Rübenanbau- und Rübendüngungsversuche mit Kalkstickstoff und Chilisalpeter

von Prof. Dr. Klöppel.

Es ist bekannt, daß namentlich bei den Hackfrüchten der Ertrag in hohem Maße von der Sorte abhängig ist. In Frankreich und England hat man deshalb der Zucht der Futterrüben schon seit längerer Zeit große Aufmerksamkeit zugewendet; auch bei uns in Deutschland verwenden die Züchter jetzt große Sorgfalt auf die Verbesserung der Erträge ihrer Zuchten in quantitativer und qualitativer Beziehung: die Rüben werden auf ihren Nährstoffgehalt untersucht, und nur solche werden zur Zucht verwendet, bei welchen die Analyse ein günstiges Resultat ergeben hat. Eine ziemlich beträchtliche Anzahl von Rübensorten ist bereits vorhanden, und die Auswahl der passendsten Sorte ist nicht leicht, da die Zuchten weder in ihren Ansprüchen noch in ihrem qualitativen Werte ausreichend bekannt sind. Jeder gut durchgeführte Anbauversuch vermehrt die Sicherheit der Beurteilung der Sorten und hat nicht nur eine örtliche Bedeutung, sondern auch einen allgemeinen Wert.

Auf dem Versuchsfelde der Höheren Landwirtschaftsschule zu Döbeln sind von Prof. Krantz seit mehreren Jahren Anbauversuche mit verschiedenen Runkelrübensorten ausgeführt worden, so auch im Jahre 1905. Gleichzeitig sollte bei diesem Versuche eine Frage von aktueller Bedeutung beantwortet werden, nämlich die: Wie wirkt gegenüber dem Chilisalpeter Kalkstickstoff, ein Düngemittel, das erst seit kurzer Zeit fabrikmäßig hergestellt wird und atmosphärischen Stickstoff in gebundener Form enthält? Die chemische Bearbeitung dieses Versuches hat der Verfasser übernommen.

Fixierung des freien Stickstoffs der Luft zum Zwecke der Herstellung von Düngemitteln.

Man könnte meinen, daß die Pflanzen an Stickstoff niemals Mangel leiden, denn die den Erdball umgebende Atmosphäre besteht zum größten Teil aus diesem, sie enthält dem Raume nach 78 % Stickstoff. Aber nur eine kleine Gruppe von Pflanzen, nämlich die Hülsenfrüchte, und außer diesen nur wenige andere, die nicht Kulturpflanzen sind, können diesen Luftstickstoff verwerten; alle andern Pflanzen sind auf den Bodenstickstoff angewiesen.

Die wichtigsten stickstoffhaltigen Düngemittel sind Ammoniaksalz und Chilisalpeter. Das erstere Salz wird als Nebenprodukt in den Gasanstalten und in Kokereien gewonnen. 1860 wurden in England 9700 t schwefelsaures Ammoniak produciert[1]), im Jahre 1900 war die Gewinnung dieses Salzes, die inzwischen auch in Deutschland und andern Industrieländern

[1]) Vortrag v. Prof. Dr. A. Frank auf d. VI. intern. Kongr. f. angew. Chemie z. Rom 1906: Über d. direkte Verwertung des Stickstoffs d. Atmosphäre.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

aufgenommen war, auf rund 500000 t im Werte von 100000000 M. gestiegen, und die jährliche Erhöhung der Weltproduktion wird jetzt etwa 25000 t betragen. Die deutsche Landwirtschaft braucht jährlich etwa 40 % von der Gesamtproduktion, also jetzt 260000 t im Werte von 52000000 M. Das Ammoniaksalz konnte jedoch den Bedarf der Landwirtschaft und der Industrie an Stickstoff bei weitem nicht decken; glücklicherweise hatte man noch eine andere Quelle, aus der man schöpfen konnte, nämlich die mächtigen Lager von Natronsalpeter an der Westküste von Südamerika. Diese wurden in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts entdeckt; die Landwirtschaft trat als Konsumentin von Chilisalpeter erst etwa vom Jahre 1860 an auf. Der Verbrauch von Chilisalpeter ist fort und fort gestiegen: im Jahre 1870 gelangten 182000 t zur Ausfuhr, 1890 1025000 t, und jetzt beträgt der Weltkonsum an Chilisalpeter rund 1500000 t im Werte von etwa 300000000 M. Das Deutsche Reich braucht jährlich 500000 t im Werte von 100000000 M; $^4/_5$ hiervon, also 400000 t, im Werte von 80000000 M. verbraucht die deutsche Landwirtschaft.

Wie aus obigen Angaben sich ersehen läßt, ist der Verbrauch an Stickstoffdünger von Jahr zu Jahr gestiegen; bedeutend gestiegen sind aber auch die Durchschnittserträge auf 1 ha. Es ist sicher anzunehmen, daß der durch die Zunahme der Bevölkerung gesteigerte Bedarf an Nahrungsmitteln eine weitere Erhöhung der Erträge und damit eine verstärkte Anwendung von Düngemitteln herbeiführt. Woher soll aber dann der Stickstoff genommen werden? Man nimmt auf Grund neuerer Untersuchungen an, daß die Salpeterlager in Chile in 20—30 Jahren erschöpft sein werden, und es ist sehr fraglich, ob anderswo auf der Erde ähnliche, leicht abzubauende Ablagerungen von Salpeter aufgefunden werden. Die Produktion von Ammoniaksalz, das nur als Nebenprodukt gewonnen wird, ist eine begrenzte, und es ist nicht möglich, nach Erschöpfung der Salpeterlager in Chilie durch Steigerung der Ammoniaksalzproduktion Ersatz zu schaffen. Not macht erfinderisch; und man kann jetzt schon sagen, daß ein Mangel an Stickstoffdünger nicht eintreten wird. Es war natürlich, daß sich beim Aufsuchen einer neuen Stickstoffquelle das Augenmerk auf den atmosphärischen Stickstoff lenkte; es mußte den Chemiker reizen, das ungeheure Stickstoffquantum, welches in der Luft enthalten ist, der Landwirtschaft und der Industrie nutzbar zu machen. Daß dieses Stickstoffquantum ein ungeheures ist, zeigen folgende Betrachtungen: eine einfache Rechnung ergibt, daß in der Luftsäule, welche auf 1 ha Erdoberfläche ruht, mehr als $1^1/_2$ Million Ctr. Stickstoff enthalten sind[1]), und daß die Luft über jeder Quadratmeile der Erdoberfläche genug Stickstoff enthält, um Pflanzennahrung für den Weltverbrauch von mehr als 60 Jahren zu liefern.

Die Versuche, den freien Stickstoff der atmosphärischen Luft in chemische Verbindungen einzuführen und hierdurch nutzbar zu machen, sind nicht neu. Bereits 1785 hatte Priestley gefunden, daß sich der Luftstickstoff unter dem Einflusse des elektrischen Funkens mit Sauerstoff vereinigt; auch war ein Salpetersäuregehalt der Atmosphäre nach Gewittern festgestellt. In den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde von Fownes und Young sowie von Bunsen und Playfair festgestellt, daß beim Überleiten von Stickstoff über ein stark erhitztes Gemenge von Kohle und Alkalien Cyan und Ammoniak gebildet werden. Man versuchte auch diesen Prozeß technisch auszunützen, indem man bei sehr hoher Temperatur Stickstoff über Gemische von Ätzbaryt und Kohle leitete; doch blieben diese Arbeiten nur Laboratoriumsversuche. Erst nachdem von Werner Siemens die Dynamomaschine konstruiert worden war, mit Hilfe deren es gelingt, starke elektrische Ströme und hohe Temperaturen zu erzeugen, war die Grundlage für eine rationelle Verwertung des Luftstickstoffes geschaffen.

Es lag nahe, daß man zunächst den Versuch machte, die in der Luft enthaltenen Elemente N und O durch elektrische Entladungen zu vereinigen. Diesen Weg schlug die Atmospheric Products Co. ein, die zur Erzeugung starker elektrischer Ströme die Kraft des Niagarafalles verwendete. Die Ausbeute, die erzielt wurde, war aber zu gering, die dargestellte Salpetersäure deshalb zu teuer, und der Betrieb wurde im Sommer 1904 wieder eingestellt.

---

[1]) Deutsche Landw. Presse 1903, No. 42, Dr. M. Gerlach u. Prof. Dr. P. Wagner: Neues über die Verwendung des Luftstickstoffs. („Kalkstickstoff").

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Einen andern Weg, um den Luftstickstoff zu binden, schlug Adolph Frank ein. Vor etwa 13 Jahren zeigten Moissan und Willson, daß aus einem Gemenge von Ätzkalk und Kohlenstoff bei starkem Erhitzen im elektrischen Ofen Calciumcarbid CaC_2 entsteht, welches bekanntlich zur Herstellung von Acetylen C_2H_2 dient; eine dem Calciumcarbid gleichartige Verbindung ist das Bariumcarbid BaC_2, dieses entsteht in entsprechender Weise, nämlich wenn ein Gemenge von Ätzbaryt und Kohlenstoff einer hohen Temperatur ausgesetzt wird. Frühere Versuche hatten, wie schon angegeben, gezeigt, daß beim Erhitzen von Ätzbaryt, Kohle und Stickstoff eine Bindung des letzteren stattfindet; Frank gelangte in Hinblick auf die Versuche von Moissan zu der Erwägung, ob dieser Bindung des Stickstoffes nicht vielleicht auch eine vorherige Bildung von Carbid zu Grunde liegt. Zusammen mit N. Caro nahm er deshalb jene Versuche, die sich auf die Bindung des atmosphärischen Stickstoffs bezogen, unter Anwendung von Bariumcarbid und Calciumcarbid wieder auf und zwar mit günstigem Erfolge. Wirkt Stickstoff auf jene Carbide in geschlossenen Retorten bei Rot- bis Weißglut ein, so findet eine Bindung des Stickstoffs statt; wird CaC_2 verwendet, so ist die Gleichung für den chemischen Vorgang folgende: $CaC_2 + 2N = CaCN_2 + C$. Es wurde früher angegeben, daß CaC_2 durch Erhitzen von CaO und C im elektrischen Ofen entsteht; man kann deshalb die Verbindung $CaCN_2$ auch erhalten, wenn man auf jenes Carbidbildungsgemisch, also auf CaO und C in der Glühhitze des elektrischen Ofens Luftstickstoff einwirken läßt; die Umsetzung findet nach folgender Gleichung statt: $CaO + C_2 + N_2 = CaCN_2 + CO$. Die Verbindung $CaCN_2$ heißt Calciumcyanamid, der technische Name ist Kalkstickstoff.

Die Beschaffung des Stickstoffs, der zu jener Reaktion nötig ist, machte zunächst Schwierigkeiten. Die stickstoffreiche atmosphärische Luft konnte nicht ohne weiteres verwendet werden, weil sie O enthält, dieser würde C verbrannt und Ca oxydiert haben. Es mußte also O erst aus der atmosphärischen Luft entfernt werden; man erreicht dies auf zweierlei Weise.[1]) Man leitet Preßluft über Kupferspäne, die in eisernen Retorten zur Rotglut erhitzt sind; das glühende Cu verbindet sich mit O der atmosphärischen Luft zu CuO, und N bleibt übrig. CuO wird durch Leucht- oder Generatorgas reduciert, also in reaktionsfähiges Cu zurückverwandelt. Das andere Verfahren wird in sehr großen Kalkstickstoffanlagen angewendet, wenn billige Wasserkraft zur Verfügung steht. Bei diesem wird N durch fraktionierte Destillation von flüssiger Luft gewonnen, die nach dem Verfahren von Linde erhalten wird. Der Siedepunkt des Sauerstoffs liegt bei — 182°, während Stickstoff bei — 195° siedet; es wird also Stickstoff aus der verflüssigten Luft sich zunächst verflüchtigen.

Das Verfahren der Herstellung von Kalkstickstoff ist unter der Mitwirkung der Firma Siemens & Halske mehr und mehr verbessert worden; diese Firma schuf dann auch unter dem Namen Cyanid-Gesellschaft ein der weiteren Verfolgung der Sache gewidmetes selbständiges Unternehmen. Da die Hauptbedingung für den Großbetrieb billige elektrische Kräfte sind, in Deutschland aber große und billige Wasserkräfte für Gewinnung elektrischer Energie nicht zur Verfügung stehen, so erwarb eine Gesellschaft in Rom sämtliche Patente und baute zunächst in Piano d'Orta die erste große Fabrikanlage, die seit Ende des Jahres 1905 in Betrieb ist.

Das Calciumcyanamid enthält im reinen Zustande 35 % N und bildet weiße, in Wasser lösliche Kristalle. Das technisch gewonnene, unreine Produkt stellt dagegen eine schwarze, durch Kohle und Ätzkalk stark verunreinigte Masse dar, welche 15—25 % N enthält.

Neuerdings wird nach dem deutschen Reichs-Patentverfahren von Ferdinand Polzeniusz ein ähnliches Produkt wie der Kalkstickstoff, nämlich der „Stickstoffkalk" hergestellt.[2]) Man gewinnt ihn, indem man über ein inniges Gemisch von CaC_2 und calciniertem $CaCl_2$ reinen Luftstickstoff leitet. $CaCl_2$ bewirkt, daß bei verhältnismäßig niedriger Temperatur und ausgiebig die Aufnahme des Luftstickstoffs vor sich geht. Der Stickstoffkalk, welcher von der Gesellschaft für Stickstoffdünger in Westeregeln hergestellt wird, bildet wie der Franksche Kalkstickstoff ein schwarzes Pulver, welches nach Angabe der Fabrikanten ca. 22 % N enthält.

