VIII 51
60
Est. A - 17091
Bibliotheca horti botanici
Universitatis Dorpatensis
№ 775

MATERIALIEN

ZU EINER

№ 2811

# MONOGRAPHIE DES INULINS

VON

DR. G. DRAGENDORFF

*ord. Professor der Pharmacie an der Universität Dorpat*

ST. PETERSBURG 1870

VERLAG DER KAISERLICHEN HOFBUCHHANDLUNG H. SCHMITZDORFF

(KARL RÖTTGER)

# MATERIALIEN

ZU EINER

# MONOGRAPHIE DES INULINS

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
186 333

VON

DR. G. DRAGENDORFF

*ord. Professor der Pharmacie an der Universität Dorpat*

---

ST. PETERSBURG 1870

VERLAG DER KAISERLICHEN HOFBUCHHANDLUNG H. SCHMITZDORFF

(KARL RÖTTGER)

(Separatabdruck aus der pharmaceutischen Zeitschrift für Russland.)

Buchdruckerei von Röttger & Schneider, Newsky-Prosp. № 5.

DEN HERREN

Dr. med. Paul von Kühlewein

*Kaiserlich-russischem Collegienrath und Ritter*

UND

Dr. med. et phil. Johannes Roeper

*ordentl. Professor der Botanik und Zoologie an der Universität Rostock etc.*

in treuer Liebe und dankbarer Verehrung

DER VERFASSER

## Einleitung.

Im Jahre 1804 beobachtete *Valentin Rose* bei Untersuchung der radix Inulae Helenium L. einen weissen pulverförmigen Körper, welcher „sehr viel Aehnlichkeit mit dem Stärkmehl hat, von diesem aber in seinem Verhalten gegen andere Körper sehr verschieden ist.“ Noch in demselben Jahre beschrieb er diesen Stoff in einer kurzen Notiz[1]). *Rose* meinte, dieser neue Körper halte etwa die Mitte zwischen Stärkmehl und Zucker; er unterscheide sich von letzterem durch Unlöslichkeit in kaltem Wasser, von ersterem durch Löslichkeit in kochendem Wasser. Er sah denselben sich aus dem concentrirten Absud der Alantwurzel als weisses Pulver abscheiden und beobachtete auch die Fällbarkeit aus wässeriger Lösung durch Weingeist. Mittelst Salpetersäure wollte er diesen Bestandtheil der Enula in Aepfelsäure, Essigsäure und Oxalsäure doch nicht in „Milchzuckersäure“ (i. e. Schleimsäure) umgewandelt haben. Durch letztere Eigenthümlichkeit und durch die Consistenz seiner concentrirten Lösung, welche nicht sehr schleimig sei, unterscheide sich der neue Körper vom Mimosengummi. Auch andere Eigenschaften hat er beschrieben, auf welche wir später eingehen wollen.

*Funke* konnte (1809) die Existenz des neuentdeckten Körpers für die Alantwurzel bestätigen. Er hat unsere Kenntniss desselben im Uebrigen abgesehen von einigen Reactionen, welche er beschreibt, nicht wesentlich bereichert[2]). Wenn in einigen Lehrbüchern *Funke* als der Ent-

---

[1]) *Gehlen*'s Journ. f. Chem. B. 3. p. 217 und Neues Berlinisch. Jahrb. f. Pharm. B. 2. p. 283 (in beiden wörtlich übereinstimmend).

[2]) *Trommsdorff*'s Journ. f. Pharm. B. 18. 1. p. 74.

decker des Inulins genannt wird, so ist diese unrichtige Angabe auf ein Versehen *Sterler*'s zurückzuführen [1]).

Den Versuch einer quantitativen Bestimmung des Inulins in der Alantwurzel machte zuerst (1813) *John*. Dieselbe gab einen Gehalt von 36,7% [2]). Von demselben Autor [3]) besitzen wir auch eine Untersuchung der Bertramswurzel (Anacyclus officinalis Hayne), die einen Inulingehalt dieser Wurzel von mindestens 40% ausser Zweifel stellt.

Der jetzt gebräuchliche Name „Inulin" wurde für den neuentdeckten Stoff wohl zuerst (1811) von *Thomson* vorgeschlagen [4]). *Trommsdorff* nannte ihn „Alantine" [5]). Auch bei *John* finden wir anfangs die Bezeichnung „Alantin" neben „Helenin" gebraucht, bis auch er (1813) den Namen „Inulin" als zweckmässiger bezeichnet, den er 1814 definitiv annimmt. Selbst noch 1847 wird bei *Doebereiner* [6]) das Wort „Helenin", welches jetzt allgemein zur Bezeichnung des früher als «Alantcamphors» beschriebenen Stoffes dient, als gleichbedeutend mit „Inulin" gebraucht. *Funke* nennt das Inulin (1809) „Alantstoff" und derselbe Name kommt neben «Ennuline» auch noch 1815 beim älteren *Vogel* vor [7]). „Elecampin" benannte *Henry* [8]) unseren Körper nach dem englischen „elecampane" (i. e. Alant).

Man kann nicht sagen, dass die Kenntniss über die Natur des Inulins sich schnell erweitert hätte. Noch 1815 konnte *Gaultier de Claubry* eine Lanze für die von *Rose*, *Funke*, *Trommsdorff* und *Thomson* vertretenen Ansicht einlegen, dass das Inulin ein selbständiges chemisches Individuum sei [9]) und der Meinung *Henry*'s und *Thenard*'s [10]) sich widersetzen, die das Gegentheil behaupteten. *Gaultier* hat übrigens fast durch-

---

[1]) «Commentar zur bairischen Pharmacopoe». München, 1822. p. 833.

[2]) «Chemische Untersuchungen, dritte Fortsetz. d. Chem. Laboratoriums». Berlin. Maurer. 1813. p. 61 und «Chemische Tabellen der Pflanzenanalysen». Nürnberg. Schrag. 1814. p. 17.

[3]) «Chemische Untersuch.», dritte Fortsetzung. p. 126.

[4]) «System der Chemie». Zusätze zu der 1805 erschienenen zweiten Ausgabe. Deutsch von *Wolff*. B. 5. Abth. 2. p. 744.

[5]) «Allgem. pharm. chem. Wörterbuch.» Erfurt, 1806—1013. B. 1. p. 132.

[6]) «Lehrbuch der pract. und theor. Pharm.» Stuttgart. *Becher*. B. 3. p. 866.

[7]) Journ. f. Pharm. B. 24. 2. p. 67.

[8]) cf. «Eléments de chimie.» 6. edit. traduite en franc. T. 2. p. 225. (Das englische Original ist mir nicht zugänglich.) Das Wort «Calendulin», welches bei *Schleiden* (z. B. «Grundzüge d. wissensch. Botanik». 4. Aufl. p. 135) als synonym mit Inulin gebraucht wird, bezeichnet einen jedenfalls mit letzterem nicht identischen Stoff aus dem Kraute der Calendula officinalis L.

[9]) Annal. de chim. T. 94. p. 200.

[10]) a. a. O. u. «Traité de chim. élém». Paris, 1815. T. 3. p. 338.

gängig nur die von *Rose* benutzten Argumente für seine Meinung aufgeführt. Nur über das Verhalten des neuen Körpers gegen Jod macht er Mittheilungen, die, wenn sie auch nicht völlig zutreffend sind, doch beweisen, dass das Inulin nicht durch Jod gebläuet wird.

Ein vom Amylum verschiedenes Satzmehl wurde 1821 auch von *Braconnot* in den Wurzelknollen des Helianthus tuberosus L. aufgefunden, dessen Indentität mit dem Inulin er nicht sogleich erkannte [1]). 1823 entdeckte *Payen* in den Wurzelknollen der Dahlia variabilis Desf. einen stärkemehlartigen Stoff, den er „Dahlin" nannte [2]). Kurz darauf konnte er die Vermuthung aussprechen [3]), dass das Satzmehl der Topinambur mit seinem Dahlin identisch sei, eine Ansicht, welche auch *Braconnot* etwa 2 Monate früher (l. c.) vertreten hatte [4]). Ebenso gab er bei dieser Gelegenheit *Braconnot* Recht, der auf die wahrscheinliche Uebereinstimmung ihres Dahlins mit dem Inulin *Rose*'s aufmerksam machte. Auch *Pellissier*, sagt er, habe schon in einer Sitzung der „Société philomatique" hierauf hingewiesen, wie denn auch (1824) *Gay Lussac* [5]) und *Stoltze* [6]) Aehnliches behaupten. Ausser Zweifel ist diese Vermuthung erst später gesetzt worden, durch die vergleichenden Analysen des Dahlins und Inulins. *Payen* und *Braconnot* haben auch das Verdienst die unter Einfluss von Säure erfolgende Metamorphose des Inulins zu Zucker und sein Verhalten gegen Reagentien eingehender beschrieben zu haben.

*Waltl* hat 1829 auch noch in einigen anderen Pflanzen Inulin aufgefunden, so namentlich in der Wurzel von Taraxacum officinale Wigg. und Cichorium Intybus B. [7]). Bestätigt hat er das Vorkommen in der Dahlia variabilis Desf., im Helianthus tuberosus, Anacyclus officinalis und den 1818 von *Gauthier* erwähnten Gehalt des Anacyclus Pyrethrum Schrad. Dagegen hat er mit Recht bestritten den durch Missverständniss einer Mittheilung *Braconnot*'s (von 1816) gefolgerten Inulingehalt

---

[1]) Annal. de chim. et de phys. T. 25. p. 358. Referat vergl. *Buchner*'s Rep. f. Pharm. B. 18. p. 34.

[2]) Journ. de pharm. T. 9. p. 383. Uebersetzt in *Schweigger*'s Journ. f. prakt. Chem. B. 39. p. 338.

[3]) Bullet. de Pharm. 1823. Août.

[4]) Annal. de chim. et de phys. T. 26. p. 98 und namentlich p. 102. Uebersetzt n *Buchner*'s Repert. f. Pharm. B. 18. p. 53.

[5]) Journal d. Pharm. B. 10. p. 408. Uebersetzt in *Buchner*'s Repert. f. Pharm. B. 21. pag. 418.

[6]) Berlinisch. Jahrb. f. Pharm. B. 26. p. 170.

[7]) «Das Amylon u. Inulin.» Nürnberg, 1829. Vergl. auch *Buchner*'s Repert f. Pharm. B. 27. p. 263.

der Datisca canabina L.[1]), den 1813 (a. a. O.) von *John* behaupteten in der Angelica Archangelica L., den 1820 von *Pelissier* und *Cavanton* für die Zwiebeln des Colchicum autumnale in Anspruch genommenen[2]). *Waltl* durfte damals mit Recht behaupten, dass das Inulin mit Sicherheit nur in Repräsentanten der Syngenesistenfamilie dargethan sei, ein Ausspruch, den man selbst heute noch aufrecht erhalten kann.

Die Uebereinstimmung in der Zusammensetzung des Inulins und Stärkmehles wurde 1840 von *Payen* ausgesprochen[3]), auch die Anfangs in anderem Sinne ausgebeuteten Arbeiten *Mulder*'s (1838), *Parnell*'s (1840) *Croockwitt*'s (1842) und *Fromberg*'s (1843), sowie *Dubrunfaut*'s Angaben (1856) gestatten diese Annahme, wie zugleich diejenige *Mulder*'s, dass das aus verschiedenen Pflanzen dargestellte Inulin gleiche Zusammensetzung besitze[4]). Nur die von *Wosskressensky* (1847) gemachten Mittheilungen schienen wenigstens den ersteren Theil jener Annahme wieder in Zweifel zu stellen, doch ist da jedenfalls ein Irrthum vorgekommen und die Meinung *Payen*'s muss auch noch augenblicklich aufrecht erhalten bleiben.

Dass das Inulin auf alkalische Kupferlösung nicht reducirend einwirkt, will ich hier beiläufig bemerken.

Schon 1847 hatten *Biot* und *Persoz* die Circularpolarisation der heiss bereiteten wässrigen Inulinlösung geprüft und dieselbe linksdrehend gefunden[5]). Neuere Arbeiten *Bouchardat*'s (1847) und *Dubrunfaut*'s (1856) werden wir später zu besprechen haben. Wenn *Mulder* (1844) und später bedingungsweise auch *Marquart* (1847) diese Erscheinung benutzt haben, um das Inulin mit dem Dextrin in Parallele zu bringen, so sind sie darin wohl zu weit gegangen. Wenn überhaupt eine Parallele zulässig ist, so ist es nur diejenige mit dem Stärkmehl.

Allerdings hat man auch diese zu weit ausgedehnt. Wenn man aus dem kalt ausgepressten unfiltrirten Safte einzelner Pflanzen ein weisses Satzmehl sich abscheiden sah, ähnlich wie etwa der gleichbereitete Saft der Kartoffel mechanisch suspendirte Stärke absetzen kann, wenn man jenes Satzmehl als körnig erkannte, glaubten (1826) *Raspail*[6]), (1842) *Schlei-*

---

[1]) Annales de chim. et de phys. T. 3. p. 277.

[2]) Annales de chim et de phys. T. 14. p. 69. Uebersetzt in *Schweigger*'s Journ. für pr. Chemie. B. 31. p. 185.

[3]) Annal. des sciences natur. T. 14. p. 87.

[4]) Alle diese Arbeiten werde ich später eingehender besprechen und citiren.

[5]) Annal. der Pharm. B. 6. p. 209 und namentlich 263.

[6]) Annal. des scienc. natur. T. 7. p. 325 und namentlich p. 330 und p. 331. Ferner «Nouv. syst. de chim. org.» Paris, 1833. p. 72 u. 76.

*den* u. A. in gleicher Weise ein Vorkommen von Inulinkörnchen in gewissen lebenden Pflanzen annehmen zu dürfen, wie andere Amylumkörnchen enthalten. Man vermuthete, namentlich war das *Raspail* und *Marquart*[1]), auch für jene Inulinkörnchen ähnliche Structur wie für die des Stärkmehles. *Raspail* spricht geradeswegs die Vermuthung aus, dass Inulin und Amylum nur dadurch von einander differiren, dass ersteres die Bläuung mit Jod nicht zeigt, die letzterem zukommt. Er meint überhaupt, dass jener blauwerdende Stoff unabhängig vom eigentlichen Stärkmehl sei, dasselbe in den Körnchen nur meist begleite. Wenn auch Autoren wie *Link*, *Meyen*, *Mohl*[2]) in ersterer Frage schon verhältnissmässig früh das richtige Verhältniss angedeutet hatten: dass die lebende Pflanze das Inulin nicht in Körnchen enthalten könne, dass es in ihr gelöst vorkommen müsste und erst ausserhalb des Pflanzenkörpers aus dem Safte sich abscheide, so hat es doch lange gedauert, bis diese Behauptungen sich allgemeine Anerkennung erworben hatten. Erst *Sachs*[3]) war es vorbehalten mit letzterer Anschauung völlig durchzudringen. Er hat auch namentlich bewiesen, dass das Inulin unter Umständen krystallisirt erhalten werde, ja dass jene Körnchen, welche zur Verwechselung mit dem Amylum veranlassten, krystallinische Structur besitzen. Wenn schon viel früher (1827) sich eine Angabe dieser Art bei *Geiger*[4]) findet, so ist sie doch kaum jemals beachtet worden und es ist auch nicht vollkommen ersichtlich, ob nicht dieselbe aus einer Verwechselung sich herleitet. *Sachs* gebührt neben *Schacht* auch besonders das Verdienst, gezeigt zu haben, wie man mit Hülfe von Weingeist und Glycerin in frischen Pflanzentheilen solche Krystallkugeln entstehen lassen könne und uns damit ein ausgezeichnetes Hülfsmittel für die mikrochemische Untersuchung inulinhaltiger Pflanzen erschlossen zu haben. Endlich hat er zuerst unzweideutig dargethan, dass die Inulinkörnchen frei von celluloseartigen Membranen sind.

Dass der Inulingehalt der Wurzeln in den verschiedenen Jahreszeiten Schwankungen zeige, dass das Maximum desselben in die Herbstzeit falle, das wurde für Taraxacum schon (1832) von *Wiedmann*, dann (1840) von *Overbeck* und endlich (1841) von *Frickinger* behauptet. Letzterer

---

[1]) Annal. d. Pharm. B. 10. p. 92.

[2]) Die betreffenden Citate siehe später.

[3]) Annal. d. Landwirthsch. in d. k. preuss. Staaten. Jahrg. 21. B. 41. p. 42 u. Jahrb. f. wissensch. Bot. Jahrg. 3. p. 183 p. 219, 228 u. 252.

[4]) «Handbuch d. Pharmacie». 2. Aufl. Heidelberg. *Winter*. 1824. B. 1. p. 944. 3. Aufl. B. 1. p. 810. Die erste Auflage habe ich nicht einsehen können. — Auch *Doebereiner* reproducirt diese Angabe.

hat auch darauf hingewiesen, dass der Inulingehalt erst während des Austreibens der Blätter im Frühjahre sich stark vermindere, was weiter *Krocker* auch für die Topinambur behauptet. Eine Verminderung des Inulins auf Frühjahrszeit wurde (allerdings fehlen genaue quantitative Vergleichsanalysen) (1863) von *Sachs* und (1867) *Dubrunfaut* für die Topinambur beobachtet, von *Wosskressensky* (1847) und (1863) von *Sachs* für die Georginenknollen[1]). Schon hierdurch musste man sich zu der Vermuthung gedrängt sehen, dass das Inulin ein Vorrathsmaterial sei, welches bei der Neubildung von Trieben in Anspruch genommen werde. Fragen, welche auf das Wie seiner Verwendung abzielen, sind indessen erst von *Sachs* angeregt worden.

Diese Fragen müssen auch die Aufmerksamkeit der Chemiker wieder auf das Inulin, welchem sie bisher dieselbe nur kärglich zugewendet haben, richten. Eine möglichst vollständige Uebersicht über die Literatur unseres Gegenstandes zu liefern; eine Anzahl von Widersprüchen, welche sich in letzterer finden, zu lösen; einzelne physikalische und chemische Eigenthümlichkeiten derselben zu erforschen; einige chemische Beiträge für die Frage über Zweck und Verwendung des Inulins im Pflanzenkörper zu liefern, das sind die Aufgaben, welche ich mir für die vorliegenden Untersuchungen gestellt habe.

## Vorkommen des Inulins.

Schon in der Einleitung habe ich den Ausspruch *Waltl*'s citirt, demzufolge wir mit Sicherheit das Inulin nur in Repräsentanten der Synantherenfamilie nachgewiesen haben. Mag nun auch in späterer Zeit die Ansicht *Mulder*'s[2]), dass das Inulin «in vielen Pflanzen — sogar in viel grösserer Verbreitung als das gewöhnliche Amylum, aber oft übersehen — vorkomme», gewissermaassen stereotyp geworden seien, so muss ich doch noch heute *Waltl*'s Ausspruch aufrecht erhalten. Nur einen Fall werde ich später vorführen, in dem uns das Vorkommen von Inulin in einer Nichtcomposite wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht ist.

Ich will hier ferner sogleich bemerken, dass das Inulin, abgesehen von einer scheinbaren Ausnahme, auch nur in solchen Pflanzen der Synantherenfamilie aufgefunden werden konnte, die zwei- oder mehrjährig sind, und zwar nur in den unterirdischen Pflanzentheilen derselben.

---

[1]) Alle diese Arbeiten werde ich später citiren.

[2]) «Versuch einer allgem. physiol. Chemie». Deutsche Ausgabe. Braunschweig. *Vieweg*. 1844. B. 1. p. 226.

Zum Beweise des Gesagten will ich in Folgendem die Fälle vorführen, in denen der Inulingehalt einer Pflanze behauptet worden. Dabei werde ich Gelegenheit finden, auch diejenigen Erfahrungen zu berühren, welche seither über das Wieviel dieses Gehaltes gesammelt worden sind, so wie über die Schwankungen, denen er in den verschiedenen Vegetationsperioden unterworfen ist.

*Inula Helenium L.* war wie gesagt die Pflanze, in welcher *V. Rose* das Inulin zuerst entdeckte. Das Vorkommen in der Wurzel dieses Gewächses wurde, wie ebenfalls schon früher gesagt worden ist, dann bald von *Funke* bestätigt, ohne dass seine Arbeit wesentlich Neues dem durch *Rose* Ermittelten angereiht hätte. Auch *Braconnot* hat 1823 eine solche Bestätigung geliefert.[1]) *John* hat (1813) die Menge des in der getrockneten radix Enulae vorhandenen Inulins zu 36,7% festgestellt.

Dagegen hat *Kastner* 1818 eine von *Schulz* unternommene Analyse derselben Drogue mitgetheilt[2]), in welcher das Inulin nur 13,2% vom Gewichte der Trockensubstanz ausmacht. Leider liegen uns keine Nachrichten darüber vor, ob etwa, wie ich vermuthe, die von *Schulz* untersuchten Wurzeln im Frühjahre und die von *John* analysirten im Herbste gesammelt worden sind. Wenn *Berzelius* den Inulingehalt der (frischen) Wurzel zu 11,1/9% angiebt[3]), so wird diese Zahl wohl durch Rechnung aus der Bestimmung *John*'s gewonnen worden sein. Ich fand in der radix Enulae der hiesigen Apotheken (ältere Wurzeln, welche frisch mindestens 4—5 Cm. Durchmesser gehabt hatten) 22,3%, in jüngeren Wurzeln mit durchschnittlich 1,3 Cm. Durchmesser, welche ich Ende September 1868 dem hiesigen botanischen Garten entnommen habe, fand ich 44,3% vom Gewichte der bei 100° getrockneten Substanz (das Filtrat war frei von Zucker). Dagegen fand ich am 29. April (11. Mai) 1869 bei ähnlichen Wurzeln von derselben Localität nur 27,5% Inulin, daneben aber 21,4% Zucker und einer Substanz, welche die Mitte zwischen ihm und dem Inulin zu halten scheint. Rechnet man auch dies auf Inulin über, so erhält man etwa 19,3% des letzteren. Aeltere Wurzeläste derselben Pflanze lieferten mir nur 5,44% Inulin und 44,6% Zucker plus jenem Mittelgliede. Neben dem Inulin kam hier reichlich eine durch Alkohol fällbare schleimige Substanz vor, welche, in mit wenig Schwefelsäure angesäuertem Wasser, schwerer löslich war und sich schon dadurch, so-

---

[1]) Annal. de chim. et de phys. T. 25. p. 365.

[2]) Berlinisch. Jahrb. f. Pharm. B. 19. p. 251.

[3]) «Lehrbuch d. Chemie». Deutsche Ausgabe. Dresden und Leipzig. *Arnold.* 3. Aufl. 1837. B. 6. p. 390.

wie durch den Umstand vom Inulin unterschied, dass sie durch sehr verdünnte Gemische von Schwefelsäure und Wasser (1 pro mille) bei 12-stündigem Stehen bei 80° nicht in Zucker umgewandelt wurde. Als diese Wurzeln verarbeitet wurden, waren die am weitesten vorgeschrittenen der neuen Triebe cc. 5 Cm. lang. Die Trockensubstanz machte bei den jüngeren Wurzeln 28,4%, bei den älteren 29,8% vom Gewichte der frischen Substanz aus.

In der Inula media M. B. des hiesigen botanischen Gartens habe ich (im Herbste 1868) Inulin auf mikrochemischem Wege nicht darthun können.

*Taraxacum officinale Wigg.* lieferte zuerst (s. ob.) *Waltl* Inulin. Er erhielt aus einem Pfunde der Wurzel eine halbe Unze. Das Vorkommen in dieser Wurzel haben (1835) *Herberger*[1]), (1840) *Wittstein*, und (1844) *Baumann*[2]) bestätigt. *Wittstein* fand im Herbste 5% vom Gewichte der frischen und 17% der getrockneten Wurzel[3]). *Berzelius* spricht (a. a. O.) von 12%, doch fehlt die Angabe, in welcher Jahreszeit die Wurzel gesammelt worden und von wem die Analyse ausgeführt ist[4]). Dass die Löwenzahnwurzel im Herbste inulinreicher sei wie im Frühjahre, hat wohl zuerst (1832) *Widnmann* angedeutet, wenigstens sagt er, dass das im Herbste bereitete extractum Taraxaci mehr Inulin enthalte, als das im Frühjahre gewonnene[5]). *Overbeck* will (1840) aus einem Pfunde trockener Herbstwurzel 2¼ Unzen, also fast 20%, im Frühjahre nur sehr wenig Inulin erhalten haben[6]). Weitere Angaben in diesem Sinne liegen noch vor von *Frickinger* (1841), welcher wie gesagt auch darauf aufmerksam macht, dass die Frühjahrswurzel vor dem Austreiben der Blätter in ihrer Zusammensetzung mehr mit der Herbstwurzel übereinstimme, die Abnahme an Inulin demnach erst während der Blattbildung geschehe[7]). Es ist das übrigens eine Behauptung, die ich

---

[1]) *Buchner*'s Repert. II. B. 2. p. 399.

[2]) Arch. f. Pharm. II. B. 37. p. 262.

[3]) *Buchner*'s Repert. f. Pharm. II. B. 21. p. 362.

[4]) Im 7. Bande desselben Werkes p. 357 citirt *B.* nur die Angabe von *Waltl*, die offenbar, schon wegen der Bestimmungsmethode den Gehalt viel zu niedrig erscheinen lässt.

[5]) Verh. des pharm. Vereins in Bayern. B. 5. p. 15, auch *Buchner*'s Repert. f. Pharm. I. B. 43. p. 281.

[6]) Arch. f. Pharm. II. B. 23. p. 240.

[7]) *Buchner*'s Rep. II. B. 23. p. 45. Die von *Fr.* angegebenen Zahlen (3,04%) Inulin im Herbste und 0,88% im Frühjahre nebst resp. 2,94% und 2,86% Verlust an Inulin bei der Verarbeitung der Wurzel) sind für uns unbrauchbar, da sich die bei der Gährung entstandenen Mengen von Mannit und Milchsäure nicht auf Inulin reduciren lassen.

nicht völlig bestätigen kann. Ich habe bei hier in Dorpat im October 1868 gesammelten Wurzeln 24,32% vom Gewichte der bei 100° getrockneten Substanz nachgewiesen (keinen Frucht- oder Traubenzucker, wohl aber eine dem Rohrzucker ähnliche oder glycosidische Substanz). Bei am 18/30. März 1869 gesammelten Pflanzen, an denen nur überwinterte Blätter sich fanden, konnte ich 1,74% Inulin feststellen. Daneben fand sich Zucker zu 17,0% und eine zwischen Zucker und Inulin stehende Substanz, zu 18,7%. In den Blättern war kein Inulin, wohl aber gegen 1,0% einer aus concentrirter wässriger Lösung durch absoluten Alkohol fällbaren Substanz, die wie das Inulin und das schon erwähnte Mittelglied zwischen diesem und Zucker sehr leicht durch verdünnte Schwefelsäure in Zucker umgewandelt wird. Auch Zucker war hier zu ungefähr 1,4% nachweisbar. Am 28. März (9. April) habe ich von derselben Localität Exemplare untersucht, in deren Wurzel ich 1,2% Inulin und 2,0% einer durch Alkohol fällbaren schleimigen Substanz, welche durch Behandlung mit verdünnter (1 pro mille) Schwefelsäure nicht zu Zucker wurde (cfr. Rad. Enulae) fand, daneben eine reichliche Menge (12%) jenes schon erwähnten Mittelgliedes und 11,5% inactiven Zuckers. Im Kraute war auch nun kein Inulin aufzufinden, dagegen 1,3 jenes Mittelgliedes und 5,5% zuckerartiger oder glycosidischer Substanz, die aber ebenfalls erst nach Behandlung mit verdünnter Säure durch Fehling'sche Solution titrirt werden konnte. Endlich habe ich noch am 4. (16. Mai) desselben Jahres blühende sehr kräftige Exemplare der Pflanze gesammelt und untersucht. Die Wurzel hatte nun 5,44% Inulin und die Summe des Zuckers und Mittelgliedes betrug, auf Inulin übergerechnet, 19,04%. Auch hier wurde durch Alkohol neben Inulin jene schleimige Substanz in reichlicher Menge präcipitirt.

Ich muss bemerken, dass das Frühjahr 1869 bei uns für die Vegetation ungewöhnlich günstig war und dass die Wurzeln in guter Gartenerde gewachsen waren.

Auch im *Cichorium Intybus L.* hat *Waltl* zuerst das Inulin beobachtet[1]), die Identität des aus dieser und der Taraxacumwurzel gewonnenen Materials mit dem Inulin der Alantwurzel hat auch der ältere *Buchner* behauptet[2]). *Waltl* und nach ihm *Berzelius* giebt (a. a. O.) der frischen Cichorienwurzel einen Gehalt von 12,5%. *Bibra* fand 1858 in der wild-

---

[1]) In einer 1800 von *Juch* angestellten Analyse (cf. «Europens vorzügliche Bedürfnisse». Nürnberg. H. 1. und *John* «chem. Tabell.» p. 81) ist das Inulin übersehen.

[2]) Repert. f. Pharm. I. B. 22. p. 264. Anmerk.

gewachsenen Herbstwurzel 10,9%, in der cultivirten 19,121%[1]). Wie *Berg* dazu kommt, den Inulingehalt der cultivirten Wurzel zu leugnen, ist mir nicht klar. Allerdings verlangt er Einsammlung der zu arzneilichen Zwecken bestimmten Drogue im Frühjahre, aber er will es doch in der wildgewachsenen Wurzel um diese Zeit gesehen haben[2]). Ich halte die Angaben *Bibra*'s für eher zu niedrig wie zu hoch. Nur in den ersten Entwickelungsstadien der Pflanze ist der Gehalt an Inulin sehr gering, aber er fehlt nicht. Zu Ende April 1869 habe ich in meinem Garten Cichorium ausgesäet. Am 10./22. Juni waren die Wurzeln durchschnittlich 150 Mm. lang und 5 Mm. im Durchmesser. 10 Stück wogen frisch 16 Grm. Der Feuchtigkeitsgehalt betrug 78,93%. Obige 16 Grm. die also 1,93 Grm. wasserfreier Substanz entsprachen, lieferten, in gewöhnlicher Weise verarbeitet, mit Weingeist kein Inulin. Auch aus der wieder zur Syrupconsistenz verdunsteten Flüssigkeit wurde durch absoluten Alkohol nur 0,093 Grm. Inulin (= resp. 0,58% und 4,82%) gefällt (es war schwerlöslich in Wasser, also nichts von dem Zwischengliede). Im Filtrate von diesem Niederschlage, welches ziemlich bitter schmeckte, fand sich nach Verdunsten des Alkohols eine alkalische Kupferlösung reducirende Substanz (10 CC. Fehling'sche Lösung verbrauchte etwa 7,4 CC. von den 19 CC. Lösung), aber jedenfalls erfolgte die Reduction sehr träge, so dass sie nicht durch Frucht- oder Traubenzucker bewirkt sein konnte. Die 117 Grm. des Krautes, welche ich von obigen 10 Pflanzen abgeschnitten hatte, wurde ebenfalls ausgekocht, der Auszug zu Syrupconsistenz eingedickt und mit Weingeist von 85% gefällt. Der sehr reichlich entstehende gelatinöse Niederschlag löste sich langsam in siedendem Wasser, dem 5 pro mille Schwefelsäure zugesetzt waren. Aber nach mehrstündigem Erhitzen hatte er keinen Zucker geliefert. Es war also kein Inulin. Das Filtrat von diesem Niederschlage wurde wieder verdunstet und mit absolutem Alkohol gefällt. Es entstand ein sehr reichlicher Niederschlag, den ich nach 48 Stunden abfiltrirt habe. Er löste sich ziemlich langsam in Wasser, gab aber, nach dem Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure, keinen Zucker, war demnach nicht mit dem Mittelgliede identisch. Das alkoholische Filtrat wurde verdunstet, der Rückstand in Wasser aufgenommen (90 CC.). 12,8 CC. dieser Flüssigkeit reducirten 10 CC. Fehlingscher Lösung aber langsam, so dass auch hier keine glycoseartige Substanz sondern eher ein glycosidischer Stoff vorgelegen haben wird.

---

[1]) «Der Kaffee und seine Surrogate.» München. *Cotta*. p. 75.

[2]) «Pharm. Waarenkunde.» 3. Aufl. Berlin. 1863. p. 59.

Ganz anders war das Resultat schon, als ich am 30. Juni/12. Juli von derselben Stelle Pflanzen untersuchte. Die Pflanzen standen jetzt sehr üppig, ihre Wurzeln hatten zwischen 12 und 15 Mm. Durchmesser und durchschnittlich 240 Mm. Länge. 5 Stück wogen 55 Grm. und diese lieferten bei der Weingeistfällung 3,75 Grm. Inulin, mit absolutem Alkohol noch weitere 0,18 Grm., also in Summa 3,93 Grm.=7,14%, aber nichts von dem Zwischengliede. Die zucker- oder glycosidartige Substanz war auch hier vorhanden, da aber ihre Bestimmung mit Fehling'scher Solution nicht zuverlässig war, habe ich dieselbe unterlassen. Der Feuchtigkeitsgehalt der Wurzel betrug nur 80,44%. Der Procentgehalt der Trockensubstanz an Inulin war demnach=36,53. Die Blätter der untersuchten 5 Pflanzen wogen 205 Grm. Diese Untersuchung hatte dasselbe Resultat wie bei der vorigen Partie.

In den Früchten des Cichorium (50 Grm.) fand ich kein Inulin. Von einer durch absoluten Alkohol fällbaren, in Wasser und verdünntem Weingeist löslichen Substanz, welche mit verdünnter Schwefelsäure Zucker liefert, fand ich 0,54%. Trauben- oder Fruchtzucker sind nicht vorhanden. Erst nach dem Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wurde eine zuckerartige Substanz gefunden.

In der von *Anacyclus officinarum Hayne* abstammenden deutschen Bertramswurzel hat *John* (a. a. O.) 40% Inulin (auf lufttrockne Substanz berechnet) aufgefunden. Seine Bestimmung ist zwar ungenau, giebt aber den Gehalt eher zu klein als zu gross an. Er bringt das durch siedendes Wasser Ausgezogene nach dem Verdunsten zur Extractdicke und demnächstigen Abkühlen Abgeschiedene als Inulin in Rechnung. *Köne* fand (1835) den Gehalt gleich 57,7%; bei ihm ist das als Inulin in Rechnung gestellt, was warmes Wasser nach vorheriger Behandlung mit Aether, Alkohol und kaltem Wasser der Wurzel entzieht[1]). Uebrigens bin ich nicht ganz sicher ob er wirklich die deutsche oder die sogenannte römische Pyrethrumwurzel analysirt hat. Auch *Braconnot* (a. a. O.), *Gauthier*[2]) (1818) und *Waltl* (a. a. O.) kannten die deutsche Bertramwurzel als inulinhaltig. Es ist interessant, dass die Mutterpflanze dieser Drogue wenigstens in Deutschland einjährig ist. Jedenfalls muss aber berücksichtigt werden, dass sie hier nur cultivirt wird, dass wir die wahre Heimath dieser Pflanze nicht kennen und dass sie möglicherweise doch in ihrem Vaterlande und in ihrer Urform 2jährig gewesen sein

---

[1]) Annal. de chim. et de phys. T. 59. p. 327 und wörtlich übersetzt in den Annal. der Pharm. B. 16. p. 66.

[2]) Journ. de pharm. T. 4. p. 49. Vergl. auch *Parisel* ibid. T. 20. p. 251.

kann. Auch der in seiner Heimath mehrjährige Ricinus communis überdauert unsern Winter nicht. Obige Ansicht vertritt schon (1833) *Dierbach* von ganz anderen Prämissen ausgehend[1]).

Dass auch die römische Bertramswurzel, die von *Anacyclus Pyrethrum Schrad.* abstammt und perennirend ist, Inulin enthalte, hat 1818 *Gauthier* behauptet. Er fand 33% vom Gewichte der trockenen Drogue. Vergeblich habe ich das Inulin (Herbst 1868) in der Pyrethrum Parthenium Sm. und P. roseum M. B. gesucht (mikrochemisch).

Die Verdienste, welche *Braconnot* und *Payen* sich um die Auffindung des Inulins in den Wurzelknollen des *Helianthus tuberosus L.* erworben haben, habe ich schon früher beleuchtet. *Braconnot* konnte zu Ende des Herbstes in den Topinambur (mit 77% Wasser) 3% Inulin, ferner 14,8% unkrystallisirbaren Zucker und 1,07% Schleim (Matière gommeuse) nachweisen. Nach längerem Aufbewahren glaubt er eine Abnahme des Inulingehaltes beobachtet zu haben[2]). *Payen* fand (1849) in Gemeinschaft mit *Poinsot* und *Ferry* in den auf Sandboden mittlerer Güte cultivirten Topinambur 23,91% Trockensubstanz und 4,24% Asche. Durch Alkohol konnten sie 16% der Trockensubstanz an Glucose ausziehen, durch Gährung ermittelten sie 14,7% Zucker, neben welchen sie 1,86% Inulin[3]) vorfanden. *Payen* hat namentlich die Verwendung der Topinambur für die Branntweinbrennerei warm empfohlen und will (1823) 9% Alkohol erhalten haben. Ebenso recommandirt er sie 1849 als Viehfutter, was schon früher *Boussignault*[4]) gethan hat und worin ihm auch u. A. 1854 *Göbell*[5]), 1860 von *Langsdorff*[6]) und 1861 von *Bistram*[7]) beistimmten. Sehr eingehende Untersuchungen hat allerdings

---

[1]) Annal. der Pharm. B. 6. p. 108.

[2]) a. a. O. namentlich p. 373 u. p. 359 Anmerk. — *Braconnot*'s Inulinbestimmung wird von *Berzelius* (a. a. O.) reproducirt.

[3]) Journ. de pharm. et de chim. 3 Sér. T. 16. p. 434. — Refer. in Pharm. Centralblatt. Jahrg. 21 (1850). p. 54.

[4]) «Economie rurale». Edit. 2. T. 2. p. 425. Auf die ibid. p. 305 angestellte Analyse habe ich keinen Bezug genommen, weil in derselben das Inulin nicht speciell berücksichtigt worden ist. Gleiches gilt von einer von *Girardin* et *du Breuil* angestellten Analyse. Vergl. übrigens auch die deutsche Uebersetzung *Graeger*'s «Die Landwirthschaft». Halle. *Graeger.* 1851. B. 1. p. 260 u. B. 3. (1854). p. 25.

[5]) «Der Erdapfel oder Topinambur». Berlin. *Kühn.* 1854.

[6]) Landwirthschaftl. Correspondenzblatt f. d. Grossherzogth. Baden. Jahrg. 1860. p. 90.

[7]) «Der geringe Futterbau in den Ostseeprovinzen». Riga. *Deubner.* 1861.

schon viel früher (1820—23) *Kade*[1]) über diesen Gegenstand angestellt. *Herth* giebt für die Erdbirnen (mit 76,68% Wasser) 14,96% Rohrzucker und kein Inulin an[2]). *Nessler* fand[3]) in den bei Carlsruhe cultivirten

| | rothen Knollen | | gelben Knollen | |
|---|---|---|---|---|
| | grossen | kleinen | grossen | kleinen |
| Wasser | 80,68 | 79,55 | 79,05 | 80,49 |
| Inulin | 1,34 | 1,33 | 0,87 | 0,99 |
| Zucker | 4,30 | 5,20 | 5,20 | 4,20 |
| Pectin und lösliche stickstofffreie Substanz | 8,36 | 8,24 | 9,92 | 8,44 |

Die von *N.* untersuchten Knollen sind bis zum Monat Februar in der Erde geblieben und dann sogleich untersucht. In einer sehr grossen gelben Topinambur fand *N.* 0,32% Inulin. Das als Zucker Berechnete wurde durch Extraction mit Alkohol aus dem eingedampften wässrigen Auszuge erhalten. *N.* sagt, es habe alkalische Kupferlösung nicht direct reducirt und spricht es desshalb als Rohrzucker an. Was er als «Pectin und lösliche stickstofffreie Substanz» berechnet, ist in Alkohol unlöslich und geht theilweise schon durch blosses Kochen in Zucker über, nicht beim blossen Eindampfen im Wasserbade. Es ist hier jedenfalls die Substanz vorhanden, welche ich vorläufig als Mittelglied zwischen Inulin und Zucker bezeichne und auf die ich später weiter eingehen werde. Nach dem Trocknen bei 100° hinterblieb bei *Nessler*'s Untersuchungen ein Rückstand, der an Weingeist 9% Zucker abgab, von dem also 3,8% während des Trocknens entstanden sein müssen. Nach Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure erhielt *N.* aus denselben Topinambur 11,5% Zucker, zieht man davon 1,47% als aus dem Inulin hervorgegangen und 5,2% als vorher dagewesen ab, so bleibt 4,83%, welches einer Metamorphose des Mittelgliedes seine Entstehung verdankt.

---

[1]) Ich kenne die Resultate seiner in Hohenheim ausgeführten Versuche nur aus dem allerdings ausführlichen Referate, welches von *Schwerz* über dieselben in seiner «Anleit. z. prakt. Ackerbau». 3. Aufl. Stuttgart u. Tübingen. Cotta. 1843. B. 2. p. 465 ff. giebt.

[2]) Landwirthschaftl. Correspondenzblatt. f. d. Grossherzogth. Baden. Jahrg. 1855. p. 39. — *H.* hat nicht von 14,96% Traubenzucker gesprochen, wie das in der zweiten Aufl. der deutsch. Bearb. von *Muspratt*'s «theor. prakt. und analyt. Chemie» B. 1. p. 335 behauptet wird. Er sagt im Gegentheil (p. 41 Anm.), dass Kupferoxyd «durchaus nicht reducirt» wäre. Jedenfalls hat er also Inulin und das Mittelglied, vielleicht auch Rohrzucker summarisch bestimmt.

[3]) ibid. Jahrg. 1860. p. 78. — Exc. in *Wilda*'s Centralblatt f. 1860. p. 175.

Wenn verschiedene Bearbeiter z. B. *Balling* in Prag[1]), *Trommer* in Eldena[2]), *Häcker* (1852—53) in ungarisch Altenburg[3]), *v. Babo* in Carlsruhe[4]), *Lauter* in Lilienthal[5]), *Siemens* in Hohenheim[6]), *Wöllersdörfer* (1860) in Grosskuntschitz[7]), mit ungleichem Erfolge die Fabrikation von Spiritus aus diesem Materiale versucht haben, so liegt dies sicher theilweise daran, dass man dasselbe eben zu verschiedenen Zeiten und in ungleicher Weise verwendete. Die in Frankreich angestellten praktischen Versuche ergaben nach *Dubrunfaut* stets ein schlechtes Resultat, wenn man den im Herbste gepressten Saft gähren liess, während sich der Saft gegen Ende des Winters als sehr geeignet zur Weingeist-Fabrikation erwies. Die Erklärung hierfür haben wir eben in jenem schon von *Braconnot* angedeuteten Phänomen zu suchen, dass das Inulin, welches mit Hefe nur

---

[1]) «Die Branntweinbrennerei». Prag. Calve. 1854. Aufl. 2. Th. 2. I. p. 186.

[2]) *Eldenaer* Arch. f. landw. Erf. etc. Jahrg. 1854. H. 3.

[3]) Allgem. land- und forstwirthsch. Ztg. Jahrg. 1854. № 34.

[4]) Landwirthsch. Correspondenzblatt f. d. Grossherz. Baden. Jahrg. 1855. p. 1.

[5]) Von Herrn Domainenverwalter *W. Lauter* in Lilienthal (Kaiserstuhl) liegt mir folgende Notiz vor. «Bei einer landw. Ausstellung wurde ich auf den aus Topinambur gefertigten Branntwein aufmerksam. Derselbe mundete mir durch seinen süsslichen, reinen Geschmack, welcher Aehnlichkeit mit jenem des Genèvre hatte. Das Wasser war durch einen Apotheker ausgestellt, welcher versuchsweise dasselbe bereitet hatte. Ich beschloss einen Versuch in grösserem Maasstabe vorzunehmen. Die Topinamburs blieben, wie gewöhnlich, während des Winters in der Erde und wurden im Frühjahre jeweils nur auf Vorrath für den Brennereibedarf für ein bis zwei Tage ausgemacht. Das Brennen derselben habe ich erst zu der Zeit im Monat März begonnen, in welcher die Kartoffeln aufgebrannt waren. Die Topinambur wurden wie Rüben eingemaischt. Die genaueren Notizen über das Ergebniss sind mir abhanden gekommen. Es bleibt mir daher nur übrig im Allgemeinen zu berichten, dass ich mit demselben sehr zufrieden war, dass die Schlempe von dem Rindviehstand gern genommen wurde und dass ich eine Fortsetzung und Ausdehnung der Verwendung der Topinambur zur Branntweinbrennerei in erster Zeit nach dem Versuch beschlossen hatte. Diesem trat aber der Widerwille des Publikums vor dem gewonnenen Branntwein entgegen, welches den gewohnten stark fuselnden Kartoffelschnaps, diesem süssen Getränke, gegen welches man mit dem Vorwurf der Schmiererei auftrat, vorzog. Ich konnte nur zu den niedersten Preisen und in der Wirthschaft meine Novität in gebranntem Wasser los werden und verzichtete desshalb auf jeden weiteren Versuch, was ich um so leichter thun konnte, als die besagte Pflanze nur auf wenigen ganz geringen Stellen des Gutes (steilen Rainen) gepflanzt wurde, eine Hauptfrucht auch bei dem besten Branntweinresultat doch nie hätte werden können.»

[6]) Agronom. Ztg. Jahrg. 1859. № 37. 57. Vergl. auch Arch. f. Pharm. B. 98. p 94.

[7]) Agronom. Ztg. Jahrg. 15. p. 97.

sehr langsam und unvollständig der Gährung unterliegt, gegen die Frühjahrzeit und auch nach längerem Liegen abnimmt. Wenn schon *Sachs* (a. a. O.) darauf hinweist, dass es sich hier um eine partielle Metamorphose zu (gährungsfähigem) Zucker handelt, so haben uns (1866) *Ville* und *Joulie*[1]) und (1867) *Dubrunfaut* für diese Annahme weitere Stützpunkte geliefert. Letzterer beweist uns, dass der Herbstsaft sein Drehungsvermögen nach Links nur dem Inulin verdankt, dass der flüssige Theil seines Saftes nach Ausfällung des Inulins inactiv ist, auch nach der durch Bierhefe eingeleiteten Gährung inactiv bleibt. Dagegen besitzt der Saft der Topinambur im März und April Rechtsdrehung; er scheidet dann weder freiwillig noch auf Weingeistzusatz Inulin ab und giebt jetzt mit Hefe viel Alkohol. Eingedickt, und dann mit concentrirtem Alkohol behandelt, scheidet er eine in letzterem sehr schwer lösliche Masse ab, die in Wasser leicht löslich und optisch inactiv, übrigens gährungsfähig ist. (*D.* vergleicht sie mit dem inactiven Producte der Gährung des Invertzuckers.) Diese letztere Masse haben auch *Ville* und *Joulie* unter Händen gehabt. Sie beschreiben dieselbe ebenfalls als optisch inactiv, in Wasser löslich, wirkungslos auf Kupferoxyd, nicht gährungsfähig (sic — siehe später), mit Salzsäure gährungsfähigen und linksdrehenden Zucker liefernd und bringen für dieselbe den Namen «Lévuline» in Vorschlag. Im Weingeist gelöst blieb bei *Dubrunfaut*'s Fällung eine süssschmeckende, stark rechtsdrehende Substanz (5—6% vom Gewichte der Knollen), welche sich gegen Bierhefe und gegen verdünnte Säuren wie Rohrzucker verhalten soll und welche so für sich nicht krystallisiren wollte. Erst als *D.* die syrupdicke Lösung mit Baryt ausfällte, dann den in Wasser suspendirten Niederschlag mit Kohlensäure behandelte, gewann er eine Lösung, welche, wie er sagte, ihm Krystalle von Rohrzucker lieferte[2]). In (rothen) Topinambur, welche ich im Herbste 1868 aus dem hiesigen botanischen Garten erhielt, fand ich 22,59% der Trockensubstanz an Inulin. Das Filtrat enthielt kleine aber nachweisbare Mengen Zucker. Ende April 1869 fand ich in Erdäpfeln, welche ich von einem Handelsgärtner aus Riga bezog und welche noch nicht ausgetrieben hatten (15,62% und 18,89% Trockensubstanz) nur so wenig Inulin, dass bei Verarbeitung von 10,7 Grm. Trockensubstanz nur gegen 0,150 Grm. d. h. 1,4% desselben gefunden wurde. In einer anderen Knolle fand ich weniger als 1,1%. Die Summe des rechtsdrehenden Zuckers und

[1]) Moniteur scientifique. Jahrg. 1866. p. 836.

[2]) Compt. rend. T. 64. p. 764. — Auf das Vorkommen einer gährungsfähigen Substanz in den Frühjahrsknollen weist *D.* übrigens schon 1856 hin.

der inactiven zuckerartigen Substanz betrug in der einen Knolle 43,9% (6,85% der feuchten Substanz), in der anderen 63,4% (oder 11,9% der feuchten) Substanz.

Uebrigens zeigt *Krocker*, dass Topinambur, wenn sie im Frühjahr vor der Blattbildung aus der Erde genommen werden, weder im ersten noch im zweiten Lebensjahre Traubenzucker enthalten, dass er in den ausgegrabenen Knollen entsteht, wenn sie an der Luft liegen und welken, dann allerdings auch in einigen Tagen. *Kr.* fand in einjährigen Pflanzen im Frühjahre 1859 bei 19,70% Trockensubstanz 13,88% zuckergebende Materie, bei zweijährigen im Frühjahre 1860 bei 16,54% Trockensubstanz 11,86% derselben an zuckergebenden Stoffen[1]). Leider habe ich hier im Frühjahre keine frisch ausgegrabenen Knollen erhalten können. Jedenfalls ist es das Mittelglied, welches unter den von *Kroker* angezeigten Bedingungen den Zucker liefert. Die früher citirten Versuche *Nessler*'s und meine eigenen Erfahrungen gestatten diese Behauptung.

*Raspail* hat (1826) behauptet, dass die Knollen von Helianthus tuberosus auf Guadeloupe Stärkmehl führen, in Frankreich Inulin[2]). Indessen giebt es Zeiten, in denen wir auch in Europa in ihnen Stärkmehl antreffen. Wie das *Sachs* (a. a. O.) zuerst beobachtet hat, findet man in den Erdäpfeln nach der Behandlung mit Kali kleine Stärkmehlkörnchen und namentlich in der Frühjahrszeit, wenn die Entwickelung der oberirdischen Theile beginnt, zeigt sich hier wie in anderen Synantheren (Dahlia) ein reichlicher Gehalt an Amylum.

In den Wurzeln von *Helianthus annuus L.* soll *Braconnot* das Inulin wahrgenommen haben[3]). Ich habe im September 1868 in den hier ge-

---

[1]) Annal. d. Landwirthsch. in d. königl. preuss. Staat. — Wochenblatt 1861. p. 425.

[2]) Annal. des scienc. natur. T. 7. p. 331. Die betreffende Stelle heisst wörtlich: «D'apres une note communiquée par *M. Payen* à la société philomatique il paraitrait que M. *L'herminier* aurait fait passer à M. *Pelletier* de la fécule provenant des topinambours de la Guadeloupe, tubercules qui, cultivés en France ne donnent que de l'innuline» und weiter «Cette fécule de topinambour de la Guadeloupe a des grains plus gros que l'innuline des topinambours de France». — Von einer Arbeit *Einhof*'s, der in den in Europa cultivirten Knollen 17% Stärkemehl gefunden haben wollte, sehe ich ab, da diese Untersuchnng jedenfalls fehlerhaft ist.

[3]) *Rochleder*'s «Chemie und Physiol. der Pflanzen». Heidelberg. *Winter*. 1858. p. 67. Wenn auf die Arbeit *Br.* in den Annal. de chim. et de phys. T. 25. p. 358 als Quelle hingewiesen wird, so finde ich dort eine hierauf bezügliche Angabe nicht.

wachsenen Exemplaren der Pflanze mikrochemisch kein Inulin auffinden können. Als ich 50 Grm. gepulverte Wurzeln nach der später zu besprechenden Methode auf Inulin verarbeitete, erhielt ich nur 1,25% vom Gewichte derselben als Niederschlag und dieser lieferte, mit verdünnter Schwefelsäure erhitzt, keinen Zucker. Ich kann demnach den Inulingehalt der Sonnenblumenwurzeln nicht bestätigen. In dem Saamen der genannten Pflanze haben (1859) *Ludwig* und *Kromayer* einen Stoff aufgefunden, der im Weingeist löslich war und der nach ihnen in der Mitte zwischen Zucker und Inulin zu stehen scheint[1]). Da die Existenz eines solchen Zwischengliedes schon nach den Arbeiten *Dubrunfaut*'s über Topinambur durchaus nicht unwahrscheinlich ist, mir auch, schon ehe ich diese kannte, die Darstellung eines solchen, durch chemische Zersetzung des Inulins, gelungen war, schien es mir indicirt, auch meinerseits einen Abscheidungsversuch aus dem von *Ludwig* und *Kromayer* benutzten Materiale zu unternehmen. 50 Grm. hier (1868) gesammelter Früchte, nach ihrer Methode verarbeitet, gaben mir zwar reichliche Mengen zuckerartiger Substanz, aber durchaus nicht jenen von *L.* und *Kr.* beobachteten Stoff. Andere 50 Grm. wurden auf Inulin geprüft, indessen erhielt ich auch hier negatives Resultat. Die 1,6721 Grm. Niederschlag, welche ich mit Alkohol ausfällen konnte, bestanden zum Theil aus Salzen und zum Theil aus stickstoffhaltiger Materie, welche nur zum kleinsten Theile von sehr verdünnter Schwefelsäure gelöst wurde, mit derselben erhitzt, auch keine Spur Zucker lieferte. Es wäre möglich gewesen, dass die erwähnte Differenz zwischen meinen und den Versuchen *Ludwig*'s und *Kromayer*'s durch klimatische Einflüsse bedingt wären, denn ich kann nicht leugnen, dass ein Theil der von mir untersuchten Früchte mangelhaft ausgebildet war.

Aus letzterem Grunde habe ich nochmals den Versuch mit gut ausgewachsenen Früchten unternommen, welche ich durch Vermittelung meines Freundes *Peltz* aus Riga bezogen habe. 50 Grm. lieferten, ausgekocht, nach dem Eindampfen zur Syrupsdicke mit Alkohol ebenfalls keinen Niederschlag. Absoluter Alkohol fällte aus der wiedereingeengten Flüssigkeit zwar einen braunen Niederschlag, der aber in seinem Aussehen nicht mit jenem Mittelgliede übereinstimmte und welcher bei Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure nur wenig Zucker lieferte (gegen 0,8%). Das Filtrat von diesem Niederschlage schmeckte etwas bitter, wieder in Wasser gelöst (31 CC.) reducirte es Fehling'sche Lösung beim Kochen nur sehr allmählig (10 CC. Fehl. = circa 6 CC.). Erst nachdem mit verdünnter Schwefelsäure erhitzt war, wurde neben einem harzigen Spaltungsproducte eine Substanz gewonnen, welche die Fehling'sche Lö-

sung leicht reducirte (25 CC. obiger Flüssigkeit auf 64 CC. gebracht, 10 Fehl. = resp. 11 CC. und 11,5 CC. des letzteren Gemisches, indessen auch hier das Ende des Versuches nicht ganz genau festzustellen.)

