

Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen
Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften
zu München

Jahrgang 1943

München 1944

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung



Beobachtungen an Topinambur und an der Kartoffel.

Von Friedrich Boas.

Botanisches und pflanzenpathologisches Institut der Technischen Hochschule,
München – Abteilung für landwirtschaftliche und alpine Botanik.

Mit 10 Abbildungen.

Vorgelegt am 10. Dezember 1943.

Bei Versuchen mit *Helianthus tuberosus* (Topinambur) fiel uns die an sich bekannte, aber immer eindrucksvolle, auffallend schnelle Welkungs- und Schrumpfungsfähigkeit der Knollen unangenehm auf, weil diese Eigenschaft störend in physiologische Untersuchungen eingreift.

In erster Linie haben wir daher den Wasserverlust der Knollen und das Korkbildungsvermögen der Knollen untersucht. Dabei wurde die Kartoffel als Vergleichspflanze herangezogen.

Ein weiterer Punkt der Untersuchung war der, festzustellen, inwieweit die Hefewuchsstoffgruppe (Biotingruppe) in Topinambur und in der Kartoffel vorkommt. Dies halte ich für notwendig, weil die Biotingruppe einen Wirkstoffkomplex von großer, wenn auch noch nicht genügend erkannter Bedeutung darstellt. In der Literatur über die Kartoffel, wie in der über viele andere wichtige Pflanzen, wird Biotin bisher unbeachtet gelassen. Dies ist unzulässig. Deshalb gehe ich hier vergleichend kurz auf den Biotingehalt von Kartoffel und Topinambur ein. Als Vergleichsbiotinträger dient uns wie üblich hier die Kamille, die in ihren Blütenköpfen einen bedeutenden Gehalt an Biotin besitzt.

I. Wasserverlust bei Topinambur und bei der Kartoffel.

Die ungemein schnelle Austrocknung der Knollen von Topinambur beruht auf der Tatsache, daß Topinambur weder einen ausgebildeten Kork noch eine funktionsfähige Epidermis mit

Einrichtungen gegen Wasserverlust besitzt. Das ist immerhin eine biologisch bemerkenswerte Tatsache. Infolge des Korkmangels tritt schneller und, wie die beigegebene Kurve zeigt, bemerkenswert gleichmäßiger Wasserverlust ein, der in etwa 15 Tagen 65–67% des Gesamtgewichtes erreicht. Ich verweise auf die nebenstehende Tabelle.

Helianthus tuberosus.

	Anfangsgewicht in g		Gewichtsverlust						Beginn: 14. 11.		in %
	14. 11.	16. 11.	17. 11.	18. 11.	19. 11.	21. 11.	30. 11.	4. 12.	31. 12.		
1.	49	37,7	33,57	32,20	27,48	23,69	16,05	14,72	=	67,2 %	
2.	50,7	37,65	33,86	30,46	27,65	23,84	16,30	15,12	=	65,7 %	
3.	76,99	56,67	50,70	41,10	37,55	34,85	24,9	—	=	67,6 %	

Solanum tuberosum

	Anfangsgewicht in g		Gewichtsverlust					Beginn: 14. 11.		in %
	14. 11.	16. 11.	17. 11.	18. 11.	19. 11.	20. 11.	30. 11.			
1.	65,85	65,55	65,48	65,43	65,34	65,25	64,6	=	1,8 %	
2.	94,42	94,33	94,23	94,15	94,05	93,85	93	=	1,5 %	
3.	113,82	113,14	112,89	112,62	112,30	111,91	110	=	3,3 %	

In der Natur befindet sich die Knolle von Topinambur im Boden und damit in einer für sie zweckentsprechenden Umgebung. Wenn die Knolle durch den Menschen in eine physiologisch ungeeignete Umgebung gebracht wird und diese vom Menschen geschaffene unphysiologische Umwelt nicht meistert, so liegt hier keine unzweckmäßige Einrichtung der Knolle vor.

Außerdem stirbt die Knolle trotz des gewaltigen Wasserverlustes nicht ab, das ist ein bemerkenswertes Verhalten, da viele Organe vieler Blütenpflanzen einen derartig hohen Wasserverlust nicht überstehen.

Die Kartoffelknolle ist im Hinblick auf Wasserhaushalt und Gasaustausch konstruktiv und regulativ gut ausgestattet. Sie besitzt

1. starke Korkbildung
2. starke Wundkorkmöglichkeit
3. Atemporen (Lentizellen).

Die Kartoffelknolle enthält somit alle Einrichtungen, die vom Standpunkt eines schulmäßigen und teleologischen Verhaltens aus erwartet werden können. Demgegenüber erscheint uns die ebenfalls mit vielen Reservestoffen ausgestattete Knolle von Topinambur geradezu als ein unromantisches Pflanzenorgan. Es fehlen:

1. Kork
2. Wundkork
3. Atemporen (Lentizellen).

Trotzdem behauptet sich *Helianthus tuberosus* in der Natur. Ähnlich wie die Sproßknolle von *Helianthus tuberosus* verhält sich die sehr stärkereiche Wurzelknolle des Scharbockskrautes (*Ranunculus Ficaria*). Auch hier fehlt Kork, ebenso die Lentizellenbildung. Demgemäß tritt schnelle und starke Austrocknung ein.

An biologischen Schutz- und Steuerungseinrichtungen stellt die Kartoffelknolle einen biologischen Maximaltypus, *Ranunculus Ficaria* einen Minimaltypus dar. *Ranunculus Ficaria* gehört einem phyletisch alten, *Helianthus tuberosus* einem jungen Stamm des Gewächsreiches an. An ganz verschiedenen Stellen des Gewächsreiches treten somit bei äußerlich ähnlicher Erscheinung¹ (Kartoffel, Scharbockskraut, Topinambur) physiologisch und biologisch ganz verschiedene Typen auf. In den Lehrbüchern kommen diese Typen

