

sehr undeutlich vorhanden. Auch diese Krystalle werden von einer oft sogar verhältnissmässig dicken Membran umgeben (Fig. 13). Uebrigens sind sie auch grösser als die von *Opuntia*, denn ihr grösster Durchmesser kann bis zu 0,04 mm betragen.

Wenn sich die Artenzahl der Cacteen, bei denen Sphärokrystalle von oxalsaurem Kalk — unter diesem Namen fasse ich alle hier neu beschriebenen Formen zusammen — gefunden werden, vermuthlich noch vermehren lässt, so ist doch ihr Vorkommen offenbar ein regelloses, indem sie bei der einen Species auftreten, bei einer anderen Species derselben Gattung aber fehlen. Auch soviel lässt sich aus den obigen Angaben schon entnehmen, dass ihr Vorhandensein nicht an bestimmte Theile der Pflanze gebunden ist.

Interessant wäre es, wenn diese bisher noch so wenig bekannte Form des Kalkoxalates auch in anderen Pflanzenfamilien aufgefunden würde.

Ich benutze die Gelegenheit dieser Veröffentlichung, um einen in meiner letzten Mittheilung: „Ueber eine neue epiphytische Floridee“ (Heft III dieses Jahres) von mir bei der Correctur übersehenen Druckfehler zu berichtigen. Es muss Pag. 80 Zeile 11 und 12 natürlich heissen: „Dieses (das *Episporium*) fand sich aber auch nur an der erwähnten Species, nie an andern Algen,“ ... anstatt des sinnentstellenden: ... „wie an andern Algen.“

---

## 28. C. Kraus: Das Wachsthum der Triebe aus Kartoffelknollen unter dem Einflusse der Bewurzelung.

Eingegangen am 19. Mai 1885.

---

In den Vorlesungen über Pflanzenphysiologie<sup>1)</sup> erwähnt Sachs, dass Kartoffelknollen in finsternen, feuchten Räumen liegend zahlreiche und oft sehr lange etiolirte Sprosse entwickeln, dass aber die Sprosse solcher Knollen, welche auf feuchtem Sande liegend unter einer Glasglocke an einem hellen Fenster aufbewahrt werden, bei 2 bis 3 Monate fortgesetzter Kultur äusserst kurz bleiben und ihre Blätter nicht entfalten. Diese Sprosse seien äusserst empfindlich gegen die Einwirkung des Lichts, welches ihr Wachsthum in so auffallendem Grade verhindere.

---

1) p. 650.

Sachs ist der Ansicht, dass die Kartoffelknolle bei normaler Lebensweise mehrere Centimeter hoch mit Erde bedeckt, also verfinstert sein muss, wenn die Keimtriebe aus den Augen sich entwickeln.

Ich habe schon vor längerer Zeit über dies merkwürdige Verhalten der Kartoffelkeime Versuche angestellt<sup>1)</sup>. Es kamen Knollen ungefähr gleicher Grösse zur Verwendung, zu einer Zeit, in der sich die Knospen noch in voller Vegetationsruhe befanden. Die Knollen wurden aufrecht in flache, thönerne Gefässe (Blumentopfuntersätze) gebracht und in der bezeichneten Stellung festgeklemmt. Dann wurde soviel Wasser nachgegossen, dass die Knollen ungefähr zur Hälfte unter Wasser waren. Während des Versuchs wurde der Wasserspiegel in gleicher Höhe erhalten. Die Gefässe befanden sich dicht am Fenster im geheizten Zimmer.

Die Gipfelaugen, welche bekanntlich zuerst zu wachsen beginnen, trieben auch in dieser Lage zuerst aus. Bald aber zeigte sich eine merklich stärkere Entwicklung der Triebe aus der Knollenmitte und Knollenbasis. Die Gipfeltriebe wurden immer mehr überholt, mit der Zeit wurde der Unterschied zu Gunsten der seitlichen und unteren Triebe immer colossaler, so dass z. B. zu einer Zeit, wo die Gipfeltriebe nur etwa 0,5 *cm* lang waren, die seitlichen und unteren Triebe 20 bis 30 *cm* Länge erreicht hatten. Als letztere bis 50 *cm* lang waren, massen erstere höchstens 2 *cm*. Die Gipfeltriebe waren am Grunde knollig angeschwollen, hatten überhaupt, trotz der reichen Wasserzufuhr zu dem Mutterknollen, ziemlich das gleiche Aussehen und die gleiche Entwicklung, wie Triebe aus solchen Knollen, bei denen das Austreiben (im Lichte) auf trockenem Sande vor sich ging. Unter normalen Verhältnissen wachsen bekanntlich die Gipfelknospen zu den kräftigsten Stengeln einer Knolle mit dem grössten Knollenproduktionsvermögen heran. Die Versuchsbedingungen hatten die spezifischen Entwicklungsverschiedenheiten zu Ungunsten der Gipfeltriebe total geändert. — Wurden die starkgewachsenen Seitentriebe sammt ihren Wurzeln entfernt, so trat gleichwohl keine Steigerung des Wachsthum der kümmerlichen Gipfeltriebe der nämlichen Knollen ein.