Auch in den Wurzeln von Helianthus Maximilianus Schrad. habe ich mikrochemisch das Inulin nicht darthun können, dasselbe aber wieder in *Helianthus strumosus L.* gefunden.

Das Nähere über die Auffindung des Inulins in den Wurzelknollen der *Dahlia variabilis* Desf. habe ich schon (a. a. O.) vorgeführt. Auch *Waltl* kannte den Gehalt dieser Pflanze. *Parnell* und *Croockwitt* haben das Inulin aus derselben analysirt, doch wurde erst (1842) von *Mulder* und dann (1856) von *Dubrunfaut* die Uebereinst.mmung des aus der Georgine und des aus anderem Material dargestellten Inulins behauptet. *Liebig* hat (1832) zu verschiedenen Zeiten sehr grosse Differenzen im Inulingehalte der Dahlienknollen beobachtet, mitunter vergeblich darnach gesucht. Er giebt aber nicht näher an, wann letzteres geschehen ist[1]). *Wosskressensky*[2]) hat es im Frühjahr nicht rein abscheiden können, während *Ludwig* (1855) in dieser Jahreszeit reichlich Inulin darthun konnte (ob vielleicht vor Entfaltung der Triebe?[3]). Den Inulingehalt der Georginenknollen finden wir bei *Berzelius* zu 10% angegeben. *Wittstein* fand (1840) im Herbste 4,5 % vom Gewichte der frischen und 40 % von dem der getrockneten Wurzel, doch bedingte seine Methode einen Verlust (a. a. O.). *Bouchardat* (1847) giebt den Gehalt des ausgepressten Saftes zu 12 % an[4]). Ich fand im Herbste 1867 im Safte einer dem hiesigen botanischen Garten entnommenen Dahlia (Weingeistfällung) 8,02 % Inulin, im Frühjahre 1869 vor dem Austreiben 6,66 %. In den Knollen einer ebenfalls im Herbste 1867 untersuchten aber schlechterem Boden entstammenden Georgine fand ich (als Zucker titrirt) 5,4 % vom Gewichte der Knolle. Eine an derselben Stelle gewachsene Pflanze vom Herbste 1868 gab 4,71% vom Gesammtgewichte oder 34,16 % vom Gewichte ihrer Trockensubstanz[5]). Bei einer auf besserem Boden cultivirten Knolle fand ich im October 1868

---

[1]) Annal. der Pharm. B. 2. p. 235 und namentlich 237.

[2]) Bullet. de l'academ. de St. Petersburg. B. 5. p. 36.

[3]) Arch. f. Pharm. B. 82. p. 163.

[4]) Compt. rend. T. 25. p. 273.

[5]) Der sehr dürre Sommer 1868 war bei uns der Ausbildung der Wurzelknollen nicht günstig. Selbst als gegen den Herbst zu feuchtes Wetter eintrat, nahmen dieselben zwar noch an Umfang zu; es kam aber auch dann nicht mehr zu reichlicher Bildung von Inulin.

42,51 % vom Gewichte der Trockensubstanz[1]). Schon hieraus ersieht man, dass Boden und Klima Verschiedenheiten in der Quantität des Inulins bedingen. Ich bin der Ansicht, dass der Gehalt von 12 % des Saftes, welchen *Bouchardat* fand, erreicht werden kann. — Dass beim Lagern im Keller der Gehalt an Inulin bereits abnimmt, selbst bevor sich Anfänge von Knospen zeigen, geht aus folgendem Versuche (A) hervor. Knollen, am 21. Oct. (2. Nov.) 1868 ausgegraben, enthielten 13,90 % Trockensubstanz und diese 34,16 % Inulin. Knollen, die ich an demselben Tage ausgegraben und bis zum 6./18. Jan. aufbewahrt hatte, lieferten 13,8 % Trockensubstanz und Inulin 26,08 % vom Gewichte derselben. Da der Procentgehalt an Trockensubstanz fast gleich geblieben ist, so ist es wahrscheinlich, dass das Inulin nur eine moleculare Umwandlung erlitten habe. Eine andere Knolle (B) von derselben Localität hatte am 3./15. Jan. 1867 24,10 % Inulin. Knollen (C) von besserem Boden hatten, am 25. Oct. (6. Nov.) 1868 analysirt, 42,51 % Inulin, andere Exemplare von derselben Stelle am 8./20. Jan. 1869 — 36,59 %. In den weingeistigen Filtraten aller im October untersuchten Proben fand sich kein Zucker, wohl aber hatten die im Jan., März und Mai untersuchten Knollen Zucker und lieferten auch nach Verdunsten des Weingeistfiltrates zur Syrupconsistenz mit absolutem Alkohol einen Niederschlag, welcher den von *Dubrunfaut* aus dem Erdäpfelsafte gefällten Stoffen in seinen Reactionen entsprach. Dass im Herbste in den Dahlien kein Zucker vorkommt, beweist namentlich folgendes Experiment. Knollen von denselben Localitäten, wie die zu den beschriebenen Experimenten benutzten, wurden zu je 30—50 Grm. am 21. Oct. (2. Nov.) 1868 zerrieben, so dass der Brei sogleich von der Reibe in eine Porcellanschale fiel, in welcher 88 %iger Weingeist war. Es wurde nach einer Stunde abgepresst, nach 48 Stunden filtrirt, das Filtrat verdunstet. Der bitterlich, nicht süss schmeckende Rückstand jeder Portion wurde in wenig Wasser gelöst und mit Kalilauge versetzt. In dem Gemische war die Fällung kleiner Men-

[1]) Ich habe hier um die bezeichnete Zeit durchschnittlich 86,1 % Trockenverlust beobachtet. Knollen von derselben Localität, welche ich im Zimmer über Wasser hatte austreiben lassen, enthielten im Januar 1869 nur noch 9,56% Trockensubstanz, also 90,44% Feuchtigkeit. Zwei Knollen von einer anderen Fundstelle, die bei mir bis zum 3. Januar 1869 im Keller gelegen hatten, gaben 18,8% und 18,9% Trockensubstanz, also 81,2 und 81,1% Wasser und eine Knolle von der Localität wie die frühere, die beim Lagern im Keller vom 21. Oktober 1868 bis zum 6. Januar 1869 von 42,8 Grm. auf 40,7 Grm., d. h. um 4,91% ihr Gewicht vermindert hatte, hinterliess nun 5,6388 Grm. d. h. 13,8% Trockensubstanz (86,2% Feuchtigkeit). Allerdings habe ich, wie ich oben gesagt habe, in einzelnen Knollen auch im Mai noch 14,20%—14,56% Trockensubstanz beobachtet.

gen Kupferoxydhydrat verhindert, aber erst nach längerem Kochen trat geringere Reduction ein. In der Kälte erfolgte selbst innerhalb 24 Stunden keine Spur einer Reduction. Eine Knolle von dem Wurzelsysteme C war im Herbste abgelöst und im Keller bis zum 5/17. Mai 1869 aufbewahrt. Ihr Gewicht war von 43 Grm. auf 42 Grm. reducirt. Sie enthielt nun 5,6 % der Trockensubstanz Inulin (14,56 % Trockensubstanz). Zucker und das später zu besprechende Mittelglied zwischen ihm und dem Inulin waren reichlich vorhanden. Rechnet man ihre Menge auf Inulin über, so erhält man 34,9 % vom Gewichte der Trockensubstanz. Bei einer Knolle aus einem anderen Wurzelsysteme, welches am 5. Mai noch nicht ausgekeimt hatte (B a), fand ich nun 14,2 % Trockensubstanz und 21,1% derselben Inulin, während 22,5% derselben an Inulin der Metamorphose in Zucker und das Mittelglied erlegen waren. — Hat bei der Dahlia im Frühjahre einmal die Knospenbildung angefangen, so geht der Inulingehalt noch weiter zurück; ja, ich habe dann sogar bei weiterer Ausbildung des Triebes, eben so wie *Sachs*[1]) alles Inulin schwinden oder vielmehr in Zucker und jenes Mittelglied übergehen sehen. — Der Uebergang erfolgt unter verschiedenen Bedingungen ungleich vollständig. Der grössere Rest des Wurzelsystemes (A), in dessen Knollen ich am 21. Oct. 1868 13,9 % Trockensubstanz und 4,71% (34,16 %) Inulin bestimmt hatte, wurde in einem bedeckten Glasgefässe aufbewahrt, in dem sich zugleich ein Behälter mit destillirtem Wasser befand. Nur die untersten Spitzen einiger Knollen berührten die Oberfläche des Wassers. In der zweiten Hälfte des Nov. zeigten sich Triebknospen und es wurde nun die Pflanze jeden zweiten bis dritten Tag mit destillirtem Wasser bespritzt. Am 3/15. Jan. 1869 waren etwa 20 Triebknospen ausgebrochen, von denen die grösste 6 Blätter und eine Länge von 12 Cm. hatte, zwei andere mit resp. 4 und 6 Blättern, waren etwa 7 Cm., die übrigen nur höchstens 1 bis 1,5 Cm. hervorgetreten. Eine gesunde Knolle wog nur 9,5 Grm., getrocknet 0,9084 Grm. (9,56% Trockensubst.); sie lieferte keinen Niederschlag von Inulin mehr, enthielt aber nach der Fällung mit absolutem Alkohol (als Zucker titrirt) 0,2276 Grm. jenes Mittelgliedes[2]) (2,396 %

---

[1]) «Handb. d. Experimentalphysiol. d. Pfl.» Leipzig. *Engelmann.* 1865. p. 350 u. a. a. O.

[2]) Gewogen 0,2554 Grm. Da der Körper Feuchtigkeit sehr energisch zurückhält, auch fremde Stoffe mit gefällt sein können und desshalb die Wägung leicht zu hoch ausfällt (bei der nächsten Bestimmung erhielt ich durch Fällung und Wägung 0,6282 Grm., durch Titriren 0,608 Grm.), so werde ich in der Folge stets nur die Resultate der Zuckerbestimmung mittheilen. Uebrigens komme ich später auf den Gegenstand zurück.

oder 25,06 % der Trockensubst.). Im Filtrate von der Fällung waren noch 0,09 Grm. Zucker (also annähernd 1% resp. 10%). Am 13/25. Jan. 1869 wurde der ganze Versuch unterbrochen, weil die Triebe inzwischen hier und da ein kränkliches Ansehen bekommen hatten. Ein Theil der Knollen war jetzt im Innern verfault; sie wogen nach dem Trocknen bei 100° 3,558 Grm., enthielten von dem Mittelgliede 0,608 Grm. (17,08%) und Zucker 0,112 Grm. (3,14 %). Die gesammte Menge der aus dem Wurzelsysteme hervorgetretenen Triebe hatte eine Trockensubstanz von 0,249 Grm. — Bei einem anderen Wurzelsysteme (D) fand sich am 3/15. Jan. 1869 in einer 16,5 Grm. wiegenden Knolle 3,5575 Grm. Trockensubstanz (= 21,56 %) wovon 0,9825 Grm. Inulin waren (5,95 % oder 27,6 % der Trockensubstanz). Zucker war noch nicht nachweisbar, wohl aber etwas des Mittelgliedes. Der Rest der Wurzeln = 118 Grm. wurde im bedeckten Glasgefässe bei Zimmertemperatur so aufbewahrt, dass ein Theil der Knollen im Wasser tauchte. Schon am 8/20. Jan. zeigten sich die ersten Wurzeln, am 10/22. Jan. war die erste Knospe hervorgetreten. Am 31. Jan./12. Feb. waren 7 grosse Triebe ausgebrochen von 9 bis 14 Cm. und 6 kleinere von 0,25—3 Cm. Länge. Alle waren üppig grün, nur 1—2 hatten schwärzliche Flecken an den Blättern, welche die Wandungen des Glases berührt hatten. Die Knollen waren gesund, strotzend gefüllt. Die Triebe lieferten 0,7650 Grm. Trockensubstanz; sie enthielten kein Inulin, auch nichts von dem Mittelgliede, aber 0,1363 Grm. (17,8 %) Zucker. Die Knollen lieferten 23 Grm. Trockensubstanz mit 1,73 Grm. (7,52 %) Inulin, 2,14 Grm. (9,30 %) des Mittelgliedes und 0,516 Grm. (2,24 %) Zucker. — Eine andere Knolle, 47,3 Grm., von einem gesunden Wurzelsysteme (E) wurde am 3/15. Jan. 1869 untersucht und hatte nun 18,9% (8,9889 Grm. Trockensubstanz) und 6,92% (3,289 Grm., d. h. also 36,59 % der Trockensubstanz) Inulin. Zucker war nicht vorhanden, aber ebenfalls etwas von dem Mittelgliede zwischen ihm und Inulin. Der Rest des Wurzelsystems wog 132 Grm., er wurde im bedeckten Glase einige Zeit über Wasser aufbewahrt, nach 14 Tagen aber mit der unteren Hälfte der Knollen unter Wasser getaucht. Am 4/16. März war ein Trieb von ca. 15 Cm. krank, fast verdorrt, ein zweiter, fast ebenso lang als er, war gesund mit 6 Blättern ausgestattet. Mehrere andere kürzere Triebe waren theils noch gesund, theils schon wieder abgestorben. Eine 39 Grm. wiegende Knolle, die unten gefault war, wurde abgenommen. 33 Grm. gesunder Massen derselben hinterliessen 3,5010 Grm. Trockensubstanz (10,61 %) und gaben weiter (gefällt = 0,6458 Grm. — titrirt) 0,316 Grm. Inulin (0,957% oder 9,03% der Trockensubstanz), 0,241 Grm. des Mittelgliedes (0,730 % oder 6,88% der Tro-

ckensubstanz), und 0,226 Grm. Zucker (0,685 % oder 6,46 % der Trockensubstanz). Am 4/16. April wurde der ganze Versuch unterbrochen. Der eine Trieb war jetzt 45 Cm. lang und hatte 12 Blätter entwickelt, von welchen 4 schon wiederum gewelkt waren. Der Stumpf des erkrankten Triebes hatte 2 Seitenäste von 11,5 Cm. Länge entwickelt, die übrigen Triebe waren abgestorben. Die Triebe wogen 10,12 Grm., getrocknet 1,165 Grm., sie enthielten weniger als 0,05 Grm. (also weniger als 4% der Trockensubstanz) Zucker. Die Wurzeltheile wogen 123 Grm Sie waren theils gefault. 118 Grm. gesunder Masse hinterliessen 17 Grm. Trockensubstanz (14,4%) und lieferten 1,762 Grm. Alkoholniederschlag mit nur 0,981 Grm. (5,79 der trockenen oder 0,831 % der feuchten Knolle) Inulin, 1,07 Grm. (6,29% der trockenen und 0,9% der feuchten Substanz) des Mittelgliedes, 1,23 Grm. (7,23 % der trockenen und 1,04 der feuchten Substanz) Zucker.

Folgender Versuch gestattet ein Urtheil über die Vertheilung des Inulins und seiner Derivate in den einzelnen Theilen der Wurzel. Am 14/26. März 1869 habe ich eine Dahlia (F), welche seit Herbst 1868 in der Bagge des hiesigen botanischen Gartens gelegen hatte, in Arbeit genommen. Sie hatte 4 beblätterte üppig grüne Triebe von durchschnittlich 50 Cm. Länge, daneben noch einige kleine ohne entfaltete Blätter. Das Gewicht aller dieser Triebe betrug 27,0 Grm., getrocknet 1,6595 Grm. Beim Auskochen mit Wasser hinterblieben 0,954 Grm. Unlösliches. Inulin und das Mittelglied waren in der Lösung nicht nachweisbar. Ihr Zuckergehalt war geringer als 0,05 Grm. Das Gewicht des ganzen Wurzelsystems betrug 637 Grm., wovon ca. 54 Grm. auf den Mittelstock kamen. Dieser letztere lieferte 10,26 Grm. Trockensubstanz (19%), von der 8,475 Grm. beim Kochen mit Wasser nicht in Lösung gingen (1,785 Grm. = 3,3 % Lösliches). Von letzteren waren gegen 0,25 Grm. Inulin oder eine ihm ähnliche Substanz, gegen 0,0726 Grm. kamen auf das Mittelglied zum Zucker[1]). Der Gehalt an Zucker war geringer als 0,05 Grm. Die Mutterknolle wog 109 Grm. und lieferte 9,199 Grm. trockene Substanz (8,347 %). Davon waren 4,333 Grm. in kochendem Wasser unlöslich (3,975 %). Inulin war nicht, wohl aber der später zu besprechende Synantheren-Schleim nachweisbar; der eingedampfte Wasserauszug lieferte zwar noch mit Weingeist einen gelatinösen Niederschlag, doch gab dieser auch nach 24-stündiger Einwirkung verdünnter

[1]) Jedenfalls waren die Präcipitate des Jnulins und des Mittelgliedes sehr unrein; nach der Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure war die Flüssigkeit sehr gefärbt und bei der Titrirung deshalb das Ende nicht genau zu meritteln.

Schwefelsäure nur sehr wenig Zucker. Das Mittelglied konnte zu 0,4315 Grm. (0,396 % oder 4,69 %) und Zucker zu 1,937 Grm. (1,777 % od. 21,1 %) dargethan werden. Drei Knollen von verschiedener Grösse wogen zusammen 83 Grm. und gaben 8,696 Grm. trockene Substanz (10,48 %). Von dieser waren 3,935 Grm. in kochendem Wasser unlöslich (4,74 %). In der in warmem Wasser löslichen Substanz fanden sich noch 0,170 Grm. unzersetztes Inulin (0,204 % oder 1,95 %), 1,490 Grm. (1,79 % oder 17,1 %) des Mittelgliedes und 1,250 Grm. (1,50 % oder 14,4 %) Zucker. In allen Theilen des Wurzelsystemes war reichlich Salpeter nachzuweisen, was mir auch bei anderen, im Frühjahre untersuchten Dahlien aufgefallen ist.

Unter Einfluss minder feuchter und minder warmer Luft beobachtete ich folgende Veränderungen: Von dem Exemplare (B), welches am 3./15. Jan. 1869 18,8 % Trockensubstanz und 24,1 % von dieser an Inulin enthielt, wurden an diesem Tage 179 Grm. in ein Glasgefäss gebracht, in dem zugleich ein mit Wasser gefülltes Becherglas stand. Die Knollen wurden in diesem bei Zimmertemperatur so aufbewahrt, dass sie nicht in das Wasser tauchten und überhaupt nur mit Wasserdampf gespeist wurden. Am 3./15. April hatten sich 3 Triebe entwickelt, zwischen 5 und 7 Cm. lang und einer von 3,5 Cm. Länge. Alle waren dunkelgrün, die Blätter klein und nicht auseinander gebreitet. Das Gewicht der Triebe betrug in Summa 3,05 Grm., ihre Trockensubstanz 0,6670 (21,8 %). Sie enthielten keine Spur von Inulin oder dem Mittelgliede zum Zucker und weniger als 0,05 Grm. Zucker. Die Wurzelknollen waren stark geschrumpft. Zwei Knollen waren am unteren Ende gefault, 3 kleinere nicht. Wurzelfasern waren durchaus nicht hervorgetreten. Die gesunde Masse der Knolle betrug 84 Grm. mit 18,21 Grm. (21,7 %) Trockensubstanz, der kranke 21,5 mit 5,6 Grm. (26,0 %) Trockensubstanz. Die gesunden Knollen lieferten 1,9804 Grm. Weingeistpräcipitat mit 0,964 Grm. Inulin resp. 1,14 % und 5,29 % Inulin), mit absolutem Alkohol (als Zucker titrirt), 2,02 Grm. des Mittelgliedes (resp. 2,4 und 11,1 %), ferner 0,127 Grm. Zucker (resp. 0,15 und 0,69 %). Aus der erkrankten Substanz wurden durch Weingeistfällung 0,8262 Grm. mit 0,503 Grm. Inulin (resp. 2,34 und 8,9 %), durch Fällung mit absolutem Alkohol 0,328 Grm. des Mittelgliedes (resp. 1,52 und 5,85 %) erhalten. Zucker war hier nur spurweise darzuthun.

Endlich mag noch folgendes Experiment hier vorgeführt werden, aus dem der Einfluss ersichtlich wird, welchen Frost auf das Inulin der Dahlien-Knollen ausübt. Im Keller aufbewahrte etwas geschrumpfte Knollen brachte

ich am 20. Februar 1869 in das Freie bei einer Temperatur von — 5°. Die Temperatur schwankte in den nächsten 24 Stunden zwischen — 8° und 0°, um dann in den folgenden 3 Tagen meistens über dem Gefrierpunkt zu bleiben. Die gefroren gewesenen Knollen waren nach dem Wiederaufthauen sehr weich geworden. Ein frischer Schnitt liess einige wenige Inulinkugeln erkennen, jedenfalls war aber die grössere Menge des Inulins noch gelöst. 7 Grm. lieferten 1,1195 Grm. trockene Substanz (15,99 %). Ein Theil der Abkochung war verschüttet, doch fand sich im Rest derselben auf je 5,1185 Grm. Inulin 0,5488 des Mittelgliedes und 0,4242 Grm. Zucker.

Ich werde später die hier beschriebenen Resultate weiter ausnutzen.

Mikroskopisch ist das Inulin durch *Wiggers*[1]) und *Berg*[2]) in den getrockneten Rhizomen von *Achillea Ptarmica L.* constatirt worden. Ich habe es (mikrochemisch) auch in der *Achillea stricta Schleich.* beobachten können.

Erstere Autoren sprechen auch von einem Gehalt der Wurzel von *Lappa major Geartn.*, *L. tomentosa Lam.* und *L. minor DC*[3]. Ich fand in der käuflichen radix Bardanae 45,4% Inulin. In der im Herbste 1868 hier gesammelten Wurzel der Lappa minor fand ich 19,07 %, in einer zu derselben Zeit dem hiesigen botanischen Garten entnommenen Wurze von *Lappa tomentosa* 27,01 %, sämmtlich vom Gewichte der bei 100° getrockneten Substanz[4]). In den Filtraten von Inulin war auch etwas Zucker. Am 7/19. Mai fand ich in der Wurzel von Lappa minor kein Inulin (4,5 Grm. Trockensubstanz verarbeitet). Der Gehalt von Zucker plus dem Mittelgliede zwischen ihm und Inulin betrug (als Zucker berechnet) 11,52 %. Daneben ist noch ein Stoff vorhanden, der theilweise durch Alkohol gefällt wird und dessen wässerige Lösung durch verdünnte Schwefelsäure sogleich unter Abscheidung einer harzigen Substanz zerlegt wird. Die Exemplare, welche ich untersuchte, hatten schon mehrere kräftige Blätter entwickelt.

*Wiggers*, *Berg* u. A. fanden auch in der von *Carlina acaulis L.* stammenden Eberwurzel Inulin[5]). Ich konnte den Gehalt der käuflichen Drogue zu 21,9 % der Trockensubstanz feststellen.

---

[1]) «Handb. d. Pharmacognosie». Göttingen. *Ruprecht.* 5. Aufl. 1864. p. 272.

[2]) «Pharmac. Waarenkunde». Berlin. *Gaertner.* 3. Aufl. 1863. p. 121.

[3]) a. a. O. resp. p. 284 und p. 79.

[4]) Auch für diese Bestimmungen gilt das früher für die Dahlia gesagte. Der Sommer und Herbst 1868 waren der Ausbildung unserer Gewächse nicht günstig und der Inulingehalt bleibt desshalb hinter demjenigen zurück, welchen man als Norm ansehen kann.

[5]) a. a. O. resp. p. 286 und p. 67.

Einen Inulingehalt der als Gemüse dienenden Schwarzwurzel von *Scorzonera hispanica L.* behauptet ebenfalls *Wiggers*[1]). Für cultivirte Wurzeln kann ich denselben bestätigen. Wenn *Juch* (a. a. O.) in dieser Wurzel 9 % Stärkemehl finden wollte, so muss das, wie auch *Wiggers* behauptet, für unrichtig erklärt werden.

Im Parenchym der Rhizome von *Doronicum Pardalianches L.* und der *Tussilago Farfara L.* wurde das Inulin von *Berg* gesehen[2]), in letzterer habe ich es ebenfalls beobachtet.

*Berg*[3]), *Henkel*[4]) und *Oudemans*[5]) beschrieben auch einen solchen Gehalt für die Rhizome und Wurzeln der *Artemisia vulgaris L.* In der Artemisia Dranunculus L., konnte ich es (Herbst 1868 — mikrochemisch) nicht finden.

Dagegen habe ich es im Rhizom und den Wurzeln der *Arnica montana L.* gefunden, in welchen es von *Pfaff*[6]) und *Weissenburger*[7]) übersehen worden ist. Ich fand in der käuflichen Drogue 9,7 % der Trockensubstanz.

In der *Atractylis gummifera L.*, dem weissen Chamäleon der Alten, hat (1869) *Lefrac* das Inulin zu circa 10 % beobachtet. Soweit man aus der Abhandlung urtheilen kann, wird seine Bestimmung den Gehalt zu gering angeben[8]).

Endlich habe ich auf mikrochemischem Wege das Inulin noch in der *Lactuca Scariola L.* (nicht in der L. sativa L.), in *Onopordon illyricum L.*, *Calendula officinalis L.*, *Hieracium scabrum Aix* (mehr in der Rinde der Nebenwurzeln als im Mark und der Rinde des Hauptwurzelstockes), in der *Apargia hispida Willd.*, *Cephalaria procera F. u. L.* beobachtet. Nicht mit voller Sicherheit konnte ich es in der Centaurea Jacea L. darthun und nicht nachweisen in der C. glastifolia L. und salicifolia D. C., in Aster azureus Lindl, Cnicus benedictus L., Matricaria Chamomilla L., der var. flosculosa der Bellis perennis L., in der Serratula arguta Fir., Echinacia purpurea Mönch, Tanacetum vulgare L., Solidago carinata Schrad., Echinops cornigerus D. C., Silphium ternatum

---

[1]) a. a. O. p. 293.

[2]) a. a. O. p. 115 und p. 121.

[3]) «Anatom. Atlas zur pharmac. Waarenkunde». Berlin. *Gaertner*. 1865. p. 28.

[4]) «Handb. d. Pharmacognosie». Tübingen. *Lampp*. 1867. p. 38.

[5]) «Aantekeningen op het syst. en pharmacogn. gedeelte der Pharm. neerlandica». Rotterdam. 1854—1856. Tafel N. Fig. 57—59.

[6]) «Materia medica». Leipzig 1808. B. 3. pag. 215.

[7]) Ich kenne die Analyse allerdings nur aus *Wiggers'* «Handb. der Pharmacogn.» (cfr. p. 266).

[8]) Journ. de pharm. et de chim. 4 Sér. T. 9. p. 81.

Retz, Senecio vulgaris L., Sonchus arvensis L., Zinnia elegans L. Von Pflanzen, welche nicht in die Synantherenfamilie gehören, habe ich Scabiosa atropurpurea L., Lobelia fulgans Willd., Campanula rapunculoides L. vergeblich auf Inulin geprüft. Alle die letzteren Proben sind mit Exemplaren des hiesigen botanischen Gartens im Herbste 1868 vorgenommen.

Ich komme jetzt zu den Nichtsynantheren, für welche ein Inulingehalt behauptet worden ist. Es treten uns hier die Stengel des Solanum Dulcamara L. entgegen, von denen *Jonas* angiebt, dass sie im Frühjahre reich, im Herbste arm an Inulin wären[1]). Ich habe in den officinellen Stipites Dulcamarae, die bekanntlich im Frühjahre gesammelt werden sollen, kein Inulin gefunden. Alkohol fällt zwar aus dem eingedickten Decocte einen Niederschlag (0,90 % vom Gewichte der angewendeten Stengel), aber derselbe wird durch kurze Einwirkung verdünnter Säure nicht zu Zucker. — In den Blättern der Datisca cannabina L. hat *Braconnot* (1816) einen Stoff ermittelt, den er Datiscetin nannte und als krystallinisch und in Weingeist löslich beschrieb[2]). Wenn er nur die Frage aufwirft, ob derselbe etwa mit dem Inulin identisch sei, so haben Andere, namentlich *Stoltze* und *Gmelin*[3]) später geradeswegs diese Identität angenommen und den Namen Datiscetin als mit Inulin gleich bedeutend gebraucht. 1856 hat *Stenhouse* die Nichtidentität Beider, sowie diejenige des Datiscins und Inulins, allerdings mit aus der Wurzel dargestelltem Material, bewiesen[4]), die übrigens bereits 1828 auch von *Waltl* (a. a. O.) behauptet ist. — *John* wollte das Inulin zu 4% in der Angelica Archangelica L. nachgewiesen haben[5]), erfährt aber (1817) von *Buchholz* und *Brandes*[6]), (1828), von *Waltl* (a. a. O.) und 1842 vom

---

[1]) Arch. f. Pharm. B. 92. p. 131. *Pfaff*, der 1821 eine Analyse der Bittersüssstengel publicirt, spricht nicht vom Inulin (cfr. Syst. d. Mat. medica. B. 6. p. 505). Ebenso fand man es bei den später angestellten Untersuchungen dieser Droguen nicht. (cfr. Wittstein in d. Vierteljhrsschr. f. pr. Pharm. B. 1. p. 364). — Ich will bei dieser Gelegenheit bemerken, dass das Nichtvorhandensein des Inulins in den Kartoffeln zuerst von *Waltl* (a. a. O.) dargethan worden ist.

[2]) Annal. de chim. et de phys. T. 3. p. 277. — Auf einer Verwechslung der Datisca mit dem Hanf beruht es, wenn einzelne z. B. Doebereiner auch vom Vorkommen des Inulins im Hanf sprechen,

[3]) Berlin. Jahrb. f. Pharm. B. 26. p. 170 und *Gmelin*'s «Handb. d. theor. Chem.» 2. Aufl. Leipzig und Heidelberg. *Winter*. 1824. B. 2. p. 1443.

[4]) Annal. d. Chem. und Pharm. B. 98. p. 167.

[5]) a. a. O. resp. B. 3. p. 121 und Tb. 4. p. 14. Wie ungenau seine Untersuchung war, geht schon daraus hervor, dass er das Stärkmehl völlig übersah.

[6]) *Trommsdorff*'s neues Journ. f. Pharm. B. 1. p. 138.

jüngeren *Buchner* mit Recht Widerspruch[1]). — Die Zwiebeln des Colchicum autumnale L. wollten *Pelletier & Caventou* (1820) inulinreich gefunden haben[2]), nachdem schon 6 Jahre früher *John* gesagt hatte, er vermuthe das Inulin in der «Zeitlosenzwiebel, im Hyacinthus scriptus, in der Violenwurzel, den Knollen der Kaiserkrone und den Märzglockenzwiebeln (Leucojum bulbosum).» Jedenfalls geht den Arbeiten *Pelletier-Caventou*'s in Betreff des Inulins jegliche Beweiskraft ab. Der aus der wässrigen Abkochung beim Erkalten abgeschiedene Niederschlag, welcher nach Behandlung mit kaltem Wasser, Aether und Alkohol weiss und flockig gewesen sein soll, scheint nur Amylum oder ein Gemenge desselben mit Amidulin gewesen zu sein. *Stoltze* hatte 1818 in den Colchicumzwiebeln kein Inulin beobachtet[3]) und *Waltl* widerspricht den Angaben *Pelletier-Caventou*'s geradeswegs (a. a. O.). Auch in den übrigen, von *John* genannten Zwiebeln und Knollen kommt kein Inulin vor. — In der Wurzel des Cynoglossum officinale L. wollte (1829) *Cenedella* 1,02 % vom Gewichte der lufttrockenen Substanz Inulin gefunden haben[4]). *Berg* bestreitet das Vorkommen mit Recht[5]). Wahrscheinlich hat *Cenedella* Schleim für Inulin angesehen. Eben so hat *Feneulle* Unrecht, wenn er (1826) glaubt, dass die Wurzel der Asclepias Vincetoxicum L «vielleicht» Inulin enthalte[6]), desgleichen *Trommsdorff*, wenn er (1809) einen Inulingehalt der Blätter des Menyanthes trifoliata L. für «wahrscheinlich» hält[7]). Er sagt übrigens selbst, dass der von ihm isolirte Stoff, auf glühende Kohlen geworfen, nicht Caramelgeruch entwickelt habe. Auch hier haben *Stoltze* und *Gmelin* (a. a. O.) aus der blossen Vermuthung eine positive Behauptung gemacht und seit dieser Zeit wird denn auch das Wort «Menyanthin» als gleichbedeutend mit unserem Inulin gebraucht. Auch diesen Stoff hat bereits *Waltl* für nicht identisch mit dem Inulin erklärt. — In den Wurzeln der Polygala Senega L. nimmt nur *Peschier* (1821) Inulin an. Er will es aus der Abkochung

---

[1]) Repert. f. Pharm. II. B. 26. p. 145.

[2]) Annal. de chim. et de phys. T. 14. p. 65. Uebersetzt in *Schweigger*'s Journ. f. pr. Chem. B. 31. p. 185.

[3]) Berlinisch. Jahrb. f. Pharm. B. 19. p. 107 und B. 20. p. 135. — Und das Gleiche gilt von den später gemachten Analysen von *Comar* (Journ. de pharm. et de chim. T. 29 p. 47), von *Bley*. (Vierteljhrsschr. f. pr. Pharm. B. 6. p. 380 und d. Arch. f. Pharm. B. 89. p. 19).

[4]) Journ. de pharm. T. 14. p. 622.

[5]) a. a. O. p. 82.

[6]) Journ. de pharm. T. 11. p. 305.

[7]) *Trommsdorff*'s Journ. f. Pharm. B. 18. 2. p. 72 Vergl. auch ibid. B. 16. 2. pag. 85.

durch Bleiacetat gefällt und aus dem Niederschlage durch Schwefelwasserstoff freigemacht haben. Seinem Berichte zufolge schied sich der für Inulin gehaltene Körper nach dem Erkalten der Wasserlösung aus. Er war unlöslich in Weingeist, löslich in warmem Wasser, wurde durch Jod gelb und gab mit Gerbsäure Niederschlag, der bei 25° durch Wasser wieder gelöst wurde[1]). In den Analysen der Senegawurzel, welche *Gehlen*[2]), *Dulong*[3]), *Folchi*[4]), *Trommsdorff*[5]), *Feneulle*[6]) und *Quevenne*[7]) veröffentlicht haben, wurde das Inulin nicht beobachtet. — Wenn *Cenedella* (1831) behauptet, auch in der Wurzelrinde der Punica Granatum L. Inulin gefunden zu haben[8]), so widersprechen dem die von *Mitouart* und die von *Wackenroder* ausgeführten Analysen[9]). — In den Annal. der Chem. und Pharm. B. 47, pag. 361 heisst es, dass *Pelletier* und *Caventou* auch im cormus des Veratrum album Bernh. Inulin gesehen haben, *Wigand* aber diese Angabe nicht bestätigen könne. In der deutschen Uebersetzung der *Pelletier-Caventou*'schen Arbeit[10]) finde ich keine auf das Inulin gerichtete Angabe. Jedenfalls ist auch die Existenz für die Niesswurzel zu läugnen. — Wenn *Bibra* Inulin in den cultivirten Moorrüben (Daucus Carota L.) zu 3 % gefunden haben will[11]), so kann ich auch dieser Ansicht nicht beipflichten. Ich habe sowohl in den weissen sogenannten Riesen-Moorrüben, wie in den gelben kurzen Carotten und den gelben Altringham-Moorrüben (sämmtlich hier im Jahre 1868 cultivirt) vergeblich Inulin aufzufinden versucht. Alle drei gaben in ihrer zur Syrupconsistenz eingedickten Abkochung mit Weingeist gallertartige Niederschläge, die aber aus pectinartigen Stoffen bestanden und die nach kurzer Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure keinen Zucker lieferten. Auch in den von *Bouillon-Lagrange*, *Wackenroder*, *C. Schmidt*, *Wittstein*, *Trommer* und *Nessler* angestellten Analysen von verschiedenen

---

[1]) *Buchner*'s Repert. f. Pharm. B. 11. p. 158. B. 12. p. 439 und B. 13. p. 457. In der zweiten Abhandlung, in der auch die Analysen von *Polygala amara* und *P. Chamaebuxus* mitgetheilt werden, spricht er nicht vom Inulin.

[2]) Berlinisch. Jahrb. f. Pharm. B. 10. p. 112.

[3]) Journ. de pharm. T. 13. p. 567 und 637.

[4]) ibid. T. 13. p. 617.

[5]) N. Journ. f. Pharm. B. 6. 1. p. 297. B. 24. 2. p. 22.

[6]) Journ. de chim. méd. Jahrg. 1830. p. 476.

[7]) Journ. de pharm. T. 21. p. 449.

[8]) Giorn. d. Farm. excerp. Pharm. Ctrbl. B. 3. p. 79.

[9]) Vergl. resp. Journ. de pharm. T. 10. p. 352 und «Commentatio de anthelminthicis regni vegetablis». *Göttingen*. 1826. p. 40.

[10]) *Schweigger*'s Journ. f. pr. Chem. B. 31. p. 184.

[11]) a. a. O. p. 82.

Moorrüben wurde das Inulin nicht gefunden[1]). — Aus den fleischigen Wurzeln der Oxalis esculenta hort. Berl., Dioscorea Batatas L. und Tropaeolum tuberosum R. a. P., für welche die Anwesenheit des Inulins von *Fr. Schulze* vermuthet wurde[2]), habe ich es (aus hier cultivirten Exemplaren) nicht abscheiden können. In der Dioscorea Batatas hat auch *Grouven* kein Inulin gefunden[3]). In den Stolonen der Stachys palustris L. wollte *Trommer* Inulin in Kügelchen gesehen haben[4]). Ich entsinne mich nicht mehr genau, ob er seiner mikroskopischen Untersuchung Alkoholbehandlung vorausgehen liess und kann überhaupt über diesen Gegenstand keine weitere Mittheilung machen. Eine von mir gegen Ende 1868 gestellte briefliche Anfrage ist unbeantwortet geblieben. — Auch in der Beta vulgaris L. wollte (1847) *Leo Meier*[5]) Inulin gesehen haben, welche Angabe aber mit denjenigen aller anderen Autoren, die diese Wurzel analysirt haben, im Widerspruch steht. Und wenn *Semmola* (1835) auch von einem Inulingehalt des Cyperus esculentus L. spricht[6]), so können wir auch dieser Analyse eine von *Lesant* ausgeführte[7]) an die Seite stellen, derzufolge Inulin in den Knollen dieser Pflanze nicht vorkommt. Es sind auch von *Semmola* Amylum und seine nächsten Derivate mit dem Inulin verwechselt worden. — Weiter sind von Theilen höher organisirter Pflanzen, in denen man Inulin dargethan haben wollte, noch die Galläpfel (von Quercus Cerris L.) zu nennen, in denen (1808) *Rinck*[8]), aber kein anderer Beobachter es gefunden haben will. Ebenso ist auf die sogenannte Lerp- oder Eucalyptusmanna hinzuweisen, welche von Eucalyptus dumosa Cunningh abstammt. In dieser wollte *Anderson* (1849) 13,8 % Inulin neben 4,29 % Stärkmehl, 45,06 % Zucker, 5,77 % Gummi und 12,04 % Zellstoff beobachtet haben[9]). Er hat zwar die Indifferenz gegen Jod, die Schwer-

---

[1]) Vergl. resp. Journ. de pharm. T. 5. 1. p. 530. Comment. de anthelminth. p. 4. Annal. d. Chemie und Pharm. B. 83. p. 325. Vjschr. f. pr. Pharm. B. 2. p. 122. *Eldenaer* Arch. f. landw. Erf. Jahrg. 1855. p. 6 und *Wilda*'s Centralblatt. 1860. p. 348.

[2]) «Lehrb. d. Chemie f. Landwirthe». B. 2. Abth. 2. p. 58.

[3]) Gemeinnützige Wochenschr. 1858. p. 511. Ref. im Jahresber. über d. Fortschr. d. Agriculturchemie Jrg. 1. p. 66.

[4]) Vortrag bei der Stettiner Naturforscherversammlung. 1864. Vergl. amtl. Bericht. p. 149.

[5]) *Buchner*'s Repert. f. Pharm. II. B. 45.

[6]) Journ. de chim. méd. 2 Sér. T. 1. p. 256.

[7]) Arch. f. Pharm. II. B. 7. p. 112.

[8]) Berlinisch. Jahrb. f. Pharm. B. 14. p. 189.

[9]) Journ. f. pr. Chem. B. 49. p. 449 aus N. Edingb. phil. Journ. T. 7. p. 136.

löslichkeit des Inulins in Wasser, aber nicht das optische Verhalten desselben berücksichtigt. *Flückiger* hat neuerdings (1868) diese Manna einer Analyse unterworfen, der zufolge er das Vorkommen des Inulins in Abrede stellen muss, dagegen die Existenz einer Amylumsorte behauptet, welche sich in mehrfacher Beziehung vom gewöhnlichen Stärkmehl unterscheidet[1]). Endlich muss ich noch bemerken, dass *Schacht*[2]) im Pollen einzelner Pflanzen neben Amylum Körnchen gesehen hat, die mit Jod gelb werden und die er für Inulin hält. Dass sie das nicht sind, dafür spricht vor Allem wohl schon der Umstand, dass sie grössere Widerstandsfähigkeit als Amylum haben, *Schacht* sah die Stärkemehlkörnchen in Pollen beim Austreiben der Schleuche eher schwinden, als die vermeintlichen Inulinkörnchen, während wir gerade für das Inulin behaupten müssen, dass seine Metamorphose zu löslichen Stoffen sich leichter, als beim Stärkemehl vollzieht.

Die Angaben in unserer Literatur, welche das Vorkommen von Inulin in Flechten zum Gegenstande haben, scheinen mir durchweg irrthümlich zu sein und auf einem mangelhaften Studium derjenigen Eigenschaften zu beruhen, welche das Inulin und das Lichenin gemeinschaftlich haben und derjenigen, welche sie von einander unterscheiden lassen. Die erste Arbeit, welche den Inulingehalt einer Flechte behauptet, ist diejenige *John*'s (1821)[3]). In der Regel wird die Angabe *Payen* zugeschrieben, der sie aber erst später (1840), wie es scheint, ohne *John*'s Arbeit zu kennen, macht[4]). Beide haben mit Cetraria islandica Ach. gearbeitet. *Payen* sagt, Inulin komme hier neben Amylum vor. Nachdem er letzteres durch Diastase beseitigt hatte, will er ersteres ungelöst vorgefunden, durch Essigsäure in Zucker umgesetzt und durch die Analyse als Inulin dargethan haben. Da aber auch das Lichenin isomer mit dem Inulin ist, da auch dieses mit Säuren zu Zucker wird, da namentlich das optische Verhalten des vorliegenden Stoffes und des aus ihm dargestellten Zuckers ganz unberücksichtigt geblieben ist, so kann auf seine Behauptung kein Gewicht gelegt werden. *Guérin Varry*[5]), welcher (1834) das Lichenin als besonderes Kohlenhydrat beschrieben hat, erwähnt des Inulins dabei nicht. Auch *Knop* und *Schnedermann* erwähnen in ihren

[1]) N. Jahrb. f. Pharm. B. 29. p. 276.

[2]) «Die Pflanzenzelle». Berlin. *Müller*. 1852. p. 42.

[3]) Chem. Untersuch. Fünfte Forts. des «chem. Laborat». Berlin. *Maurer*. 1821. p. 44. Anm. und p. 47.

[4]) Annal. des scienc. natur. T. 14. p. 85.

[5]) Annal. de chim. et de phys. T. 56. p. 247.

Untersuchungen über diese und andere Flechten niemals des Inulins[1]) und *Berzelius*, welcher im sogenannten Lichen fraxineus (Ramalina fraxinea L.) und L. fastigiatus (ejusd. var. fastigiata Ach.) einen dem Inulin sehr ähnlichen Stoff aufgefunden haben wollte, citirt für das isländische Moos einfach *Payen*'s Angabe. Der von *Berzelius* in den genannten beiden Flechten aufgefundene Bestandtheil, sollte in kochendem Wasser löslich sein, beim Erkalten sich *flockig* abscheiden, getrocknet zu elastisch-schwarzer Masse werden, welche später erhärtet. Warmer Bleiessig trübte die heisse Lösung nicht. Galläpfeltinctur fällte[2]). Damit ist nun allerdings durchaus noch nicht bewiesen, dass der vorliegende Stoff Inulin war.

Im Thallus einiger Lebermoose, z. B. der Alicularia scalaris Corda, Jungermannia anomala Hoock hat *Schacht* (a. a. O.) kleinere oder grössere, runde oder längliche Körner gesehen, welche durch Jod schwach gelb gefärbt werden und in ihrem allgemeinen Verhalten dem Inulin ähnlich waren, indessen fehlt auch hier der stricte Beweis, dass diese Körner aus Inulin bestanden.

Durchaus unzulässig ist die Meinung von *Blitz*, der (1825) in der Sporenmasse des Elaphomyces granulatus Fries 8,333 % Inulin annimmt[3]). Es sei ein weisses Pulver, in 240 Th. kalten und in 5 Th. siedenden Wassers löslich. Letztere Lösung werde beim Erkalten starr, opalisirend und scheide einen Theil des Inulins wieder ab. Starker Alkohol soll von dem vermeintlichen Inulin 1 % seines Gewichtes gelöst haben, schwächerer mehr, absoluter, sowie Aether nur Spuren. Verdünnte Säuren hätten gelöst, Jod, Bleizucker, Bleiessig, Sublimat, Quecksilberoxydul- und Oxydnitrat, sowie Silbernitrat, Eisenvitriol, Oxalsäure, Calciumchlorid, Baryt- und Kalkwasser hätten nicht gefällt. Wäre der von *Blitz* isolirte Stoff wirklich Inulin gewesen, so hätte Barytwasser in seiner Lösung Präcipitat erzeugen müssen. Ich erhielt aus 50 Grm. der Sporenmasse eine Abkochung, welche, nachdem sie zur Syrupsdicke verdunstet war, mit Alkohol nur 1,5637 Grm. Niederschlag lieferte. Letzterer hatte 0,0504 Grm. Aschenbestandtheile und ging bei Einwirkung von Säuren nicht in Zucker über. Auch in der weingeistigen Flüssigkeit fand sich kein Zucker, wohl aber Mannit. Es ist demnach auch der Einwand ausgeschlossen, dass sich das Inulin während der Untersuchung zu Zucker

---

[1]) Annal. d. Chem. und Pharm. B. 49. p. 102 und B. 55. p. 144.

[2]) Allgem. nord. Annal. d. Chem. B. 3. p. 207 und p. 208.

[3]) *Trommsdorff*'s N. Journ. f. Pharm. B. 11. 2. p. 3. Im Peridium und in anderen Theilen der Pflanze fand *Blitz* es nicht.

verändert habe. Das Peridium des Pilzes gab noch weniger Präcipitat mit Alkohol (aus 50 Grm. nur 0,326 Grm). Auch dieser Niederschlag erfuhr durch Säuren keine Umwandlung zu Zucker. Dagegen enthielt diese Abkochung neben Mannit eine Substanz, welche alkalische Kupferlösung reducirte.

Es bleibt noch übrig, diejenige Pflanze zu nennen, welche in systematischer Beziehung, weit entfernt von den Compositen, dennoch höchst wahrscheinlich Inulin enthält. Ich meine die *Acetabularia mediterranea* Lamoir, eine Alge, welche sich im Mittelmeere häufiger findet. *Nägeli* hatte (1862) in Exemplaren dieser Alge, welche in Weingeist aufbewahrt waren, eigenthümliche rundliche Körner von krystallinischem Habitus beobachtet[1]), auf deren Uebereinstimmung mit den Sphärokrystallen des Inulins zuerst *Sachs* (a. a. O.) hindeutete. Auch *Nägeli* hat später[2]) anerkannt, dass hier wohl Inulin vorliege. Zu bedauern ist, dass gerade in diesem interessanten Falle das vermeintliche Inulin nicht in etwas grösserer Menge isolirt worden ist und dass bisher keine Elementaranalyse und keine Prüfung des optischen Verhaltens vorgenommen werden konnte[3]). Leider sind unsere Kenntnisse über die Kohlenhydrate des Algenkörpers noch so ungenügend, dass die Frage wenigstens nicht von der Hand gewiesen werden darf, ob hier nicht etwa nur eine besondere Form der Algenstärke oder des Algenschleims vorgelegen hat, welche zufällig dasselbe Verhalten gegen Weingeist zeigt, wie das Inulin.

---

Diejenigen Pflanzen, in deren unterirdischen Theilen bisher wirklich Inulin gefunden worden ist, beherbergen dasselbe im Parenchym der Rinde, Markstrahlen und —mitunter[4]) — der Gefässbündel, also in denjenigen Gewebstheilen, denen vorzüglich die Aufbewahrung und Fortführung auch der übrigen Kohlenhydrate übertragen ist. Man hat es früher meistens in diesen Theilen ungelöst, als Körnchen oder Kugeln, ähnlich

---

[1]) Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu München. 1862. B. 1. p. 314. Wenn *N.* bei dieser Gelegenheit auch auf ähnlich gestaltete Kugeln in der Schale von Aepfeln aufmerksam macht, die aber nicht durch Weingeist hervorgerufen waren, so darf ihre Identität mit dem Bestandtheile der Acetabularia wohl bezweifelt werden.

[2]) «Das Mikroskop» v. *Nägeli* und *Schwendener*. Leipzig. *Engelmann*. 1867. pag. 514.

[3]) Sollte ein Leser dieser Abhandlung mich, wenn auch nur mit einigen Unzen der fraglichen Alge — gleichgültig ob getrocknet oder in Alkohol aufbewahrt — versehen können, so würde ich ihm dafür sehr dankbar sein.

[4]) Vergl. *Berg*. — Artemisia vulgaris.

dem Stärkemehl vorkommend, vermuthet. Selbst *Schleiden*[1]), *Schacht*[2]), *Wigand*[3]) theilen diesen Irrthum und auch *Mohl* recapitulirt anfangs[4]) die von *Schleiden* gemachten Angaben. Wenn man auch darauf aufmerksam wurde, dass bei mikroskopischer Untersuchung frisch gepressten Saftes, diese Körnchen anfangs nicht wahrgenommen werden, so suchte man das durch künstliche Hypothesen zu erklären. *Schleiden* meint z. B. dass die Inulinkörnchen schnell Wasser aufsaugen könnten, und dann unter dem Mikroskope dem Auge entschwänden, weil ihre lichtbrechende Kraft gleich derjenigen des Wassers wäre. Das wäre der Grund, welcher *Link* und *Meyen* zu der falschen Behauptung veranlasst hätten, dass das Inulin nur aufgelöst in der Pflanze vorkäme. Auch *Unger* erklärt die Körner des Inulins für wasserhell[5]). Dass *Raspail* (a. a. O.) eigentlich nur den Mangel des jodbläuenden Gemengtheiles als unterscheidendes Merkmal der Inulinkörnchen anerkennt, welche er im Uebrigen mit denen des Amylums für identisch hält, wurde schon früher gesagt. *Marquart*, dem die interessanten Untersuchungen *Guérin Varry*'s über Structur des Stärkemehlkornes vorgeschwebt haben mögen, denkt sich (a. a. O.) die Sache so, dass in den Georginen etc. durchsichtige Kügelchen vorkommen (Synantherin), welche beim Kochen platzen und indem sie dann ihren Inhalt an Wasser abgeben, das Inulin der Chemiker liefern. Aehnlicher Ansicht scheint denn auch *Hartig* zu sein, denn er rechnet[6]) das Inulin zu den „hüllhäutigen Reservestoffen". *Fr. Schulze* negirt zwar (1860), dass das Inulin sich in den Pflanzen in körnigen Ablagerungen finde, vermuthet es aber (a. a. O.) als «fleischige Verdickungs- oder Ausfüllungsmasse in den Zellen.» Die von *Schleiden* bekämpften Ansichten *Link*'s und *Meyen*'s wurden 1837 und 1838 aufgestellt, sie sprechen bestimmt aus, das Inulin *komme im Alant und der Dahlia nicht in Körnern vor*[7]) *und dasselbe sei z. B. im Zellensafte der Dahliaknollen gelöst*, es setze sich erst beim Frieren in Ge-

---

[1]) Vergl. z. B. «Grundzüge d. wissensch. Botanik». Leipzig. *Engelmann*. 1 Aufl. 1842. p. 183. Der bezügliche Passus findet sich selbst in der 4. Aufl. v. 1861. p. 135 noch unverändert.

[2]) «Die Pflanzenzelle». Berlin. *Müller*. 1. Aufl. 1852. p. 41. — Doch sagt *Sch.* hier schon, es scheine in der Dahlia mehr gelöst als ungelöst vorzukommen.

[3]) «Bot. Unters.» Braunschweig. *Vieweg*. 1854.

[4]) «Die vegetab. Zelle». Braunschweig. *Vieweg*. 1851. p. 208. (Abdruck aus *R. Wagner*'s Handwörterbuch d. Physiolog.)

[5]) «Anat. und Physiol. d. Pflanzen». Pest. 1855. p. 117.

[6]) «Entwickelungsgeschichte d. Pflanzenkeims». Leipzig. 1858. p. 68.

[7]) *Link*. «Grundl. d. Kräuterkunde». Berlin. *Haude* und *Spener*. B. 1. p. 135.

stalt von Kügelchen ab, von denen oft 2, 3 und mehr an einander befestigt seien, *die aber nicht aus concentrischen Schichten beständen.* Der Saft der frischen Knollen lasse sich sogleich nach dem Pressen filtriren[1]). Wir sehen hier den richtigen Sachverhalt angegeben, denn wir kennen auch augenblicklich noch keine Pflanze, welche, so lange sie lebt, festes Inulin enthielte. Die Ansicht *Link*'s und *Meyen*'s wurde (1844) auch von *Mulder* angenommen[2]) und 1847 lesen wir bei *Bouchardat* ebenfalls[3]), trotzdem destillirtes Wasser in der Kälte kaum 2% Inulin löse, enthalte der frisch gepresste Dahliasaft doch nahe an 12% desselben *in Lösung*, die er theilweise nach dem Pressen abscheide. Die Umwandlung erfolge unter Einfluss der Luft (à l'abri du contact de l'air). Im Iahre 1858 sprach *Mohl* es aus[4]), „nach meiner Ansicht kommt das Inulin in den Zellen der lebenden Pflanze nicht unter der Form von Körnern, sondern in Auflösung vor", wie denn auch (1852) *Schleiden*[5]), und (1858) *Schacht*[6]) den richtigen Sachverhalt anerkennen. Wie schon in der Einleitung gesagt, war es denn endlich *Sachs*, der die vorliegende Frage ein für alle Mal erledigt hat.