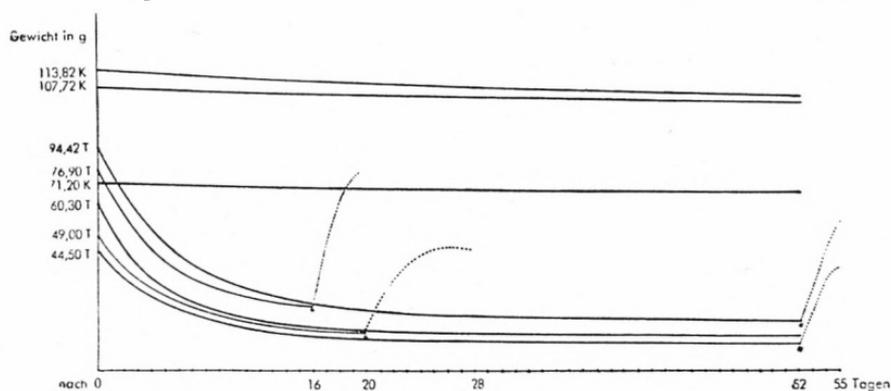


Abb. 1. Wasserverlust der Kartoffel (K), von Topinambur (T).
Wiederaufnahme von Wasser

¹ Knollenbildung.

meist nicht zur klaren Darstellung. Die Festlegung dieser Typen aber erscheint als eine wichtige Aufgabe einer Phaenomenologie der Pflanze.

Die Wiederaufnahme der stark ausgetrockneten Knollen erfolgt bemerkenswert gleichmäßig bis nahezu wieder auf den Anfangswassergehalt. Dies ist auf der Nebenkurve der Abbildung 1 zu ersehen. Die auf diese Weise wieder turgeszent gewordenen Knollen sind jedoch insofern geschädigt, als sie leicht faulen. Das gilt allerdings nur bei Aufbewahrung in feuchtigkeitsgesättigter Luft. Dabei kommen fast nur Bakterien in Betracht, Pilze nicht. Bei der Wiederaufnahme des verlorenen Wassers tritt Dunkelfärbung der Knollen (Melaninbildung?) und ein angenehmer aromatischer Geruch auf. Hierauf soll in einer anderen Arbeit zurückgekommen werden.

II. Korkbildung und anatomische Hinweise.

Topinambur besitzt keinen deutlichen Kork. Wenn man aber die Knollen verwundet, tritt ein Versuch zu einer geringen Wundzellbildung ein. Diese Tatsache eines primär fehlenden Schutzgewebes trotz eines sekundär möglichen Schutzgewebes

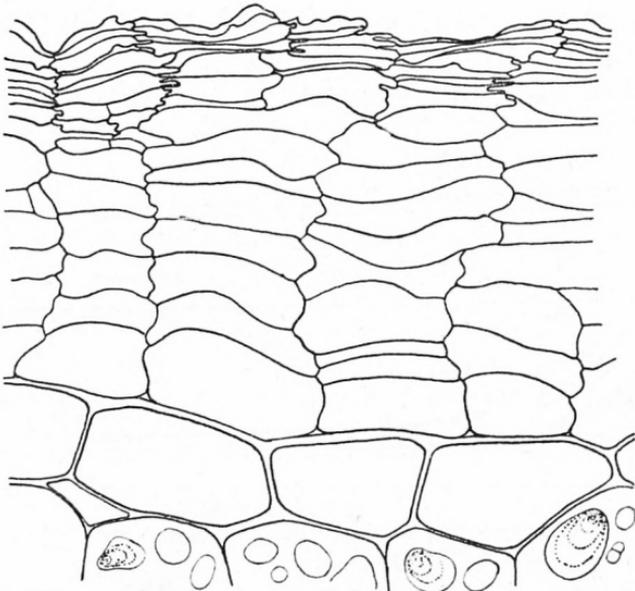
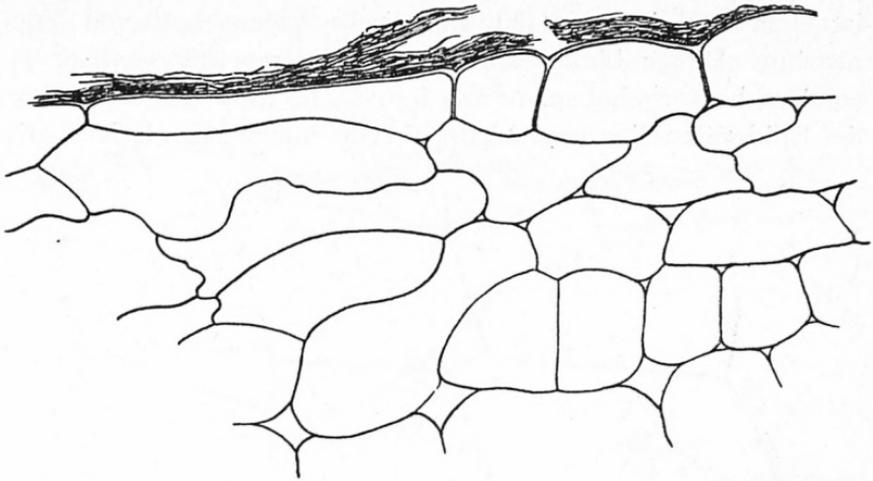
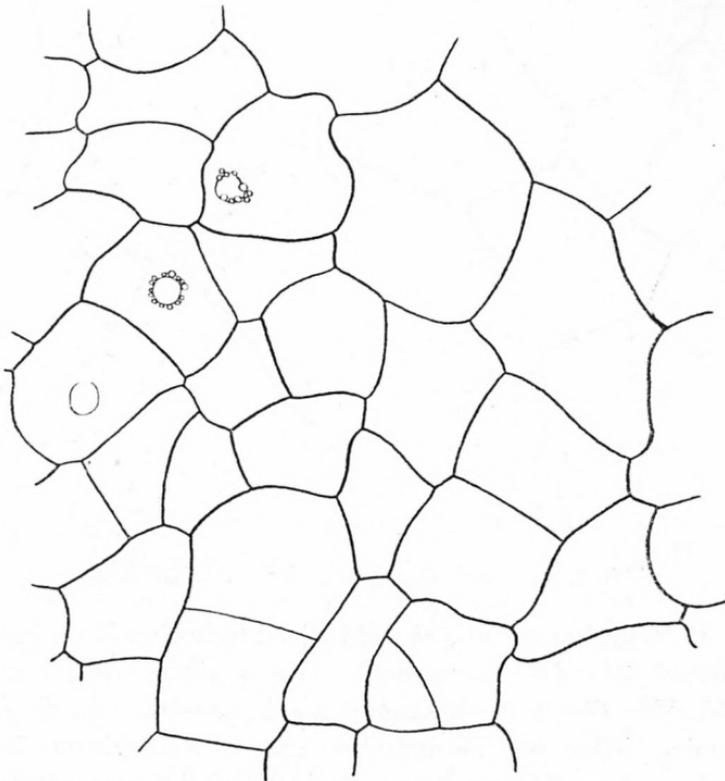


Abb. 2. Korkbildung von *Solanum tuberosum*. Sorte Alpha.