Jene Sprosse, welche aus den Flanken und am Grunde der Knollen so kräftig hervorwachsen, befanden sich einmal anfänglich gegenüber den Gipfeltrieben in schwächerer Beleuchtung, sowie in feuchterer Luft, beziehungsweise im Wasser, sie hatten ausserdem starke Wurzeln in's Wasser der Versuchsgefässe gesendet. Man konnte die Ursache ihres kräftigen Wachsthum in einem dieser Umstände vermuthen. Verschiedene Beobachtungen führten mich zu dem Schlusse, dass der letzt-erwähnte Umstand zunächst massgebend sei; dass die Keime im Lichte

---

1) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. III, p. 45. Bd. IV, p. 57.

dann solch kümmerliches Wachstum zeigen, wenn an ihnen keine Bewurzelung zur Ausbildung kommt, während sie bei Vorhandensein genügender Wurzeln, auch in trockener Luft und voll dem Lichte ausgesetzt, normales Wachstum zeigen.

Angesichts der von Sachs geäußerten Anschauungen habe ich diese Untersuchungen wieder aufgenommen und in zweckentsprechenden Variationen erweitert durchgeführt. Der Schluss, zu dem ich gekommen bin, ist der gleiche wie früher: Es gelingt, lange, starke Triebe aus Kartoffelknollen auch dann zu erhalten, wenn die Knospen vom Anfang ihres Wachstums an dem vollen Lichte ausgesetzt sind, falls nur durch die Versuchsanstellung bewirkt wird, dass an ihnen eine genügende Bewurzelung sich ausbilden kann. Ausserdem zeigt sich durch die Bewurzelung das Wachstum auch bei den Trieben solcher Knollen gefördert, welche des Vergleichs halber unter sonst gleichen Verhältnissen im Dunkeln kultivirt werden.

Die Versuchsanstellung war einfach. Es wurden etliche 50 Knollen mehrerer Sorten im November und Dezember ausgesucht und in grosse Blumentopfuntersätze in nassen Sand theils horizontal, theils vertikal aufrecht gepflanzt. Um den Lufttrieben d. h. jenen, welche an dem über dem Sande befindlichen Knollenstücke entstehen würden, Gelegenheit zur Bewurzelung zu geben, kann in verschiedener Weise verfahren werden. Bei den Dunkelknollen ist überhaupt nichts weiter nothwendig, da hier bekanntlich reichlich Wurzeln hervorzunehmen; man hat im Gegentheil Mühe, um durch rechtzeitige Beseitigung der Wurzeln eine Störung des Versuchs hintanzuhalten. Die Lichtknollen wurden zur Beförderung der Wurzeln theils mit durchsichtigen Glasglocken bedeckt, theils tief eingepflanzt, so dass zwar der Gipfel im Lichte war, die Wurzeln aber nur eine kurze Strecke bis zum Eindringen in den Sand zurückzulegen hatten. Man kann sie auf diesem Wege wohl auch durch Bedeckung mit Filtrirpapier feucht erhalten und vor dem Lichte schützen. Legt man die Knollen horizontal, den Gipfel gegen das Licht gekehrt, so erreicht man dasselbe. Diese Sprosse wurzeln sich rasch im Sande fest. Die Versuchsgefässe wurden dicht am Fenster aufgestellt, soweit sie nicht zur Verdunkelung bestimmt waren.

