen des Kalkmangels bei keimenden Bohnen. Auf Anregung des Herrn Prof. Richter wurden auf die einzelnen Augen, z. B. bei den *Parnassia*-Knollen, nach Entfernung der bereits vergrößerten Keime, kleine Scheiben von Filtrierpapier oder Baumwolle gelegt, von denen einige mit Knopscher Nährlösung, andere mit

destilliertem Wasser wiederholt beträufelt wurden. Die mit der Nährlösung behandelten Augen trieben kräftigere und stärker bewurzelte Keime aus. In einem anderen Versuche wurden Knollen von acht verschiedenen Sorten mit Filtrierpapier bis auf den oberen Teil umwickelt und dieses in einer Schale mit destilliertem Wasser, in der anderen mit Knopscher Nähr-

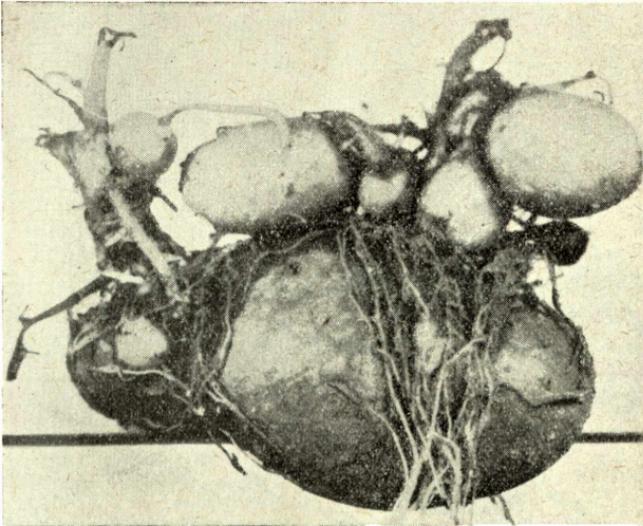


Abb. 13. Knolle wie in Abb. 12, jedoch später, mit stärkerer Knollenbildung an dem mit Knopscher Lösung vorbehandelten Keime (rechts).

lösung befeuchtet. Am Schlusse des Versuches hatten die mit Knopscher Nährlösung behandelten Knollen gesunde Triebe von einer Länge von 250—450 mm, während die mit reinem Wasser befeuchteten Knollen nur 50—60 mm lange, an der Spitze bereits abgestorbene Keime aufwiesen. Darnach stellt die Mutterknolle eigentlich nur eine Quelle von organischen Stoffen für die jungen Keime dar. Um welche Nährsalze, bezw. Metallionen es sich bei dieser Nekrose handelt, wurde in der Weise geprüft, daß einzelne, etwa 2 cm lange, noch vollkommen gesunde Keime mit Filtrierpapierstreifen umwickelt wurden, die mit 0,1 molarer Lösung von Kalium-, bezw. Magnesium- oder Kalziumnitrat oder schließlich mit einer sehr schwachen Ferrichloridlösung beträufelt wurden. Nach 14 Tagen zeigten die Kalziumsalz-Triebe durchschnittlich die größte Entwicklung, dann folgte das Magnesium-, Kalium- und Eisensalz (Abb. 11). Die Triebe mit dest. Wasser waren im Durchschnitt die kleinsten und starben bald ab, wie auch aus dem Vergleich mit der Knopschen Nährlösung in derselben Versuchsordnung hervorgeht. Später im Jahre, etwa im Juli angestellte Versuche mit Keimen

der Sorte Keřkover Ideal zeigten, nach Behandlung mit Knopscher Nährlösung, nur eine stärkere Seitentriebentwicklung (Abb. 12). Da in der zweiten Augushälfte ein stärkeres Triebwachstum ohne Wasserzufuhr nicht zu erwarten war, wurden die Versuchsknollen nach Entfernung aller anderen Keime mit Ausnahme der behandelten in feuchten Sand eingesetzt. Auf-