Abb. 3. *Helianthus tuberosus*.

Abgestorbene Epidermis als Korkersatz. Geringer Verdunstungsstutz.

Abb. 4. *Helianthus tuberosus*.

Wandneubildung nach Verwundung. Große Kerne mit Leukoplasten.

ist eine bemerkenswert physiologische Eigenschaft von Topinambur. Dieser biologische innere Widerspruch verdient besonders hervorgehoben zu werden. D. h. trotz des Absterbens der Epidermiszellen unterbleibt hier die übliche regulative Tätig-

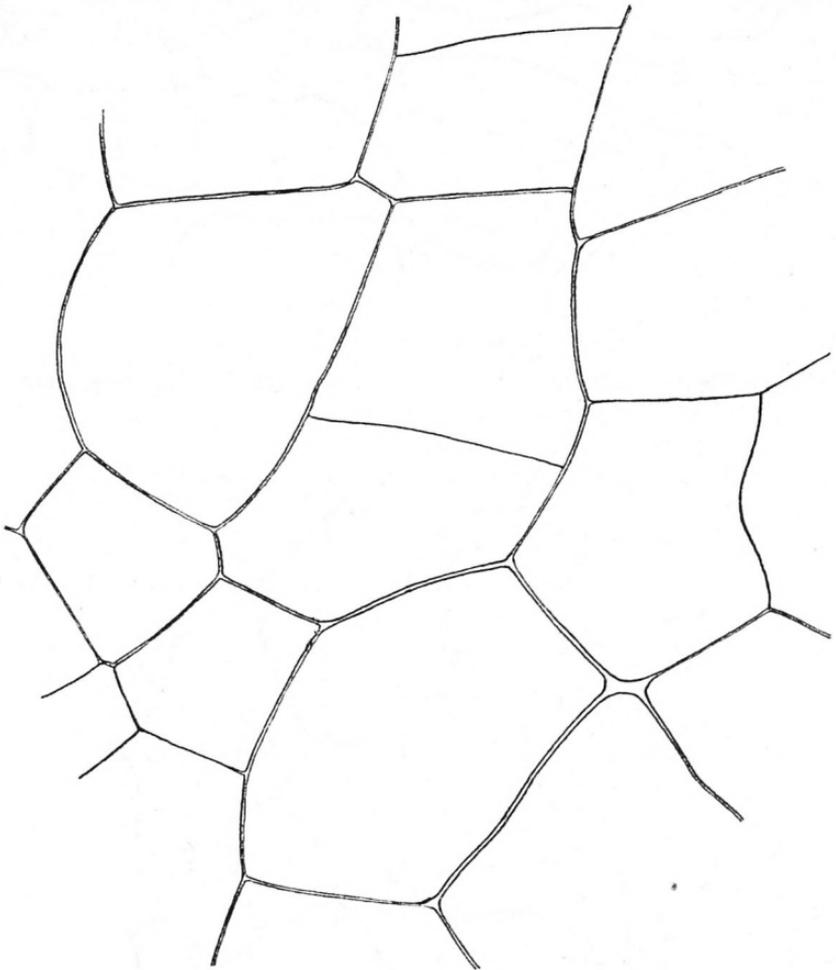


Abb. 5. Kartoffel. Beginnende Wundkorkbildung.

keit von Nekrohormonen, obwohl die durch eine Wundsetzung aktivierten Wundhormone noch eine geringe Aktivität entwickeln. Von dieser Beobachtung aus könnte man in dem Verhalten der Zellen bei Topinambur eine physiologische Reduktion sehen. Den Morphologen sind Reduktionen und Reduktionsreihen bekanntlich sehr geläufig (Goebel).

Das Aussehen der absterbenden, wenig schützenden Oberhaut und der Versuch zu einer Art „Wundkorkbildung“ ist auf Abbildung 2-6 dargestellt.

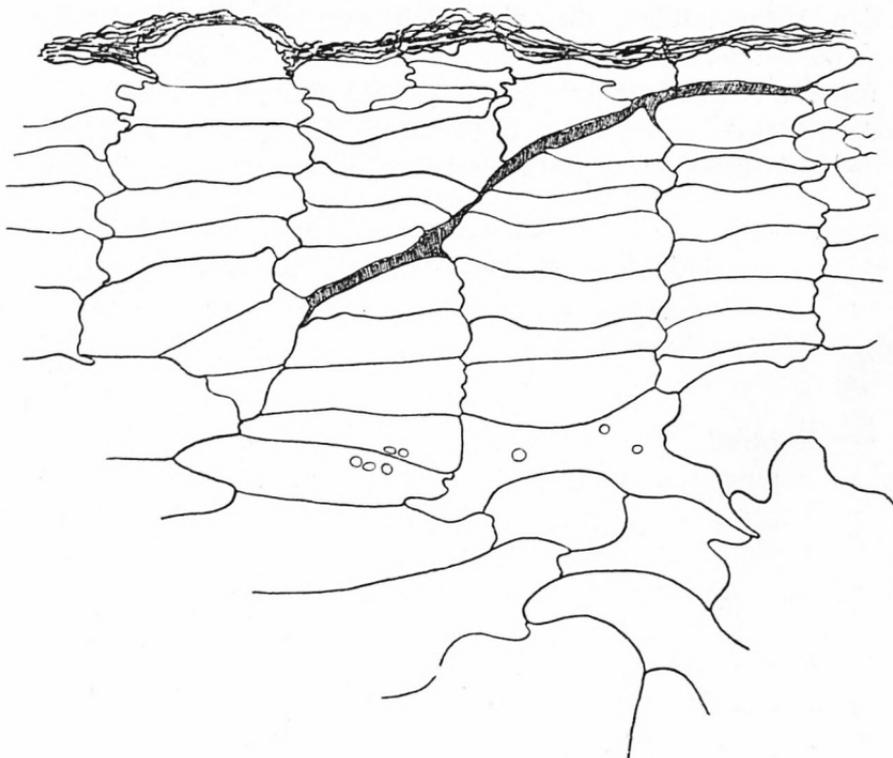


Abb. 6. Kartoffelknolle. Wundkork 3 Wochen nach Verletzung.