1. Im Dunkeln beginnen die Knospen eher auszutreiben als im Lichte, auch dann, wenn sich die Dunkelknollen auf trockenem Sande befinden. Die unbewurzelten Lufttriebe aus Dunkelknollen bleiben im Wachstum beträchtlich hinter den bewurzelten Trieben des gleichen Knollens zurück, nicht allein bezüglich des Längenwachstums, sondern auch hinsichtlich der ganzen Stärke der Entwicklung. Wenn schliesslich einzelne Triebe im Dunkeln auch ohne Wurzeln so lang wurden wie bewurzelte, so entstanden doch niemals aus unbewurzelten beziehungsweise rechtzeitig der Wurzeln beraubten Luftkeimen solch kräftige, dicke Sprosse wie aus Keimen, welche mit einer im Sande ausgebreiteten

Bewurzelung versehen waren. Im Anfange des Wachstums ist der Unterschied zu Gunsten der bewurzelten Keime durchwegs sehr auffällig. Beseitigung der seitlichen und unteren Triebe kann den Unterschied in der schwächeren Entwicklung der unbewurzelten Luftsprosse nicht ausgleichen. Man hat auch Gelegenheit, an diesem oder jenem Lufttriebe die Wurzeln wachsen und in den Sand eindringen zu lassen, um sich zu überzeugen, dass sofort mit dem Eindringen der Wurzeln das Wachstum der Triebe eine erhebliche Steigerung erfährt. Es verdient auch bemerkt zu werden, dass die Förderung durch die Gelegenheit zur direkten Wasseraufnahme von aussen im Wachstum der Keime sich schon bemerklich macht, ehe an ihnen Wurzeln entstanden sind; so z. B. wenn an einem Knollen ausser den Gipfeltrieben am Sandtheil Sprosse entstanden sind, welche eine Strecke weit im nassen Sande fortwachsen. Dunkelknollen, welche auf trockenem Sande lagerten, welkten während des Austreibens stark und lieferten innerhalb von mehr als sechs Monaten Triebe von höchstens 10,5 *cm* Länge.

2. Sehr viel ausgiebiger äussert sich der vortheilhafte Einfluss der Bewurzelung bei den Lichttrieben. Die unbewurzelten Lichttriebe wuchsen bei diesen Versuchen nicht, oder nicht viel stärker als jene aus solchen Knollen, welche auf trockenem Sande lagen und während des Austreibens stark zusammenschrumpften. Die bewurzelten, von Anfang an beleuchteten Lichttriebe wuchsen ganz ebenso wie jene, welche aus dem Sandtheil der Knollen hervorgingen, also anfänglich im Dunkeln sich befanden, zu langen Stengeln heran. Mit Erreichung einer Länge von 80 bis 100 *cm* wurden sie abgeschnitten. Die Inflorescenzanlagen waren schon längst sichtbar gewesen.

3. Die Abhängigkeit kräftigen Wachstums der Lichtkeime von der Bewurzelung geht auch aus Folgendem hervor. In einigen Gefässen waren die unbewurzelten Lichttriebe über 2 und 3 Monate in dem Stadium des kümmerlichen Wachstums geblieben. Die aus dem Sandtheile dieser Knollen entsprungenen bewurzelten Triebe waren abgeschnitten worden, aber so, dass ihre Basis mit den daran befindlichen Wurzeln an den Mutterknollen verblieb. Mit einem Male begannen sich diese nämlichen Lichttriebe kräftig zu strecken, ohne dass aus ihnen Wurzeln gebildet waren. Von jenen Knollen, welche durch keinerlei Wurzeln im Sande befestigt waren, bei denen eventuell die daran befindlichen bewurzelten Sandtriebe gänzlich, sammt allen Wurzeln, abgerissen worden waren, wuchs kein einziger Gipfeltrieb. Bei einigen Knollen, an denen sich das Vorhandensein von Wurzeln durch lebhafteres Wachstum der unbewurzelten Lichttriebe bemerkbar machte, wurden die Wurzeln vom Sandtheil entfernt. Das Wachstum der Sprosse war hiermit auch wieder zu Ende und hat sich seit Wochen nicht mehr eingestellt, da durch öftere Controlle allenfallsige Wurzelkeime, wie sie da und dort aus den Augenpunkten oder dem Knollen-

gewebe selbst in der Nähe der Augen hervorgehen, gleich wieder beseitigt wurden.