---

[1]) Deutsche Landw. Presse 1906, Nr. 76, Apparatur zur Herstellung von Kalkstickstoff.
[2]) Dr. M. P. Neumann: Stickstoffkalk. Magdeburg, Carl Friese.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

In neuester Zeit ist man wieder zu dem Verfahren zurückgekehrt, durch den elektrischen Funken N und O der Atmosphäre zu vereinigen. Das Verfahren ist von Birkeland und Eyde ausgearbeitet worden.[1]) Am Niagara, wo man nach diesem Prinzip arbeitete, mußte der Betrieb eingestellt werden, weil die Ausbeute eine zu geringe war; Birkeland und Eyde verwenden bei ihrem Verfahren neben Elektrizität noch Magnetismus und erzielen so einen befriedigenden Erfolg. Das zu Grunde liegende Prinzip ist, daß der elektrische Lichtbogen, der zwischen 2 Elektroden überschlägt, mittels eines starken Elektromagneten zu einer großen scheibenförmigen Flamme ausgebreitet wird. Durch Benutzung von Wechselstrom werden in schnellen Unterbrechungen mächtige Flammen erzeugt; diese haben einen Durchmesser von 1,8 m, sie befinden sich in einem Chamotteofen, der nur 6—8 cm hoch ist und einen Umfang von reichlich 6 m hat. In diesen Ofen, in dem eine Temperatur von 2500°—3000° herrscht, wird atmosphärische Luft geleitet, und N und O werden hier zu NO vereinigt. Verbleibt dieses einige Zeit im Ofen, so findet wieder eine Zersetzung statt; um diese zu verhüten, werden die Gase schnell abgekühlt und aus dem Ofen herausgesogen. In der Minute durchströmen den Ofen 25 cbm atmosphärische Luft; die aus diesem austretenden Gase sehen ganz braun aus, weil NO durch Aufnahme von O in NO_2 übergeht; trotzdem enthalten dieselben nur 1—2 % Oxyde des Stickstoffs. Die Gase werden dann in einer Reihe von Steintürmen von herabtropfendem Wasser aufgenommen, hierbei bildet sich Salpetersäure. Für diesen chemischen Vorgang läßt sich, wenn man HNO_2 und NO, die sich als Zwischenglieder bilden, nicht berücksichtigt, folgende Gleichung aufstellen: $2NO_2 + O + H_2O = 2HNO_3$. HNO_3 wird dann durch Zusatz von Kalkstein in $Ca(NO_3)_2$ übergeführt.

Die erste Fabrik, welche nach dem angegebenen Verfahren Salpeter aus Luft herstellt, ist 1905 in Norwegen, wo mächtige Wasserfälle zur Erzeugung eines billigen elektrischen Stromes zur Verfügung stehen, in Betrieb gesetzt und zwar zu Notodden im südlichen Norwegen. Der Kalksalpeter wurde in dieser Fabrik zuerst im kristallisierten Zustande mit einem Gehalte von ungefähr $11^1/_2$ % N dargestellt. Ein Mangel, der diesem Salpeter anhaftet, ist die große Hygroskopizität. Man versuchte diesem Mangel abzuhelfen, zunächst dadurch, daß man das Eintrocknen des Nitrats mit Kalk vornahm, man erhielt so basisches Kalknitrat mit einem Gehalte von 8—9 % N. Dieses Produkt ist als wirkliches basisches Nitrat von der Formel $Ca(OH)(NO_3)$ wohl kaum zu betrachten, sondern als Gemisch von Nitrat und Calciumhydroxyd. Dann hat man, um das Zerfließen des Salzes zu verhüten, den Kalksalpeter erhitzt, so daß er im Kristallwasser schmilzt und einen Teil davon verliert. Dieser entwässerte Kalksalpeter mit einem Gehalte von 13 % N kommt jetzt auf den Markt, er hält sich ganz gut trocken.

Es gibt demnach jetzt 3 Düngemittel, welche atmosphärischen Stickstoff enthalten, den Kalkstickstoff, den Stickstoffkalk und den Kalksalpeter; die zwei zuerst genannten sind als gleichwertig zu betrachten. Bei dem Rübendüngungsversuche, über den berichtet werden soll, wurde die Wirkung des Kalkstickstoffs im Vergleich zu der des Chilisalpeters, des wirksamsten Stickstoffdüngers, geprüft; der Kalkstickstoff wurde in dankenswerter Weise von der Cyanidgesellschaft in Berlin zur Verfügung gestellt.

Anbau- und Düngungsversuche mit sechs verschiedenen Runkelrübensorten.

Das Versuchsfeld war 19,5 a groß, es stand in guter Kultur und hatte im Jahre 1904 mit Stalldünger gedüngte Runkelrüben getragen. Es folgten demnach Rüben auf Rüben; es schadet dies aber nichts, denn es macht die Runkelrübe an die Vorfrucht keine besonderen Ansprüche. Im Herbst desselben Jahres wurde das Versuchsfeld wieder mit Stallmist gedüngt, und zwar wurden 165 Ctr. (846 Ctr. auf 1 ha) gegeben und am 24. November untergepflügt. Im

[1]) Isak Bjerknes: Birkeland - Eydes Calciumnitrat.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

darauf folgenden Frühjahr, nämlich am 21. März, wurden 55 Ctr. Staubkalk (282 Ctr. auf 1 ha) ausgestreut und untergepflügt. Das Versuchsfeld wurde eingeteilt in 6 Parzellen zu 3 a und 1 Parzelle zu 1,5 a. Die 6 Parzellen wurden in der Mitte geteilt; die eine Hälfte erhielt 7 // Kalkstickstoff, die andere 9 // Chilisalpeter; die 1,5 a-Parzelle wurde nicht mit Stickstoff gedüngt. Der Kalkstickstoff enthielt 20,5 %, der Chilisalpeter 16 % N; in den 7 // des ersteren Düngemittels wurden demnach ebenso wie in den 9 // des letzteren 1,44 // N (96 // N auf 1 ha) gegeben. Der Kalkstickstoff wurde am 26. April ausgestreut und untergebracht; der Chilisalpeter wurde als Kopfdüngung vor der 1. Hacke am 22. Mai gegeben. Die Rübenkerne wurden am 4. Mai gedrillt; die Reihen waren 40 cm von einander entfernt, und nach dem Verziehen standen die Rüben in der Reihe in einem Abstande von gleichfalls 40 cm. Die Saatmenge betrug $2^1/_2$ // auf 3 a (83 // auf 1 ha). Es wurde Originalsaat von den 6 Rübensorten verwendet, und zwar trugen die einzelnen Parzellen folgende Sorten: 1. Eckendorfer runde gelbe, 2. Eckendorfer runde rote. 3. Leutewitzer gelbe, 4. Oberndorfer gelbe, 5. Mammoth-Long-Red, 6. Futter-Zuckerrunkel, 7. Futter-Zuckerrunkel. Die Anordnung des Versuchs ist aus folgender Skizze zu ersehen. Die Kultur erfolgte in der üblichen Weise; geerntet wurde am 28. Oktober. Die Niederschlagsverhältnisse während der Vegetationszeit waren nach Beobachtung der Station Döbeln folgende:

Eckendorfer runde gelbe	
Kst.	Chs.
Eckendorfer runde rote	
Kst.	Chs.
Leutewitzer gelbe	
Kst.	Chs.
Oberndorfer gelbe	
Kst.	Chs.
Mammoth-Long-Red	
Kst.	Chs.
Futter-Zuckerrunkel	
Kst.	Chs.
	Futter-Zuckerr. 0N

1.	4.—31. Mai	68,7 mm
	Juni	69,2 „
2.	Juli	161,5 „
	August	96,1 „
	September	73,1 „
3.	1.—28. Oktober	102,1 „
	Sa.:	570,7 mm

4. Es waren demnach während der Vegetationszeit, also in knapp 6 Monaten, 570,7 mm Regen gefallen. — Die mittleren Regenhöhen für Döbeln, berechnet auf Grund der Beobachtungen von $15^7/_{12}$ Jahren betragen[1])

5. für Mai . . 47,9 mm
„ Juni . . 81,3 „
6. „ Juli . . 71,2 „
„ August 63,5 „
„ September 47,9 „
„ Oktober 49,8 „

7. Die mittlere Regenhöhe für Döbeln beträgt nach dieser Berechnung fürs ganze Jahr 597 mm. Die Niederschläge während der Vegetationszeit waren also sehr ergiebig: die Regenhöhe in dieser erreichte fast die mittlere Regenhöhe des ganzen Jahres.

Das Ergebnis der Ernte war folgendes:

Tab. I.

Erträge in Ctr.

	Eckend. g.		Eckend. r.		Leutew. g.		Obernd. g.		Mam.-L.-R.		Futter-Zr.		Futter-Zr.
	Kst.	Chs.	Kst.	Chs.	Kst.	Chs.	Kst.	Chs.	Kst.	Chs.	Kst.	Chs.	0N
$1^1/_2$ a	38,80	31,50	34,00	28,47	30,34	26,75	29,50	24,41	28,31	26,34	26,84	22,41	21,03
1 ha	2586,7	2100,0	2266,7	1898,0	2022,7	1783,3	1966,7	1627,3	1887,3	1756,0	1789,3	1494,0	1402,0

[1]) Jahrbuch des Königl. sächs. meteor. Instituts 1885. Anhang I, S. 17.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Zusammensetzung und Wertbestimmung der Runkelrüben.

Die Zusammensetzung der Runkelrüben ist sehr verschieden, sie hängt ab von Sorte, Boden, Düngung, Standweite, Klima; sie ist aber auch abhängig von der Größe der Rüben: große Rüben, die bei weitem Stande, reichlicher Düngung und reicher Wasserzufuhr erzielt werden, haben geringeren Trockensubstanzgehalt als kleine. Nach Kellner: „Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere“ [1]) ist die Zusammensetzung der Runkelrüben folgende:

Tab. II.

	Rohnährstoffe						Verdauliche Nährstoffe				
	Wasser	Roh-proteïn	Rohfett	N-freie Extrakt-stoffe	Rohfaser	Asche	Roh-proteïn	Rohfett	N-freie Extrakt-stoffe	Rohfaser	Eiweiß
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Große Runkelr.	89,5	1,3	0,1	6,7	1,0	1,4	0,9	—	6,4	0,3	0,1
Kleine Runkelr.	86,5	1,1	0,1	10,6	0,8	0,9	0,8	—	10,1	0,3	0,1
Mittlere Runkelr. . . .	88,0	1,2	0,1	8,7	0,9	1,1	0,8	—	8,3	0,3	0,1

Weiter macht Kellner über die Zusammensetzung der Runkelrüben folgende Angaben: der Wassergehalt beträgt durchschnittlich 88 %; doch kommen Schwankungen von 85—91 % nicht selten und solche von 75—93 % in extremen Fällen vor. Unter den Rohnährstoffen der Runkelrübe herrscht der Rohrzucker bei weitem vor, die Trockensubstanz enthält von diesem 40—80 %; daneben treten ansehnliche Mengen Pektinstoffe auf. Die Menge der stickstoffhaltigen Bestandteile beläuft sich in der frischen Rübe auf 1—1,5 % und übersteigt selten 2,5 %; man kann diese stickstoffhaltigen Stoffe in 3 Gruppen einteilen: 1. Eiweiß, 2. organische, nicht eiweißhaltige Stickstoffverbindungen, die zumeist unter dem Namen „Amidverbindungen“ zusammengefaßt werden, 3. salpetersaure Alkalien. Das Eiweiß ist nur in geringen Mengen vorhanden; in extremen Fällen kann jedoch der Eiweißstickstoff bis auf 50 % des Gesamtstickstoffs steigen. Von den organischen, nicht-eiweißartigen Stickstoffverbindungen finden sich in der Runkelrübe vor Glutamin, Asparagin, Betaïn und Leucin; diese Amidverbindungen bilden die Hauptmenge des Rohproteïns. Die Salpetersäure endlich, die an Alkalien gebunden ist, enthält ebenfalls einen beträchtlichen Teil, nämlich 34—42 % des Rübenstickstoffs.

Aus den obigen Angaben ist ersichtlich, daß die Runkelrüben zum größten Teil aus Wasser bestehen, und daß der Gehalt an diesem ganz bedeutend schwanken kann. Es ist erwiesen, daß dieses Vegetationswasser ebenso wie das des Grünfutters in diätetischer Beziehung sehr wertvoll ist, viel wertvoller als das Wasser der Tränke; ausschlaggebend bei der Beurteilung des Wertes der Rüben ist aber der Trockensubstanzgehalt; je höher dieser ist, desto wertvoller sind auch die Runkeln. Erwähnt mag bei dieser Gelegenheit sein, daß wasserreiche Rüben weniger haltbar sind, also leichter faulen als wasserarme; auch von diesem Gesichtspunkte aus verdienen also trockensubstanzreiche Rüben vor den trockensubstanzarmen den Vorzug.

Welche Bestandteile der Trockensubstanz kommen nun bei der Wertbestimmung der Runkelrüben besonders in Betracht? Wirkliches Proteïn enthält, wie angegeben, die Trockensubstanz nur in ganz geringen Mengen, und dieses wird auch nur teilweise verdaut. Die Hauptmenge der stickstoffhaltigen organischen Verbindungen machen in den Runkelrüben die Amidverbindungen aus. Über die Natur und den Wert dieser lassen sich bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse erschöpfende Angaben nicht machen. Der in den Pflanzen in größter

[1]) Prof. Dr. O. Kellner: Die Ernährung d. landw. Nutztiere, 3. Aufl., S. 580, 312, 313.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Menge auftretende Repräsentant dieser Gruppe ist das Asparagin.[1]) Auf Grund der älteren Versuche hat man diesem einen nicht unbeträchtlichen Nährwert zugesprochen, man hatte gefunden, daß Asparagin eiweißersparend wirkt, wenn es neben Eiweiß gegeben wird; ferner hatte man dem Asparagin eine günstige Einwirkung auf die Milchproduktion zugesprochen. Nach Kellner und Pfeiffer ist aber der Nährwert des Asparagins sehr gering: Kellner fand, daß Eiweißersparnis durch dieses Amid nur in Futterrationen mit weitem Nährstoffverhältnis hervortritt, und nach Pfeiffer kann ein günstiger Einfluß des Asparagins auf Milchproduktion nicht angenommen werden. Das Asparagin kann demnach fast nur zur Erzeugung von Wärme, nicht aber zur Produktion von Körpersubstanz dienen.

Auf Grund der bei dem Asparagin gemachten Erfahrungen sind nach Kellner und Pfeiffer alle Amide aus der Reihe der Nährstoffe zu streichen. Nach anderen Forschern, z. B. nach E. Schulze [1]) ist diese Schlußfolgerung zu weitgehend; der genannte meint, daß die in Bezug auf den Nährwert des Asparagins gemachten Beobachtungen nicht als maßgebend anzusehen sind für die andern Amidverbindungen. Wenn nun auch die Frage über den Wert dieser stickstoffhaltigen Stoffe noch nicht ganz entschieden ist, so läßt sich doch behaupten, daß derselbe früher sehr überschätzt wurde.