III. Biotinversuche mit Topinambur.

Der Biotingehalt von Topinambur wurde in der üblichen Weise mit der Hefeprobe festgestellt. Ich habe diese Methode auch in meiner „Dynamischen Botanik“ (2. Auflage) beschrieben. Um einen Überblick über die Mengenverhältnisse zu erhalten, diente ein Auszug aus Kamille als Vergleichsbiotinquelle. Bei der Kamille wurde wie üblich 1 g der gut lufttrocknen Handelsware in 100 ccm Leitungswasser aufgekocht. Nach etwa 1stündigem Stehen wurde filtriert und das Filtrat sterilisiert. Die Auszüge aus Topinambur und aus der Kartoffel wurden auf gleichen Wassergehalt bezogen auf Kamille berechnet, so daß eine vergleichbare Wuchsstofflösung vorlag. Die Nährlösung war die

von uns und anderen vielbenützte Hefenährlösung. Ich verweise hier auf meine Dynamische Botanik. Auch Ruge weist in seinem Praktikum auf diese Nährlösung hin, wobei er zwar den Autor anführt, aber die Schriftumsstelle ausgelassen hat.

Verwendet wurden 40 ccm Nährlösung in Erlenmeyerkolben von 100 ccm Inhalt. Die Ergebnisse des Biotinversuches sind in der nebenstehenden Übersicht zusammengefaßt. Das Wachstum der Hefe wurde durch Zählung des Zellenzuwachstums bestimmt.

A. Biotinversuche mit der Kartoffel- und Topinamburknolle.

Beginn: 8. IV. 1943

Nr.	Biotinzusatz	Wachstum der Hefe	Zellenzahl
		13. IV.	18. IV.
1-3 Kontrolle	o	o	o
4 Topinamburauszug	0,2 ccm	Spur,	deutlich
5 Topinamburauszug	1 ccm	einzelne große Kolon.	6 Mill.
6 Topinamburauszug	2 ccm	dünnere Bodensatz	39 Mill.
7 Kartoffelauszug	2 ccm	Bodensatz m. vielen Kolonien	3,5 Mill.
8 Kartoffelauszug	1 ccm	schwach,	schwach
9 Kartoffelauszug	0,2 ccm	kaum sichtbar	—
10 Kamillenauszug	0,2 ccm	starker Bodensatz	—
11 Kamillenauszug	1 Tropfen	einzelne Kolonien	3,5 Mill.
12 Topinambur	1 Tropfen	o	o
13 Kartoffel	1 Tropfen	o	o
14 Kamille	1 ccm	dichter Bodensatz	61 Mill.

Nach weiteren 10 Tagen ist auch in den Kolben 8, 9, 12 und 13 ein sehr geringes Wachstum eingetreten; der Biotingehalt ist aber hier so gering, daß er vernachlässigt werden kann.

Zu diesem Versuch sei noch bemerkt:

Die Einsaat betrug 15 Zellen je 1 ccm. Sie war also sehr gering. Die Hefe war auf Würzegeatine bzw. Würzeagar herangezogen worden; die zum Impfen benützte Hefe war etwa acht Tage alt. Sowohl Topinambur als auch die Kartoffelknolle enthalten nennenswerte Mengen Biotin. Die Kartoffelknolle ist ärmer an Hefewuchsstoff als Topinambur.

Setzt man den Biotin- bzw. Hefenwuchsstoffgehalt der Kartoffelknolle gleich 1, so ist der der Knolle von Topinambur etwa 15–20 und der der Blüten der Kamille etwa 40. Der biologische Wert dieser drei Pflanzen bezogen auf die Anregung des Hefewachstums ist also sehr verschieden. Aus den Proben Nr. 4, 7, 11 des vorstehenden Versuches läßt sich die eben versuchte Bewertung einigermaßen ablesen. Für eine exaktere Bewertung sind natürlich weitere Versuche namentlich mit verschiedenen Sorten nötig, das ist eine nicht unwichtige Aufgabe.

Daß die Kamille mit Abstand an der Spitze steht, ist eine alte Erfahrung. Deswegen benützen wir für gewöhnlich die Kamille als Bezugssystem. Die Kartoffel- und Topinamburproben wurden, wie schon erwähnt, auf lufttrockene Kamille bezogen, so daß eine brauchbare Vergleichbarkeit zwischen Kamille, Topinambur und Kartoffel möglich ist.

Wenn auch Biotin an sich weit verbreitet ist, so scheint die Erkenntnis, daß Biotin ein universeller Wirkstoff für den Stoffwechsel ist, durchaus noch nicht Allgemeingut der Physiologie zu sein.

Ich verweise nur auf die Tatsache, daß moderne Analysen, z. B. der Kartoffel, etwa folgendes Aussehen haben:

Zusammensetzung der Kartoffelknolle:

Wasser	75 %
Trockensubstanz	25 %
Stärke	16–20 %
Stickstoffsubstanz ¹	1,8 %
Fett	0,1 %
Asche	1,2 %
Provitamin A	0,03 mg je 100 g
Vitamin B ₁	0,09 mg
Vitamin B ₂	0,05 mg
Vitamin C	10 mg

Hier fehlt noch der Hinweis auf Biotin. Wo in Pflanzen Vitamine wie B₁, B₂ (und C) vorkommen, findet sich in der Regel auch Biotin. Wenn uns seine allgemeine Bedeutung auch noch nicht

¹ Bekanntlich nicht identisch mit Eiweiß.

vollkommen klar ist, so ist dieser Mangel kein Grund, in einer modernen biologischen Analyse Biotin einfach auszulassen. Diese Forderung ist durchaus berechtigt; denn Biotin gehört zu den Hochleistungstoffen, die obendrein durch Erhitzen in neutraler, schwach saurer oder alkalischer Lösung nicht wesentlich geschädigt werden. Biotin gehört also ebenso wie Vitamin B₁, B₂ und C in eine moderne biologische Analyse.