Hiernach brauchen sich die Wurzeln, welche den vortheilhaften Einfluss auf das Wachstum der Lichttriebe ausüben, nicht unmittelbar an den Trieben selbst zu befinden. Es kann sich sozusagen ein unbewurzelter Gipfellufttrieb, dem die Verhältnisse die Bildung eigener Wurzeln unmöglich machen, mit Hilfe der Wurzeln abgeschnittener anderer Sprosse zu einem vollständigen Individuum ergänzen, oder es geschieht dies durch Wurzelbildung aus dem Knollen selbst. Auch die Bildung knollenbildender basaler Seitenzweige war vielfach von der Basis der unbewurzelten Gipfellufttriebe auf jene der an demselben Mutterknollen befindlichen Stummel der abgeschnittenen Sandsprosse verlegt, indem aus ersteren keine, aus letzteren aber zahlreiche, sofort zu neuen Knöllchen anschwellende Stolonen zur Entstehung kamen. Ich habe auch mehrfach beobachtet, dass von nicht weit von einander entfernten, auf der nämlichen Seite des nämlichen Mutterknollens entspringenen Trieben, von denen der eine bewurzelt war, der andere nicht, dieser gleichwohl ebenso aus den unverletzten Blättern blutete, wie jener, was aufhörte, als die Wurzeln abgeschnitten wurden. Energisches Wachstum des einen Triebes wird freilich die Leistung des eigenen Wurzelsystems so sehr beanspruchen, dass nicht gleichzeitig ein wesentlich fördernder Einfluss auf das Wachstum eines an anderer Stelle des nämlichen Knollens befindlichen Sprosses statt haben kann.

Da in den eben angezogenen Versuchen die Lichttriebe keinerlei Wurzeln hatten, fällt der übrigens vielfach überhaupt nicht zutreffende Einwand hinweg, es sei in den Fällen, wo das Wachstum der Lichttriebe unter dem Einflusse aus der eigenen Basis entspringender Wurzeln geschah, durch diese Wurzeln der Lichtzutritt zur Stengelbasis in einem zum Wachstum genügenden Masse geschwächt gewesen. Uebrigens kann man auch durch Anbringung von Knollen in schwächerer Beleuchtung die unbewurzelten Lichttriebe zu etwas erheblicherer Verlängerung veranlassen. In's stärkere Licht verbracht, hört das Wachstum gleichfalls auf.

Diese Versuche scheinen mir keine andere Auslegung zuzulassen als die, dass die Triebe aus Kartoffelknollen am Lichte nur dann das kümmerliche Wachstum zeigen, wenn sie der Wurzeln ermangeln. Die Versuche sind angestellt unter den Beleuchtungsverhältnissen, wie sie während der Winter- und ersten Frühjahrsmonate herrschten. Dass bei höheren Lichtintensitäten andere Resultate erlangt werden, die Lichttriebe nämlich trotz der Bewurzelung kümmerlich bleiben, ist nicht wahrscheinlich. Die zur Zeit in Gang befindlichen Kulturen an einem Fenster mit täglich mehrstündiger Insolation haben schon erklecklich lange Lichtsprosse mit kräftigen Blättern geliefert.

Sachs giebt (l. c.) an, bei seinen im Frühjahre und Sommer angestellten Versuchen seien die Sprosse unter einer Glasglocke auf feuchtem Sande liegend, also in feuchter Luft, ferner bei Bildung von Wurzeln („es wachsen zahlreiche dünne Wurzeln von sogenannten Augen hervor“) kümmerlich geblieben. Mangels näherer Angaben bin ich ausser Stande, zu beurtheilen, welche besonderen Umstände bei diesen Versuchen thätig gewesen sein mögen. Entscheidend wäre namentlich zu wissen, wann diese Wurzeln aufgetreten sind. Ich habe gefunden<sup>1)</sup>, dass die Verhältnisse, unter welchen die Kartoffelkeime in der Jugend sich befunden haben, bei genügend langer Einwirkung dieser Verhältnisse eine Nachwirkung auf die ganze spätere Entwicklung dieser Sprosse äussern. So hatten zwei Knollen der Proskauer Bisquitkartoffel einige Monate in voller Beleuchtung und trockener Luft zugebracht und kurze, knollige Triebe gebildet. Sie wurden nun aufrecht in Sand gepflanzt, so dass die Gipfeltriebe sich bewurzeln konnten. Dieselben wuchsen auch in der That weiter. Am Schlusse des Versuchs hatte der eine Knollen einen Gipfeltrieb, der an der Basis auf eine Länge von 14 *mm* knollig war (das vorher im Lichte gewachsene Stück). Von dieser knolligen Basis bis zur Inflorescenz waren 14 Internodien, diese aber mit einander nur 5 *cm* lang. Das Aussehen des verzweigten Sprosses war ein ganz ungewöhnliches. Der andere Knollen hatte einen Gipfeltrieb, der, gleichfalls an der Basis knollig, nur 11 *cm* lang wurde, worauf er mit Inflorescenzbildung schloss. In ähnlicher Weise ergibt sich auch eine nachhaltige Beeinflussung der späteren Entwicklung, wenn man Kartoffelknollen vor dem Auslegen in trockener Luft gehörig welk werden lässt. Haben auch die Knospen zur Zeit und während des Welkens nicht ausgetrieben, so erreichen gleichwohl die Stengel aus solchen Knollen nicht die Länge, wie solche aus sonst gleich beschaffenen, dem Welken aber nicht unterworfenen Knollen. Endlich kann ich an den tiefgreifenden Erfolg erinnern<sup>3)</sup>, welchen das sog. Ausdörren der Zwiebeln bei ihrem Aufbewahren über Winter in der Nähe des geheizten Ofens auf ihr späteres Wachstum übt. Bei ausgedörrten Zwiebeln war das Wachstum der Blätter zunächst sehr verzögert und kümmerlich, später ausserordentlich üppig. Das Vermögen, eine Inflorescenz mit kräftigem Schafte auszubilden, war ganz verloren gegangen, oder es entstanden schwächliche, kümmerliche Schäfte mit theilweise abnormen Blüten.