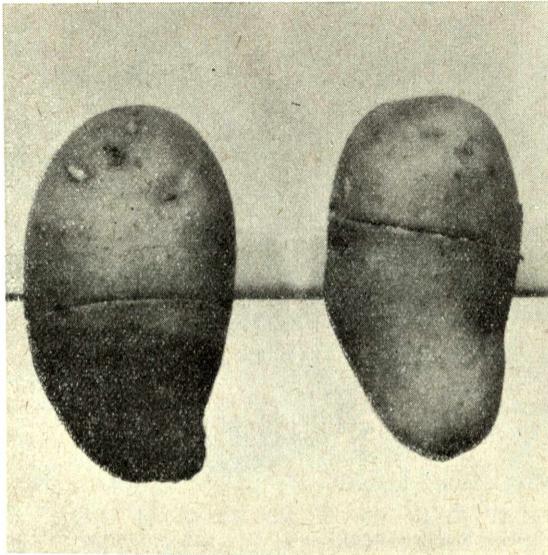


Abb. 14. Sorte Keřkover Nieren. Links frisch geerntete, mit einer Kerzenflamme basal 10 Sekunden lang abgebrannte Knolle austreibend, rechts Kontrollknolle ruhend.

fallenderweise waren es die mit Knopscher Nährlösung vorbehandelten Triebe, die eine ausschließliche oder vorwiegende Knollenbildung zeigten (Abb. 13). Die Mineralstoffe wirkten in diesem Falle auf die Knollenbildung lokalisierend ein, ebenso wie in Versuchen mit anderen Knollenpflanzen das Wurzelsystem streng lokal die Knollenbildung förderte. Überhaupt erscheinen die ganzen Wachstumsregulationen der Pflanze sehr verwickelt, wenn man noch die bisher sehr unklaren hormonalen Wirkungen des Wurzelsystems in Betracht ziehen will. Einerseits wurde schon festgestellt, daß das Streckungswachstum der Wurzeln nicht von den Hormonen der Auxin-, sondern von den der Biosgruppe abhängt. Andererseits sind es die bereits festgestellten Hemmstoffe, die die Wurzelentwicklung stark fördern und als Antagonisten der Auxine hervortreten. Durch das Wurzelsystem werden oft die Hemmungen auch unabhängig von ihrer Absorptionstätigkeit herabgesetzt. Bei der Kartoffelknolle

stellt allerdings das Wurzelsystem bekanntlich nur etwa 7% des Gesamtgewichtes dar. An den Knollen selbst bilden sich Wurzeln nur äußerst selten, meist nur nach einer Zufuhr von künstlichem Wuchsstoff (Guthrie) oder von Nährsalzen. Die Wurzeln können deshalb bei dieser Pflanzenart auch keine Bedeutung für den Übergang der Knollen aus der Ruhe zur

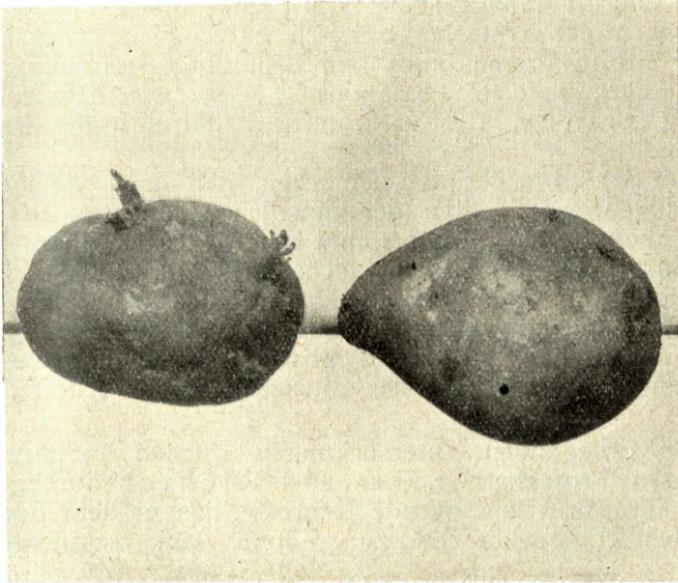


Abb. 15. Sorte Keßkover Nieren. Links mit Phytophthora befallene Knolle gleich nach der Ernte austreibend, rechts Kontrolle gesund, ruhend.

Vegetationsperiode haben, was auch für die Hormone der Auxin-Gruppe gilt.