Demnach ergibt sich für die Wertbestimmung der Runkelrüben folgendes: Der Wert der Runkelrüben ist zunächst abhängig von der Menge der Trockensubstanz; leicht verdauliches Proteïn kommt in den Runkelrüben nur in verschwindend kleiner Menge vor; der Wert der Amide, welche die Rüben in größerer Menge enthalten, ist ein zweifelhafter; die stickstoffhaltige Substanz der Rüben spielt demnach keine große Rolle. Durch den Rübenbau will man vor allem stickstofffreie Nährstoffe für die Wirtschaft gewinnen; das Proteïn kann man in besserer Form und auf billigere Weise durch den Anbau von Leguminosen erhalten. Der Wert der Rüben wird demnach hauptsächlich bestimmt durch den Gehalt von Rohrzucker, der ja den größten Teil (40—80 %) der Trockensubstanz ausmacht. Die Rübenuntersuchung zum Zwecke der Wertbestimmung der Runkeln hat sich also auf die Ermittelung des Trockensubstanz- und besonders auf die des Zuckergehaltes zu erstrecken.

Aufbewahrung der zu untersuchenden Rüben.

Daß die Runkelrüben, wie alle Knollen- und Wurzelgewächse beim Aufbewahren mehr oder weniger starke Verluste erleiden, ist eine bekannte Tatsache. Wie alle lebenden Gewebe, so unterhalten auch die Runkeln eine ununterbrochene Atmung, die in der Aufnahme von O und der Abgabe von CO_2, also in einem Verbrennungsvorgange besteht; und auf dieser nicht ruhenden Zellentätigkeit beruht gerade die Möglichkeit, die Wurzelgewächse aufbewahren zu können, denn ohne eine solche würden diese bald der Fäulnis anheimfallen. Der Verbrauch an organischer Substanz bei der Atmung ist in erster Linie von der Temperatur abhängig. So betrug z. B. bei Versuchen von H. Müller-Thurgau mit Kartoffeln [2]) die Kohlensäureabgabe in der Stunde

	b. 20° C	b. 10° C	b. 0° C	wieder b. 20° C
	10,5 mg	4,5 mg	2,5 mg	10 mg.

Zahlreiche Beobachtungen haben ergeben, daß auch andere Hackfrüchte umsomehr Substanz verbrauchen, je höher die Temperatur ist.

Die Veränderungen in der Zusammensetzung und die Verluste, welche die Runkelrüben beim Lagern erleiden, sind in den letzten Jahren durch Versuche festgestellt, welche Wohltmann [3]) ausgeführt hat. Es wurden Rüben nach den Regeln der Praxis 1902/3 5½ Monate und 1903/4 6 Monate eingemietet. Die Untersuchung erstreckte sich nicht bloß auf den Gehalt

[1]) Journ. f. Landw. 1906, S. 65, Prof. Dr. E. Schulze: Über den Nährwert der i. d. Futtermitteln enthalt. nichtproteinartigen Stickstoffverbindungen.

[2]) Prof. Dr. O. Kellner: Die Ernährung d. landw. Nutztiere, 3. Aufl., S. 255.

[3]) Fühlings Landw. Zeit. 1906, 6. Heft, Prof. Dr. König, Dr. Bömer und Dr. Scholl: Veränderungen und Verluste der Futterrüben i. d. Miete.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

der Rüben an Zucker bezw. Trockensubstanz, sondern es wurde auch der Wassergehalt der Rüben vor und nach dem Lagern festgestellt. Das Ergebnis war folgendes:

	Versuch 1902/3	Versuche 1903/4
Rüben beim Einmieten	87,7 % Wasser	89,95 % Wasser
Rüben beim Ausmieten	90,4 % „	92,71 % „

Der prozentische Wassergehalt war also beim Ausmieten größer als beim Einmieten; da auch das Gewicht der Rüben größer geworden war, so mußten diese Wasser von außen aufgenommen haben; ein Teil der Wasserzunahme konnte allerdings auch von der Veratmung des Zuckers herrühren.

Der Verlust an Zucker war ziemlich beträchtlich, er betrug bei den verschiedenen Sorten:

1902/3	35,29 %	39,37 %	57,12 %
1903/4	34,4 %	57,49 %	67,99 %

Selbstverständlich fand auch eine Abnahme der Trockensubstanz statt; diese Abnahme deckte sich aber nicht mit der an Zucker; der Verlust an Zucker war nämlich größer als der an Trockensubstanz. Hieraus folgt, daß der fehlende Zucker nicht ganz vergast ist, sondern daß er sich zum Teil in andere organische Substanz umgebildet hat.

Diese Ergebnisse werden durch Versuche, die von König, Bömer und Scholl [1]) ausgeführt worden sind, bestätigt; die Abnahme der eingemieteten Rüben an Zucker war aber bei diesen Versuchen nicht so bedeutend, sie betrug in reichlich $5^1/_2$ Monat nur 22,86 %.

Es erfahren demnach die Rüben beim Lagern in Mieten innerhalb weniger Monate eine beträchtliche Substanzveränderung. Sollen Rüben zum Zwecke der Untersuchung aufbewahrt werden, so muß man darauf bedacht sein, daß diese Verluste möglichst geringe sind, man muß also dafür sorgen, daß die Temperatur am Aufbewahrungsorte eine relativ niedrige ist. Selbstverständlich muß die Untersuchung auch möglichst schnell ausgeführt werden. Wenn man, wie dies tatsächlich geschehen ist, bei vergleichenden Rübenanbauversuchen manche von den Rüben gleich nach der Ernte, andere im darauf folgenden Frühjahr untersucht, so ist das Resultat einer solchen Untersuchung in Hinblick auf die obigen Zahlen völlig unbrauchbar. In Anbetracht dessen wurden die Rüben, die bei unserem Anbau- und Düngungsversuche geerntet wurden, bis zur Untersuchung in folgender Weise aufbewahrt: die von den Köpfen befreiten Rüben wurden gleich nach der Ernte in Frühbeetkästen einzeln in die trockene Erde gesteckt und zwar nur so tief, daß sie gerade mit Erde bedeckt waren. Über die Kästen wurden Bretter und Strohmatten gelegt, damit das Eindringen der Wärme von außen verhütet wurde. Die Temperatur an diesem Aufbewahrungsorte war natürlich eine viel niedrigere als die in den Mieten, in denen viele Rüben zusammenlagern; es ist anzunehmen, daß unsere Rüben in der kurzen Zeit bis zur Untersuchung hin nur ganz unbedeutende Veränderungen in der Zusammensetzung erfahren haben.

Untersuchung der bei dem Anbau- und Düngungsversuche geernteten Runkelrüben.

1. Probenahme und Gewinnung der lufttrockenen Rübensubstanz.

Wie früher ausgeführt wurde, ist die Zusammensetzung der Rüben eine sehr verschiedene; besonders ist zu bedenken, daß große Rüben anders beschaffen sind als kleine. Wenn man durch die chemische Untersuchung ein richtiges Urteil über den Gehalt der Ernte an wertvollen Nährstoffen erhalten will, so muß deshalb vor allem für eine richtige Durchschnittsprobe gesorgt werden. In Anbetracht dessen wurden von jeder Halbparzelle zum Zwecke der Untersuchung 10 gute Mittelexemplare der größeren, mittleren und kleineren Rüben der Menge nach in dem

[1]) Fühlings Landw. Zeit. 1906, 6. Heft.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Verhältnis ausgewählt, in welchem die verschiedenen Größen vorhanden waren. Diese wurden von den anhängenden Wurzelfasern befreit, von Erde durch Abspülen sorgfältig gereinigt, mit einem Tuche abgerieben und dann einige Stunden an der Luft getrocknet.

Die Rüben waren nun in lufttrockene Masse zu verwandeln, damit diese zum Zwecke der Untersuchung aufbewahrt werden konnte. Gewöhnlich verfährt man in folgender Weise: die gereinigten Rüben werden in möglichst dünne Scheiben geschnitten; diese Schnitte werden an Messingdrähten oder auch an Fäden aufgereiht, in einen Trockenschrank gebracht und bei 50°—60° getrocknet, bis sie so spröde sind, daß sie mit der Schrotmühle zerkleinert werden können. Man kann aber auch die Rüben in einen Brei verwandeln und diesen zur Trockene eindampfen; dieser Weg wurde von uns eingeschlagen. Es wurde, um eine möglichst gute Durchschnittsprobe zu erhalten, jede der 10 Rüben in 4 Teile geteilt, und mit Hilfe der von Suckow & Co. in Breslau hergestellten Rübenmühle wurde ein äußerst feiner, gleichsam geschliffener Brei gewonnen. Beim Schleifen eines jeden Rübenstückes wurde eine bestimmte Anzahl von Umdrehungen gemacht, damit von jedem Stück die gleiche Menge Brei gewonnen wurde, und es wurden die Rübenstücke an mehreren Stellen angeschliffen, damit von den verschiedensten Stellen der Rübe Teile in den Brei übergingen. Von den 10 Rüben, die zur Untersuchung verwendet wurden, wurde so eine Breimenge von $2^1/_2$—3 kg erzielt. Nachdem diese Masse 10 Minuten lang gut durchgeknetet war, wurden ungefähr 500 g davon in eine Porzellanschale gebracht und auf dem Wasserbade zur Trockene eingedampft; nach 27 Stunden war dies geschehen. Die so gewonnene, trockene Masse ist sehr hygroskopisch, und ein Wiegen derselben ist unmöglich, weil durch Wasseraufnahme das Gewicht fortwährend zunimmt; dieselbe wurde deshalb 3 Stunden lang der Luft ausgesetzt, dann konnte das Gewicht der lufttrockenen Substanz bestimmt werden. War dies geschehen, so wurde mit der Schrotmühle sehr schnell, damit eine weitere Wasseraufnahme möglichst verhindert wurde, gemahlen. Die zerkleinerte Rübenmasse wurde in dicht verschlossenen Flaschen aufbewahrt. Das Eindampfen fand schnell hintereinander statt, so daß innerhalb 4 Wochen die lufttrockene Substanz von sämtlichen zu untersuchenden Rüben in Flaschen gebracht war.

Aus einer bestimmten Menge roher Rübenmasse wurde eine bestimmte Menge lufttrockener Rübenmasse erzielt; diese diente zu den weiteren Untersuchungen auf Trockensubstanz und Zucker. Es mußte natürlich dafür gesorgt werden, daß der Wassergehalt dieser lufttrockenen Masse derselbe blieb, weil sich sonst falsche Resultate ergeben hätten. Deshalb wurden die Korke der Flaschen mit Paraffin überzogen, und die Flaschen unter eingefetteten auf Glasplatten stehenden, also dicht schließenden Glasglocken aufbewahrt. Die nachstehende Tabelle gibt in g an, wieviel von dem geschliffenen Brei in den einzelnen Fällen verwendet wurde, und wieviel lufttrockene Rübensubstanz erzielt wurde, wenn jener Brei 27 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt und die trockene Masse 3 Stunden lang der Luft ausgesetzt wurde.

Tab. III.

	I. Eckendorfer, gelbe				II. Eckendorfer, rote				III. Leutewitzer, gelbe			
	a Kst.		b Chs.		a Kst.		b Chs.		a Kst.		b Chs.	
	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.
1.	485,98	49,77	455,77	45,08	416,22	46,06	506,10	53,09	552,43	61,55	503,25	56,28
2.	544,10	53,99	453,95	44,68	555,11	59,26	—	—	—	—	—	—

	IV. Oberndorfer, gelbe				V. Mammoth-Long-Red				VI. Futter-Zuckerrunkel				VII. Futter-Zr.	
	a Kst.		b Chs.		a Kst.		b Chs.		a Kst.		b Chs.		0 N	
	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.	rohe Rs.	ltr. Rs.
1.	496,50	60,85	527,43	55,90	508,32	62,64	503,58	57,98	500,95	64,09	499,22	54,25	407,16	52,28
2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	375,55	48,02

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bei Ia, Ib, IIa und VII wurde von 2 Proben die lufttrockene Substanz bestimmt. — Der Kürze wegen soll die lufttrockene Rübenmasse durch Zahlen und Buchstaben bezeichnet werden; es bedeutet z. B. IIa_2 Probe 2 der lufttrockenen Rübensubstanz von Eckendorfer rote, gedüngt mit Kalkstickstoff.

2. **Bestimmung der Trockensubstanz.**

Die lufttrockene Rübenmasse enthält noch Wasser; soll die Trockensubstanz bestimmt werden, so muß auch dieser letzte Wasserrest noch ausgetrieben werden. Zu dem Zwecke wurden Trockengläschen mit etwa 5 g lufttrockener Rübensubstanz beschickt und im Trockenschrank bis zur Konstanz des Gewichtes erhitzt. Zunächst sollte die Temperatur festgestellt werden, welche zum Trocknen die geeignetste ist. Es wurden deshalb von VII_1 und VII_2 je 2 Proben (α und β) in Trockengläschen gefüllt und im Trockenschrank einer Temperatur von 105°—110° ausgesetzt, weil diese Temperatur gewöhnlich angegeben wird. Die 4 Gläschen enthielten 5,775 g, 6,644 g, 5,303 g und 6,370 g lufttrockene Substanz. Das Gewicht der gefüllten Gläschen in g vor und nach dem Erhitzen ist aus folgender Tabelle zu ersehen.

Tab. IV.

erhitzt:	0 Std.	$5^3/_4$ Std.	$7^1/_2$ Std.	11 Std.	18 Std.	26 Std.	$32^1/_2$ Std.	$40^1/_2$ Std.
$VII_1\alpha$	24,105	23,820	23,819	23,777	23,740	23,689	23,625	23,537
$VII_1\beta$	23,273	22,889	22,877	22,853	22,810	22,727	22,693	22,648
$VII_2\alpha$	21,354	21,142	21,137	21,113	21,051	20,980	20,933	20,868
$VII_2\beta$	22,570	22,299	22,289	22,234	22,167	22,009	21,980	21,933

Es wurde also $40^1/_2$ Std. lang bei 105°—110° erhitzt; trotzdem wurde Konstanz des Gewichtes nicht erreicht. Dieser Gewichtsverlust ist sicher nicht allein auf den Verlust an Wasser zurückzuführen, sondern auch auf die Zersetzung der Rübensubstanz. Die Temperatur von 105°—110° war also zu hoch. Es wurden dann 2 andere Gläschen (α und β) mit 6,915 g bezw. 5,152 g VII_1 gefüllt und im Trockenschrank einer Temperatur von nur 98°—100° ausgesetzt. Das Gewicht der gefüllten Gläschen in g vor und nach dem Erhitzen ist aus folgender Tabelle zu ersehen.