Ob die gute Biotinwirkung der Knolle von Topinambur durch den Gehalt an Aminosäuren mit bedingt wird, erscheint fraglich, da auch in Kartoffelknollen reichlich Aminosäuren sich finden. Ich verweise auf die nebenstehende Übersicht, in der ich zur weiteren Orientierung über den Gehalt an Aminosäuren auch noch die Werte einiger Pilze, die ja auch Biotinträger sind, mitanführe.

Formolstickstoff in mg in 100 g Frischsubstanz

Topinambur	56 mg	Herbst 1943
Kartoffelsorten		
Erika	52,5 mg	} Herbst 1943
Sabina	52,5 mg	
Ackersegen	90,5 mg	
Rotfußröhrling	39,7 mg	} Herbst 1943
Pantherpilz	112 mg	
Echter Reizker (<i>Lactarius deliciosus</i>)	42 mg	
Scleroderma vulgare	101,5 mg	
„Speitäubling“ ¹	25,7 mg	

Vergleichsweise gebe ich hier eine Übersicht über die Zusammensetzung der Knolle von Topinambur z. T. nach Wehmer, z. T. nach eigenen Versuchen.

Wassergehalt	71,6–84,2%, Mittel etwa 79%
Inulin	4,4–7,4%
Saccharose	bis 0,95%
Dextrose	wechselnde Mengen 2–5%
Stickstoffverbindungen	2% = 0,32% N
davon Formol-N (Aminosäuren)	0,052%
Fett	0,11–0,44%

¹ Diese dem Speitäubling nahestehende Form, die noch genauer untersucht werden soll, lieferte einen stark fluoreszierenden Kochsaft.

Asche	etwa 2% (stark schwankend)
Biotin	reichlich
Vitamin B ₁	vorhanden
Oxalsäure	keine.

B. Biotinversuch mit Blatt und Stengel der Kartoffel.

Über das Vorkommen von Biotin in den oberirdischen Vegetationsorganen klärt der folgende Versuch auf; er bietet insofern auch ein gewisses Interesse, weil hierbei eine gesunde und eine stark mosaikkranke Pflanze verglichen wurde. Die Pflanzen entstammten dem Grünlandsmoorgebiet nördlich von München. Die Biotinprobe wurde durch Auskochen zerkleinerter Pflanzen (20 g frisch) mit 200 ccm Leitungswasser hergestellt. Nach 2stündigem Stehen erfolgte Filtration; die Extrakte wurden zweimal sterilisiert. Die Säfte ließen schon äußerlich bemerkenswerte Unterschiede erkennen, dies zeigt auch die nebenstehende Zusammenstellung:

Aussehen der Säfte:

Gesunde Pflanze hellbraun	Kranke Pflanze dunkelbraun
------------------------------	-------------------------------

Aminosäuregehalt (van Slyke):

8,61 mg in 100 ccm Auszug Trockensubstanz	10,77 mg in 100 ccm Auszug
102,5 mg in 10 ccm Auszug Asche	84,0 mg in 10 ccm Auszug
15 mg in 10 ccm Auszug	11,5 mg in 10 ccm Auszug

Die Biotinprobe der grünen Stengel- und Blatt-Teile ergab folgendes Bild:

Beginn: 8. 6. 1943

Zählung: 1. 7. 1943

Einsaat: gering (etwa 200 Zellen), Nährlösung 40 ccm.

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Kontrolle | Zellenzahl: kein sichtbares Wachstum |
| 2. Biotinquelle
1 ccm Auszug | Zellenzahl: $384 \cdot 10^6$ |
| 3. Biotinquelle
1 ccm Auszug
mosaikkrank | Zellenzahl: $296 \cdot 10^6$ |

Der Unterschied zwischen gesunder und mosaikkranke Pflanze ist erheblich. Er liegt außerhalb jeder Fehlerquelle.¹ Dieser Unterschied muß jedoch nicht in einem geringeren Biotingehalt gesucht werden, er kann auch in Hemmungssubstanzen liegen, die in der kranken Pflanze entweder als solche primär vorkommen oder die erst sekundär beim Sterilisieren entstehen.

Es kann auch an den erhöhten Gehalt an Aminosäuren in der gesunden Pflanze gedacht werden. Bekanntlich können einzelne Aminosäuren als Hilfswachsstoffe wirken. Darauf hat besonders N. Nielsen in mehreren Arbeiten hingewiesen. Einzelne Aminosäuren sind in dieser Hinsicht besonders auffallend. Doch sei hier diese mehr oder minder bekannte Erscheinung nur nebenbei erwähnt.

Das Vorkommen von Biotin im Blatt und im Stengel der Kartoffel kann zusammen mit anderen Wirkstoffen wie B₁ (Aneurin) im Kreislauf des Lebens eine gewisse Bedeutung haben. Besonders denke ich hier an Sandböden, wenn nach der Kartoffelernte die Stengel ausgelegt werden. Daß Biotin im Boden in den Kreislauf des Lebens eintreten und für viele Organismen, soweit sie biotinbedürftig sind, wertvoll sein kann, ergibt sich aus verschiedenen neueren Arbeiten zur Biotinfrage, ich nenne nur Melin.

In diesem Zusammenhang muß auch immer wieder auf die Tatsache hingewiesen werden, daß bestimmte Entwicklungsstadien der Pflanzen einen Wachsstoff- und Hormonmangel haben, selbst wenn sie die betreffenden Wirkstoffe selbst erzeugen. Aus diesem gelegentlichen Mangel ergibt sich die Nötigung, dem Boden Wirkstoffe aller Art zuzuführen. Der oben ange deutete Wirkungskreislauf besteht auch in der Natur, er ist nicht nur eine theoretische bzw. logische Erkenntnis und Forderung.

IV. Kristallsand in Kartoffelknollen.

Bei der Untersuchung alter Kartoffelknollen, ferner der Mutterknollen, die in Erde bereits stark ausgetrieben hatten und bei der Untersuchung kleinster Knollen, die zu einigen Keimungsversuchen herangezogen wurden, wurde in einigen Knollen das Vorkommen von reichlich Kristallsand beobachtet. Bei

¹ Kann mit maximal 20% angenommen werden.