### Frühtreibversuche.

Eine sehr interessante Methode zum Frühtreiben der ruhenden Kartoffelknollen hat Herr Prof. Dr. O. Richter im Anschluß an seine Versuche mit Holzgewächsen angegeben. Die über der Kerzenflamme gehaltenen Knollen trieben bereits eine Woche nach der Ernte normal aus und zeigten zudem in einem Versuche einen um 35% höheren Auxingehalt als die unbehandelten, noch ruhenden Kontrollknollen (Abb. 14). Durch Abbrennen werden also nicht nur die Nährstoffe, sondern auch die Hormone mobilisiert und in erster Reihe die Wundhormone in den direkt durch die Hitze betroffenen Zellen erzeugt, die in den unbeschädigten Zellagen Peridermbildung hervorrufen. In ähnlicher Weise wirkt auch der Pilzbefall der Knollen frühtreibend ein, allerdings lassen sich solche Knollen für die Kultur

nicht mehr benützen. In den mit *Phytophthora* befallenen Knollen stieg der Auxingehalt um 170% höher als in den gesunden, noch nicht austreibenden Knollen (Abb. 15). Andererseits besitzt man in den Pflanzenhormonen und ähnlichen synthetischen Stoffen Mittel zur Unterdrückung der unliebsamen Keimung der gelagerten Kartoffelknollen. Es genügt, die Knollen in Papier mit einem Zusatz von Naphthylessigsäuremethylester zu wickeln und oft genügt schon das Papier allein, um die Kartoffeln nach der Ernte lange frisch zu erhalten (Guthrie). Andere Stoffe tragen auch zur Erhaltung des biologischen Wertes der Kartoffel (Vitamin C) bei, wie Äthylen oder Äthylenchlorhydrin, der wirksamste Frühltriebstoff der Kartoffel.

Zum Schluß möchte ich bemerken, daß noch viele andere Anwendungsmöglichkeiten der künstlichen Wuchsstoffe sichergestellt sind, die jedoch unerwähnt bleiben, da sie unser Hauptobjekt in praktischer Hinsicht nicht berühren. Und doch sind diese Stoffe nur wenige Jahre bekannt. Noch mehr Nutzen für die Theorie und Praxis dürfen wir von der zukünftigen systematischen chemischen und physiologischen Erforschung des komplizierten Zusammenspiels der Pflanzenhormone erhoffen.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden auf Anregung des Herrn Professor Dr. Oswald Richter durchgeführt. Ich bin ihm für das dauernde Interesse, das er dem Fortgang der Arbeit entgegenbrachte, zu größtem Dank verpflichtet.

### Literaturverzeichnis.

- Amlong, H. U. u. G. Naundorf, Über einige praktische Anwendungen der pflanzlichen Streckungswuchsstoffe. *Forschungsdienst* 4, 1937, S. 420.
- Boelm, J., Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze. *Sitzber. Akad. Wiss. Wien* I, 71, 1875.
- Cholodny, N., Hormonization of grains. *C. R. (Doklady) Acad. Sc. URSS.* 3, 1933, S. 439.
- Denny, F. E., Role of mother tuber in growth of potato plant. *Bot. Gaz.* 87, 1929, S. 157.
- Geiger-Huber, M. u. E. Burlet, Über den hormonalen Einfluß der  $\beta$ -Indolylessigsäure auf das Wachstum isolierter Wurzeln. *Jahrb. wiss. Bot.* 84, 1936.
- Guthrie, J. D., Factors influencing the development of ascorbic acid in potato tubers. *Contr. Boyce Thomps. Inst.* 9, 1937, S. 17.
- Control of bud growth and initiation of roots of potato tubers. *Ebenda* 11, 1939, S. 29.
- Inhibition of the growth of buds of potato tubers . . . *Ebenda* 10, 1939, S. 325.
- Jahnel, H.: Wuchsstoffuntersuchungen an abbaukranken Kartoffeln. *Phytopath. Ztschr.* 10, 1937.
- Jakeš, E., Künstliche Hervorrufung von knollenartigen Gebilden unter dem Einfluß von Heteroauxin. *Planta* 29, 1938.
- Kögl, F. u. A. J. Haagen-Smit, Über die Chemie des Wuchsstoffes. *Proc. kon. Ac. Amsterdam*, 34, 1931, S. 1411.