Tab. V.

erhitzt:	0 Std.	3 Std.	4 Std.	5 Std.	6 Std.	7 Std.	8 Std.	9 Std.
$VII_1\alpha$	25,244	24,977	24,969	24,965	24,955	24,948	24,944	24,940
$VII_1\beta$	21,744	21,542	21,539	21,536	21,523	21,515	21,515	21,510
erhitzt:	10 Std.	11 Std.	12 Std.	13 Std.	14 Std.	15 Std.	16 Std.	
$VII_1\alpha$	24,937	24,936	24,927	24,925	24,922	24,917	24,916	
$VII_1\beta$	21,505	21,504	21,496	21,494	21,492	21,491	21,491	

Es trat demgemäß nach 15 stündigem Erhitzen Konstanz des Gewichts ein. Bei der Ermittelung der Trockensubstanz wurde deshalb die lufttrockene Rübenmasse 15 Stunden lang bei 98°—100° erhitzt. Da die Temperatur an verschiedenen Stellen des Trockenschrankes nicht genau dieselbe ist, so wurden die Gläschen nach $7^1/_2$ Std. umgestellt. Es zeigte sich, daß ein 15 stündiges Erhitzen in allen Fällen genügte, das gesamte Wasser zu vertreiben, denn die Gewichtsdifferenz zwischen der Wägung nach 15 stündigem und der nach 16 stündigem Erhitzen überstieg niemals 2 mg. Ebenso wie von VII wurden auch von den übrigen Nummern jedesmal 2 Proben zur Bestimmung der Trockensubstanz verwendet.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

An einem Beispiel mag die Berechnung der Trockensubstanz erläutert werden.

$VII_1 \alpha$	Trockengläschen + lufttrock. Rübensubst.:	25,244 g
	Trockengläschen:	18,329 g
	lufttrockene Rübensubst.: . . .	**6,915** g
	Trockengl. + lufttr. Rübens. vor d. Erhitzen:	25,244 g
	„ + „ „ nach d. „	24,917 g
	Wasser:	**0,327** g

Wie aus Tab. III ersichtlich ist, gaben bei VII_1 407,16 g frische 52,28 g lufttrockene Rübensubstanz; der Wassergehalt dieser letzteren ergibt sich aus folgender Proportion: 6,915 : 0,327 = 52,28 : x; x = **2,472** g Wasser.

$VII_1 \beta$	Trockengläschen + lufttrock. Rübensubst.:	21,744 g
	Trockengläschen:	16,592 g
	lufttrockene Rübensubst.: . . .	**5,152** g
	Trockengl. + lufttr. Rübens. vor d. Erhitzen:	21,744 g
	„ + „ „ nach d. „	21,491 g
	Wasser:	**0,253** g

Der Wassergehalt von 52,28 g lufttrockener Rübensubstanz ergibt sich aus folgender Proportion: 5,152 : 0,253 = 52,28 : x; x = **2,567** g Wasser.

Es wurden also in 52,28 g lufttrockener Rübensubstanz gefunden bei der

1. Bestimmung: 2,472 g Wasser, bei der
2. Bestimmung: 2,567 g „

Mittel: **2,52** g Wasser.

Die 52,28 g lufttrockene, ebenso wie die 407,16 g rohe Rübensubstanz enthielten demnach 52,28 g — 2,52 g = **49,76** g Trockensubstanz.

Der prozentische Trockensubstanzgehalt der rohen Rübensubstanz ergibt sich aus folgender Proportion: 407,16 : 49,76 = 100 : x; x = **12,22.** Rübe VII enthielt demnach 12,22 % Trockensubstanz.

Die im vorstehenden fettgedruckten und die bei der Untersuchung der übrigen Rübensorten gewonnenen entsprechenden Zahlen sind übersichtlich in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tab. VI.

Rübensorte	Düngung	Probe d. lufttrock. Subst.		Wasser i. d. untersuchten Probe		Wasser i. d. gesamt. lufttr. Substanz, berechn. aus		Wasser i. Mittel	Trs. i. d. gesamt. lufttrock. und roh. Subst.	Prozent. Trs-gehalt der Rüben
		α	β	α	β	α	β			
*) I. Eckendorfer, gelbe	Kst.	5,932	6,385	0,402	0,437	3,373	3,406	3,39	46,38	**9,54**
	Chs.	5,653	5,284	0,321	0,299	2,537	2,528	2,53	42,15	**9,29**
II. Eckendorfer, rote	Kst.	4,800	4,612	0,289	0,270	2,773	2,696	2,74	43,32	**10,41**
	Chs.	6,259	5,638	0,398	0,352	3,376	3,315	3,35	49,74	**9,83**
III. Leutewitzer, gelbe	Kst.	5,913	5,590	0,328	0,316	3,414	3,479	3,45	58,10	**10,52**
	Chs.	6,249	5,644	0,380	0,348	3,422	3,470	3,45	52,83	**10,50**
IV. Oberndorfer, gelbe	Kst.	5,935	5,427	0,305	0,281	3,127	3,151	3,14	57,71	**11,62**
	Chs.	6,071	5,602	0,351	0,329	3,232	3,283	3,26	52,64	**9,98**
V. Mammoth-Long-Red	Kst.	6,238	6,384	0,451	0,450	4,529	4,415	4,47	58,17	**11,44**
	Chs.	5,700	6,969	0,391	0,466	3,977	3,877	3,93	54,05	**10,73**
VI. Futter-Zuckerrunk.	Kst.	5,563	6,635	0,285	0,329	3,283	3,178	3,23	60,86	**12,15**
	Chs.	5,361	5,654	0,275	0,290	2,783	2,783	2,78	51,47	**10,31**
VII. Futter-Zuckerr.	0 N	6,915	5,152	0,327	0,253	2,472	2,567	2,52	49,76	**12,22**

*) Es wurden zur Untersuchung verwendet Ia_1, Ib_2, IIa_1 und VII_1. (Von diesen Sorten waren, wie Tab. III ausweist, 2 Originalsubstanzen vorhanden).

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

3. Bestimmung des Zuckers.

a. Bestimmung des Zuckers durch die „kalte Alkoholbrei-Polarisation“ nach Stammer. Zu dieser Bestimmung wurde der mit der Suckowschen Rübenmühle hergestellte Brei verwendet, von dem, wie früher angegeben ist, ungefähr 500 g zur Trockene eingedampft wurden. Von diesem frischen, gut durchgemengten Rübenbrei wurden jedesmal 2 Proben (α und β) von je 50 g abgewogen und mit 92prozentigem Alkohol in je 2 mit Marke versehene 193 ccm-Kölbchen gespült. Vor dem Auffüllen zum Strich wurden zur Klärung der Flüssigkeit 4 ccm Bleiessig zugesetzt. Es wurde dann gut umgeschwenkt und, nachdem die Zusammenziehung vor sich gegangen war, mit 92prozentigem Alkohol bis zur Marke aufgefüllt. Unter häufigem, kräftigem Umschütteln blieben dann die Gläschen 20 Minuten lang stehen, damit der Zucker durch den Alkohol gut ausgezogen werden konnte. Darauf wurde unter Bedeckung des Trichters in ein durch den Trichter dicht verschlossenes Cylindergefäß abfiltriert. Die gut gemischte, klare und farblose Zuckerlösung wurde dann in 2 200 mm lange Polarisationsröhren gefüllt. Diese blieben 5—10 Minuten im Polarisationsinstrument ruhig liegen, damit sich die Dichtigkeit der Flüssigkeit ausglich; dann wurden nach dem Einstellen die Grade abgelesen. Verwendet wurde das Rüben-Polarisationsinstrument von Schmidt & Hänsch (Berlin), welches unmittelbar ohne jede Umrechnung die Prozente Zucker vom Rübengewicht angibt. Dieses Instrument ist nach dem Vorschlage Stammers mit beschränkter Skala konstruiert. Die optischen Teile sind mit großer Sorgfalt ausgeführt, so daß die Zuckerbestimmung mit diesem Instrumente in Bezug auf Schärfe und Genauigkeit nichts zu wünschen übrig läßt.

Das Resultat dieser Zuckerbestimmung war folgendes:

Tab. VII.

	Eckend. g.				Eckend. r.				Leutew. g.				Obernd. g.				Mam.-L.-R.				Futter-Zr.				Futter-Zr.	
	Kst.		Chs.		Kst.		Chs.		Kst.		Chs.		Kst.		Chs.		Kst.		Chs.		Kst.		Chs.		0 N	
	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
Prozente:	4,5	4,8	4,6	4,6	5,6	5,7	4,9	5,0	5,3	5,2	5,6	5,6	6,6	6,6	5,4	5,2	6,2	6,1	6,1	6,0	6,9	7,0	5,2	5,2	7,2	7,1
% i. Mittel:	**4,65**		**4,60**		**5,65**		**4,95**		**5,25**		**5,60**		**6,60**		**5,30**		**6,15**		**6,05**		**6,95**		**5,20**		**7,15**	

b. Gewichtsanalytische Bestimmung des Zuckers. Diese Bestimmung beruht darauf, daß eine bestimmte Menge Zucker in Lösung in der Hitze eine bestimmte Menge CuO der Fehlingschen Lösung zu Cu_2O reduziert. In den Rüben befindet sich aber Rohrzucker, dieser reduziert nicht; derselbe muß deshalb erst in CuO reduzierenden Invertzucker übergeführt werden. Diese Überführung erreicht man durch Kochen mit Salzsäure. Es wurde deshalb in folgender Weise verfahren: etwa 3 g der lufttrockenen Rübensubstanz wurden in einer Schale $^1/_2$ Std. lang mit Wasser gekocht, darauf wurde durch einen Trichter mit Glaswolle filtriert und die ausgezogene Rübenmasse mit kochendem Wasser so lange ausgewaschen, bis das Filtrat, das in einer Porzellanschale gesammelt wurde, 250—300 ccm betrug. Nachdem das Filtrat mit 20 ccm 25prozentiger Salzsäure versetzt war, wurde es im Wasserbade 2 Stunden lang gekocht; während dieser Zeit wurde die Schale mit einem Uhrglase bedeckt. Nachdem so der Rohrzucker invertiert war, wurde die Flüssigkeit auf Zimmertemperatur abgekühlt und mit conc. Kalilauge versetzt, bis die Säure beinah ganz neutralisiert war. Darauf wurde in einen Meßkolben von 500 ccm Inhalt filtriert und das Filter mit kaltem Wasser so lange ausgewaschen, bis das Filtrat im ganzen 500 ccm betrug. In diesen 500 ccm Flüssigkeit befand sich dann der gesamte Zucker von 3 g lufttrockener Rübensubstanz in Form von Invertzucker, und dieser wurde nun mit Hilfe der Fehlingschen Lösung bestimmt.

Das Kochen der Fehlingschen Lösung mit der Zuckerlösung fand nicht in einer Schale statt, sondern in einem mit langem, schmalem Halse versehenen Kochkolben. Es hat nämlich Kjeldahl[1]) eingehende Untersuchungen darüber angestellt, welchen Einfluß der Zutritt der Luft

[1]) Chem. Centralbl. 1905, 4. Folge, 7. Jahrg. 2.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

auf die Menge des ausgeschiedenen Cu_2O bei der Zuckerbestimmung mit Fehlingscher Lösung hat, und diese haben sehr interessante und wichtige Ergebnisse geliefert. Es zeigte sich, daß dieser Einfluß recht erheblich sein kann. Kjeldahl reduzierte die Fehlingsche Lösung durch Zucker 1. unter Luftabschluß (im Wasserstoffstrome), 2. in einem Kolben (100 ccm) mit engem Hals, 3. in einer konischen Kochflasche, 4. im Becherglase, 5. in einer tiefen Schale, 6. in einer flachen Schale. Das Ergebnis war folgendes: je größer der Einfluß der Luft war, desto weniger CuO wurde reduziert, weil nämlich dann ein bedeutender Teil des Zuckers zu organischen Säuren (Ameisen-, Glykol-, Trioxybutter-, Glukonsäure u. a. m.), welche auf CuO nicht reduzierend wirken, oxydiert wird. Es wurde bei den Kjeldahlschen Untersuchungen 20 Minuten lang erhitzt, das Ergebnis in den einzelnen Fällen ist aus folgender Zusammenstellung zu ersehen:

Tab. VIII.

	Oberfläche qcm	Cu mg	Differenz mg
I	0	126,3	—
II	2	126,0	0,3
III	17	123,9	2,4
IV	21	121,5	4,8
V	65	114,8	11,5
VI	186	106,6	19,7

Kjeldahl weist darauf hin, daß viel weniger der sonst meist betonte Einfluß der Luft während des Filtrierens als vielmehr derjenige auf die Oberfläche der Flüssigkeit während des Erhitzens Fehler bedingen kann.

In Hinblick auf diese Resultate Kjeldahls wurden also bei unseren Zuckerbestimmungen[1]), wie schon erwähnt, 100 ccm-Kolben mit langem, schmalem Halse verwendet, und die Flüssigkeit stand bis in den Hals hinein, damit der Einfluß der atmosphärischen Luft möglichst ausgeschlossen war. Es muß natürlich bei diesem von Kjeldahl ausgearbeiteten Verfahren die Anleitung genau befolgt werden, z. B. für das im Kolben zu beobachtende Verdünnungsverhältnis und für die Kochdauer, weil sonst nicht die richtigen Mengen von Cu_2O ausgeschieden werden; ferner muß die von Kjeldahl für dieses Verfahren zusammengestellte Tabelle benutzt werden.

In den Kochkolben von 100 ccm Inhalt wurden der Anleitung Kjeldahls gemäß 30 ccm Fehlingsche Lösung gebracht und außerdem 15 ccm von den 500 ccm Invertzuckerlösung, welche aus den 3 g der lufttrockenen Rübensubstanz gewonnen waren. Der Kolben wurde mit Wasser bis zur 100 ccm-Marke aufgefüllt und nach dem Durchschütteln 20 Minuten lang in kochendes Wasser gehängt; darauf wurde mit Zuhilfenahme der Wasserluftpumpe filtriert und zwar durch ein vorher gewogenes Soxhletsches Asbestfilterröhrchen. Das Cu_2O auf dem Asbest wurde dann mit 300 ccm warmem Wasser ausgewaschen, und die letzten Reste von diesem wurden dadurch entfernt, daß zunächst 30 ccm Alkohol, dann 20 ccm wasserfreier Äther durchgesaugt wurden. Nachdem dann durch Erhitzen der Äther vertrieben war, konnte das Cu_2O durch H reduziert werden. Zur Herstellung dieses Gases wurden chemisch reines Zn und verdünnte reine H_2SO_4 verwendet, da sonst leicht durch den Schwefelgehalt des Zinks oder auch durch den Arsengehalt des Zinks oder der Säure das Resultat beeinträchtigt werden konnte. Der Vorsicht halber wurde das Gas erst durch eine verdünnte Lösung von $KMnO_4$ geleitet, dann wurde es getrocknet und zur Reduktion des Kupferoxyduls verwendet. Die Röhre mit dem metallischen Cu wurde darauf gewogen; dieses Gewicht minus Gewicht der leeren Asbestfilterröhre ergab das Gewicht des Kupfers. Aus der Kjeldahlschen Tabelle wurde dann die entsprechende Menge Zucker abgelesen.