Solanaceen ist das Vorkommen von Kristallsand eine mindestens theoretisch längst bekannte Tatsache. Das gelegentliche Vorkommen von Kristallsand in der Kartoffelknolle ist aber in Lehrbüchern nicht hinreichend beachtet, deshalb verweise ich hier wieder kurz auf diese Tatsache.

In einer stark geschrumpften Kartoffelknolle fand sich z. B. folgende Verteilung von Kristallsandzellen:

Zahl der Oxalaträume im Gesichtsfeld:

(Sorte unbekannt)

- | | |
|------------------------------|---------------------|
| a) Peripher (gegen den Kork) | 4, 4, 5, 1, 1, 5, 3 |
| b) Central | 21, 9, 11, 12, 12. |

Auch in kleinen Knollen von 1,75 bzw. 2,95 g Gewicht konnten Kristallsandzellen gefunden werden. Diese kleinen Knollen liefern als Saatgut verwendet eine z. T. befriedigende Ernte, wie ein Versuch im Jahre 1943 ergab. Fragen dieser Art haben früher eine große Rolle gespielt. Uns interessiert hier nur die biologisch wichtige Tatsache, daß so kleine Knollen im nächsten Frühjahr als Saatgut eine brauchbare Ernte geben können. Auf der einen Seite kann man z. B. Knollen von etwa 150–200 g, auf der anderen Seite Knollen von 1–2 g mit Erfolg verwenden. In der Landwirtschaft vermeidet man bekanntlich derartige Extreme. Wenig geschrumpfte, im Keller aufbewahrte Knollen der Sorte Alpha ergaben folgendes Resultat:

Kartoffel Alpha: Aufbewahrung im Keller, wenig geschrumpft.

Untersuchung 10. IV. 43

Kristallsand in der Knolle:

- Rand o, Mitte o;
- Rand o, Mitte o;
- stark geschrumpft, mit Lichtkeimen, Mitte o, rindenwärts mehrere große;
- Lichtkeime: o;
- Etiolierte Stengel: o.

Eine aus der Erde entnommene Mutterknolle ergab 6 Wochen nach der Entwicklung der Triebe im Gewächshaus: zahlreiche Kristallsandzellen. Vgl. Abb. 7.

Die Darstellung des Kristallsandvorkommens in der Kartoffelknolle bei Solereder, der sich dabei stark auf Arcangeli stützt, ist zu knapp, als daß der Biologe oder Landwirt sich damit begnügen könnte. In der umfangreichen Arbeit von F.

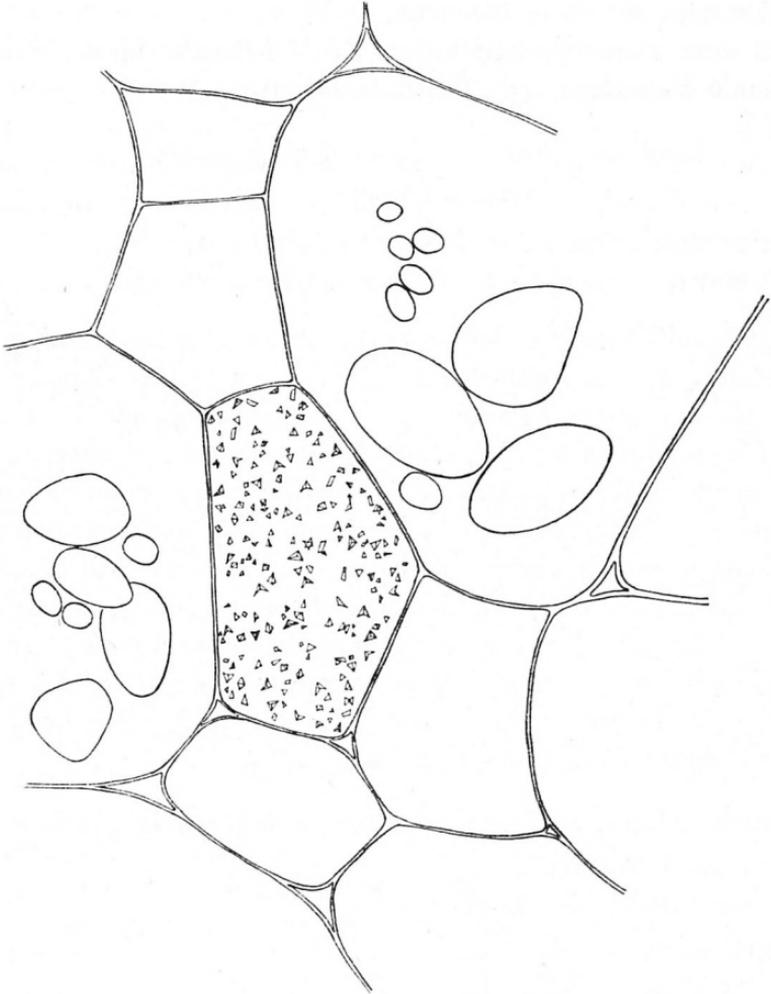


Abb. 7. Kartoffel. Zelle mit Kristallsand.
Nur einzelne Kristalle gezeichnet.

Esmarch über die Anatomie der gesunden und kranken Kartoffelpflanze erscheinen zwar gelegentlich in den Abbildungen Andeutungen von Kristallsandzellen (Abb. 9 im Mesophyll, 13, 14, 16 Blatt, 34 Stengel, 41 Rinde, 44 Schuppenblatt). Indessen gehen diese Abbildungen über eine Andeutung nicht hinaus.

In der Knolle hat Esmarch Kristallsand offenbar nicht beobachtet. Bei der großen Bedeutung des Kristallsandes bzw. des Oxalatvorkommens halte ich es für notwendig, auf die Möglichkeit von gelegentlichen Oxalatvorkommen in alten Kartoffelknollen hinzuweisen. Bekanntlich reagieren viele Menschen heftig auf Oxalate (Oxalaturie usw.). Schon aus diesen Gründen ist das Vorkommen von Oxalat in größeren Mengen von Bedeutung. Außerdem halte ich es für geboten, eine hinreichend klare Abbildung einer Kristallsandzelle der Kartoffelknolle zu bringen, sozusagen als Vorläufer einer eingehenden Anatomie der Kulturpflanzen. Dies ist um so nötiger, als z. B. die Abbildungen über Kristallsandvorkommen bei Wiesner (Beta Fig. 182 und Nicotiana Fig. 218) zu allgemein gehalten sind, als daß der Kristallsand wirklich zur Anschauung kommen könnte. Auch das Handbuch der Pflanzenanatomie (Netolitzky Bd. III/14) bringt nur Einzelkristalle nach Arcangeli.