- Kögl, F., A. J. Haagen-Smit u. H. Erxleben, Über ein neues Auxin (Heteroauxin) aus Harn. Ztschr. physiol. Chem. 228, 1934, S. 90.
- Koperschinsky, W. W., Der Einfluß des Äthylens auf den Samenertrag der Luzerne. Ber. Allruss. Akad. landw. Wiss. 2/3, 1939, S. 57.
- Linser, H., über das Vorkommen von Hemmstoff in Pflanzenextrakten. Planta 31, 1940, S. 32.
- Michener, H. D., The action of ethylene on plant growth. Amer. Journ. Bot. 25, 1938, S. 711.
- Molisch, H., Der Einfluß einer Pflanze auf die andere. Allelopathie. Jena 1937.
- Némec, B., Bakterielle Wuchsstoffe. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 48, 1930, S. 72.  
— Ernährung, Organogene und Regeneration. Stud. Plant. Physiol. Labor. Prague 4, 1934, S. 1.
- Poděšva, J., Ertragssteigerung an Gemüse durch Saatguthormonisierung. Dtsch. Landw. Presse 68, 1941, 73.  
— über die Wuchsstoffabhängigkeit der Knollen- bzw. Rübenentwicklung bei Brassica, Raphanus und Beta. Act. sc. nat. Morav. 12, 1940, 1.
- Porthheim, L. über die Notwendigkeit des Kalkes für Keimlinge . . . . . Sitzber. Akad. Wien 110, I, 1901, S. 113.
- Ramshorn, K., Zur Physiologie des Kartoffelabbaues. Planta, 26, 1937.
- Richter, O., Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 21, 1903, S. 180.  
— über den Einfluß verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus. Sitzber. Akad. Wien I, 115, 1906, S. 263.  
— Narkose im Pflanzenreiche. Mediz. Klinik 1907, Nr. 10, S. 1.  
— über Anthokyanbildung in ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Ebenda 1907, Nr. 34, S. 1.  
— über das Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus. Jahrb. wiss. Bot. 46, 1909, S. 481.  
— Die horizontale Nutation. Sitzber. Akad. Wien, 119, 1910, S. 1051.  
— Zur Frage der horizontalen Nutation. Ebenda 123, I, 1914, S. 967.  
— Frühlreiben durch Brand und konzentrierte Schwefelsäure, auch bei gärtnerisch wichtigen Gewächsen. Beitr. landw. Pflanzenbau, Schindlers Festschr. 1924, S. 268.
- Sachs, J., Stoff und Form der Pflanzenorgane. I. u. II. Arb. Bot. Inst. Würzburg 2, 1880, 1882, S. 452 u. 689.
- Snell, K., Die Lichtkeimprüfung zur Bestimmung der Sortenechtheit von Kartoffeln. Berlin 1932.  
— Ungewöhnliche Ausbildung der Kartoffelpflanze im Laboratorium. Angew. Bot. 17, 1935, 117.
- Stier, H. L. u. H. G. du Buy, The influence of certain phytohormone treatments on the tomato plants. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. 36, 193 a.
- Thimann, K. V., Hormones and analysis of growth. Plant Physiol. 3, 1938, S. 437.
- Thimann, K. V. u. R. H. Lane, After-effects of the treatment of seed with auxin. Amer. Journ. Bot. 25, 1938, S. 535.
- Went, F. W., On growth-accelerating substances in the coleoptile of Avena sativa, Proc. Akad. Amsterdam 30, 1926, S. 10.  
— Analysis and integration of various auxin effects. I.—II. Ebenda 42, 1939, S. 1.
- Zika, M., über die Beeinflussung der Stärkekorngröße bei Solanum tuberosum durch  $\beta$ -Indolylessigsäure. Planta 30, 1939, S. 151.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn](#)

Jahr/Year: 1940

Band/Volume: [72](#)

Autor(en)/Author(s): Dostal R.

Artikel/Article: [Versuche über die Wirkung der Hormonisierung bei Kartoffeln. 40-61](#)