Zur Erläuterung möge folgendes Beispiel dienen. Bestimmung des Zuckers von III b. Verwendet wurden **3,001** g lufttrockene Rübensubstanz. Von der Invertzuckerlösung, die auf 500 ccm gebracht war, wurden, wie in allen andern Fällen auch, 2 Zuckerbestimmungen (α und β) ausgeführt. 30 ccm der Fehlingschen Lösung wurden mit 15 ccm jener Zuckerlösung reduziert; hierbei wurden erhalten: α **0,105** g Cu = **0,0489** g Zucker, β **0,106** g Cu = **0,0494** g Zucker, im Mittel **0,04915** g Zucker. Soll der prozentische Zuckergehalt der Rüben berechnet werden, so muß man bedenken, daß bei III b 503,25 g rohe 56,28 g lufttrockene Substanz ergaben; die Rechnung ist dann folgende:

[1]) Niels Bendixen, Untersuchungsbuch für Brauereien, Brennereien und Hefefabriken. — Prof. Dr. J. König, Die Untersuchung landw. und gewerbl. wichtiger Stoffe.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

1. Zucker in 500 ccm der Lösung und in 3,001 g lufttrockener Substanz:

$$15 : 0{,}04915 = 500 : x;\ x = \mathbf{1{,}6383}\ g;$$

2. Zucker in 56,28 g lufttrockener und 503,25 g roher Substanz:

$$3{,}001 : 1{,}6383 = 26{,}28 : x;\ x = \mathbf{30{,}724}\ g;$$

3. Prozentischer Zuckergehalt der Rüben:

$$503{,}25 : 30{,}724 = 100 : x;\ x = \mathbf{6{,}105}\ \%.$$

Diese Zahl gibt den prozentischen Gehalt der Rüben an Invertzucker an; den prozentischen Gehalt an Rohrzucker findet man durch Multiplikation mit 0,95.

4. Prozentischer Gehalt der Rüben an Rohrzucker:

$$6{,}105 \,.\, 0{,}95 = \mathbf{5{,}80}\ \%.$$

Die im vorstehenden fettgedruckten und die bei der Untersuchung der übrigen Rübensorten gewonnenen, entsprechenden Zahlen sind übersichtlich in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tab. IX.

Rübensorte	Düngung	Probe der lufttr. Subst.	Kupfer α	Kupfer β	Invertzucker nach Kjeldahls Tab. (15 ccm) α	Invertzucker nach Kjeldahls Tab. (15 ccm) β	Invertzucker i. Mittel	Invertzucker i. Probe (500 ccm)	Invertz. i. d. gesamt. lufft. u. roh. Substanz	Proz. Gehalt der Rüben a. Invertz.	Proz. Gehalt der Rüben a Rohrz.
I. Eckend.* gelbe	Kst.	2,997	0,100	0,099	0,0464	0,0459	0,04615	1,5383	25,541	5,256	**4,99**
	Chs.	4,200	0,135	0,132	0,0644	0,0628	0,06360	2,1200	22,755	4,992	**4,74**
II. Eckend. rote	Kst.	3,008	0,108	0,109	0,0504	0,0509	0,05065	1,6883	33,261	5,992	**5,69**
	Chs.	2,995	0,102	0,101	0,0474	0,0469	0,04715	1,5717	27,861	5,505	**5,23**
III. Leutew. gelbe	Kst.	2,994	0,102	0,102	0,0474	0,0474	0,04740	1,5800	32,481	5,880	**5,59**
	Chs.	3,001	0,105	0,106	0,0489	0,0494	0,04915	1,6383	30,724	6,105	**5,80**
IV. Obernd. gelbe	Kst.	2,968	0,108	0,108	0,0504	0,0504	0,05040	1,6800	34,443	6,937	**6,59**
	Chs.	2,997	0,104	0,103	0,0484	0,0479	0,04815	1,6050	29,936	5,676	**5,39**
V. Mamm. Long-R.	Kst.	2,999	0,106	0,106	0,0494	0,0494	0,04940	1,6467	34,401	6,768	**6,43**
	Chs.	3,000	0,108	0,108	0,0504	0,0504	0,05040	1,6800	32,469	6,448	**6,13**
VI. Futter-Zuckerr.	Kst.	2,800	0,105	0,105	0,0489	0,0489	0,04890	1,6300	37,310	7,448	**7,08**
	Chs.	3,000	0,105	0,104	0,0489	0,0484	0,04865	1,6216	29,331	5,875	**5,58**
VII. Futter-Zr.	0 N	2,803	0,105	0,103	0,0489	0,0479	0,04840	1,6133	30,085	7,389	**7,02**

* Es wurden zur Untersuchung verwendet Ia_1, Ib_1, IIa_2, VII_1.

c. Maßanalytische Bestimmung des Zuckers.[1]) Bei der gewichtsanalytischen Bestimmung wird eine bestimmte Menge der Zuckerlösung mit einem Überschuß von Fehlingscher Lösung versetzt und gekocht; der Zuckergehalt wird dann aus der ausgeschiedenen Menge Cu_2O bezw. aus dem Cu, das durch Reduktion von diesem erhalten wird, berechnet. Bei der maßanalytischen Bestimmung verwendet man eine bestimmte Menge Fehlingscher Lösung und stellt die Menge der Zuckerlösung fest, welche zugesetzt werden muß, um das gesamte Cu aus der Fehlingschen Lösung auszuscheiden.

Diese Methode gibt nicht so genaue Resultate wie die gewichtsanalytische, trotzdem wurden des Vergleiches wegen einige Zuckerbestimmungen auf diese Weise ausgeführt: Zu diesen Analysen wurden die aus 3 g der lufttrockenen Rübensubstanz hergestellten, auf 500 ccm verdünnten Invertzuckerlösungen verwendet, von denen 2 mal 15 ccm zur Bestimmung des Zuckers auf gewichtsanalytischem Wege gedient hatten. Bei der Analyse wurden Reagensgläser von 60 ccm Inhalt benutzt; die Methode, nach der die Bestimmung ausgeführt wurde, ist folgende: zunächst werden in 5 von den Reagensgläsern je 10 ccm Fehlingsche Lösung gebracht, außerdem erhalten die Gläser steigende Mengen der zu untersuchenden Invertzuckerlösung, nämlich

[1]) Niels Bendixen, Untersuchungsbuch für Brauereien, Brennereien und Hefefabriken. — Prof. Dr. J. König, Die Untersuchung landw. und gewerbl. wichtiger Stoffe.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

12, 14, 16, 18 und 19 ccm; jedes Glas wird dann bis auf 40 ccm mit Wasser gefüllt und geschüttelt. Es müssen nun die Reagensgläser in kochendes Wasser getaucht werden; zu diesem Zwecke wird der Reischaursche Sternapparat verwendet. Der Stern besteht aus einem Stativ, an dem radial verlaufend Stäbe befestigt sind, diese haben an den Enden Klemmvorrichtungen. Nachdem in diese Klemmen die gefüllten Gläschen vertikal gesetzt sind, kommt der Stern in einen mit kochendem Wasser gefüllten Topf, so daß die gesamte Flüssigkeit in den Reagensgläschen unter Wasser steht. Die Erhitzungsdauer beträgt 20 Minuten. Wenn man nach dieser Zeit den Stern aus dem Wasser herausnimmt, bemerkt man, daß in einigen Gläschen die über dem roten Niederschlag von Cu_2O stehende Flüssigkeit blau gefärbt ist, während dieselbe in andern farblos oder gelblich ist. In den Gläschen mit bläulicher Flüssigkeit war nicht Zuckerlösung genug, um alles Cu auszufällen. Diese vorläufige Prüfung bezweckt, zu ermitteln, wo ungefähr die Grenze ist zwischen der blaugefärbten, also kupferhaltigen, und der farblosen, also kupferfreien Flüssigkeit. Aber die Entscheidung durch das Auge genügt nicht; es wird deshalb von den Flüssigkeiten, die etwa an dieser Grenze stehen, ein wenig abfiltriert, die Filtrate werden mit Essigsäure sauer gemacht und mit einigen Tropfen einer Lösung von gelbem Blutlaugensalz auf Cu geprüft. Enthält das Filtrat noch Cu, so zeigt sich ein rotbrauner Niederschlag oder bei sehr geringen Mengen nur eine rotbraune Färbung. Man erfährt so, mit wie viel Zuckerlösung ungefähr 10 ccm Fehlingsche Lösung versetzt werden müssen, damit das gesamte Cu ausgefällt wird. Liegt die gesuchte Grenze z. B. zwischen 16 und 18 ccm, so kommt es nun darauf an, diese genau festzustellen. Zu diesem Zwecke verfährt man in folgender Weise: man bringt in 9 Reagensgläschen je 10 ccm Fehlingsche Lösung, versetzt das erste mit 16,2, das zweite mit 16,4, die folgenden mit 16,6, 16,8 u. s. f. bis 17,8 ccm Zuckerlösung, bringt die Flüssigkeit wieder mit Wasser bis auf 40 ccm und taucht den Stern 20 Minuten lang in kochendes Wasser. Nach dem Kochen ermittelt man dann wieder mit Hilfe von gelbem Blutlaugensalz das Glas, in welchem gerade durch den Zucker alles Cu ausgefällt ist; man erfährt so genau, wie viel von der betreffenden Zuckerlösung zur Reduktion von 10 ccm Fehlingscher Lösung erforderlich ist.

An einem Beispiele soll die Berechnung der Zuckerprozente erläutert werden. Es wurde auf maßanalytischem Wege z. B. VIb untersucht. Bei dieser Rübensorte ergaben, wie Tab. III ausweist, 499,22 g rohe 54,25 g lufttrockene Substanz, und es wurden nach Tab. IX 3 g von dieser zur Herstellung der 500 ccm Invertzuckerlösung verwendet. Es wurde festgestellt, daß 14,2 ccm Zuckerlösung nötig waren, um alles Cu aus 10 ccm Fehlingscher Lösung auszufällen. Bei der Berechnung der Zuckerprozente ist zu beachten, daß 0,051 g Invertzucker zur Reduktion von 10 ccm Fehlingscher Lösung erforderlich sind. Diese Berechnung ist dann folgende:

1. Invertzucker in 500 ccm-Lösung, aus 3 g lufttrockener Substanz hergestellt:

$$14{,}2 : 0{,}051 = 500 : x;\ x = 1{,}796;$$

2. Invertzucker in 54,25 g lufttrockener oder 499,22 g roher Rübensubstanz:

$$3 : 1{,}796 = 54{,}25 : x;\ x = 32{,}478;$$

3. Prozentischer Invertzuckergehalt der rohen Rübensubstanz:

$$499{,}22 : 32{,}478 = 100 : x;\ x = 6{,}506;$$

4. Prozentischer Rohrzuckergehalt der Rüben:

$$6{,}506 \,.\, 0{,}95 = 6{,}18\ \%.$$

Auf gewichtsanalytischem Wege wurden nur 5,58 % Rohrzucker gefunden, auf maßanalytischem 6,18 %. Auch die Resultate, die bei der Untersuchung von noch 3 andern Rübensorten auf letzterem Wege erhalten wurden, stimmten nicht ganz überein mit den auf gewichtsanalytischem Wege erhaltenen. Die maßanalytische Methode liefert eben im allgemeinen, wie früher auch schon angegeben, nicht ganz zuverlässige Resultate; nur bei großer Übung soll man solche erreichen können; es wurde von der weiteren Anwendung derselben deshalb abgesehen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

4. **Ergebnis der Rübenuntersuchung.** (Die Zahlen bedeuten Prozente).

Tab. X.

	I. Eckend. g.		II. Eckend. r.		III. Leutew. g.		IV. Obernd. g.		V. Mamm.-L.-R.		VI. Futter-Zr.		VII. Futter-Zr.
	a Kst.	b Chs.	a Kst.	b Chs.	a Kst.	b Chs.	a Kst.	b Chs.	a Kst.	b Chs.	a Kst.	b Chs.	0 N
Trockensubstanz	9,54	9,29	10,41	9,83	10,52	10,50	11,62	9,98	11,44	10,73	12,15	10,31	12,22
Zucker gewichtsan.	4,99	4,74	5,69	5,23	5,59	5,80	6,59	5,39	6,43	6,13	7,08	5,58	7,02
Zucker d. Polaris.	4,70	4,60	5,65	4,95	5,25	5,60	6,60	5,30	6,30	6,15	7,05	5,30	7,20

Was ergibt sich aus diesem Anbau- und Düngungsversuche?

Es sollen zunächst die aus dem Versuche und aus der chemischen Untersuchung der Rüben sich ergebenden Resultate übersichtlich zusammengestellt werden und zwar in der Reihenfolge der Erträge bezw. der Prozente. Aus diesen Rangordnungen ist dann der Wert der Sorten und die Wirkung der Düngung mit Kalkstickstoff und Chilisalpeter leicht zu erkennen.

Tab. XI.