Während die Kartoffelknolle Oxalsäure in schwankenden Mengen enthält, ist die im Herbst geerntete Knolle von Topinambur mikroskopisch und chemisch frei von Oxalsäure. Das ist eine physiologisch bemerkenswerte Tatsache. Allerdings kommt diese Erscheinung bei den Kompositen nicht selten vor, so ist ja auch die Cichorie und die Schwarzwurzel (*Scorzonera*) frei von Oxalsäure.

In Kartoffelknollen haben wir folgende Mengen von Oxalsäure festgestellt:

Sabine enthält in 100 g 16 mg = 1:6600

Erika enthält in 100 g 30 mg = 1:3300.

Diese Zahlen stimmen gut mit denen überein, die Wehmer angibt (0,017% nach Siewert 1883).

Oxalsäure hat nach allgemeiner Auffassung eine große Bedeutung für die Physiologie der Zelle. Es muß daher auffallen, wenn einzelne Pflanzen arm an Oxalsäure oder sogar frei von Oxalsäure sind. Im letzteren Fall muß die Frage aufgeworfen werden, ob die Zellen primär oder sekundär (durch Wegoxydation, Franke 1943) frei sind. Im ersteren Fall würde das Fehlen von Oxalsäure auf große physiologische Unterschiede, auf besondere Typen des Stoffwechsels hinweisen. Auch hier

gilt es, das physiologische Sosein noch genauer festzulegen und die entsprechenden Typen in einer Phaenomenologie festzulegen.

V. Kerne und Haare.

Bei der anatomischen Untersuchung von *Helianthus tuberosus* fielen im Stengel und in den Knollen große Kerne auf. *Helianthus* eignet sich also im mikroskopischen Praktikum recht gut zur Vorführung von Zellkernen.

Als Composite ist *Helianthus* durch seine Haar- und Drüsenbildung ausgezeichnet.

Die großzelligen einreihigen Deckhaare fallen besonders durch ihre große Fußzelle und durch die intensive aber verschieden gestaltete körnigknotige Verdickung der Außenwand auf. Die Mittelzellen sind meist durch grobe Knötchen deutlich von der feinkörnigen Endzelle verschieden, die Fußzelle ist glattwandig.

Insgesamt finden sich am Blatt dreierlei Haare:

- a) Drüsenhaare; sie sind in Abb. 8 festgehalten.
- b) Saffthaare (Abb. 9). Sie sind mehrzellig, enthalten reichlich Plasma. Außerdem sind degenerierte Chloroplasten vorhanden.
- c) Große einzellreihige, also mehrzellige Deckhaare (Abb. 10) mit ihrer oft dreifach verschiedenartigen Ausbildung (Körnigkeit) der Außenwand.

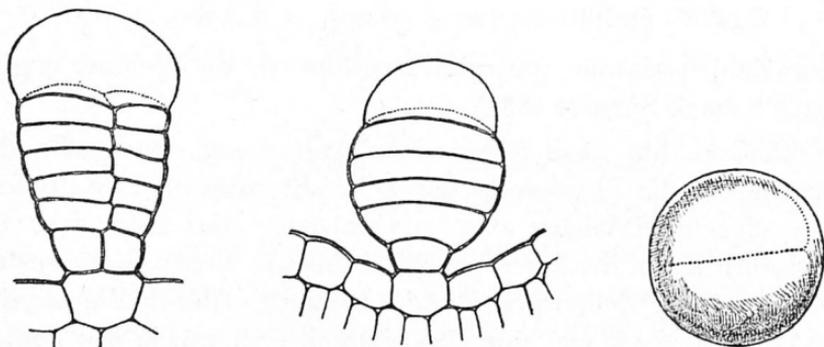


Abb. 8. *Helianthus tuberosus* mit Drüsenhaare rechts in der Aufsicht.

IX. Etiolierungsversuche.

Wie die Kartoffel, so eignet sich auch Topinambur für Etiolierungsversuche sehr gut. Die Sprosse erhalten eine beträchtliche Länge; sie sind nahezu weiß. Die Länge des Blattstiels ist kaum geändert, die Blattfläche dagegen nur angedeutet. Bei den

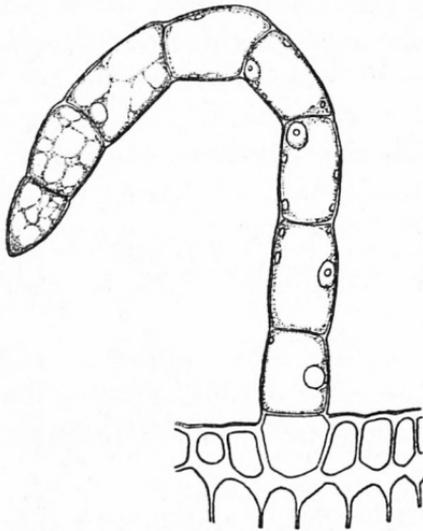


Abb. 9. *Helianthus tuberosus*.
Safthaar.

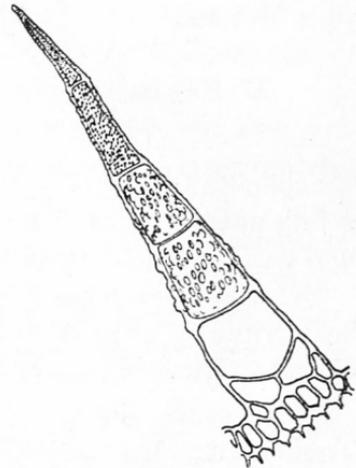


Abb. 10. *Helianthus tuberosus*.
Deckhaar mit verschiedenartiger
Wanderskulptur.

vielen vergleichenden Etiolierungsversuchen mit Topinambur in trockenem Luftraum bei etwa 15° C hat sich nun die bemerkenswerte Tatsache ergeben, daß der Stengel (Sproß) fast seiner ganzen Länge nach mit etwa 4 Reihen Adventiv- (Luft-)wurzeln besetzt war. Die Wurzeln selbst erreichten kaum die Länge von einem Millimeter. Diese Wurzelbildung am Sproß, die normalerweise wohl nie auftritt, ist immerhin in hohem Grad bemerkenswert. Man kann annehmen, daß infolge der langen Versuchsdauer der Sproß seine ganzen Reservestoffe, auch solche, die vielleicht normalerweise nicht verwendet werden, mobilisierte. Dabei dürften dann wohl auch Wurzelbildungsstoffe an Stellen im Überschuß sein, wo sie normalerweise selten sind. Vielleicht

wurden auch Stoffe¹ an Stellen transportiert, wo sie sonst nicht hinkommen. Adventivwurzeln im Dunkeln und im Trocknen am oberirdischen Sproß erscheinen uns als sinn- bzw. nutzlose Bildung. Sie treten offenbar zwangsläufig auf, wenn die entsprechenden Stoffe im Stoffwechsel gebildet werden und in den Vordergrund treten.