Bei den oben beschriebenen Versuchen mit Kartoffelknollen begann das kräftige Wachstum unbewurzelter Lichttriebe unter dem Einflusse an anderer Stelle an der Mutterknolle entsprungener Wurzeln nach

---

1) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, Bd. IV, p. 57, 58.

2) Ibid. Bd. III, p. 252.

3) Ibid. Bd. IV, p. 370

mehrmonatlicher Dauer kümmerlichen Wachstums, nachdem inzwischen noch dazu die Beleuchtung stärker geworden war. Es wäre möglich, dass die stärkere Beleuchtung über Sommer schon bei kürzerer Dauer des kümmerlichen Stadiums eine gründliche Nachwirkung in der angezogenen Weise mit sich bringt. Jedenfalls sind beim Studium der kümmerlichen Entwicklung der Triebe aus Kartoffelknollen zwei Erscheinungen auseinander zu halten: Der Einfluss der Bewurzelung und die Nachwirkung, welche ein zu lange dauerndes Stadium des kümmerlichen Wachstums im Gefolge haben kann.

Es lässt sich zur Zeit nicht näher angeben, worin der auffällige Einfluss der Bewurzelung auf das Wachstum der Kartoffelsprosse besteht. Die Nahrungsaufnahme von Aussen kann, angesichts des Verhaltens unbewurzelter Dunkelkeimlinge, nicht wohl angezogen werden. Ich hielt es seiner Zeit für das Nächstliegende, den in seinen Funktionen ohnehin noch nicht klargelegten Wurzeldruck als bei diesen Erscheinungen thätig in Anspruch zu nehmen. Es ist aber auch möglich, dass die Unfähigkeit des Knollengewebes betheiligt ist, bei nur einigermaßen erheblicher Transpiration eine genügend rasche und ausgiebige Wasserströmung durch sich hindurch gehen zu lassen. Vergleichende Versuche über das Verhalten im dampfgesättigten Raum sind bis jetzt nicht angestellt. Vielleicht deutet auf solche der Wasserströmung entgegenstehende Schwierigkeiten das den Kartoffelknollen eigene geringe, höchstens in der Nähe der Augen vorhandene Vermögen, Wurzeln zu bilden, sowie ferner, dass, wenn im Lichte befindliche, unbewurzelte Keime nach dem Abschneiden der an denselben Knollen befindlichen bewurzelten Sprosse zu wachsen beginnen, dies erst geraume Zeit nach dem Abschneiden geschieht. Das Ganze macht den Eindruck, als ob erst der Wasserbewegung durch den Knollen hindurch entgegenstehende Hindernisse corrigirt werden müssten. Freilich könnten auch andere Umstände, namentlich die Nachwirkung des anfänglichen Stadiums kümmerlichen Wachstums, zur Geltung gelangen. Es sind diese Dinge, welche erst im Verlaufe der Untersuchung aufstiegen, noch zu wenig verfolgt. So einfach die hier besprochenen Vorkommnisse auf den ersten Blick zu sein scheinen, so mannigfach sind die Fragen, die sich anknüpfen und bei dem bequemen Untersuchungsmaterial auch vielerseits im Experiment verfolgen lassen. Die Versuche sind in Fortsetzung begriffen.

---

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1885

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Kraus Carl

Artikel/Article: [Das Wachstum der Triebe aus Kartoffelknollen unter dem Einflüsse der Bewurzelung. 182-188](#)