	1. Massenerträge			2. Trockens.-Proz.			3. Zucker-Proz.			4. Trockens.-Ertr.			5. Zucker-Erträge		
Rang	Sorte	Düngung	dz p. ha	Sorte	Düngung	%	Sorte	Düngung	%	Sorte	Düngung	dz p. ha	Sorte	Düngung	dz p. ha
1.	Eckend. gelbe	Kst.	1293,4	Futter-Zuckerr.	0 N	12,22	Futter-Zuckerr.	Kst.	7,08	Eckend. gelbe	Kst.	123,39	Obernd. gelbe	Kst.	64,80
2.	Eckend. rote	Kst.	1133,4	Futter-Zuckerr.	Kst.	12,15	Futter-Zuckerr.	0 N	7,02	Eckend. rote	Kst.	117,98	Eckend. gelbe	Kst.	64,54
3.	Eckend. gelbe	Chs.	1050,0	Obernd. gelbe	Kst.	11,62	Obernd. gelbe	Kst.	6,59	Obernd. gelbe	Kst.	114,27	Eckend. rote	Kst.	64,49
4.	Leutew. gelbe	Kst.	1011,4	Mamm.-Long-Red	Kst.	11,44	Mamm. Long-Red	Kst.	6,43	Futter-Zuckerr.	Kst.	108,70	Futter-Zuckerr.	Kst.	63,34
5.	Obernd. gelbe	Kst.	983,4	Mamm.-Long-Red	Chs.	10,73	Mamm. Long-Red	Chs.	6,13	Mamm. Long-Red	Kst.	107,95	Mamm. Long-Red	Kst.	60,68
6.	Eckend. rote	Chs.	949,0	Leutew. gelbe	Kst.	10,52	Leutew. gelbe	Chs.	5,80	Leutw. gelbe	Kst.	106,39	Leutew. gelbe	Kst.	56,54
7.	Mamm.-Long-Red	Kst.	943,7	Leutew. gelbe	Chs.	10,50	Eckend. rote	Kst.	5,69	Eckend. gelbe	Chs.	97,55	Mamm.-Long-Red	Chs.	53,82
8.	Futter-Zuckerr.	Kst.	894,7	Eckend. rote	Kst.	10,41	Leutew. gelbe	Kst.	5,59	Mamm. Long-Red	Chs.	94,21	Leutew. gelbe	Chs.	51,72
9.	Leutew. gelbe	Chs.	891,7	Futter-Zuckerr.	Chs.	10,31	Futter-Zuckerr.	Chs.	5,58	Leutew. gelbe	Chs.	93,62	Eckend. gelbe	Chs.	49,77
10.	Mamm-Long-Red	Chs.	878,0	Obernd. gelbe	Chs.	9,98	Obernd. gelbe	Chs.	5,39	Eckend. rote	Chs.	93,29	Eckend. rote	Chs.	49,63
11.	Obernd. gelbe	Chs.	813,7	Eckend. rote	Chs.	9,83	Eckend. rote	Chs.	5,23	Futter-Zuckerr.	0 N	85,69	Futter-Zuckerr.	0 N	49,22
12.	Futter-Zuckerr.	Chs.	747,0	Eckend. gelbe	Kst.	9,54	Eckend. gelbe	Kst.	4,99	Obernd. gelbe	Chs.	81,20	Obernd. gelbe	Chs.	43,86
13.	Futter-Zuckerr.	0 N	701,2	Eckend. gelbe	Chs.	9,29	Eckend. gelbe	Chs.	4,74	Futter-Zuckerr.	Chs.	77,02	Futter-Zuckerr.	Chs.	41,68

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Nimmt man den Durchschnitt der Erträge bezw. Prozente, die durch Kalkstickstoff und Chilisalpeter erzielt wurden, so sind die Rangordnungen folgende:

Tab. XII.

	1. Massenerträge		2. Trockens.-Prozente		3. Zucker-Prozente		4 Trockens.-Erträge		5. Zucker-Erträge	
Rang	Sorte	dz p. ha.	Sorte	%	Sorte	%	Sorte	dz p. ha.	Sorte	dz p. ha.
1.	Eckend. gelbe	1171,7	Futter-Zr. 0 N	12,22	Futter-Zr. 0 N	7,02	Eckend. gelbe	110,47	Mamm.-Long-Red	57,25
2.	Eckend. rote	1041,2	Futter-Zuckerr.	11,23	Futter-Zuckerr.	6,33	Eckend. rote	105,64	Eckend. gelbe	57,15
3.	Leutew. gelbe	951,5	Mamm.-Long-Red	11,09	Mamm.-Long Red	6,28	Mamm.-Long-Red	101,08	Eckend. rote	57,06
4.	Mamm.-Long-Red	910,9	Obernd. gelbe	10,80	Obernd. gelbe	5,99	Leutew. gelbe	100,01	Obernd. gelbe	54,33
5.	Obernd. gelbe	898,5	Leutew. gelbe	10,51	Leutew. gelbe	5,70	Obernd. gelbe	97,74	Leutew. gelbe	54,13
6.	Futter-Zuckerr.	820,9	Eckend. rote	10,12	Eckend. rote	5,46	Futter-Zuckerr.	92,86	Futter-Zuckerr.	52,51
7.	Futter-Zr. 0 N	701,2	Eckend. gelbe	9,42	Eckend. gelbe	4,87	Futter-Zr. 0 N	85,69	Futter-Zr. 0 N	49,22

Die folgende Tabelle gibt das Plus an, welches Kalkstickstoff gegenüber Chilisalpeter gebracht hat.

Tab. XIII.

Sorte	Massenerträge dz p. ha.	Trockens.-Prozente	Zucker-Prozente	Trockens.-Erträge dz p. ha.	Zucker-Erträge dz p. ha
Eckendorfer, gelbe	243,4	0,25	0,25	25,84	14,77
Eckendorfer, rote	184,4	0,58	0,46	24,70	14,86
Leutewitzer, gelbe	119,7	0,02	— 0,21	12,77	4,82
Oberndorfer, gelbe	169,7	1,64	1,20	33,06	20,95
Mammoth-Long-Red	65,7	0,71	0,30	13,74	6,86
Futter-Zuckerrunkel	147,7	1,84	1,50	31,68	21,66

An der Hand der vorstehenden Tabellen sollen die Resultate des Versuches festgestellt werden. In Bezug auf die Massenerträge haben, wie Tabelle XII 1 zeigt, die beiden Eckendorfer die beste Leistung aufzuweisen, die Leutewitzer und Mammoth-Long-Red stehen in der Mitte, die Oberndorfer gelbe steht Mammoth-Long-Red wenig nach, und die Futter-Zuckerrunkel hat den geringsten Ertrag gegeben. Die Unterschiede sind ziemlich bedeutend: die Ertragsdifferenz zwischen der Eckendorfer gelben und der Futter-Zuckerrunkel (beide gedüngt mit N) beträgt p. ha 350,9 dz.

Vergleicht man die Rangordnungen nach Trockensubstanz- und Zuckerprozenten (Tab. XII 2 und 3) mit einander, so findet man eine genaue Übereinstimmung. Wie später gezeigt werden soll, ist auch bei andern Anbauversuchen diese Beziehung zu erkennen, so daß man mit einiger Sicherheit vom Trockensubstanz- auf den Zuckergehalt der Rüben und umgekehrt schließen kann.

Die Rüben, die einen hohen Massenertrag liefern, haben in der Regel einen geringen Trockensubstanz- und Zuckergehalt, wie sich aus folgenden Erwägungen ergibt. Wenn der Massenertrag der einen Rübensorte ein höherer ist als der einer zweiten, so müssen, gleiche

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Standweite der Rüben vorausgesetzt, größere Exemplare von der ersten als von der zweiten Sorte geerntet werden; diese großen Rüben haben aber, wie früher ausgeführt, einen geringen Trockensubstanz- und Zuckergehalt. Hoher Massenertrag der Rüben involviert demnach niedrigen Trockensubstanz- und Zuckergehalt; der erstere steht also im umgekehrten Verhältnis zu dem letzteren. Das zeigt sich auch bei unsern Versuchen: die Rangordnung nach den Massenerträgen ist fast genau die umgekehrte, wie die nach den Trockensubstanz- und Zuckerprozenten; es brauchte nur in Tab. XII 1 die Oberndorfer, gelbe über Mammoth-Long-Red zu stehen, wenn diese Beziehung genau sein sollte.

Stickstoffdüngung bedingt bekanntlich ein rasches, üppiges Wachstum und deshalb höheren Wassergehalt, also geringeren Trockensubstanz- und Zuckergehalt der Rüben. Auch bei unserem Versuche kann diese Depression von Trockensubstanz und Zucker durch Stickstoffdüngung erkannt werden. Eine Rübensorte wenigstens, nämlich die Futterzuckerrunkel, war ohne und mit Stickstoffdüngung gewachsen; im ersteren Falle betrug (Tab. XII) der Trockensubstanzgehalt 12,22 %, der Zuckergehalt 7,02 %, im letzteren Falle waren die entsprechenden Zahlen 11,23 % und 6,33 %.

Die Ergebnisse unseres Versuches in Bezug auf Trockensubstanz- und Zuckererträge sind aus Tab. XII 4 und 5 zu ersehen. Die Eckendorfer, gelbe hat 17,61 dz Trockensubstanz p. ha. mehr gegeben als die Futter-Zuckerrunkel (mit N gedüngt); und das Plus an Zucker, welches Mammoth-Long-Red gegenüber der Futter-Zuckerrunkel aufzuweisen hat, beträgt 4,74 dz p. ha. Es kann also die Varietät allein unter sonst gleichen Umständen bedeutende Ertragsdifferenzen bedingen. Die einzelnen Rübensorten rangieren bei unserem Versuche in Bezug auf Massen- und Trockensubstanzertrag fast gleich (Tab. XII 1 und 4). Hervorzuheben ist, daß bei weitem nicht immer Rüben, welche die höchsten Massenerträge aufweisen, auch die höchsten Erträge an Trockensubstanz bezw. Zucker geben; sehr häufig, wie sich auch aus später angeführten Versuchen ergibt, stehen Rüben mit geringeren Massenerträgen in Bezug auf Trockensubstanz- und Zuckerertrag an erster Stelle. Die höchsten Erträge an Trockensubstanz und Zucker haben bei unserem Versuche die beiden Eckendorfer und Mammoth-Long-Red gebracht; den geringsten Trockensubstanz- und Zuckerertrag weist die Futter-Zuckerrunkel auf.

In Bezug auf die Leutewitzer ist hervorzuheben, daß sie gewiß besser abgeschnitten hätte, wenn die Rüben nicht gedrillt, sondern gepflanzt worden wären, wie dies in Leutewitz selbst auch geschieht. Es ist durch Versuche erwiesen, daß diese Sorte gepflanzt höhere Erträge liefert als gedrillt, während bei den übrigen Sorten das Umgekehrte der Fall ist. Ein solcher Versuch ist 1890 von Hansen[1]) ausgeführt worden. Das Ergebnis war folgendes:

Tab. XIV.

	gesäet	gepflanzt
rote Leutewitzer . .	1276 Ctr. p. ha	1330 Ctr. p. ha
gelbe Leutewitzer .	1268 „ „ „	1324 „ „ „
Oberndorfer	1434 „ „ „	1296 „ „ „
Goldgelbe Walzen .	1122 „ „ „	920 „ „ „

Der Kalkstickstoff ist bei unserem Versuche dem Chilisalpeter überlegen gewesen, wie aus Tabelle XIII zu ersehen ist. Die 6 Rübensorten haben durchgängig nach der Düngung mit Kalkstickstoff höhere Massenerträge gebracht als nach der Chilisalpeterdüngung; und zwar überwiegen die Erträge nach der ersteren Düngung die nach der letzteren ziemlich beträchtlich: bei der Eckendorfer, gelben beträgt dieses Übergewicht 243,4 dz p. ha. Auch der Trockensubstanz- und Zuckergehalt ist bei allen Sorten bis auf eine Ausnahme nach Kalkstickstoffdüngung höher als nach Chilisalpeterdüngung. Diese eine Ausnahme macht die Leutewitzer, gelbe; die Trockensubstanzprozente sind bei dieser Sorte nach beiden Düngungen fast gleich, und in Bezug auf die Zuckerprozente hat der Chilisalpeter ein etwas besseres Resultat aufzuweisen. Da der Kalkstickstoff den Massenertrag und gleichzeitig

[1]) Deut. Landw. Presse 1890, Nro. 101.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

den Trockensubstanz- und Zuckergehalt der einzelnen Rübensorten so günstig beeinflußt hat, so mußten natürlich auch die Erträge an Trockensubstanz und Zucker nach der Kalkstickstoffdüngung relativ hohe sein. Tab. XIII zeigt, daß ohne jede Ausnahme, also bei allen Sorten, der Kalkstickstoff höhere Trockensubstanz- und auch höhere Zuckererträge geliefert hat als der Chilisalpeter. Das Plus an Trockensubstanz bewegt sich p. ha zwischen 12,77 dz und 33,06 dz, das an Zucker zwischen 4,82 dz und 21,66 dz. Die günstige Wirkung des Kalkstickstoffs gegenüber Chilisalpeter ist besonders gut auch aus Tab. XI 4 und 5 zu ersehen: an erster Stelle stehen ohne Ausnahme die mit Kalkstickstoff gedüngten Rüben, sowohl in der Rangordnung nach Trockensubstanz- als auch nach Zuckererträgen.

Die Wirkung des Chilisalpeters ist sicher ungünstig beeinflußt worden durch die häufigen und ergiebigen Niederschläge im Versuchsjahre (siehe S. V.), durch welche gewiß ein Teil der Salpetersäure, für welche der Boden kein Absorptionsvermögen hat, ohne gewirkt zu haben, in den Untergrund gespült wurde; es ist dies um so mehr zu befürchten, da bei dem Versuche der Chilisalpeter auf einmal und nicht wie gewöhnlich in der Praxis in 2 Portionen gegeben wurde. Immerhin ist die so außerordentlich günstige Wirkung des Kalkstickstoffs wohl zu beachten.

Was haben andere Anbauversuche mit Runkelrüben ergeben?

In den letzten 20 Jahren ist eine ganze Reihe zum Teil sehr umfangreicher Anbauversuche mit Runkelrüben ausgeführt worden. Nachdem unsere Versuche einer genaueren Besprechung unterzogen sind, sollen nun die Resultate von einigen jener andern angeführt und nach folgenden 3 Gesichtspunkten geprüft werden: 1. Beziehung zwischen Trockensubstanz- und Zuckergehalt, 2. Beziehung zwischen Massenertrag einerseits und Trockensubstanz- und Zuckergehalt andererseits, 3. Beziehung zwischen Massenertrag einerseits und Trockensubstanz- und Zuckerertrag andererseits.

1. Versuche an der Reichslandbauschule zu Wageningen.[1])

Dr. Pitsch.

Tab. XV.