Diese theoretisch wichtige Frage soll in anderem Zusammenhang genauer behandelt werden.

Der hier erwähnte Etiolierungsversuch erstreckte sich auf mehr als 4 Monate.

X. Fäulnisprobe bzw. spezifische Resistenz von Kochsäften.

Schließlich sei noch auf einen mehrfach mit dem gleichen Ergebnis unternommenen Versuch mit Kochsäften von Topinambur und der Kartoffel kurz eingegangen.

Die zur Biotinprobe nicht verwendeten Säfte wurden im Laboratorium in offenen Bechergläsern sich selbst überlassen, um die bakteriotropen bzw. mykotropen Eigenschaften zu beobachten.

Dabei ergab sich:

Topinambursaft: Starkes Bakterienwachstum; auch nach Wochen kein Pilzwachstum.

Kartoffelsaft: Zuerst wie bei Topinambur starkes Wachstum von Bakterien. Dann starkes Wachstum von Pilzen: Es bildete sich rasch eine Decke von Pilzen, besonders von *Penicillium*.

Dieselbe Erscheinung tritt auch bei Aufstellung von Scheiben im wasserdampfgesättigten Raum in Petrischalen ein.

Die Topinamburscheiben bedecken sich mit Bakterien, die Kartoffelscheiben lassen nach dem Auftreten von Bakterien bald starkes Wachstum von Pilzen zu, sie haben eine doppelte phyletische Wirkung. Topinambur hemmt also die übliche Sukzession von Mikroorganismen; Bakterien—Pilze; die Kartoffel fördert sie. Man kann auch sagen, die Kartoffel stellt ein ungeschütztes, die Topinamburknolle ein geschütztes System dar. Diese Tatsache ist physiologisch und pathologisch nicht ohne

¹ Nicht nur Wuchsstoffe! Es handelt sich beim Etiollement ja um Verschiebung aller Wertverhältnisse.

allgemeines Interesse, weil sie uns Einzelheiten des Wirkbildes anschaulich vor Augen führt. Es ist ja auch das Kartoffelblatt bei der Unterwasserprobe sehr wenig widerstandsfähig; darauf habe ich schon früher hingewiesen.

Kartoffelsaft bzw. Kartoffelkochbrei entwickelt somit gegen Pilze und Bakterien keine Abwehrwerte, während Topinambursaft eine Teilabwehr besitzt.

Dieser Versuch wurde im Laufe eines Jahres, also zu ganz verschiedenen inneren Entwicklungszuständen der Kartoffelknolle, viermal wiederholt, jedesmal mit dem gleichen Erfolg: Topinambursaft: Entwicklung vieler Bakterien, keine Pilze.

Kartoffelsaft: Nach der Bakterienentwicklung Wachstum von Pilzen, besonders von *Penicillium*.

Es handelt sich also um keine Zufallserscheinung, sondern um physiologisch bedingte Vorgänge, die als Beitrag zu einer botanischen Wertlehre betrachtet werden mögen.

Zur physiologischen Charakteristik der Pflanzen: Festlegung des Wirkbildes sind diese Beobachtungen vielleicht wichtig. Jedenfalls gehören sie in die Gedankengänge einer biologischen Wertlehre, die bei der Lehre von den Wirkungskreisläufen in der Natur einige Beachtung verdienen.

Bei der Durchführung der vorliegenden Arbeit wurde ich von Prof. Dr. Rudolf Gistel, Dr. G. Carl (Abbildungen), Frau Schwarze und Frl. Richter in dankenswerter Weise unterstützt.

Dem Reichsministerium für Ernährung und Landwirtschaft, besonders Herrn Minister a. D. Riecke, der die Forschungsstation für landwirtschaftliche und alpine Botanik ermöglichte, sei auch an dieser Stelle aufrichtig Dank gesagt.

Hinweise auf das Schrifttum.

Arcangeli: s. Solereder.

Boas, Fr.: Dynamische Botanik. 2. Aufl., 1942. J. F. Lehmanns Verlag, München.

Esmarch, Fr.: Beiträge zur Anatomie der gesunden und kranken Kartoffelpflanze. Landw. Jahrb. 45, 161, 264, 1920.

Franke, W., Schumann, F.: Banerjee, B.: Zur biologischen Oxydation der Oxalsäure. Ztschr. f. Physiol. Chemie, Bd. 278, 1943.

- Fries, N.: Adermin (Vitamin B 6) als Wachstumsfaktor für *Ophiostoma ulmi*. Naturw. 30, 685, 1942. – Über die Bedeutung von Wuchsstoffen. Upsala 1938.
- Melin, E. u. Nyman: Weitere Untersuchungen über die Wirkung von Aneurin und Biotin. Arch. Mikrob. 11, 318–328, 1940.
- Netolitzky, F.: Die Kalksalze als Zellinhaltskörper. Handb. der Pflanzenanatomie III/1a 1929.
- Nielsen, N.: Zahlreiche Arbeiten über Aminosäuren. C. R. Laborat. Carlsberg.
- Ruge, U.: Übungen zur Wachstums- und Entwicklungsphysiologie der Pflanzen. J. Springer, Berlin 1943.
- Solereeder, H.: Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Enke, Stuttgart 1899.
- Wehmer, C.: Die Pflanzenstoffe. 2. Aufl. Fischer, Jena.
- Wiesner, J.: Rohstoffe des Gewächsreiches. Engelmann, Leipzig.