Dass das Inulin in *getrockneten Droguen* sich in Form von unregelmässigen Klumpen, oft eckig zusammengetrocknet findet, was am Ende auch dafür sprechen kann, dass dasselbe durch Eindunsten einer Lösung entstanden sei, darauf hat wohl zuerst *Berg* hingewiesen[7]). Gesehen hat auch (cc. 1854) *Oudemans* diese Klumpen in der Enula, die er für Krystalldrusen von Helenin erklärt[8]). Ebenso sagt 1858 *Mohl* (a. a. O.) «in den Paremchymzellen der getrockneten Wurzel von Inula Helenium zeigt es (Inulin) sich in Form von unregelmässig eckigen, in kaltem Wasser nicht anschwellenden Massen, welche stark auf das polarisirte Licht wirken, was aber möglicher Weise von bloss mechanischer Spannung sein kann."

## Darstellung des Inulins.

Unter den Materialien, welche zur Bereitung des Inulins herbeigezogen worden sind, müssen besonders die Alant-, Löwenzahn-, Cichorien-

[1]) *Meyen.* «Pflanzenphysiol». Berlin. 1837—1838. B. 2. p. 283.
[2]) «Versuch einer allgem. phys. Chem.» B. 2. p. 231.
[3]) Compt. rend. T. 25. p. 274.
[4]) Botanische Ztg. B. 17. p. 17.
[5]) «Medicin. pharm. Botanik». Leipzig. *Engelmann.* B. 1.
[6]) «Grundriss d. Anat. und Phys. der Gewächse.» Berlin. *Müller.* p. 16.
[7]) «Pharmac. Botanik». Berlin. *Gaertner.* 1. Aufl. 1857.
[8]) a. a. O. Pl. N. Fig. 56.

wurzel, die Topinambur- und Georginenknollen genannt werden. Ich will der Besprechung der einzelnen in Anwendung gekommenen Methoden hier nur kurz die Bemerkung voraussenden, dass die Gewinnung eines vollkommen reinen Präparates sehr schwer ist. Namentlich macht es grosse Umstände die letzten Antheile ammoniak- und salzartiger Verbindungen (Phosphate, Citrate etc.), welche dem sich aus Lösungen ausscheidenden Inulin mit Beharrlichkeit anhängen, sowie einen eigenthümlichen schleimigen Körper, den ich vorläufig Synantherenschleim nennen will, zu beseitigen. Dagegen scheint mir der Ausspruch *Mulder*'s «Innuline kan, en naar de planten en naar de bereidingswyze, verschillen; zy wordt lighlijk verandert in niet kristalliseerbare suiker en heeft eene veranderlijke hoeveelheid daarvan met zich gebonden, waardoor zoo wel have procentische zamenstelling, as haar atomegewigt variabel zijn» (a. a. O.) nicht genügend erwiesen zu sein. Ich habe nach wiederholter Fällung des Inulins durchaus keinen Zucker im Präparate gefunden und ich habe auch nur beobachtet, dass wenn man unter Zusatz von Säuren erwärmt oder lange Zeit die wässrige Lösung im Sieden erhält, sich Zucker bildet. Selbst der sauer reagirende frische Herbstsaft der Georginen kann eine lange Zeit im Wasserbade erwärmt werden, ohne dass man sich Inulin in Zucker umwandeln sieht.

Welchen Weg *V. Rose* zuerst einschlug, um aus der *Alantwurzel* das Inulin zu gewinnen, das ist schon früher von mir angedeutet worden. Er macht Gebrauch von der Leichtlöslichkeit des Inulins in warmem, der Schwerlöslichkeit in kaltem Wasser, der Fällbarkeit aus wässriger Solution mittelst Abkühlung und Alkoholzusatz. *Funke* (a. a. O.) lässt die getrocknete Wurzel auskochen, die abgepresste Flüssigkeit zur Syrupconsistenz verdunsten, dann abkühlen, mit dem sechsfachen Volum Wasser mengen und das sich Ausscheidende abspülen. Dieselbe Methode, welche überhaupt, trotzdem sie viel Inulin verlieren lässt, noch ziemlich gebräuchlich ist, hat *Gaultier de Claubry* (a. a. O.). *Berzelius*, welcher (a. a. O.) frische Alantwurzeln verarbeitet, lässt diese verreiben, pressen, den Saft sogleich mit kaltem Wasser mischen, aufkochen um Eiweiss abzuscheiden und dann eindampfen, bis Häutchen entstehen. Auch er lässt dann durch Abkühlen das Inulin sich ausscheiden. Ebenso kocht *Mulder* die getrocknete Wurzel mit Wasser aus, lässt die Colatur erkalten und reinigt den Absatz durch wiederholtes Auflösen und Abscheiden durch Abkühlung[1]). Der Fehler liegt hier zu-

[1]) Natuur- und scheikund. Archief. 1837. № 4. Ferner Bullet de scienc. natur. de Neerl. Jahrg. 1838. p. 40, übersetzt im Journ. f. pr. Chem. B. 16. p. 140 und d. Annal. d. Chem. und Pharm. B. 28. p. 278.

nächst darin, dass beim Stehen der concentrirten Inulinlösungen die Ausscheidung unvollkommen bleibt und der Verlust im Allgemeinen um so grösser ausfällt, je mehr Flüssigkeit man hat. Im Hinblick auf letzteren Umstand können wir in der Methode von *Berzelius* schon eine Verbesserung erkennen, gegenüber denjenigen *Funke*'s, *G. de Claubry*'s und *Mulder*'s. Auch der Versuch einer Beseitigung des Eiweisses ist gerade bei Bearbeitung der frischen Wurzeln nöthig, wenn man auch allerdings seinen Zweck nicht vollkommen erreicht. Dagegen macht *Berzelius* den Fehler, dass er das Inulin, welches sich beim Zerreiben der Wurzeln bereits ausscheidet, nicht mitgewinnt. Liesse er den zerriebenen Brei sogleich in Wasser von etwa 80° fällen und erst dann pressen, so wäre dieser Verlust vermieden. *Stratingh* (1824) und (1854) *Thinault* ziehen die (getrocknete) Alantwurzel im Verdrängungsapparate mit siedendem Wasser aus. Sie concentriren den Auszug (10—12° Beaumé) und fällen rohes Inulin durch Zumischen des zweifachen Volum Weingeist von 81%. Der abfiltrirte Niederschlag wird in warmem Wasser wiederum gelöst, mit Thierkohle entfärbt und das Inulin auf's Neue gefällt[1]). *Stratingh* laugt dann das gefällte Inulin später noch mit Wasser aus[2]). *Köhnke* endlich lässt (1844) zur Beseitigung fremder Stoffe die gepulverte Wurzel mit Weingeist behandeln, kocht dann die wiedergetrockneten Wurzeln mit Wasser aus und fällt den auf ein Viertel seines ursprünglichen Volums eingedickten Auszug durch Weingeist. Die Reinigung des nach einigen Tagen abfiltrirten rohen Inulins bewerkstelligt er durch Wiederauflösen in kochendem Wasser, Abscheidung durch Erkälten und Auswaschen des so entstandenen Sediments mit Weingeist. Er erhält 6—8% vom Gewichte der trockenen Wurzel[3]). Würde er auch zum zweiten Male durch Weingeist die Abscheidung des Inulins bewerkstelligen, so würde seine Ausbeute bedeutend besser ausfallen, allerdings aber auch eine geringe Menge des schon vorher erwähnten Synantherenschleimes beigemengt sein (siehe darüber später). Jedenfalls rathe ich übrigens bei Verarbeitung der getrockneten Alantwurzel die Methode *Köhnke*'s mit derjenigen *Stratingh-Thinault*'s zu combiniren, bei welcher letzteren ich im übrigen nur anstatt 2 Raumtheilen Weingeist 3—3½ zur Fällung anwenden würde.

---

[1]) Journ. de pharm. et de chim. III. T. 25. p. 205 und Journ. f. pr. Chem. B. 62. p. 253.

[2]) Allgemeene konst- en letterbode. Jahrg. 1824. Uebersetzt in *Buchner*'s Rep. f. Pharm. I. B. 21. p. 418.

[3]) Arch. f. Pharm. II. B. 37. p. 262.

Das vorherige Ausziehen des Materiales mit Alkohol scheint mir nicht unpassend zu sein.

Zur Darstellung aus der *Taraxacumwurzel* hat *Wittstein* (a. a. O.) 203,5 Unzen der frischen Wurzeln mit 296 Unzen warmen Wassers ausgezogen, die abgepresste Flüssigkeit 24 Stunden sedimentiren lassen, dann das klar Abgegossene derselben zur Syrupconsistenz verdunstet und durch Erkalten das Inulin abgeschieden. Das mit Wasser abgewaschene Sediment wurde, auf Porcellantellern getrocknet, hornartig und gab ein weisses Pulver. Die Ausbeute betrug 5% vom Gewichte der angewendeten frischen Wurzel. *Mulder* hat bei Taraxacumwurzeln eine ähnliche Methode wie zur Darstellung aus der Enula angewendet. Später hat *Wittstein* seine Methode folgendermaassen modificirt[1]). Frische im Herbste gesammelte Wurzel wird zerschnitten und 12 Stunden lang nahe dem Kochpunkte digerirt, abgepresst, mit heissem Wasser nachgespült, der Auszug sedimentirt und aus der geklärten Flüssigkeit das Inulin durch Abkühlen gewonnen. Die vom Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit wird weiter concentrirt, kalt gestellt und nach einigen Tagen durch zugemischtes Wasser weitere Abscheidung des Inulins bewerkstelligt, mit den Sedimenten wie oben verfahren. Ueber alle diese Darstellungsweisen habe ich schon früher meine Meinung ausgesprochen. Wenn *Wittstein* räth, die Wurzel nicht auszukochen, weil dann mehr fremde Stoffe in Lösung gehen, so kann ich ihm darin Recht geben. Nach meiner Ueberzeugung wird, wenn die Wurzel fein genug zerschnitten oder besser zerrieben war und sogleich mit heissem Wasser zusammen gebracht wird, alles Inulin in Lösung gehen, weil es sich dann nur um eine Verdünnung des Zellsaftes handelt, in dem das Inulin noch gelöst ist. Aus diesem Grunde aber ist die 12-stündige Dauer der Digestion auch vollkommen entbehrlich. Ich lasse nur etwa 1/4 Stunde bei 80°—90° stehen und dann sogleich abpressen, filtriren, das Filtrat zur Syrupconsistenz bringen, durch Alkohol fällen und wie bei der Enula verfahren. Es hat *Herberger* (1835) behauptet[2]), dass blosse Digestion der Löwenzahnwurzel das Inulin derselben nicht vollkommen in Lösung bringe, dass er durch späteres Auskochen des Residuums noch reichlich Inulin erhalten habe, doch kann das nichts gegen *Wittstein*'s und meine Behauptung beweisen, weil es sich bei ihm eben um schon getrocknete (und wahrscheinlich auch sehr grob geschnittene) Wurzel handelte. Dass man auch aus der gepulverten Wurzel das Inulin durch mehrstündiges Ausziehen mit heissem Wasser

[1]) «Anleitung z. Darstellung u. Prüfung chem. u. pharm. Präparate». 4. Aufl. München. *Gruber*. 1867. p. 429.

[2]) *Buchner*'s Repert. f. Pharm. II. B. 2. p. 399.

(von 90°) fortnehmen kann, davon habe ich mich überzeugt. 360 Grm. lufttrockne Wurzeln ähnlich wie die Enula verarbeitet gaben mir 31 Grm. Ausbeute, doch fand ich das Präparat stärker gefärbt und konnte dasselbe schwerer weiss erlangen, weshalb mir die Darstellung aus der getrockneten Taraxacumwurzel nach dieser Methode nicht vortheilhaft erscheint. Nur sehr unrein kann das Präparat gewesen sein, welches *Baumann* (1843) aus dem extractum Taraxaci gewann, indem er das abgeschiedene rohe Inulin durch Lösen in heissem Wasser und Erkalten von fremden Stoffen — Satzmehl wie er sagt — endlich durch Kochen mit Weingeist von Zucker befreite [1]). *Liebig* hat Inulin ebenfalls aus der frischen Löwenzahnwurzel und nach einer Methode dargestellt, welche ich später besprechen werde. Endlich hat *Wosskressensky* für die Bereitung des Inulins aus radix Taraxaci eine Methode (a. a. O.) gegeben, derzufolge der durch Auskochen bereitete und heiss filtrirte Auszug mit basischem Bleiacetat gefällt, das vom Bleiniederschlage Abfiltrirte durch Schwefelwasserstoff entbleiet, nach dem Filtriren, bis Häutchen entstehen, abgedunstet werden soll, um dann schliesslich die Alkoholfällung vorzunehmen. Diese Darstellungsweise hat ihre Vortheile. Wie ich später zeigen werde, wird der vorläufig von mir Synantherenschleim genannte Körper in Gemeinschaft mit einzelnen Säuren und dergl. durch Bleiessig gefällt, lässt sich demnach, allerdings mit Verlust von etwas Inulin, beseitigen. Das Bleiacetat wird aber in die Flüssigkeit etwas Essigsäure bringen, die bei dem späteren Eindampfen auf das Inulin zersetzend wirken könnte. Es ist gut letztere vor dem Eindampfen mit wenig Ammoniak zu neutralisiren.

Aus der *Cichorienwurzel* hat *Wosskressensky* in ähnlicher Weise, wie aus derjenigen des Löwenzahns Inulin gewonnen, das eben von mir gesagte gilt auch für dieses Experiment. Aus 380 Grm. grob gepulverter Cichorienwurzel hatte ich 1600 Grm. Decoct bereitet. Zu seiner Fällung verbrauchte ich 200 CC. Bleiessig. Nach dem Filtriren, Einleiten von Schwefelwasserstoff ins Filtrat, Beseitigen des Schwefelbleies wurde mit 10 CC. Ammoniakflüssigkeit neutralisirt und auf 350 CC. verdunstet. Gemengt mit 700 CC. Weingeist von 85% Tr. lieferte die Flüssigkeit innerhalb 24 Stunden 110 Grm. Präcipitat, welches beim Verbrennen nur sehr wenig Asche, wieder in Wasser gelöst, mit Bleiessig keinen Niederschlag mehr gab. Uebrigens halte ich gerade die Cichorien für ein sehr brauchbares Material, aus dem man sich jederzeit grössere Mengen von Inulin herstellen kann. Ich habe sie auch in ähnlicher Weise wie die

[1]) Arch. f. Pharm. II. B. 39. p. 289.

Enula verarbeitet, nur dass ich die vorausgehende Alkoholbehandlung unterliess und statt ihrer die gröblich gepulverte Wurzel mit kaltem Wasser 12—24 Stunden macerirte, leider aber, trotzdem ein Theil des Synantherenschleimes sich in kaltem Wasser löst, ihn nicht völlig beseitigen können. Auch Aschen- und stickstoffhaltige Bestandtheile der Cichorien bleiben so beigemengt. Nur wo es nicht wichtig ist absolut reines Inulin anzuwenden, z. B. bei der Darstellung von Fruchtzucker, kann man dieses Rohproduct anwenden. Ein solches Inulin giebt beim Mischen seiner Lösung mit Bleiessig gelatinösen Niederschlag. Aus 420 Grm. lufttrockner Wurzel erhielt ich bei einmaliger Alkoholfällung 95 Grm. wenig gefärbtes Inulin mit 1,10% Aschenbestandtheilen und ca. 0,25% Synantherenschleim, nach der Reinigung durch erneute Präcipitation mit Weingeist 86 Grm. mit nur 0,61% Aschenbestandtheilen. Später, nachdem ich beobachtet hatte, dass Aetzammoniak in der Wärme das Inulin nicht zersetzt (siehe später), habe ich einen Theil des Inulins in 10 Theilen eines Gemisches von 1 Volum officineller Aetzammoniakflüssigkeit und 2 Volum destillirten Wassers wiederum heiss gelöst und darnach aus der filtrirten Solution durch Alkohol gefällt. Das Product war, getrocknet, farblos und fast vollkommen verbrennlich. Als ich mich zum ersten Mal dieser Reinigungsmethode bediente, erhielt ich ein Präparat, welches beim Erwärmen mit Kalk sehr wenig Ammoniak entwickelte. Später habe ich mittelst derselben nur Ammoniak liefernde Präparate gewonnen. Allerdings konnte ich auch aus den durch Abkühlung dargestellten Inulin-Proben stets durch Erwärmen mit Kalk Ammoniakdämpfe frei machen. Die erwähnte Vorbereitung der Wurzel durch Maceration mittelst kalten Wassers lässt einen Theil des vorhandenen Inulins verlieren. Bei einem Versuch, den ich später von Herrn Stud. pharm. *Sturm* ausführen liess, zogen cc. 2 Lit. kalten Wassers in 24 Stunden aus 420 Grm. Wurzel 20 Grm. Inulin aus, und der Rückstand gab an siedendes Wasser noch 111 Grm. ab. Da aber in das kalte Wasser viel fremde Stoffe übergehen, die später das Präparat verunreinigen würden, so scheint mir diese vorbereitende Operation doch empfehlenswerth zu sein. Als ich 840 Grm. gepulverte Cichorienwurzel, ohne die Maceration vorzunehmen, sogleich mit heissem Wasser auszog, erhielt ich durch Alkoholfällung 244 rohes Inulin, welches allerdings noch recht viel Synantherenschleim und Asche einschloss. Nur wenn man nach *Wosskressensky*'s Methode arbeitet, kann man die vorherige Behandlung mit kaltem Wasser unterlassen.

Aus den *Topinambur* hat *Braconnot* (a. a. O.) Inulin gemacht. Er liess frische Knollen zerreiben, pressen, den Saft am kühlen Ort sedimentiren, wobei sich ein amylumhaltiges Sediment bildete (von 500 Grm. Saft

8,8 Grm.). Die abgestandene Flüssigkeit wurde eingedampft und das Inulin durch Abkühlen gewonnen. *Berzelius* hat die schon früher besprochene Methode auch für Darstellung aus Topinambur empfohlen.

Eben dieselbe Methode hat er auch zur Darstellung des Inulins aus *Georginenknollen* benutzt. Auch *Wittstein* und *Wosskressensky* haben nach ihren schon früher vorgeführten Methoden Inulin aus diesem Material gewonnen. *Wittstein* erhielt, wie schon gesagt, 4,5 %. *Payen* liess (a. a. O.) zur Darstellung seines Dahlins, das zuvor mit Weingeist ausgezogene Fleisch (in der Uebersetzung *Schweigger*'s heisst es „Mark") der Georginenknollen mit Wasser und einigen Tropfen Ammoniakflüssigkeit auskochen, abpressen, das Flüssige mit überschüssigem Calciumcarbonat aufkochen und filtriren. Das Filtrat wurde bis Häutchen entstanden verdunstet, abgekühlt und der sich abscheidende Niederschlag zur Beseitigung des Calciummalates und -citrates mit schwach ammoniakalischem Wasser ausgewaschen, darauf wieder in siedendem Wasser gelöst, erkaltet und letztere Reinigung 4 Mal wiederholt. Später hat er[1]) vorgeschlagen, die so zerstossenen Knollen auf einem Filter von Wolle mit dem zweifachen Gewichte kalten Wassers zu waschen, darauf den zurückbleibenden Brei eine halbe Stunde hindurch mit dem doppelten Gewichte Wasser und 0,005 Theilen Kreide aufzukochen, zu coliren, das Auskochen zu wiederholen und die gemischten Auszüge auf $^3/_4$ einzudampfen, unter Zusatz von 0,04 Th. Thierkohle und 0,02 Th. Eischaum. Aus der schliesslich filtrirten Flüssigkeit soll das Inulin nach Verdunstung bis zur Häutchenbildung, dann auch durch Abkühlung gewonnen werden. Im Ganzen geht mein Urtheil über diese Methode schon aus dem früher Gesagten hervor. Für empfehlenswerth halte ich, auch für Darstellung aus anderen Materialien, das Aufkochen unter Zusatz von Kreide, weil dasselbe in der That manche Salze des Calciums und Magnesiums beseitigen lässt. Leider findet man nur auch in dem so bereiteten Inulin noch Beimengungen, welche beim Erwärmen mit Kalk Ammoniak entwickeln. *Parnell* hat später (1840) eine ähnliche Bereitungsweise angewendet, bei welcher er nur von der Benutzung der Kohle, Kreide und des Eischaumes Abstand nahm. Das von ihm analysirte Inulin wurde zuletzt noch mit Weingeist gefällt[2]). *Liebig* liess (1832) die Dahlienknollen verreiben, den Brei auf Haarsieben so lange mit Wasser behandeln, als dieses noch milchig abfloss, dann das Inulin sedimentiren. Falls eine solche freiwillige Abscheidung nicht eintrat, so wurde aufgekocht, das coagu-

[1]) a. a. O. p. 391.

[2]) Annal. der Pharm. B. 39. p. 213.

lirte Eiweiss abgeschäumt und die Flüssigkeit wieder erkaltet[1]). *Marquart* konnte (a. a. O.) in solcher Weise kein befriedigendes Resultat erzielen. 50 Unzen jüngere und ältere Knollen, welche im Herbste gesammelt waren, wurden mit 10 Quart Wasser behandelt. Er erhielt hier nur 1½ Unzen eines röthlichen faserigen Sedimentes und nach dem Kochen und Schäumen wurde auch nur geringe Menge hornartigen Inulins gewonnen. Er hat jedenfalls zu viel Wasser angewendet, denn wenn seine Knollen etwa 2½ Unzen Inulin enthalten haben, so konnte davon durch die 360 Unzen Wasser etwa die Hälfte gelöst werden. Auch *Wittstein* hat übrigens (1840 a. a. O.) die Methode *Liebig*'s als unvortheilhaft bezeichnet. Aus 2 ℔ Knollen hat *Marquart* durch Kneten mit (wie viel?) Wasser 75 % ausgezogen. Die milchige Flüssigkeit wollte sich nicht absetzen, gab aber nach dem Aufkochen, Klären und Erkalten blendend weissen Niederschlag. Als *M.* die milchige Flüssigkeit frieren und dann wieder aufthauen liess, fand sich das Inulin abgesetzt. Aus der nicht gekochten milchigen Flüssigkeit konnte er durch ein gleiches Volum Alkohol kein Inulin fällen (er hätte mehr Alkohol zusetzen müssen), ebensowenig durch Verdünnen mit Wasser. Das in der Kälte abgeschiedene Inulin war nach dem Trocknen hornartig, es soll ungefähr 12 % vom Gewichte der Knollen betragen haben. 11 Unzen Knollen, welche *M.* mit Wasser auskochte, setzten, bei 10—12° aufbewahrt, innerhalb einiger Tage 1½ Drachmen unreines Inulin ab, das Filtrat davon bei längerem Aufbewahren bei 3—4° nach und nach blendend weisses Pulver, welches fest an den Wandungen der Flasche haftete und zu weissen hornartigen Massen trocknete. Ich werde später auf diese Versuche *Marquart*'s zurückkommen und will hier nur kurz bemerken, dass sie, ebenso wie die *Liebig*'schen Experimente, wohl nur noch historisches Interesse beanspruchen können.

Die Darstellung des Inulins aus den Dahlienknollen halte ich, wenn man sie im Herbste ausführen kann, für so vortheilhaft, dass ich dieselbe stets benutzen würde, falls mir nur das nöthige Material zur Verfügung stände. Will man ein möglichst farbloses Präparat haben, so empfehle ich die gut gewaschenen Knollen zu zerreiben, schnell zu pressen, den durch 12—18-stündiges Abstehen geklärten Saft einer fractionirten Fällung mit Alkohol zu unterwerfen, bei welcher zuerst durch höchstens

[1]) Annal. d. Pharm. B. 2. p. 235. — In dieser Abhandlung findet sich die von mehreren Lehrbüchern *Liebig* zugeschriebene Aeusserung, dass gefrorene Knollen grössere Ausbeute geben, nicht. Jedenfalls ist dieselbe richtig. Beim Frieren der Knollen scheidet sich ein Theil des Inulins körnig ab und die Bereitung kann nun nach Analogie der Amylumdarstellung ausgeführt werden.

gleiches Volum Weingeist von c. 80—88% Tr. Albuminate, Synatherenschleim, einzelne Salze und gefärbte Materien beseitigt und dann nach schnellem Filtriren oder Coliren durch weitere 2 Volumina gleich starken Weingeistes das Inulin präcipitirt werden. Ich habe im Oct. 1867 im hiesigen botanischen Garten gebaute Knollen mit 8% Inulin so verarbeitet. 1 Lit. des Saftes hatte innerhalb 18 Stunden nur wenig Inulin abgesetzt[1]). 500 CC. Weingeist von 80 % Tr. lieferten dann sogleich braunen Niederschlag, der (mit Hülfe eines Luftdruckfilters) schnell abfiltrirt wurde. Weiterer Zusatz von 660 CC. gleich starken Weingeistes fällten ebenfalls gelbe Flocken, die in gleicher Weise sogleich beseitigt wurden. Das Filtrat setzte innerhalb 18 Stunden schon völlig weisses Inulin (c. 5 Grm.) ab. Die grössere Menge wurde auf neuem Zusatze von 1 Litre Weingeist innerhalb weiterer 24 Stunden abgeschieden (30 Grm. mit 1,0003 % Aschenbestandtheilen). Auf neuen Zusatz von Alkohol wurde zwar noch etwas Inulin gefällt, ebenso aus der auf 150 CC. verdunsteten Flüssigkeit durch 2 Vol. Weingeist von 95 %; doch stand das so Gewonnene nicht im Verhältniss zu den verursachten Kosten. Das Aussüssen des Inulinniederschlages wurde mit etwa 70 % Tr. haltendem Weingeist vorgenommen. Das Trocknen geschah bei höchstens 30°, aber möglichst schnell (über Schwefelsäure oder in einem Strome trockener Luft). Besser wäre noch, das Inulin durch eine Centrifugale auszuschwingen. Man verhindert so, dass das Inulin gummiartig wird und erzielt ein blendend weisses Präparat. Das erstbeschriebene Inulin wurde später durch erneuerte Alkoholfällung aus heiss bereiteter wässeriger Solution gereinigt. Ein Theil wurde auch nach der schon früher beschriebenen Methode mit Hülfe von Aetzammoniak rein gewonnen. Ein anderer Theil endlich mehrmals aus heissbereiteten wässerigen Lösungen durch 2 Vol. Holzgeist ausgefällt, wodurch ebenfalls eine fast vollkommene Beseitigung der fremden Stoffe ermöglicht ist. Bei diesen Versuchen ging ich namentlich von der Absicht aus, die Bleifällung *Wosskressensky*'s zu vermeiden. Leider kann ich aber nicht behaupten, dass ich mit fractionirter Alkoholfällung so weit gekommen bin als mit der Bleifällung. Selbstverständlich kann man auch hier den zerriebenen Brei vor dem

[1]) Weil der zerriebene Brei nicht sogleich gepresst werden konnte, hatte sich schon vorher etwas Inulin ausgeschieden. Will man Knollen verarbeiten, welche bereits eine Zeitlang aufbewahrt worden und geschrumpft sind, so ist es nöthig den Brei sogleich in 1/2 bis 1 gleiches Vol. Wasser fallen zu lassen und dann zu pressen, weil sonst Inulin vorher ausgeschieden wird und in dem Pressrückstande bleibt. Aus 110 Grm. Pressrückständen habe ich einmal noch 3 Grm. Inulin gewonnen.

Pressen mit heissem Wasser mengen, die gepresste Flüssigkeit durch Aufkochen mit Kreide reinigen, das Inulin erst nach dem Concentriren der Flüssigkeit auf 1/4 Vol. durch 2—3 Vol. Weingeist fällen[1]). Man wird so zwar reichlichere Ausbeute, aber weniger reines Präparat erlangen. Schon die während des Eindampfens entstandenen braunen Zersetzungsproducte einzelner Bestandtheile des Saftes sind ziemlich schwer vollkommen fortzuschaffen. Aus 1714 Grm. Knollen mit 4,7 % habe ich im Herbste 1868 durch Pressen 1600 Grm. Saft und aus diesen 43 Grm. gelblich gefärbtes Inulin mit 3,08% Aschenbestandtheilen erhalten, welches beim Erhitzen mit Kalk ebenfalls Ammoniak lieferte. In dem Weingeistfiltrate war noch etwa 1 Grm. Inulin gelöst geblieben. — Befreiung von den beigemengten Verunreinigungen muss bei diesem und dem aus anderem Material bereiteten Inulin durch mehrmaliges Wiederlösen in wenig heissem Wasser, und fractionirte Fällung mit Weingeist, besser durch die Behandlung mit Bleiessig, erstrebt werden. Bei ersterer thut man gut, das zuerst Gefällte abzuscheiden, weil in ihm reichlicher fremde Stoffe sind, als in dem später zu fällenden Antheile. Auch ist es sehr zu empfehlen, die wässerige Lösung vor Zusatz des Alkohols einige Tage der Dialyse zu unterwerfen. Falls das äussere Wasser mehrmals gewechselt wird, kann man so viele Verunreinigungen fortschaffen, ohne allzugrossen Verlust an Inulin zu haben.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass

1. Das beste Material zur Darstellung weissen Inulins der im Herbste bereitete Saft der Dahlien ist, das billigste, wenn es nicht auf völlig weisses Inulin ankommt, die käufliche getrocknete Cichorien- und Taraxacumwurzel.

2. Nimmt man das Pulver getrockneter Wurzeln zur Darstellung, so wird dieses durch halb- bis einstündige Digestion mit Wasser von etwa 90° hinreichend extrahirt. Voraufgehende Behandlung mit kaltem Wasser lässt viel fremde Stoffe beseitigen, aber auch etwas Inulin einbüssen. Behandlung des Pulvers mit Alkohol ist namentlich für die Enula empfehlenswerth.

3. Das Inulin wird aus seinen Lösungen durch Abkühlung nicht vollständig und in Gemeinschaft mit Salzen und stickstoffhaltigen Stoffen abgeschieden, die durch vorheriges Aufkochen mit Calciumcarbonat, Kohle, durch Ammoniak u. drgl. nicht völlig zu beseitigen sind. Alkohol

[1]) Jedenfalls rathe ich die noch warme Lösung in Alkohol zu giessen, damit nicht schon Inulin ausfällt, welches meist ziemlich gefärbt ist und sich schwer reinigen lässt.

lässt zwar das Inulin aus wässeriger Lösung vollständiger fällen, wenn man diese mit 3 Vol. desselben mengt, aber, falls die Lösung auch Synantherenschleim enthält, was namentlich bei der Enula, dem Taraxacum und Cichorium so ist, so geht auch er in den Niederschlag. Gleiches wie vom Alkohol gilt vom Holzgeiste.

4. Vorherige Maceration mit kaltem Wasser schafft den Synantherenschleim nicht völlig fort. Fractionirte Fällung mit Alkohol, durch welchen letzterer leichter präcipirt wird, lässt ihn namentlich bei dem Dahliensafte, der überhaupt im Herbste wenig davon erhält, ziemlich vollständig und in Gemeinschaft mit Albuminaten etc. beseitigen. Das beste Mittel ihn fortzuschaffen, bietet aber die von *Wosskressensky* vorgeschlagene Fällung durch Bleiessig dar, die allerdings, weil die Flüssigkeit langsam filtrirt, die Darstellung erschwert.

## Zusammensetzung des Inulins.

Man kann wohl nach den vorliegenden Versuchen mit *Mulder* nicht mehr daran zweifeln, dass das Inulin isomer mit dem Stärkemehl ist und dass demnach die Formel $C^6H^{10}O^5$ oder deren Multipla die wahre Zusammensetzung angeben, dass weiter auch das aus verschiedenen Pflanzen gewonnene Material gleiche Zusammensetzung hat. Wenn man hie und da bei Elementaranalysen Zahlen ermittelte, welche nicht vollkommen mit der angegebenen Formel in Einklang zu bringen sind, so liegt das sicher nur daran, dass man nicht mit vollkommen trockenem oder mit unreinem Stoffe diese Bestimmungen vornahm Uebrigens bewegen sich die beobachteten Abweichungen theilweise auch innerhalb der Fehlergrenzen, die als bei Elementaranalysen unvermeidlich angesehen werden können. Die eben angegebene Formel verlangt 44,44 % **C**; 6,17 % H und 49,38 % **O**. Sehen wir zu, wie weit das bisher Ermittelte mit dieser Zusammensetzung übereinstimmt.

*Mulder* hat im Jahre 1830 das aus Taraxacum und aus Enula dargestellte Inulin analysirt und in der bei 120° getrockneten Substanz gefunden[1])

| Inulin aus Taraxacum: | Inulin aus Enula: |
|---|---|
| **C** = 44,75 % | **C** = 45,04 % |
| H = 6,20 % | H = 6,28 % |
| **O** = 49,05 % | **O** = 48,68 % |

[1]) Bullet des sciences physiq. et natur. en Neerlande. Jahrg. 1838. p. 41. Ferner «Vers. einer allgemeinen physiol. Chem.» — Deutsche Ausg. B. 1. p. 227.

*M.* berechnete hieraus 4 ($C^6H^{10}O^5$) + $H^2O$ und 8 ($C^6H^{10}O^5$) + $H^2O$, sieht man sich aber die von ihm gefundenen Zahlen näher an, so muss man wohl zugeben, dass sie weniger auf diese letzteren, als auf die Formel $C^6H^{10}O^5$ passen. In beiden Analysen ist der C-gehalt höher, der O-gehalt niedriger gefunden, als sie letztere Formel verlangt. Dass die Wasserstoffbestimmungen etwas zu hohe Zahlen lieferten, ist ja eben die gewöhnliche Calamität. Uebrigens hat *M.* später selbst behauptet, dass die wahre Zusammensetzung des Inulins der verschiedenen Pflanzen $C^6H^{10}O^5$ sei.

*Payen* ermittelte (a. a. O. 1840) für das bei 150° getrocknete Inulin eine Zusammensetzung von:

C = 44,55 %
H = 6,12 %
O = 49,33 %

In demselben Jahre untersuchte *Parnell* das Inulin aus Dahlia (a. a O.). Er fand in 4 Analysen:

| 1. | 2. | 3. | 4. |
|---|---|---|---|
| C = 43,95 % | 44,07 % | 43,90 % | 43,97 % |
| H = 6,34 % | 6,45 % | 6,41 % | 6,40 % |
| O = 49,71 % | 49,48 % | 49,69 % | 49,63 % |

Er sagt nicht, bei welcher Temperatur er getrocknet hat. Wahrscheinlich hat er nicht vollkommen entwässert. Das Inulin der dritten Analyse ist nicht mittelst Weingeist präcipitirt. *P.* berechnet die Zusammensetzung = $C^{24}H^{42}O^{21}$ d. h. 4 ($C^6H^{10}O^5$) + $H^2O$.

*Crookwitt* fand (1842) ebenfalls eine kleine Verschiedenheit auch in der Zusammensetzung des aus Inula und Dahlia dargestellten Materiales[1]). Das aus der Dahlia hat er im Jan. aus geschälten Knollen durch Auskochen und Erkalten gewonnen und durch Wiederlösen und neues Erkalten, endlich durch mehrmaliges Auskochen mit Weingeist gereinigt.

Er ermittelte:

| im pulverförmigen Inulin aus Dahlia | | in hornartigem Inulin der Dahlia |
|---|---|---|
| a. bei 120° getrocknet | b. bei 160° getrocknet | bei 140° getrocknet |
| C = 43,95 % | 43,94 % | 44,01 % |
| H = 6,20 % | 6,28 % | 6,21 % |
| O = 49,75 % | 49,78 % | 49,78 % |

[1]) Scheikund. Onderzoeking. 1. Deel. p. 283 uud Annal. d. Chem. und Pharm. B. 45. p. 184.

Im Inulin des Alant bei 130° getrocknet

| | a. | b. |
|---|---|---|
| C = | 44,30 % | 4,441 % |
| H = | 6,23 % | 6,24 % |
| O = | 49,47 % | 49,33 % |

Sonderbar, dass keiner dieser Analytiker von dem Stickstoff- und Aschengehalt des Inulins spricht, der bei den von ihnen benutzten Darstellungsarten nach meiner Ansicht nicht vollkommen fehlen konnte [1]).

Wenn auch *Fromberg* [2]) (1843) gestützt auf die von *Mulder*, *Payen*, *Parnell* und *Crookwitt* ermittelten Daten das Inulin für Amylum plus $^1/_2$ Wasser (altes Atomgewicht) d. h. also für 4 ($C^6H^{10}O^5$)+$H^2O$ erklärt, so ist nochmals daran zu erinnern, das diese Formel 43,24% C, 6,31% H, 50,45% O verlangt und nur die am wenigsten Vertrauen verdienenden Analysen *Parnell*'s dieser Zusammensetzung allenfalls nahe kommen, während alle anderen besser auf die Formel $C^6H^{10}O^5$ passen.

Auch *Dubrunfaut* erklärt (1856) letztere Formel für die richtige, die die Zusammensetzung des aus verschiedenen Pflanzen dargestellten, des körnigen und hornartigen Inulins angebe. Er ermittelte im bei 100° getrockneten Inulin 44,32% C und 55,679 $H^2O$, sagt aber nicht, ob dies ein Mittelwerth aus verschiedenen Bestimmungen ist [3]).

Gegenüber allen diesen Angaben steht nun die Behauptung *Wosskressensky*'s, der zufolge sie alle falsch sein sollen, weil mit unreinem Material dargestellt. Er fand (a. a. O.):

| | in Inulin aus Cichorien. | | in Inulin aus Taraxacum. |
|---|---|---|---|
| | a. | b. | |
| C= | 52,37 % | 52,159% | 49,594% |
| H= | 6,886% | 6,849% | 6,865% |
| O= | 40,741% | 40,698% | 43,541% |

und berechnet für die ersten Analysen die Formel $C^{12}H^{19}O^7$, welche 52,36% C; 6,91% H und 40,73% O beansprucht. Nach meiner Ansicht

[1]) Inulin aus Cichorium, zweimal mit Alkohol aus wässriger Lösung gefällt, hatte 0,2774% N. Inulin aus Cichorium, einmal mit Holzgeist und einmal mit Alkohol gefällt, enthielt 0,1925% N. Dasselbe durch Alkohol gefällt zweimal aus heissbereiteter wässriger Lösung durch Abkühlung ausgeschieden und zuletzt mit Alkohol ausgewaschen 0,2349% N. Dasselbe zweimal durch Alkohol ausgefällt, dann aus wässriger Solution durch Abkühlen ausgeschieden und mit Wasser ausgewaschen 0,3623% N. Sämmtlich vorher bei 130° getrocknet und dann gewogen.

[2]) Scheikund. Onderzoeking. 2 Deel. p. 36 und namentlich p. 58 Auszug in den Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 48. p. 353.

[3]) Compt. rend. Bd. 42. p. 803.

können seine Einwände gegen die obigen Resultate keine Berücksichtigung beanspruchen, wenn ich auch nicht zu erklären vermag, weshalb er abweichende Resultate gewann. Ich erhielt mit einem nach der obenbeschriebenen modificirten Methode *Wosskressensky*'s aus Cichorium dargestellten Inulin folgende Resultate:

I. 0,3975 Grm. lieferten 0,6450 Grm. Kohlensäure = 44,25% **C** und 0,2249 Grm. Wasser = 6,29% H:

II. 0,3791 Grm. lieferten 0,6115 Grm. Kohlensäure = 43,51% **C** und 0,2152 Grm. Wasser = 6,31% H.

III. 0,2752 Grm. lieferten 0,4470 Grm. Kohlensäure = 44,29% **C** und 0,1575 Grm. Wasser = 6,36% H.

Sämmtliche Proben waren bei 120° längere Zeit erhitzt worden. Die Verbrennung geschah mit Kupferoxyd zuletzt im Sauerstoffstrome. Stickstoff war nicht quantitativ zu bestimmen, auch war die Substanz fast aschenfrei.

Ein gleich reines Inulin aus Taraxacum, ähnlich dargestellt und zuletzt noch aus heissem schwachen Weingeist umkrystallisirt, lieferte folgende Zahlen:

I. 0,4289 Grm. gaben 0,6953 Grm. Kohlensäure = 44,11% **C** und 0,2409 Grm. Wasser = 6,24% H.

II. 0,3857 Grm. gaben 0,6307 Grm. Kohlensäure = 44,33 **C** und 0,2142 Grm. Wasser = 6,165% H.

---

*Dubrunfaut* behauptet (1856), dass das lufttrockene, bei 10° und in einer Atmosphäre von 40° des Hygrometers aufbewahrte Inulin $1^1/_2H^2\mathbf{O}$ gebunden enthalte. Bei derselben Temperatur gäbe es an trockene Luft 11,25% Feuchtigkeit, das ist etwas über $1H^2\mathbf{O}$ ab, bei 100° noch $^1/_2H^2\mathbf{O}$, im Ganzen 16%. Zwischen 100° und 180° soll nach ihm das Inulin weiter kein Wasser verlieren. Ich habe gesehen, dass ein körniges Inulin, welches 24 Stunden mit Wasser in Berührung gewesen war und dann an der Luft bei 10° getrocknet wurde (0,3122 Grm.) auf 100° erhitzt, 10,8% Feuchtigkeit abgab (Rückstand 0,2785 Grm.), was fast genau $1H^2\mathbf{O}$ ausmacht. Das Präparat $\mathbf{C}^6H^{10}\mathbf{O}^5+H^2\mathbf{O}$ hat 10,0% Wasser. 0,7555 Grm. lufttrockenes körniges Inulin nahmen innerhalb 24 Stunden bei einer Temperatur von 15° in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre und 2,2% ihres Gewichtes zu (0,7721 Grm.). Beim Erwärmen auf 100° gab diese Masse dann 10,6% Feuchtigkeit, also wiederum annähernd $1H^2\mathbf{O}$ ab. (Rückstand = 0,6907 Grm.). Ein bei 30° aufbewahrt gewesenes körniges Inulin gab bei 100° 7,5% Wasser ab ($4\mathbf{C}^6H^{10}\mathbf{O}^5+$

$3H^2O$ hat 7,7%). Nach 48 stündigem Aufbewahren an gewöhnlicher Zimmerluft (Herbst 1867) von 13°—15° hatte es schon wieder 6,7% Feuchtigkeit absorbirt. Bei einem anderen körnigen Inulin, welches längere Zeit an der Luft eines geheizten Zimmers bei cc. 17° gelegen hatte, fand ich 5,9% Feuchtigkeit. Uebrigens kann ich in allen diesen Resultaten nicht den Beweis für die Existenz bestimmter chemischer Verbindungen zwischen Inulin und Wasser erblicken, sondern nur den Ausdruck der starken Hygroscopicität des Inulins. Beim gumminösen Inulin ist es weit schwieriger das letzte Wasser fortzuschaffen.

## Sonstige Eigenschaften des Inulins.

Schon Oben habe ich darauf hingewiesen, dass das Inulin im Zellsafte lebender Pflanzen *gelöst* vorkomme. Ich muss hier nochmals hervorheben, dass es sich da offenbar um recht concentrirte Solutionen handeln kann, in denen oft 10 und mehr Procent desselben angenommen werden dürfen. Pressen wir solche Lösungen aus den betreffenden Pflanzentheilen, lassen wir sie oder heiss bereitete concentrirte Solutionen des Inulins in der Kälte stehen, so sehen wir oft das Inulin mehr oder minder schnell sich in Form von *Körnchen* oder *Kugeln* ausscheiden und dieselbe Ausscheidung nehmen wir wahr, wenn wir Weingeist, Glycerin oder concentrirte Chlorcalciumsolution zusetzten. Auch wenn wir die frischen Pflanzentheile in Alkohol oder Glycerin legen, oder wenn wir dieselben frieren lassen, sehen wir in ihrem Zellensafte die Abscheidung vor sich gehen. Der Entstehung solcher Inulinkörnchen aus künstlich bereiteten wässrigen Solutionen, war schon *V. Rose* bekannt, später ist sie auch von *Payen* (1823 und 1840) beobachtet, der sie auch aus Zellensäften vor sich gehen sah. Auch *Raspail* (1826), *Walt'* (1828), *Marquart* (1834), *Meyen*, welcher (1838) Kügelchen durch Abkühlen abschied, die sich im Wasser nicht wiederlösen wollten und deren Identität mit dem Inulin er nicht bewiesen hat; *Buchner* jun., welcher (1841) kugelförmige Ablagerungen aus mellago Taraxaci erwähnt [1]); *Frickinger*, der sie (1841) durch Weingeist fällte; *Baumann*, der (1844) stärkmehlartige Körnchen von „1/3 Dimension" (sic.) des Amylums sah; *Dubrunfaut*, welcher (1856) die Identität des körnigen und gummiartigen Inulins behauptete; *Mohl*, welcher (1858) von ihnen sagt, dass sie aus kochend bereiteter Auflösung beim Abkühlen fielen und dass sie nur schwach und in unregelmässiger Weise

[1]) Repert. f. Pharm. II. Bd. 23. p. 80.

auf polarisirtes Licht wirken; *Hartig*, der sie (1858) durch Jodglycerin erhielt, haben dieselben gesehen. Bei *Geiger* lesen wir sogar schon 1824, Inulin „besteht aus weissen oder gelblichweissen krystallinischen Körnern oder bildet ein zartes weisses Pulver". Doch ist wie gesagt nicht vollkommen klar, ob ihm bei den Angaben über die Krystallinität nicht *Braconnot*'s Arbeiten über Datiscetin vorgeschwebt haben. [1]).

Die Abscheidung von Inulinkörnchen beschreibt *Payen* (1840) mit folgenden Worten: „Dissoute dans l'eau bouillante, elle s'en sépare après le refroidissement, sous la forme de petits sphéroïdes blancs, diaphanes, parfois réunis en chapelets." Er will auch beobachtet haben, dass Inulin „dissoute en vase clos à une température de + 170°, produit plus lentement, mais d'une manière plus prononcée, le même phénomène; au bout de trois mois on a trouvé, en effet, sur les parois de vase des plaques composées de sphéroides contigus les uns aux autres, ayant environ 3 centièmes de millimètre, se montrant en séries ou chapelets sur les bords du dépôt; la plupart recouverts de très petits globules semblables; tous très fragiles, se brisant sous une faible pression en éclats anguleux ou mous." Auf diese letztbezeichneten Beobachtungen werde ich später zurückkommen. Ich will hier nur kurz bemerken, dass so genau in diesem letzten Passus auch fast jedes Wort auf das Verhalten der Inulinlösung zu passen scheint, nach meiner Ueberzeugung P. hier doch nicht diesen Körper, sondern ein Zersetzungsproduct desselben vor sich gehabt hat.

Genaues über die *Structur der Inulinkörnchen* erfahren wir (1863) von *Schacht* [2]) und von *Sachs* (a. a. O.). Ersterer spricht von Kugeln, Hohlkugeln und Halbkugeln, deren Entstehung er einem Verdichtungsprocesse zuschreibt. Er sagt, dass sie im Innern weniger dicht und wasserreicher sind, als an der Oberfläche, dass sie, wenn man sie aus einer dichteren Flüssigkeit (z. B. Glycerin) in Wasser bringt, zerreissen und zwar oft strahlig vom Centrum aus. Die Bruchstücke sollen bei Behandlung mit Kupferoxydammoniak ein allmähliges Schwinden vom Rande aus zeigen und einen farblosen Körper von der Form der Inulinkugel hinterlassen, der mit doppelt contourirter Membran umhüllt ist und hie

---

[1]) Jedenfalls kennt übrigens (3. Aufl. p. 819) G. die Behauptung *Wallt*'s, dass Inulin und Datiscetin nicht identisch sind und er schenkt sonst den Angaben des Letzteren viel Zutrauen, wie sie dasselbe in der That verdienen. Als Synonym wird ferner das Datiscetin bei G. nicht genannt.

[2]) Verhandl. d. naturf. Vereins d. Rheinlande J. 20. p. 175. Ferner Kölnische Ztg. J. 1863. № 360.

und da im Innern Spuren von Rissen darbietet. Letztere schwanden im dunkeln Felde des Polarisationsmikroskopes. Nicht zerrissene Kugeln sollen mit Kupferoxydammoniak wie durchlöchert werden, durchsichtig und ebenfalls die Membran zeigen.

Wie es scheint denkt sich *Schacht* die Membran durch denselben Verdichtungsprocess entstanden, welcher auch den Inhalt liefert, denn er hat ja das Gelöstsein des Inulins im Zellsafte schon 1858 anerkannt. Es dürfte ferner auch wohl die Ansicht *Schacht*'s dahingegangen sein, dass keine stoffliche Verschiedenheit zwischen Membran und Inhalt existire, sondern nur ungleiche Dichtigkeitszustände das verschiedene Verhalten gegen Kupferoxydammoniak bedingen. Insofern ist seine Ansicht nicht mit derjenigen *Raspail*'s und *Marquart*'s zu verwechseln, die sich — namentlich gilt das von *Marquart* — die von ihnen schon im Zellinhalte angenommenen Kugeln als zusammengefügt aus einer besonderen Membran und einem stofflich verschiedenen Einschluss vorstellen, etwa wie *Guérin-Varry* zuerst ein solches Verhältniss für das Amylumkorn — und für dieses richtig — erkannt hat. [1]) Am klarsten hat *Marquart* dieser Meinung (a. a. O.) Ausdruck gegeben. Er erklärt das aus heiss bereiteter Lösung durch Abkühlen ausgeschiedene Inulin für verschieden von dem nicht durch Auskochen dargestellten d. h. den freiwillig aus dem abgepressten Zellsafte oder den durch Frieren in der Pflanze erzeugten Körnern. Letzteres nennt er *Synantherin*, ersteres *Sinistrin*. Er sagt, das Synantherin bilde äuserst kleine durchsichtige Kugeln, die kaum bemerkbar wären und die, trocken mit Wasser übergossen, zerfielen, um eine milchige Flüssigkeit zu bilden. Beim Aufkochen löse sich der grössere Theil bis auf Fädchen und Häute, die als Integumente der zerplatzten Synantherienkugeln aufgefasst werden müssten. Die Flüssigkeit enthalte, wenn sie kurze Zeit erwärmt sei, das Inulin der Chemiker gelöst (er denkt hier, wie es scheint, an das amorphe Inulin), wenn sie aber längere Zeit erwärmt worden sei, so scheide sie, abgekühlt, innerhalb einiger Tage blendend weisses Pulver ab, welches er Sinistrin nennt. Letzteres sei nur in kleinen Kugeln und Körnchen zu erhalten (von einer Membran spricht er nicht), wohl durch Gerinnung sei es undurchsichtig weiss, es zerfiele beim Erwärmen mit Wasser leichter als Synantherin und werde bei 60° von Wasser völlig gelöst. Dass diese Ansicht etwas verführerisches hat, ist nicht zu leugnen. Sie bemüht sich eine völlige Analogie mit dem Amylum darzuthun. Nach ihr bestände ein Parallelismus zwischen Amylum und Synantherin, zwischen Amidulin (Amylogen) und seinem Inulin, zwischen Dextrin und

[1]) Annal. de chim. et de phys. T. 56. p. 225.

Sinistrin (*Biot* und *Persoz* hatten gerade ein Jahr zuvor die Circularpolarisation nach links für die heiss bereitete Inulinlösung constatirt).

Aber so einleuchtend auf den ersten Blick auch die Theorie *Marquart*'s sein mag, es muss dieselbe doch als unhaltbar verworfen werden. Synantherinkugeln können im frischen Zellsafte nicht constatirt werden, ebenso wenig wie die von ihm beschriebenen Unterschiede zwischen Synantherin, Inulin und Sinistrin. Er hat deutlicher ausgebildete Körner als Synantherin benannt, kleinere als Sinistrin, bei welchen beiden er das krystallinische Gefüge übersah. Als Inulin hat er gummiförmige Massen beschrieben, welche er schon durch blosses Benetzen mit kaltem Wasser hätte zu Sinistrin umlagern können. Wenn *M.* beim Erhitzen von Synantherin mit Wasser Fäden und Häutchen ungelöst hinterbleiben sah, so handelte es sich hier nur um Verunreinigungen seines Präparates, deren Vorhandensein man sich sehr gut erklären kann, falls man sich die von ihm benutzte Darstellungsmethode vergegenwärtigt.

Die Entstehung der Inulinkugeln beruht, woran jetzt, nachdem *Sachs* seine Untersuchungen (a. a. O.) mitgetheilt hat, nicht weiter gezweifelt werden kann, auf einem Krystallisationsprocess. Die Kugeln sind *Krystalldrusen*. Insofern als *Schacht* von einer sie umhüllenden Membran spricht, hat auch er sich getäuscht. Die Uebereinstimmung der Inulinkugeln mit den Drusen des Magnesiumurates, des Kreatininzinkchlorides, Leucins etc. ist unverkennbar. Sie zeigen nach *Sachs*, dem ich hier im Wesentlichen folge, bei starker Vergrösserung (350 — 500 mal) vom Centrum bis zur Peripherie reichende radiale Risse und Spalten und regelmässig verlaufende radiale Streifungen; sie zerreissen beim Drücken zu Sectoren der Kugel und lassen mitunter, wenn sie in Wasser oder Weingeist liegen, peripherische Schichtung erkennen, wie man dieselbe auch beim Blutstein, Strahlkies, Arsen etc. beobachten kann. Sehr schön erkennt man die Schichtung nach der Behandlung mit verdünnter Salpetersäure. Oft sieht man an den Schollen papillenartige Hervorragungen, die durch Auflagerung an der Oberfläche sich zu vergrössern scheinen, d. h. umgekehrt wie beim Stärkmehl. Die peripherischen Schichten verhalten sich „als ob von einer aus lauter Kugelscheiben bestehenden Kugel nachträglich ein Stück abgeschnitten wäre.“ Die Kugeln sind nicht imbibitionsfähig, sondern porös wie Tuffstein; sie quellen nicht, selbst nicht mit Säuren (Salpeter, Schwefelsäure) und Alkalien, sondern schmelzen ab. Ein Unterschied in der Dichte an der Peripherie und im Centrum wird von *Sachs* gegenüber *Schacht*'s Angaben geläugnet. Oft sieht man, wo diese Drusen in Pflanzentheilen hervorgebracht sind, dass die Nadeln derselben sich durch mehrere Zellen fortsetzen, ihnen also von der Zellenwand kein

Widerstand entgegensteht. Wenn das Inulin sich langsam aus Lösungen absondert, so sieht man, was ja auch bereits von *Braconnot* beobachtet wurde, oft mehrere Kugeln zu grösseren Krusten zusammengelagert, wie endlich auch in Pflanzentheilen 2, 3 und mehr solcher Kugeln sich zu traubigen Massen an einander lagern.