Rang	Sorte	Massenerträge dz. p. ha	Sorte	% Trockensubstanz	Sorte	% Zucker	Sorte	Trockensubstanzerträge dz. p. ha	Sorte	Zuckererträge dz. p. ha
1.	Jaune ovoïde des Barres	1192,18	Lange Gelbe	12,51	Leutewitzer	8,27	Lange Gelbe	137,68	Leutewitzer	91,08
2.	Lange Rote	1105,74	Leutewitzer	11,53	Lange Gelbe	7,69	Leutewitzer	127,00	Lange Gelbe	84,63
3.	Leutewitzer	1101,47	Golden Tankard	11,43	Lange Rote	6,88	Lange Rote	124,61	Lange Rote	75,85
4.	Lange Gelbe	1100,64	Lange Rote	11,27	Golden Tankard	6,80	Jaune ovoïde des Barres	122,31	Jaune ovoïde des Barres	69,73
5.	Erfurter Modell	1070,71	Erfurter Modell	10,31	Jaune ovoïde des Barres	5,85	Golden Tankard	112,48	Golden Tankard	67,62
6.	Golden Tankard	984,51	Jaune ovoïde des Barres	10,26	Erfurter Modell	4,94	Erfurter Modell	110,38	Erfurter Modell	52,89

Die Rangordnung nach Trockensubstanzprozenten weicht von der nach Zuckerprozenten nur wenig ab. — Jaune ovoïde des Barres hat den höchsten Massenertrag, aber die niedrigsten Trockensubstanzprozente aufzuweisen, und in Bezug auf Zuckerprozente steht diese Sorte an vorletzter Stelle. — Jaune ovoïde des Barres, die den höchsten Massenertrag brachte, lieferte

[1]) Deut. Landw. Presse 1893, No. 96.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

nur einen mittleren Trockensubstanz- und Zuckerertrag; die lange Gelbe, die in Bezug auf Massenertrag eine mittlere Stellung einnimmt, steht in Bezug auf Trockensubstanzertrag an erster und in Bezug auf Zuckerertrag an zweiter Stelle.

2. Versuche auf dem akademischen Versuchsfelde Bonn-Poppelsdorf.

Prof. Dr. Wohltmann.

a. Versuch im Jahre 1895 [1])

Tab. XVI.

Rang	Sorte	Massenerträge dz p. ha	Sorte	Zucker %	Sorte	Zuckererträge dz p. ha
1.	Tannenkrüger, gelbe	968	Oberndorfer, rote	12,04	Oberndorfer, rote	86,6
2.	Tannenkrüger, rote	878	Lankers, verbesserte	11,15	Cimbals orange-gelbe Riesen	79,8
3.	Eckendorfer, gelbe	850	Cimbals selected giant long red	10,24	Lankers, verbesserte	76,8
4.	Cimbals orange-gelbe Riesen	829	Knauers gelbe runde Riesen	9,95	Cimbals selected giant long red	76,2
5.	Cimbals Frömsdorfer, gelbe	791	Cimbals orange-gelbe Riesen	9,63	Knauers gelbe runde Riesen	72,5
6.	Cimbals selected giant long red	744	Leutewitzer, gelbe	9,51	Leutewitzer, gelbe	67,6
7.	Leutewitzer, rote	738	Oberndorfer, gelbe	9,03	Tannenkrüger, rote	66,1
8.	Knauers gelbe runde Riesen	728	Cimbals Frömsdorfer, gelbe	7,80	Oberndorfer, gelbe	63,5
9.	Oberndorfer, rote	719	Leutewitzer, rote	7,71	Cimbals Frömsdorfer, gelbe	61,7
10.	Leutewitzer, gelbe	711	Tannenkrüger, rote	7,53	Tannenkrüger, gelbe	58,2
11.	Oberndorfer, gelbe	704	Tannenkrüger, gelbe	6,02	Leutewitzer, rote	56,9
12.	Lankers, verbesserte	689	Eckendorfer, gelbe	5,75	Eckendorfer, gelbe	48,9

Die beiden Tannenkrüger Sorten und die Eckendorfer, gelbe nehmen in der Rangordnung nach den Massenerträgen die erste Stelle ein, in Bezug auf Zuckerprozente aber die letzte; die Oberndorfer, gelbe und Lankers, verbesserte haben die geringsten Massenerträge ergeben, stehen aber in Bezug auf Zuckerprozente an erster Stelle. — Den höchsten Zuckerertrag wies die Oberndorfer, rote auf, die nur einen geringen Massenertrag lieferte; den geringsten Zuckerertrag brachten Tannenkrüger, gelbe, Leutewitzer, rote und Eckendorfer, gelbe, von denen die zuerst und die zuletzt genannte Sorte die höchsten Massenerträge ergaben.

b. Versuche im Jahre 1896 [2])

Tab. XVII.

Rang	Sorte	Massenerträge dz p. ha	Sorte	Zucker %	Sorte	Zuckererträge dz p. ha
1.	Tannenkrüger, gelbe	1337	Simons Lanker	9,70	Tannenkrüger, gelbe	96,5
2.	Tannenkrüger, rote	1292	Flaschenförmige gelbe Riesen	9,43	Tannenkrüger, rote	91,4

[1]) Fühl. Landw. Zeit. 1896, 11. Heft.
[2]) Fühl. Landw. Zeit. 1897, 8. Heft.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Rang	Sorte	Massenerträge dz p. ha	Sorte	Zucker %	Sorte	Zuckererträge dz p. ha
3.	Eckendorfer, gelbe	1245	Lange rote Mammuth	8,93	Flaschenförmige gelbe Riesen	88,0
4.	Eckendorfer, rote	1219	Oberndorfer, gelbe	8,63	Oberndorfer, gelbe	87,4
5.	Vauriac	1165	Leutewitzer, gelbe	8,33	Simons Lanker	86,7
6.	Cimbals Frömsdorfer, gelbe	1074	Lange rote Kuhhorn	8,13	Lange rote Mammuth	81,6
7.	Cimbals orange-gelbe Riesen	1066	Simons gelbe Lanker	7,72	Eckendorfer, rote	79,6
8.	Oberndorfer, gelbe	1013	Cimbals selected giant long red	7,56	Vauriac	79,4
9.	Flaschenförmige gelbe Riesen	933	Cimbals orange-gelbe Riesen	7,42	Cimbals orange-gelbe Riesen	79,1
10.	Cimbals selected giant long red	927	Tannenkrüger, gelbe	7,22	Leutewitzer, gelbe	76,7
11.	Simons gelbe Lanker	921	Tannenkrüger, rote	7,07	Simons gelbe Lanker	71,1
12.	Leutewitzer, gelbe	921	Vauriac	6,82	Cimbals selected giant long red	70,1
13.	Lange rote Mammuth	914	Eckendorfer, rote	6,53	Eckendorfer, gelbe	68,9
14.	Simons Lanker	894	Cimbals Frömsdorfer, gelbe	6,32	Cimbals Frömsdorfer, gelbe	67,9
15.	Leutewitzer, rote	858	Leutewitzer, rote	6,32	Lange rote Kuhhorn	58,0
16.	Lange rote Kuhhorn	713	Eckendorfer, gelbe	5,53	Leutewitzer, rote	54,2

Die Sorten, welche die höchsten Massenerträge lieferten, nämlich die beiden Tannenkrüger, die beiden Eckendorfer, Vauriac und Cimbals Frömsdorfer, gelbe, wiesen die niedrigsten Zuckerprozente auf. — Die Sorten mit den höchsten Massenerträgen, nämlich die beiden Tannenkrüger, gaben auch die höchsten Zuckerträge; die Sorten mit den niedrigsten Massenerträgen, nämlich Leutewitzer, rote und lange rote Kuhhorn, lieferten auch die geringsten Zuckererträge.

3. Versuch von Prof. Dr. Hansen, Bonn-Poppelsdorf, und K. Hofmann, Dikopshof.[1])

Tab. XVIII.

Rang	Sorte	Massenerträge dz p. ha	Sorte	Trockensubstanz %	Sorte	Zucker %	Sorte	Trocks.-erträge dz p. ha	Sorte	Zuckererträge dz p. ha
1.	Criewener Eckendorfer	793,20	Substantia Lanker	17,50	Substantia Lanker	10,14	Leutewitzer	107,55	Leutewitzer	62,19
2.	Eckendorfer Original	781,70	Oberndorfer	15,35	Leutewitzer	8,74	Substantia Lanker	104,03	Substantia Lanker	60,27
3.	Tannenkrüger	772,60	Tankard Mangold	15,16	Oberndorfer	8,71	Oberndorfer	102,27	Oberndorfer	57,96
4.	Leutewitzer	712,00	Leutewitzer	15,10	Tankard Mangold	8,69	Criewener Eckendorfer	97,68	Criewener Eckendorfer	53,43

[1]) Deut. Landw. Presse 1905, No. 19.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Rang	Sorte	Massen-erträge dz p. ha	Sorte	% Trocken-substanz	Sorte	% Zucker	Sorte	Trocks.-erträge dz p. ha	Sorte	Zucker-erträge dz p. ha
5.	Stieghorster Walzen	704,40	Gelbe Mangold	14,37	Cimbals Riesen	8,42	Stieghorster Walzen	95,70	Stieghorster Walzen	53,29
6.	Oberndorfer	667,00	Rheinische Lanker	14,21	Rheinische Lanker	8,29	Eckendorfer Original	92,72	Rheinische Lanker	48,60
7.	Substantia Lanker	594,60	Cimbals Riesen	14,01	Gelbe Mangold	7,69	Tannen-krüger	90,18	Cimbals Riesen	47,28
8.	Rheinische Lanker	587,20	Stieghorster Walzen	13,59	Stieghorster Walzen	7,57	Rheinische Lanker	83,35	Eckendorfer Original	46,58
9.	Cimbals Riesen	561,40	Criewener Eckendorfer	12,31	Criewener Eckendorfer	6,73	Cimbals Riesen	78,67	Tannen-krüger	44,19
10.	Gelbe Mangold	418,50	Eckendorfer Original	11,87	Eckendorfer Original	5,96	Gelbe Mangold	60,27	Tankard Mangold	33,78
11.	Tankard Mangold	388,70	Tannen-krüger	11,67	Tannen-krüger	5,72	Tankard Mangold	58,92	Gelbe Mangold	32,22

Die Rangordnung nach Trockensubstanzprozenten stimmt mit der nach Zuckerprozenten bis auf geringe Abweichungen überein. — Die Sorten mit den höchsten Massenerträgen, nämlich Criewener Eckendorfer, Eckendorfer Original und Tannenkrüger, haben die niedrigsten Trockensubstanz- und Zuckerprozente. — Den höchsten Trockensubstanz- und Zuckerertrag lieferten Sorten, die in Bezug auf Massenertrag eine mittlere Stellung einnehmen, nämlich Leutewitzer, Substantia Lanker und Oberndorfer; die niedrigsten Trockensubstanz- und Zuckerträge gaben die Sorten mit den niedrigsten Massenerträgen, nämlich gelbe Mangold und Tankard Mangold.

Aus der vorstehenden Zusammenstellung der Ergebnisse von Rübenanbauversuchen und aus andern, die hier nicht angeführt sind, können folgende Schlüsse gezogen werden. Trockensubstanz- und Zuckergehalt der Rüben stehen in naher Beziehung zu einander: Rüben mit niedrigem Trockensubstanzgehalt weisen auch geringe Zuckerprozente auf, und trockensubstanzreiche Rüben sind prozentisch reich an Zucker. Auch bei unsern Versuchen war diese Beziehung sehr deutlich zu erkennen. Es ist dies ja auch leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß der Zucker den größten Teil der Trockensubstanz bei Rüben ausmacht, nämlich 40—80 %.

Rüben mit hohen Massenerträgen sind prozentisch arm an Trockensubstanz und Zucker und umgekehrt. Bei allen angeführten Versuchen, auch bei den unsrigen, war diese Tatsache zu erkennen.

Was endlich das Verhältnis zwischen Massenertrag einerseits und Trockensubstanz- und Zuckerertrag andererseits anbetrifft, so ist dasselbe kein konstantes. Bei unsern Versuchen haben Rübensorten die höchsten Trockensubstanz- und Zuckererträge gebracht, welche die höchsten Massenerträge lieferten. Aus den Ergebnissen der übrigen Versuche ist aber ersichtlich, daß auch solche Sorten, welche in Bezug auf Massenertrag eine mittlere Stellung einnehmen, ja selbst solche Sorten, welche geringe Massenerträge aufweisen, die höchsten Trockensubstanz- und Zuckererträge liefern können.

Was haben andere Düngungsversuche mit Kalkstickstoff ergeben?

Obgleich der Kalkstickstoff erst seit kurzer Zeit bekannt ist, so ist doch mit diesem Düngemittel schon eine ganze Reihe von Düngungsversuchen ausgeführt worden. Welche Wirkung hat man bei Runkelrüben erzielt?

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Den ersten Düngungsversuch mit Kalkstickstoff zu Runkelrüben hat wohl Wagner[1]) ausgeführt. Das Resultat war folgendes:

	Rübenertrag dz. p. ha
0 N: . . .	655
Chilisalpeter:	779
Ammoniaksalz:	773
Kalkstickstoff:	787

Der Kalkstickstoff, welcher untergebracht war, hat also hier sehr gut gewirkt; wurden die Düngemittel aber zum Teil als Kopfdüngung gegeben, so stand der Kalkstickstoff den beiden andern Stickstoffdüngern erheblich nach.

Edler[2]) benutzte als Versuchspflanzen die rote und gelbe Eckendorfer; der Kalkstickstoff wurde 13 Tage vor dem Auslegen der Rübenkerne untergehackt.

Das Ernteergebnis auf 37 qm war folgendes:

	Rote Eckendorfer Rüben in kg	Gelbe Eckendorfer Rüben in kg
0 N	244,0	212,0
Kalkstickstoff . . .	263,0	236,0
Chilisalpeter . . .	235,3	207,0

Der Kalkstickstoff hat also bei beiden Sorten die höchsten Erträge geliefert. Auffälliger Weise ist der Chilisalpeter nicht zur Wirkung gekommen; Edler gibt als Grund für diese merkwürdige Tatsache die große Trockenheit während der Vegetationszeit an.

Bei Düngungsversuchen, welche Haselhoff[3]) mit Runkelrüben ausführte, gab Kalkstickstoff einen Ertrag von 94,6, wenn der durch Chilisalpeter erzielte Ertrag gleich 100 gesetzt wird.

Aschman[4]) hat auf 4 verschiedenen Versuchsfeldern Düngungsversuche mit Chilisalpeter, Ammoniaksalz und Kalkstickstoff zu Runkelrüben ausgeführt. Das Durchschnittsergebnis ist in folgender Tabelle zusammengestellt.

Ernte auf 5 a und Analyse.

Tab. XIX.