Verdunstet man die wässrige Lösung des Inulins bei höherer Temperatur, so hinterbleibt dasselbe in Form einer wenig gefärbten *gummösen* Masse. Diese erfährt beim Zusammenkommen mit Wasser ziemlich schnell eine Umlagerung zu sehr kleinen weissen Körnchen, deren Grösse *Dubrunfaut* (1856) zu $^1/_{200}$ Millimtr. bestimmte und an denen er keine doppelte Brechung wahrnahm. Wenn diese Körnchen im Wasser suspendirt bleiben, so machen sie dasselbe milchig. Die Erscheinung haben schon (1823) *Payen* und *Braconnot*, (1855) *Ludwig*, (1856) *Dubrunfaut*, (1860) *Fr. Schulze* beschrieben. *Braconnot* sagt, das Wasser werde weisslich wie Seifenwasser; *Sachs* sah ähnliche Umlagerung eintreten, als er alkoholische Jodlösung einwirken liess. Jedenfalls hat es sich hier nur um eine Wirkung des Weingeistes gehandelt. Wir haben es demnach mit *2 verschiedenen Zuständen* des Inulins zu thun, einem krystallinischen (*Marquart*'s Synantherin und Sinistrin) und einem amorphen (*Marquart*'s Inulin).

*Dubrunfaut*, der, wie Oben gesagt, die gleiche Zusammensetzung des (getrockneten) gummösen und des körnigen Inulins behauptet, glaubt die Ursache des Ueberganges der erstern in die zweitgenannte Form in einer Hydratisation suchen zu dürfen. Ich habe sehr oft beobachtet, dass beim Trocknen körnigen Inulins dieses in den gummösen Zustand übergeht, gleichgültig, ob die Körner durch Abkühlung einer wässerigen Solution oder durch Alkoholfällung entstanden waren. Die Umwandlung erfolgt, was übrigens auch *Payen*, *Wittstein* u. A. gesehen, auch bei wenig erhöhter Temperatur, während nach meiner Erfahrung, wenn man mit Alkohol befeuchtetes körniges Inulin bei gewöhnlicher Temperatur schnell trocknet, der Uebergang nicht, oder nur in beschränktem Grade statt hat. Ist das körnige Inulin einmal trocken, so kann man es bis 100° und 120° erwärmen, so dass alles Wasser fortgeht, ohne dass es zu gummösem würde. Bedenkt man ferner noch, dass das Inulin aus seinen Solutionen bei Einwirkung wasserentziehender Mittel stets körnig, nie gummös abgeschieden wird, so wird man wohl mit mir die Zulässigkeit der Oben ausgesprochenen Meinung *Dubrunfaut*'s bezweifeln. Dagegen muss ich darauf hinweisen, dass beim Eindunsten von concentrirten Inulinlösungen, wie sie im Zellsafte vorkommen, falls dasselbe innerhalb des betreffenden Pflanzentheiles vor sich geht, ein grosser

Theil des Inulins amorph hinterbleibt (*Berg, Mohl, Schleiden*), während sonst gerade in Pflanzenzellen Stoffe sich oft deutlich krystallinisch verdichten, die in unserem Reagensgläschen amorph oder doch nur undeutlich krystallinisch erhalten werden. Lässt man eine heissbereitete 4-procentige Inulinlösung, die sich in einem (noch heiss) mit Baumwolle verstopftem Glase befindet, später im Vacuum verdunsten, so hinterbleibt zwar ein Theil des Inulins krystallinisch, ein anderer aber auch amorph. Letzterer löst sich in zugesetztem Wasser von 15° leichter als das gewöhnliche (krystallinische) Inulin, aber die Lösung trübt sich schnell milchigt und es scheidet sich dabei der grössere Theil des Inulins aus. Als ich das Wasser 2 Minuten auf den im Vacuum ausgetrockneten Rückstand wirken liess, dann schnell abhob, fand ich in 10 cc. 0,098 Grm. gelöst, d. h. etwa das Vierfache von dem, welches Wasser bei derselben Temperatur von krystallisirtem Inulin aufnimmt. Eine genaue Löslichkeitsbestimmung gebe ich hier nicht, sie ist vorläufig überhaupt unmöglich. Ich will nur zeigen, dass von diesem Inulin weit mehr als vom gewöhnlichen gelöst wird. Wird ferner Inulinlösung im Wasserbade in einer Flasche verdunstet, welche mit Baumwolle verstopft ist, und in die nur noch ein Glasrohr einmündet, durch welches letztere ausgekochtes und wieder erkaltetes, aber dann stets mit filtrirter Luft in Berührung gewesenes Wasser eintreten kann (siehe später), so erhält man einen amorphen Rückstand, der sich in dem ausgekochten Wasser ziemlich leicht löst. 3 C.C. einer solchen Lösung lieferten mir, verdunstet, 0,1187 Grm., d. h. 3,96 % Rückstand, und ich kann nicht behaupten, dass das Wasser hier vollkommen gesättigt gewesen ist. Schon nach etwa 3 Minuten schien mir ein Theil des Inulins körnig zu werden, und ich hielt es deshalb für geboten, die Flüssigkeit schnell abzuheben, um nicht auch das schon Gelöste in Körniges sich umlagern zu lassen.

Sollte man nicht annehmen dürfen, dass solche concentrirten Inulinlösungen, wie sie den Zellinhalt ausmachen und wie wir uns dieselben durch Lösen in der Wärme, oder durch Verdunsten minder concentrirter Solutionen bei erhöhter Temperatur, oder im Vacuum, oder in filtrirter Luft darstellen können, das Inulin in amorpher Modification enthalten, mithin auch beim Verdunsten hinterlassen, dass mit anderen Worten *dieses amorphe Inulin eine in Wasser leichtlösliche Modification sei, die nur ziemlich geneigt ist, in Berührung mit kaltem Wasser oder mit Alkohol etc. sich in das gewöhnliche krystallinische und schwerlösliche Inulin umzuwandeln?*

Bevor wir weiter auf diese Frage eingehen, müssen wir uns noch dasjenige, was über die *Löslichkeitsverhältnisse des Inulins* bisher festgestellt worden ist, vorführen.

Wie schon mehrfach gezeigt, enthält der Zellsaft mancher Pflanze das Inulin in wässrigen Solutionen, deren Concentration 10% und mehr erreicht. Versucht man durch Zusammenbringen reinen festen Inulins mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur sich Lösungen zu verschaffen, so sieht man das Inulin dem Einfluss des Wassers grossen Widerstand entgegensetzen. Die Angaben über die Löslichkeit des gewöhnlichen (festgewesenen) Inulins, welche wir bei den einzelnen Autoren finden, stimmen zwar nicht vollkommen überein, lassen dieselbe aber durchgängig sehr gering erscheinen. *Payen* behauptete, Wasser von 0° löse 0,2 % seines Gewichtes; *Dubrunfaut* sagt, bei 10° nehme es 0,5 % auf; *Bouchardat* spricht sogar von 2 %, welche bei „gewöhnlicher" Temperatur gelöst werden. *Schacht* nennt Inulin schwerlöslich, *Braconnot* und *Sachs* nennen es unlöslich. Nach meiner Ansicht kann man den beiden letztgenannten Autoren zwar nicht vollkommen Recht geben, doch glaube ich, dass im Betreff des reinen, vollkommen krystallisirten Inulins die Angabe *Payen*'s, welche uns die Löslichkeit desselben als sehr gering hinstellt, das grösste Zutrauen verdient. Eben weil es äusserst schwierig ist, ein vollkommen reines Inulin zu gewinnen, weil es namentlich sehr schwierig ist, auch die letzten Antheile amorphen Inulins fortzuschaffen und weil man bei den einzelnen Löslichkeitsbestimmungen ungleiches Material benutzte, eben deshalb finden wir die bedeutenden Differenzen in den Angaben. Die fremden Materien werden theils deshalb Unbequemlichkeiten machen, weil sie reichlicher als das Inulin in Lösung gehen; theils auch, weil sie die Löslichkeit des letzteren erhöhen. Das beigemengte amorphe Inulin wird aber, weil es selbst leichter vom Wasser aufgenommen wird, als das krystallinische, Ungenauigkeiten herbeiführen. In der That sieht man, je weniger bei der Darstellung die Bedingungen ausgeschlossen werden, unter denen das amorphe Inulin entstehen kann, das Produkt leichter löslich erscheinen. Von einem recht reinen körnigen Inulin, welches zuvor lange mit Alkohol in Berührung gewesen war, welches dann mit Wasser abgewaschen und noch feucht in destillirtes Wasser eingetragen wurde, dann 8 Tage bei 15° mit demselben in Berührung blieb, sah ich 0,221 Theile; von einem anderen minder reinen 0,45 Th. durch 100 Th. Wasser gelöst werden. Von einem dritten (wenig gefärbten) Inulin, welches vorher bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet war, sah ich bei 10° sich 0,88 % lösen. Von einem vierten durch Alkohol präcipitirten, aber in der

Wärme (circa 40 °) getrockneten Inulin wurden bei 20 ° sogar 0,95 % durch Wasser aufgenommen. Erstere Zahl stimmt mit *Payen*'s Angabe, und auf sie lege ich, wie gesagt, den grössten Werth. Uebrigens können die Differenzen mit *Bouchardat* auch noch eine andere Ursache haben. *Bouchardat* giebt nicht an, ob er nicht etwa in der Art die Löslichkeit bestimmte, dass er warm bereitete Solutionen abkühlen liess und nach dem in Lösung Bleibenden die Löslichkeit ermass. Solche Art der Untersuchung mag für manche andere Stoffe zulässig sein, für das Inulin ist sie völlig unbrauchbar, denn es giebt kaum eine Verbindung, welche in dieser Weise weniger übereinstimmende Resultate geben wird, weil kaum eine mit so bedeutender Neigung, sogenannt übersättigte Lösung zu geben und mit so geringer Neigung ausgestattet erscheint, die übersättigte in eine normale Solution umzuwandeln.

Inulinlösungen, durch Auspressen aus Pflanzen bereitet, werden, wenn sie gegen 8—10 % Inulin enthalten, sehr schnell einen beträchtlichen Theil desselben ausscheiden. Solutionen aber, in denen 2—3 % vorhanden sind, können Tage lang aufbewahrt werden, ohne dass sie Inulin absetzen. *Payen* will (1823) sogar aus einer 6-procentigen Lösung bei 15 ° innerhalb 50 Stunden keine Ausscheidung bemerkt haben.

*So schwer bei gewöhnlicher Temperatur das (feste) Inulin von Wasser aufgenommen wird, so leicht geht dasselbe bei erhöhter Temperatur mit diesem in Lösung.*

Diese Leichtlöslichkeit in warmem Wasser hat schon der Entdecker des Inulins erkannt. *Gaultier de Claubry* (a. a. O.) sagt ebenfalls, dass 1 Th. Wasser von 60 ° sein 4—5-faches Gewicht Inulin aufnehme, welches es beim Erkalten grösstentheils wieder abscheide. Er behauptet, was übrigens auch schon *Rose* wusste, dass die concentrirten Wassersolutionen (aber nicht 4:1 Wasser — D.) heiss filtrirt werden könnten und nicht gelatinirten. Ebenso fand er, dass das beim Erkalten abgeschiedene Inulin so viel Wasser einschliesse, dass es sich beim Erwärmen in ihm lösen könne. Diesen Angaben gegenüber existirt von *Braconnot* die Behauptung, dass 1 Th. Inulin in 4 Th. Wasser gelöst, beim Erkalten käseartige Masse bilde, die beim Umkehren des Gefässes kein Wasser ausgebe. Häutchen sah *Payen* beim Eindampfen einer Inulinlösung auftreten, wenn die Concentration von 1 Inulin zu 3 Wasser erreicht war. Jedenfalls ist schon aus den früher erwähnten Gründen eine genaue Bestimmung der Löslichkeit in warmem Wasser sehr schwierig, wenn nicht unmöglich. Den Temperaturgrad, bei welchem das Inulin für Wasser leicht löslich wird, suchten auch *Payen* und *Braconnot* (1823), sowie *Dubrunfaut* (1856) festzustellen. Erstere verlegen

ihn auf 65 °, letzterer auf 66 °. Alle drei haben sich um mindestens 10 ° geirrt. Es hat zuerst *Sachs* nachgewiesen, dass die Temperatur, bei welcher das Inulin leicht löslich wird, zwischen 50 ° und 55 ° zu suchen ist und auch ich fand, dass Inulin aus Cichorium wenig über 50 ° anfängt sich zu lösen, und dass die Verflüssigung mit Wasser bei 55 ° vollendet ist. Den Versuch habe ich in einem Kochfläschchen vorgenommen, welches in einem Wasserbade von 65 ° stand. Inulin aus Dahlia sah ich sich fast genau bei 55 ° bis 55°,5 lösen. Sehr schnell vollendete sich die Lösung bei 60 °.

Wie schon der Augenschein lehrt, *handelt es sich hier nicht um ein bei zunehmender Temperatur allmählig gesteigertes Lösungsvermögen des Wassers für Inulin, sondern das veränderte Verhalten des Wassers tritt bei der angegebenen Temperatur plötzlich ein.* Es ist kein Unterschied zu bemerken, zwischen der warm bereiteten concentrirten Inulinlösung und der aus Pflanzen ausgepressten. Alles was Oben über das Verhalten dieser gesagt worden, gilt auch für jene, nachdem man sie hat erkalten lassen. Auch diese wird, wenn sie etwa 4—5 % Inulin enthält, oft Tage lang stehen können, ohne einen Absatz zu bilden, welchen letzteren sie aber auf Zusatz von Alkohol giebt. Das so entstehende, sowie das aus concentrirteren Lösungen durch Abkühlung gebildete Sediment ist körnig.[1])

---

Auch um diese Erscheinungen zu erklären, hat man wieder zu der Hypothese der verschiedenen Wasserverbindungen des Inulins gegriffen. Wenigstens scheint *Schacht* (1863) an eine in Wasser lösliche wasserreiche Verbindung und eine schwerlösliche wasserärmere oder anhydrische Combination des Inulins gedacht zu haben, wenn er sagt, dass der Uebergang der löslichen in die unlösliche Form durch Wasserentziehung erfolge, weil Weingeist, Glycerin etc. sie herbeiführten. Früher hatte ich die Ansicht *Dubrunfaut*'s zu registriren, derzufolge das krystallisirte Inulin durch Wasseraufnahme aus dem amorphen hervorgehe, hier soll also wieder das lösliche Inulin durch Wasserabgabe zu krystal-

[1]) *Sachs* sagt, und man kann sich leicht von der Richtigkeit seiner Angaben überzeugen, dass Lösungen mit 3—4% selbst in Wochen kein Inulin absetzen. Nur wenn Wasser abdunste, bilde sich am Rande und auf dem Boden eine eisartig krystallinische Kruste aus dicht zusammengedrängten Sphaerokrystallen von 40—50 Mikrmllmtr. Durchmesser. Concentrirte Lösung liefert, falls sie nicht zu lange erhitzt war, den grösseren Theil des Inulins als schlammigen Niederschlag, dessen Körnchen nicht grösser als 1—2 Mikrmllmtr. sind. Ein Theil des Inulins bleibt in der Lösung, welche sich nun ähnlich der verdünnten verhält.

lisirtem werden. Damit wären denn schon drei verschiedene Wasserverbindungen des Inulins erzielt, eine wasserreiche lösliche, eine wasserärmere unlöslich krystallinische, eine an Wasser noch ärmere oder wasserfreie gummöse.

Man hat auch wohl gemeint, dass gewisse mit dem Inulin in Pflanzen vorkommende Stoffe seine Löslichkeit vermitteln. Dagegen aber spricht einmal das Verhalten des möglichst reinen Inulins in seinen heissbereiteten Solutionen. Ferner spricht dagegen, dass sich solche Bestandtheile des Zellsaftes, die das in ihm vorhandene Inulin in Lösung erhalten und — möglichst frisch ausgepresst — auch noch anderes Inulin in Lösung überführen könnten, nicht nachweisen lassen. Da alle inulinhaltigen Pflanzensäfte, welche ich darauf geprüft hatte, sauer reagiren, so war wohl namentlich die Frage nicht unberücksichtigt zu lassen, ob nicht diejenigen Stoffe, welche die Acidität bedingen, bei dem Gelöstsein des Inulins betheiligt sind. Wenn die ausgepressten Säfte oft schnell Inulin abgeben, so müsste, falls letztere Voraussetzung zulässig wäre, an eine Veränderung der sauer reagirenden Begleiter unter Einfluss von Luftbestandtheilen gedacht werden, der sich durch Abnahme der Acidität bemerkbar macht. Eine solche Verminderung ist aber nicht nachweisbar; auch nach der freiwilligen oder durch Alkohol erwirkten Abscheidung des Inulins bleibt der flüssige Theil des Saftes sauer. Im Herbste 1868 verlangten 50 CC. frisch gepressten Dahliensaftes zur Sättigung 14,5 CC. $^1/_{10000}$ Normalnatronlösung, und zwei Tage darauf nach freiwilliger Abscheidung des Inulins waren für 50 CC. der Flüssigkeit 14,8 CC. nöthig, während 50 CC. mit 150 Alkohol von 90 ° Tr. gemischten Dahliensaftes nach Abfiltriren des Inulins 14,4 CC. in Anspruch nahmen. Am 31. Mai (12. Juni) 1869 fand ich in der Dahlienwurzel, deren Inulingehalt ich früher unter B. a. angegeben habe, die Acidität ziemlich gleich gross. Auf 50 CC. Saft verbrauchte ich 12,4 CC. der $^1/_{10000}$ Natronlösung.

Trotzdem hat, wie schon Oben bemerkt, *Bouchardat* behauptet, dass die Ausscheidung des Inulins aus concentrirten Lösungen unter Einfluss der Luft geschehe, eine Ansicht, der wir beipflichten müssen. Es kommt nur darauf an, den Einfluss, welchen die Luft hierbei ausübt, in das rechte Licht zu stellen. Ich habe schon früher beiläufig darauf hingewiesen, dass die Neigung des Inulins, sogenannte übersättigte Lösungen zu geben, sehr ausgesprochen erscheint. Es ist bekannt, dass solche übersättigte Solutionen sich in Gefässen, in welchen sie nur mit (durch Baumwolle) filtrirter Luft in Berührung sind, auch bei gewöhnlicher Temperatur unverändert halten, dass aber oft eine kurze Berührung mit

unfiltrirter Luft, oder mit Krystallen der in der Lösung vorhandenen Substanz, ja mit Wasser und anderen Flüssigkeiten, endlich auch die blosse Erschütterung genügt, um unter Abscheidung gelöst gewesener Substanz und unter gleichzeitiger Wärmeentwickelung, die Lösung in den normalen Zustand zurückkehren zu sehen. Nun hat zuerst *Sachs* sich überzeugen können, dass wirklich die warmbereitete, ziemlich concentrirte Solution in filtrirter Luft aufbewahrt werden kann, ohne Inulin abzuscheiden, ja dass sie sogar in solchen Gefässen Wasser abdunsten, also noch concentrirter werden kann, ohne einen Absatz zu liefern. In einer 8—10-procentigen Lösung, die noch heiss mit Baumwolle verstopft wurde, fand er nach 9-tägigem Stehen in gewöhnlicher Temperatur kein, wohl aber nach 76 Tagen Inulin abgeschieden. Eine 4—5-procentige Solution, die er ähnlich aufbewahrte, war noch nach 76 Tagen klar geblieben und hatte erst nach weiteren 29 Tagen, nachdem ein Theil des Wassers allmälig abgedunstet war, begonnen, durchsichtige Krystalldrusen an der Oberfläche abzuscheiden. 3—4-procentige Solution wurde von ihm, über Schwefelsäure stehend, auf circa $^1/_6$ verdunstet. Es blieb eine klare Flüssigkeit, die am Rande 2—3 Mllm. breite klar krystallinische Schichten, Schollen aus traubig gedrängten, 1,0 bis 1,2 Mikrmllmtr. Durchmesser haltenden Sphaerokrystallen abgesetzt hatte. Ich habe ebenfalls 30 Grm. einer heiss bereiteten 10-procentigen Inulinlösung in einem mit Baumwolle geschlossenen Gefäss 14 Tage bei Zimmertemperatur stehen lassen, ohne den Beginn der Krystallisation zu beobachten. Als ich dann den Baumwollen - Verschluss löste und einen Theil der Flüssigkeit in einer Porzellanschaale im Zimmer stehen liess, hatte schon nach 24 Stunden die Krystallbildung begonnen. Auch der in der Flasche gebliebene Rest liess ähnliches beobachten. Nach weiteren 24 Stunden fanden sich am Rande der Gefässe bereits Krusten von 1 Mllm. Dicke. Das Inulin war während der 16 Tage, die der Versuch währte, nicht verändert. Der Rest der Lösung reagirte neutral und gab beim Zumischen von Alkohol die Sphaerokrystalle so schön, wie eine frisch bereitete Solution.

Auch die in den Pflanzen befindlichen Inulinlösungen sind, so lange der sie beherbergende Pflanzentheil unverletzt ist, gewissermaassen unter ähnlichen Verhältnissen. Wo sie überhaupt mit Luft in Berührung kommen, da ist diese filtrirt und dann scheiden sie nicht allein nichts aus, sondern sie lassen sich sogar, nachdem man den Pflanzentheil aus der Erde gehoben hat, stark concentriren, ohne dass Inulin aus der Lösung fiele. Dahlienknollen, deren Saft 7,5 % Inulin (als Zucker bestimmt) hatte, liess ich an der Luft liegen, bis sie stark geschrumpft waren. Als

sie dann zerrieben und gepresst wurden, lieferten sie einen Saft, von welchem 13,1555 Grm. 1,9480 Grm. Inulin, d. h. 14,8 % enthielten. Frische Schnitte dieser Knollen liessen kein ausgeschiedenes Inulin erkennen. 78 Grm. einer anderen Probe, deren Saft frisch 5,08% Inulin enthalten hatte, wurden vom 25. October (6. November) 1868 bis zum 4. (16.) Januar 1869 im geheizten Zimmer aufbewahrt und wogen nun 43 Grm. 11,963 Grm. frischgepressten Saftes gaben nun 0,9756 Grm. Inulin, d. h. 8,2 %. Auch hier war bei mikroskopischer Untersuchung eines frischen Schnittes kein körniges Inulin aufzufinden. Gegenüber diesen Resultaten ist es nun bekannt, wie schnell oft der Zellsaft das Inulin ausscheidet, sobald er, ausgepresst, mit der unfiltrirten Luft in Berührung kommt. Wenn also die Berührung von atmosphärischer Luft eine Abscheidung des Inulins bewerkstelligt, *so ist die Ursache nicht in der Luft als solcher zu suchen, sondern in den festen Formbestandtheilen — Trümmern unorganischer und organischer Subsantz, Keimen niederer organischer Wesen, — welche für gewöhnlich in ihr vorkommen.* Wenn der Saft beim Frieren der Knollen Inulinkörnchen ausscheidet, so kann das nicht gegen meine Annahme zeugen, denn die Lösung kommt hier innerhalb der Zelle mit gefrorenem Wasser in Berührung, welches, ähnlich wie andere feste Stoffe, das Auskrystallisiren veranlassen dürfte. Die genannten Luftgemengtheile sind eben nur *eine* der Ursachen, welche die Abscheidung veranlassen. Uebrigens wird beim Ausfrieren von Georginenknollen auch nur ein verhältnissmässig kleiner Theil des Inulins krystallinisch, der grössere Theil desselben bleibt amorph (siehe früher). Wenn man die gefrorene Masse wieder aufthauen lässt, so löst sich dabei das amorphe Inulin wieder und etwas Aehnliches scheint während des Winters bei den hier ausdauernden Compositen (Taraxacum, Topinambur etc.) vorzukommen. Wenn weiter auch der in einem Pflanzentheil eindringende Alkohol oder Glycerin die Krystallisation des Inulins bewirkt, so geschieht das auch, falls diese Flüssigkeiten mit heissbereiteten und in filtrirter Luft aufbewahrten Inulinlösungen zusammenkommen. Ausgekochtes und wieder erkaltetes Wasser dagegen bringt in solchen Inulinlösungen keine Abscheidung hervor, während das gewöhnliche Wasser an unfiltrirter Luft die Abscheidung des Inulins aus Dahliensaft schnell einleitet. Diesen Schluss ziehe ich aus folgenden Experimenten:

20 CC. einer 15-procentigen Inulinlösung wurden eine Zeit lang im mit Baumwolle verstopften Kochfläschchen im Kochen erhalten, dann bei Zimmerluft in demselben Gefässe erkaltet. Durch den verschliessenden Baumwollenbausch ging ein zweimal rechtwinklich gebogenes Glasrohr,

welches in ein zweites resp. mit Wasser, oder Alkohol, oder Glycerin gefülltes Kochfläschchen luftdicht und so eingesetzt war, dass es nahe an den Boden dieses letzteren reichte. Auch der Inhalt dieses Fläschchens war eine Zeit lang im Kochen erhalten (Glycerin nur über 100 ° erwärmt) und mit dem des ersten erkaltet. Eine zweite Röhre, welche luftdicht in den Kork des letztbezeichneten Fläschchens eingeführt war, communicirte mit einer Glaskugel, deren Luft gleichfalls zuvor einer Temperatur von 120 ° ausgesetzt und dann auf Zimmerwärme gebracht war. Selbstverständlich bedurfte es, als die Inulinlösung 48 Stunden sich selbst überlassen war, nur geringer Erwärmung dieser Kugel, um durch die sich ausdehnende Luft einen Druck auf die Flüssigkeit des zweiten Fläschchens auszuüben, dem folgend ein Theil dieser Flüssigkeit zu der Inulinlösung übertrat. Ich liess gegen 10 CC. Wasser übertreten, so dass eine annähernd 10 % Inulin enthaltende Lösung resultirte, die nun wieder 24 Stunden sich selbst überlassen blieb, ohne dass Abscheidung eingetreten wäre. Als ich 10 CC. Alkohol resp. ebensoviel Glycerin übertreten liess, fand Abscheidung statt.

Es hat seine Schwierigkeit, darzuthun, dass bei der Umwandlung der von mir angenommenen übersättigten Inulinlösungen zu normalen und der dabei erfolgenden Abscheidung krystallisirten Inulins Wärme frei wird. Für gewöhnlich erfolgt die Rückkehr der Lösung in den normalen Zustand nicht momentan, sondern nur sehr langsam und es vertheilt sich die Abgabe latenter Wärme auf einen längeren Zeitraum. 25 CC. 20-procentiger warmbereiteter Inulinlösung liess ich in filtrirter Luft erkalten, bis sie die Temperatur der umgebenden Luft (18°,7) angenommen hatte. Es wurde nun der Baumwollenbausch fortgenommen, ein gleiches Quantum destillirten Wassers von derselben Temperatur, in welchem sich einige Inulinkugeln suspendirt befanden, wurde schnell zugemischt. Die Temperatur des Gemisches blieb innerhalb der ersten Stunde, während welcher ich sie beobachtete, constant auf 18°,7. Die Abscheidung des Inulins begann erst später und geschah sehr allmählig. Dagegen wird, wenn man durch Zusatz von Alkohol zu concentrirter Lösung eine schnelle Abscheidung bewirkt, wie das zu erwarten steht, Wärmeentwickelung über das Quantum, welches aus dem Zusammenmischen des Alkohols und Wassers resultirt, beobachtet. 25 CC. gleichstarker Inulinlösung wurden, nachdem sie unter ähnlichen Umständen auf 18°,5 abgekühlt waren, mit dem zweifachen Quantum absoluten Alkohols von genau derselben Temperatur gemengt. Während die Temperatur der umgebenden Luft genau 18°,5 blieb, war die des Gemisches in 35 Secunden auf 24°,0 gestiegen, während sich das Inulin

zum Theil abgeschieden hatte. In diesem Zeitabschnitte war das Maximum der Erwärmung eingetreten. 25 CC. destillirtes Wasser und 50 CC. gleichstarken Alkohols von derselben Temperatur hatten, in derselben Zeit und in demselben Raume zusammengemischt, ebenfalls in 35 Secunden eine Temperatur-Zunahme erfahren von 18°,5 auf 23°,4. Bei einem zweiten gleich angestellten Versuche stieg die Temperatur im Inulin-Alkoholgemische von 18°,6 auf 24°,2 (in 42 Secunden), im Wasser-Alkoholgemische in derselben Zeit von 18°,6 auf 23°,7.

Wie ich glaube, kann es nach dem Mitgetheilten nicht bezweifelt werden, dass die in Pflanzen vorkommenden, so wie die heiss bereiteten und wieder erkalteten concentrirten Inulinlösungen sich ähnlich den sogenannten übersättigten Solutionen verhalten und dass die Annahme, auch in ihnen lägen uns übersättigte Solutionen des Inulins vor, eine gewisse Berechtigung hat. Wenn man beobachtet, dass minder concentrirte, aber immer noch übersättigte Inulinlösungen sehr lange auch in unfiltrirter Luft stehen können, bevor sie zu normalen sich umwandeln, so bietet das wohl keinen ernstlichen Einwand dar, denn auch bei anderen derartigen Solutionen (verschiedene Zuckerarten etc.) kommt Aehnliches vor. Wie denn auch für den von *Dubrunfaut* und *Sachs* beobachteten Umstand, dass concentrirtere Inulinlösungen beim Stehen zwar Inulin abscheiden, aber immer noch 4—5% davon gelöst behalten, Analoga sich auffinden liessen.

Uebrigens sind unsere Kenntnisse dessen, was wir Lösung, wie dessen, was wir speciell übersättigte Lösung nennen, so unvollkommen, dass in der von mir gemachten Annahme durchaus keine Erklärung, sondern nur eine Umschreibung liegt.

*Bouchardat*, *Wiggers*[1]) und *Sachs* glauben in diesen concentrirten Solutionen eine zweite Modification des Inulins annehmen zu dürfen, die sich zu dem gewöhnlichen, schwerlöslichen, krystalloidischen Inulin verhält, wie die leichtlöslichen Formen der Kieselerde, des Eisenoxydes, der Thonerde, Molybdänsäure, Wolframsäure etc. zu den schwerlöslichen. Auch diesen Autoren kann man vollkommen Recht geben. Nur auf einen verschiedenen Wassergehalt die Ungleichheit der einzelnen Inulinformen zurückführen zu wollen, dafür scheint mir vorläufig keine Veranlassung gegeben zu sein. Die eben genannten Beispiele habe ich mit Absicht gewählt, denn bei Allen ist die leichtlösliche Modification als ein Colloid, die schwerlösliche als ein Krystalloid zu bezeichnen. Wir kommen hiermit zugleich zu dem Punkt zurück, von welchem wir bei

[1]) Jahresberichte f. Pharm. Alte Folge. B. 14. p. 146. (1843).

diesen ganzen Erörterungen ausgegangen sind. Ich habe gezeigt, dass festes amorphes Inulin im Wasser leichter löslich ist, als krystallisirtes. *Sollte nun nicht die übersättigte Lösung* **so lange** *übersättigt bleiben, als sie colloidales Inulin enthält und überhaupt übersättigt erscheinen,* **weil** *ihr Inulin als colloidales vorliegt.* Leider beweist der obenbeschriebene Mischungsversuch mit Alkohol nur, dass Wärme frei wird, wenn Inulin aus einer Lösung krystallisirt, woran a priori nicht zu zweifeln war. Dass, wie ich glaube, Umwandlung amorphen in krystallinisches Inulin mit Wärmeentwickelung verbunden ist, wird sich erst beweisen lassen, wenn genaue Untersuchungen über die latente und specifische Wärme der verschiedenen Inulinformen angestellt sein werden.

---

Ich möchte aber noch auf eine andere Eigenthümlichkeit dieser übersättigten Inulinlösungen aufmerksam machen, welche uns zu der Ansicht berechtigt, dass das in ihnen vorhandene Inulin wirklich in einer *colloidalen Form* vorliege, dass es nicht als krystalloidisches Inulin gelöst sei. Bedenkt man, dass allen Anzeichen nach das Inulin für diese Pflanzen die Bedeutung eines Reservestoffes besitzt, so wird man eine Prüfung seines *diosmotischen Verhaltens* für nicht unwichtig halten. Ich habe folgende Versuche zur Lösung dieser Frage unternommen:

a. 50 CC. einer Inulinlösung mit 2,432 Grm. nicht völlig reinen Inulins aus Cichorien (mit 1,12 % Aschenbestandtheilen) wurden bei 14 ° bis 15 ° 24 Stunden der Diffusion durch Pergamentpapier in 100 CC. Wasser überlassen. Der ganze Apparat, der auch zu den folgenden Experimenten diente, war bedeckt, so dass innerhalb der angegebenen Zeit sein Gewicht constant (auf 334 Grm.) blieb. Die Pergamentfläche war kreisrund, ihr Durchmesser betrug 9 Ctmtr. Nach 24-stündiger Diffusion, während welcher sich wenig körniges Inulin auf dem Dialysator ausgeschieden hatte, betrug das Volum der äusseren Flüssigkeit 95 CC., dass der inneren 53 CC., der Rest haftete an den Wandungen des Glases und am Pergamentpapier. Die äussere Flüssigkeit hinterliess nach dem Verdunsten 0,6860 Grm. Rückstand mit 0,0210 Grm. Aschenbestandtheilen[1]), die innere gab 1,6732 Grm.; letztere wurden wieder in 50 CC. heissem Wasser gelöst und unter gleichen Bedingungen 24 Stunden lang in 100 CC. destillirten Wassers diffundirt. 98 CC. äussere Flüssigkeit lieferten nun 0,2988 Grm. Rückstand. Nach weiterer 24-stündiger Diffusion derselben Lösung in 100 CC. Wasser waren

[1]) Demnach war sogleich eine beträchtliche Menge der Verunreinigungen (Phosphate etc.) in das Diffusat übergewandert.

an diese 0,2128 Grm. abgegeben und nach weiterer Diffusion an neue 100 CC. Wasser 0,2448 Grm. Beim Verdunsten der inneren Flüssigkeit blieben 0,9086 Grm. mit einer sehr geringen Menge von Aschenbestandtheilen. Sehen wir von der ersten Diffusion ab, die offenbar ein beträchtliches Quantum fremder Stoffe in das Diffusat überführte, so waren demnach 1,6732 Grm. Inulin allmählig mit einer Wassermenge in Berührung gekommen, welche das sechsfache vom Volum des zu ihrer Lösung benutzten ausmachte und es waren im Ganzen 0,7564 Grm. in das Diffusat gewandert.

b. 9,1 Grm. desselben Inulins wurden in 75 CC. warmen Wassers gelöst und nach dem Erkalten in 150 CC. destillirten Wassers unter ähnlichen Verhältnissen diffundirt. Die innere Flüssigkeit schied innerhalb 24 Stunden reichlich Inulinkörnchen ab, von der äusseren waren 30 CC. in den Dialysator übergewandert, trotzdem bei Beginn des Versuches nach Möglichkeit dafür gesorgt war, dass das Niveau des inneren und äusseren Fluidums gleich hoch sei. Die 120 CC. des ersten Diffusates lieferten 0,6367 Grm. Rückstand, und zwar wiederum mit ziemlich viel verunreinigenden Stoffen (0,031 Grm. Aschenbestandtheile). Die zweite 24-stündige Diffusion mit 100 CC. äusserer Flüssigkeit lieferte in das Diffusat (93 CC.) 0,3268 Grm. Inulin, die dritte Diffusion (93 CC.) 0,2339 Grm. Die innere Flüssigkeit hatte nun noch (als Zucker bestimmt) 7,7586 Grm. Inulin, zum grössten Theile unlöslich ausgeschieden.

c. 3,62 Grm. Inulin, in 40 CC. Wasser gelöst, wurden in ähnlicher Weise diffundirt, in allen Diffusaten wurde das Inulin als Zucker bestimmt. Die innere Flüssigkeit schied so gut wie kein Inulin in Körnchen aus.

1. Diffusat = 108 CC, enthält 0,4500 Grm. Inulin,
2. „ = 103 „ „ 0,2628 „ „
3. „ = 100 „ „ 0,2417 „ „
4. „ = 100 „ „ 0,2656 „ „

In der inneren Flüssigkeit bleiben 2,3489 Grm. Inulin.

d. 2 Grm. sehr reines Inulin wurden in 115 CC. Wasser gelöst und in je 150 CC. Wasser diffundirt.

1. Diffusat von 24 Stunden = 126 CC. enthielt 0,1633 Grm. Inulin,
2. „ „ 48 „ = 121 „ „ 0,1994 „ „
3. „ „ 72 „ = 150 „ „ 0,2072 „ „

Der Rückstand auf dem Dialysator hatte nun noch 1,3056 Grm. Inulin gelöst, neben welchem sich aber wieder etwas Schleim abgeschieden hatte, der in sehr verdünnter Schwefelsäure nicht gelöst wurde. Inulin

war nicht auskrystallisirt. Alle Bestimmungen wurden nach Ueberführung in Zucker mittelst der *Fehling*'schen Methode ausgeführt.

e. 50 Grm. frischgepressten filtrirten Georginensaftes wurden in je 100 CC. Wasser diffundirt. Eine Probe desselben Saftes hatte, daneben-stehend, schon in den ersten 24 Stunden Inulin abgeschieden und auch auf dem Dialysator hatte eine solche Abscheidung stattgefunden.

1. Diff. von 24 Std. = 86 CC.[1]) hinterliess 1,5694 Grm. Rückstand,
2. „ „ 24 „ = 98 „ „ 0,4306 „ „ (0,290 Inulin)
3. „ „ 24 „ = 94 „ „ 0,2759 „ „ } fast reines
4. „ „ 48 „ = 94 „ „ 0,2338 „ „ } Inulin.

Auf dem Dialysator fanden sich noch 3,08 Grm. Inulin.

Man darf wohl aus diesen Experimenten folgende Schlüsse ziehen:

1) dass in warmbereiteten Solutionen und in Pflanzensäften mit 2 bis 12 % Inulin dasselbe sich den colloidalen Körpern ähnlich verhält und

2) dass aus solchen Lösungen, die während der Diffusion Inulin ausscheiden, bei gewöhnlicher Temperatur in das Diffusat nur annähernd soviel überwandert, wie vom reinen Wasser körniges Inulin aufgenommen werden kann (durchschnittlich 0,25 %), aus verdünnteren Lösungen sogar noch weniger (d.). Oder mit anderen Worten. *das Diffusat übersättigter Inulinlösungen enthält nach 24 bis 72 Stunden höchstens so viel Inulin, wie dasselbe Wasserquantum zu normaler Lösung aufnehmen kann.*

3) dass bei concentrirteren Lösungen schon innerhalb der ersten 24 Stunden das letztbezeichnete Quantum von Inulin in das Diffusat eingeht, bei ca. 2-procentiger etwas weniger und dass bei länger fortgesetzter Diffusion in dasselbe Wasser die Abgabe des Inulins nicht proportional der Zeit zunimmt.

Ob man überhaupt nicht annehmen dürfte, dass dasjenige Inulin, welches in das Diffusat übergeführt wird, erst nach seiner Umwandlung zu *krystallinischem* Inulin in dieses gelangt, mag hier unbeantwortet bleiben.

---

Fast könnte es überflüssig erscheinen, noch darüber Erörterungen anzustellen, *ob das in Lösungen vorhandene colloidale Inulin identisch*

[1]) Wenn man sieht, dass auch bei möglichst sorgfältigem Vermeiden einer Niveauverschiedenheit innerhalb und ausserhalb des Dialysators dennoch ein Eindringen äusserer Flüssigkeit in denselben stattfindet, *dann wenn hier das Inulin auskrystallisirt*, so, glaube ich, hat man das doch nur als eine Wirkung der Capillarität aufzufassen.

*ist mit dem nach Verdunsten dieser Solutionen hinterbleibenden gummiartigen*, oder ob wir berechtigt sind, neben der leichtlöslichen colloidalen Form noch eine schwerlösliche gummöse Form desselben anzunehmen. Für das nach Verdunsten der heissbereiteten wässrigen Inulinlösung hinterbleibende Inulin, mag es in der Kälte oder bei Siedetemperatur isolirt sein, habe ich gezeigt, dass es im ersten Augenblicke in Wasser leicht löslich ist. Es bleibt übrig, von dem in Pflanzentheilen nach dem Austrocknen derselben vorliegenden Inulin zu sprechen. Lässt man inulinhaltige Pflanzentheile trocknen und später wieder in kaltem Wasser erweichen, so kann man mit dem aufgenommenen Wasser auch gar nicht unbedeutende Mengen gelösten Inulins auspressen. Schon bei Besprechung der Darstellungsmethoden habe ich darauf hingewiesen, dass Cichorienwurzel (die vor dem Trocknen durch Längs- und Querschnitte zu etwa zolllangen Stücken gespalten war) bei einer Maceration mit kaltem Wasser so viel Inulin abgab, dass eine Lösung mit etwa 1 % entstand. Hier war das Austrocknen der Wurzel bei erhöhter Temperatur (im Backofen) ausgeführt. Eine Georginenknolle, die am 25. October (6. November) 1868 78 Grm. wog, habe ich bis zum 3. (15.) Januar 1869 im Zimmer liegen lassen, wobei ihr Gewicht auf 34 Grm. vermindert war. Sie wurde darauf wieder in Wasser gelegt, nach 2 Tagen, nachdem sie ihren ursprünglichen Umfang wieder gewonnen hatte, zerrieben. 11,763 Grm. des Saftes ergaben, mit Weingeist gefällt und als Zucker titrirt, einen Gehalt von 1,0756 Grm., d. h. 9,1 % Inulin. Eine dritte Georginenknolle von 63 Grm. liess ich (November und December 1868) etwa 8 Wochen über Schwefelsäure im Vacuum liegen. Der Rückstand von 10,6 Grm., der zwar noch nicht absolut alle Feuchtigkeit abgegeben hatte, lieferte, als er nach 2-tägigem Aufweichen mit Wasser zerrieben und gepresst wurde, so concentrirte Inulinlösung, dass diese bald gestand. Daneben konnte man allerdings in einem Schnitt dieser Knolle einige Inulinkügelchen auffinden. In einer kleineren an der Luft getrockneten gelang das nicht.[1]) Es hat also in ersterem Falle etwas Aehnliches stattgefunden, wie bei dem von

---

[1]) Uebrigens muss man sich bei diesen Versuchen vor Täuschungen hüten, die dadurch entstehen können, dass man in dem etwa mit Wasser befeuchteten Schnitt mit Hülfe des Wassers selbst die Umlagerung des amorphen zu krystallisirtem Inulin ausführt. In einer Knolle, welche am 25. October (6. November) 1868, — 22 Grm. gewogen hatte und nach dem Aufbewahren im Zimmer am 4. (16.) März nur noch 4,13 Grm. wog, liessen sich keine Krystalle erkennen, als ein Schnitt derselben in Oel gelegt und mikroskopisch untersucht wurde.

*Sachs* angestellten Versuche sehr concentrirte Inulinlösung in filtrirter Luft aufzubewahren.

*Ich bin demnach der Ansicht, dass zwei verschiedene Modificationen des Inulins, eine krystallinisch-schwerlösliche und eine amorph-leichtlösliche existiren, dass letztere durchweg in Pflanzen vorkommt, und aus der krystallinischen durch Erwärmen mit Wasser bei Temperaturen über 50°—55° hervorgeht, selbst aber durch Zumischen von Wasser, Alkohol, Glycerin, durch Berührung mit Staub (Pilzkeimen?), Eis etc. wieder in die erstere zurückverwandelt wird. Aber ich bin auch der Meinung, dass es genügt, diese beiden Modificationen anzunehmen, um alle bisher für Inulin ermittelten Erscheinungen unterzubringen.*

---

Ueber die *Löslichkeit des Inulins in Alkohol* finden wir in der Literatur wenig genaue Angaben. *V. Rose* und *Funke* beschreiben das Inulin als unlöslich in Alkohol. *Payen* sagt (1823), absoluter Alkohol löse kein Inulin, fälle aber das in Wasser gelöste, welches sich dann wieder in viel Wasser lösen könne. *Berzelius* fand, dass kochender Alkohol (wie stark?) das Inulin in geringer Menge löse, kalter nicht. *Schacht* nennt das Inulin gradeswegs unlöslich in Alkohol. Nach meiner Erfahrung ist es nicht als absolut unlöslich zu bezeichnen. In Weingeist löst es sich um so leichter, je wasserreicher er ist, und je höher die Temperatur und je länger der Zeitraum, in welcher derselbe einwirkt. Als ich Weingeist von 0,794 sp. Gewicht (fast absolut) mit überschüssigem Inulin etwa 3 Minuten lang kochte, erhielt ich eine Lösung, von welcher 9,6492 Grm. 0,0015 Grm. Rückstand (0,015 %) lieferten. Weingeist von 0,8308 sp. Gew. (ca. 90 % Tr.) gab nach etwa 2 Minuten andauernden Kochens 9,3127 Grm. Lösung, die auch in 8 Tagen kein Sediment bildete und die verdunstet 0,0080 Grm. (= 0,086 %) Residuum gab. Weingeist von 0,8480 sp. Gew. (ca. 85 % Tr.) verhielt sich unter gleichen Bedingungen ähnlich. 12,2274 Grm. der siedend heiss filtrirten Flüssigkeit schieden beim Stehen bei 22° in 48 Stunden kein Inulin ab und gaben, verdunstet, 0,0107 Grm. Rückstand (0,087 %). Weingeist von 0,8892 sp. Gew. (ca. 70 % Tr.) schied nach 6 Minuten andauernden Kochens aus 12,4561 Grm. bei 48-stündigem Stehen bei 15° 0,0206 Grm. krystallinisch ab (0,76 %). Der Rest der Flüssigkeit = 12,4355 Grm. lieferte 0,0545 Grm. Verdunstungsrückstand (0,4387 %). 13,3681 Grm. einer Lösung in siedendem Weingeist von 0,9120 sp. Gew. (ca. 60 % Tr.) schieden bei 48-stündigem Stehen bei 15° 0,0259 Grm.

Krystalle (0,19 %) aus und in den 13,8422 Grm. Filtrat fanden sich gelöst 0,0700 Grm. (0,51 %). 8,4905 Grm. einer Lösung in Weingeist von 0,9375 sp. Gew. (48 %) enthielten nach 5 Minuten langem Kochen 0,707 Grm. (8,3 %), von denen sich bei 3-tägigem Stehen bei 22° 0,2475 Grm. ausschieden (2,9 %). Der Rest von 8,2430 behielt bei dieser Temperatur 0,3817 Grm. gelöst (5,5 %). Man kann eine Reinigung des Inulins durch Lösen in verdünntem, kochendem Weingeist und Erkaltenlassen ausführen. Weingeist von 0,9540 sp. Gew. (ca. 38 % Tr.) hatte beim Kochen so viel aufgenommen, dass die erkaltete und 48 Stunden aufbewahrte Masse umgekehrt werden konnte, ohne dass Weingeist ausgeflossen wäre. Auch diese Resultate, wenigstens so weit sie mit verdünnterem Weingeist erlangt wurden, können nicht zugleich als Ausdruck der Löslichkeit in gewöhnlicher Temperatur gelten, denn auch hier ist eine Neigung, übersättigte Lösungen zu bilden, wahrscheinlich, oder auch hier geht das Inulin als amorphes in Lösung, wird nur sehr langsam vollständig in die schwerlösliche krystalloidische Modification umgewandelt und in dieser abgeschieden. Weit eher sind dazu folgende Experimente geeignet:

Ich macerirte Inulin je 8 Tage hindurch bei 15°—17° mit Alkohol von verschiedener Stärke. Beim Verdunsten der filtrirten Lösungen erhielt ich dann folgende Resultate: 10,7819 Grm. Lösung in Alkohol von 0,8034 sp. Gew. (98 % Tr.) hinterliessen 0,0025 Grm. (= 0,023 %). 11,7658 Grm. Lösung in Weingeist von 0,8397 sp. Gew. (83 % Tr.) hinterliessen 0,0040 Grm. (0,035 %). 14,2270 Grm. einer Lösung in Weingeist von 0,9335 sp. Gew. (50 % Tr.) gaben 0,0091 Grm. (= 0,063 %) Inulin. Das zu diesen Versuchen benutzte Material war durch mehrmalige Alkoholfällung gereinigt, mit Weingeist von der Stärke des anzuwendenden ausgewaschen und wurde ungetrocknet angewendet.

---

*Die Fällbarkeit des Inulins aus wässriger Solution* war schon *V. Rose* und den meisten Autoren bekannt. Wie man bei der Darstellung des Inulins von ihr Gebrauch gemacht hat, ist schon früher erwähnt worden. Ich will hier nur bemerken, dass auch *Thenard* (a. a. O.) sie kannte und dass *Schacht* über sie Folgendes sagt: 1 Vol. verdünnte Lösung mit 2—3 Vol. Weingeist überschichtet, setzt an der Berührungsfläche bald dicken Schlamm ab, nach einigen Tagen ist krystallinisches Inulin am Boden abgelagert. Ueber die Fällbarkeit innerhalb der Pflanzenzelle erwähnt er, dass frische Schnitte der Dahlia variabilis, Helianthus tuberosus, Inula Helenium, wenn man sie mit 90-procentigem

Alkohol behandelt, weiss und knorpelig wurden und bei starker Vergrösserung in den Paremchyzellen ein körnchenartiges Pulver, mitunter — nach 5—10 Minutem langem Liegen — grössere Kugeln zeigen, welche sich in kaltem Wasser wieder klären. Ansehnlichere Krystalle erhält man nach ihm und *Sachs*,[1]) wenn man grössere Wurzelstücke in Weingeist aufbewahrt (etwa einen Tag), dann wieder in Wasser bringt und endlich den Schnitt anfertigt. — Ich habe schon Oben darauf aufmerksam gemacht, dass man auf Zusatz von wenig Weingeist von etwa 85 % Tr. zu wässrigen Lösungen wenigstens nicht sogleich eine Abscheidung von Inulin zu gewärtigen hat, wahrscheinlich weil zunächst dasselbe noch in der colloidalen Form verbleibt. Man ist dadurch in den Stand gesetzt, das Inulin von einer Anzahl fremder Stoffe (Albuminate, Schleim, Salze etc.) zu trennen. Da man für quantitative Bestimmungen des Inulins vortheilhaft die Fällbarkeit desselben aus Wasserlösungen durch Alkohol und ähnliche Flüssigkeiten verwerthen kann, so will ich hier einige Versuche vorführen, welche ein Urtheil darüber gewähren, wie weit und wie vollständig die Abscheidung auf solchem Wege erreicht werden kann.

a. Es wurden 3,75 Grm. Inulin (aus Cichorien) in 25 CC. warmem Wasser gelöst und so viel Weingeist von 98% Tr. zugesetzt, dass 100 CC. des Gemisches erhalten wurden, welches demnach etwa einem Weingeist von 72 % Tr. entsprach. Nach 48-stündigem Stehen bei Zimmer-Temperatur wurde das Sediment abfiltrirt. 50 CC. des Filtrates hinterliessen 0,052 Grm. Rückstand, die 100 CC. desselben hatten demnach 0,104 Grm. gelöst.

b. Von demselben Inulin wurden 2 Grm. in 20 CC. heissem Wasser gelöst, die Lösung auf 10 CC. verdunstet und diese mit 50 CC. absoluten Alkohols gemengt. Nach 48 Stunden filtrirt, lieferte die Flüssigkeit 1,982 Grm. abgeschiedenes Inulin und nur 0,018 Grm. blieben in Lösung (0,03 %).

c. Von demselben Inulin wurden 5,3051 Grm., nachdem sie nacheinander mit Wasser und Weingeist macerirt worden, in 250 CC. Wasser gelöst. 50 CC. der filtrirten Lösung hinterliessen, verdunstet, 1,0083 Grm. Rückstand mit nur 0,0063 Aschenbestandtheilen. Andere 100 CC. der Lösung wurden mit 200 CC. Weingeist von 83,5 % Tr. gemengt, so dass ein Gemisch mit etwa 55 % Tr. entstand. Nach 48-stündigem Stehen bei ca. 18 ° wurde das abgeschiedene Inulin abfiltrirt. Seine Menge betrug 1,6379 Grm. In den 300 CC. Flüssigkeit waren gelöst

[1]) Lehrbuch d. Botanik. — Leipzig. Engelmann 1868. p. 63.

geblieben (berechnet) 0,3787 Grm., d. h. in 100 CC. 0,1262 Grm. — Andere 100 CC. der Inulinlösung wurden mit 400 CC. Weingeist von derselben Concentration gemischt und ähnlich behandelt. Das Gewicht des Niederschlages betrug 1,6813 Grm.; im Filtrate wurden nach dem Verdunsten gefunden 0,3145 Grm. (anstatt der berechneten 0,3353 Grm.) mit 0,007 Grm. Asche. 100 CC. dieses Gemisches, welches etwa einem Weingeist von 66 % Tr. entspricht, hatten demnach aufgenommen 0,0629 Grm. — Von dem eben gefällten Inulin wurden wiederum 1,4846 Grm. in 75 CC. warmen Wassers gelöst und mit 375 CC. Weingeist von 88 % Tr. gefällt. Der Niederschlag wog 1,0809 Grm., in der Flüssigkeit fanden sich (anstatt der berechneten 0,3937 Grm.) gelöst 0,4083 Grm. In 100 CC. dieses Gemisches, welches annähernd einem Weingeist von 72,5 % Tr. entspricht, waren also gelöst geblieben 0,06805 Grm. Inulin.

d. Cc. 5 Grm. Dahlienknollen wurden zerrieben und der Brei sogleich in 70 CC. siedendes Wasser gebracht, aufgekocht, filtrirt, das Filtrat auf 100 CC. gebracht. 50 CC. dieses Fluidums wurden mit 150 CC. Alkohol von 88% gemengt und gaben nach 48 Stunden 0,1435 Grm. Niederschlag. Die anderen 50 CC. lieferten mit 250 CC. gleich starken Weingeistes 0,1273 Grm. Präcipitat. Die wässrigen Lösungen hatten eine Temperatur von etwa 40 °, als sie in den Weingeist gebracht wurden und der Niederschlag fing erst nach einigen Stunden an sich zu bilden. Das Filtrat von ersterer Fällung lieferte, verdunstet, 0,7463 Grm. festen Rückstandes, dessen Inulingehalt (als Zucker titrirt) 0,221 Grm. betrug (0,1105 %), demnach wären im zweiten Filtrate 0,2372 Grm. gewesen (0,0791 %).

Es geht hieraus hervor, dass auch die Fällung des Inulins aus wässriger Lösung durch Alkohol nicht vollkommen erreicht werden kann, dass das alkoholische Gemisch mehr gelöst behält, als diejenige Menge, die Weingeist derselben Concentration bei kalter Maceration lösen würde. Die Menge, welche so in der weingeistigen Flüssigkeit zurückgehalten wird, ist so bedeutend, dass sie bei der Analyse berücksichtigt werden muss. Wenn auch, angesichts der schon früher besprochenen Eigenschaften des Inulins, kaum erwartet werden kann, dass aus zwei Gemischen von gleichem Weingeistgehalt in gleichen Zeiträumen sich immer absolut dieselbe Menge Inulin abscheiden und dass in ihnen stets dasselbe Quantum Inulin gelöst bleiben wird, so wird man sich nach meiner Ansicht doch nicht zu sehr von der Wahrheit entfernen, *falls man für je 100 CC. eines Gemisches aus 1 Vol. Inulinlösung und 3 Vol. Weingeist von 88 % bis 90 % Tr. (nicht für den Waschspiritus)*

*nach 48-stündigem Stehen 0,1 Grm. Inulin als gelöst geblieben in Rechnung bringt.*

Besser als die Weingeistfällung dürfte sich häufig bei quantitativen Bestimmungen diejenige *mit einem Gemisch von 4 Vol. 88% Alkohol und 1 Vol. Aether* benutzen lassen. Aus 60 CC. einer Lösung desselben Inulins, wie er in den sub b. erwähnten Versuchen benutzt worden war, wurden durch 120 CC. des Aetheralkoholgemenges 1,6156 Grm. Inulin präcipitirt und die 180 CC. abfiltrirter Flüssigkeit behielten gelöst 0,0750 Grm. Es waren also in 100 CC. derselben 0,0417 Grm.

Auch *Holzgeist* wird in manchen Fällen den Alkohol ersetzen können. 10 CC. einer etwa 5-procentigen Lösung von Inulin (aus Dahlia) gaben mit 25 CC. Holzgeist nach 48 Stunden 0,4658 Grm. Niederschlag. Im Filtrate waren 0,0153 Grm. Darnach würden in 100 CC. eines Gemisches von 2,5 Holzgeist und 1 Vol. wässriger Flüssigkeit 0,0437 Grm. Inulin gelöst bleiben. Der durch Holzgeist gewonnene Niederschlag ist meistens ziemlich compact und lässt sich dann sehr gut und schnell abfiltriren und auswaschen.

*Schacht* beschreibt das Inulin als in *Aether* unlöslich, nachdem schon *Funke* diese Unlöslichkeit behauptet hatte. *Funke* erklärt es auch für unlöslich in *Oelen*. Ebenso wird die Unlöslichkeit des Inulins in *Glycerin* angenommen. Dass *Inulin aus wässriger Lösung durch Glycerin gefällt werde*, haben *Schacht* und *Sachs* beobachtet und wenn früher schon *Hartig* es auf Zusatz von Jodglycerin fallen sah, so handelte es sich hier, wie schon gesagt, jedenfalls auch nur um eine Wirkung des Glycerins. *Schacht* und *Sachs* stimmen darin überein, dass das durch Glycerin abgeschiedene Inulin in gut ausgebildeten Sphaerokrystallen von bedeutenden Dimensionen vorkommt. Ich kann dies für die Inulinkugeln, welche durch Einlegen von Pflanzenschnitten in Glycerin entstanden sind, bestätigen.

Von den durch Umlagerung des amorphen Inulins sich bildenden *Körnchen*, sagt *Dubrunfaut* (1856), wie schon früher bemerkt, dass sie *optisch unwirksam* wären. Es handelt sich hier aber um Massen von sehr geringer Ausdehnung, bei denen die Beobachtung jedenfalls äusserst schwierig ist. Ich habe bei Anwendung einer etwa 600-maligen Ver-

grösserung keine Wirkung auf polarisirtes Licht beobachtet. Von dem *amorphen Inulin*, dessen Klumpen man in getrockneten Pflanzentheilen begegnet, behauptet *Mohl*, dass sie (befeuchtet) stark auf das polarisirte Licht wirken, was aber möglicherweise von blos mechanischer Spannung herrühren möge. Ich stimme in letzterer Ansicht mit ihm überein und ich glaube, die Ursache in der Neigung dieses Inulins suchen zu dürfen, sich mit Wasser in krystallinisches umzulagern. Die deutlich ausgebildeten *Sphaerokrystalle*, die sich freiwillig oder durch Weingeist-Zusatz bilden, lassen, wie *Sachs* zuerst beschrieben hat, *im polarisirten Lichte betrachtet, ein schwarzes orthogonales Kreuz und 4 durch Interferenzfarben erhellte Quadranten erkennen.*

---

Dass die wässrigen Solutionen des Inulins *Circularpolarisation nach links* besitzen, haben, wie erwähnt, *Biot* und *Persoz* gesehen. *Bouchardat* giebt den Drehungswinkel $[\alpha]\ r = -26^0,16$ an, ohne Angaben über den Wassergehalt seines Präparates zu machen. Die neuesten Untersuchungen hat *Dubrunfaut* (1856) publicirt. Er fand $[\alpha]\ j = -38^0,43$ und $[\alpha]\ r = -29^0,46$ für sein Inulin mit $1\,1/2\ H^2\mathbf{O}$, ferner $[\alpha]\ j = -44^0,9$ und $[x]\ r = -34^0,42$ für das wasserfreie. Ich habe mich überzeugt, dass auch in Lösungen in verdünntem Weingeist die Drehung nach Links beobachtet wird. In einem Gemisch von gleichen Raumtheilen Dahliensaft mit 7,5 % Inulin und Weingeist von 88 % Tr. beobachtete ich nach dem Filtriren bei 100 Ctmtr. Länge im *Wild*schen Polaristrobometer (Sonnenlicht) eine Ablenkung von $-2^0,19$. Leider war die mit gleichem Vol. Wasser versetzte Probe desselben Saftes nicht so klar, dass eine Einstellung möglich gewesen. Es hat überhaupt seine Schwierigkeit, die Lösung des Inulins so klar zu bekommen, dass genaue Ablesungen möglich wären. In einer Wasserlösung des Inulins, welche 5.2 % wasserfreie Substanz enthielt, habe ich bei 20 ° C. und 100 Mmtr. Länge des Rohres $1^0,79$ Ablenkung wahrgenommen (Natronlicht), woraus also für die genannte Temperatur eine Drehkraft $[\alpha]\ j = -34^0,42$ berechnet werden könnte.[1]) Mit der-

[1]) Es wurden in jedem Quadranten je 6 Ablesungen gemacht. Die Drehung betrug als Mittel aus diesen von

| leer | | voll | | |
|---|---|---|---|---|
| $79^0,36$ | — | $77^0,57$ | Differenz | $= 1^0,79$ |
| $169^0,51$ | — | $167^0,59$ | » | $= 1^0,92$ |
| $259^0,36$ | — | $257^0,55$ | » | $= 1^0,81$ |
| $349^0,39$ | — | $347^0,74$ | » | $= 1^0,65$ |

Mittel hieraus $1^0,79$

selben Inulinlösung wurde unter im Uebrigen gleichen Bedingungen, nur dass die Rohrlänge 50 Mmtr. betrug, 0°,885 bestimmt, woraus sich $[\alpha]\,j = -34°,04$ berechnet.[1]) Hätte, was nicht ganz unwahrscheinlich ist, *Bouchardat* seine Bestimmung mit wasserfreiem Inulin unternommen, so würde sie besser mit der meinigen stimmen, als diejenige *Dubrunfaut's*, denn $[\alpha]\,r = -26°,16$ ist $[\alpha]\,j = -34°,1$.

*Dubrunfaut* hat (1856) gesehen, *dass wässrige Solutionen des Inulins beim Aufbewahren ihr Rotationsvermögen nicht verändern.* Leider sind die Lösungen, in denen ich krystallisirtes Inulin annehme, von so geringem Gehalt, dass wir mit unseren Hilfsmitteln ihre Drehkraft nicht ermitteln können, es muss deshalb die Frage, ob die beiden verschiedenen Modificationen des Inulins, die wir annehmen, verschiedene specifische Drehkraft besitzen, unerledigt bleiben.

---

Das *specifische Gewicht* des Inulins hat schon 1823 Payen zu bestimmen gesucht. Er fand dasselbe = 1,356, giebt aber nicht an, ob er, was wahrscheinlich ist, wasserhaltiges angewendet hat. *Dubrunfaut* fand (1856) für das wasserfreie Inulin 1,462, für das mit $1\frac{1}{2}\,H^2\mathbf{O}$. 1,361. Ich fand für das wasserfreie beim Bestimmen im Picnometer 1,470.

---

Bei 20° C. und 762,3 Bar. fand ich das *specifische Gewicht wässriger Inulinlösungen* folgendermaassen:

| | | |
|---|---|---|
| 10% | Inulin | = 1,03967, |
| 5% | „ | = 1,01991, |
| 2,5% | „ | = 1,01014, |
| 2% | „ | = 1,00811, |
| 1% | „ | = 1,00408. |

---

Ueber das *Verhalten des Inulins in der Wärme* liegen Mittheilungen von *V. Rose* vor, die *Gaultier de Claubry* reproducirt, ferner von *Bra-*

---

[1]) Auch hier in jedem Quadranten 6 Ablesungen, deren Mittel

| leer | | voll | | |
|---|---|---|---|---|
| 79°,36 | — | 78°,76 | Differenz | = 0°,60 |
| 169°,51 | — | 168°,43 | » | = 1°,07 |
| 259°,36 | — | 258°,36 | » | = 1°,00 |
| 349°,39 | — | 348°,52 | » | = 0°,87 |
| | | | Mittel daraus | 0°,885 |

*cannot*, *Payen*, *Waltl*, *Berzelius*, *Dubrunfaut* und *Sachs*. Von diesen Forschern behaupten *Rose*, *Gaultier de Claubry*, *Dubrunfaut* und *Sachs*, dass das Inulin bei hoher Temperatur (wie *Dubrunfaut* sagt bei 180 °) sich bräune, später (nach *Dubrunfaut* bei 190 °) schmelze und dann unter Entwicklung caramelart. Dämpfe und unter Zurücklassung geringer Mengen Asche verbrenne. *Braconnot* will durch Erhitzen (wie hoch?) des aus Helianthus tuberosus dargestellten Dahlins eine in Wasser leicht lösliche Substanz erhalten haben. *Waltl* behauptet, dass das über den Kochpunkt des Wassers erwärmte Inulin schmelze und sich zu Pyroinulin umwandle. Letzteres sei pechartig, süsslich, in kaltem Wasser leicht löslich; es entstehe auch bei Einwirkung kalter concentrirter Schwefel- und Salpetersäure und unter Bräunung. Es sind das Angaben, welche z. B. auch von *Limpricht* reproducirt wurden.[1]) *Berzelius* lässt das Inulin sich durch längeres Erwärmen auf 100 ° zerlegen und einen durch Alkohol ausziehbaren braungefärbten Stoff neben einem in Alkohol unlöslichen entstehen, welcher letzterer von Wasser in jedem Verhältniss aufgenommen wird. Endlich sagt *Payen* (1840), dass das Inulin bei 168° ohne Farbenveränderung schmelze und in eine isomere Modification übergehe, die in kaltem Wasser, selbst in Weingeist löslich sei. Für die auf 170° erwärmte Substanz giebt er die Zusammensetzung zu 44,19 **C.**; 6,17 **H.** und 49,70 **O.** an, d. h. er erklärt sie für isomer mit dem Inulin. Dass sie ebenfalls linksdrehend sei, behauptet *Dubrunfaut*.

In diesen Angaben finde ich manches Irrige. Zunächst muss ich behaupten, dass das *reine* trockene Inulin stundenlang auf 100° erwärmt werden kann, ohne dass es sich verändert. Trockenes reines Inulin sah ich ferner bei 165° schmelzen zu gummiartiger Masse, aus welcher ich aber weder durch Weingeist, Zucker noch durch kaltes Wasser eine dem Dextrin ähnliche Substanz gewinnen konnte. Selbst als ich etwa eine Stunde lang auf 170° erwärmt hatte, war das Resultat ein gleiches. Es wäre mir auch das Entstehen von Zucker nicht erklärlich, einmal weil ohne tiefgehenden Eingriff in die Constitution das zum Entstehen des Zuckers nöthige Wasser nicht herbeigeschafft werden könnte, ferner aber, weil die Zuckerarten, auf die hier Rücksicht zu nehmen ist, schon bei obwaltender Temperatur Wasser abgeben. Ich finde keinen Unterschied zwischen dem bei 165° geschmolzenen Inulin und jenen durch Eindam-

---

[1]) «Grundriss der org. Chemie.» Braunschweig. Schwetschke 1855. pag. 645. Im «Lehrbuch d. org. Chemie» desselben Verf. Braunschweig. Schwetschke 1862 pag. 589 sind sie durch die andere ersetzt, dass bei 190° das Inulin «in eine süsslich schmeckende, leicht lösliche Substanz (Pyro-Inulin) umgewandelt» werde.

pfen der wässrigen Solution erhaltenen hornartigen Massen, von welchen schon früher die Rede war. Auch das mit Wasser etwas angefeuchtete Inulin, schnell auf eine Temperatur zwischen 160° und 170° gebracht, geht nicht leicht in Substanzen über, welche von kaltem Wasser gelöst werden, dagegen findet bei diesem, wenn man etwas über 170° erhitzt, der Uebergang zu caramelartiger Masse leichter statt als beim trockenen Inulin. Trotzdem sind jene Angaben *Waltl's* und *Berzelius'* nicht absolut unrichtig, denn was beim trockenen Inulin nicht oder doch sehr schwierig gelingt, das kann man bei den wässrigen Lösungen dieses Stoffes leicht erreichen. Bereits 1823 hat *Payen* darauf aufmerksam gemacht, dass *das Inulin durch häufige Behandlung mit warmem Wasser verändert werde*, indem eine leichter lösliche Masse, aus deren Solution Baryt häutige Niederschläge fälle, aus ihm hervorgehe[1]). Weitere Mittheilungen über das Zersetzungsproduct hat er nicht gemacht. *Mulder* nimmt an, dass hier sehr leicht *Zucker* entstehe; er sagt «Naarmate inuline anveijelijker in kondwater oplosbaar is, naar de mate is zij zuiverder, vrijer van niet krystalliseerbare suiker. Eene herhaalde oplossing in heet water vergroot het gehalte van dere laatste.» Sein Schüler *Crookwitt* vervollständigt diese Angaben dahin, dass beim Kochen mit Wasser Inulin rasch (d. h. in 15 Stunden) zu Zucker werde, giebt aber das Quantum Inulins, welches zu seinem Versuche diente, nicht an. Wenn *Dubrunfaut* glaubt, diese Angabe insofern berichtigen zu dürfen, als es sehr lange Zeit in Anspruch nehme um bei 100° eine Umwandlung vollständig zu machen, so zweifle ich doch nicht daran, dass *Crookwitt* kleine Mengen von Inulin in der von ihm genannten Zeit bequem hat zu Zucker umwandeln können. Es ist nicht gleichgültig, ob man nur gerade auf eine Temperatur nahe 100° bringt oder ob man die Flüssigkeit sieden lässt. Als ich 1,1163 Grm. möglichst reines Inulin mit der 100fachen Menge Wasser ohne zu kochen auf 100° erhielt, liess sich nach Ablauf der ersten 2 Stunden nicht einmal der Beginn einer Umwandlung zu Zucker darthun. Als ich andere 0,9902 Grm. desselben Inulins mit dem 100fachen Quantum Wasser 4 Tage zwischen 90 und 100° digerirt hatte, war ebenfalls eine Zuckerbildung noch nicht bemerkbar, dagegen fand ich nach einstündigem Sieden von 1,03 Grm. desselben Inulins in derselben Verdünnung zwar noch das meiste Inulin un-

[1]) Annal. de chim. et de phys. T. 26. p. 98. — In der Mittheilung *Payen's* im Bullet. de pharm. v. 1823, die ich nicht im Original einsehen konnte, scheint durch einen Druckfehler die Angabe gelangt zu sein, dass die durch warmes Wasser entstandene Substanz in Wasser *schwerer* löslich sei, als gewöhnliches Inulin. Gegen diese polemisirt *Braconnot* (a. a. O. p. 358.)

verändert, doch auch schon eine nachweisbare Menge von Zucker gebildet. Die Resultate werden dazu dienen können, Bedenken, die von einzelnen Seiten in Betreff der Anwendung erhöhter Temperatur bei Darstellung des Inulins ausgesprochen wurden, auf das rechte Maass zurückzuführen. Auch *Sachs* macht über die durch Kochen mit Wasser bewirkte Metamorphose des Inulins zu Zucker Mittheilung.

*Ungleich leichter vollendet sich nach meiner Erfahrung der Uebergang des gelösten Inulins zu Zucker bei Zuhülfenahme verstärkten Druckes.* Von 1,0800 Grm. nicht ganz reinen Inulins, welche ich mit 20 CC. Wasser 8 Stunden hindurch in zugeschmolzener Glasröhre bei 100° erhitzt hatte, waren nach dieser Zeit schon 0,172 Grm. in Zucker umgewandelt. Bei einem zweiten Versuche war in 40 Stunden 1 Grm. reines Inulin mit der 20fachen Menge Wasser völlig zu Zucker umgesetzt. Ich habe diesen Versuch mehrmals wiederholt *und halte den angezeigten Weg für sehr empfehlenswerth, um reinen Fruchtzucker herzustellen.* Nach dem Oeffnen der Röhre wird man am besten sogleich zur Consistenz eines Syrups eindampfen, mit 4—5 Vol. absoluten Alkohols mengen, 24—48 Stunden stehen lassen, filtriren, das Filtrat durch Destillation vom Weingeist befreien, den Rückstand aber, den man wieder mit etwas destillirtem Wasser verdünnt, mit Kohle entfärbt hat, im Wasserbade und endlich über Schwefelsäure austrocknen.

Ueber den so und durch Einwirkung von Säuren entstehenden Zucker, sagt *Dubrunfaut*, dass er gleich süss mit dem Rohrzucker, dass er wie das Inulin *linksdrehend* sei und dass in ihm das Rotationsvermögen des Inulins um $^5/_2$ gestiegen sei (frisch bereitete Fruchtzuckerlösung hat bei 15° $[\alpha]\, j = -106°$). Die entstehende Zuckermenge lasse auf directe Aufnahme von 1 $H^2\,\mathbf{O}$ schliessen. Dass es sich hier wirklich um *Fruchtzucker* handelt, lässt sich ferner aus der Unkrystallinität des Productes, seiner Leichtlöslichkeit in Alkohol, seiner grossen Neigung mit Kalk körnige schwerlösliche Verbindung einzugehen, seiner Fähigkeit *Fehling*'s Solution schon in der Kälte zu reduciren und daraus, dass es direct und leicht durch Hefe in alkoholische Gährung versetzt werden kann, folgern.

Ich habe mit Zucker, den ich aus Inulin nach der oben erwähnten Methode dargestellt hatte, folgende Bestimmungen mit dem Polaristrobometer ausgeführt.

1) Lösung mit 2,632% Zucker ($C^6H^{12}O^6$) bei 22° C., 200 Mmtr. Länge und Tageslicht gab (Mittel aus 6 Ablesungen) 7°,36 nach Links, also $[\alpha]\,\omega = -139°\,8$ oder $[\alpha]\, j = 130°,7$.

2) Lösung von 9,5% bei 21° C., 200 Mmtr. und Tageslicht untersucht (Mittel aus 12 Ablesungen) — 18°,01, also 94°,8. Dieselbe nochmals mit Kohle in der Wärme behandelt und bei Natronlicht geprüft (durch Titriren wurde wiederum die Concentration geprüft und zu 9,4% gefunden) gab — 15°,72, also $[\alpha]\ \omega = -88°,9$.

3) Lösung von 12,5% bei gelbem Lichte, 22° C. und 200 Mmtr. Länge = — 20°,72 (Mittel aus 6 Ablösungen), also $[\alpha]\ j = -82°,9$.

Wenn die Bestimmungen in 2 und 3 die Drehkraft weit geringer erscheinen lassen, als sie von *Dubrunfaut* ermittelt wurde, so ist hier daran zu erinnern, dass, wie letzterer behauptet, beim Erwärmen das Drehvermögen des Fruchtzuckers abnimmt und dass die hier benutzten Lösungen, bevor sie in den Apparat gebracht wurden, einige Zeit mit Kohle bei c. 60° digerirt waren. Die Lösung, welche in 1, angewendet worden, habe ich aus eingedickten Zucker, nachdem er einige Tage über Schwefelsäure gestanden hatte, mit kaltem Wasser hergestellt. In gleicher Weise bereitete ich aus möglichst reinem Material eine 4. Lösung mit 2,73%, die bei 22°,8 C., Tageslicht und 100 Mmtr. Dicke wiederum 3°,82 Ablenkung zeigte d. h. $[\alpha]\ \omega = -139°,9$ (Mittel aus 5 Einstellungen). Nun hat aber *Dubrunfaut* gezeigt, dass die Molecularrotation der Levulose bei erhöhter Temperatur abnimmt. Bei 52° C. beträgt nach ihm die Molecularrotation nur $[\alpha]\ j = -79°,5$, bei 90° C. $[\alpha]\ j = -53°$. Vorausgesetzt, dass die Abnahme des Rotationsverhältnisses zwischen 15° und 52° gleichmässig erfolge, würde dieselbe für jeden Grad C. = 0°,71 betragen. Rechnet man dann ferner das Resultat meiner Beobachtung mit farblosem Licht auf gelbes Natronlicht über, so ergiebt sich für diese Bestimmung für + 15° C. $[\alpha]\ j = -136°,36$ und für die Bestimmung in 1, $[\alpha]\ j = -135°,61$.

Mehrmaliges Abdampfen und Wiederlösen des Zuckers ändert das Drehvermögen nach Links nicht.

Auch insofern hat *Berzelius* Recht, als bei jener Behandlung von Inulin in der Wärme, d. h. bei Gegenwart von Wasser und in zugeschmolzenen Glasröhren, *neben dem in Alkohol löslichem Zucker eine zweite im starken Alkohol schwerlösliche Substanz entstehen kann.* Die obenerwähnten 1,08 Grm. Inulin, welche ich 8 Stunden lang in der zugeschmolzenen Röhre erhitzt hatte, lieferten, als ich die resultirende Lösung mit 3 Vol. Alkohol von 88% mengte einen Niederschlag, welcher nach dem Trocknen 0,6800 Grm. wog. *Derselbe war theilweise schon in kaltem Wasser löslich zu etwas schleimiger Solution.* Das im Wasser Unlösliche erweist sich als unveränderliches Inulin. Das im Wasser lösliche bestand noch aus zwei Stoffen, deren erstere ein Zersetzungspro-

duct des Inulins ist und sich durch sehr verdünnte Säuren zu Zucker eben so leicht oder noch leichter umwandeln lässt, sich überhaupt auch durch grössere Löslichkeit vom Inulin unterscheidet. Der zweite Stoff bedingt die schleimige Beschaffenheit der Lösung. Durch sie, durch seine grössere Widerstandsfähigkeit gegen sehr verdünnte Schwefelsäuremischungen (1 : 1000), endlich durch die, ich möchte sagen, fast gallertartige Beschaffenheit seines Alkoholniederschlages unterscheidet er sich vom gewöhnlichen Inulin. Mit letzterem theilt er übrigens die Fällbarkeit durch 2—3 Vol. Weingeist von 85% — 92%. Er wird auch, abweichend vom Inulin, durch neutrales und basisches Bleiacetat gelatinös gefällt, desgleichen durch Quecksilberoxyd- und -oxydulnitrat, Silbernitrat (allmählig), Eisenchlorid und Kupfervitriol (allmählig). Endlich gleicht er dem Inulin darin, dass er durch Barytwasser präcipitirt wird, dass er die Fällung von Kupferoxydhydrat nicht hindert und *Fehling*sche Lösung in der Kälte nicht reducirt. In der Wärme ist er indifferent gegen letzteres Reagens. In verdünnter Solution sah ich durch Tanninlösung keinen Niederschlag entstehen. Beim Eindampfen seiner wässrigen Lösung bildet er Häute. Er ist linksdrehend, doch vermochte ich wegen der meist trüben Beschaffenheit seiner Lösungen den Drehungswinkel nicht genau festzustellen. Eine mit Kohle möglichst gereinigte Lösung, welche etwa 0,3% dieses Stoffes enthielt, gab bei Anwendung von Tageslicht in 100 Mmtr. dicker Schicht 0°,48 — 0°,50 Ablenkung nach Links. Bei Anwendung concentrirterer Lösung (schon von 0,6%) war die Ablesung nicht mehr ausführbar. Dieser Stoff ist kein Zersetzungsproduct des Inulins, sondern macht eine Verunreinigung des ohne Bleifällung bereiteten Präparates aus, wovon man sich leicht durch Gegenversuche mit einem Inulin überzeugen kann, welches man nach der Methode *Wosskressensky*'s bereitet hat. Es handelt sich hier um den das Inulin so häufig begleitenden Körper, welchen ich schon früher als *Synantherinschleim* erwähnt habe und für dessen Unterscheidung von Inulin ich hier auf das abweichende Verhalten in der zugeschmolzenen Glasröhre aufmerksam mache.

Als das Filtrat von den eben beschriebenen 0,68 Grm. Weingeist-Niederschlag bis auf etwa 5 Grm. verdunstet und dieser Rückstand mit 20 CC. absolutem Alkohol gemengt wurde, schieden sich fast momentan noch weitere 0,240 Grm. eines Niederschlages ab, *der sehr schnell harzig zusammenballt und so fest an den Wandungen des Glases haftet, dass er nur schwer abzulösen ist. In kaltem Wasser ist dieses Präcipitat leicht löslich zu nicht schleimiger Solution.* Versetzt man eine solche Lösung mit weniger starkem Weingeist, so findet anfangs keine

Fällung statt, nur allmählig bildet sich dann ein Präcipitat, das aber in so fern wieder mit dem Inulin übereinstimmt, als es die Sphaerokrystalle noch deutlicher und grösser ausgebildet zeigt, wie der in derselben Zeit gefällte Inulinniederschlag. Diese Substanz ist ebenso wie die vorherbeschriebene geschmacklos, sie reducirt anfangs beim Kochen die *Fehling*'sche Lösung nicht, aber meist zeigt sich schon nach 1—2 minutenlangem Kochen der Beginn der Reduction. Beim Verdunsten seiner wässrigen Lösung hinterbleibt dieser Stoff als gummöser, stark hygroskopischer Rückstand. Bei der Fällung desselben mit starkem Alkohol wird leicht Zucker mit in den Niederschlag geführt, den man durch mehrmaliges Wiederlösen und Fällen fortschaffen muss. Warmes Wasser, namentlich aber Kochen mit Wasser lassen das neue Product sehr leicht in Zucker übergehen. Auch dieser Umstand erschwert seine Reindarstellung bedeutend. Kurze Einwirkung auf sehr verdünnte Säuren wandelt schnell in Zucker um, welcher ebenso wie der durch Kochen mit Wasser entstandene links drehend ist. Das Verhalten des gereinigten Stoffes gegen Reagentien ist folgendes: Neutrales und basisches Bleiacetat, Quecksilberchlorid, Aluminium-, Chromid-, Ferrid-, Uranyl- und Zinksulfat fällen nicht. Eisen- und Kupfervitriol geben sehr geringe Trübung, Silber- und Hydrargyrosonitrat trüben und werden schnell reducirt. Gold- und Platinchlorid sowie Palladiumnitrat werden schwach getrübt und innerhalb 24 Stunden etwas reducirt. Barytwasser liefert Niederschlag. Tannin giebt erst nach etwa 24 Stunden geringen Niederschlag.

Bei einem anderen Versuche habe ich 1,75 einer ziemlich reinen Sorte Inulins (durch Fällung mittelst Holzgeist gereinigt) in Arbeit genommen, von welcher 0,7929 Grm. mit Schwefelsäure erwärmt und dann titrirt das 0,7876 Grm. Inulin entsprechende Zuckerquantum lieferten. Sie wurden mit 25 CC. Wasser 19 Stunden lang in der zugeschmolzenen Glasröhre bei 100° erwärmt. Als ich dann wieder 3 Raumtheile Weingeist von 88% Tr. zumischte, konnte ich selbst nach 2tägigem Stehen nur unwägbare Mengen einer braunen flockigen Verunreinigung fällen. Das Filtrat wurde auf 6,5 CC. verdunstet und diesen 18 CC. absoluten Alkohols zugesetzt, die nicht sogleich einen Niederschlag hervorbrachten. Wohl aber trat dieser ein als weitere 24 CC. desselben hinzugefügt wurden. Zwar waren auch hier schon im Filtrate 0,5714 Grm. Zucker = 0,5143 Grm. Inulin, aber ein beträchtliches Quantum wurde doch noch gefällt. Das sich Ausscheidende wurde wieder in Wasser gelöst, die Lösung verdunstet. Der Rückstand wog 1,1784 Grm., nach kurzer Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure lieferte er 1,3274

Grm. Zucker (75 CC. Lösung. 20 CC. Fehl. Flüssigkeit verbrauchten resp. 5,65 CC.; 5,68 CC. und 5,62 CC). Daraus berechnet sich 1,1947 Grm. Inulin oder ihm isomere Substanz. Dass der neuentstandene Körper aber wirklich mit dem Inulin isomer oder polymer ist, dafür bietet die Elementaranalyse des genügend gereinigten Productes einer dritten Darstellung die Bestätigung.

0,4770 Grm. bei 130° getrocknete Substanz lieferten, mit Kupferoxyd und Sauerstoff verbrannt, 0,7564 Grm. Kohlensäure = 43,25% **C** und 0,2711 Grm. Wasser = 6,32% H.

Seinem optischen Verhalten nach kann dieser Stoff als *indifferent* bezeichnet werden, wenn ich hie und da bei Präparaten geringe Drehung nach Links wahrnahm, so glaubte ich diese auf Verunreinigung mit Levulose beziehen zu dürfen, deren Gegenwart um so leichter zu erklären ist, als beim blossen Erwärmen und Eindampfen wässriger Levulinlösungen im Wasserbade Fruchtzucker entsteht und letzterer auch leicht mitgefällt wird, wenn zu sehr concentrirter wässriger Solution beider Stoffe absoluter Alkohol gesetzt wird. Ebenso könnte geringer Rückhalt an Inulin die Rotation nach Links bedingen.

*Ich habe die Ueberzeugung gewonnen, dass der hier vorliegende Stoff identisch ist mit jenem von Ville et Joulie, sowie von Dubrunfaut in der Topinambur zuerst aufgefundenen Masse, welche erstere Autoren* **Levulin** *nennen.* Wenn mir auch der für sie vorgeschlagene Name wegen des optischen Verhaltens nicht recht gefällt, so will ich ihn doch vorläufig beibehalten, weil ich es nicht liebe, die Verwirrung, welche schon augenblicklich in den Benennungen einzelner Reihen von organischen Verbindungen herrscht, vermehren zu helfen. Man muss sich damit trösten, dass, wenn der Stoff auch nicht optisch wirksam ist, er doch in die wirksame Levulose umgewandelt werden kann.

Es ist hiernach nicht zu bezweifeln, dass *zwischen dem Inulin und Zucker noch eine Zwischenstufe existirt*, analog wie bei der Metamorphose des Amylums zu Traubenzucker das erstere erst zu Dextrin übergehen muss und dann erst zu Traubenzucker wird. Der von mir beschriebene Erhitzungsversuch in zugeschmolzenen Glasröhren gewährt hiefür die nöthigen Stützpunkte. Wie ich vermuthe, ist auch jene Masse, welche *Payen* durch Erhitzung mit Wasser bei 170° erhielt und von der er nur sagt, dass sie in Körnchen auskrystallisirte, Levulin gewesen.

Aber die mitgetheilten Versuche lassen noch eine weitere Analogie in den Metamorphosenreihen des Inulins und Amylums erwarten. Ich habe auf jenen bei kürzerem Erwärmen auftretenden Stoff aufmerksam gemacht, welcher durch verdünnten Alkohol neben unzersetztem Inulin

gefällt wird und etwas leichter als das Inulin beim Erwärmen Fehling-sche Solution reducirt. Bei dem zweiten Versuche, bei welchem die Wärme länger eingewirkt hatte, war er nicht, aber auch kein unzersetztes Inulin mehr nachweisbar. Ich darf nicht hoffen, dass mir dieses Zersetzungsproduct des Inulins schon rein vorgelegen hat. Der einzige Weg, auf welchem ich eine Darstellung bisher versucht habe, ist der, dass ich möglichst reines Inulin im Autoclaven mit 5—6 Theilen Wasser etwa 10 Stunden bei 100° erwärmte, dann mit 3 Vol. Weingeist von 85% Tr. fällte, das Praecipitat aber, nachdem es hinreichend durch Weingeist von 50% ausgesüsst war, mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur extrahirte. Ich bin nicht sicher, ob nicht in dieser Lösung auch amorphes Inulin vorhanden war. Das Verhalten solcher Solution ist im Ganzen demjenigen der Inulinlösungen ähnlich, nur dass die Fehling-sche Solution etwas leichter reducirt wird, dass Hydrargyrosonitrat damit eine geringe Trübung liefert und in 24 Stunden eine geringe Reduction erfährt und dass auch Silber- und Palladiumnitrat sowie Goldchlorid durch sie in 24 Stunden etwas reducirt werden. Wir dürfen wohl vorläufig diesen Stoff, den wir *Metinulin* nennen wollen, mit dem Amidulin oder Amylogen in Parallele stellen, dieser bei Verwandlung des Stärkmehls durch Diastase oder verdünnte Säuren zuerst auftretenden Substanz, welche mit Wasser nicht mehr Kleister bildet, mit Jod sich aber noch tief bläut. Es entspräche dann

dem Amylum das Inulin,
dem Amidulin das Metinulin,
dem Dextrin das Levulin,
dem Traubenzucker der Fruchtzucker.

Wie ich der Ueberzeugung bin, dass das Amidulin keinen stationairen Punkt zwischen dem Amylum und Dextrin bezeichnet, sondern dass dieser Name uns nur für eine ganze Reihe, allmählig eines in das andere übergehender Producte dient, so möchte ich Gleiches auch vom Metinulin annehmen. Ich bekenne mich ferner als Gegner jener Ansicht, welche das Amylum (Amidulin) sich bei der Einwirkung von Säuren sofort in je ein Atom Dextrin und Traubenzucker spalten lässt. Nach meiner Ueberzeugung muss, bevor aus dem Amidulin Traubenzucker wird, alles Material der Metamorphose zu Dextrin unterlegen sein. Von der letzteren kann dann aber, weil der Uebergang sich nicht momentan in der ganzen in Arbeit genommenen Masse vollzieht, bereits ein Quantum zu Zucker geworden sein, wo ein anderer Theil sich eben erst zu Dextrin umwandelte und ein dritter noch als Amidulin in Lösung vorliegt oder als Amylum Kleister bildet. Dass bei der Umsetzung des

Inulins zu Fruchtzucker ein ähnlicher Vorgang obwaltet, dass das Metinulin zuerst vollständig zu Levulin und erst dieses zu Zucker wird, dafür liefert der zuletzt mitgetheilte Versuch den Beleg. Ich halte es für reinen Zufall, dass die hier gefundene Zuckermenge zu der des Levulin sich fast genau wie 1 : 2 verhält. Bei dem ersten Versuche kamen auf 0,24 Grm. Levulin 0,172 Grm. Zucker. Bei einem dritten Versuche erhielt ich aus einer nicht gewogenen Menge Inulin nach 18stündiger Einwirkung 0,5625 Grm. Inulin und Metinulin, 1,3235 Grm. Levulin und 1,2727 Grm. Zucker. Bei einem vierten Versuche gaben 15 Grm. mit der dreifachen Wassermenge 60 Stunden erwärmt nur etwa 0,2 Grm. Metinulin, etwas Synantherenschleim und 0,3 Grm. Levulin. Der ganze Rest war in Zucker umgesetzt.

Was die Zeitdauer anbetrifft, in welcher Inulin völlig zu Zucker werden kann, so gewähren für sie die von mir angestellten Versuche ziemlich genügenden Maassstab. Bei Anwendung der 3- besser 4—5fachen Wassermenge genügen 60—70 Stunden um etwa 10—15 Grm. Inulin in Zucker umzuwandeln. Bei noch mehr Wasser vollendet sich die Umsetzung noch schneller, dieselbe wird aber, wenn weniger Wasser zugesetzt wird, verlangsamt.

Die oben entwickelte Anschauungsweise scheint mir richtiger zu sein als diejenige *Mulder*'s, welcher Inulin und Dextrin in Parallele bringt und meint, dass in vielen Pflanzen das Inulin Uebergangsstoff vom Amylum zum Zucker, vielleicht auch von Cellulose zu Zucker sei. *Mulder* hat für seine Ansicht keinerlei Beweismittel geliefert.

---

In den früheren Abschnitten dieser Arbeit ist bereits davon die Rede gewesen, *dass auch während des Lebens der Pflanzen ihr Inulin Zersetzungen unterliegen kann, die es ebenfalls in Zucker umwandeln.* Es war gewiss die Frage nicht überflüssig, ob wohl hier der Uebergang direct oder durch die Zwischenformen des Metinulins und Levulins stattfinde. Wir werden die inulinhaltenden Wurzeln im Frühjahre zu untersuchen haben, wenn wir diese Frage lösen wollen. Da habe ich nun schon für die Topinambur auf *Dubrunfaut*'s Arbeit hinweisen müssen, der zufolge sie im Frühjahre Rohrzucker und eine Substanz geben sollen, welche er ebenfalls für einen Zucker ohne Rotationsvermögen zu halten scheint und auf die mit demselben Material angestellten Experimente *Ville* et *Joulic*'s. Diese Autoren nennen, wie gesagt, den Bestandtheil Levulin. Schon ehe ich beide Arbeiten kannte, hatte ich für eine Anzahl von inulinhaltigen Pflanzentheilen den Beweis gewonnen, dass sie in der

That ein solches Mittelglied führen und zwar namentlich zur Frühjahrszeit. Ich habe später dann auch mit den Topinambur Resultate gewonnen, welche *Ville* et *Joulie*'s Mittheilungen und theilweise auch diejenigen *Dubrunfaut*'s bestätigen. Die von mir in der Rubrik «Vorkommen des Inulins» angestellten Analysen gestatten einen ungefähren Ueberblick über die quantitativen Verhältnisse, welche in verschiedenen Entwicklungsstadien in Betreff des Inulins, Levulins und Zuckers beobachtet worden. Ueberall wo ich dort von dem Mittelgliede spreche, meine ich das Levulin, denn das Metinulin habe ich aus Pflanzen nicht isoliren können. Mit Material, welches ich aus den Topinambur, der Dahlia, der Taraxacum, der Enula und der Bardana dargestellt habe, habe ich die Ueberzeugung gewonnen, dass alle die hier beobachteten Mittelglieder zwischen Inulin und Zucker unter sich und mit dem durch blosses Erwärmen des Inulins mit Wasser bereiteten Stoffe übereinstimmen. Das Verhalten gegen Alkohol ist bei allen dasselbe, ebenso fand ich meistens die optische Indifferenz[1]) wieder und auch das obengeschilderte Verhalten gegen Fehlingsche Solution. Wenn *Dubrunfaut* den von ihm aus Topinambur dargestellten, inactiven Zucker die Fehlingsche Solution reduciren lässt, so widerspricht das meinen und den Erfahrungen *Ville* et *Joulie*'s scheinbar. Doch erklärt sich diese Differenz leicht, wenn man bedenkt, wie gern das Levulin schon beim Erwärmen mit Wasser zu Fruchtzucker wird. Ich sah die möglichst gereinigte Substanz beim 24-stündigen Stehen bei Zimmertemperatur alkalische Kupferlösung nicht reduciren, während schon ein minutenlanges Kochen mit derselben genügte, die Reduction zu bewerkstelligen. Was das Gährungsvermögen anbetrifft, so sah ich wohl nach Zumischen von Hefe Reaction eintreten, aber erst allmählig und minder schnell verlaufend als beim Fruchtzucker. Ich bin der Ueberzeugung, nur der Antheil des Levulins, welcher bei den vorgenommenen Manipulationen oder während des Stehens mit

[1]) Wenn ich in einzelnen Fällen, auch bei dem aus Pflanzen gewonnenen Material glaubte, geringe Rotation nach links zu beobachten, so war die Ursache derselben doch auch wohl hier meistens in geringen Mengen beigemengten Inulins oder beigemengten Fruchtzuckers zu suchen. Nur in einzelnen Fällen halte ich mich dazu nicht berechtigt, so beobachtete ich einmal bei Levulin aus Topinambur nach zweimaliger Fällung mit Alkohol und kurzer Einwirkung von Kohle in einer 5,6% haltenden wässrigen Lösung bei 100 Mmter. Länge, Tageslicht und 22° C. 0°,80 — 0°,92, was etwa — 17° ausmachen würde. Bei einer Probe Levulin, die ich aus Inulin bereitet hatte und die dann dreimal mit absolutem Alkohol gefällt, zuletzt, nachdem sie mit Alkohol ausgespült worden, in kaltem Wasser zu 3,05 procentiger Solution gelöst, und nach dem Filtriren sogleich untersucht wurde, fand ich 0°,468 also etwa — 15°.

Wasser und Hefe zu Fruchtzucker geworden ist, gährt. *Dubrunfaut* behauptet, dass das Levulin, während es mit Hefe gährt, sein optisches Verhalten nicht ändert. Ich kann das bestätigen. In einer Lösung, in welcher ziemlich viel Fruchtzucker neben Levulin war (der Gehalt beider betrug in Summa als Zucker bestimmt 3%), beobachtete ich folgendes. Der Drehungswinkel dieser kalt bereiteten Lösung betrug bei Tageslicht, 21°,5 C. und 100 Mmtr. Rohrlänge 2°,59, woraus etwa auf $^2/_3$ Zucker und $^1/_3$ Levulin geschlossen werden konnte. 13,5 CC. mit dem gleichen Volum Wasser wurden in eine Kochflache gebracht, auf welche ein unter Quecksilber ausmündendes Glasrohr luftdicht eingesetzt war, und sehr wenig Hefe zugemengt. Sie liessen in den ersten 6 Stunden keine Kohlensäureentwicklung erkennen, später — während der Nacht — wurde aus dem in CC. getheilten Cylinder, welcher zur Aufnahme der Kohlensäure bestimmt war, 39 CC. Quecksilber verdrängt. In den Morgenstunden darauf trat keine Zunahme der Kohlensäure ein, so dass sie auch nach Ablauf der ersten 24 Stunden bis zum 39. Theilstriche reichte. Die Flüssigkeit drehte nun bei 200 Mmtr. Länge nur noch um — 0°,5. Wieder in den Apparat gebracht, sistirte während des ganzen Tages die Kohlensäureentwicklung, aber am nächsten Morgen reichte das Quecksilber nur noch bis zum Theilstrich 49. Auch nun blieb der Stand während des Tages und am nächstfolgenden Morgen war er auf 50 CC. (Temp. 22°,8 C., Bar. 764,51 Mmtr., Höhe der Quecksilbersäule 133 Mmtr). Innerhalb 72 Stunden war die Gährung vollendet, die wieder untersuchte Flüssigkeit war optisch völlig indifferent. Sie reducirte nun alkalische Kupferlösung in der Kälte innerhalb 24 Stunden nicht mehr, hinderte aber die Fällung des Kupferoxydhydrates noch und reducirte dieses beim Kochen. Sie wurde mit einigen Tropfen Schwefelsäure gekocht und mit 4 Vol. Wasser verdünnt. 10 CC. Fehling'scher Lösung gebrauchten dann 52,5 CC. zur Reduction. Es waren demnach noch 0,24 Grm. Levulin unzersetzt. Uebrigens behalte ich mir vor, das weitere Studium des Levulins und des Fruchtzuckers zum Gegenstand besonderer Arbeiten zu machen.

---

Die *Darstellung des Levulins* wird am Besten mit Hülfe der von mir beschriebenen Zersetzung, welche das Inulin mit Wasser in zugeschmolzenen Glasröhren bei 100° erfährt, geschehen. Ein 40—50 stündiges Erhitzen mit 4 Theilen Wasser wird hinreichen, den grösseren Theil des Inulins umzuwandeln. Man trennt das Metinulin und unzersetzte Inulin durch Zumischen von 3 Vol. Alkohol von 85°—88° ab, filtrirt nach 24

—48 Stunden, destillirt bis aller Weingeist und etwa die Hälfte des ursprünglich zugegebenen Wassers verdunstet sind, digerirt den Rückstand wenn nöthig mit Kohle, filtrirt nach einiger Zeit und mischt das Filtrat mit 5—6 Vol. absoluten Alkohols. Das gefällte Rohlevulin muss zur Beseitigung des eingeschlossenen Zuckers in möglichst wenig Wasser gelöst und auf's Neue durch absoluten Alkohol gefällt werden. Letzteres wird mehrmals wiederholt, das Präcipitat zuletzt getrocknet. Es ist nicht gut, dasselbe in Wasser zu lösen und diese Lösung einzudampfen, weil dann wieder ein Theil des Levulins in Zucker übergeht.

Aus den Topinambur habe ich das Levulin ähnlich dargestellt. Der frisch gepresste Frühlingssaft wurde colirt, schnell einmal aufgekocht, filtrirt, Inulin mit Weingeist gefällt und mit dem Filtrate, nachdem es auf $^1/_{10}$ vom Volum des angewendeten Saftes verdunstet war, wie oben verfahren. Endlich wurde mehrmals in heissem Alkohol gelöst, filtrirt und wieder verdunstet. Doch blieb ein Rest von Aschenbestandtheilen.

---

Ich habe nach beiden Methoden das Levulin als eine weisse krümeliche Masse, oder, nach dem Verdunsten seiner concentrirten Wasserlösung, als blassgelblich extractförmige Masse erhalten, die anfangs auf der Zunge denselben Eindruck wie eine ganz concentrirte Arabinlösung hervorbringt und erst ganz allmählig etwas süsslichen Geschmack bedingt. Das Levulin ist zwar in Wasser leicht löslich, weil es aber einen colloidalen Charakter besitzt, dauert es lange bis eine gegebene Quantität völlig vom Wasser aufgenommen worden. Dass es in verdünntem Weingeist sich löst, geht schon aus dem früher Gesagten hervor.

Angesichts aller dieser Eigenschaften darf man wohl fragen, wodurch sich unser Levulin von dem Levulosan oder Saccharid Gélis[1]) unterscheidet. Dieser 1859 aus Rohrzucker dargestellte Stoff ist ebenfalls unkrystallinisch, an sich nicht gährend, aber durch Kochen mit Wasser oder verdünnte Säuren in stark links drehenden, gährungsfähigen Zucker übergehend. Auch glaubt *Gélis* für diese Substanz (ohne eine Analyse gemacht zu haben) die Zusammensetzung $= C^6H^{10}O^5$ annehmen zu dürfen. Nur das geringe Rotationsvermögen, welches *Gélis* für Levulosan zu *annähernd* $+ 15^0$ festgestellt zu haben glaubt, scheint zu widersprechen. Bedenkt man aber, dass eine geringe Menge eingeschlossenen Rohr- oder Traubenzuckers die Ablenkung nach Rechts bei ihm bewirkt haben konnten, so wird man einen Vergleich mit dem aus Rohrzucker dargestellten Levulosan wohl nicht für überflüssig ansehen. Bei einer Unter-

[1]) Compt. rend. T. 48. p. 1062.

suchung desselben wäre dann auch das Verhalten gegen Weingeist, welches bisher nicht beschrieben worden ist, ebenso der Geschmack, das Verhalten gegen alkalische Zuckerlösung in's Auge zu fassen. Ich habe nach der Vorschrift *Gélis* mehrmals Rohrzucker auf 160° erwärmt, wurde die dabei resultirende Masse in möglichst wenig Wasser gelöst und solche Lösung mit 4 Volumen absoluten Alkohols gemengt, so trat *klare* Mischung ein. Auch nachdem ich, weiter der Vorschrift *Gélis* folgend, den Traubenzucker durch Gährung beseitigt, wieder eingedampft, ausgetrocknet und nochmals auf 160° erwärmt hatte, bekam ich süssschmeckende Masse, die das gleiche Verhalten gegen Alkohol zeigte. Endlich habe ich dasselbe auch bei einem Levulosan wahrgenommen, welches ich mir direct aus Fruchtzucker dargestellt. *Es ist somit das Levulin nicht mit dem Levulosan identisch.* Letzteres reducirt beim Kochen Kupferoxyd.

Der Vollständigkeit halber will ich hier noch das Resultat einer Elementaranalyse einschalten, die ich mit aus Topinambur angefertigtem Levulin unternommen habe.

0,4361 Grm. bei 130° getrockneter Masse (4,2% Asche abgezogen) gaben bei der Verbrennung mit Kupferoxyd und Sauerstoff 0,7003 Grm. Kohlensäure = 43,79% **C** und 0,2480 Grm. Wasser = 6,32% Wasserstoff.

Möglich, dass *Comaille* dem Levulin auch im Safte der Melonen begegnet ist[1]).

---

Wie *Ville* und *Joulie* gezeigt haben, lässt sich das Levulin der Topinambur durch Kochen mit verdünnter Säure in *linksdrehenden* Zucker umwandeln. Ich kann das bestätigen. 0,8 Grm. extractdickes Levulin aus Topinamburs wurden in 20 CC. Wasser gelöst und unter Zusatz von 3 Tropfen Schwefelsäure 20 Minuten lang im Kochen erhalten. Die erkaltete Flüssigkeit betrug 14 Cmtr.; bei 100 Mmtr. Länge und Tageslicht beobachtete ich nun 2°,60 Ablenkung nach Links. Die auf 100 CC. verdünnte Flüssigkeit wurde auch mit Fehling'scher Solution titrirt. 10 Fehl. wurden durch 8,3 CC. derselben reducirt, d. h. die untersuchte Flüssigkeit enthielt 0,043 Grm. Zucker. Der Brechungscoefficient des auf 90° erwärmt gewesenen Fruchtzuckers wird für gelbes Licht zu —53° angegeben, während hier für farbloses Licht etwa —60°,5 gefunden wurde, was für gelbes 56°,46 ausmacht. Mein durch Kochen von Inulin mit Wasser dargestelltes Levulin geht beim weiteren Erwärmen mit Wasser oder mit Säure ebenfalls in Fruchtzucker über.

---

[1]) Journ. de pharm. et de chim. T. 9 p. 161.

Es muss hier übrigens darauf aufmerksam gemacht werden, dass das Levulin der Pflanzen zwar den Uebergang des Inulins zu Zucker zu vermitteln scheint, *dass es aber nicht überall das Mittelglied zwischen Inulin und* **Fruchtzucker** ausmacht. Letzteren habe ich bis jetzt nur bei der künstlichen Umwandlung des Inulins oder Levulins beobachtet. Der Zucker, welcher neben Levulin in den Topinambur vorkommt, ist, wie *Dubrunfaut* gezeigt hat, rechtsdrehend. Auch ich habe ihn so beobachtet. Wenn *Dubrunfaut* ihn für Rohrzucker erklärt, so scheint mir dieser Annahme die grosse Neigung Fehling'sche Lösung schon in der Kälte zu reduciren, und die Leichtigkeit, mit welcher der Zucker in alkoholische Gährung versetzt werden kann, zu widersprechen. Auch habe ich, wenigstens bei den in hiesiger Gegend gewachsenen Topinambur, die Krystallisation des Zuckers nicht constatiren können. Allerdings darf dieser Zucker auch nicht direct für Traubenzucker erklärt werden. Dafür spricht besonders der Brechungscoefficient. Ich habe denselben für farbloses Licht und 1 Dcmtr. Länge = + 18°,12 gefunden. (10 CC. der untersuchten Lösung, auf 150 CC. verdünnt, wurden mit Fehling'scher Solution titrirt. 10 CC. der letzteren entsprachen resp. 3,80 und 3,85 CC. des Gemisches. Die Lösung enthielt also 19,67 Grm. in 100 CC. Es wurden 6 Ablesungen gemacht, die resp. 3°,58 — 3°,80 — 3°,70 — 3°,88 — 3°,61 — 3°,52 im Mittel 3°,68 ergaben. Mehrmaliges Wiederlösen und Eindampfen des Zuckers verändert sein Drehvermögen nach Rechts nicht.

Endlich muss ich nochmals darauf zurückkommen, dass auch in den Taraxacumwurzeln zur Frühjahrszeit neben Levulin (inactiv beobachtet) zuckerartige Substanz vorhanden ist, die nicht auf das polarisirte Licht wirkt, dass aber die letztere beim Kochen nur langsam Fehlings Solution reducirt, rasch dagegen, nachdem man einige Stunden mit verdünnter Schwefelsäure erwärmt hat. Auch hier kann nicht an das Vorhandensein von Frucht- (oder Trauben-) Zucker gedacht werden.

Berücksichtigt man, dass doch der Zucker der Topinambur aus Inulin hervorgegangen, so drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob auch er nicht etwa durch Erwärmen mit verdünnter Säure zu Fruchtzucker werde und darin sich vom Traubenzucker unterscheide. Ich habe einen solchen Zucker, der 3 Wochen über Schwefelsäure gestanden hatte, in Wasser gelöst. Die warm bereitete Lösung zeigte bei 200 Mmtr. Dicke der Flüssigkeitsschicht, gewöhnlicher Temperatur und Tageslicht im *Wild*'schen Polaristrobometer 1°,81[1]) Ablenkung nach Rechts (Mittel

[1]) Demnach ist hier der Brechungswinkel $[\alpha]\omega = + 22{,}8$ gefunden, d. h. etwas grösser als Oben.

aus 5 Ablesungen). 20 Minuten im Wasserbade unter Zusatz von 2 Tropfen Schwefelsäure erwärmt, dann erkaltet, war die Ablenkung nur noch 0°,64 nach Rechts, weiter etwa 6 Stunden auf ca. 80° erwärmt, erschien die Masse optisch inactiv, endlich, nachdem sie etwa 15 Minuten im Kochen erhalten war, fand ich (bei 100 Mmtr. Länge und 20° Temperatur) 0°,57 nach Links (Mittel aus 6 Ablesungen). Selbstverständlich blieb das Volum der Flüssigkeit dasselbe und wurde jedesmal erst dann untersucht, wenn die Flüssigkeit wieder auf 20° erkaltet war. Durch Fehling'sche Lösung wurde der Zuckergehalt der Solution zu 3,96 Grm. auf auf 100 CC. festgestellt. Es wäre also —22°,8 gefunden. Der *Topinamburzucker*, wie ich ihn nennen will, ist durch die Behandlung mit Säure um ebenso stark linksdrehend geworden, wie er früher rechtsdrehend war. Das entstandene Product kann demnach nicht Levulose sein. Ich glaube ihn für Invertzucker erklären zu dürfen. Letzterer hat bei 14° C. $[\alpha]_j = -26°,65$ und vermindert dasselbe bei Temperaturzunahme für jeden Grad um 0,37, ist demnach bei 20° für gelbes Licht $= -24°,4$, für farbloses $= -26°,09$.

---

Die erwähnten Resultate machen ein Eingehen auf die Frage wünschenswerth, *ob etwa in den inulinhaltigen Pflanzen ein fermentartiger Stoff vorkomme, welcher die Umwandlung des Inulins zu Levulin und Zucker bedinge*, etwa wie die Diastase der keimenden Getreidesaamen die Metamorphose des Amylums hervorruft. Die Frage ist schon desshalb wichtig, weil, wie schon früher gezeigt wurde, der Grund der Levulin- und Zuckerbildung nicht in vermehrter Accidität des Zellsaftes gesucht werden kann.

Man darf hier zunächst wohl auf die Frage eingehen, *ob und wie das Inulin durch Diastase verändert wird.* Soviel ich weiss ist diese Frage nur von *Payen* (1840), *Bouchardat* (1847) und *Otto* berührt worden. Ersterer sagt, dass kalte Diastaselösung das Inulin nicht afficire, er benutzt dies, um (Flechten-) Stärke und Inulin, wo er sie sich gemeinschaftlich vorhanden denkt (Cetraria), zu trennen. Auch *Bouchardat* behauptet, dass Diastaselösung das Drehungsvermögen des Inulins nicht ändere. Da Fruchtzucker bedeutend grössere spec. Drehkraft als das Inulin besitzt, müsste sein Entstehen eine Vermehrung der Drehkraft in der Inulinlösung bedingen. *Otto* sagt dagegen, das Inulin werde leichter

als Amylum durch Diastase zu Zucker umgewandelt[1]). Man hat desshalb gerathen, bei Verbrauch der Topinambur zur Branntweinfabrication zunächst mit etwas Malz einzumischen[2]).

Ich habe 5 CC. einer dreiprocentigen Inulinlösung mit 5 CC. frisch bereitetem wässrigem Malzauszuge 24 Stunden in bedecktem Gefässe bei 30° aufbewahrt. 3,15 CC. dieses Gemenges wurden dann mit 3,15 CC Bierhefe in ein Eudiometer über Quecksilber gebracht, in den ich auch einige Blasen atmosphärischer Luft aufsteigen liess. Das Eudiometer blieb vom 7. bis 15. März 1869 im geheizten Zimmer aufbewahrt. Bei 17° und 769,0 Mmtr. reichte das Luftquantum im Eudiometer von 0 bis zum 2,8 Cmtr. Theilstrich, die wässrige Flüssigkeit bis zum 9,1 Cmtr. Theilstrich. Die Höhe der Quecksilbersäule betrug 36 Cmtr. Schon gleich mit der Inulinmischung waren im gleichgrossen Gefässe 5 CC. Malzauszug mit 5 CC. Wasser gemengt, 24 Stunden bei 30° aufbewahrt. 2,2 CC. dieses Gemisches wurden dann mit 2,2 CC. derselben Hefe in ein daneben befindliches, gleich grosses Eudiometer gebracht und ähnlich beobachtet. Anfänglicher Stand der wässrigen Flüssigkeit 3,0; des Quecksilbers 7, 4; Höhe der Quecksilbersäule 37,7 Cmtr.

| Datum. | Temp. | Baromt. Mmtr. | Inulin, Malz, Hefe. | | Malz und Hefe. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Stand der wässrigen Flüssigkeit. | Stand des Quecksilbers. | Stand der wässrigen Flüssigkeit. | Stand des Quecksilbers. |
| März. | | | | | | |
| 8 | 17°,5 | 763,85 | 19,0 | 25,2 | 15,3 | 19,6 |
| 10 | 17° | 769,30 | 23,9 | 30,2 | 17,5 | 21,8 |
| 11 | 17°,2 | 771,75 | 25,4 | 31,7 | 18,0 | 22,2 |
| 13 | 18°,1 | 760,55 | 27,6 | 33,8 | 19,4 | 23,7 |
| 14 | 18°,4 | 762,80 | 28,4 | 34,6 | 19,7 | 24,0 |
| 15 | 18°,4 | 761,90 | 29,2 | 35,4 | 20,2 | 24,5 |

[1]) «Lehrb. d. ration. Praxis der landwirthsch. Gewerbe.» Braunschweig. *Vieweg.* 5. Aufl. 1. Bd. 1860—1862. p. 477. Vergl. auch *Bolley*'s «Handb. d. chem. Technologie.» Braunschweig. *Vieweg.* B. 4. Gruppe 1. 1865. p. 477.

[2]) *Muspratt*'s «Theor., prakt und anal. Chem.» Bearbeitet von *Stohmann* Braunschweig. *Schwetschke.* 2. Aufl. B. 1. 1865. p. 336.

Bei Beendigung des Versuches war die Höhe der ganzen Quecksilbersäule im ersten Eudiometer 21,8 Cmtr., im zweiten 28,7 Cmtr.

Da die Menge entwickelter Kohlensäure in der ersten Versuchsreihe nicht viel grösser ist, als in der letzteren, so darf man wohl behaupten, *dass Diastaselösung das Inulin nicht zu gährungsfähigem Zucker umgewandelt hat*, dass überhaupt die Kohlensäure, welche frei geworden ist, grösstentheils dem Malzzucker resp. Dextrin entstammt.

Was aber die Frage angeht, ob eine *Umwandlung des Inulins zu Levulin durch Diastase* erzielt werden kann, so antwortet darauf folgendes Experiment.

25 CC. einer Lösung, welche (als Zucker bestimmt) 2,4% also 0,6 Grm. Inulin enthielt, wurden mit dem gleichen Volum Malzauszug versetzt und 24 Stunden bei 30° im verschlossenen Gefässe aufbewahrt. Daneben stand ein Gefäss mit 25 CC. desselben Malzauszuges und einem gleichen Volum Wasser, endlich ein drittes Gefäss mit 25 CC. gleichstarker Inulinlösung und 25 CC. Wasser. Nach 24 Stunden wurden alle drei Flüssigkeiten durch 150 CC. Alkohol von 85% ausgefällt, die Niederschläge nach weiteren 24 Stunden abfiltrirt, gewogen und nach Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure als Zucker titrirt. Die Filtrate wurden auf 10 CC. verdunstet und ihr Rückstand mit 30 CC. absoluten Alkohols gemengt, das Ausgeschiedene (eventuell Levulin + Inulin) nach 24 Stunden abgetrennt, wieder in warmem Wasser gelöst und ½ Stunde unter Zusatz von ½% Schwefelsäure gekocht, dann mit Fehling'scher Lösung titrirt. Die alkoholische Flüssigkeit wurde endlich verdunstet, ihr Rückstand in Wasser wieder aufgenommen und der Zucker titrirt. Die Resultate sind folgende:

| | Fällung mit Weingeist von 85% gewogen | Fällung mit Weingeist von 85% als Zucker titrirt | Fällung mit absolutem Alkohol | Zucker[1]) |
|---|---|---|---|---|
| Inulin + Malzauszug . . . . | 0,5176 Grm. | 0,445 Grm. | 0,0204 Grm. | 0,3676 Grm. |
| Malzauszug + Wasser. . . . | 0,0556 Grm. | keine | weniger als 0,022 Grm. | 0,263 Grm. |
| Inulin + Wasser . . . . . | — | 0,352 Grm. | 0,2275 Grm.[2]) | Spur. |

[1]) Hier und bei den folgenden Versuchen auf Inulin berechnet.

[2]) Das hier Gefällte war kein Levulin sondern Inulin. Wie das schon aus dem früher Gesagten hervorgeht, durften in den 200 CC. Flüssigkeit noch annähernd 0,2 Grm. davon gelöst erwartet werden. Dass diese in dem Gemisch von Inulin-

In einer zweiten Versuchsreihe erhielt ich bei Anwendung einer Inulinlösung mit 5% und einem frischbereiteten Malzauszuge, die ich bei 40° 24 Stunden lang zusammenwirken liess,

| | Weingeist-fällung. | Fällung mit absolutem Alkohol. | Zucker. |
|---|---|---|---|
| 20 CC. Inulinlösung + 10 CC. Malzauszug . . . | 0,544 Grm. | 0,284 Grm. | 0,052 Grm. |
| 20 CC. Wasser + 10 CC. Malzauszug . . . . . | keine | höchstens 0,011 Grm. | 0,067 Grm. |

Aus diesen Versuchen erhellt wenigstens so viel, dass, wenn man überhaupt die Diastase einer Metamorphose des Inulins zu Levulin bewerkstelligen kann, dieselbe nur äusserst langsam sich vollzieht. Das was hier durch absoluten Alkohol präcipitirt worden ist, ist zwar so unbedeutend, dass man — bei gleichzeitiger Berücksichtigung der beim Inulin beobachteten Fällungserscheinungen — es kaum als Beweismittel für eine Umwandlung zu Levulin gebrauchen kann. Vergleichen wir aber das aus dem Malzauszuge stammende Zuckerquantum des ersten Experimentes, mit dem in der Malzinulinmischung gefundenen, so ergiebt sich ein Plus von 0,1046 Grm., welches entweder direct oder indirect aus Inulin hervorgegangen sein muss. Wenn der voraufgehende Gährungsversuch es unwahrscheinlich macht, dass solch ein directer Uebergang des Inulins unter Einfluss der Diastase stattfinde, so bleibt nur übrig anzunehmen, dass das, was hier als Zucker gefunden wurde, als Levulin in der Flüssigkeit war und erst während des Eindampfens zu diesem Zucker sich umformte.

Bei dem zweiten Experimente fehlen 0,2 Grm. Inulin, die nur — da es bei höherer Temperatur unternommen wurde — durch secundäre Zersetzung verloren gegangen sein können. Ich nehme an, dass auch hier Levulin oder Zucker vorhanden waren, die aber durch Milchsäuregährung eingebüsst wurden.

---

Es wäre weiter auf die Frage einzugehen, *ob etwa in den inulinhaltigen Pflanzensäften ein Ferment sui generis bestehe, auf dessen Einwirkung die bezeichnete Umwandlung zurückzuführen ist.*

---

lösung und Malzauszug nicht vorhanden waren, vermag ich nur daraus zu erklären, dass eben zuweilen und unter Umständen, die wir noch nicht beherrschen, die Fällung des Inulins durch Weingeist vollständiger erreicht werden kann.

Eine andere Inulinlösung mit 3,75 % wurde zu 25 CC. am 16. (28.) April 1869 mit 25 CC. des frisch gepressten Saftes von Dahlienknollen gemengt, die bis dahin im Keller aufbewahrt worden. Das Gemisch blieb bis zum 18. April im Zimmer, daneben befand sich ein zweites Gefäss mit 25 CC. desselben Dahliensaftes und 25 CC. Wasser und ein drittes Gefäss mit 25 CC. gleich starker Inulinlösung und 25 CC. Wasser. Am 18. April wurden alle 3 Gemische mit 150 CC. Weingeist von 85 % Tr. gemengt, der abgeschiedene Niederschlag, also unzersetztes Inulin, in Zucker übergeführt und so titirt und weiter ganz wie in voriger Versuchsreihe eine Bestimmung des durch absoluten Alkohol Fällbaren (Levulin und Rest des Inulins) und des Zuckers vorgenommen.

| Ich fand: | Fällung durch Weingeist von 85 %. | durch absoluten Alkohol. | Zucker. |
|---|---|---|---|
| Inulin + Dahliasaft | 2,411 Grm. | 0,249 Grm. | Spuren. |
| Dahliasaft + Wasser | 1,666 „ | 0,346 „ | „ |
| Inulin + Wasser | 0,5625 „ | 0,384 „ | „ |

25 CC. des Dahliensaftes, sogleich mit 75 CC. des Weingeistes gemengt und dann weiter verarbeitet, lieferten 1,726 Grm. Weingeistpräcipitat, 0,116 Grm. Präcipitat durch absoluten Alkohol und ebenfalls nur Spuren von Zucker. Dieser Versuch widerspricht der Annahme, dass der aus Dahlien im Frühjahre ausgepresste Saft einen fermentartigen Bestandtheil enthielte, welcher analoges beim Inulin zu bewirken vermöchte, wie die Diastase es beim Amylum vollführt. Für eine Umwandlung zu Zucker sind in den 48 Stunden keinerlei Anzeichen erzielt. Wenn überhaupt eine Metamorphose zu Levulin stattgefunden hat, so war sie so geringfügig, dass sie, wo es sich um Vergleich mit der Diastase handelt, geradeswegs übersehen werden kann. Ich spreche diese Behauptung aus, trotzdem gerade die benutzte Bestimmungsmethode für Levulin neben Inulin grosse Mängel hat (siehe später). Uebrigens kommt es mir nicht in den Sinn zu folgern, dass in den inulinhaltigen Pflanzentheilen überhaupt jedes auf Inulin in angegebener Richtung wirkende Ferment fehlt. Ich habe mich vorläufig nicht auf Untersuchungen darüber einlassen können, ob nicht eben ein in Wasser unlösliches oder ein an gewisse organisirte Substanzen gebundenes Ferment vorkomme, welches an Wasser nicht abgegeben wird. Ebenso habe ich die Frage ausser Auge lassen müssen, ob da nicht, wie zu vermuthen ist, ein sehr langsam wirkender fermentoider Körper vorliege, dessen Reactionen erst in weit längeren Zeiträumen nachweisbar werden. Auch braucht ja ein eventuell vorhandenes Ferment ausserhalb des Pflanzenkörpers nicht ebenso wie innerhalb desselben zu wirken.

Ich will hier ferner sogleich eine Besprechung desjenigen einschalten, was wir über das *Verhalten des Inulins der Hefe gegenüber wissen.* Auch in dieser Frage stimmen die Angaben der Autoren nicht völlig mit einander überein. *Payen* sagt (1823), Inulin würde durch Hefe zerlegt und es würden dabei Kohlensäure, Alkohol und (wohl aus der Hefe) Spuren von Ammoniak gebildet. Doch schreite die Gährung langsam fort und es sei dieselbe niemals vollständig. Wahrscheinlich werden wohl diese Angaben *Liebig* bekannt gewesen sein, wenn er (1832) äussert: „Wie man weiss, lässt sich Inulin durch Hefe ohne weiteres in die geistige Gährung bringen.“ — Nach *Bouchardat* liefert Inulin, wenn es mit ungewaschener, d. h. saurer Hefe zusammengebracht wird, Kohlensäure und Alkohol. War die Hefe vorher gewachen, so soll sie nach ihm das Inulin nicht zerlegen, oder doch nur, wenn zugleich eine Säure beimengt wird. Jedenfalls hat dieser Versuch etwas Missliches, weil es von der Dauer des Auswaschens abhängt, ob die Hefe überhaupt noch wirksam bleibt oder nicht.[1]) Aehnliches gilt in Bezug auf die Angabe desselben Autors, derzufolge sich Inulin und Rohrzucker dadurch unterscheiden, dass letzterer durch gewaschene Bierhefe zu Invertzucker umgewandelt werde, Inulin nicht. *Dubrunfaut* läugnet (1856) jede Reaction der Hefe, sowohl auf in Wasser suspendirtes wie gelöstes Inulin. Selbst wenn Weinsäure oder Weinstein zugegeben würden, wäre dem so. Ich habe folgende Erfahrung gemacht:

1,45 CC. einer 3-procentigen Inulinlösung wurden mit dem gleichen Vol. Bierhefe am 6. (18.) März 1869 in das Eudiometer gebracht. Hefe und Inulin waren von derselben Sorte wie bei den früher beschriebenen Gährungsversuchen mit Diastase. Temp. 17°, Bar. 766, 50 Mmtr., Höhe der Quecksilbersäule im Eudiometer 33,0 Cmtr. Die Spitze des Meniscus der Quecksilbersäule deckte sich mit dem Ctmtr.-Theilstrich 5,4; diejenige der wässrigen Flüssigkeit mit 2,5. Ein gleich grosses Eudiometer wurde daneben gestellt mit einem Gemisch aus 1,1 CC. Hefe und 1,1 CC. Wasser, bei ihm war der anfängliche Stand des Quecksilbers = 4,8, der wässrigen Flüssigkeit = 2,6. Höhe der Quecksilbersäure 31,6 Cmtr. Der Versuch wurde in demselben Raume zu derselben Zeit ausgeführt, wie der mit Diastase. Temp. und Bar. sind dort nachzusehen.

---

[1]) Bei allen in dieser Arbeit vorkommenden Versuchen, zu denen ich mich der Hefe bediente, habe ich Bierhefe genommen, welche ich mit dem 10—15fachen Volum destillirten Wassers gemengt habe, dann wieder absetzen liess und nach Beseitigung des überstehenden Wassers verwerthete.

| Datum. | Inulin + Hefe | | Hefe + Wasser. | |
|---|---|---|---|---|
| | Stand der wässrigen Flüssigkeit. | Stand des Quecksilbers. | Stand der wässrigen Flüssigkeit. | Stand des Quecksilbers. |
| März. | | | | |
| 7 | 4,9 | 7,9 | 3,0 | 5,3 |
| 8 | 7,2 | 10,2 | 3,8 | 6,1 |
| 10 | 10,3 | 13,3 | 3,7 | 5,9 |
| 11 | 11,9 | 14,9 | 5,3 | 7,4 |
| 13 | 14,5 | 17,5 | 5,9 | 8,1 |
| 14 | 15,5 | 18,5 | 6,0 | 8,2 |
| 15 | 16,4 | 19,4 | 6,2 | 8,4 |

Höhe der Quecksilbersäulen am 15. März resp. 20,95 Cmtr. und 31,05 Cmtr.

Es lässt sich nach diesen Versuchen nicht daran zweifeln, *dass eine geringe Einwirkung der Hefe auf Inulin statt hat.* Jedenfalls aber ist es richtig, was *Payen* hierüber sagt, *dass die Gährung sehr langsam fortschreitet und nur sehr unvollständig bleibt.* Ja, vergleicht man die Oben mitgetheilten Versuche mit Diastase, mit den hier angestellten, so muss es wahrscheinlich werden, *dass die Hefe, wenn sie in einer Flüssigkeit anderen Stoffen begegnet, welche leichter zu Alkohol und Kohlensäure zerlegt werden können, das Inulin nicht afficirt.* Ein solcher Vergleich lässt auch die Meinung *Bouchardat's* unwahrscheinlich werden, derzufolge die Einwirkung saurer Hefe auf Inulin in die beiden Phasen der durch vorhandene Säure bewirkten Umwandlung von Inulin zu direct gährungsfähiger Substanz und der durch Hefe veranlassten Zerlegung letzterer in Alkohol und Kohlensäure getrennt werden dürfte. Wäre diese Meinung richtig, so hätte eine Hefe + Malz + Inulinlösung mehr Kohlensäure liefern müssen als Hefe + Malz und Wasser, was nicht der Fall war. Wenn *Dubrunfaut* eine Mitwirkung von Weinsäure und Weinstein bei dieser Gelegenheit läugnet, so hat er Recht. Ich werde später zeigen, dass kleine Mengen beider auf Inulinlösung von gewöhnlicher Temperatur wenig Einfluss ausüben. Aehnliches werde ich für saure Phosphate zeigen und was die Milchsäure und Essigsäure betrifft, so haben auch ihre verdünnten Lösungen bei gewöhnlicher Temperatur nur sehr geringe Reaction gegen Inulin.

Dass die Reaction der Hefe auf Inulinlösung sehr lahm sein muss, beweist auch der folgende Versuch. 20 CC. einer Lösung von 0,436 Grm. wurden mit 10 CC. Hefe 24 Stunden bei 40 ° aufgestellt und dann wie bei den früheren Experimenten weiter untersucht.

Ich erhielt:

| | Fällung durch Weingeist. | Fällung durch absoluten Alkohol. |
|---|---|---|
| Inulin + Hefe . . . . | 0,343 Grm. | 0,098 Grm. |
| Gegenversuch mit Hefe und Wasser . . . . . | keine. | keine. |

Jedenfalls erhellt aus diesen Versuchen, dass man Unrecht that, bei Experimenten, welche die Verwendbarkeit der Topinambur zur Spiritus-Fabrikation beweisen sollten, nicht vor dem Zusammenbringen des Saftes mit Hefe das vorhandene Inulin durch Säuren zu Zucker umzuwandeln. Mag das, was mir über die von *Hölzlin* in Offenburg angestellten Gährungsversuche vorliegt[1]), auch noch so lückenhaft sein, seine günstigen Resultate kann ich nur daraus erklären, dass er eben den Saft mit verdünnter Schwefelsäure zersetzte. Dass Malz zu diesem Zwecke nicht genügt, glaube ich gezeigt zu haben. Es ist auch vollkommen klar, warum der Herbstsaft der Topinambur so verhältnissmässig schlechte Resultate im Vergleich zum Frühjahrssafte geliefert hat, ja warum selbst der im Frühjahr gepresste Saft nicht gleiche Resultate lieferte, weil bald bei längerem Liegen der Knollen an der Luft oder längerem Exponiren des zerriebenen Breies derselben, oder bei Anwendung des Macerationsverfahrens auf getrocknete Wurzeln, grössere Menge des Levulins zu Zucker geworden und bald wieder bei sofortiger Verkleinerung des frisch ausgegrabenen Materials, bei schnell ausgeführtem Pressen seines Breies nur geringe Mengen von Zucker mit viel Levulin, welches langsam vergährt, vorlagen. Das kann wohl kaum noch geläugnet werden, dass bei Benutzung der vorliegenden Erfahrungen und des schon erwähnten Vorschlages *die Topinambur ein sehr schätzenswerthes Material für die Branntweinbrennerei repräsentiren.* Es muss eben hier auch berücksichtigt werden, dass der aus ihnen erzielte Weingeist verhältnissmässig rein von Fusel ist (*Lauter, Siemens*), oder dass doch, falls einmal ein an Meerrettig oder Sellerie erinnernder Beigeschmack in ihm vorkommt, derselbe sehr leicht nach *Willersdörfer* durch Rectification über wenig Aetznatron beseitigt werden kann. Letzterer (a. a. O.) spricht sich ebenfalls ganz entschieden dahin aus, dass

[1]) Landw. Correspondenzbl. f. d. Grossh. Baden Jahrg. 1855 p. 19.

die geringen Schwierigkeiten, welche der Verarbeitung der Topinambur zu Weingeist entgegenstehen, leicht zu bewältigen wären. Wenn er die Fabrikation nicht weiter fortgesetzt hat, so geschah es nur, weil selbst seine Versuche durch Steuerverhältnisse geradezu gedrückt worden sind. Letztere, die in den meisten Ländern eingeführten Steuerverhältnisse, dürften vorläufig das einzige Hinderniss abgeben, welches der Verarbeitung der Topinambur entgegensteht. Die Frage, ob nicht auch die fast überall vorkommende Klettenwurzel ein vortheilhaftes Material für Weingeistbereitung repräsentire, lässt sich ebenfalls wohl kaum von der Hand weisen.

---

Um die Wirkung des *Emulsins* auf Inulin zu erproben, wurden 25 CC. einer Emulsion aus süssen Mandeln (1:10) mit 25 CC. einer 3,9 procentigen Inulinlösung 48 Stunden bei 30° behandelt, daneben wurden Gegenversuche mit derselben Inulinlösung + Wasser und desselben Mandelauszuges mit Wasser angestellt. Die ähnlich wie bei dem Versuche mit Diastase weiter verarbeiteten Gemische gaben folgende Resultate:

| | Präcipitat mit 85 % Weingeist (event. Inulin). | Mit absolutem Alkohol (event. Levulin + Inulin). | Zucker. |
|---|---|---|---|
| Inulin + Mandelauszug . . . | 0,638 Grm. | 0,105 Grm. | 0,219 Grm. |
| Inulin + Wasser | 0,726 „ | 0,250 „ | keinen. |
| Mandelauszug + Wasser . . . | kein. | Spur. | Spur. |

Ein zweiter Versuch, der bei 40° mit 5-procentiger Inulinlösung und einer 1:8 bereiteten Mandelemulsion angestellt war, ergab folgende Resultate:

| | Weingeistpräcipitat. | Fällung mit absolutem Alkohol. | Zucker. |
|---|---|---|---|
| 20 CC. Inulinlösung + 20 CC. Mandel-Emulsion . . . | 0,607 Grm. | 0,240 Grm. | 0,039 Grm. |
| 26 CC. Wasser + 20 CC. Mandel-Emulsion . . . | keine. | keine. | Spur. |

In gleicher Weise wurden in 3,9 procentiger Lösung des Inulins mittelst einer Emulsion aus süssem Senf (1:10) die Reaction des *Myrosins* erprobt:

| | Präcipitat mit 85 % Weingeist (event. Inulin). | Mit absolutem Alkohol (event. Levulin + Inulin). | Zucker. |
|---|---|---|---|
| Inulin + Senfauszug | 0,588 Grm. | 0,350 Grm. | 0,108 Grm. |
| Senfauszug + Wasser | kein. | Spur. | 0,050 „ |

Ein zweites Experiment mit einer 5-procentigen Inulinlösung bei 40° angestellt, ergab:

| | Fällung durch Weingeist. | Fällung durch absoluten Alkohol. | Zucker. |
|---|---|---|---|
| 15 CC. Inulinlösung + 15 CC. Senf-Emulsion . . | 0,440 Grm. | 0,238 Grm. | 0,045 Grm. |
| 15 CC. Wasser + 15 CC. Senfemulsion | keine. | keine. | 0,022 „ |

In beiden Fällen dürfte eine sehr geringe Reaction nicht zu läugnen sein, bei der durch Emulsin reichlicher Zucker, durch Myrosin mehr Levulin entstanden sein dürfte. Wenn das zweite Experiment mit Mandeln nur sehr wenig Zucker finden liess, so ist doch dort ein Verlust von etwa 0,12 Grm., von dem ich annehme, dass er auf Zucker oder Levulin gesetzt werden muss, die sich weiter zu Milchsäure umgewandelt haben.

---

Es mag hier ferner eine auch von *Smith*[1]) unterstützte Aeusserung *Frickinger*'s (a. a. O.) registrirt werden, der zufolge wahrscheinlich das Decoct der im Herbste gesammelten *Löwenzahnwurzel bei der Gährung Mannit und Milchsäure* liefern, die *Frickinger* als aus dem Inulin, *Smith* aus Inulin oder Zucker entstehend annehmen, und von denen ich vermuthe, dass Levulin oder Zucker sie geliefert haben.

---

Dass das Inulin gewissen *Fäulnissprocessen, denen die dasselbe beherbergenden Pflanzentheile* unterliegen, ziemlich bedeutenden Widerstand entgegensetzen kann, geht aus dem früher beschriebenem Versuche mit Dahlienknollen hervor. Die gefaulte Substanz derselben hatte keinen Zucker, wohl aber noch recht viel Inulin und Levulin. (cfr. p. 24.) Lösung reinen Inulins in Wasser ist ebenfalls wenig zur Zersetzung

---

[1]) Jahrb. f. prakt. Pharm. Bd. 18 pag. 6. Auch Arch. f. Pharm. II. R. Bd. 61 p. 193.

geneigt. Ich habe 5procentige Solution in den Sommermonaten 8Wochen stehen lassen, während derer ihre Reaction neutral blieb und nach deren Verlauf noch unzersetztes Inulin vorhanden war.

---

Auch jene eigenthümlichen *Bestandtheile der Taraxacumwurzeln, von deren sauerstoffpolarisirender Wirkung Schoenbein (1864) spricht*[1]), sowie der durch diese erzeugte polarisirte Sauerstoff selbst, scheinen in der Pflanze, wenig Einfluss auf das Inulin auszuüben.

---

Endlich mögen hier einige Angaben über *das Verhalten des Inulins thierischen Fermenten gegenüber* Platz finden. Dass das Inulin im Thierkörper resorbirt werde, hat zuerst *Bouchardat* gesehen. Er sagt, dass dies ähnlich wie beim Rohrzucker geschehe und das Inulin sich weder in den Faeces noch im Harne wiederfinden lasse. *Lehmann* fand, dass die Resorption schneller als beim Stärkmehl erfolge[2]), doch hat er, soviel ich weiss, keine genauere Beschreibung von in dieser Richtung unternommenen Versuchen publicirt.

Es schien mir zunächst besonders wichtig die *Reaction des Speichels gegen Inulin* zu untersuchen. 25 CC. einer Inulinlösung mit 3,22 % wurden mit 5 CC. menschlichem Speichel 24 Stunden hindurch in verschlossener Flasche bei 25° aufbewahrt, daneben ein gleichgestaltetes Gefäss mit 25 CC. derselben Inulinlösung und 5 CC. Wasser, sowie ein drittes mit 25 CC. Wasser und 5 CC. desselben Speichels. Nach Ablauf dieser Zeit wurde wie bei dem Versuche mit Diastase und Dahliensaft verfahren. Ich erhielt aus

| | Fällung mit Weingeist von 85 % | mit absolutem Alkohol | Zucker |
|---|---|---|---|
| Inulin + Speichel. | 0,683 Grm. | 0,129 Grm. | Spur |
| Inulin + Wasser . | 0,706 „ | 0,120 „ | keine Reaction |
| Wasser + Speichel | keine | keine | „ „ |

Zu einer Wiederholung des Versuches dienten 25 CC. einer $2\frac{1}{2}$ procentigen Inulinlösung, welche mit 5 CC. Speichel gemischt wurden und bei 40° 24 Stunden lang aufbewahrt wurden. Ich erhielt hier: Fällung mit Weingeist 0,151 Grm.; Fällung mit absolutem Alkohol (meist Inu-

[1]) *Buchner*'s Neues Repert. f. Pharm. Bd. 13 p. 337 und namentlich p. 342.
[2]) «Physiol. Chemie.» Leipzig. *Engelmann*. 2. Aufl. 3. Bd. 1853 p. 243.

lin) 0,290 Grm.; Zucker höchstens 0,005 Grm. Die Flüssigkeit reagirte nach der Digestion sauer. Ich vermuthe, dass allerdings Zucker entstanden ist, welcher aber sogleich weiter (zu Milchsäure?) zersetzt worden. *Mialhe* hatte schon 1846 behauptet, dass das Speichelferment auf Inulin nicht wirke[1]).

Eine zweite Versuchsreihe wurde in ganz ähnlicher Weise mit wässrigem Auszuge aus den *frischen Laabmagen* eines Kalbes und einer 4-procentigen Inulinlösung bei 40° ausgeführt. Es gaben

| | Fällung mit Weingeist von 85 % | mit absolutem Alkohol | Zucker |
|---|---|---|---|
| 25 CC. Inulinlösung u. 5 CC. Magensaft | 0,599 Grm. | 0,220 Grm. | keiner |
| 25 CC. Inulinlösung und 5 CC. Wasser | 0,714 Grm. | 0,284 Grm. | keine Reaction |
| 25 CC. Wasser und 5 CC. Magensaft . | keine | keine | „ „ |

Der Auszug aus der Magenschleimhaut reagirte fast neutral, nach der Digestion war das Gemisch deutlich sauer. Auch hier vermuthe ich, dass ein Theil des Inulins zu Levulin oder Zucker wurden, die sich aber weiter zu Milchsäure zersetzten. Es gestattet dieser Versuch übrigens selbstverständlich kein Urtheil über die Wirkung des normalen (sauren) Magensaftes.

Eine dritte Reihe wurde mit derselben Inulinlösung und einem *wässrigen Auszuge der Pankreasdrüse* eines Kalbes bei 24° ausgeführt.

| | Fällung mit Weingeist von 85 % | mit absolutem Alkohol | Zucker |
|---|---|---|---|
| 25 CC. Inulinlösung + 5 CC. Pankreas | 0,758 Grm. | 0,226 Grm. | keine Reaction |
| 25 CC. Wasser und 5 CC. Pankreas . | keine | keine[2]) | „ „ |

Eine vierte mit derselben Inulinlösung und *Galle* gab

| | Fällung durch Weingeist von 85 % | durch absol. Alkohol | Zucker |
|---|---|---|---|
| 25 CC. Inulinlösung + 5 CC. Galle . . | 0,804 Grm. | 0,211 Grm. | keine Reaction |
| 25 CC. Wasser + 5 CC. Galle . . . | keine | keine | „ „ |

[1]) Compt. rend. T. 20. aus Arch. f. Pharm. Bd. 45 p. 319.

[2]) Selbstverständlich bedeutet das hier und bei den voraufgehenden Versuchen, dass kein Niederschlag entstanden sei, welcher mit Säure Zucker geliefert hätte.

Es muss hiernach wohl dem Speichel eine geringe Wirkung zuerkannt werden, namentlich wenn er durch eine Temperatur nahe der Blutwärme unterstützt wird. Wenn der Auszug des Laabmagens ebenfalls wirkte, so wird das wohl auf den vorhandenen Speichel zurückgeführt werden. Pankreasauszug und Galle scheinen keine oder doch nur höchst geringe Reaction auf das Inulin auszuüben, was möglicherweise mit ihrer alkalischen oder neutralen Reaction zusammenhängt. Wenn, was nicht zu läugnen ist, eine Umwandlung des Inulins im Körper zu Zucker stattfindet, so möchte ich vorläufig den *sauren* Magensaft als besonders dabei betheiligt ansehen. Wie ich später zeigen werde, sind Salzsäurelösungen von der Acidität des Magensaftes, d. h. mit 0,25 bis 0,3 % HCl bei Blutwärme durchaus nicht ohne Einfluss auf das Inulin. Es muss hierauf besonderes Gewicht gelegt werden, denn für die Oeconomie des Thierkörpers hat das Inulin gewiss dieselbe Bedeutung wie die übrigen Kohlehydrate. Wirken auch die thierischen Fermente des Speichels und Pankreas auf unser Inulin weniger energisch wie auf Amylum, so wird das doch reichlich ausgeglichen dadurch, dass dasselbe, wenn es mit frischen Pflanzentheilen oder mit gekochten Speisen in den Körper gelangt, *gelöst* diesem dargeboten wird und dass es durch die Säure des Magensaftes unschwer zu Zucker werden kann. Man darf sich aus dem Gehalte an Inulin ohne Bedenken Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit der Vegetabilien erlauben, indem man denselben mit dem Stärkmehl- oder Zuckergehalt anderer Nahrungsmittel vergleicht.

Wenn man die von so manchen Seiten befürwortete *Benutzung der Topinambur als Viehfutter*, wozu sie durch den bedeutenden Albuminatgehalt, welcher grösser als der der Kartoffeln ist, sich entschieden empfehlen, auch noch augenblicklich nur vereinzelt ausgeführt sieht, so liegt es gewiss nur an der Schwerfälligkeit derjenigen, für welche die betreffenden Vorschläge gemacht sind. Auch mag mancher Laie, dem man ja auch als Speise für Menschen diese Erdäpfel recommandirt hat, durch die Differenzen im Geschmack, welchen er an den zu verschiedenen Jahreszeiten gesammelten Knollen wahrnahm, stutzig geworden sein. Man hat, wenn man namentlich in der Neuzeit häufig für unseren Tisch die Topinambur als Ersatz der Kartoffel nannte, gewiss unrecht gethan. Selbst im Herbste, wo sie zuckerarm ist, vermag sie uns die Kartoffel nicht zu ersetzen, viel weniger im Frühlinge. Um uns mundgerecht zu werden, darf sie nicht wie die Kartoffel, sondern nach Art gewisser Gemüse, der Schwarzwurzeln, Spargeln, des Cardy etc. zubereitet sein. Wenn man sie mit diesen Nahrungsmitteln vergleicht, so wird man ihnen die rechte Stellung angewiesen haben. Dann wird die

Leichtigkeit ihrer Cultur[1]), die Möglichkeit, sie auch auf schlechterem Boden reichlich zu erzielen, zusammengehalten mit ihrem Gehalt an plastischen Nahrungsmitteln und Respirationsmitteln, sie gewiss empfehlen. Selbst die Dahlienknollen sind ja schon vor über 20 Jahren als Nahrungsmittel empfohlen[2]).

---

*Dass auch schon verdünnte Säuren das Inulin zu Zucker umwandeln*, war den meisten Autoren, die das Inulin zum Gegenstand ihrer Experimente gemacht haben, bekannt. Im Allgemeinen lässt sich über diese Reaction sagen, *dass sie auch bei Anwendung sehr verdünnter saurer Flüssigkeit weit leichter und schneller sich vollzieht wie beim Amylum.* Das mag denn auch der Grund dafür sein, dass man bisher nicht die verschiedenen Phasen, welche sich bei der durch heisses Wasser ermittelten Metamorphose des Inulins zu Zucker unterscheiden liessen, hier wieder erkannt hat. Bei Anwendung von Säuren in den Verdünnungsgraden, welche bisher von anderen Experimentatoren angewendet worden, waren sie zeitlich so nahe an einander gedrängt, dass man die zwischen den Endgliedern gelegenen Stationen nicht zu fixiren vermochte. Wenn, wie schon *Bouchardat* gesehen, verdünnte saure Flüssigkeiten schon in der Kälte zu Zucker umwandeln, so werden sie doch in ihrer zuckerbildenden Wirkung durch Wärme wesentlich unterstützt. Ich will hier die Experimente, welche Andere und ich selbst unternommen, vorführen. Indem ich die einzelnen Säuren, mit denen bisher Versuche angestellt worden sind, einzeln bespreche, werde ich Gelegenheit finden, auch einzelner mit sauren Salzen ausgeführter Experimente zu gedenken, sowie den Einfluss zu beschreiben, welchen ganz *concentrirte mehrvalente Säuren, sowie die concentrirteren Formen der Salpetersäure* ausüben. Ueber den bei Einfluss verdünnter Säuren sich bildenden Zucker mag hier nur soviel voraufgeschickt werden, dass er von den verschiedenen Autoren als unkrystallinisch und gährungsfähig beschrieben wird und dass schon *Bouchardat* ihn links drehend nennt. Letzterer sagt, das Rotationsvermögen des entstehenden Zuckers sei dreimal so gross als das des Inulins, es nähme bei steigender Temperatur ab, aber nicht proportional der unter ähnlichen Umständen nachweisbaren Abnahme im Rotationsvermögen des Rohrzuckers. *Dubrunfaut* fand (1856) diesen

---

[1]) Vergl. hierüber die im Abschnitt «Vorkommen des Inulins» citirten Arbeiten.
[2]) Froriep's N. Not. Bd. 40 p. 346.

Zucker = $C^6H^{12}O^6$ zusammengesetzt, identisch mit dem Fruchtzucker und sein Rotationsvermögen = $^5/_2$ von demjenigen des Inulins.

Wie es scheint war es *Gaultier de Claubry*, der zuerst beobachtete, dass Inulin durch *Schwefelsäure* in *Zucker* umgewandelt werde. Er behauptet durch 4 Theile Schwefelsäure 100 Theile Inulin mittelst 12—15-stündigen Kochens zerlegt zu haben. Wie verdünnt er die Säure angewendet, ist nicht gesagt. Der Zucker sei, nach seiner Angabe, in geringer Menge erlangt worden; derselbe habe einen bitteren Geschmack behalten. Letzteres wird mit Recht bestritten von *Payen* (1823), welcher den Zucker süsser als Stärkezucker schmeckend fand. Er war auch der erste, dem die *Gährungsfähigkeit* des entstehenden Productes aufgefallen. Nach ihm gelingt die Umwandlung der Inulins mittelst 0,02 Theilen Schwefelsäure schon bei 75°, doch sagt auch er nicht, in welcher Verdünnung er die Säure wirken liess. Eben denselben Vorwurf müssen wir *Marquart* machen. Nach ihm werden sowohl sein Synantherin als sein Sinistrin durch (wie?) verdünnte Schwefelsäure leichter als durch Wasser bei 80° zerlegt. Sein Synantherin hinterlasse dabei die Integumente ungelöst. Je nachdem man länger oder kürzer erwärmt habe, könne man durch Kaliumcarbonat weniger oder mehr seines Sinistrins wieder ausfällen. Schliesslich entstehe *unkrystallinischer* Zucker, was auch *Baumann* angiebt. Soviel ich weiss, hat nur *Sachs* einigermaassen den Verdünnungsgrad beachtet, bei welchem die Umwandlung erfolgt. Er sagt, dass 1 Tropfen Schwefelsäure in 6 — 8 CC. Wasser, also etwa 1 : 80 innerhalb einiger Minuten das (in Wasser gelöste) Inulin zu Zucker umwandelt, den Kali schön rothbräunlich färbe und dessen Kalilösung aus einigen Tropfen zugesetzter Kupfersolution sogleich Oxydul reducire. Ueber das Verhalten des festen Inulins finden wir bei ihm und *Schacht*, dass es von sehr verdünnter kalter Schwefelsäure in einer halben Stunde nicht, in der Wärme schnell gelöst werde. — Meine eignen Versuche hatten besonders den Zweck mir ein Urtheil darüber zu verschaffen, ob und wie schnell sich bei verschiedener Concentration und verschiedener Temperatur die Umwandlung vollzieht *und ob das Quantum entstehenden Zuckers genau so gross ist, wie es die Gleichung* $C^6H^{10}O^5 + H^2O = C^6H^{12}O^6$ *verlangt.* Ich habe gefunden, dass 0,8111 Grm. gepulverten Inulins mit dem 100fachen Gewichte eines Wassers, dem 1% Schwefelsäurehydrat zugemischt war, umgeschüttelt, bei 15 — 17° in verschlossenem Gefässe aufbewahrt schon nach 48 Stunden Zuckerreactionen lieferten und dass nach 21 Tagen der grösste Theil des vorhandenen Inulins in Zucker umgewandelt war. 10 CC. Fehling'scher Solution wurden

nun durch 5,4 CC. dieser Flüssigkeit reducirt, was beweist, dass 0,6759 Grm. Inulin bereits der Metamorphose erlegen sind. — Als ich 0,6545 Grm. gepulverten Inulins mit dem 100fachen Gewichte Wasser plus 1% Schwefelsäurehydrat im Wasserbade erwärmte, war schon nach 2 Minuten, innerhalb welcher die Temperatur auf 62° gestiegen war, fast alles Inulin gelöst. Nach Verlauf einer weiteren Minute hatte sich die Lösung vollendet; die Temperatur war auf 69° erhöht. 9,2 CC. dieser Flüssigkeit reducirten nun 10 CC. Fehling'scher Solution, d. h. es befand sich bereits das 0,323 Grm. Inulin entsprechende Quantum Zucker in Lösung. Die Hälfte des Inulins war also schon zu Zucker geworden. Die Metamorphose zu Zucker war nach weiteren 2 Minuten fast vollendet. Es entsprachen nun 5,0 CC. 10 CC. Fehling'scher Solution, mithin waren 0,5891 Grm. Inulin umgewandelt. Die Neigung dieses Zuckers zur Reduction der alkalischen Kupferlösung ist so gross, dass bei einer Probe schon innerhalb einstündigen Stehens bei gewöhnlicher Zimmertemperatur dieselbe eingetreten war. — 100 Grm. einer Schwefelsäuremischung, welche 2,5 pro mille enthielt, wurde mit 1 Grm. Inulin gemengt und in siedendes Wasser getaucht. Als nach 10 Minuten die Temperatur der Mischung auf 75° gestiegen war, war zwar noch unzersetztes Inulin durch Weingeist zu fällen, aber doch auch schon die Hälfte des Inulins in Zucker übergeführt. 9 CC. reducirten 10 CC. Fehling'scher Solution. Als ich nun bei gewöhnlicher Zimmertemperatur stehen liess, war schon nach 24 Stunden das Titre verändert, denn 10 CC. Fehling'scher Solution nahmen nur noch 8,6 CC. in Anspruch (0,523 Grm. Inulin war zu Zucker geworden). — Bei einem anderen Versuche mit 1 Grm. Inulin und 100 Grm. gleichstarker Säuremischung war nach 20 Minuten die Temperatur auf 83° gestiegen; Weingeist fällte erst nach einigem Stehen etwas Inulin. 5,9 CC. der Mischung genügten zur Reduction von 10 CC. Fehling'scher Solution, demnach waren 0,763 Grm. Inulin übergeführt. Auch hier schritt die Metamorphose bei 24stündigem Stehen in Zimmertemperatur vorwärts; 5,1 CC. waren dann gleich 10 CC. Fehling'scher Solution. — Bei einem dritten gleich angestellten Versuche reducirten, als nach 30 Minuten die Temperatur auf 92° gestiegen war, 5,5 CC. der Mischung 10 CC. Fehling'sche Lösung (0,8181 Grm. Inulin umgewandelt) und als ich nach achttägigem Stehen in meinem Arbeitszimmer die Flüssigkeit wiederum controllirte, fand ich alles Inulin als Zucker wieder (4,5 CC. auf 10 CC. Kupferlösung verbraucht). Von 2 Grm. Inulin, welches mit 100 Grm. einer Einpromillelösung von Schwefelsäure eine Stunde lang im Wasserbade erhitzt war, fand ich dann alles Inulin in Zucker (gefunden 2,17 Grm.) verändert, bei einem zwei-

ten Versuche, bei dem ich in wallendem Sieden erhielt, gewann ich in derselben Zeit ähnliches Resultat (gefunden 2,22 Grm. Zucker).

Diese Resultate bedürfen keiner weiteren Umschreibung, *sie beweisen, dass schon sehr verdünnte Mischungen von Schwefelsäure das Inulin in der Wärme schnell zu Zucker umwandeln; so dass diese Metamorphose sich beim Inulin fast in eben so viel Minuten vollzieht, wie wir zu analoger Zersetzung des Amylums Stunden bedürfen.* Sie beweisen ferner, dass schon bei gewöhnlicher Temperatur die Metamorphose, wenn auch langsam, sich vollzieht. Ersteres ist namentlich für die quantitative Bestimmung des Inulins von Bedeutung. Sein Uebergang zu Zucker erfolgt weit leichter als bei den meisten Kohlehydraten und Glycosiden; z. B. in Gemengen von Inulin und Cellulose oder einzelnen Formen des Pflanzenschleimes hat sich die Umwandlung des ersteren zu Zucker mit wenig Säure bereits vollendet, bevor von den letzteren controllirbare Mengen von der Metamorphose ergriffen wurden. Bei den Experimenten, durch welche ich das Nichtvorkommen des Inulins in einzelnen Pflanzen bewiesen habe, wurde hievon vielfach Nutzen gezogen.

Für die *quantitative Bestimmung des Inulins als Zucker* würde ich mit dem 100fachen Gewichte einer 5—6 promille Schwefelsäuremischung 1—2 Stunden im Wasserbade digeriren oder höchstens 30 Minuten lang kochen. 1 Grm. möglichst reinen Inulins lieferten so 1,0870 Grm. Zucker anstatt 1,1111 Grm. 10 CC. Fehl. erforderten resp. 4,55 CC; 4,60 CC. und 4,60 CC. und 20 CC. Fehl. resp. 9,25 CC. und 9,20 CC., d. h. im Mittel 10 Fehling'scher Lösung 4,6 CC. dieser Zuckerlösung. 0,7929 Grm. durch mehrmalige Holzgeistfällung gereinigten Inulins wurden in derselben Weise behandelt. Von den 79,2 CC. resultirender Flüssigkeit waren für 10 Fehl. resp. 4,5 CC. und 4,5 CC. und für 20 Fehl. 9,1 CC. nöthig. Es wurden demnach 0,8751 Grm. Zucker oder 0,7876 Grm. Inulin wieder gefunden. Beiläufig will ich hier bemerken, dass in den aus Inulin so hergestellten Zuckerlösungen die Bestimmung durch alkalische Zuckerlösung sehr sicher auszuführen ist. Der Niederschlag des Kupferoxyduls scheidet sich gut ab und das Ende ist sehr genau zu beobachten.

Dass übrigens auch grössere Mengen von Schwefelsäure den Process nicht ungünstig modificiren, dafür spricht folgender Versuch. 0,5 Grm. Inulin wurden in einer kleinen Kochflasche mit 25 CC. 2procentiger Schwefelsäuremischung ½ Stunde lang im Kochen erhalten mit der Vorsicht, dass ein aufgesetztes Glasrohr das abdunstende Wasser wieder condensiren und zurückfliessen liess. Von der dann auf 30 CC. gebrachten Flüssigkeit entsprachen 2,70 CC. 10 CC. der Fehling'schen Lösung,

d. h. es waren genau die 0,555 Grm. Fruchtzucker entstanden, welche die obige Formel verlangt. Diese Beispiele bieten demnach zugleich den Beleg dafür, *dass in der That die Umwandlung des Inulins zu Zucker genau nach der Oben aufgestellten Formel vor sich geht.*

Auch dafür liegen mir Beweise vor, dass der Ausfall des Experimentes bei Anwendung einer 1—5 promille Schwefelsäuremischung derselbe bleibt, gleichgültig, ob man im Wasserbade 1 oder 24 und selbst 48 Stunden erwärmt. Es muss nur dafür gesorgt sein, dass die Concentration des Gemisches dieselbe bleibt. Nur bei längerer Anwendung ziemlich concentrirter Säuregemische wird der anfänglich entstehende Zucker weiter zersetzt.

*Sollte nun diese Umwandlung des Inulins zu Zucker direct erfolgen, oder indirect durch die Stationen des Metinulins und Levulins?*

10 Grm. Inulin, welchem etwas Synantherenschleim beigemengt war, wurden mit 160 Grm. einer 6 promille Schwefelsäuremischung im Wasserbade (cc. 80°) während ½ Stunde erwärmt, dann sogleich mit Baryumcarbonat die Schwefelsäure abgestumpft, mit Thierkohle entfärbt, filtrirt; das Filtrat war linksdrehend (bei Anwendung von Tageslicht und 100 Mmtr. Rohrlänge 4°,04). Im Wasserbade auf 30 CC. verdunstet, scheidet die Flüssigkeit Häutchen von Synantherenschleim ab, mit 60 CC. Weingeist von 85% gemengt und 48 Stunden aufbewahrt, liefert sie ein Präcipitat, von welchem kaltes Wasser die grössere Menge (Metinulin und Synantherenschleim) aufnahm. Der Rest war unzersetztes Inulin. Die so gewonnene Lösung des Metinulins und Synantherenschleims war links drehend, doch war eine genaue Ablesung unmöglich (beobachtet wurde bei Tageslicht und 100 Mmtr. Rohrlänge zwischen 0°,80 und 1°,10 nach Links, während nach weiterer Einwirkung verdünnter Schwefelsäure durch Titriren in der Flüssigkeit 2,139% ermittelt wurden).

Das Filtrat, wieder eingeengt und dann mit absolutem Alkohol gemischt, schied bei 24stündigem Stehen Levulin aus, welches in einer Lösung mit 4,2% optisch inactiv war[1]). Das Filtrat hiervon lieferte reichlich Fruchtzucker, der in einer mit Kohle digerirten Lösung mit 19,28% bei 21°, Tageslicht und 100 Mmtr. Dicke, eine Ablenkung von 14°,42 beobachten liess. (— 74°,8.)

Es folgt aus diesem Versuche zunächst, *dass man auch für die unter Einfluss von Säuren erfolgende Metamorphose des Inulins zu Zucker*

[1]) 100 Mmtr. Länge. Tageslicht. Einstellung leer resp. 348°, 78; 348°, 80; 348°, 76; voll 348°, 70; 348°, 74; 348°, 92.

*dieselben Zwischenstationen wie für seine Zersetzung durch Wasser annehmen darf.* Sodann aber ist zu bemerken, dass wenn auch schon sehr verdünnte Schwefelsäure im Stande ist die Umlagerung des Inulins auszuführen, doch *das relative Verhältniss, in welchem Inulin und Säure wirken, nicht ganz ausser Acht gelassen werden darf.* Während ich mit der angewendeten Säure, in der angegebenen Zeit 1 — 2 Grm. Inulin wahrscheinlich hätte bequem in Zucker umwandeln können, gelang das bei 10 Grm. Inulin nicht mehr. Als ich 20 Grm. Inulin mit 500 CC. Wasser und 1 CC. Schwefelsäure 6 Stunden lang auf cc. 80° erwärmt hatte, war ebenfalls die Umwandlung zu Zucker noch nicht vollendet. Namentlich war hier noch reichlich Levulin vorhanden, denn als ich die erkaltete Flüssigkeit auf ihr Rotationsvermögen prüfte, fand ich dieses ziemlich gering. Bei 100 Mmtr. Dicke und Tageslicht beobachtete ich 1°,16 nach Links. Als ich zur Beseitigung der freien Säure und des Farbstoffes mit Baryumcarbonat und Kohle eine Zeitlang digerirt hatte, fand ich bei gleicher Concentration der Flüssigkeit 1°,81 Ablenkung nach Links. Es muss also ein Theil des Levulins weiter zu Zucker umgewandelt sein. Bei einem dritten Versuche wurden 12 Grm. Inulin mit 300 CC. Wasser unter Zusatz von 0,5 pro mille Schwefelsäure ½ Stunde lang auf 100° erwärmt, dann mit Baryumcarbonat neutralisirt, eingedunstet zur Syrupconsistenz und Inulin plus Metinulin durch Fällung mit Weingeist, Levulin durch absoluten Alkohol gefällt. Es fanden sich 9,3 Grm. unzersetztes Inulin plus Metinulin; 2,53 Grm. Levulin und nur 0,27 Grm. Zucker.

Ueber den unter Einfluss von Schwefelsäure entstehenden Zucker, habe ich schon früher *Dubrunfaut*'s Mittheilungen angeführt. Ich will bemerken, dass ich auch hier wieder, wie das schon aus dem Obengesagten hervorgeht, bei den mit Kohle erwärmt gewesenen Lösungen das Rotationsvermögen geringer gefunden habe, als bei den frisch bereiteten Solutionen in kaltem Wasser. Dem schon früher beschriebenen Experimente, welches für $[\alpha]\,\omega$ und 21°—74°,8 ergab, kann ich ein zweites anreihen, welches unter denselben Umständen bei 20° $[\alpha]\,\omega = -63°,9$ finden liess. Die Lösung enthielt hier 7,69% und der Drehungswinkel betrug 4°,92. Dagegen lieferte ein dritter Versuch, zu welchem kaltbereitete frische Lösung diente, bei 22°,5 und im übrigen gleichen Bedingungen $[\alpha]\,\omega = -108°,9$ (Drehungswinkel = 10°,89; Concentration der Lösung 10%). Reducire ich hier wieder auf 15° C. und gelbes Licht, so finde ich $[\alpha]\,j = -107°,165$, welche Zahl mit der von *Dubrunfaut* für so dargestellten Fruchtzucker sehr gut übereinstimmt. Merkwürdig, dass ich, wie pag. 76 gezeigt, bei dem durch Wassereinwir-

kung unter verstärktem Druck dargestellten Fruchtzucker die Drehkraft etwas höher fand.

Wenn man bisher auch die *Einwirkung concentrirter Schwefelsäure auf das Inulin* geprüft hat, so hat man sich doch darauf beschränkt, darzuthun, dass dabei schon in der Kälte Lösung erfolgt. Die weiteren Schicksale, welche das Inulin hierbei erfährt, fanden wenig Berücksichtigung. Auch hier scheint *Gaultier de Claubry* der erste gewesen zu sein, der die Löslichkeit bemerkte. Er und später *Braconnot* sagen, es werde hiebei gebräunt (*Payen* behauptet, dass das Inulin verkohle) und die Schwefelsäurelösung mische sich mit Wasser und mit Alkohol klar. Durch Aetzammoniak erfolgt nach ihnen ein Niederschlag, den ich nicht beobachtet habe. Dagegen sagt *Sachs*, dass die kalt bereitete Lösung (anfangs) ziemlich blass sei. Letzteres ist richtig, wenn man mit kleinen Mengen den Versuch macht. Lässt man grössere Mengen auf einmal zusammen wirken, so tritt meist schon nach einigen Minuten Erwärmung ein und die Masse wird schwarzbraun. *Sachs* sah körniges Inulin innerhalb 5—8 Minuten aufgelöst werden und dass dasselbe auch von einem Gemische gleicher Raumtheile von Schwefelsäurehydrat und Wasser aufgenommen wurde. Es wäre nicht unmöglich, dass beim Zusammenkommen von Inulin mit concentrirter Schwefelsäure eine neue Säure — Inulinschwefelsäure oder Levulinschwefelsäure — entstehen könnte. Ich habe 5 Grm. Inulin in 25 Grm. reinen Schwefelsäurehydrates auf einmal eingetragen; die nach einigen Minuten sich stark erwärmende und schwarzwerdende Flüssigkeit liess ich 24 Stunden bei Zimmertemperatur stehen, um sie dann, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass Alkohol keine Fällung in ihr bewirkt, mit in viel Wasser suspendirtem Baryumcarbonat zu neutralisiren. Die von Baryumsulfat abfiltrirte Flüssigkeit war fast farblos; sie enthielt noch Baryt gelöst. Kohlensäure war nicht ganz ohne Wirkung auf diese Lösung. Die Hälfte des Filtrates wurde im Wasserbade, die andere Hälfte im Vacuum über Schwefelsäure eingeengt. Erstere hinterliess cc. 5 CC. einer gelb gefärbten Flüssigkeit als Rückstand neben einer ausgeschiedenen braungefärbten Materie, die ich abfiltrirt und nicht weiter untersucht habe. Das Filtrat enthielt auch nun noch Baryt; es wurde durch absoluten Alkohol getrübt, aber gab nur geringen bräunlichen Niederschlag. Als es mit verdünnter Schwefelsäure gekocht und filtrirt wurde, erhielt ich eine Flüssigkeit, welche alkalische Zuckerlösung reducirte. Die grössere Menge dieser Flüssigkeit habe ich mit 10 Vol. absoluten Alkohols 14 Tage stehen lassen, die wenigen Flocken braunen amorphen Niederschlages dann abfiltrirt, das Filtrat verdunstet. Es liess blassgelblichen krystallinischen

Rückstand (cc. 0,3 Grm.), der in Wasser wieder vollkommen löslich war und durch Schwefelsäure sogleich stark gefällt wurde. Die Lösung reducirte alkalische Kupfersolution beim Stehen in der Kälte kaum, beim Kochen etwas. Mit Schwefelsäure gekocht und dann, erkaltet, mit alkalischer Kupferlösung gemengt, bewirkte sie Reduction. Nur mit Schwefelsäure in der Kälte zersetzt, filtrirt und dann bei Zimmertemperatur 48 Stunden mit alkalischer Kupferlösung hingestellt, reducirte sie nicht. Die im Vacuum verdunstete Portion hinterliess eine gelbbräunlich körnige Masse, welche sich im Allgemeinen ähnlich der im Wasserbade concentrirten verhielt. Bei einem zweiten Versuch war das Resultat ähnlich, namentlich auch die Ausbeute an Baryumsalz nicht grösser. Durch Zersetzung mit Kaliumcarbonat wurde daraus neben Baryumcarbonat ein lösliches Kaliumsalz erhalten, welches gegen alkalische Kupferlösung sich dem Baryumsalz analog verhielt. Das zuerst abfiltrirte Baryumsulfat hatte kein Inulin oder Inulinschwefelsäure eingeschlossen, denn als dieser Niederschlag nach genügend langem Aussüssen mit verdünnter Schwefelsäure aufgekocht worden, hatte die abfiltrirte Flüssigkeit keinen Bestandtheil aufgenommen, welcher alkalische Kupferlösung reducirte. Auch als ich die Menge der Schwefelsäure verringerte, so dass auf 1 Theil Inulin nur 2 Theile derselben kamen, war die Ausbeute nicht besser.

Es war möglich, dass hier insofern ein Fehler begangen worden, als auf einmal zu grosse Menge des Inulins in die Schwefelsäure eingeführt und durch die frei werdende Wärme secundäre Zersetzungen eingeleitet worden waren. Ich habe desshalb den Versuch nochmals mit etwa 8 Grm. Inulin und 25 CC. Schwefelsäure wiederholt und zwar so, dass das Inulin in kleinen Portionen innerhalb drei Stunden in die Säure gebracht wurde. Die Temperatur stieg während des Einführens nicht über 30°. Nachdem das Gemisch 48 Stunden in Zimmertemperatur gestanden hatte, wurde wiederum mit in Wasser aufgeschlemmtem Baryumcarbonat neutralisirt, filtrirt und das Filtrat im Wasserbade auf cc. 5 CC. verdunstet. Die sich beim Erkalten ausscheidende Masse wurde abfiltrirt, das Filtrat zur Trockne gebracht. Ich erhielt 0,1612 Grm. Rückstand. Also auch hier war die Ausbeute sehr gering.

Endlich konnte ich auch insofern vielleicht einen Fehler gemacht haben, dass ich das Gemisch von Schwefelsäure und Inulin zu lange sich selbst überlassen hatte, bevor der Säureüberfluss beseitigt wurde. Ich habe desshalb noch einen weiteren Versuch gemacht, bei welchem das Inulin unter Agitiren im Mörser in die Schwefelsäure gebracht und dann sogleich neutralisirt wurde. Indessen war auch hier das Resultat unbefrie-

digend, denn aus 10 Grm. Inulin erhielt ich 2,321 Grm. Baryumrückstand, der nur zum kleinsten Theil in Alkohol löslich war und der nach Einwirkung warmer verdünnter Schwefelsäure nur die 0,081 Grm. Inulin entsprechende Zuckermenge lieferte.

Ich muss mich deshalb darauf beschränken, die Existenz einer *Inulinschwefelsäure* wahrscheinlich zu machen und die weitere Untersuchung derselben einer späteren Zeit vorbehalten. Die gewonnene Verbindung müsste das (in Wasser und Weingeist lösliche) *Baryumsalz* dieser Säure repräsentiren. Dass es in der That ein Baryumsalz ist, dafür spricht schon das Verhalten gegen Schwefelsäure. Dass es zum Inulin in nächster Beziehung stehen muss, dafür bürgt die Entstehungsgeschichte und das Verhalten gegen verdünnte Schwefelsäure in der Wärme, zusammengehalten mit demjenigen gegen Fehling's Solution vor und nach der Einwirkung letzterer Säure. Es kommt nun nur noch darauf an, zu zeigen, dass auch Schwefel in der Verbindung sei. Die Hälfte der vorher erwähnten 0,1612 Grm. Rückstand wurden in Wasser gelöst und mit reinem Kaliumcarbonat zersetzt, das Baryumcarbonat abfiltrirt, das Filtrat unter Zusatz von reinem Salpeter eingedampft nnd schliesslich der Rückstand geglüht. Die erkaltete und wieder in Wasser gelöste Schmelze lieferte, mit Salpetersäure angesäuert, erwärmt und dann mit Baryumnitrat versetzt 0,0099 Grm. Baryumsulfat.

Das gefällte Baryumcarbonat, wieder in Salpetersäure gelöst, lieferte auf Zusatz von Schwefelsäure 0,0262 Grm. Baryumsulfat. Die andere Hälfte des Rückstandes wurde ebenfalls in Wasser gelöst mit verdünnter Schwefelsäure versetzt, aufgekocht und filtrirt (0,0247 Grm. Baryumsulfat) und das Filtrat nochmals qualitativ mit Fehling'scher Flüssigkeit geprüft. Auch hier trat Reduction ein.

Ich muss hier die Bemerkung einschieben, dass es, wie *Lefranc* (1869) behauptet, ihm gelungen ist, in der Atractylis gummifera L. eine Säure, der er den Namen der *Atractylsäure* gegeben hat, aufzufinden, welche als *äthylirte Inulinschwefelsäure* aufgefasst werden könnte[1]). Aus einer späteren Mittheilung geht übrigens hervor, dass er seine Ansicht über die Constitution dieser Verbindung geändert haben muss, denn er lässt sie sich nun durch Salzsäure in Zucker, Baldriansäure und Kaliumsulfat zerlegen[2]).

---

[1]) Journal de pharm. et de chem. T. 9. p. 81. — Uebrigens behauptet auch *Comaille* in dem Compt. rend. T. 68 p. 674 und Journ. de pharm. et de chem. T. 9 p. 379 diese Säure und zwar früher (1854) dargestellt zu haben. Die Antwort *Lefranc*'s siehe an letzterem Orte und in dem Compt. rend. T. 68 p. 879.

[2]) Journ. de pharm. et de chem. T. 9 p. 467. Es ist dies offenbar der Vorläufer einer ausführlicheren Arbeit.

*Sachs* sagt, dass *Chlorwasserstoff* bei 10—15° innerhalb einer halben Stunde Inulin löse, erwärmt sogleich. Er wird hier wohl die officinelle Säure mit etwa 25% wasserfreiem Chlorwasserstoff im Auge gehabt haben. In einer Mischung von 1 Tropfen Säure auf 6—8 CC. Wasser wird nach ihm die Salzsäure ähnlich wie Schwefelsäure wirken. Ich sah 0,75 Grm. Inulin in dem 20fachen Gewichte 1procentiger Salzsäurelösung ebenfalls sehr schnell in Zucker übergehen. Nach 30 Minutem langem Erwärmen im Wasserbade, wobei die Temperatur auf 82° stieg, fand sich schon alles Inulin zersetzt (20 CC. 10 Fehling. = 1,25 davon). Andere 0,75 Grm., die ich in 20 CC. Wasser gelöst hatte, wurden kalt mit 1% Chlorwasserstoff (HCl) versetzt und 4 Tage bei gewöhnlicher Zimmertemperatur aufbewahrt. Auch hier war der Uebergang zu Zucker nun vollendet (10 Fehl. = 1,22 CC). 20 CC. einer Inulinlösung mit 5% Inulin liess ich mit 0,25 % Chlorwasserstoff 24 Stunden zwischen 30 — 40° stehen. Es fand sich bereits der grössere Theil (10 CC. Fehling. = 1,4 CC.) des Inulins, der Rest aber nach weiteren 20 Stunden umgewandelt (10 CC. Fehl. = 1 CC.). Als ich 0,78 Grm. Inulin bei 56° mit einer concentrirten Kochsalzlösung, welcher 1% Chlorwasserstoff zugesetzt war, einige Minuten erwärmt hatte, bis es gelöst war, dann 48 Stunden bei Zimmertemperatur stehen liess, fand sich alles Inulin in Zucker umgesetzt (Unterschied vom Amylin, der Substanz der dem Amylumkorn eigenthümlichen Hüllhäute).

---

Durch kalte *Phosphorsäure* konnte *Sachs* selbst innerhalb 24 Stunden Inulin nicht völlig in Lösung bringen, in der Wärme erfolgte sogleich Lösung. Er giebt nicht an, wie concentrirt er die Säure angewendet.

In concentrirter Säure von der Zusammensetzung $H^3PO^4$ löst sich Inulin allerdings allmählig. Die Lösung ist anfangs farblos, nach 24 Stunden schwärzlich und es hat sich dann etwas krystallinische Substanz ausgeschieden. Die Lösung lässt sich mit Alkohol mischen. Ein solches Gemisch scheidet nach Zusatz von soviel Aetzkali, dass neutrale Reaction eintritt, dickliche syrupöse Flüssigkeit aus, die nach mehrwöchentlichem Stehen einige Krystalle liefert, im Wesentlichen als ganz concentrirte wässrige Lösung von Kaliumphosphat gelten kann. Die überstehende alkoholische Flüssigkeit habe ich nach mehreren Wochen klar abgegossen und verdunstet. Es hinterbleibt ein bräunlich krystallinischer Rückstand, der etwas hygroskopisch ist. In Wasser löst er sich leicht, Fehling'sche Solution reducirt er bei Zimmertemperatur nicht, beim Kochen

sehr langsam. Nachdem er mit Wasser und etwas Schwefelsäure gekocht worden ist, reducirt er die alkalische Kupfersolution beim Erwärmen leicht, bei Zimmertemperatur allmählig. 0,7208 Grm. des bei 100° getrockneten Kaliumsalzes wurden in Wasser gelöst und unter Zusatz von etwas Schwefelsäure erhitzt. Bei Einwirkung der erzielten 30 CC. Flüssigkeit auf 5 CC. Fehling'sche Lösung war zwar das Ende der Reaction nicht genau zu ermitteln, doch dürfte die genannte Menge ziemlich ausgereicht haben, um das Kupferoxyd zu reduciren. Geglüht und in Wasser aufgenommen giebt das Kaliumsalz Phosphat. Es ist demnach auch die Existenz einer *Inulinphosphorsäure* wahrscheinlich, die beim Zusammenkommen von concentrirter Phosphorsäure mit Inulin — wie es scheint allerdings gleich der Inulinschwefelsäure in geringer Menge — entsteht und deren Kalisalz in Weingeist löslich ist.

Ich liess weiter 0,75 Grm. Inulin mit 20 CC. einer einprocentigen Phosphorsäurelösung ($H^3PO^4$) 4 Tage bei Zimmertemperatur stehen, 10 CC. Fehling'scher Solution wurden dann durch 1,9 CC. dieses Gemisches reducirt. Als ich dann 10 Minuten in siedendem Wasser erwärmt hatte, war die Umwandlung vollendet (10 Fehling'sche Solution = 1,22). Dass verdünnte warme Phosphorsäure zu Zucker umgewandelt, hat übrigens schon 1823 *Payen* beobachtet. Er behauptet, dass dieser Zucker süsser als der mittelst Essigsäure gewonnene sei. Bei dieser Gelegenheit spricht *Payen* die Vermuthung aus, dass die reichlichen Mengen gährungsfähigen Zuckers, welche allmählig in den Topinambur entstehen, durch Einwirkung der gleichzeitig vorhandenen Phosphorsäure hervorgerufen werden. Schon ehe ich diese Aeusserung *Payen*'s kannte, hatte ich mir die Frage vorgelegt, ob nicht die im Frühjahre nachweisbare Metamorphose des Inulins in den Georginenknollen durch saure Phosphate veranlasst werde. Ich liess desshalb 10 CC. einer 5procentigen Inulinlösung mit einer Lösung von 0,5 Grm. *sauren Kaliumphosphates* ($KH^2PO^4$) in 40 CC. Wasser mehrere Tage bei Zimmertemperatur stehen, ohne dass ich so eine Bildung von Zucker hätte nachweisen können. Auch als nach 8 Tagen bereits Schimmelvegetationen sich eingefunden hatten, war eine Reaction auf Zucker von negativem Erfolge begleitet. Selbst nachdem ich einen Theil dieser Flüssigkeit 10 Minuten lang im Kochen erhalten hatte, konnte ich nur wenig Zucker darthun. Als ich eine andere Probe eines gleichzusammengesetzten Gemenges sogleich erwärmte und 15 Minuten im Sieden erhielt, bekam ich gleiches Resultat. Erst nachdem ich mehrere Stunden hindurch im Wasserbade erwärmt hatte und der grösste Theil des Wassers abgedunstet war, liess sich im Rückstande reichliche Menge von Zucker constatiren.

Uebrigens habe ich im Herbste 1868 —37CC. frischgepressten Dahliensaftes 12 Stunden lang im Wasserbade bei 100° erwärmt und *trotz der sauren Reaction dieses Saftes* war dann kaum spurweise Zuckerreaction zu erlangen. (Vergl. pag. 91 die Versuche über Einwirkung von Dahliensaft auf Inulin). 21 CC. desselben Saftes, mit 2 Tropfen verdünnter Schwefelsäure eben so lange digerirt, hatten, wie zu erwarten stand, alles Inulin zu Zucker umgewandelt. (0,6 CC. mit gl. Vol. Wasser verdünnt = 10 Fehl. Sol. d. h. 7,5 % Inulin.) Ich habe die *saure Reaction* stets am Dahliensafte bemerkt, auch auf der ganz frischen Schnittfläche der Knollen, gleichgültig ob ich sie im Herbste oder Frühjahre (siehe pag. 57), frisch oder geschrumpft untersuchte. Ebenso fand ich bei vielen wässrigen Auszügen anderer inulinhaltiger Pflanzen die schwachsaure Reaction wieder, die ich im Frühjahre und Sommer auch auf der frischen Schnittfläche der Taraxacumwurzel, der Topinambur, des Cichorium, der Bardana gesehen habe.

Dass die sauerreagirenden gerade diejenigen Regionen der Schnittfläche sind, in denen das Inulin reichlich vorkommt, davon überzeugt man sich leicht, wenn man eine solche — etwa aus Cichorienwurzel —, nachdem man mit Filtrirpapier vorsichtig den (neutral reagirenden) Milchsaft aufgesogen hat, auf blaues Lackmuspapier drückt. Das Inulin selbst reagirt neutral. Der erst beschriebene Versuch beweist übrigens nur, dass die Acidität der in den Dahlien vorhandenen Flüssigkeit — diese als Ganzes genommen — dieselbe bleibt, er schliesst die Hypothese nicht aus, dass vorübergehend in einzelnen Zellen reichliche Ansammlung von Säuren stattfinde, die im Stande wären das Inulin zu zersetzen.

---

Von der Reaction der *Arsensäure* auf Inulin berichtet *Baumann*. Er sagt, dass sich nach kurzer Einwirkung (wie concentrirt?) in der Wärme noch unzersetztes Inulin abscheide. Eingedampft hinterlasse die Flüssigkeit röthliche Masse, was er mit *Böttcher*[1]) und früher schon (1828) *Elsner*[2]) für eine Reaction des Zuckers auffasst. Bei stärkerem Erwärmen soll sich nach ihm schwarzes humöses Zersetzungsproduct (Ulmin-

---

[1]) Arch. f. Pharm. II. R. Bd. 17 (d. g. F. Bd. 67) p. 185. Uebrigens spricht *Böttcher* hier nicht direct von Fruchtzucker, auch nicht von einer Wirkung der Arsensäure in der Wärme, sondern bei gewöhnlicher Temperatur und unter Mithülfe des Sonnenlichtes.

[2]) Arch. f. Pharm. I. R. Bd. 26 p. 216.

säure neben Ameisensäure) bilden. — Als ich 10 CC. einer 5 procentigen Inulinlösung mit einer Solution von 0,1 Grm. Arsensäure in 40 Grm. Wasser mengte und 10 Minuten lang auf 100° erwärmte ohne zu kochen, so wurde nur ein sehr kleiner Theil des Inulins in Zucker übergeführt. Nachdem ich dann weitere 15 Minuten im Sieden erhalten hatte, fand ich bereits einen beträchtlichen Antheil der Metamorphose erlegen.

---

Dass warme *Essigsäure* sogleich eine Lösung des Inulins und auch eine Umwandlung zu Zucker bewirke, hat (1823 und 1840) *Payen* richtig erkannt. Auch *Sachs* hat hiefür später die Bestätigung beigebracht. Wenn *Payen* sagt: 0,10 Gewichtstheile Essigsäure wandelten in nicht so süssen Zucker als Schwefelsäure und Phosphorsäure um, so beruht dies entweder auf Täuschung, oder es war doch nicht die vollständige Umwandlung der geschmacklosen Mittelglieder, Levulin und Metinulin abgewartet. — Ueber das Verhalten kalter concentrirter Essigsäure berichtet *Sachs*, dass sie selbst innerhalb einiger Tage eingetragenes Inulin nicht löse. Auch ich habe gesehen, dass stärkster Eisessig in 24 — 48 Stunden das Inulin nicht auflöst. Ebenso habe ich mich überzeugt, dass kalte sehr verdünnte Essigsäure wenig Einfluss auf Inulin ausübt. Bei 0,75 Grm. Inulin, die ich 4 Tage lang mit einem 1procentigen Essigsäuregemisch bei Zimmertemperatur stehen liess, liess alkalische Kupferlösung kaum eine Spur Zucker erkennen. Selbst nach 10minutenlangem Erhitzen in siedendem Wasser war wenig Zucker gebildet (5 Fehling = 6,55 CC.).

Durch Einwirkung von *Essigsäureanhydrid* sowie einem Gemenge von diesem mit Eisessig auf Inulin erhielten *Ferrouillat* und *Savigny*[1]) 1869 verschiedene Acetylderivate des Inulins und zwar wollen sie unter gleichen Umständen bei dem Inulin des Alant und demjenigen der Dahlia abweichende Resultate erzielt haben. Auch die benutzten Inulinsorten zeigten verschiedenes Rotationsvermögen, je nachdem sie aus Alant oder aus Dahlia hergestellt waren. Ersteres hatte $[\alpha] = -32^0,8$ und letzteres, übereinstimmend mit *Bouchardat*'s Bestimmung[2]), $[\alpha] = -26^0$.

Als sie 1 Th. Inulin mit 1 Th. des Anhydrides und 2 Theilen Eisessig 1/4 Stunde lang erwärmt hatten, erhielten sie Lösung, aus welcher Wasser nichts präcipitirte. Aether fällte einen halbflüssigen gelben Nie-

---

[1]) Compt. rend. T. 68. p. 1571. — Diese Abhandlung ist mir erst zu Gesicht gekommen, nachdem die 6 ersten Bogen dieser Arbeit bereits gedruckt waren.

[2]) Demnach wohl überall [α] r.

derschlag, der nach dem Abwaschen mit Aether und nachdem er bei 100° getrocknet war, amorph, in Alkohol und Wasser löslich, in Aether unlöslich war, bitter schmeckte und der 29—30 % Acetyl enthielt. Sie berechnen daraus die Zusammensetzung zu $C^{12}H^{17}(C^2H^3O)^3O^{10}$. Das aus Dahliainulin bereitete Präparat hatte einen Drehungswinkel $[\alpha] = -20^0$, das aus Alant dargestellte $[\alpha] = -32^0$.

Bei Anwendung von 2 Th. Essigsäureanhydrid, 1 Th. Inulin und ¼-stündigem Aufkochen im offenen Gefässe gewannen sie ein durch Aether unfällbares Product, welches nach Beseitigung der Säure im Wasser unlöslich, im Alkohol löslich war und beim Alantinulin 40% Acetyl enthielt [$C^{12}H^{15}(C^2H^3O)^5O^{10}$ hat 40,2%] und dessen Rotationsvermögen $= -25^0$ war, welches beim Dahliainulin aber 34% Acetyl enthielt [$C^{12}H^{16}(C^2H^3O)^4O^{10}$ hat 34,9%] und ein Rotationsvermögen von $-14^0$ besass.

1 Th. Inulin mit 3 Th. Essigsäureanhydrid ½ Stunde gekocht, lieferten Producte, deren Löslichkeitsverhältnisse denen der vorigen Präparate entsprachen, bei denen aber das aus Alant bereitete nur schwach linksdrehend, das aus Dahlia hergestellte rechtsdrehend war. Im ersteren fanden sie 48% Acetyl [$C^{12}H^{13}(C^2H^3O)^7O^{10}$ hat 48,7%], im letzteren 44,8% [$C^{12}H^{14}(C^2H^3O)^6O^{10}$].

Mit Alantinulin wollen sie ein anderes Mal unter ähnlichen Bedingungen ein Präparat annähernd $= C^{12}H^{12}(C^2H^3O)^8O^{10}$ erhalten haben. «Ces résultats conduiraient à faire attribuer à l'inuline d'aunée la formule $C^{12}H^{22}O^{11}$». Warum das so sein soll, das ist mir nicht klar geworden.

Durch Erwärmen von 1 Th. Dahliainulin mit 2—3 Th. Anhydrid im geschlossenen Raume bei 160° wollen sie 2 Producte erzielt haben, das eine in Wasser löslich mit einer Drehkraft $[\alpha] = +55^0$, das andere unlöslich und mit $[\alpha] = +35^0,5$. Beide hätten 35 % Acetyl abgegeben. Die Unlösliche hätte nach der Behandlung (saponification) mit Soda eine harzige Masse geliefert, welche in Wasser unlöslich, in Weingeist löslich war, rechtsdrehend und welche bei der Analyse 49,29% C und 5,59% H geliefert hätte ($C^{12}H^{16}O^8$ würde 50% und 5,55% verlangen). Letztre Substanz hat auch *Schützenberger* und *Naudin* schon (1869) unter Händen gehabt[1]). Mit Alantinulin hätten sie auf demselben Wege nur eine humöse Masse (ulmique) und wenig rechtsdrehenden Syrup erhalten.

Die Verf. beabsichtigen ihre Versuche fortzusetzen.

---

[1]) Compt. rend. T. 68. p. 814.

*Oxalsäure* bewirkt die Metamorphose zu Zucker in der Wärme leicht. 52,5 Grm. einer 1procentigen wässrigen Lösung zersetzten 0,525 Grm. innerhalb 8 Minuten langen Erwärmens in siedendem Wasser soweit, dass Alkohol kein Inulin mehr ausfällte. Man kann annehmen, dass eine 15 — 20 Minuten andauernde Einwirkung bei 100° genügt, das Inulin durch 1procentige Oxalsäurelösung vollkommen in Zucker umzuwandeln. Selbst durch 100 CC. einer 2 promille Lösung konnte ich bei einstündigem Kochen 2 Grm. Inulin in Zucker umwandeln (100 CC. Flüssigkeit. 10 CC. Fehling = 2,3 CC). — Ich liess (1867) 100 Grm. frisch gepressten Dahliensaftes, welcher 7,7 % Verdunstungsrückstand lieferte, mit 1 Grm. Oxalsäure 20 Minuten lang kochen, nahm dann die freie Säure mit Calciumcarbonat fort, entfärbte das Filtrat mit Kohle und brachte auf 200 Grm. Von einer Probe dieser Flüssigkeit, welche nochmals mit dem gl. Gew. Wasser verdünnt war, reichten resp. 3,75 und 3,70 CC. hin, um 10 CC. Fehling'scher Solution zu reduciren, d. h. in 200 Grm. Flüssigkeit waren 5,37 Grm. Zucker und in den 100 Grm. in Arbeit genommenen Georginensaftes 4,83% Inulin. Das sp. Gew. der 200 Grm. Zuckerlösung betrug 1,0289 Grm., die beobachtete Ablenkung im *Wild*'schen Polaristrobometer bei 100 Mmtr. Länge 16° C und gelbem Licht = — 3°,3, daraus berechnet sich — 61°,4.

Eine Probe Inulinlösung, welche mehrere Tage zu Diffusionsversuchen gedient hatte und recht rein geworden war, wurde mit 1 Grm. Oxalsäure und 150 CC. Wasser durch 20 Minuten langes Kochen ebenfalls zu Zucker umgewandelt. Nach Behandlung mit Calciumcarbonat und Kohle wurde auf 200 CC. gebracht, von welcher Flüssigkeit auf je 10 CC. Fehl. Sol. resp. 1,13 CC. und 1,15 CC. verbraucht wurden und nachdem ein Theil derselben nochmals mit gleichem Vol. Wasser verdünnt war 2,35 CC.; 2,35 CC. und 2,30 CC. Die 200 CC. enthielten demnach 8,62 Grm. Zucker und entsprachen 7,7586 Grm. Inulin. Erwartet hatte ich gegen 7,9 Grm. Die 200 CC. Flüssigkeit wurden verdunstet, der Rückstand soweit möglich ausgetrocknet, erkaltet und wieder in 200 CC. kaltem Wasser gelöst. Diese Solution bewirkte im Polaristrobometer bei Natronlicht und 200 Mmtr. Länge untersucht und bei 20° C. als Mittel von 6 Ablesungen — 10,175 Ablenkung. Das spec. Gew. der Lösung war bei 20° = 1,0137. 12,5 CC. hinterliessen, verdunstet, 0,5620 Grm. Rückstand (4,416%), hieraus würde sich für den gewonnenen Zucker die spec. Drehkraft für $[\alpha]\, j = -115°,2$ berechnen.

Uebrigens habe ich bei der Oxalsäure ähnlich wie bei der Schwefelsäure beobachtet, dass grössere Mengen Inulin von einer gegebenen Menge verdünnter Lösung schwerer umgesetzt werden als kleine Quan-

titäten von derselben Säuremenge. 10 Grm. Inulin mit 300 CC. einer 1 promille Lösung der Oxalsäure ½ Stunde bei 100° erwärmt, dann sogleich mit Calciumcarbonat neutralisirt, waren noch zum grössten Theile unzersetzt und durch Weingeist fällbar. Die Menge des Präcipitates, welches durch absoluten Alkohol im wieder eingeengten Filtrate der Weingeistfällung entstand, betrug nur 0,31 Grm. und das war jedenfalls auch grösstentheils noch unzersetztes Inulin. Zucker waren nur 0,09 Grm. nachweisbar.

---

Eine Lösung von 0,5 Grm. Inulin in 50 CC. Wasser sah ich beim Stehen mit 0,1 Grm. *Weinsäure* in 24 Stunden noch keinen Zucker liefern. Beim Erwärmen auf 90° erfolgte bei dieser Concentration die Umwandlung langsam, beim Sieden schneller. — 0,5 Grm. Inulin in 50 CC. Wasser wurden durch 0,5 Grm. *sauren Kaliumtartrates* innerhalb 24 Stunden bei Zimmertemperatur nur spurweise zu Zucker; nach achttägigem Stehen war zwar schon reichlichere Menge von Zucker nachweisbar (es hatten sich schon Schimmelvegetationen gebildet), doch fällte Alkohol auch noch viel unzersetztes Inulin. Bei etwa halbstündigem Kochen einer Mischung von 0,5 Grm. Inulin, 0,5 Grm. Weinstein und 50 CC. Wasser wurden schon reichlichere Mengen des Stoffes in Zucker übergeführt.

---

Gegen die *Milchsäure* verhält sich Inulin in der Kälte ziemlich ähnlich wie gegen Essigsäure. Von 0,75 Grm. waren mit 20 CC. einprocentiger Säuremischung bei 4tägigem Stehen im Zimmer nur geringe Spuren zu Zucker umgewandelt. In der Wärme verwandelt die Milchsäure leichter zu Zucker. 0,5 Grm. in 25 CC. Mischung von derselben Concentration war nach einstündigem Erhitzen in siedendem Wasser fast völlig umgewandelt (10 Fehl. = 2,30 CC.).

---

Dass das Inulin durch *Salpetersäure* zerlegt würde, haben schon *V. Rose*, *Gaultier de Claubry*, *Berzelius*, *Marquart*, *Croockwit*, *Loewig*, *Sachs* u. A. behauptet. *Sachs*, dem es besonders auf das mikrochemische Verhalten ankommt, sagt einfach, dass concentrirte Säure das Inulin bereits in der Kälte löse. *Rose* und *Gaultier de Claubry* lassen als Versetzungsproducte Aepfelsäure, Oxalsäure und Essigsäure, aber keine

Schleimsäure entstehen. Aehnliches giebt *Berzelius* an, der nur von der Essigsäure schweigt. *Marquart* will durch kalte Salpetersäure von 1,2 spec. Gew. sein Synantherin und Sinistrin ohne Gasentwickelung gelöst haben, ersteres ohne Zurücklassung der Integumente. Er sagt, dass die Solution beim Erwärmen Stickoxyd entliesse und dann auf Zusatz von Ammoniak gelb gefärbt würde. Diese Lösung werde durch Calciumchlorid nicht gefällt, durch Bleiacetat reichlich. *Lœwig* sagt (1839), dass unter Einfluss von Salpetersäure (wie concentrirt?) Inulin zu Zuckersäure und Oxalsäure werde[1]). *Croockwit* theilt mit, dass er unter Einfluss von Salpetersäure eine Nitrosubstanz nicht gewinnen konnte.

Mir erscheint ein erneuertes Eingehen besonders auf folgende Fragen nothwendig.

1) Wandelt sehr verdünnte Salpetersäure ebenfalls in Zucker um?

2) Liefert siedende Salpetersäure von etwa 1,3 spec. Gew. Oxalsäure, eine verdünntere Säure von etwa 1,20 — 1,27 bei cc. 50° ein anderes Oxydationsproduct, etwa Zuckersäure oder Weinsäure?

3) Lässt sich wirklich kein Nitrosubstitut, respective kein Nitrat, aus dem Inulin gewinnen?

*Die in 1) angedeutete Frage kann ich bejahen.*

0,6 Grm. Inulin, in 20 CC. Wasser gelöst, wurden unter Zusatz von 1 % Salpetersäurehydrat 4 Tage hindurch bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Nach Ablauf dieser Zeit fand sich alles Inulin in Zucker umgewandelt (durch Titriren ermittelt 0,66 Grm.)

Ein gleiches Gemenge wurde sogleich in siedendes Wasser getaucht. Nach 15 Minuten, nachdem die Temperatur auf 89° gestiegen war, war die Umwandlung vor sich gegangen (durch Titriren gefunden 0,658 Grm.)

*Auch auf den ersten Theil der in 2) enthaltenen Frage kann ich mit Ja antworten.*

6 Grm. Inulin wurden mit 80 Grm. Salpetersäure von 1,3 spec. Gew. einige Stunden im Wasserbade erhitzt, bis die Entwickelung rother Dämpfe aufgehört hatte, darauf wurde mit Wasser verdünnt (ohne dass

---

[1]) «Chemie der org. Verbind.» Zürich. *Schulthess.* 1839. Bd. 1 p. 321. — In der zweiten Aufl. von 1845 lässt er das Fragezeichen, welches die erste Aufl. hinter «Zuckersäure» bringt, fort. Es heisst hier «es sollte» nach längerer Einwirkung die angegebene Zersetzung stattfinden. Woher diese Angabe entlehnt ist, kann ich nicht sagen, es sei denn, dass B. für die von *Rose* und A. gefundene Aepfelsäure Zuckersäure setzt, mit welcher dieselbe allerdings ja früher verwechselt worden ist.

sich Schleimsäure ausgeschieden hätte), der grössere Theil der freien Säure mit Natriumcarbonat neutralisirt und endlich Natriumacetat zugesetzt. Die essigsaure Lösung lieferte mit Chlorcalcium in 48 Stunden 4,5 Grm. Calciumoxalat. Das Filtrat von letzterem gab, völlig neutralisirt, noch 0,5161 Grm. schleimig bräunlichen Niederschlages, den ich zum grössten Theil aus zuckersaurem Kalk zusammengesetzt fand. Die Zuckersäure würde bei längerer Einwirkung sicher ebenfalls noch zu Oxalsäure geworden sein. Der Verlauf der Zersetzung ist hier demnach ähnlich wie beim Amylum, Rohr- und Traubenzucker, das Hauptproduct der Einwirkung von Salpetersäure mit 1,3 spec. Gew. ist Oxalsäure, welche aber theilweise weiter zu Kohlensäure und Wasser oxydirt wird.

Grössere Schwierigkeit macht die Antwort auf den zweiten Theil der Frage 2).

8 Grm. nicht ganz reines Inulin wurden mit 24 Grm. Salpetersäure von 1,2 spec. Gewicht auf 50° erwärmt und etwa 50 Stunden zwischen 40—50° aufbewahrt, bis keine rothen Dämpfe mehr entwickelt wurden. Die mit Pottaschenlösung gesättigte und dann wieder mit Essigsäure angesäuerte Flüssigkeit lieferte nur sehr geringe Mengen eines weisslichen Niederschlages von saurem zuckersaurem Kalium, aber kein saures Kaliumtartrat. Die grössere Menge des Inulins war auch unter diesen Umständen zu Oxalsäure geworden. Der Versuch wurde nun mit eben so viel Inulin und gleich starker Säure wiederholt, das Erwärmen nur 2 Stunden lang fortgesetzt, dann eine Probe der Flüssigkeit untersucht. Sie enthielt nur sehr geringe Mengen von Oxalsäure und wenig Zuckersäure. Nachdem der grössere Theil des Gemisches 24 Stunden bei Zimmertemperatur gestanden hatte, wurde nochmals während 2 Stunden auf 50° erwärmt. Zuckersäure wurde aus einer mit Kaliumcarbonat gesättigten und dann wieder mit Essigsäure angesäuerten Probe in geringer Menge als saures Kaliumsalz präcipitirt. Das Filtrat davon lieferte mit Chlorcalcium bereits geringen Niederschlag von Calciumoxalat. Das saure Kaliumsalz liess bei mikroskopischer Untersuchung nicht die Formen des Weinsteins erkennen, sondern durchweg nur die nadelförmigen Krystalle des sauren zuckersauren Kaliums. Es herrscht also auch insofern in dem Verhalten gegen Salpetersäure von 1,2 spec. Gew. Analogie zwischen dem Inulin und den meisten übrigen Kohlehydraten, als dabei Zuckersäure entsteht.

Es erschien mir zwar als ob die Menge, in welcher das Kaliumsalz präcipitirt wurde, zu gering sei, und da auch bei den beschriebenen Versuchen nur wenig Oxalsäure gebildet war, so glaubte ich die grössere Menge des Inulins in einem dritten Zersetzungsproducte suchen zu müs-

sen, welches aus essigsaurer Lösung nicht durch Chlorcalcium oder durch Kaliumsalze gefällt wurde. Dieses dritte Product liess sich aus dem Filtrate von saurem zuckersaurem Kalium durch basisches Bleiacetat fällen, aber seine Reindarstellung ist mit Schwierigkeiten verknüpft, weil viel salpetrige und Salpetersäure mitgefällt wurden, welche beim Zerlegen des möglichst sorgfältig ausgewaschenen Bleipräcipitates durch Schwefelwasserstoff und beim Eindunsten der gewonnenen Lösung im Wasserbade weitere Zersetzung bewirkten. Das Zersetzungsproduct war sehr sauer; es roch und schmeckte caramelartig. Auch bei noch so vorsichtigem Aussüssen des Bleiniederschlages blieben die Resultate sich gleich. Erst als ich bei einer dritten Portion das durch Schwefelwasserstoff erhaltene Zersetzungsproduct des Bleiniederschlages, nachdem der überschüssige Schwefelwasserstoff durch Erwärmen in verdünnter Lösung beseitigt war, einer zweiten und endlich einer dritten Bleifällung mit neutralem Bleiacetat unterwarf, konnte ein Präcipitat erlangt werden, welches von Oxyden des Stickstoffs frei war, dafür aber wieder Essigsäure eingeschlossen hatte. Letzteres entsprach in seinen Eigenschaften den aus Zuckersäure gewonnenen Bleiniederschlägen. Es lieferte 71,9 % Bleioxyd; die daraus dargestellte Säure verhielt sich in concentrirter Lösung gegen Kaliumsalze wie Zuckersäure. Ich muss es dahingestellt lassen, ob früher die Fällung des Kaliumsalzes wegen Gegenwart fremder Stoffe unvollständig geblieben, oder ob sich während der letztbeschriebenen Manipulationen noch weiter Zuckersäure gebildet hat.

Eine Nitrosubstanz des Inulins habe ich nicht gewinnen können.

Gepulvertes Inulin wurde in die 10fache Menge rauchender Salpetersäure von 1,50 spec. Gew. bei Zimmertemperatur eingetragen. Es erfolgte fast sogleich, begleitet von starker Wärmeentwickelung, stürmisches Aufschäumen. Die grössere Menge der Flüssigkeit wurde aus dem Glase geschleudert. Eine Nitrosubstanz liess sich im Rückstande nicht auffinden. — Der Versuch wurde nochmals wiederholt, jedoch so, dass die Säure durch Schnee abgekühlt und das Inulin allmählig eingetragen wurde. Nach etwa einer Stunde, innerhalb welcher das Gemenge in Schnee aufbewahrt worden, war fast alles Inulin gelöst; die Lösung hellgelblich. Aus der Kühlvorrichtung herausgenommen, trat allmählig unter Erwärmen etwas Gasentwickelung ein. Nachdem die Masse noch eine Zeitlang in Zimmertemperatur gestanden hatte, wurde eine Probe mit Wasser verdünnt. Es fand nur geringe Trübung statt. Eine andere Probe wurde mit überschüssigem Weingeist gefällt, der einen weissen Niederschlag abschied. Letzterer, getrocknet, war nicht explosiv. Es war scheinbar unzersetztes Inulin präcipitirt worden. — Inulin wurde

in ein frisch bereitetes Gemenge von 1 Vol. rauchender Salpetersäure und 4 Vol. englischem Vitriolöl eingetragen, dessen Temperatur etwa 40° betrug. Sofortige Schwärzung, starkes Aufschäumen unter starker Wärmeentwickelung. Ein Nitrokörper entstand nicht. — Inulin wurde allmählig in ein abgekühltes Gemenge gleicher Zusammensetzung gebracht, in dem es sich allmählig löste. Nachdem das Gemisch gegen 4 Stunden unter Abkühlung gestanden hatte, wurde eine Probe desselben mit Wasser gemischt, ohne dass Trübung bemerkbar gewesen wäre. Eine andere mit Weingeist gemischte Probe schied wiederum ein weisses Pulver, welches beim Erwärmen karamelartig roch, aber nichts Explosives aus. — Eine langsam und unter Abkühlung bereitete Lösung von Inulin in Schwefelsäure (1 : 10) wurde allmählig mit 5 Gewichtstheilen Salpeter gemengt, während durch Schnee abgekühlt wurde. Nach Ablauf von etwa 15 — 20 Minuten wurde ganz langsam und in kleinen Portionen in etwa 10 Theilen Wasser eingetragen, wobei sich Alles löste. Auf Zusatz von einem gleichen Volum Alkohol schied diese Lösung wenig körnige Substanz ab, die, getrocknet, sich als nicht explosiv erwies. Zwei weitere Volumina Alkohol lieferten einen Niederschlag, welcher fast nur aus unorganischer Materie bestand. Das Filtrat von diesem gab, verdunstet, einen nicht explosiven Rückstand. Ich habe, nachdem ich diese Erfahrungen gemacht hatte, darauf verzichtet eine Nitrosubstanz (oder ein Nitrat) des Inulins zu gewinnen.

---

*Chlorwasser* soll nach *Payen* das Inulin nicht aus seiner Lösung fällen. Weiteres über die Einwirkung des Chlors auf Inulin ist nicht bekannt.

---

Dass *Jod* das Inulin nicht bläuet, darin stimmen fast alle Beobachter überein. Nur bei *Marquart* lesen wir die nicht zu erklärende Angabe, dass in Wasser suspendirtes Synantherin durch Jod blau werde. Wenn *Gaultier de Claubry* meint, Inulin färbe sich mit Jod gelbgrün und seine Körnchen hielten eine gewisse Menge Jod zurück, so stehen dem neuere zuverlässigere Angaben von *Schacht* und *Sachs* entgegen, nach welchen die Körnchen nur gerade so gelb gefärbt werden, wie die umgebende Flüssigkeit es ist. *Jod ist ohne alle Farbenreaction auf Inulin.* — *Berzelius* behauptet, dass Jod das Inulin in Wasser löslich mache. Umgekehrt finden wir bei *Pelouze & Fremy*[1]), Inulin werde durch Jod un-

[1]) «Cours de chim. générale.» T. 3. Paris 1850.

löslich gemacht. Wie *Berzelius* zu seiner Ansicht gekommen ist, kann ich nicht angeben. Ich habe Inulin mit einer Lösung von Jod in Jodkalium tagelang stehen lassen, aber nicht beobachten können, dass diese Flüssigkeit das Inulin in reichlicherer Menge auflöse wie reines Wasser. Auch Jodkaliumsolution allein verhält sich in der Kälte dem Inulin gegenüber wie Wasser. Das gleiche gilt vom Jodwasser.

---

Ueber die Einwirkung des *Kalihydrates* auf Inulin haben *Gaultier de Claubry*, *Payen*, *Braconnot*, *Mulder*, *Berzelius*, *Marquart*, *Loewig*, *Schacht* und *Sachs* Angaben niedergelegt. Alle stimmen darin überein, dass schon eine verdünnte und kalte Lösung des Hydrates Inulin aufnehme. Die so entstehende Solution ist nach *Braconnot* fast, nach *Payen* völlig farblos. Nach *Gaultier de Claubry* ist sie stets etwas trübe aber dünnflüssig. Nach *Braconnot* hinterlässt sie beim Verdunsten gummösen Rückstand. Sie wird nach den beiden letztgenannten Autoren und *Marquart* durch Wasser nicht getrübt, doch scheide concentrirte Schwefelsäure aus ihr einen Niederschlag ab, den *Braconnot* für unverändertes Inulin erklärt (*Berzelius* redet von der Fällbarkeit durch Säuren überhaupt). *Schacht* und *Sachs* nennen das Inulin in Alkalien löslich, das vom Kali Gesagte gilt demnach auch vom *Natronhydrat*. *Loewig*[1]) meint, aus dem Inulin werde hier stets zuerst Zucker dann Glucinsäure und beim Einfluss von Sauerstoff auf diese bilde sich weiter Apoglucinsäure etc. Reine Inulate, meint *Mulder*, existiren wahrscheinlich nicht[2]). Meine Erfahrungen bestätigen, dass Kalilauge löst. Eine Lauge von 1,274 spec. Gew. nahm bei Zimmertemperatur Inulin innerhalb einiger Zeit zu etwas trüber Flüssigkeit auf, die um so weniger gefärbt war, je reiner das angewendete Inulin war. Wasser, Essigsäure und Schwefelsäure trübten nicht. Ich weiss auch nicht was (etwa ausser Kaliumsulfat) durch Schwefelsäure fallen sollte. Würde wirklich reines Inulin durch die Säure freigemacht, so würde dieses doch zunächst in Lösung bleiben und wäre nur irgendwie ein Ueberschuss von (Schwefel-) Säure vorhanden, so würde diese bald zu Zucker umwandeln. Dagegen bringt

---

[1]) a. a. O. p. 362.

[2]) «Vers. einer allgem. phys. Chem.» Bd. 2 p. 230 und «Scheikund. Onderzoeking.» 1 Deel p. 295. Sollte die bezeichnete Aeusserung *Loewig*'s nicht am Ende auf den an letzterem Orte gemachten Ausspruch *Mulder*'s «De verbindingen van inuline met bases doer de niet krystalliserbare suiker, in inuline meestal vorhanden, in glucinezuur wordt omgezet» zurückzuführen sein, der allerdings etwas anderes besagt? —

schon Zusatz von ½ — 1 Vol. Weingeist in der Kalilösung einen weiss- bis braungelblichen Niederschlag hervor, welcher harzig zusammenballt, sich fest an die Wandungen des Glases legt und welcher vom reinen Wasser gelöst wird. Durch mehrmaliges abwechselndes Fällen mit Alkohol und Wiederlösen in Wasser ist das Kali nicht fort zu schaffen. Das Product reducirt erst dann Kupferoxydhydrat, wenn es mit überschüssiger Schwefelsäure eine Zeitlang erwärmt war. Es enthält demnach kein Glucat des Kaliums. Verdunstet man die alkoholische Flüssigkeit nach der ersten Fällung der Kalilösung und prüft das Verhalten ihres Rückstandes gegen Fehling'sche Lösung, so erhält man weder beim Aufkochen noch beim Stehen bei Zimmertemperatur Reaction von Zucker.

Dass beim Lösen des Inulins in kalter Kalilauge kein Zucker entstehen werde, wird auch schon dadurch wahrscheinlich gemacht, dass solche Kalilösung zugemischte Fehling'sche Flüssigkeit auch nach 24stündigem Stehen in der Kälte nicht reducirt. Wie sehr schwierig es ist, selbst durch längeres Erhitzen von Inulin, Kali und Kupfervitriol auch nur eine geringe Reduction des Kupferoxydhydrates zu erlangen, ist bekannt. Den obenerwähnten Behauptungen *Mulder*'s und *Loewig*'s muss ich demnach entgegentreten.

*Nach meiner Ansicht muss hier gerade mit ziemlicher Bestimmtheit auf das Vorhandensein eines Inulates geschlossen werden.*

Ich habe Inulin in kalter reiner Kalilauge von 1,3 spec. Gew. gelöst und die Lösung mit 3 Vol. Weingeist von 90% Tr. versetzt, den Niederschlag mit Weingeist ausgewaschen und wieder in wenig Wasser gelöst. Die Lösung wurde im Vacuum über Schwefelsäure verdunstet. Es hinterblieb eine ziemlich amorphe Masse. 0,5559 Grm. derselben hinterliessen nach dem Erwärmen auf 90° 0,5292 Grm. (4,83% Verlust) und diese nach weiterem Erhitzen auf 110° 0,5160 Grm. (in Summa 7,18% Verlust). 0,4780 Grm. lieferten, nach dem Einäschern titrirt, 0,05192 Grm. Kali (11,03% oder 11,70% der trockenen Substanz). Obige 0,5559 Grm. gaben, ebenfalls verbrannt und das Kali als Kaliumplatinchlorid bestimmt, 0,3639 Grm. desselben = 0,07014 Grm. $K^2O$ (12,59% oder 13,59 % der trockenen Substanz). 0,9042 Grm. einer anderen Probe desselben Präparates, welche wochenlang über Schwefelsäure im Vacuum gestanden hatte, verloren beim Erwärmen auf 110°—0,0411 Grm. (4,55%), dieselben lieferten 0,6757 Grm. Kaliumplatinchlorid (14,36% Kali). 0,6639 Grm. dieser letzten Masse gaben, nach dem Erwärmen mit Schwefelsäure titrirt (68 CC. 10 CC. Fehling'scher Lösung = 6,4 CC. davon), die 0,5296 Grm. Inulin entsprechende Zuckermenge (79,77%),

Verbindung $C^{12}H^{19}KO^{10}+1\,1/2H^2O$ verlangt 12,13% $K^2O$ und 6,93% Wasser; Verbindung $C^{12}H^{19}KO^{10} + H^2O$ verlangt 12,36% $K^2O$ und 4,21 $H^2O$.

Bei einem Präparate von einer anderen Darstellung fand ich den Trockenverlust bei 90° = 3,78% und wurden beim Erwärmen auf 110° noch weitere 3,46%, in summa 7,24% abgegeben. Der Gehalt an Kali betrug (als K Cl bestimmt) 10,95%.

Bei einem dritten Präparate fand ich 28,4% $K^2O$. Bei diesem letzteren war ein bedeutender Ueberschuss von Kali zum Lösen des Inulins angewendet worden. Ich führe diesen Fall als Beleg dafür an, dass man nicht immer einen Niederschlag erwarten darf, welcher genau die oben erwähnte Zusammensetzung besitzt. Gerade angesichts dieser Thatsache kann ich mich nicht entschliessen aus der Zusammensetzung der oben beschriebenen Kaliumverbindung irgend welche Hypothese über die Moleculargrösse und Constitution des Inulins herzuleiten. Ich halte überhaupt die Acten für diesen Gegenstand durchaus noch nicht spruchreif.

Wenn man gepulvertes Inulin im Autoclaven mit einer *Lösung von 4% Kalihydrat in absolutem Alkohol 24 Stunden erhitzt*, so wird es nicht gelöst. Dagegen löst sich die Masse nach dem Abgiessen des Alkohols und dem Auswaschen mit Weingeist in kaltem Wasser (Unterschied vom Amylum). Die in Wasser gelöste Substanz ist, wenn das Auswaschen mit Weingeist auch recht gründlich ausgeführt war, kalihaltig. Auch so scheint sich demnach eine Kaliumverbindung des Inulins zu bilden.

Kalte *Natronlauge* von 1,12 spec. Gewicht löst das Inulin bei 24stündiger Einwirkung sehr reichlich zu farbloser Solution, die sich gegen Wasser, Säuren und Alkohol wie die Kalilösung des Inulins verhält. Auch sie bewirkt bei gewöhnlicher Temperatur keine Reduction der alkalischen Kupferlösung. Ich glaube auch in den so gewonnenen Lösungen eine Natriumverbindung des Inulins annehmen zu dürfen. Es scheint mir gerade beim Inulin die durch Alkalien bewirkte Metamorphose sehr glatt zu verlaufen und das Bild derselben weit weniger durch secundäre Zersetzungsproducte gestört zu sein, als beim Amylum, Dextrin und bei einzelnen Zuckerarten. Während gerade Inulin den Säuren weit geringeren Widerstand entgegenstellt wie das Amylum, scheint es den Basen gegenüber grössere Resistenz zu besitzen.

Der Niederschlag, den 3 Volumina Alkohol von 90% Tr. in der Lösung des Inulins in Natronlauge bewirkten, entliess, nachdem er im Vacuum getrocknet war, beim Erhitzen auf 90°—4,31% Feuchtigkeit, auf 110° weitere 3,17%. 2,0001 Grm. lieferten 0,8239 Grm. und 1,3440 Grm. 0,5230 Grm. Na Cl = resp. 20,89% und 20,66% $Na^2O$. Die Ver-

bindung $2(C^6H^9NaO^5) + Na^2O + 2H^2O$ würde 19,3% $Na^2O$ und 7,7% $H^2O$ verlangen. Uebrigens muss ich dahingestellt sein lassen, ob hier nicht etwa eine Verbindung $= C^6H^9NaO^5 + H^2O$ vorliegen könnte, die nur durch überschüssiges mitgefälltes Natron verunreinigt ist. Allerdings würde die Verbindung $C^6H^9NaO^5 + H^2O$ 15,3% $Na^2O$ und 8,8% $H^2O$ verlangen. Jedenfalls ist es schwieriger mit Natron Präcipitate von constanter Zusammensetzung zu erlangen wie mit Kali. Die *Inulate des Kaliums und Natriums* sind, wie gesagt, unkrystallinisch, in Wasser leicht-, in Alkohol schwerlöslich. Ihre Lösung in Wasser wird durch Calcium-, Strontium- und Bariumchlorid, durch Magnesium-, Zink- und Kadmiumsulfat und Bleiacetat weisslich gefällt. Nickelsulfat fällt grüngelb, Kobaltsulfat röthlich, Mangansulfat weiss dann schnell bräunlich werdend, Ferrososulfat weiss schnell grün werdend. Eisenchlorid liefert braunen Niederschlag, der sich im Ueberschusse des Fällungsmittels wieder löst, Chromsulfat (violette Modification) fällt grün, Uranylsulfat gelb, Aluminiumsulfat fällt weiss. Hydrargyrosonitrat giebt sogleich einen schwarzen Niederschlag, Silbernitrat einen braunschwarzen, Quecksilberchlorid anfangs einen weissen Niederschlag, der sich beim Umschütteln wieder löst. Auf weiteren Zusatz des Reagens erhält man gelbliches Präcipitat, welches bei mehrstündigem Stehen durch Reduction grünlich wird. Der grünliche Niederschlag, welchen Kupfervitriol im ersten Augenblicke liefert, löst sich beim Umschütteln sogleich wieder auf. Die meisten der genannten Präcipitate sind im Ueberschuss des Alkaliinulates löslich. Wasser zersetzt sie. Ein Theil der Niederschläge wird beim Trocknen schon unter cc. 80° gummös. Einige ziehen auch schnell Kohlensäure aus der Luft an.

Es ist wohl nicht zu erwarten, dass alle diese Niederschläge bestimmte Verbindungen von Inulin und Metall repräsentiren, sondern man darf wohl für einige annehmen, dass sie nur aus Metalloxyd bestehen (Quecksilberoxydul, Silberoxyd.) Jedenfalls habe ich aber mehrere dieser Präcipitate weiter untersucht und mich davon überzeugt, dass sie als Inulate aufgefasst werden dürfen. Leider ist nur ihre Reindarstellung vorläufig nicht möglich, weil eben selbst Wasser sie während des Auswaschens zersetzt, indem der grössere Theil wieder in Lösung geht. Als Beispiel will ich anführen, dass das aus dem Kaliumsalz bereitete, nur kurze Zeit mit Wasser ausgewaschene dann bei 100° getrocknete *Strontiumsalz* 22,6% Strontiumoxyd enthielt (Verbindung $C^{12}H^{18}SrO^{10}$ müsste 25,6% liefern). Das *Calciumsalz* gab, ebenso behandelt, 25,4% Kalk ($C^{12}H^{18}CaO^{10}$ müsste 15,5 haben). Das *Baryumsalz*, welches übri-

gens leichter löslich ist als die beiden obengenannten, gab nur 14,2% Baryt.

Eine *Inulinverbindung des Baryums* haben wir auch in dem Niederschlage zu suchen, welchen Barytwasser in Inulinlösungen hervorbringt. Diesen Niederschlag hat *Gaultier de Claubry* zuerst gesehen. Er beschreibt denselben als in Salzsäure löslich. Nach *Payen* löst sich der Niederschlag auch in Salpetersäure und in Essigsäure. Die Reactionen der so erhaltenen Lösungen, welche *Payen* (1823) beschreibt, können wir übergehen. Nach letzterem Autor und nach *Braconnot*, welcher ihn als käseartig beschreibt, ist der Niederschlag in überschüssiger Inulinsolution löslich, aber durch weiteren Zusatz von Barytwasser wieder fällbar; in Ueberschuss von Barytwasser unlöslich. *Berzelius* sah das Präcipitat in siedendem Wasser sich lösen. Die Unlöslichkeit des Niederschlages bei Ueberschuss von Baryt muss ich bestreiten. Er ist auch dann nur schwerlöslich. In 10 CC. einprocentiger Inulinlösung erhielt ich durch überschüssiges Barytwasser 0,0558 Grm. Präcipitat (bei 100° getrocknet) mit 0,0274 Grm. Baryt = 49,1 % ($C^6H^8BaO^5$ hätte 51,5% **BaO**). Im Filtrate von diesem Niederschlage war nach dem Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure und dem Abfiltriren des Baryumsulfates viel Zucker nachzuweisen, welcher aus der gelöst gebliebenen Baryumverbindung des Inulins stammen muss. Denn unterliess man die Behandlung mit verdünnter Säure und brachte man direct mit alkalischer Kupferlösung zusammen, so erfolgte keine Reduction dieser. Selbst nach mehrtägigem Stehen war das Resultat dasselbe. Auf Zusatz von gleichem Volum Alkohol kann aus solcher Flüssigkeit der grössere Theil des gelöst gebliebenen Baryuminulates präcipitirt werden, aber die Fällung ist auch nur dann ziemlich vollständig, wenn kein Ueberschuss von Inulin, sondern Barytüberschuss vorhanden ist. — 2 Grm. Inulin wurden in 20 CC. Wasser gelöst und mit 25 CC. Barytwasser und 50 CC. Weingeist von 88 % Tr. gemengt. Es fielen 1,0488 Grm. Präcipitat mit nur 0,0869 Grm. Baryt. Auf Zusatz weiterer 25 CC. Barytwasser zum Filtrate wurden noch 2,2149 Grm. Niederschlag (bei 100° getrocknet) gewonnen. 1,0114 Grm. des letzteren lieferten 0,3570 Grm. Baryt (35,3%), 0,6905 Grm. des Niederschlages gaben mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, 0,435 Grm. Zucker = 0,391 Grm. Inulin (56,6% Inulin oder 50,3 % $C^6H^8O^4$). Der Verlust würde 13,4 % Wasser entsprechen. Offenbar entfernt sich die Zusammensetzung dieses Niederschlages bedeutend von derjenigen des zuerst untersuchten und ich will hier ausdrücklich bemerken, dass ich es für Zufall halte, wenn der zuerst analysirte Niederschlag sich auf jene einfache Formel zurückführen

liess. Bei Wiederholung der Versuche habe ich Niederschläge erhalten, welche in ihrer Zusammensetzung bedeutend von den hier beschriebenen abweichen.

---

*Kalk- und Strontiumwasser* fällen nach *Gaultier de Claubry* und *Berzelius* die Inulinlösung nicht.

---

Nach *Marquart* wirkt *Aetzammoniakflüssigkeit* gegen das Inulin nur wie Wasser; auch *Sachs* sagt, dass dieselbe bei 10 — 15° das Inulin selbst innerhalb einiger Tage nicht, erwärmter Salmiakgeist aber sogleich löse. Ich fand den ersten Theil dieser Behauptung selbst für 20-procentige Ammoniakflüssigkeit bestätigt. Aus der warm bereiteten Lösung des Inulins in Ammoniakflüssigkeit fällt Weingeist und Holzgeist das Inulin wie aus einer Solution in reinem Wasser. In einzelnen Fällen habe ich in dem Niederschlage kaum eine Spur Ammoniak aufgefunden, in anderen etwas mehr (siehe früher). Jedenfalls handelt es sich hier aber wohl immer nur um mechanisch festgehaltenes Ammoniak. — Dass festes Inulin auf je 1,155 Grm. von *trocknem Ammoniakgas* 0,038% absorbire, hat *Mulder* gesehen.

---

*Lösung von Kaliumcarbonat* lässt nach *Marquart* sein Synantherin und Sinistrin zergehen. Die so gewonnene Inulinsolution lasse bei vorsichtigem Neutralisiren mit Schwefelsäure das Gelöste wieder fallen. Wasserlösung von *Natrium- und Ammoniumcarbonat* soll nach demselben Autor wie Wasser wirken. Auch ich habe gesehen, dass eine Lösung von 5 Th. Kaliumcarbonat in 12 Th. Wasser bei 15° langsam etwas Inulin zu lösen aber weit weniger als Aetzkalilauge aufzunehmen vermag. Eine kaltgesättigte Sodalösung löste zwar Anfangs auch etwas Inulin, schied dasselbe aber nach einigen Tagen scheinbar vollständig als weisses Pulver wieder aus. Ammoniumcarbonat 1 : 8 in Wasser gelöst, verhält sich ähnlich wie Aetzammoniak.

---

*Boraxsolution* verändert Inulin nicht, namentlich bewirkt sie in concentrirter Wasserlösung desselben keine Verdickung wie beim Arabin.

---

*Kaliwassergas* fällt nach *Gaultier de Claubry* die Inulinlösung eben so wenig wie eine concentrirte Lösung von *Thonerdehydrat in Kalilauge*. Nach meiner Erfahrung lösen im Gegentheil *Kali- und Natron-Wasserglas* sowie *Solutionen von Thonerdehydrat in 30procentiger Kali- und Natronlauge* schon in der Kälte Inulin, nachdem sie dasselbe zuvor in einen etwas aufgequollenen Zustand versetzt haben. Uebrigens erfolgt die Aufnahme sparsamer als in Kali- oder Natronlauge allein.

---

Lösung von *Zinkchlorid* in Wasser (1 : 2) löst schon in der Kälte das Inulin, die Lösung reducirt aus alkalischer Kupferlösung kein Oxydul. Weingeist fällt aus derselben weissen Niederschlag.

---

Durch Kochen einer Inulinlösung mit *Bleioxyd* erhielt *Mulder* klare Lösung, welche beim Verdunsten weisse Flocken gab, die seiner Angabe zufolge in 0,748 Grm. 0,200 Grm. Bleioxyd enthielten. Bei halbstündigem Kochen der Inulinlösung mit Bleioxyd beobachtete er Zersetzung derselben.

---

*Funke* sagt, dass Inulinlösung durch *Bleiacetat* gefällt werde (1809). *Payen* und *Parnell* behaupten, das *neutrale Bleiacetat* fälle die Inulinlösungen nicht. Ich habe letztere Angaben bestätigen können. Wenn *Parnell* auch behauptet, dass eine Lösung von *basischem Bleiacetat* keinen Niederschlag bedinge, so hat das ebenfalls seine Richtigkeit. *Funke*'s abweichende Beobachtung erkärt sich daraus, dass er unreines Inulin anwendete. Ich habe schon pag. 38 gezeigt, dass dem Synantherenschleim, welcher so häufig dem Inulin beigemengt ist, diese Reaction gegen neutrales und basisches Bleiacetat zukommt. Aus einer Inulinlösung präcipitirte *Parnell* (a. a. O.) dagegen mittelst einer *ammoniakhaltigen Bleiacetatlösung* einen voluminösen Niederschlag, welcher beim Erwärmen theilweise löslich war. Er will beobachtet haben, dass Inulinsolution entweder einen Niederschlag $= C^{24}H^{42}O^{21} + Pb^5O^5$ oder $= C^{24}H^{42}O^{21} + Pb^3O^3$ geliefert habe. (Durchschnittlich fand er in einem Niederschlage 16,65% C; 2,44% H; 62,43% PbO und im anderen 22,46% C; 2,94% H; 51,23% PbO.) Die Bedingungen, unter welchen der eine und andere der Niederschläge, zwischen welchen er niemals intermediäre Verbindungen oder Gemenge erhalten haben will, entständen, vermag er nicht anzugeben. Er frägt, ob nicht vielleicht 2 isomere Zustände des

Inulins existiren, von denen der eine 3, der andere 5 **Pb O** zu binden im Stande sind. *Parnell* sagt weiter, dass seine Niederschläge wasserhaltig gewesen, dass sie bei 100°, respective 2% und 7% Wasser geliefert hätten. Die theoretischen Ansichten, welche *Parnell* aus den mitgetheilten Beobachtungen hinsichtlich der Constitution des Inulins folgert, dürfen wir hier übergehen, nachdem *Croockwit* (a. a. O.) bewiesen hat, dass die bei 2 Versuchen aus demselben Inulin gefällten Bleiverbindungen *keine* gleiche Zusammensetzungen besitzen, d. h. in den Combinationen des Bleies mit dem Inulin dieselbe Unbeständigkeit der Zusammensetzung existirt, wie bei denjenigen anderer Combinationen dieses Metalles mit organischen Stoffen (Schleim etc.) Er löste Inulin aus Dahlia und Enula in gleich viel warmem Wasser, theilte jede Lösung in zwei gleiche Theile, fällte nach dem Erkalten in kohlensäurefreier Luft jede der 4 Portionen mittelst Bleiacetat und Ammoniak, presste (wusch aber nicht aus, damit das Wasser keine secundäre Zersetzung bedinge), trocknete in einem Raum, in dem Schwefelsäure und Aetzkali sich befanden und dann bei 100°. Alle Niederschläge waren ungleich zusammengesetzt und keiner hatte die Zusammensetzung der von *Parnell* analysirten Präcipitate. *Croockwit* fand

| | C | H | O | PbO |
|---|---|---|---|---|
| Niederschlag aus Enulainulin I | 21,52 | 2,85 | 22,56 | 53,07 |
| „ „ „ II | 19,13 | 2,39 | 20,61 | 57,87 |
| „ „ Dahlieninulin I | 25,20 | 3,32 | 27,56 | 43,92 |
| „ „ „ II | 17,28 | 2,16 | 18,32 | 62,14. |

Das Filtrat von diesen Niederschlägen gab, nachdem es mit Schwefelwasserstoff entbleiet worden war, verdunstet, einen dem Inulin ähnlich zusammengesetzten Rückstand, welchen *Croockwit* für ein Gemenge von Inulin mit einer in Wasser und Weingeist leichtlöslichen Substanz hält. Uebrigens will *Croockwit* bei längerem Kochen Bleisalze durch Inulin zu Metallflittern reducirt und einen Theil des letzteren in Glucinsäure, selbst in Ameisensäure umgewandelt haben. Er vermuthet, dass die Differenz in der Zusammensetzung der Niederschläge hiedurch bedingt werde.

*Kupfersulfat* fällt nach *Payen* das Inulin nicht. Erst nach langem Kochen der Kupfersalzlösungen mit Inulin soll nach *Croockwit* Reduction stattfinden. Den *durch Kalihydrat in Kupfervitriolsolution hervorgebrachten Niederschlag* löst Inulin, auch verhindert es das Zustandekommen desselben. Es bewirkt aber in der Kälte keine Reduction zu Kupferoxydul. Selbst beim Kochen tritt eine solche erst sehr langsam ein. Die Angabe *Bouchardat*'s (a. a. O.), der zufolge Inulin auf das

«Reagens von Frommherz» (i. e. Kupfervitriol und Kali) ähnlich dem Rohr- und Traubenzucker reagiren soll, ist hiernach zu berichtigen. *Fehling'sche Lösung* liefert in der Inulinlösung eben so wenig ein Präcipitat wie *ammoniakalische Kupferlösung*. Umgekehrt löst *Kupferoxydammoniak* (*Schweitzers* Reagens) nach *Cramer*[1]), *Schlossberger*[2]), *Schacht und Sachs* (a. a. O.) allmählig das feste Inulin. Solche Lösung setzt nach *Schlossberger* nach einiger Zeit einen blauen amorphen Niederschlag ab, welcher in Wasser und Ammoniak unlöslich, in Weinsäure und Salpetersäure löslich ist.

---

*Nickeloxydulammoniak* löst nach *Schlossberger*[3]) festes Inulin allmählig.

---

*Wismuthoxydhydrat* wird nach meiner Erfahrung beim Kochen und bei gleichzeitiger Anwesenheit von Soda nicht oder doch nur äusserst langsam reducirt.

---

In wässrigen Inulinlösungen bringen nach *Payen Baryumchlorid*, *Ferroso- und Ferridsulfat*, *Hydrargyroso- und Silbernitrat*, *Gold- u. Platinchlorid* keine Niederschläge hervor, doch reducirt Inulin nach *Croockwit* das Silbernitrat beim Kochen allmählig. Ich sah schon in kalt aufbewahrter Mischung mit Silbernitrat innerhalb 24 Stunden eine röthliche Färbung aber keinen Niederschlag entstehen. Die Mischung desselben Inulins mit Gold- und Platinchlorid, sowie *Palladiumchlorür* blieb innerhalb dieser Zeit unreducirt. In Mischung mit Hydrargyrosonitrat sah ich innerhalb 24 Stunden sehr geringe weissliche Trübung auftreten. *Quecksilberchlorid*, *Zink-*, *Aluminium-*, *Chromid- u. Uranylsulfat* fällen nicht. Wenn *Funke* Fällbarkeit des Inulins mit Ferrososulfat und mit Alaun behauptet, so beruht das wiederum darauf, dass er unreines Inulin zur Verfügung hatte. Ammoniakalische Silberlösung wird durch Inulin leicht reducirt.

---

Schon *Gaultier de Claubry* behauptet, dass in Inulinlösung durch *Galläpfelauszug* ein Niederschlag hervorgerufen werde. Sowohl *Braconnot* als *Payen* stimmen später darin überein, dass dieser Nieder-

---

[1]) Journ. f. pr. Chem. Bd. 73. p. 16.
[2]) ibid. p. 373.
[3]) ibid. p. 370.

schlag erst innerhalb einiger Stunden entsteht. (*Payen* sah ihn auf Zusatz von Galläpfeltinctur nach 7 Stunden eintreten, ich in etwa 1procentiger Lösung erst innerhalb 24 Stunden.) *Payen* beschreibt ihn als leicht, schuppig, bei 50° in Wasser löslich. *Braconnot* behauptet, dass der Niederschlag Inulin und Gerbsäure nur gemengt, nicht verbunden halte. *Pelletier* und *Caventou* [1]) wollen (1820) bei Gelegenheit ihrer Untersuchung der Colchicumknollen gesehen haben, dass der Inulinniederschlag der Gerbsäure sich von demjenigen des Stärkmehls dadurch unterscheide, dass letzterer bereits bei 50° in Wasser löslich sei, der des Inulins erst nahe dem Siedepunkte. Diese letzteren Angaben sind ungenau, wie die ganze vermeintliche Auffindung des Inulins neben Amylum in den Colchicumknollen.

---

*Pelletier* und *Caventou* behaupten bei obiger Gelegenheit auch, dass Inulin, wenn es in einer Lösung vorherrsche, das in Lösung vorhandene (sic) Amylum fälle, dass der Niederschlag ein Gemenge beider Kohlenhydrate repräsentire und dass auf 1 Amylum 9 Inulin nöthig wären. Sei Inulin in geringerer Menge vorhanden, so bleibe dieses in Lösung. Diese Angabe, der gar keine Bedeutung zuerkannt werden kann, wird auch von *Löwig* reproducirt.

---

Nach *Harms* (1852) soll Kohle *das Inulin*, welches in einer wässrigen Lösung vorhanden ist, nicht verändern (und absorbiren)[2]). Dagegen scheint mir Kohle beim Einwirken auf heisse wässrige Levulinlösung den Uebergang des Levulins zu Zucker zu beschleunigen.

---

## Qualitativer Nachweis, Unterscheidung von anderen Stoffen, quantitative Bestimmung des Inulins.

Im vorigen Abschnitte sind bereits die charakteristischen Kennzeichen des Inulins und die Wege, deren wir uns bei seiner Bestimmung bedienen können, so ausführlich besprochen worden, dass wir hier verhältnissmässig schnell über diese Fragen hinweg gehen können. Bei *qualitativer*

---

[1]) Annal. de chim. et de phys. T. 14. p. 69.

[2]) Arch. f. Pharm. II. R. Bd. 69 p. 125.

*Untersuchung des ausserhalb des Pflanzenkörpers vorliegenden Inulins* wäre besonderes Gewicht auf sein Verhalten gegen kaltes Wasser (Schwerlöslichkeit der körnigen Modification — Möglichkeit die gummöse Form durch dasselbe umzulagern), seine Löslichkeit in Wasser von etwa 55° und dass es sich aus concentrirter Lösung beim Erkalten theilweise wieder abscheidet, zu legen. Daneben haben wir auf die Schwerlöslichkeit in Alkohol und Aether, die grössere Löslichkeit in siedendem Weingeist von etwa 45% Tr. zu achten und darauf, dass es beim Erkalten solcher Solution sich theilweise zu den charakteristischen Sphaerokrystallen verdichtet. Sehr wichtig ist die Fähigkeit des Alkohols, Aetheralkohols, Holzgeistes und Glycerins aus den wässrigen Solutionen — sowohl den künstlich bereiteten wie den natürlichen — *Sphaerokrystalle* zu fällen, die um so besser ausgebildet sind, je langsamer die Mischung der Lösung mit ersteren erfolgt und die von kaltem Wasser nicht wieder gelöst werden. Die Eigenthümlichkeiten der Sphaerokrystalle — auch der in *Pflanzentheilen* erzeugten — sind auf pag. 49 erörtert worden. Zur Unterscheidung vom löslichen Pflanzenschleim (Arabin), vom Dextrin, Amidulin, Albumin, Legumin etc. kann dienen, dass die Fällung aus nicht zu concentrirter wässriger Lösung durch 2 Vol. Weingeist von 90% Tr. erst allmählig erfolgt und dass das Präcipitat nicht flockig oder gelatinös ausfällt. Arabin und Dextrin würden sich in kaltem Wasser auch leicht wieder lösen, ihre concentrirte Lösung ist schleimig, die des Inulins nicht. Dass Inulin beim Kochen mit Wasser keinen Kleister bildet, unterscheidet neben den Structurverhältnissen vom Amylum. Von diesem und vom Amidulin weicht Inulin auch durch die Jodreaction ab. Zur Unterscheidung vom Frucht-, Trauben- und Invertzucker dient neben der Geschmacklosigkeit concentrirter Inulinlösung, dem verschiedenen Verhalten gegen Alkohol, dasjenige gegen Wismuthoxydhydrat und Kupferoxydhydrat. Letzteres bietet auch Abweichungen mit demjenigen des Rohr- und Milchzuckers. Wenn Milchzucker durch Alkohol ebenfalls präcipitirt wird, so schützt doch das abweichende Verhalten seines Niederschlages gegen Wasser und die Krystallform desselben vor Verwechselung. Darin, dass Inulin die Fällung des Kupferoxydhydrates hindert, gleicht es dem Dextrin, Rohrzucker und Mannit und weicht es vom Synantherenschleim etc. ab. Die Leichtigkeit, mit welcher Inulin durch sehr verdünnte Schwefelsäure in Zucker umgewandelt wird (pag. 103), lässt es vom Synantherenschleim, Arabin, Amylum unterscheiden. Dass die Inulinlösung linksdrehend ist und nach der Einwirkung verdünnter Säuren noch stärker linksdrehend wird, unterscheidet vom Rohr-, Trauben- und Milchzucker, vom Dextrin, Pflanzenschleim, Amylum etc. Wie

Levulin vom Inulin durch verdünnten Weingeist getrennt werden kann, ist früher gezeigt worden. Da Inulin durch basisches Bleiacetat nicht gefällt wird, kann man mittelst desselben vom Pflanzenschleim trennen. Endlich kann zur Erkennung von Inulinlösungen auch ihr Verhalten gegen Barytwasser und gegen Hefe benutzt werden.

Schon früher (pag. 34) war von den *Inulinklumpen* die Rede, welche wir in getrockneten inulinführenden Pflanzentheilen mikroskopisch darthun können. Das Verhalten der Klumpen gegen Wasser, Alkohol, Aether, Kalilauge, Säuren, Jod, Kupferoxydammoniak, Chlorzink und polarisirtes Licht sind hinreichend besprochen worden. Die Klumpen dürfen auch durch Eisenoxyduloxydlösungen nicht blauschwarz oder grün gefärbt werden (Unterschied von Gerbsäuren und einzelnen Glycosiden). Aetzammoniakflüssigkeit darf sie in der Kälte nicht lösen (Unterschied von Phlobaphenen etc.), eben so wenig Alkohol oder Aether (Unterschied von Harzen etc.), Hydrargyronitrat darf sie nicht roth, *Fröhde*'s Reagens nicht violett färben und Pigmentlösungen dürfen nicht inbibiren (Unterschied von Albuminaten). Will man Inulin makrochemisch in Pflanzentheilen nachweisen, so extrahire man mit heissem Wasser, fälle aus dem Decoct mit Weingeist und überzeuge sich, dass die gefällte Masse durch etwa 30 — 40 Theile einer warmen verdünnten Schwefelsäure von 1 : 500 bis 1000 gelöst und schnell zu Fruchtzucker umgewandelt wird.

Letzteres ist auch der Weg, den ich zu *quantitativer Bestimmung* einschlage. Die früher benutzte Methode der Abkühlung wässriger Solution ist ungenau, weil 4 — 5% Inulin gelöst bleiben. Etwa 15 — 20 Grm. gepulverter inulinhaltiger Wurzeln werden mit Wasser bis zur Erschöpfung ausgekocht. Zu lange fortgesetztes Kochen ist schädlich, weil es Inulin zu Levulin umwandelt. Wenn *Bibra* bei seiner Untersuchung der Cichorienwurzel (a. a. O.) 3 — 4 Stunden lang erwärmte, so war das mindestens unnöthig. Die filtrirten oder colirten Auszüge werden im Wasserbade zur Syrupconsistenz eingeengt, mit dem 3fachen ihres Volums Weingeist von 85 — 98% Tr. gemengt und 24—48 Stunden kalt gestellt. Das ausgeschiedene Inulin wird abfiltrirt, mit Weingeist von 60—70% ausgewaschen und angenommen, dass in je 100 CC. des Filtrates (nicht des Waschspiritus) 0,1 Grm Inulin gelöst geblieben sind, die man später in Rechnung bringt. Der Inulinniederschlag wird dann wieder mit 30 — 40 Theilen der vorher beschriebenen Schwefelsäuremischung (1 : 80 — 200) etwa ½ Stunde auf 100 ° erwärmt, wenn nöthig filtrirt und später in bekannter Weise der entstandene Zucker durch Titriren mit Fehling'scher Solution ermittelt. Will man das

Filtrat von Inulin zu weiterer Untersuchung auf Levulin benutzen, so muss man sich erinnern, dass dieses noch etwas Inulin enthält. Wenn man wieder eingeengt und beide mittelst absoluten Alkohols präcipitirt hat, so muss man entweder das Levulin mit kaltem Wasser aus dem Niederschlage ausziehen, oder das Inulin auf Grundlage der früheren Ermittelungen in Abrechnung bringen. Das Eindampfen der Levulin haltenden Lösungen muss bei möglichst niederer Temperatur, doch auch möglichst schnell geschehen, weil sonst viel Levulin zu Zucker wird. Letzteres wird sich auch dann selten vollkommen vermeiden lassen und desshalb sind diese Bestimmungen des Levulins nur dann als zuverlässig zu betrachten, wenn kein Zucker gefunden wird. Ist letzterer zugleich anwesend, dann bleibt die Frage ob und wieviel Levulin durch die chemische Manipulationen gebildet wurde, zu lösen. Bei schon getrockneten Pflanzentheilen wird man zu diesem Zwecke das möglichst feine Pulver einer anderen Portion mit etwa 92—95procentigem Alkohol kalt extrahiren können, der wenigstens Trauben-, Frucht- und Invertzucker, auf die es hier besonders ankommt, in Lösung bringen wird und auch manche andere Stoffe, welche Irrthümer herbeiführen können, beseitigt. Die Alkohollösung dient zur Bestimmung des Zuckers, der unlösliche Rückstand zur Ermittelung des Levulins und Inulins. Frische Pflanzentheile zerreibe man und bringe den Brei sogleich mit etwa 4—5 Theilen absoluten Alkohols zusammen, den man dann einige Tage kalt einwirken lässt, um später den in ihn übergegangenen Zucker in bekannter Weise zu bestimmen. Frische Wurzeln und Rhizome, in denen Inulin, Levulin und Zucker bestimmt werden sollen, werden überhaupt am besten nicht vor der weiteren Verarbeitung getrocknet, weil auch dabei Levulin leicht zu Zucker wird. Lässt sich das Austrocknen aus anderen Gründen nicht vermeiden, so schneide man wenigstens vorher nicht in Scheiben, sondern trockne die ganzen Stücke unverkleinert. Die Bestimmung des Levulins und Inulins in Form von Zucker halte ich für weit mehr empfehlenswerth als die durch directe Wägung, weil die Niederschläge, namentlich die des Levulins, die letzten Antheile Feuchtigkeit sehr energisch zurückhalten. Dass als Fällungsmittel des Inulins auch Aetheralkohol und Holzgeist vortheilhaft benutzt werden können, habe ich früher (pag. 70) gezeigt.

Hat man einen Pflanzentheil, der frei von Zucker und solchen Substanzen ist, die so leicht als Inulin mit verdünnter Säure Zucker geben, oder hat man diese zuvor, etwa durch Alkohol, beseitigt, so kann man selbstverständlich die Alkoholfällung unterlassen und im wässrigen Aus-

zuge direct nach Ueberführung in Zucker titriren. Letzteres geht z. B. bei Dahlienknollen zur Herbstzeit.

Will man den Synantherenschleim neben Inulin bestimmen, so mag es wohl am besten sein, beide zuvor aus der Abkochung durch Alkohol gemeinschaftlich zu fällen, abzufiltriren und durch Behandlung mit Wasser in zugeschmolzener Glasröhre bei 100 ° Inulin in Zucker umzuwandeln. Aus der Lösung fällt man den Synantherenschleim mittelst Alkohol und im Filtrate titrirt man den Zucker.

## Beziehungen des Inulins zu anderen Kohlehydraten. Bedeutung desselben für die Pflanzen.

Das Inulin ist schon seit Jahren mit dem Amylum, dem Rohrzucker, einzelnen Formen des Pflanzenschleimes und gewissen Glycosiden in Parallele gebracht worden. Man hat es für ein *Vorrathsmaterial* erklärt, welches die Pflanze in ihrer Vegetationsperiode aufsammelt, und bei der Neubildung von Trieben verbraucht. Die Beweise für diese Ansicht hat man, abgesehen von der Zusammensetzung, namentlich darin gesucht, dass

1) das Inulin in mehrjährigen Gewächsen — bis jetzt nur der Compositenfamilie — nachgewiesen worden und dass es in diesen im Parenchym solcher Theile vorkommt, welche im Winter nicht absterben;

2) dass das Inulin in diesen sich während des Sommers ansammelt, im Herbste am reichlichsten findet und während des Winters sich ziemlich in gleicher Menge erhält, dagegen sobald im Frühjahre die Entwickelung neuer Triebe beginnt, ganz oder theilweise schwindet.

Ein Blick in die früher zusammengestellte Literatur des Gegenstandes belehrt uns, dass diese beiden Sätze allerdings bisher nicht auf Grundlage genauer quantitaver Analysen ausgesprochen worden sind. Man hat sich zu sehr durch die Uebereinstimmung mit dem Amylum verleiten lassen, das für dieses Ermittelte auch auf das Inulin zu übertragen und mit qualitativen Versuchen begnügt. Indessen stehen die neuerdings in verschiedenen Entwickelungsstadien ausgeführten Quantitätsermittelungen des Inulins dieser Meinung nicht im Wege. Aber diese und die schönen Untersuchungen von *Sachs* ermöglichen uns auch noch einige weitere Einblicke in die Entstehungs- und Verwendungsweise des Inulins. Ich möchte namentlich auf folgende Punkte hier aufmerksam machen.

1) *Das Inulin findet sich, wie es scheint, nicht in den Samen solcher Pflanzen, deren unterirdische Theile dasselbe beherbergen* (Cicho-

rium, pag. 11 und Helianthus annuus pag. 17). Vielleicht kommt in ihnen hie und da Levulin vor.

2) *Inulin kommt, soviel wir bisher ermitteln konnten, in den oberirdischen grüngefärbten Pflanzentheilen, weder während der Vegetationsperiode, noch falls solche den Winter überdauern, in dieser Jahreszeit in ihnen vor, oder es findet sich wenigstens auf einmal nicht in so grosser Menge, dass wir es nachweisen könnten.* (Vergl. z. B. pag. 21 und 22.) Dagegen sieht man nach *Sachs*[1]) in den grün gefärbten Pflanzentheilen solcher Pflanzen, die Inulin enthalten, Stärkmehl in derselben Weise entstehen und wieder schwinden, wie bei inulinfreien. Die Vermuthung, dass auch in jenen das Vorrathsmaterial als Amylum durch die Chlorophyllkörner producirt werde, um dann im Parenchym, welches die Gefässbündel der Blattstiele, Aeste und Stämme umgiebt, von Zelle zu Zelle in die unterirdischen Theile hinabzusteigen, findet hierin ihre Stütze. Auch *Sachs* hatte schon (1859) die Ansicht vertreten, dass Amylum zu Inulin umgeformt werden könne.[2]) Nur die Verbindungsform, in der das Amylum sich in der einen Zelle verflüssigt, um in der nächsten sich wieder abzuscheiden und endlich die Zwischenform zum Inulin ist uns unbekannt. Dass Levulin hierbei eine Rolle übernahm, ist für die oberirdischen Theile der mehrjährigen Synanther nicht sehr wahrscheinlich, denn es findet sich, soweit ich urtheilen kann, in der eigentlichen Vegetationsperiode in ihnen nicht in nachweisbarer Menge (vgl. pag. 10). Weit eher scheinen Zucker und einzelne Glycoside hierbei mitzuwirken. In Blättern, welche wie die des Taraxacum unseren Winter überdauern, kommt möglicherweise um die genannte Jahreszeit Levulin vor. Und in den unterirdischen Theilen der Dahlia und Topinambur findet es sich ebenfalls neben Zucker (vgl. später).

3) *Keimende Samen von Cichorium führen, wenn sich die Cotyledonen entfalten, kein Inulin.* Ich habe das an Exemplaren darthun können, die ich auf Filtrirpapier keimen liess.

4) *Nachdem der Same von Cichorium gekeimt hat, beginnt, sobald die plumula sich gestreckt und neue Blätter entwickelt hat, auch schon die Ablagerung von Inulin in den unterirdischen Theilen der Pflanze, aber der Procentgehalt der diesen letzteren zuzuweisenden Trockensubstanz an Inulin ist später grösser als im Anfang.* Wie ich nachgewiesen

---

[1]) Als Quelle für diese und die noch folgenden Aussprüche *Sachs'* nenne ich die Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. 3. p. 183 und namentlich p. 219, 228 und 232 und die Annal. der Landwirthsch. f. d. k. preuss. Staat. Jg. 21. Bd. 41. p. 42.

[2]) «Grundriss d. Anat. und Phys. d. Pfl.» Berlin. *Müller* 1859. pag. 16.

habe, nimmt dieser Procentgehalt gegen den Herbst hin stetig zu. Wir hatten bei dem Ende April 1869 ausgesäeten Cichorium folgende Zahlen ermittelt.

| Datum. | Mittlere Länge der Wurzeln. | Mittlerer Durchmesser der Wurzeln. | Mittleres Gewicht einer Wurzel. | Eine Wurzel hat Trocken-Substanz. | Eine Wurzel hat Inulin. | Der Inulingehalt macht aus % der frischen Substanz. | der trockenen Substanz. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10. (22.) Juni | 150 Mmtr. | 5 Mmtr. | 1,6 Grm. | 0,193 Grm. | 0,0093 Grm. | 0,58 | 4,82 |
| 30. Juni (12. Juli) | 240 „ | 14 „ | 11 „ | 2,15 „ | 0,786 „ | 7,14 | 36.53 |
| 21. Juli (2. Aug.) | 260 „ | 22 „ | 26,8 „ | 5,497 „ | 2,452 „ | 9,15 | 44,61 |
| 20. August (1.Sptbr.) | 255 „ | 22 „ | 30,7 „ | 9,02 „ | 4,014 „ | 10,07 | 44,49 |

5) *In den verzweigten Wurzeln mehrjähriger Gewächse ist das Inulin ungleich vertheilt.* Reichlicher findet es sich hier in den jüngeren fleischigen, als in den älteren holzigen Theilen (vergl. Enula pag. 7, Dahlia pag. 22 und später unter 10).

6) *Cultivirte haben grösseren Inulingehalt als wild gewachsene Exemplare derselben Pflanze.*

7) *Es scheint Pflanzen zu geben, in welchen das Inulin zur Herbstzeit das einzige Kohlehydrat ist, welches als Vorrathsmaterial dient.* Zu diesen rechne ich Dahlia, Inula, Bardana und Cichorium. Im Taraxacum ist noch eine andere zuckergebende Substanz vorhanden, deren Bedeutung noch nicht ermittelt werden konnte. In den Topinambur findet sich nach *Sachs* auch zur Herbstzeit Amylum und wahrscheinlich — wenigstens mitunter — Zucker.

8) *Schon ehe im Frühjahre aus den unterirdischen Pflanzentheilen inulinhaltiger Gewächse neue Triebe hervorbrechen, erfährt das Inulin eine Metamorphose zu Levulin* — vielleicht auch hier und da Zucker. Ich will hier absehen von den im Keller überwinterten Dahlien (in denen übrigens bereits *Sachs* eine in vielen Reactionen mit dem Dextrin übereinstimmende Substanz gesehen hatte, die sicher Levulin war) und den Topinambur, welche ich nicht sogleich, nachdem sie aus der Erde genommen waren, untersuchen konnte. Aber ich kann zum Beleg des Gesagten auf die Taraxacum und Bardana hinweisen, die ich beide vor dem Austreiben untersucht habe. Ich fand bei Taraxacum im October 1868 auf bei 100 ° getrocknete Substanz berechnet 24,32 % Inulin und kein Levulin (aber zucker- und glycosidartige Stoffe), am 18. (30.) März

1869 bei Wurzeln von derselben Localität nur 1,74 % Inulin, aber 18,7 % Levulin und 17,0 % Zucker. In der Bardana fand ich October 1868 — 19,07 % und am 7. (19.) Mai 1869 kein Inulin aber 11,52 % Zucker plus Levulin.

9) *Das Maximum der Inulinmetamorphose zeigt sich später, wenn im Frühjahre die Neubildungen beginnen. Während zuvor oft noch die Summe des Inulins, Levulins und eventuell des Zuckers gleichkommt der Menge des im Herbste ermittelten Inulins, so lässt sich nun häufig eine Abnahme in der Menge dieser Kohlehydrate darthun.* Das Taraxacum in der Localität wie früher hatte am 28. März (9. April) 1869 schon einige neue Blättchen entwickelt und im Grunde der Blattrosette wurden schon Knospen des Blüthenstandes sichtbar. Das Inulin war nun auf 1,2 % reducirt, Levulin auf 12 %, Zucker etc. auf 11,5 %. Von der Inula hatte ich im Herbste 1868 vom Gewichte der Trockensubstanz 44,3 % als Inulin constatirt; am 29. April (11. Mai) 1869 hatten sich 27,5 % unverändertes Inulin vorgefunden und soviel Levulin + Zucker wie 19,3 % Inulin gleichkommen. Es kann zwar nicht zugestanden werden, dass das Inulin ausschliesslich zur Bildung von Zellstoff verbraucht wird, aber ein nicht geringer Theil des wirklich consumirten wird sicher dazu verwendet. Das Wie dieser Umwandlung ist nicht ganz klar, aber das darf wohl mit Sicherheit angenommen werden, dass kein directer Uebergang des Inulins zu Cellulose vorkommt, dass selbst in die Metamorphosenreihe: Inulin, Levulin, Zucker, Zellstoff noch mindestens ein Glied, das Stärkmehl eingeschoben werden muss. Ob wir seine Stelle nach dem Levulin zu suchen haben, mag unerörtert bleiben. Jedenfalls hat *Sachs* unzweifelhaft dargethan, dass das Amylum im Momente, wo die Neubildung von Trieben beginnt, wieder reichlicher auftritt, wie das ja auch in Pflanzen beobachtet worden ist, in denen Rohrzucker als Vorrathsmaterial vorkommt.

10) *Die Veränderung des Inulins findet in den einzelnen Theilen eines Wurzelsystemes nicht zu gleicher Zeit und nicht gleich reichlich statt* (vergl. Inula pag. 7 und Dahlia pag. 22). Wir hatten da bei der Inula am 27. April (11. Mai) 1869 in

| | Vom Gewichte der Trockensubstanz | |
|---|---|---|
| | Inulin. | Levulin und Zucker als Inulin berechnet. |
| jüngeren Wurzeln | 27,5 % | 19,3 % |
| älteren Wurzelästen | 5,44 % | 40,2 % |

und bei der Dahlia (die allerdings nicht in der Erde überwintert war) am 14. (26.) März:

| | Trocken-substanz. | Vom Gewichte der Trockensubstanz In Wasser Lösliches. | Inulin. | Levulin. | Zucker. |
|---|---|---|---|---|---|
| Mittelstock 54 Grm. | 19 % | 17,4 % | cc. 2,4 % | cc. 0,72 % | wenig. als 0,5 % |
| Mutterknollen 109 Grm. | 8,3 - | 47,1 - | kein | 4,69 - | 21,1 - |
| Nebenknollen 474 Grm. | 10,48 - | 37,5 - | 1,95 - | 17,1 - | 14,4 - |

In den Theilen, welche den Trieben zunächst gelegen sind, ist der Verbrauch an Inulin in seinen nächsten Zersetzungsprodukten reichlicher, als in den entfernter gelegenen.

11) *Die Metamorphose des Inulins verläuft je nach den verschiedenen Bedingungen, unter denen sich die Pflanze während des Frühjahres befindet, verschieden.* Das beweisen namentlich die pag. 20—23 erwähnten Versuche mit Dahlia.

Ich fand vor dem Austreten der Knospen:

| im Herbste frisch ausgegraben: | bis zur 1. Woche des Jan. im Keller aufbewahrt: | bis zur 1. Woche des Mai im Keller aufbewahrt: |
|---|---|---|
| 34,16 % Inulin. | 24,10 % bis 26,08 % Inulin. | 21 % Inulin und 22,5 % Zucker plus Levulin. |
| 42,51 - - | 36,59 % Inulin. | 14,56 % Inulin u. 34,9 % Zucker plus Levulin.[1]) |

Als Knospen durch Aufbewahren in Zimmertemperatur, Benetzen der unteren Knollentheile und späteres Bespritzen mit Wasser hervorgerufen waren, fand ich bei dem Exemplare, welches am 21. October (2. November) 34,16 % Iuulin hatte, am 3. (15.) Januar 25,06 % Levulin, annähernd 10 % Zucker und kein Inulin, am 13. (25.) Januar 17,08 % Levulin, ferner 3,14 % Zucker und kein Inulin.

Bei einem ähnlichen Versuche, bei dem ein Theil der Knollen in Wasser tauchte, fand ich mit einer Knolle von derselben Localität:

| | Inulin. | Levulin. | Zucker. |
|---|---|---|---|
| am 3. (15.) Januar vor dem Eintauchen | 27,6 % | vorhanden. | keinen. |
| am 31. Januar (12. Februar) nach dem Eintauchen | 7,62 - | 9,30 % | 2,24 % |

Andere Knolle, die anfangs nur in feuchter Luft lag und dann erst in Wasser getaucht wurde:

[1]) In beiden Rubriken als Inulin berechnet.

| | Inulin. | Levulin. | Zucker. |
|---|---|---|---|
| am 3. (15.) Januar vor dem Eintauchen | 36,59 % | vorhanden. | keinen. |
| am 4. (16.) März nach dem Eintauchen | 9,03 - | 6,88 % | 6,46 % |
| am 4. (16.) April | 5,79 - | 6,29 - | 7,23 - |

Aufbewahren in feuchter, warmer Treibhausluft veränderte während des Winters den Gehalt der Knollen von 42,51 % Inulin auf 1,95 % Inulin (plus 17,1 % Levulin und 14,4 % Zucker). Aufenthalt in minder warmer und feuchter Luft während 2 Monate verminderte den Gehalt von 24,1 % Inulin (im Herbste hatte sie gegen 34 %) auf 5,29 % Inulin (plus 11,1 % Levulin und 0,69 % Zucker).

Dass selbst, wenn die Dahlienknollen ausserhalb des Bodens gefrieren, keine sehr beträchtliche Metamorphose zu Zucker eintritt, dafür habe ich ebenfalls schon auf pag. 23 einen Beweis beigebracht. Ich bin der Ueberzeugung, dass bei den in unserm Klima überwinternden Synantheren der Frost die Umwandlung des Inulins zu Levulin und Zucker nicht bewirkt.

12) Bei aufmerksamer Beurtheilung der bisher mitgetheilten Analysen mehrjähriger Compositen, tritt uns die Thatsache entgegen, *dass diese Pflanzen weit mehr Inulin produciren, als sie für ihre Frühjahrsneubildungen verbrauchen. Auch zu Levulin (und Zucker), nicht aber zu Stärkmehl scheinen sie weit mehr Inulin im Frühjahre umzusetzen, als hiezu nöthig ist.* Wenn nicht besonders unglückliche Verhältnisse obwalten (Zerstörung der zuerst entwickelten Triebe etc.), so wird weit früher schon wieder hinlänglich Baumaterial durch die grüngefärbten Theile producirt, als der Vorrath der unterirdischen Theile erschöpft ist. Rechnet man das Levulin und den Zucker auf Inulin zurück, so findet man sogar, dass meistens nur ein verhältnissmässig kleiner Bruchtheil desselben verbraucht wird. *Nicht verbrauchtes Inulin und Zucker scheinen dann wieder* — aber langsam — *zu Inulin zurückverwandelt zu werden.* Wenigstens fand ich in Dahlien (Mitte Juli) und Topinambur (Ende Juli), nachdem sie schon mindestens 10 Wochen in der Erde gestanden hatten, noch Zucker und Levulin. Bei den Dahlien waren sie sowohl in den Tochter- wie in den Mutterknollen. Zu Anfang August fand ich in einer jungen Knolle der Dahlia mit 16,7 % Trockensubstanz die Vertheilung so, dass 22,2 % vom Gewichte der Trockensubstanz als Inulin und (als Inulin berechnet) 29,0 % derselben als Levulin plus Zucker angenommen werden können. Um dieselbe Zeit fand ich bei den Topinambur, die ich im Garten cultivirte:

| | Gewicht. | Trockensubstanz in Procenten. | Inulin in Procenten. | Levulin plus Zucker[1]) der Trockensubst. |
|---|---|---|---|---|
| Hauptrhizom | 56 Grm. | 24,4% | 8,42% | 11,35% |
| Fibrillen | 26 - | 18,5 - | höchstens 4,5% | 3,71 - |
| Stolonen mit den Anfängen der Knollen | 19,5 - | 12,7 - | 9,26% | 23,7 - |

In der Taraxacum, welche ich am 4. (16.) Mai zur Blüthezeit untersuchte, war auch schon wieder der Procentgehalt an Inulin auf 5,44 % gestiegen, der von Zucker plus Levulin (als Inulin überrechnet) auf 19,04% gefallen. In einer zur Blüthezeit gesammelten, mehrere Jahre alten Cichorienwurzel, fand ich am 19. (31.) August 1869 bei 29,8 % Trockensubstanz 10,8 % vom Gewichte derselben Inulin neben 5,7 % Levulin und 3,3% Zucker.

*Auch bei zweijährigen Gewächsen scheint im ersten Vegetationsjahre mehr Inulin producirt zu werden, als sie für das nächste Jahr gebrauchen*, der Ueberschuss dann aber nicht nur zu Neubildungen verbraucht zu werden. Es lässt sich z. B. bei Bardana etc. zur Blüthezeit kein Inulin, Levulin oder Zucker mehr darthun. Wie ich glaube, geht hier ein Theil derselben durch Fäulnissprocesse verloren.

14) *Ein Theil des Inulins mag übrigens zur Frühjahrszeit auch in den Synantherenschleim sich umsetzen*, wenigstens konnte ich in der Enula, Dahlia, Bardana etc. eine Zunahme dieses letzteren zur genannten Zeit erkennen. Auch die Fähigkeit des Inulins direct oder indirect zu *Gerbstoff* und *ätherischen Oelen* zu werden, die *Sachs* (a. a. O.) vermuthet, dürfen wir, wenn wir für sie auch keine rechten Stützpunkte gefunden haben, doch nicht als unberechtigt zurückweisen.

15) Was den Zucker anbetrifft, in den Inulin — wie es scheint, stets durch die Zwischenstufe des Levulins — sich umsetzt, so ist schon von ihm die Rede gewesen. Ich kann keinen Fall nennen, bei dem es in einer Pflanze *nur* zu Fruchtzucker würde. In einzelnen scheint es zu Invertzucker zu werden, in noch anderen müssen wir wohl als sein Zersetzungsproduct besonderen, bisher nicht gekannten, Zucker annehmen (Topinambur), für noch andere Fälle einen Uebergang in Glycoside für wahrscheinlich halten (Taraxacum). Wenn selbst — was ich unentschieden lasse — *Dubrunfaut* richtig beobachtet hätte, dass in Topinambur Rohrzucker vorkommen kann, so behält *Sachs* doch noch immer Recht,

[1]) Levulin plus Zucker als Inulin berechnet.

wenn er die Möglichkeit directen Ueberganges in diesen Stoff bezweifelt. — Was *Kützing* (1851) über die Beziehungen des Inulins zum Bassorin (Inulinzellstoff) spricht, scheint mir vorläufig weiterer Begründung zu bedürfen.[1])

Wunder musste es uns nehmen, wenn das Inulin für eine einzelne Familie die schon angegebene Bedeutung hätte, während die grosse Mehrzahl der Gewächse zu denselben Zwecken Amylum, weit weniger, aber immer noch Vertreter verschiedener Familien Rohrzucker, Glycoside, Pflanzenschleim aufspeichern. Es hat etwas überaus Verlockendes nach dem Warum zu fragen. Auch danach möchte man fragen, weshalb das Inulin nicht direct zu Zellstoff wird. Als ein im Zellsafte gelöster Stoff, dessen Neigung zur Diosmose zwar nicht gross ist, aber doch auch nicht völlig geleugnet werden kann, sollte man meinen, müsste es leichter seine Wanderung zu dem seiner benöthigten Theile ausführen können, als das Amylum, welches in stetem Wechsel zwischen Ausscheidung und Verflüssigung von Zelle zu Zelle dorthin vordringen muss. Und sollten, wenn wirklich vor Entstehung der Cellulose Dextrin oder Zucker vorhanden sein müsste, nur das Dextrin oder der Traubenzucker, welche die Stärke liefert, nicht auch die ihnen so ähnlichen Stoffe, Levulin und Fruchtzucker, welche aus dem Inulin hervorgehen, dazu befähigt sein? *Oder sollte das Inulin oder Levulin neben dieser chemischen Aufgabe noch eine physikalische zu vollziehen haben? — Wenn das amorphe gelöste Inulin oder Levulin des Zellsaftes in das feste Stärkmehlkörnchen sich umsetzt, muss Wärme frei werden. Es handelt sich somit vielleicht um eine Wärmequelle, die ohne Materialverbrauch producirt.* Schade, dass wir keine weitere Bestätigung jener früher erwähnten Angabe *Raspail*'s besitzen, der zufolge die Topinambur unter den Tropen kein Inulin, sondern Stärkmehl aufbewahrt.

---

## Zusätze und Berichtigungen.

Auf pag. 29 bitte ich einzuschalten, dass *Brandes* auch in der radix Aristolochiae grandiflorae Gomez 0,9% Inulin gefunden zu haben glaubt. Die Originalarbeit ist mir nicht zugänglich gewesen.

Zu den auf pag. 31 beschriebenen Versuchen mit Elaphomyces granulatus habe ich hinzuzufügen, dass wenn ich das durch Alkohol aus dem Wasserauszuge der Sporenmasse Gefällte durch verdünnte Schwefelsäure nicht in Zucker umwandeln

---

[1]) Arch. f. Pharm. II. R. Bd. 57 p. 1.

konnte, dies sich daraus erklärt, dass ich die Säure sehr verdünnt und kurze Zeit einwirken liess. Bei längerer Einwirkung etwas concentrirterer Säure entsteht da wohl Zucker. Ich halte mich für verpflichtet hier zu constatiren, dass mir die Untersuchung der Hirschtrüffel meines verehrten Collegen *H. Ludwig* in Jena erst vor 8 Tagen zu Gesicht gekommen ist (Arch. f. Pharm. B. 139, p. 24) und ich freue mich, dass auch er zu der Ueberzeugung gekommen ist, dass in genannter Pflanze kein Inulin vorhanden. *L.* hat ein Kohlehydrat aufgefunden, welches dem Pflanzenschleim nahe steht, aber *rechtsdrehend* ist und welches er *Mycinulin* nennt.

Von Druckfehlern bitte ich auf pag. 24 Z. 20 v. O. «Wurze» in «Wurzel», pag. 61 Z. 8 v. U. «Antoren» in «Autoren», pag. 68 Z. 2 v. O. «Paremchyn» in «Parenchym», pag. 77 Z. 11 v. U. «Synantherinschleim» in «Synantherenschleim», pag. 87 Z. 12 v. U. «Accidität» in «Acidität», pag. 95 Z. 4. v. O. «gedrückt» in «erdrückt» und pag. 96 Z. 11 v. U. «liefern» in «liefert» zu ändern.

Endlich bitte ich zu entschuldigen, dass einige Eigennamen unrichtig geschrieben wurden, so an einigen Stellen «*Croockwit*», pag. 4 «*Caventou*», pag. 5 «*Widnmann*» und pag. 36 «*Thirault*».

Dorpat, den 6./18. December 1869.

Est. A- 17091

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00908873 5

In unserem Verlage erschien ferner von
Schrift:

**Prof. Dr. GEORG DR**

Die gerichtlich-chemische

# ERMITTELUNG VON GIFTEN

in Nahrungsmitteln, Luftgemischen, Speiseresten, Körpertheilen etc.

**Mit 4 Holzschnitten im Text. 1868.**

XXIV, 427 S. gr. 8°. 3 Rbl. (2 Thlr. 20 Sgr.)

Das „Literarische Centralblatt" beurtheilt dieses Werk in № 35, Jahrg. 1869, folgendermaassen:

„Die Arbeit verdient in jeder Hinsicht die Beachtung der Aerzte, insbesondere der Medicinalbeamten und gerichtlichen Chemiker. Sie zeichnet sich aus durch besondere Klarheit der Darstellung derjenigen Methoden, welche wir gegenwärtig besitzen, Gifte nachzuweisen und abzuscheiden, durch eine ebenso umsichtige als einsichtige Kritik der verschiedenen Verfahrungsweisen, durch eine grosse Vollständigkeit des Gebotenen — namentlich sind viele medicinal-polizeilich wichtige Gifte in den Kreis der Betrachtung gezogen — und eigene reiche Forschungen. Das Buch gehört sicher zu den besten, die wir über diesen Wissenszweig besitzen.

Sehr treffend beengt der Verf. den Kreis, innerhalb dessen dem Chemiker gestattet ist, Schlussfolgerungen zu ziehen: gegenüber den Uebergriffen, die diese nur zu gern sich zu Schulden kommen lassen, ganz gerechtfertigt. Besondere Aufmerksamkeit schenkt Verf. den complicierten Fällen, die ja in Wirklichkeit die häufigsten sind, und führt namentlich aus, wie man kleine Mengen eines Giftes aus grossen Mengen fremder Stoffe gewinnt. In einzelnen Fällen hat Verf. versucht, einen Weg anzugeben, auf dem es möglich, mehrere neben einander vorhandene Gifte zu erkennen und abzuscheiden. Die Darstellung über die Wirkungsweise der Gifte ist knapp gehalten, nur die wichtigeren nach dem Tode sich findenden Symptome werden angegeben, dagegen ist dem Vorkommen der Gifte in den verschiedenen Theilen des Organismus besondere Beachtung geschenkt. — In der Einleitung giebt Verfasser in gedrängter Kürze allgemeine Regeln für gerichtlich-chemische Untersuchung. Der Inhalt des speciellen Theiles ergiebt sich aus dem oben Mitgetheilten. Besonders müssen wir auf den Abschnitt über Alkaloide aufmerksam machen, der als ein vorzüglicher zu bezeichnen ist und ebenso durch lichte Darstellung, wie prägnante Kürze neben strenger Sichtung und vorsichtiger Schlussfolgerung sich auszeichnet; Ref. kennt keinen Artikel, in dem dieser ebenso wichtige als schwierige Gegenstand mit solcher Sorgfalt behandelt wäre, als hier. — Zum leichteren Orientiren dient ein sehr vollständiges und genaues alphabetisches Register."

In gleich anerkennender Weise haben sich über dieses Buch alle übrigen kritischen Stimmen ausgesprochen, so z. B. die «Göttinger gelehrten Anzeigen», das «Archiv für Pharmacie», die «Pharmaceutische Zeitschrift Russlands» etc.

Das Werk ist sowohl durch alle Buchhandlungen zu beziehen wie auch direct von der Verlagshandlung

**Kaiserliche Hofbuchhandlung H. Schmitzdorff**
(KARL RÖTTGER).

St. Petersburg.