		Chilisalpeter	Ammoniaksalz	Kalkstickstoff	0 N
Runkeln	kg	3980	3560	3487	1860
Trockensubstanz .	%	9,50	10,15	9,41	11,77
Rohrzucker . . .	%	5,15	5,78	4,95	6,95
Produktion an Zucker	kg	201,03	203,67	167,15	126,73

Die Ergebnisse der Aschmanschen Versuche weichen von den unsrigen ziemlich beträchtlich ab; diese Abweichung ist nicht auffällig, denn je nach Boden, Witterung und Kulturverhältnissen kann die Wirkung des Kalkstickstoffs verschieden sein. Die höchsten Massenerträge hat bei den in Rede stehenden Versuchen der Chilisalpeter ergeben; die Wirkung des Kalkstickstoffs steht in Bezug auf Massenertrag der des Ammoniaksalzes nahe. Die höchsten Zuckererträge hat das Ammoniaksalz gebracht, während die Wirkung des Kalkstickstoffs in Bezug auf Zuckerertrag der des Ammoniaksalzes und des Chilisalpeters erheblich nachsteht. Eine schädliche Wirkung des Kalkstickstoffs auf Keimung und Entwicklung der Runkelrüben konnte in keinem Falle beobachtet werden.

Da Kalkstickstoff ein neues Düngemittel ist, so sollen nun noch einige Düngungsversuche angeführt werden, bei denen Kalkstickstoff zu andern Kulturpflanzen gegeben wurde. Die ersten Versuche mit diesem Düngemittel sind von Gerlach und Wagner[5]) angestellt. Das

[1]) Deutsche Landw. Presse 1903, No. 55.
[2]) Deutsche Landw. Presse 1905, No. 1.
[3]) Landw. Jahrb. 1905, S. 615.
[4]) Dr. C. Aschmann, Vorst. d. landw. Versuchsst. Ettelbrück (Luxemburg), Kalkstickstoff, vergleichende Kulturversuche zu Runkelrüben und Chevalier-Gerste.
[5]) Deutsche Landw. Presse 1903, No. 42.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ergebnis dieser kann dahin zusammengefaßt werden, daß der Stickstoff im Calciumcyanamid in seiner Wirkung der gleichen Stickstoffmenge in Form von Ammoniaksalz nahezu äquivalent ist und hinter dem Effekt von Salpeterstickstoff nur wenig zurückbleibt. Eine Schädigung der Pflanzen trat nicht ein, wenigstens nicht, wenn Mengen verabreicht wurden, wie sie bei der Salpeterdüngung üblich sind, und wenn der Kalkstickstoff einige Zeit vor der Aussaat gegeben wurde. Die Versuche sind von beiden Forschern fortgesetzt und nun schon 6 Jahre lang ausgeführt. Hierbei hat Wagner[1]) gefunden, daß die Wirkung des Kalkstickstoffs manchmal eine unsichere ist, und zwar ist ein Mißerfolg, dessen Ursache wir noch nicht bestimmt erkannt haben, auf Sandboden häufiger zu beobachten als auf Lehmboden und bei trockner Witterung mehr als bei feuchter. Doch wirkt Kalkstickstoff unter günstigen Verhältnissen — das ist Wagners Ansicht auch jetzt noch — so gut wie Ammoniaksalz.

v. Seelhorst und Müther[2]) führten Vegetationsversuche mit Kalkstickstoff aus, und zwar prüften sie die Wirkung dieses Düngemittels auf sandigem Lehmboden, Lehmboden und Sandboden. In den beiden ersten Bodenarten bewirkte der Kalkstickstoff eine bedeutende Ernte-steigerung und war dem schwefelsauren Ammoniak im Düngewerte wenigstens gleich zu setzen; nur wenn der Kalkstickstoff unmittelbar vor der Aussaat angewendet und nur flach untergebracht wurde, so daß er mit dem Samen in direkte Berührung kam, war eine auffällige Schädigung der Pflanzen zu beobachten. Anders waren die Resultate auf Sandboden; es ist allerdings zu bemerken, daß dieser fast keine Feinerde enthielt, also ein Boden war, der zu Kulturzwecken wohl kaum Verwendung findet. Es zeigte sich, daß die Pflanzen durch den Kalkstickstoff in allen Fällen geschädigt waren, auch dort, wo die Unterbringung dieses Düngemittels 5—6 Wochen vor der Bestellung vorgenommen war. v. Seelhorst und Müther schließen aus ihren Versuchen, daß sich der Kalkstickstoff auf allen etwas feinerdereichen Bodenarten sehr gut gebrauchen läßt, wenn man ihn ungefähr 8 Tage vor der Einsaat gut unterbringt.

Haselhoff[3]) hat sehr eingehende Versuche ausgeführt. Dieselben sollten die Wirkung des Kalkstickstoffs auf die Keimung der Samen und die Düngewirkung desselben bei Gefäß- und Feldversuchen feststellen. Aus diesen Versuchen geht hervor, daß der Kalkstickstoff die Keimung der Samen im Sande stärker beeinträchtigt als im Boden, und daß die Samen mancher Pflanzen empfindlicher sind als die anderer; es geht aus denselben aber weiter hervor, daß die schädliche Wirkung des Kalkstickstoffs vermieden werden kann, wenn dieser längere Zeit vor der Aussaat in den Boden gebracht wird, damit die pflanzenschädlichen Verbindungen zersetzt werden können. Setzt man die Wirkung des Salpeterstickstoffs gleich 100, so war bei den Vegetationsversuchen die Wirkung des Stickstoffs im Calciumcyanamid ungefähr 80.

Bei den Felddüngungsversuchen wurde der Kalkstickstoff zum Teil 5 und 14 Tage vor der Aussaat untergebracht, zum Teil wurde er als Kopfdüngung gegeben. Diese letztere Düngung bewirkte eine Gelbfärbung der jüngeren Blätter, die Pflanzen erholten sich aber bald; in einem Falle, in welchem allerdings am Tage nach der Kopfdüngung der Kalkstickstoff durch einen starken Regen abgespült war, war eine Benachteiligung überhaupt nicht zu erkennen. Die Resultate der Felddüngungsversuche sind aus folgender Zusammenstellung zu ersehen, bei welcher die Wirkung des Chilisalpeters wieder gleich 100 gesetzt ist.

Versuch auf leichtem Lehmboden.

1. Roggen. Kalkstickstoff: 83,5 Körner; 97 Stroh. — 2. Kartoffeln. Kalkstickstoff: 100,3 Knollen.

Versuch auf schwerem Lehmboden.

1. Gerste. Kalkstickstoff: 100,6 Körner; 90,8 Stroh. — 2. Kartoffeln. Kalkstickstoff: 93,6 Knollen.

Bei diesen Versuchen hat demnach der Kalkstickstoff eine sehr günstige Wirkung gezeigt; seine Wirkung steht der des Chilisalpeters nahe.

---

[1]) Deut. Landw. Presse 1906, No. 66.
[2]) Journ. f. Landw. 1905, S. 329.
[3]) Landw. Jahrb. 1905, S. 597.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bei Remys Versuchen[1]) auf tonreichem Boden stand die Wirkung des Kalkstickstoffs der des Chilisalpeters nur wenig nach; schädliche Nebenwirkungen konnten bei schwerem Boden selbst bei Anwendung verhältnismäßig starker Gaben von Kalkstickstoff nicht beobachtet werden. Bei Sandboden waren die Ergebnisse wesentlich ungünstiger: Kalkstickstoff übte in etwas größeren Gaben eine schädliche Wirkung auf die Keimung und das Wachstum der Pflanzen aus.

Aschman[2]) hat durch Kalkstickstoff bei Gerste sehr gute Resultate erzielt. Der Kalkstickstoff wurde 4 Tage vor der Aussaat gegeben, der Chilisalpeter in einmaliger Gabe ausgestreut. Die Ergebnisse waren folgende:

Erträge p. ha in kg bei	Chilisalpeter,	Kalkstickstoff,	schwefels. Amm.,	ungedüngt
Körner:	1600	1950	1780	600
Stroh:	3280	3650	3600	950

Es übertraf demnach der Kalkstickstoff die beiden andern Stickstoffdünger, er lieferte die höchsten Körner- und Stroherträge. Die Keimung der Samen und die Entwicklung der Pflanzen wurde durch Kalkstickstoff in keiner Weise beeinträchtigt.

Ungünstig für den Kalkstickstoff sind die Versuche auf Moorboden ausgefallen. Tacke[3]) hat zuerst solche Düngungsversuche auf saurem Moorboden angestellt; er konnte weder in Töpfen noch im freien Felde befriedigende Ergebnisse erzielen. Erst nach $2^1/_2$ Monate wurde ein pflanzenschädlicher Einfluß nicht mehr wahrgenommen. Auch v. Feilitzen hat solche Versuche auf Moorboden angestellt. Der Kalkstickstoff wurde 14 Tage vor der Aussaat ausgestreut und untergebracht; trotzdem war die Wirkung auf Hochmoorboden eine sehr geringe. Der Grund für diese ungünstige Wirkung ist, wie v. Feilitzen nachwies, darin zu suchen, daß in sauren Moorböden der Stickstoff des Calciumcyanamids nur sehr langsam in den wirksamen Salpeterstickstoff übergeht.

Von Interesse ist die Frage, welche Verbindungen des Kalkstickstoffs oder welche Umsetzungsprodukte desselben das Pflanzenwachstum unter Umständen schädigen können. Nach v. Seelhorst und Müther[4]) müssen zwei verschiedene Giftwirkungen angenommen werden, die eine äußert sich bei der Keimung der Pflanzen, die andere später. Die Gifte sind im Kalkstickstoff noch nicht vorhanden, sondern bilden sich erst, wenn dieser in den Boden kommt. Welche Umsetzungen des Kalkstickstoffs finden nun statt, und welches sind die Gifte, die sich bilden?[5]) — Bringt man Kalkstickstoff in Wasser, so bilden sich Acetylen und etwas Phosphorwasserstoff, weil nämlich Calciumcarbid und Calciumphosphid im Kalkstickstoff vorhanden sind. Auch Calciumcyanamid wird unter der Einwirkung des Wassers umgesetzt, es bildet sich nämlich Calciumhydroxyd und allmählich Dicyandiamid; schneller geschieht die Bildung des letzteren unter der Einwirkung von Kohlensäure und Humussäuren. Bringt man Kalkstickstoff in den Boden, so entstehen auch hier unter der Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit Acetylen, Phosphorwasserstoff und Calciumhydroxyd, alle 3 wirken schädlich auf die Keimung der Samen ein; das Dicyandiamid aber bildet sich durchaus nicht immer im Boden. Man muß nämlich bedenken, daß sich hier unzählige Mengen Bakterien vorfinden, welche die Zersetzung des Kalkstickstoffs beeinflussen, so daß diese anders verläuft als im Wasser. Es ist festgestellt, daß gewisse Bodenbakterien den Stickstoff des Calciumcyanamids leicht in Ammoniak überführen, ohne daß das giftige Dicyandiamid gebildet wird. Wird ein Ackerboden, der sich im guten Kulturzustande befindet, mit Kalkstickstoff gedüngt, so wird sich nicht das giftige Dicyandiamid, sondern es wird sich unter dem Einflusse jener Bodenbakterien aus Calciumcyanamid Ammoniak bilden. Wendet man aber den Kalkstickstoff in einem sehr armen Sandboden an, der nur eine spärliche Bakterienflora aufzuweisen hat, wie dies z. B. bei den an-

[1]) Fühl. Landw. Zeit. 1906, 12. Heft.
[2]) Dr. C. Aschman, Kalkstickstoff, vergleichende Kulturversuche m. Runkelrüben u. Chevalier-Gerste.
[3]) Mitt. d. Ver. z. Förder. d. Moorkultur i. d. R. 1903, 21, 346.
[4]) Journ. f. Landw. 1905, S. 329.
[5]) Fühl. Landw. Zeit. 1905, 23. Heft, Prof. Dr. H. Immendorf und O. Thielebein, Einiges über die Verwertung des Luftstickstoffs f. landw. Zwecke, m. besond. Berücksichtigung des Kalkstickstoffs u. seiner Düngewirkung.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

geführten Versuchen von v. Seelhorst und Müther der Fall war, so wird sich infolge Mangels an Bakterien nicht Ammoniak, sondern das giftige Dicyandiamid bilden; auch im Hochmoorboden wird wegen Mangel an Bakterien und unter dem Einflusse der Säuren dieses Gift entstehen. So ist die günstige Wirkung des Kalkstickstoffs auf normalem Ackerboden und die ungünstige auf Sand- und Hochmoorboden zu erklären. Paul Wagner weist auf die Möglichkeit hin, daß auch das aus dem Calciumcyanamid sich bildende Ammoniak schädigend auf die Entwicklung der Pflanzen einwirkt, und daß ein mit dem Entweichen des Ammoniaks aus dem Boden verbundener Stickstoffverlust zuweilen die Wirkung des Kalkstickstoffs in Frage stellt.

Schlußbetrachtung.

Die Anbauversuche mit Runkelrüben haben gezeigt, wie außerordentlich die Erträge an wertbestimmenden Bestandteilen von der Sorte abhängig sind, und wie wichtig es ist, diejenigen Sorten zu ermitteln, welche unter den gegebenen Verhältnissen die höchsten Erträge geben. Bei unsern Versuchen hatten die höchsten Trockensubstanz- und Zuckererträge Mammoth-Long-Red und die beiden Eckendorfer Sorten aufzuweisen; weitere Versuche müssen ergeben, ob auf unserem Versuchsfelde diese Sorten sich immer vor den andern auszeichnen.

Der Kalkstickstoff hat bei unsern Versuchen eine sehr gute Wirkung gezeigt; auch nach andern Versuchen ist er ein brauchbares Düngemittel, wenigstens, wenn er einige Zeit vor der Aussaat gegeben und gleich untergebracht wird; er steht dann etwa dem Ammoniaksalz an Wirkung gleich, ja er kann zuweilen die Wirkung des Chilisalpeters erreichen und übertreffen. Auf leichtem Sandboden und auf Hochmoorboden versagt der Kalkstickstoff.

In Bezug auf die beiden andern Düngemittel, die atmosphärischen Stickstoff enthalten, ist zu bemerken, daß der Stickstoffkalk, dessen Zusammensetzung mit der des Kalkstickstoffs übereinstimmt, wie zu vermuten war, dieselbe Wirkung wie dieses Düngemittel gezeigt hat. Der in Norwegen aus atmosphärischem Stickstoff erzeugte Kalksalpeter ist ein vorzügliches Düngemittel, er hat sich als dem Chilisalpeter vollständig ebenbürtig erwiesen, im sandigen Boden scheint er diesem sogar etwas überlegen zu sein.

Die Furcht vor einer Stickstoffnot infolge der Erschöpfung der Salpeterlager Chilis hat sich demnach als unbegründet erwiesen; das Problem, den ungeheuren Vorrat des Luftstickstoffs dem Menschen dienstbar zu machen, ist gelöst.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf