

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Theoretische, praktische und analytische Chemie, in Anwendung auf Künste und Gewerbe

Die Zuckerfabrikation - theoretisch und praktisch dargestellt

Muspratt, Sheridan

Braunschweig, 1862

Saccharimetrie

naudere Prüfungsarten in Vorschlag gebracht wurden. Die Ungleichheit des Kalkgehalts der Kohle von ein und demselben Haufen oder nach jedem Gebrauche derselben vermindert den Werth einer genauern Ermittlung, wenn diese auf Kosten der Einfachheit und Sicherheit für weniger Geübte erlangt werden kann.

Nach der Angabe von Schatten hat man ein bestimmtes Quantum (8 Loth) der zu untersuchenden Kohle, getrocknet und fein gestoßen, mit der doppelten Menge verdünnter Essigsäure (1,0115 spez. Gew.) unter Erwärmung auf 75 bis 80° C. zu übergießen, nach dem Erkalten zu filtriren und dann aus der Zunahme des spezifischen Gewichts der erhaltenen Auflösung die vorhandene Kalkmenge zu bestimmen. Zur Prüfung der Auflösung dient ein Aräometer (Kalkwaage), welches den Gehalt des aufgenommenen Kalkes von 0 bis 15 Proc. der Kohle erkennen läßt.

Statt der Kalkwaage kann auch das Saccharometer von Brix dienen, wozu Professor Otto die nachfolgende Reduktionstabelle geliefert hat.

Grade Brix.	Grade Schatten.	Grade Brix.	Grade Schatten.
4	= 1,2	10	= 8,2
4,5	= 1,7	10,5	= 8,7
5	= 2,3	11	= 9,3
5,5	= 2,9	11,5	= 9,9
6	= 3,5	12	= 10,5
6,5	= 4,1	12,5	= 11,1
7	= 4,7	13	= 11,7
7,5	= 5,2	13,5	= 12,2
8	= 5,8	14	= 12,8
8,5	= 6,4	14,5	= 13,4
9	= 7,0	15	= 14,0
9,5	= 7,6		

Da selbst die verdünnte Essigsäure, wie sie Schatten anwendet, wenn sich in der Kohle keine genügende Menge kohlen-saurer Kalk zu ihrer Sättigung findet, den phosphorsaurer Kalk der Kohle löst, so empfiehlt Otto zur Ermittlung des aufgenommenen Kalkgehalts eine verdünnte Salzsäure von bestimmtem Procentgehalt oder spezifischem Gewicht (4,5° Brix oder 1,017 spez. Gew.) mit einem Säuregehalt von 3,6 Proc. anzuwenden und mit dieser Probefäure die zu untersuchende Kohlenprobe nur bis zur schwachen Säuerung zu versetzen. Nach seiner Angabe sind 50 Gramm dieser verdünnten Säure 49,1 Cubikcentimeter, und da diese 1,8 Gramm Salzsäure enthalten, so sind in 50 Cubikcentimeter der Probefäure 1,83 Gramm Salzsäure, die von 2,5 Gramm kohlen-saurem Kalk neutralisirt werden, wonach 10 Cubikcentimeter der verbrauchten Säure 0,5 Gramm kohlen-saurem Kalk entsprechen.

Man nimmt zu einer solchen Probe 50 Gramm der pulverisirten Kohle und übergießt sie in einem kleinen Messingkeffel mit 200 Gramm Wasser. Der Kessel wird über eine Spirituslampe gestellt und darüber eine Mohr'sche Röhre mit Quetschhahn, aus welcher man je 5 Cubikcentimeter der Probefäure einfließen läßt. Hierauf bringt man die Probe zum Sieden und erhält sie einige Minuten bei dieser Temperatur; dann nimmt man den Kessel von der Lampe, worauf sich die Flüssigkeit bald klärt. Man taucht dann einen Streifen blaues Lackmuspapier ein. Bleibt das Papier blau oder erhält es keine entschieden rothe Färbung, so kommt

der Kessel wieder über die Lampe; man läßt von Neuem 5 Cubikcentimeter Probefäure einfließen, mischt, kocht oder erhitzt einige Minuten unter Umrühren, nimmt den Kessel ab und prüft die Flüssigkeit abermals mit Lackmuspapier. So operirt man fort, bis sich entschieden rothe Färbung des Papiers zeigt. Dann erhitzt man nochmals einige Minuten, wodurch die rothe Färbung des Papiers nicht wieder vergehen darf, sonst muß man nochmals 5 Cubikcentimeter Probefäure einfließen lassen.

Je 10 Cubikcentimeter der verbrauchten Probefäure zeigen 1 Proc. aufgelösten kohlen-sauren Kalk.

Bei dieser Prüfung ist die angegebene Wassermenge, die zuzusetzen ist, genau einzuhalten und das durch's Kochen verdampfte wieder zu ergänzen. Die rothe Färbung des Papiers muß entschieden erlangt werden. Sollte man zweifelhaft sein, die genügende Menge Säure verwandt zu haben, so schlägt Otto noch eine weitere Prüfung vor; man bringe von der Flüssigkeit ein wenig auf ein kleines Filter und versetze das Filtrat mit Ammoniak; entsteht hier ein gelatinöser Niederschlag, der die ganze Flüssigkeit dickflüssig macht und nicht in einzelnen Flocken austritt, so hat man schon zu viel Säure angewandt und es ist dann schon phosphorsaurer Kalk gelöst; Ammoniak soll das Filtrat ganz klar lassen oder nur wenig Flocken ausscheiden. Hat man durch die Probe 3 Proc. Kalk gefunden, so kann man der Kohle ohne Nachtheil 2 1/4 bis 2 1/2 Proc. Kalk durch die Säuerung entziehen.

Eine andere sehr nachtheilige Verunreinigung der Kohle ist die mit Gips, der durch die Verwendung eines gipshaltigen Wassers oder durch einen gipshaltigen Kalk bei der Defecation, oder aber auch durch die Anwendung einer schwefelsäurehaltigen Salzsäure in die Kohle gelangen kann. Diese Verunreinigung wird dadurch nachtheilig, daß der Gips beim Glühen eine Kalkschwefeleber bildet, welche durch die ägenden Alkalien des geschiedenen Rüben-saftes bei der Filtration eine leichter lösliche Kalkschwefeleber entstehen läßt, die wieder von den Metallgefäßen zerstört wird und dem Zucker eine graue Farbe ertheilt. Um den Gips aus der Kohle zu entfernen, wird es nöthig, diese mit kohlen-saurem Natron auf ähnliche Weise zu behandeln, wie es bei dem Ansäuern der Kohle näher angegeben wurde. Statt der Säure wird dann zunächst so lange kohlen-saures Natron zugesetzt und gekocht, bis die Kohle entschieden alkalisch reagirt; nach dem Ablassen der dunkelgefärbten Flüssigkeit ist die Kohle wiederholt zu waschen, um alles Natron zu entfernen, wonach dann das Ansäuern erfolgen kann.

Die vollständige Beschreibung der Darstellung der Knochenkohle siehe bei Weinschwarz im Hauptwerk Bb. I. S. 790.

Saccharimetrie. Die analytischen Methoden, welche zur Untersuchung zuckerhaltiger und vorzugsweise roh-zuckerhaltiger Stoffe dienen, nennt man saccharimetrische Methoden, die Untersuchung zuckerhaltiger Stoffe Saccharimetrie, die dazu benutzten Apparate Saccharimeter. Es giebt drei wesentlich verschiedene saccharimetrische Methoden, die sich gegen-

feitig ergänzen, die theils unabhängig von einander, theils gemeinschaftlich angewandt werden können, um den Gehalt an Rohrzucker in fester Substanz, in Zuckerslösungen, Syrupen, Fruchtsäften zu bestimmen. Man hat zu unterscheiden: a) chemische, b) arismetrische, c) optische saccharimetrische oder saccharometrische Methoden.

Eine der ältesten chemischen Methoden beruht auf der Verwandlung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure durch Gährung. 1 Aeq. Rohrzucker wird dabei zunächst durch den Einfluß der Hefe unter Aufnahme von 1 Aeq. Wasser in Fruchtzucker verwandelt und dieser spaltet sich in 2 Aeq. Alkohol und 4 Aeq. Kohlensäure. Der zu untersuchende Zucker wurde abgewogen und in Wasser gelöst, oder die zu untersuchende Flüssigkeit mit Hefe vermischt und gähren gelassen, bis die Kohlensäureentwicklung völlig beendet war. Von der Flüssigkeit wurde ungefähr die Hälfte abdestillirt, jedenfalls so viel, bis aller Alkohol übergegangen war, das Volum des Destillats genau bestimmt und darin der Gehalt an Alkohol mittelst des Alkoholometers und der alkoholometrischen Tabellen (s. Hauptwerk Bd. I. S. 236) nachgewiesen. 98 Th. absoluter Alkohol entsprechen 171 Th. Rohrzucker. War die gefundene Alkoholmenge y , so ließ sich die ihr entsprechende Zuckermenge nach der einfachen Gleichung:

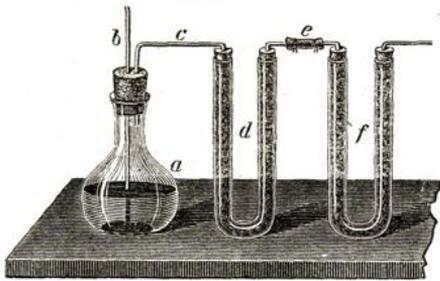
$$98 : 171 = y : x$$

finden.

Diese Methode ist nicht allein sehr weitläufig, sondern liefert auch nicht genaue Resultate; sie wird daher kaum mehr angewandt.

Einfacher und zweckmäßiger ist es, bei einem Gährungsversuch statt des Alkohols die entweichende Kohlensäure zu bestimmen. Man bedient sich dazu des Apparats Fig. 80. Das Glas a , welches ungefähr 100 C. = C.

Fig. 80.



faßt, ist mittelst eines zweimal durchbohrten Korks und einer doppelt rechtwinklig gebogenen Röhre c mit einem U-förmigen Glasrohre d verbunden, welches mit concentrirter Schwefelsäure getränkte Wismutstücke enthält. Durch die zweite Durchbohrung des Korks geht ein oben und unten offenes Glasrohr b , welches bis auf den Boden des Glases a reicht und an seinem andern Ende durch ein Stückchen Kautschukrohr, in welches ein kleiner Glasstab geschoben wird, luftdicht verschlossen werden kann. Das Glas a wird, zunächst ohne Kork und Röhren, trocken gewogen, der zu untersuchende Zucker hineingebracht und wieder gewogen, um die Menge des angewandten Zuckers zu finden. Darauf

rührt man Hefe, gleichviel ob sogenannte Preßhefe oder flüssige, mit so viel Wasser an, daß eine Flüssigkeit von rahmartiger Consistenz entsteht, fügt davon 10 C. = C. zu dem Zucker und füllt das Glas bis zur Hälfte mit kaltem Wasser. Nachdem man den Kork mit den Röhren bed fest aufgedreht hat, bestimmt man auf einer genauen Wage das Gewicht des ganzen Apparates, fügt mittelst des Kautschukröhrchens e das Chlorcalciumrohr f an und läßt den Apparat 36 bis 48 Stunden lang an einem mäßig warmen Orte stehen. Gleichzeitig bringt man in einen zweiten eben solchen Apparat 10 C. = C. derselben Hefeflüssigkeit, verdünnt annähernd mit einer gleichen Menge Wasser und stellt den gewogenen Apparat neben den ersten.

Der zweite Versuch mit Hefe und Wasser ist deshalb erforderlich, weil nicht allein die Hefe gewöhnlich noch etwas Zucker beigemischt enthält und daraus Kohlensäure entwickelt, sondern auch weil, nach Versuchen von Pasteur, die reine Hefe selbst geringe Mengen von Kohlensäure entwickelt.

Nach 48 Stunden wird die Gährung unter allen Umständen beendet sein. Man nimmt das Chlorcalciumrohr f ab, welches verhinderte, daß das Schwefelsäurerohr d Feuchtigkeit aus der Luft absorbirte, und verbindet es mit dem Rohr b , nachdem man dieses geöffnet hat. Das Rohr d wird nun mit einem Aspirator in Verbindung gebracht und wenigstens $\frac{1}{2}$ Liter Luft, die durch das Chlorcalciumrohr getrocknet wurde, durch die Flüssigkeit und durch den ganzen Apparat gezogen. Die Luft vertreibt die in der Flüssigkeit noch gelöste Kohlensäure und drängt diese dann aus dem Apparate. Ein bloßes Durchsaugen von Luft genügt nicht, da man dabei nicht den geringsten Anhalt über die Menge der Luft hat; nur bei Anwendung eines Aspirators kann man nach der Menge des ausgeflossenen Wassers die Menge der durchgezogenen Luft beurtheilen, und diese darf nicht weniger als das angegebene Minimum betragen, da sonst Kohlensäure im Apparate bleibt und man zu wenig findet.

Nachdem man das Chlorcalciumrohr f entfernt hat, bringt man den Apparat auf die Wage und erfährt durch den Gewichtsverlust die Menge der entwickelten Kohlensäure. Durch den zweiten Apparat läßt man ebenfalls Luft gehen und wägt auch diesen. Die hier entwickelte Kohlensäure wird von der andern abgezogen und giebt so die Quantität der durch die Zersetzung des Zuckers gebildeten Kohlensäure; nennt man diese y , so findet man die Zuckermenge nach der Formel:

$$88 : 171 = y : x,$$

da 4 Aeq. oder 88 Th. Kohlensäure bei der Zersetzung von 1 Th. Zucker gebildet werden.

Absolut genaue Resultate liefert jedoch auch diese Methode nicht, da bei der Gährung nicht allein Alkohol und Kohlensäure, sondern auch wechselnde Mengen von Glycerin und Bernsteinsäure (s. S. 18) gebildet werden, wozu unter Umständen bis zu 5 bis 6 Proc. des Zuckers verbraucht werden können.

Die Eigenschaft des Rohrzuckers, mit Kalk eine lösliche Verbindung zu bilden (s. S. 13), wurde zuerst von Peligot zu einer saccharimetrischen Methode an-

gewandt und später von Schatten vervollkommenet. Nach ihm lösen 10 Grm. Flüssigkeit, die von 1 bis 16 Proc. Zucker enthalten, folgende Mengen von Kalk:

Zuckergehalt in Proc.	Gehalt an Negkalk. Grm.
0	0,015
1	0,029
2	0,045
3	0,062
4	0,080
5	0,098
6	0,115
7	0,136
8	0,160
9	0,188
10	0,219
11	0,244
12	0,271
13	0,299
14	0,330
15	0,361
16	0,394

In einer solchen mit Kalkmilch geschüttelten und filtrirten Flüssigkeit braucht man daher nur mit einer titrirten Säure den Gehalt an Kalk zu bestimmen, um darnach den Zuckergehalt mittelst der Tabelle berechnen zu können.

In neuerer Zeit ist diese Methode wieder von Grouven aufgenommen worden. Nach ihm soll man ein bestimmtes Volum einer Zuckerkalklösung mit einem bestimmten Volum Kalkmilch schütteln, nach einer halben Stunde filtriren und in einem Theile des Filtrats durch Neutralisation mit titrirter Schwefelsäure den Kalkgehalt bestimmen. Er ging dabei von der Voraussetzung aus, daß 45 Th. Rohrzucker genau 7 Th. Negkalk aufnehmen. Diese Voraussetzung ist aber falsch, denn der Rohrzucker löst variable Mengen von Kalk, je nachdem die Concentration der Lösung größer oder geringer ist, und zwar steht der Kalkgehalt nicht in directem Verhältniß zu der Concentration, denn, wie S. 14 angegeben ist, enthält der Zuckerkalk (nach Abzug des im Wasser gelösten Kalks) in 100 Th. einer 40procentigen Lösung auf 79 Th. Zucker 21 Th. Kalk oder auf 45 Th. Zucker 11,97 Th. Kalk, während die Zuckerkalkverbindung in einer 2,5procentigen Lösung auf 86,2 Th. Zucker 13,8 Th. Kalk oder auf 45 Th. Zucker 7,2 Th. Kalk enthält.

Diese Zahlen beweisen, daß Methoden, welche auf die alkalimetrische Bestimmung des Kalks in Zuckerkalklösungen basirt sind, unbrauchbar sein müssen, wenn dabei nicht weitläufige Correctionen für Concentration etc. angebracht werden.

Die schärfsten Resultate erhält man wohl nach der Methode, welcher das Verhalten des Zuckers gegen alkalische Kupferoxydlösung zu Grunde gelegt ist. Sie wurde zuerst von Trommer angewandt, später von Barreswill und endlich von Fehling verbessert und allgemein eingeführt. Weinsaures Kupferoxyd löst sich in Natron- oder Kalilauge zu einer schönen tiefblauen Flüssigkeit. Das in dieser enthaltene Kupferoxyd wird von Rohrzucker selbst beim Kochen nicht verändert; Traubenzucker, Fruchtzucker, also auch Invertzucker, Milchzucker und andere Zuckerarten reduciren aber dar-

aus, namentlich beim Erwärmen, rasch Kupferoxydul. 1 Aeq. Traubenzucker oder 1 Aeq. Rohrzucker als Invertzucker reduciren genau 10 Aeq. Kupferoxyd zu Oxydul. 1 Aeq. Milchzucker reducirt für sich 7 Aeq. Kupferoxyd, aber nicht so vollständig, als wenn er vorher durch Erwärmen mit Säuren in Lactose oder Galactose (S. 3) verwandelt ist.

Auf diese Zahlen basirt, bereitet man nach Fehling eine Probelösung, indem man 40 Grm. reines krystallisirtes schwefelsaures Kupferoxyd in seinem vierfachen Gewicht Wasser und 200 Grm. Seignettesalz — krystallisirtes weinsaures Kali-Natron — in 700 Grm. Natronlauge von 1,12 spez. Gew. löst und die Kupferlösung nach und nach in die alkalische Flüssigkeit gießt. Der im ersten Moment entstehende blaue Niederschlag löst sich beim Umschütteln sofort zu einer dunkelblauen Flüssigkeit. Diese wird darauf auf eine Temperatur von 15° gebracht und mit so viel Wasser verdünnt, daß das Ganze ein Volum von 1154,5 C.-C. hat. Jeder Cubiccentimeter dieser Lösung erfordert 0,050 Grm. Traubenzucker oder 0,0475 Grm. Rohrzucker — nachdem man diesen in Invertzucker oder Traubenzucker verwandelt hat — zur Reduction.

Hat man Rohrzucker zu untersuchen, so wägt man diesen in einem Glase ab, welches bis zu einem Strich am Halse 100 C.-C. faßt. Man löst in so viel Wasser, daß das Glas zur Hälfte davon gefüllt wird, fügt 20 bis 40 Tropfen verdünnte Schwefelsäure hinzu, die auf 5 Th. Wasser 1 Th. concentrirte Säure enthält, und erwärmt eine Stunde lang im Wasserbade. Nach dem Erkalten giebt man vorsichtig in ganz kleinen Portionen kohlenfauren Baryt hinzu, bis kein Aufbrausen mehr entsteht. Die freie Schwefelsäure, welche sonst zersetzend auf die alkalische Kupferlösung wirken würde, wird dadurch als unlöslicher schwefelsaurer Baryt entfernt und die Flüssigkeit neutralisirt. Diese verdünnt man dann in demselben Gefäße mit Wasser bis zu der Marke am Halse, also bis zu 100 C.-C., und filtrirt sie durch ein Filter von trockenem Papier. Das Volum der Flüssigkeit in der Flasche ist nicht ganz genau = 100 C.-C., sondern es beträgt etwas weniger, und zwar um so viel, als dem Volum des unlöslichen schwefelsauren Baryts entspricht. Da dieser Niederschlag aber sehr dicht ist und also im trocknen Zustande nur einen sehr geringen Raum einnimmt, so wird der dadurch entstehende Fehler so gering, daß man ihn in den meisten Fällen vernachlässigen kann. Will man absolut exact arbeiten, so neutralisirt man mit kohlenfaurem Natron; man muß sich dann aber hüten, keinen Ueberschuß zuzusetzen, weil sonst leicht Zucker in der alkalischen Lösung zerstört wird; lieber kann man eine geringe Spur von freier Säure vorwalten lassen. Da bei der Neutralisation mit kohlenfaurem Natron kein Niederschlag entsteht, so braucht nicht filtrirt zu werden, man kann die Flüssigkeit unmittelbar verwenden.

Zur Ausführung der Bestimmung bringt man 10 C.-C. der alkalischen Kupferlösung in eine Porzellanschale, verdünnt mit 40 C.-C. Wasser und erhitzt zum Sieden. Die blaue Lösung muß dabei vollkommen klar bleiben; sollte sie sich trüben und einen gelblich-rothen Niederschlag abscheiden, so nimmt man eine neue Portion, fügt

10 C.=G. Natronlauge von 1,120 spez. Gew. und 30 C.=G. Wasser zu und erhitzt von Neuem zum Kochen. In diesem Falle wird die Flüssigkeit jedenfalls klar bleiben.

Die Zuckerlösung bringt man in eine Bürette und läßt sie allmählig in die kochend heiße Kupferlösung fließen. Es entsteht dabei sofort ein gelblich-rother Niederschlag, der sehr rasch schön roth wird und sich am Boden ablagert. Man fährt mit dem Zusatz der Zuckerlösung so lange fort, als die Flüssigkeit noch deutlich blau gefärbt erscheint. Man erkennt dieses leicht, wenn man dem rothen Niederschlage einen Augenblick Zeit läßt sich abzusetzen; ist noch Kupfer vorhanden, so wird die Flüssigkeit, namentlich am Rande der Schale auf dem weißen Grunde, noch eine blaue Farbe zeigen. Man fährt dann fort, tropfenweise Zuckerlösung zuzusetzen, bis gerade die blaue Farbe verschwunden ist. Es ist dies der Moment, wo alles Kupfer verschwunden ist. Die Zahl der dazu erforderlichen Cubikcentimeter Zuckerlösung notirt man.

Um sich von der Richtigkeit des Resultats zu überzeugen, gießt man die heiße Flüssigkeit durch ein Filter. Das in einem Reagensglase aufgefangene Filtrat darf, wenn man es von oben betrachtet, weder eine blaue, noch eine braune Farbe zeigen, sondern muß möglichst hell, womöglich wasserhell oder grüngelb sein. Ist es blau, so ist nicht genug Zucker zugesetzt, also noch Kupfer vorhanden; ist es braun, so ist zu viel Zucker zugesetzt, der durch die alkalische Flüssigkeit zersetzt wird. In beiden Fällen muß man den Versuch wiederholen.

Die 10 C.=G. der angewandten Kupferlösung erfordern zu ihrer Reduction 0,475 Grm. Rohrzucker. Sind von der Zuckerlösung z. B. 55 C.=G. erforderlich gewesen, um die Reduction zu bewirken, so entsprechen diese also 0,475 Grm. Rohrzucker. Da die Lösung aber auf 100 C.=G. verdünnt war, so haben wir zu berechnen:

$$55 : 0,475 = 100 : x \\ x = 0,864.$$

Das ganze Quantum des angewandten Zuckers, welches also in den 100 C.=G. enthalten war, betrage 0,900 Grm., so wird der Procentgehalt an reinem Rohrzucker gefunden nach der Gleichung:

$$0,900 : 0,864 = 100 : x \\ x = 96,0 \text{ Proc.}$$

Bei der Untersuchung von sehr dunkelfarbigen Zuckerlösungen, wie Syrup, Melasse, oder von solchen, die viel fremdartige Bestandtheile enthalten, thut man wohl, diese vorher zu entfernen. Man wendet dann ein größeres Quantum, z. B. 10 Grm. Syrup an, löst diesen in einem Glase, welches 300 C.=G. faßt, in Wasser und fügt so viel basisches essigsaures Bleioryd hinzu, bis die Flüssigkeit fast farblos erscheint, ohne jedoch einen Ueberschuß des Bleisalzes anzuwenden. Darauf fügt man Wasser hinzu, bis das Volum von 300 C.=G. erreicht ist, filtrirt, nimmt vom Filtrat 200 C.=G. und fügt Schwefelsäure hinzu. Dadurch wird zunächst der Ueberschuß des Bleioryds ausgefällt; sobald dies geschehen ist, giebt man etwas mehr Schwefelsäure zu und be-

wirkt damit durch Erhitzen die Umwandlung in Traubenzucker. Wenn dies geschehen ist, läßt man erkalten, neutralisirt, füllt wieder auf 300 C.=G. auf und filtrirt. Die Lösung ist dann für den Versuch fertig. Sollte sie noch zu gefärbt sein, so kann man sie durch trockne Knochenkohle filtriren. Man hat dann nur zu berücksichtigen, daß die 300 C.=G. Flüssigkeit nach der zweimaligen Verdünnung nur noch zwei Drittel der ursprünglich angewandten Substanz enthalten, also wenn man mit 10 Grm. Syrup gearbeitet hatte, nur noch 6,66 Grm.

Hat man in einer Lösung gleichzeitig Rohrzucker und Traubenzucker, so bereitet man sich eine Lösung der Substanz, verdünnt sie zu 200 C.=G. und theilt diese in zwei Hälften zu 100 C.=G. Die erste Hälfte verwendet man zur Bestimmung des Traubenzuckers, indem man ohne Weiteres damit die 10 C.=G. Kupferlösung zersetzt. Waren dazu z. B. 80 C.=G. erforderlich, so enthielten die 200 C.=G. der Lösung 1,250 Grm. Traubenzucker, denn die 10 C.=G. der Kupferlösung entsprechen 0,500 Grm. Traubenzucker oder:

$$80 : 0,500 = 200 : x \\ x = 1,250.$$

Die übrigen 100 C.=G. der Lösung werden mit Schwefelsäure umgewandelt, neutralisirt, auf 200 C.=G. verdünnt und dann damit wie oben verfahren. Da die Flüssigkeit um das Doppelte verdünnt ist, so müssen die zur Reduction erforderlichen Cubikcentimeter durch 2 dividirt werden; waren also nach der Umwandlung 60 C.=G. nöthig, um 10 C.=G. Kupferlösung zu zersetzen, so wären nur 30 C.=G. der nicht verdünnten Lösung gebraucht worden. Diese 30 C.=G. entsprechen 0,500 Grm. Traubenzucker; die 200 C.=G. der ursprünglichen Lösung enthalten daher nach der Umwandlung 3,333 Grm. Traubenzucker, denn:

$$30 : 0,500 = 200 : x \\ x = 3,333.$$

Da nun vorher gefunden war, daß die Lösung 1,250 Grm. Traubenzucker als solchen enthielt, so ist das dem Rohrzuckergehalt entsprechende Traubenzuckerquantum 3,333 Grm. — 1,250 = 2,083 Grm. Da das Aequivalent des Traubenzuckers 180, das des Rohrzuckers 171 ist, so wird die dem Traubenzucker entsprechende Menge des Rohrzuckers gefunden nach der Gleichung:

$$180 : 171 = 2,083 : x \\ x = 1,978.$$

Die 200 C.=G. haben demnach enthalten 1,250 Grm. Traubenzucker und 1,978 Grm. Rohrzucker.

Diese Methode der Zuckerbestimmung giebt gute und sichere Resultate. Sie ist namentlich leicht ausführbar, wenn man nur Traubenzucker in Lösung hat, und eignet sich daher vorzüglich zur Untersuchung des diabetischen Harns, wo eine tägliche Verfolgung der Krankheitsvorgänge nur möglich ist, wenn man das Quantum des entleerten Zuckers, welcher in diesem Falle nur Traubenzucker ist, scharf bestimmen kann. Die einzige Schwierigkeit dieser Bestimmungsmethode besteht darin, scharf

zu erkennen, wann alles Kupferoxyd oxydirt ist. Dieses ist namentlich dann nicht leicht, wenn die Zuckerlösung stark gefärbt ist. Man kann die Färbung aber, wie angegeben ist, in den meisten Fällen durch Behandlung mit basisch essigsaurem Bleioxyd und Thierkohle beseitigen. Will man dieses nicht, so kann man den Zucker indirect nach der Menge des ausgeschiedenen Kupferoxyduls bestimmen. Man verfährt dann im Wesentlichen ebenso, man wendet jedoch eine überschüssige Menge der alkalischen Kupferlösung an, läßt, wenn diese in einem Kochglase siedend heiß geworden ist, ein bestimmtes Volum der zuckerhaltigen Flüssigkeit hinzustießen, kocht einmal auf, gießt die siedend heiße Flüssigkeit auf ein bereitstehendes kleines faltiges Filter, spült das Glas einige Male mit siedend heißem Wasser aus und wäscht damit das Filter. Sobald die Flüssigkeit farblos abläuft, bringt man das Filter mit dem Kupferoxydul in das Kochglas zurück, giebt etwas Wasser und einige Cubikcentimeter concentrirte reine Salzsäure hinzu, schüttelt kräftig um, bis das Filter in kleine Stücke zerfallen ist, gießt die Flüssigkeit, welche das Kupferoxydul als Chlorür gelöst enthält, mit dem Filter in eine Porzellanschale, spült mit Wasser reichlich nach und läßt dann aus einer Bürette so lange eine Chamäleonlösung — übermangansaures Kali — zufließen, als deren Farbe noch verschwindet und die Flüssigkeit gerade einen rothen Farbenschimmer zeigt. Die sämtlichen Operationen, von der Filtration des Kupferoxyduls bis zur Beendigung der Arbeit, müssen rasch und unmittelbar nach einander vorgenommen werden, weil sich das Kupferoxydul und namentlich das Kupferchlorür bei Berührung der Luft leicht verändern und in Oxyd oder Chlorid übergehen, wodurch der Zuckergehalt zu klein erscheinen würde.

Den Gehalt des Chamäleons bestimmt man nach einer reinen Zuckerlösung von bekanntem Gehalt. Man nimmt dazu reinen weißen Zucker, pulvert und trocknet ihn mehrere Stunden bei 100°. Davon wägt man ein beliebiges Quantum ab, löst es in Wasser, verwandelt durch Behandlung mit Säure in Traubenzucker und verdünnt es zu einem bestimmten Volum. 8 Grm. Zucker werden z. B. zu 100 C.-C. gelöst. Von dieser Lösung, deren Gehalt ein beliebiger sein kann, sobald man ihn nur genau kennt, läßt man 10 C.-C. in 20 C.-C. der alkalischen Kupferlösung, die vorher verdünnt und erhitzt ist, fließen und verfährt dann genau wie angegeben. Da man weiß, daß in 10 C.-C. x Grm.

Zucker enthalten sind, so giebt $\frac{x}{y}$, wenn y die Zahl der erforderlichen Cubikcentimeter Chamäleon ist, direct den Zuckertitre des Chamäleons. Ist $\frac{x}{y} = w$, so braucht man nur die bei der Untersuchung der Zuckerlösung von unbekanntem Gehalt verbrauchten Cubikcentimeter Chamäleon mit w zu multipliciren, um den Zuckergehalt des Flüssigkeitsvolums in Grammen zu finden.

Die aräometrischen Zuckerbestimmungsmethoden sind auf das verschiedene spezifische Gewicht verschieden concentrirter Zuckerlösungen begründet. Man bestimmt das spezifische Gewicht mittelst sogenannter Spindeln,

Senkwagen, Aräometer, wie sie in Fig. 81 in der am meisten gebräuchlichen Form dargestellt sind. Sie bestehen aus einem hohlen Glaskörper A, an den unten eine Glasfugel angelöthet ist,

Fig. 81.



die so weit mit Quecksilber beschwert wird, daß das Instrument in Flüssigkeiten genau vertical schwimmt und in reinem Wasser bis nahe an die Spitze des Halses C einsinkt. In dem Halse ist eine Scala befestigt, die an dem Punkte anfängt, bis zu welchem das Aräometer in reines Wasser einsinkt. Will man unmittelbar das spezifische Gewicht ablesen, so wird dieser Punkt mit 1,000 oder 1000, in allen anderen Fällen aber als Nullpunkt bezeichnet. Die übrige Theilung der Aräometerscala ist sehr verschieden und wird dem Zweck, wozu das Instrument angewandt werden soll, meistens angepaßt. Am weitesten verbreitet ist das Beaumé'sche Aräometer. Seine Scala umfaßt 66 gleich große Grade, von denen der 66ste bei dem Punkt liegt, bis zu welchem das Instrument in concentrirte Schwefelsäure einsinkt. Die Theilung ist eine rein willkürliche, das Instrument giebt über den Gehalt einer Lösung direct keine Auskunft. Erst wenn man weiß, welchem Procentgehalt jeder einzelne Grad der Scala entspricht, kann man danach auf den Gehalt schließen. Rationell getheilt ist die Scala, wenn darauf jeder Grad einem Procent reinen Zuckers entspricht. Der Punkt, bis zu welchem das Aräometer, welches in diesem Falle als Saccharometer oder Saccharimeter bezeichnet wird, in die zu untersuchende Flüssigkeit einsinkt, läßt dann unmittelbar den Zuckergehalt in Procenten ablesen. Da das spezifische Gewicht der Zuckerlösungen mit der Zunahme des Gehalts steigt, so muß jedem Saccharometergrade ein bestimmtes spezifisches Gewicht entsprechen, und dieses kann zur Vergleichung und Correction verschiedener Aräometer dienen. Das spezifische Gewicht solcher Zuckerlösungen wurde von Walling,

Steinheil und Brix genau bestimmt; andere ältere Angaben darüber sind theils ungenau, theils geradezu falsch. Darnach construirten diese ihre Saccharimeter, die so nahezu unter einander übereinstimmen, daß sie, ohne große Fehler zu begehen, beliebig angewandt werden können.

Die nachstehende Tabelle zeigt in der ersten Columne die Saccharimetergrade, in den vier folgenden die den

einzelnen Graden entsprechenden spezifischen Gewichte und in der letzten die diesen Graden entsprechenden Aräometergrade nach Beaumé.

Saccharimeter- grade oder Zuckergehalt in Gew.-Proc.	Spezifisches Gewicht				Aräometers- grade nach Beaumé.	Saccharimeter- grade oder Zuckergehalt in Gew.-Proc.	Spezifisches Gewicht				Aräometers- grade nach Beaumé.
	bei 17,5° C. nach Balling.	bei 15° C. nach Balling.	bei 15° C. nach Steinheil.	bei 17,5° C. nach Drit.			bei 17,5° C. nach Balling.	bei 15° C. nach Balling.	bei 15° C. nach Steinheil.	bei 17,5° C. nach Drit.	
1	1,0040	1,0038	1,0038	1,0039	0,557	51	1,2385	—	—	1,2383	27,714
2	0080	0077	0077	0078	1,114	52	2441	—	—	2439	28,235
3	0120	0117	0116	0117	1,671	53	2497	—	—	2494	28,755
4	0160	0157	0156	0157	2,227	54	2553	—	—	2552	29,274
5	0200	0197	0196	0197	2,783	55	2610	—	—	2609	29,792
6	0240	0237	0237	0237	3,338	56	2667	—	—	2666	30,308
7	0281	0278	0278	0278	3,894	57	2725	—	—	2724	30,824
8	0322	0319	0319	0319	4,449	58	2783	—	—	2782	31,338
9	0363	0360	0361	0360	5,003	59	2841	—	—	2840	31,851
10	0404	0401	0403	0401	5,557	60	2900	—	—	2899	32,362
11	0446	0443	0445	0443	6,116	61	2959	—	—	2958	32,872
12	0488	0485	0487	0485	6,664	62	3019	—	—	3018	33,381
13	0530	0527	0530	0528	7,217	63	3079	—	—	3078	33,889
14	0572	0570	0573	0570	7,769	64	3139	—	—	3138	34,395
15	0614	0612	0616	0613	8,321	65	3190	—	—	3199	34,900
16	0657	0655	0659	0657	8,873	66	3260	—	—	3260	35,403
17	0700	0698	0702	0700	9,424	67	3321	—	—	3322	35,905
18	0744	0742	0745	0744	9,974	68	3383	—	—	3384	36,406
19	0788	0787	0789	0787	10,524	69	3445	—	—	3446	36,905
20	0832	0832	0832	0833	11,073	70	3507	—	—	3509	37,403
21	0877	0878	—	0878	11,621	71	3570	—	—	3572	37,899
22	0922	0924	—	0923	12,169	72	3633	—	—	3636	38,394
23	0967	0971	—	0969	12,717	73	3696	—	—	3700	38,887
24	1013	1018	—	1015	13,263	74	3760	—	—	3764	39,379
25	1059	1066	—	1061	13,809	75	3824	—	—	3829	39,869
26	1106	—	—	1107	14,355	76	—	—	—	3894	40,357
27	1153	—	—	1154	14,899	77	—	—	—	3959	40,844
28	1200	—	—	1201	15,443	78	—	—	—	4025	41,330
29	1247	—	—	1249	15,986	79	—	—	—	4092	41,813
30	1295	—	—	1297	16,529	80	—	—	—	4159	42,295
31	1343	—	—	1345	17,070	81	—	—	—	4226	42,776
32	1391	—	—	1393	17,611	82	—	—	—	4293	43,254
33	1440	—	—	1442	18,151	83	—	—	—	4361	43,731
34	1490	—	—	1491	18,690	84	—	—	—	4430	44,207
35	1540	—	—	1541	19,229	85	—	—	—	4499	44,680
36	1590	—	—	1591	19,766	86	—	—	—	4568	45,152
37	1641	—	—	1641	20,303	87	—	—	—	4638	45,622
38	1692	—	—	1692	20,839	88	—	—	—	4708	46,019
39	1743	—	—	1743	21,374	89	—	—	—	4778	46,557
40	1794	—	—	1794	21,907	90	—	—	—	4849	47,022
41	1846	—	—	1846	22,440	91	—	—	—	4920	47,485
42	1898	—	—	1898	22,972	92	—	—	—	4992	47,946
43	1951	—	—	1950	23,503	93	—	—	—	5064	48,405
44	2004	—	—	2003	24,033	94	—	—	—	5136	48,862
45	2057	—	—	2056	24,562	95	—	—	—	5209	49,317
46	2111	—	—	2110	25,090	96	—	—	—	5281	49,771
47	2165	—	—	2164	25,617	97	—	—	—	5355	50,222
48	2219	—	—	2218	26,143	98	—	—	—	5429	50,672
49	2274	—	—	2273	26,668	99	—	—	—	5504	51,119
50	2329	—	—	2328	27,191						

Bei dem Gebrauch des Saccharimeters, wie jedes andern Aräometers, muß die zu untersuchende Flüssigkeit stets eine bestimmte Temperatur haben, und zwar gerade die Temperatur, welche bei der Anfertigung der Scala innegehalten wurde und welche an dem Instrumente genau angegeben sein muß. Bei jeder andern Temperatur, wo die Dichtigkeit der Flüssigkeit geringer oder höher wird, muß das Aräometer auch weniger oder tiefer einsinken und so unverlässliche Angaben liefern. Die Flüssigkeit, welche bei 17,5° (14° R.) 25° Balling zeigt, wird 1,059 spez. Gew. haben, bei 15°

(12° R.) hat sie dagegen 1,066 spez. Gew. und wird dem entsprechend eine höhere Saccharimeterangabe liefern. Sehr zweckmäßig ist es daher, wie zuerst von Wohl vorgeschlagen wurde, wenn man in den Glaskörper des Saccharimeters zugleich ein kleines Thermometer bringt, dessen Kugel zugleich zur Beschwerung des Apparats dient — ähnlich wie man es bei den Alkoholometern schon seit langer Zeit gethan hat. Man sollte sich dann über eine zweckmäßige Normaltemperatur einigen, bei welcher alle Instrumente justirt und bei welcher alle Bestimmungen ausgeführt würden. Als

folsche Normaltemperatur ist wohl unstrittig 15° C. am meisten geeignet.

Die folgende für den praktischen Gebrauch sehr zweckmäßige Tabelle wurde von Brix berechnet. Dieselbe giebt für jeden halben Aräometergrad nach Beaumé

den entsprechenden Zuckergehalt in Gewichtsprocenten, das spezifische Gewicht der Lösung, das absolute Gewicht eines preussischen Quartes der Lösung, den Gehalt eines Quartes der Lösung an Zucker und Wasser in Pfunden und des letztern in Bruchtheilen des Quartes.

Tabelle

zu verschiedenen saccharometrischen Bestimmungen nach Maßgabe des Beaumé'schen Aräometers für die Temperatur von 14° R. oder 17,5° C.

Aräometer-Grade nach Beaumé.	Zuckergehalt in Gewichts-Procenten.	Spezifisches Gewicht der Lösung.	Absolutes Gewicht von 1 pr. Quart der Lösung.	Ein preuß. Quart der Lösung enthält:				Aräometer-Grade nach Beaumé.	Zuckergehalt in Gewichts-Procenten.	Spezifisches Gewicht der Lösung.	Absolutes Gewicht von 1 pr. Quart der Lösung.	Ein preuß. Quart der Lösung enthält:			
				Zucker		Wasser						Zucker		Wasser	
				z	w	z	w					z	w	z	w
n	x	σ	Zollpfund.	Zollpfund.	Zollpfund.	pr. Quart.	n	x	σ	Zollpfund.	Zollpfund.	Zollpfund.	pr. Quart.		
0	0,00	1,0000	2,2871	0,0000	2,2871	1,0000		26	47,73	1,2203	2,7910	1,3321	1,4589	0,6379	
0,5	0,81	0035	2951	0186	2765	0,9954		26,5	48,68	2255	8028	3644	4384	6298	
1	1,80	0070	3031	0415	2616	9889		27	49,63	2308	8150	3971	4179	6200	
1,5	2,69	0105	3111	0622	2489	9833		27,5	50,59	2361	8271	4302	3969	6108	
2	3,59	0141	3194	0833	2361	9777		28	51,55	2414	8392	4636	3756	6015	
2,5	4,49	0177	3276	1045	2231	9720		28,5	52,51	2468	8516	4974	3542	5921	
3	5,39	0213	3358	1259	2099	9663		29	53,47	2522	8639	5313	3326	5826	
3,5	6,29	0249	3441	1474	1967	9604		29,5	54,44	2576	8763	5659	3104	5730	
4	7,19	0286	3525	1692	1833	9546		30	55,47	2632	8891	6026	2865	5625	
4,5	8,09	0323	3610	1910	1700	9488		30,5	56,37	2687	9016	6356	2660	5535	
5	9,00	0360	3694	2133	1561	9428		31	57,34	2743	9145	6712	2433	5436	
5,5	9,90	0397	3779	2354	1425	9368		31,5	58,32	2800	9275	7073	2202	5335	
6	10,80	0435	3866	2578	1288	9308		32	59,29	2857	9405	7434	1971	5234	
6,5	11,70	0473	3953	2803	1150	9248		32,5	60,27	2915	9538	7803	1735	5131	
7	12,61	0511	4040	3032	1008	9186		33	61,25	2973	9671	8174	1497	5027	
7,5	13,51	0549	4127	3260	8867	9124		33,5	62,23	3032	9806	8548	1258	4922	
8	14,42	0588	4216	3492	0724	9061		34	63,22	3091	9940	8928	1012	4815	
8,5	15,32	0627	4305	3724	0581	8999		34,5	64,21	3151	3,0078	9313	0768	4707	
9	16,23	0667	4397	3960	0437	8936		35	65,20	3211	0215	9700	0515	4597	
9,5	17,14	0706	4486	4197	0289	8871		35,5	66,19	3272	0354	2,0091	0263	4487	
10	18,05	0746	4577	4436	0141	8806		36	67,19	3333	0494	0489	0005	4374	
10,5	18,96	0787	4671	4678	1,9993	8742		36,5	68,19	3395	0636	0891	0,9745	4261	
11	19,87	0827	4762	4920	9842	8676		37	69,19	3458	0780	1297	9483	4146	
11,5	20,78	0868	4856	5165	9691	8610		37,5	70,20	3521	0924	1709	9215	4029	
12	21,69	0909	4950	5412	9538	8543		38	71,20	3585	1070	2122	8948	3912	
12,5	22,60	0951	5046	5660	9386	8476		38,5	72,22	3649	1217	2545	8672	3792	
13	23,52	0992	5140	5913	9227	8407		39	73,23	3714	1365	2969	8396	3671	
13,5	24,43	1034	5236	6165	9071	8338		39,5	74,25	3780	1516	3401	8115	3548	
14	25,35	1077	5334	6422	8912	8269		40	75,27	3846	1667	3836	7831	3424	
14,5	26,27	1120	5433	6681	8752	8199		40,5	76,29	3913	1820	4276	7544	3299	
15	27,19	1163	5531	6942	8589	8128		41	77,32	3981	1976	4724	7252	3171	
15,5	28,10	1206	5629	7202	8427	8057		41,5	78,35	4049	2132	5175	6957	3042	
16	29,03	1250	5730	7469	8261	7984		42	79,39	4118	2289	5634	6655	2910	
16,5	29,95	1294	5831	7736	8095	7911		42,5	80,42	4187	2447	6097	6350	2776	
17	30,87	1339	5933	8006	7927	7839		43	81,47	4267	2630	6584	6046	2644	
17,5	31,79	1383	6034	8276	7758	7764		43,5	82,51	4328	2770	7039	5731	2506	
18	32,72	1429	6139	8553	7586	7689		44	83,56	4400	2934	7520	5414	2367	
18,5	33,65	1474	6242	8830	7412	7613		44,5	84,62	4472	3099	8008	5091	2226	
19	34,58	1520	6347	9111	7236	7536		45	85,68	4545	3266	8502	4764	2083	
19,5	35,50	1566	6453	9391	7062	7460		45,5	86,74	4619	3435	9002	4433	1938	
20	36,44	1613	6560	9679	6881	7381		46	87,81	4694	3607	9510	4097	1791	
20,5	37,37	1660	6668	9966	6702	7303		46,5	88,88	4769	3778	3,0022	3756	1642	
21	38,30	1707	6775	1,0254	6521	7223		47	89,96	4845	3951	0542	3409	1490	
21,5	39,24	1755	6885	0550	6335	7142		47,5	91,03	4922	4128	1067	3061	1339	
22	40,17	1803	6995	0844	6151	7062		48	92,12	5000	4307	1604	2703	1182	
22,5	41,11	1852	7107	1144	5963	6980		48,5	93,21	5079	4487	2145	2342	1025	
23	42,05	1901	7219	1446	5773	6897		49	94,30	5158	4668	2692	1976	0864	
23,5	42,99	1950	7331	1750	5581	6813		49,5	95,40	5238	4851	3248	1603	0701	
24	43,94	2000	7445	2059	5386	6727		50	96,51	5319	5036	3813	1223	0535	
24,5	44,88	2050	7560	2369	5191	6642		50,5	97,62	5401	5224	4386	0838	0367	
25	45,83	2101	7676	2684	4992	6555		51	98,73	5484	5414	4964	0450	0197	
25,5	46,78	2152	7793	3002	4791	6467		51,5	99,85	5568	5606	5553	0052	0023	

Ueber den Gebrauch der vorstehenden Tafel zu verschiedenen sacharometrischen Bestimmungen fügt der Verfasser folgende Bemerkungen hinzu:

Wie man mit Hilfe derselben berechnen kann: wie groß das absolute Gewicht einer in preuß. Quart gegeben Menge Zuckerflüssigkeit ist, deren Grädigkeit nach dem Beaumé'schen Aräometer vorher ermittelt worden; wie viel Pfd. reinen Zuckers und Wassers darin enthalten sind, und welches Volumen der zuletzt genannte Bestandtheil nach Quart einnimmt? bedarf keiner weitern Erläuterung, da diese Fragen durch die Angaben der Tabelle fast unmittelbar beantwortet werden. Dagegen wollen wir uns mit der Lösung der Aufgabe beschäftigen: wie viel Quart Wasser der oben erwähnten Zuckerflüssigkeit — dem Saft — durch Verdampfung entzogen werden muß, um sie auf einen bestimmten Grad der Concentration zu bringen?

Angenommen, man habe Q Quart einer Flüssigkeit, für welche die Tabelle nach Maßgabe der angestellten Aräometerprobe auf jedes Quart z Pfd. Zucker und w Quart Wasser nachweist, und es soll dieselbe so weit abgedampft werden, daß jedes Quart des eingedickten Saftes z' Pfd. Zucker und w' Quart Wasser enthält.

Bezeichnet V die zu verdampfende Wassermenge und Q' das Volumen des entstehenden Saftes, so hat man die beiden Gleichungen

$$zQ = z'Q' \text{ und } wQ - V = w'Q',$$

welche sich darauf gründen, daß die Menge des reinen Zuckers in Q und Q' gleich groß, die Menge des reinen Wassers aber in Q' um das abgedampfte V kleiner als in Q ist. — Aus diesen Gleichungen erhält man

$$Q' = \frac{z}{z'} Q; \quad V = \left(w - \frac{z}{z'} w' \right) \cdot Q$$

zwei Formeln, welche zur Beantwortung der gestellten Fragen dienen.

Hat man z. B. Q = 1500 Quart Saft von 10 1/2° Beaumé, der bis auf 24° Beaumé eingedickt werden soll, so giebt die Tafel beziehungsweise für n = 10,5, z = 0,4678, w = 0,8742; für n' = 24, z' = 1,2059, w' = 0,6727. Mit Rücksicht auf diese Angaben findet man nach einander:

$$Q' = \frac{0,4678}{1,2059} \cdot 1500 = 582,0 \text{ Quart};$$

$$V = (0,8742 - \frac{0,4678}{1,2059} \cdot 0,6727) \cdot 1500 = 919,8 \text{ Quart}.$$

Um also den vorhandenen Saft bis zu dem verlangten Grade der Concentration zu bringen, müssen 919,8 Quart Wasser verdampft werden, wonach der eingedickte Saft noch 582,0 Quart Raum einnimmt.

Mit Rücksicht auf die, sowohl bei der ganzen oder theilweisen Entmischung, wie bei der Vermischung stattfindende Raumänderung bedarf es wohl kaum der Erinnerung, daß hier nicht Q = Q' + V, oder V = Q - Q' sein kann, wie das allerdings der Fall wäre, fände gar keine Raumänderung Statt. Will man aber die Probe machen, so erwäge man, daß sich nach der Tabelle der Wasserbestandtheil des ursprünglichen Saftes zu 1500 · 0,8742 = 1311,3 Quart, der des einge-

dicke Saftes dagegen zu 582 · 0,6727 = 391,5 Quart ergibt, und daß folglich die Verdampfungsmenge 1311,3 - 391,5 = 919,8 Quart betragen haben muß, wie es auch durch die vorige Rechnung gefunden wurde.

Zusammengesetzt wird die Rechnung, wenn man zwei Zuckerlösungen verschiedener Grädigkeit n, n' hat, durch deren Vermischung ein Saft von der mittlern Grädigkeit n'' hervorgebracht werden soll. Es sei Q die Quartmenge der einen, Q' die der andern Lösung; z, w und z', w' seien die Zucker- und Wasserbestandtheile, welche nach der Tabelle je in einem Quart der fraglichen Lösungen enthalten sind. Haben nun die Buchstaben Q'', z'' und w'' dieselbe Bedeutung für den durch die Vermischung entstandenen Saft, so ergeben sich folgende Gleichungen:

$$zQ + z'Q' = z''Q'';$$

$$wQ + w'Q' = w''Q'';$$

sich darauf gründend, daß bei der Vereinigung beider Flüssigkeiten sowohl die Summe ihrer Zucker-, als auch die ihrer Wasserbestandtheile sich unverändert in der Mischung wiederfinden müssen.

Betrachtet man nun die Quartmenge Q der einen Lösung als gegeben, so findet man aus vorstehenden Gleichungen:

$$Q' = \frac{z w'' - z'' w}{z'' w' - z' w''} \cdot Q;$$

$$Q'' = \frac{z w' - z' w}{z'' w' - z' w''} \cdot Q.$$

Als Beispiel werde angenommen, man habe Q = 800 Quart einer Zuckerlösung von 12° B., die durch einen angemessenen Zusatz einer schwächern Lösung von 7 1/2° B. auf 10 Grad gebracht werden soll. Wie viel Quart Q' der schwächern Lösung muß man zusetzen, und wie groß wird das Volumen Q'' der Mischung?

Nach der Tabelle findet man zunächst:

für n = 12°	Beaumé,	z = 0,5412	und	w = 0,8543;
" n' = 7,5	"	z' = 0,3260	"	w' = 0,9124;
" n'' = 10	"	z'' = 0,4436	"	w'' = 0,8806;

und mit Rücksicht auf diese Zahlen liefern die obigen Formeln nach einander:

$$Q' = \frac{9761324}{11766504} \cdot 800 = 664,5 \text{ Quart};$$

$$Q'' = \frac{21528908}{11766504} \cdot 800 = 1463,7 \text{ "}$$

In der Praxis kann man aber von der Raumänderung, die hier verhältnißmäßig nur unbedeutend ist, füglich ganz absehen und einfacher nach der Alligationsregel verfahren. Nach derselben stellt sich die Rechnung bekanntlich folgendermaßen:

$$\begin{matrix} z = 5412 \\ z' = 3260 \end{matrix} \quad \begin{matrix} z'' = 4436 \\ z'' - z' = 1176 \end{matrix} \quad \begin{matrix} z'' - z' = 1176 \\ z'' - z' = 976 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Verhältnißzahl für } Q; \\ \text{" " " } Q'. \end{matrix}$$

Also hat man, weil Q = 800 ist, die Proportion:

$$1176 : 976 = 800 : Q';$$

woraus Q' = 663,9 folgt, nahe genug übereinstimmend mit dem oben gefundenen Werthe von Q'.

Auch Rohzucker und Melassen kann man durch die Bestimmung des spezifischen Gewichts ihrer Lösungen auf ihren Gehalt prüfen, wenn man die Lösungen nach

einem bestimmten Verhältniß bereitet. Nach Benger löst man den Zucker in 3 Th. Wasser, 3 Th. Syrup oder Melasse in 7 Th. Wasser und bestimmt das spezifische Gewicht der Lösung mittelst eines Aräometers und die Temperatur mittelst eines genauen Thermome-

ters. Die erste der beiden folgenden Tabellen giebt dann nach dem gefundenen spezifischen Gewicht und bei Temperaturen von 8 bis 28° C. den Gehalt der Probe an Zucker, die zweite Tabelle den Gehalt des Syrups an Wasser.

Tabelle

zur Bestimmung des Procentgehalts an Zucker nach dem spezifischen Gewicht von Lösungen, die auf 1 Th. Zucker 3 Th. Wasser enthalten, bei verschiedenen Temperaturen.

Spez. Gewicht.	Grade nach Celsius.																				
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	Zuckerprocente.																				
1,088	82,0	82,2	82,4	82,6	82,8	83,0	83,2	83,4	83,6	83,8	84,0	84,2	84,5	84,7	85,0	85,2	85,5	85,7	86,0	86,3	86,6
89	83,0	83,2	83,4	83,6	83,8	84,0	84,2	84,4	84,6	84,8	85,0	85,2	85,5	85,7	86,0	86,2	86,4	86,6	86,9	87,2	87,5
90	84,0	84,2	84,4	84,6	84,8	85,0	85,2	85,4	85,6	85,8	86,0	86,2	86,4	86,7	86,9	87,1	87,4	87,6	87,9	88,2	88,5
91	85,0	85,2	85,4	85,6	85,8	86,0	86,1	86,3	86,5	86,7	86,9	87,1	87,3	87,6	87,9	88,1	88,4	88,6	88,8	89,1	89,4
92	86,0	86,1	86,3	86,5	86,7	86,9	87,1	87,3	87,5	87,7	87,9	88,1	88,3	88,5	88,8	89,0	89,2	89,5	89,8	90,1	90,4
93	86,9	87,1	87,3	87,5	87,7	87,9	88,0	88,2	88,4	88,6	88,8	89,0	89,2	89,5	89,8	90,0	90,2	90,4	90,7	91,0	91,3
94	87,9	88,0	88,2	88,4	88,6	88,8	89,0	89,2	89,4	89,6	89,8	90,0	90,2	90,4	90,7	90,9	91,1	91,3	91,6	91,9	92,2
95	88,8	89,0	89,2	89,4	89,6	89,8	89,9	90,1	90,3	90,5	90,7	90,9	91,1	91,3	91,6	91,8	92,0	92,2	92,5	92,8	93,1
96	89,8	90,0	90,1	90,3	90,5	90,7	90,8	91,0	91,2	91,4	91,6	91,8	92,0	92,2	92,5	92,7	92,9	93,1	93,3	93,6	93,9
97	90,7	90,8	91,0	91,2	91,4	91,6	91,7	91,9	92,1	92,3	92,5	92,7	92,9	93,1	93,3	93,5	93,7	93,9	94,2	94,5	94,8
98	91,6	91,7	91,9	92,1	92,3	92,5	92,6	92,8	92,9	93,1	93,3	93,5	93,7	94,0	94,2	94,4	94,6	94,8	95,1	95,4	95,7
99	92,5	92,6	92,8	93,0	93,1	93,3	93,4	93,6	93,8	94,0	94,2	94,4	94,6	94,8	95,1	95,3	95,5	95,7	96,0	96,3	96,6
100	93,3	93,4	93,6	93,8	94,0	94,2	94,3	94,5	94,7	94,9	95,1	95,3	95,5	95,7	96,0	96,2	96,4	96,6	96,9	97,2	97,5
101	94,2	94,3	94,5	94,7	94,9	95,1	95,2	95,4	95,6	95,8	96,0	96,2	96,4	96,6	96,9	97,1	97,3	97,5	97,8	98,1	98,4
102	95,1	95,2	95,4	95,6	95,8	96,0	96,1	96,3	96,5	96,7	96,9	97,1	97,3	97,5	97,8	98,0	98,2	98,4	98,7	99,0	99,3
103	96,0	96,1	96,3	96,5	96,7	96,9	97,0	97,2	97,4	97,6	97,8	98,0	98,2	98,4	98,7	99,0	99,2	99,4	99,6	99,9	
104	96,9	97,0	97,2	97,4	97,6	97,8	98,0	98,1	98,3	98,5	98,7	98,9	99,1	99,3	99,6	99,8					
105	97,8	98,0	98,1	98,3	98,5	98,7	98,8	99,0	99,2	99,4	99,6	99,8									
106	98,7	98,8	99,0	99,2	99,4	99,6	99,7	99,9													
107	99,6	99,7	99,9																		

Tabelle

zur Bestimmung des Procentgehalts an Wasser nach dem spezifischen Gewicht von Lösungen, die auf 3 Th. Syrup 7 Th. Wasser enthalten, bei verschiedenen Temperaturen.

Grade nach Celsius.	Spezifisches Gewicht.															
	1,080	1,081	1,082	1,083	1,084	1,085	1,086	1,087	1,088	1,089	1,090	1,091	1,092	1,093	1,094	1,095
	Wasserprocente.															
28	34,4	33,6	32,7	31,9	31,3	30,4	29,6	28,7	27,9	27,1	26,3	25,5	24,8	24,1	23,3	22,5
27	34,7	33,9	33,0	32,2	31,5	30,7	29,9	29,0	28,2	27,4	26,6	25,8	25,1	24,4	23,6	22,8
26	34,9	34,1	33,3	32,5	31,7	30,9	30,1	29,2	28,3	27,6	26,8	26,0	25,3	24,6	23,8	23,0
25	35,2	34,3	33,5	32,7	31,9	31,1	30,3	29,5	28,6	27,8	27,0	26,2	25,5	24,8	24,0	23,2
24	35,4	34,5	33,7	32,9	32,1	31,3	30,5	29,7	28,8	28,0	27,2	26,4	25,7	25,0	24,2	23,4
23	35,6	34,7	33,9	33,1	32,3	31,5	30,7	29,9	29,0	28,2	27,4	26,6	25,9	25,2	24,4	23,6
22	35,8	34,9	34,1	33,3	32,5	31,7	30,9	30,1	29,2	28,4	27,6	26,8	26,0	25,3	24,6	23,8
21	36,1	35,2	34,3	33,5	32,7	31,9	31,1	30,3	29,5	28,6	27,8	27,0	26,2	25,4	24,7	24,0
20	36,3	35,4	34,5	33,7	32,9	32,1	31,3	30,5	29,7	28,8	28,0	27,2	26,4	25,6	24,9	24,2
19	36,5	35,6	34,7	33,9	33,1	32,3	31,5	30,7	29,9	29,0	28,2	27,4	26,6	25,8	25,1	24,4
18	36,7	35,8	34,9	34,1	33,3	32,5	31,7	30,9	30,1	29,2	28,4	27,6	26,8	26,0	25,3	24,6
17	36,9	36,0	35,1	34,3	33,5	32,7	31,9	31,0	30,2	29,4	28,6	27,8	27,0	26,2	25,5	24,8
16	37,1	36,2	35,3	34,4	33,6	32,8	32,0	31,2	30,4	29,5	28,7	28,0	27,1	26,3	25,6	25,0
15	37,3	36,4	35,5	34,6	33,8	33,0	32,2	31,4	30,5	29,7	28,9	28,1	27,3	26,5	25,8	25,1
14	37,5	36,6	35,7	34,7	33,9	33,1	32,3	31,5	30,7	29,9	29,0	28,3	27,4	26,6	25,9	25,2
13	37,6	36,7	35,8	34,9	34,1	33,3	32,5	31,7	30,9	30,1	29,2	28,4	27,6	26,8	26,0	25,3
12	37,8	36,9	36,0	35,1	34,2	33,4	32,6	31,8	31,0	30,2	29,4	28,6	27,8	27,0	26,2	25,5
11	38,0	37,1	36,2	35,3	34,4	33,6	32,8	32,0	31,1	30,4	29,6	28,8	28,0	27,2	26,4	25,7
10	38,1	37,2	36,3	35,4	34,5	33,7	32,9	32,1	31,3	30,5	29,7	29,0	28,2	27,4	26,6	25,8
9	38,3	37,4	36,5	35,6	34,7	33,9	33,1	32,3	31,5	30,7	29,9	29,1	28,3	27,5	26,7	25,9
8	38,5	37,6	36,7	35,8	34,9	34,1	33,3	32,5	31,7	30,9	30,1	29,2	28,4	27,6	26,8	26,0

Tabelle

zur Bestimmung des Procentgehalts an Wasser nach dem spezifischen Gewicht von Lösungen, die auf 3 Th. Syrup
7 Th. Wasser enthalten, bei verschiedenen Temperaturen.

(Schluß.)

Grade nach Celsius.	Spezifisches Gewicht.														
	1,096	1,097	1,098	1,099	1,100	1,101	1,102	1,103	1,104	1,105	1,106	1,107	1,108	1,109	1,110
	Wasserprocente.														
28	21,7	21,0	20,2	19,5	18,8	18,1	17,3	16,6	15,8	15,1	14,4	13,7	13,0	12,3	11,6
27	22,0	21,2	20,5	19,8	19,1	18,4	17,6	16,9	16,1	15,4	14,7	14,0	13,3	12,6	11,9
26	22,3	21,5	20,7	20,0	19,3	18,6	17,8	17,1	16,3	15,6	14,9	14,2	13,5	12,8	12,1
25	22,4	21,7	20,9	20,1	19,4	18,7	18,0	17,2	16,5	15,7	15,0	14,3	13,6	12,9	12,2
24	22,6	21,9	21,1	20,3	19,6	18,9	18,2	17,4	16,7	15,9	15,2	14,5	13,7	13,1	12,4
23	22,8	22,1	21,3	20,5	19,8	19,1	18,4	17,6	16,9	16,1	15,4	14,7	14,0	13,3	12,6
22	23,0	22,3	21,5	20,7	20,0	19,3	18,6	17,8	17,1	16,3	15,6	14,9	14,2	13,5	12,8
21	23,2	22,4	21,7	20,9	20,1	19,4	18,7	18,0	17,2	16,5	15,7	15,0	14,3	13,6	12,9
20	23,4	22,6	21,9	21,1	20,3	19,6	18,9	18,2	17,4	16,7	15,9	15,2	14,5	13,8	13,1
19	23,6	22,8	22,1	21,3	20,5	19,8	19,1	18,4	17,6	16,9	16,1	15,4	14,7	14,0	13,3
18	23,8	23,0	22,3	21,5	20,7	20,0	19,3	18,6	17,8	17,1	16,3	15,6	14,9	14,2	13,5
17	24,0	23,2	22,5	21,7	20,9	20,2	19,5	18,8	18,0	17,3	16,5	15,8	15,0	14,3	13,6
16	24,1	23,3	22,6	21,8	21,0	20,4	19,7	19,0	18,2	17,4	16,7	16,0	15,2	14,4	13,7
15	24,3	23,5	22,8	22,0	21,2	20,5	19,8	19,1	18,4	17,6	16,9	16,1	15,4	14,6	13,9
14	24,4	23,7	22,9	22,2	21,4	20,6	19,9	19,2	18,5	17,7	17,0	16,2	15,5	14,8	14,1
13	24,6	23,8	23,0	22,3	21,5	20,7	20,0	19,3	18,6	17,8	17,1	16,3	15,6	14,9	14,2
12	24,8	24,0	23,2	22,5	21,7	20,9	20,2	19,5	18,8	18,0	17,3	16,5	15,8	15,0	14,3
11	25,0	24,2	23,4	22,7	21,9	21,1	20,3	19,6	18,9	18,2	17,5	16,7	16,0	15,2	14,5
10	25,1	24,3	23,6	22,8	22,0	21,3	20,5	19,8	19,0	18,3	17,6	16,9	16,2	15,4	14,7
9	25,2	24,5	23,7	22,9	22,2	21,4	20,6	19,9	19,2	18,5	17,7	17,0	16,4	15,6	14,8
8	25,3	24,6	23,8	23,0	22,3	21,5	20,7	20,0	19,3	18,6	17,8	17,1	16,5	15,8	15,0

Zu den aräometrischen Methoden ist jedoch zu bemerken, daß sie nur dann absolut zuverlässige Resultate geben, wenn man mit Lösungen von reinem Rohrzucker arbeitet. Alle anderen in den Lösungen enthaltenen Stoffe wirken ebenfalls auf das Saccharometer und lassen die Angaben des Zuckergehalts höher erscheinen, als sie wirklich sind. Bei der Untersuchung von Rübensaft u. dergl. hat man außer dem Zucker auch alle anderen Stoffe zu berücksichtigen, die Salze, welche beim Verbrennen als Asche zurückbleiben, die Extractivstoffe, Protein u. s. w. Es sind dies die Stoffe, welche der Fabrikant unter dem Namen Nichtzucker zusammenfaßt und deren Menge man kennen muß, um darnach erst den Werth des zu verarbeitenden Productes zu bestimmen. Das spezifische Gewicht der organischen Bestandtheile des Nichtzuckers mag ungefähr dem des Zuckers gleichkommen, das der Aschenbestandtheile ist aber höher als das des Zuckers; ihr Procentgehalt wird daher geringer sein, wie das Saccharometer angiebt.

Um genauer die Zusammensetzung solcher Säfte kennen zu lernen, ist es daher durchaus erforderlich, weitere Bestimmungen vorzunehmen, und dahin gehört zunächst eine directe Bestimmung des Zuckergehalts, die entweder durch alkalische Kupferoxydlösung oder nach der gleich zu beschreibenden optischen Methode, mittelst des Polarimeters, geschehen kann. Findet man in zwei verschiedenen Rübensäften mittelst des Polarimeters in jedem 10 Proc. Zucker, während der eine Saft am Saccharimeter 11°, der andere 12° gegeben hat, so wird der erstere, wiewohl scheinbar schwächere, doch der bessere sein, weil er weniger Nichtzucker enthält, und zwar wird er nicht nur um 1° des Saccharometers, sondern um Vieles besser sein, da die fremden Bestandtheile,

sowohl die organischen wie die anorganischen, während der Verkohlung der Säfte zerlegend auf den Zucker einwirken und ihn in unfeststoffbare Masse verwandeln. Je höher daher die Saccharometerangabe bei einer niedrigen Polarimeterangabe ist, um so schlechter ist der Saft.

Die Bestimmung der näheren Bestandtheile des Zuckersaftes ist für den Fabrikanten von großer Wichtigkeit, doch erfordert ihre genaue Ausführung die größte Sorgfalt und manche Geschicklichkeit. Wirklich brauchbare Resultate sind aber nur zu erhalten, wenn man solche Versuche exact ausführt; bloße Annäherungen nützen nichts, sondern bringen eher Schaden.

Den Wassergehalt bestimmt man am einfachsten, wenn man ungefähr 10 Grm. Saft in einem Platinschälchen im Wasserbade zur Trockne verdampft und dann im Luftbade bei 100 bis 105° so lange trocknet, bis das Gewicht constant bleibt. Bei der sehr hygroskopischen Eigenschaft des Rückstandes muß man die Schale vor dem Wägen über einer mit Schwefelsäure gefüllten Schale, die auf einer matt geschliffenen Glasplatte steht und mit einer Glasglocke bedeckt ist, erkalten lassen und die Wägung möglichst rasch ausführen. Sehr zweckmäßig bedient man sich zu solchen Wasserbestimmungen der Trockenröhren, welche von Liebig zuerst zum Trocknen organischer Substanzen empfohlen wurden. Sie bestehen aus einem weiten Glasrohr, welches an beiden Enden zugeblasen ist, auf welches aber an den Enden im rechten Winkel zwei Glasröhren angeschmolzen sind. Die eine davon ist eng und im rechten Winkel gebogen, die andere weiter und oben offen. Die letztere dient zum Einfüllen des Saftes und zum Austritt des Wasserdampfes. Die erstere ist mit einem großen, nach Art

der Döbereiner'schen Zündmaschine construirten Wasserstoffentwicklungsapparat und mit Chlorcalciumröhren verbunden. Das Trockenrohr wird zunächst leer

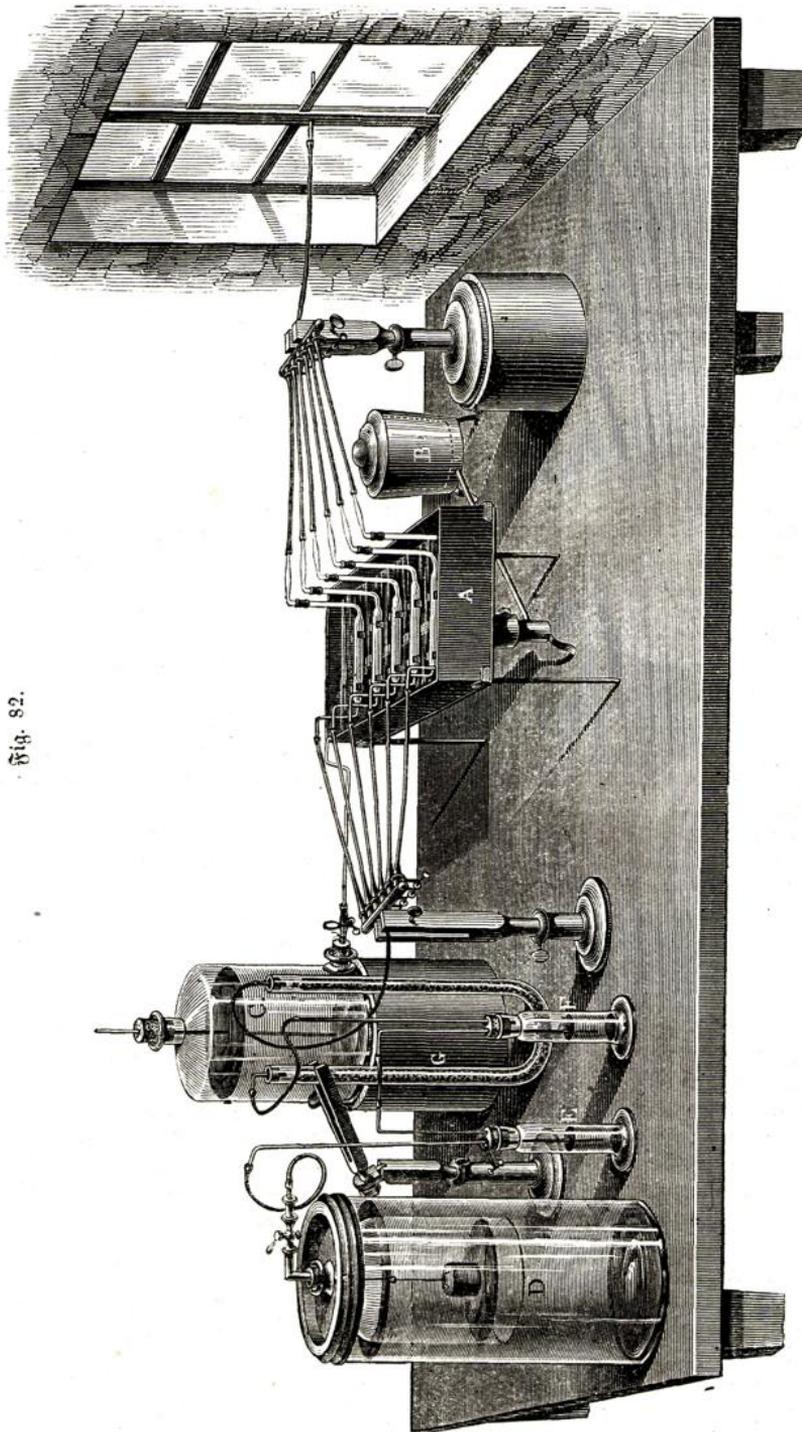
den Apparat. Durch den Gasstrom wird der Wasserdampf rasch fortgeführt und der Rückstand ausgetrocknet. Sobald der Rückstand fast trocken geworden ist, befestigt man auf dem offenen Rohre ein anderes winklig gebogenes Glasrohr mit einer Gummiröhre. Man verhindert dadurch, daß von dem kochenden Wasser keine Dämpfe in den Trockenapparat zurücktreten. Ein solcher Apparat läßt sich leicht so einrichten, daß in demselben Wasserbade zur Zeit sechs oder mehr Trockenröhren befindlich sind, die dann alle mit demselben Wasserstoffapparate in Verbindung stehen. Nach einer mehrjährigen Anwendung eines solchen Apparats hat sich derselbe vortrefflich bewährt. Man hat dabei den Vortheil, daß der Rückstand nie über 100° erhitzt und nicht durch den Einfluß der Luft zersetzt werden kann, da die Trocknung mit völligem Ausschluß der Luft in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas geschieht. Nach beendigter Trocknung, wozu nach dem Verdampfen des Wassers 6 Stunden hinreichend sind, nimmt man die Röhren aus dem Wasserbade, trocknet sie mit einem leinenen Tuche, saugt Luft hindurch, um das noch darin enthaltene Wasserstoffgas zu entfernen, und wägt den Trockenrückstand.

Fig. 82 zeigt den Trockenapparat mit allen seinen Theilen. A ist das Wasserbad, in welchem 6 Röhren liegen, die durch kleine Messingklammern am Boden festgehalten werden; ein aus 3 Stücken bestehender Deckel, in welchem zur Aufnahme der verticalen Röhren Einschnitte gemacht sind, verschließt das Wasserbad während des Gebrauchs, um übermäßige Verdunstung zu verhindern. Die große Spirituslampe B, deren Sturzflasche 1 Liter Alkohol faßt, dient zur Erhitzung des Wassers. Die am Boden tubulirte Flasche C ersetzt selbstthätig das verdunstende Wasser im Wasserbade. D ist der Gasentwicklungsapparat. Er besteht aus einem großen Glaszylinder von 30 Liter Gehalt, in welchem eine tubulirte

glasglocke hängt, deren Tubulus durch einen durchbohrten Kork verschlossen ist, und in diesen ist ein Messinghahn luftdicht eingepaßt. An dem untern Theile des Hahns ist ein Haken angelöthet, an welchem der

Glaszylinder von 30 Liter Gehalt, in welchem eine tubulirte

Fig. 82.



Zinkblock aufgehängt wird. Der große Cylinder wird mit verdünnter Schwefelsäure (1:10) gefüllt. Sobald man den Hahn öffnet, dringt die Säure in die Glocke, kommt hier mit dem Zink in Berührung und entwickelt Wasserstoffgas. Durch weiteres Öffnen oder Schließen des Hahns kann man den Gasstrom beliebig reguliren oder ganz unterbrechen. Das Gas geht zunächst in den Waschcylinder *E*, der mit Wasser gefüllt ist, dann durch *F*, worin concentrirte Schwefelsäure enthalten ist, und wird seiner letzten Spuren von Feuchtigkeit in dem großen Chlorcalciumrohre *G* beraubt. Von hier tritt es in eine horizontal liegende Messingröhre, die sechs kurze Ansätze hat, über welche Gummiröhren geschoben sind, die das Gas in die Trockenapparate leiten und vertheilen. Nachdem das Wasser so weit verdunstet ist, daß in den aufrecht stehenden Röhren der Trockenapparate kein starker Beschlag von Feuchtigkeit mehr wahrgenommen wird, befestigt man mit kleinen Gummiröhren die rechtwinklig gebogenen Glasröhren, welche wieder durch Kautschukröhren mit einer Messingröhre verbunden sind, aus der das entweichende Gas in's Freie geleitet wird. Es geschieht dies der Vorsorge halber, um zu verhüten, daß das Gas sich im Arbeitsraume nicht in großer Menge ansammle und etwa eine Explosion bewirke. Den letzten Theil des Apparates kann man aber sogleich entbehren, wenn man das aus den gebogenen Röhren austretende Gas entzündet und durch Verbrennung desselben die Ansammlung verhindert.

Der Apparat hat sich so gut bewährt, daß im Laboratorium zu Weende keine Wasserbestimmung schon seit einigen Jahren mehr auf andere Weise ausgeführt wird. In Laboratorien, wo man Leuchtgas zu seiner Verfügung hat, kann der Apparat noch sehr vereinfacht werden. Statt des Gasentwicklungsapparates bringt man ein Gasrohr mit der Waschflasche *E* in Verbindung und benutzt das Leuchtgas zum Trocknen. Statt dasselbe fortzuleiten oder verbrennen zu lassen, verbindet man das Rohr, welches in unserer Zeichnung das Gas in's Freie leitet, mit dem Brenner unter dem Wasserbade und bewirkt so das Trocknen und die Heizung des Wasserbades mit demselben Quantum Gas.

Zur Bestimmung des Aschengehalts verdampft man ein größeres Quantum des Saftes (300 bis 400 Grm.) in einer Platinschale zur Trockne und erhitzt in einer Muffel nur soweit, bis eine schwarze Kohle zurückbleibt, die keine Dämpfe mehr ausstößt. Die Kohle ist ganz mit leicht schmelzbaren Salzen durchdrungen, die den Zutritt der Luft zu den Kohletheilchen so verhindern, daß eine vollständige Verbrennung derselben unmöglich ist. Die Kohle wird deshalb mit heißem Wasser ausgewaschen, wieder getrocknet, gröblich gerieben und dann in der Platinschale von Neuem erhitzt, wobei sie leicht zu weißer Asche verbrennt. Da die gewaschene Kohle keine Salze mehr enthält, die bei starker Hitze verflüchtigt werden können, so kann man die Verbrennung durch ziemlich starke Hitze beschleunigen. Zu dem dabei verbleibenden Rückstande giebt man das Waschwasser der Kohle, verdampft das Ganze zur Trockne, glüht gelinde und wägt den Rückstand.

Erst wenn diese drei Bestimmungen, die chemische oder optische Zuckerprobe, der Gehalt an Trockensubstanz

und Asche ausgeführt sind, hat man sehr annähernd eine richtige Vorstellung von der Beschaffenheit der Säfte und eine Controle für die Saccharimeterangabe. Dieses ist nicht allein für Rübensäfte, sondern für alle übrigen dahinschlagenden Untersuchungen maßgebend.

Die optischen Zuckerbestimmungsmethoden gründen sich auf die Eigenschaft von Zuckerlösungen, den polarisirten Lichtstrahl um eine gewisse Größe abzulenken. Zur Hervorrufung der Polarisation wendet man Nicol'sche Prismen an. Diese Prismen werden aus Kalkspath-Rhomboedern gefertigt, deren um 71° gegen einander geneigte Flächen so geschliffen sind, daß der Neigungswinkel nur noch 68° beträgt. Die so geschliffenen und polirten Krystalle werden rechtwinklig gegen die eine Fläche durchschnitten und mit Canadabalsam wieder auf einander gefittet. Fällt ein Lichtstrahl auf ein solches Prisma, so wird er doppelt gebrochen, d. h. in zwei Strahlen zerlegt, von denen der eine beim Uebergang in die Balsamschicht total reflectirt und unwirksam gemacht wird. Fängt man den durch das Prisma gegangenen und durch dieses polarisirten Strahl in einem zweiten Prisma auf, so wird er, wenn beide Prismen so gegen einander gestellt sind, daß ihre Axen zwar in einer Ebene liegen, das eine der Prismen aber gegen das andere um seine Axe genau um 90° gedreht ist, von letzterem völlig absorbiert werden, das Gesichtsfeld wird also dunkel, beide Prismen undurchsichtig erscheinen. Hat man den Prismen, von denen das erste das Polarisationsprisma, das zweite der Analysator genannt wird, diese Stellung gegeben und bringt man nun eine Zuckerlösung zwischen beide, so findet man, daß die Prismen nicht mehr undurchsichtig, sondern gefärbt erscheinen, ein Beweis, daß der Lichtstrahl nicht unverändert durch die Zuckerlösung gegangen, sondern von dieser abgelenkt oder gedreht worden ist. Diese Erscheinung, die manche Körper in höherem oder geringerem Grade und auf verschiedene Weise zeigen, nennt man die Circularpolarisation. Die Färbung der Prismen erscheint roth, gelb, grün, blau, violett, je nach der Größe der Ablenkung. Dreht man den Analysator um seine Axe nach rechts, so werden die Farben in der erwähnten Reihenfolge erscheinen, bis die eine Hälfte des Gesichtsfeldes blau, die andere violett ist. Es ist dies der Punkt, welcher bei der Circularpolarisation dem vorher dunklen Gesichtsfelde entspricht, und es ist die Grenze des Drehungsvermögens. Muß man, um die einzelnen Farben in derselben Reihenfolge zu sehen, den Analysator nach links drehen, so ist der Lichtstrahl nach links abgelenkt; man sagt dann, die geprüfte Lösung hat eine Linkspolarisation, sonst polarisirt sie rechts.

Von den Zuckerarten polarisiren:

Rechts:	Links:
Rohrzucker,	Fruchtzucker,
Traubenzucker,	Invertzucker,
Trehalose,	Sorbin.
Melzitose,	
Melitose,	
Milchzucker,	
Eucalyn,	
Vinit,	
Quercit.	

Um den Grad der Ablenkung beurtheilen zu können, ist der Analysator mit einem Zeiger und Nonius versehen, der sich um eine Kreistheilung von 360° bewegt und so die Drehung des Prismas in Graden und Minuten anzeigt.

Der Grad der Ablenkung richtet sich nach der Zahl der wirksamen Moleküle, welche der Strahl bei seinem Durchzuge passieren muß; sie wird also um so größer sein, je dichter die Lösung und je länger die Flüssigkeitsschicht ist. Er ist bei gleicher Concentration und gleicher Länge der Flüssigkeitsschicht verschieden bei jeder Zuckerart; so werden, gleiche Concentration und gleiche Länge der Flüssigkeitsschicht vorausgesetzt, die Ablenkungen des Rohrzuckers zu denen des Traubenzuckers sich verhalten wie 78,3 : 57,6.

Um nun das Drehungsvermögen der einzelnen Zuckerarten oder anderer Körper vergleichen und auf eine bestimmte Einheit zurückführen zu können, berechnet man die Ablenkung, welche eine Flüssigkeitsschicht von 100 M.-M. Länge und von der hypothetischen Dichte von 1,000 ausüben würde, und bezeichnet diese als spezifische Drehkraft oder als das Rotationsvermögen.

Das Rotationsvermögen oder die spezifische Drehkraft bezeichnet man mit $[\alpha]$ und findet den Werth dieser nach der Formel:

$$[\alpha] = \begin{matrix} + \\ \text{rechts} \end{matrix} \text{ oder } \begin{matrix} - \\ \text{links} \end{matrix} \frac{\alpha}{\epsilon \cdot \zeta \cdot \delta}$$

α ist dabei der Winkel, um welchen das analysirende Prisma gedreht werden mußte, um die Farbe zwischen blau und violett — die Uebergangsfarbe — zu zeigen, ϵ das Gewicht an optisch wirksamer Substanz in der Gewichtseinheit der Lösung, ζ die Länge der Flüssigkeitsschicht und δ das spezifische Gewicht der Lösung.

Um ein Beispiel anzuführen, so seien in 1 Liter Zuckerlösung 164,7 Grm. Zucker enthalten, das spezifische Gewicht (δ) ist = 1,060, in der Gewichtseinheit der Lösung (ϵ) ist demnach enthalten 0,156 Grm., die Länge der Flüssigkeitsschicht (ζ) sei 200 M.-M., der Ablenkungswinkel (α) rechts 25,9 so hat man

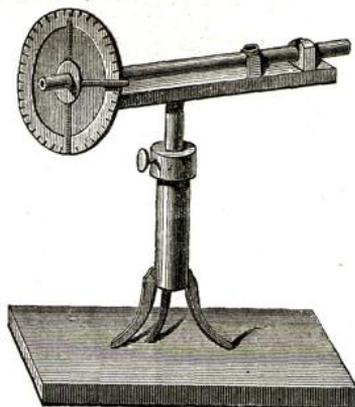
$$[\alpha] = \frac{25,9}{0,156 \cdot 2 \cdot 1,06} \text{ oder } \frac{25,9}{0,331} = 78,3^\circ \text{ rechts.}$$

Der Ablenkungswinkel der verschiedenen Lichtstrahlen ist nicht absolut gleich, es wird dieses von manchen Beobachtern nicht streng genug berücksichtigt und daher findet man auch häufig etwas variirende Angaben über das Rotationsvermögen. Am zweckmäßigsten ist ein für alle Mal mit dem gelben Strahl zu arbeiten, worauf die Instrumente eingestellt werden müssen. Daß dieses geschehen ist, bezeichnet man durch einen Buchstaben als Exponenten des $[\alpha]$. So ist $[\alpha]_j$ oder $[\alpha]_g$ das Rotationsvermögen des gelben Strahls, $[\alpha]_r$ das des rothen Strahls. Meist wird aber der gelbe Strahl genommen und dann häufig die nähere Bezeichnung unterlassen.

Der Polarisationsapparat in seiner einfachsten Form, der nach Mitscherlich's Construction, ist in Fig. 83 dargestellt. Der polarisirte Nicol liegt an dem abgewandten Ende des Apparats, darauf folgt eine Glasröhre von 200 M.-M. oder beliebiger, aber genau bekannter Länge, in die die zu prüfende Flüssigkeit kommt.

Das die Flüssigkeit enthaltende Glasrohr ist von einem andern undurchsichtigen, innen geschwärzten Rohre umhüllt, um alle fremden Lichtstrahlen abzuhalten. Vorn dicht vor dem Ocular liegt das zweite Nicol, welches mit dem

Fig. 83.



Zeiger verbunden ist, der sich auf der Gradscheibe bewegt. Vor dem Gebrauch stellt man den Apparat mit dem polarisirenden Prisma dicht vor eine Lampe, so daß das intensive Licht derselben hineinfällt, bringt den Zeiger genau auf den Nullpunkt, dreht den Analysator so lange, bis eine fast völlige Verdunkelung eingetreten ist, und befestigt erst dann den Zeiger auf dem Analysator. So ist der Apparat zum Gebrauch fertig. (Eine ausführlichere Zeichnung und die Beschreibung dieses Apparats von Wagenmann findet sich Dingler's Journal 84, 271.)

Ein anderer Apparat wurde von Soleil construirt. Bei diesem wird die Rotation des polarisirten Lichtstrahls nicht durch die Drehung des analysirenden Prismas gemessen, sondern es ist ein Apparat eingeschaltet, durch welchen bei entsprechender Stellung die durch den Zucker ausgeübte Drehung aufgehoben wird. Dieser sogenannte Compensator besteht aus Quarzplatten von entgegengesetztem Drehungsvermögen, von denen die eine feststeht, während die andere so durchschnitten ist, daß zwei keilförmige Stücke entstehen. Je nachdem man nun diese Keile mehr oder weniger an einander hergleiten läßt, werden sie zusammen eine Platte von größerer oder geringerer Dicke bilden. Da das Compensationsvermögen des Quarzes in demselben Verhältniß wie die Dicke der Platte steht, so braucht man nur die Dicke der Platte zu messen, um darnach die Rotation zu bestimmen. Bei diesem Apparate bleiben also die beiden Nicols fest stehen, wenn sie einmal richtig eingestellt sind, nur der Compensator wird bewegt. Der Grad dieser Bewegung wird auf einen Nonius übertragen, der an einer Scala gleitet, worauf die Dicke der aus den beiden Keilen gebildeten Quarzplatte in ganzen Zahlen angegeben ist. Eine 1 M.-M. dicke Quarzplatte bewirkt eine ebenso große Rotation wie eine 200 M.-M. lange Flüssigkeitsschicht, die in 1000 C.-C. 164,71 Grm. reinen Rohrzucker enthält. Da auf der Scala noch 0,1 M.-M. der Quarzdicke in Graden angegeben sind und man mit dem Nonius 0,01 M.-M. genau ablesen kann, so ist die Empfindlichkeit dieses Apparates sehr groß.

Fig. 84.

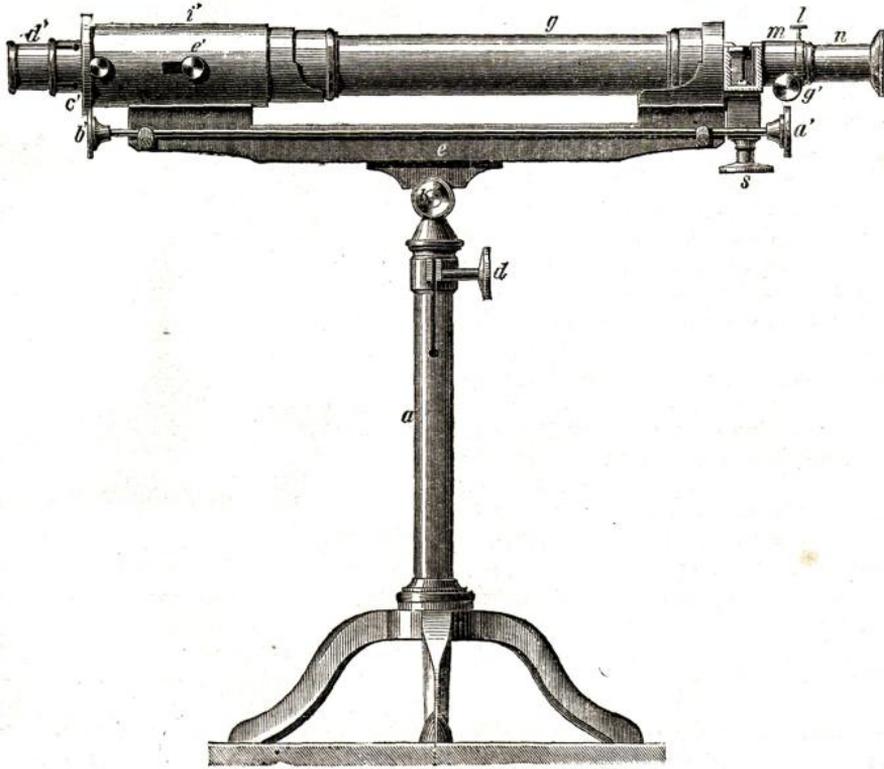


Fig. 85.

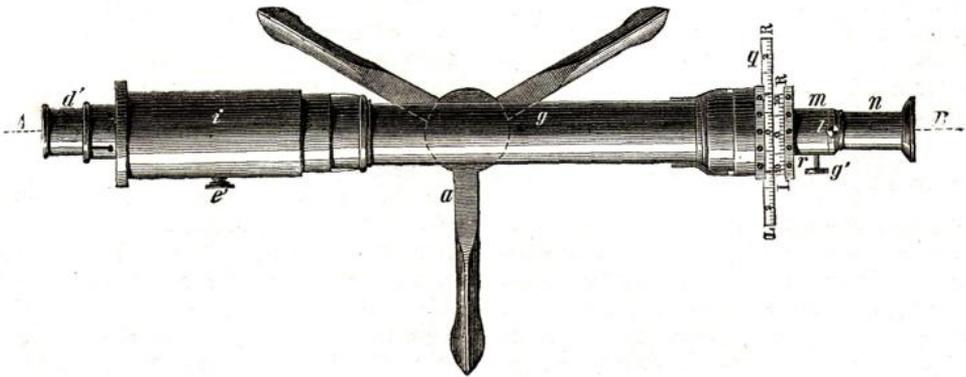
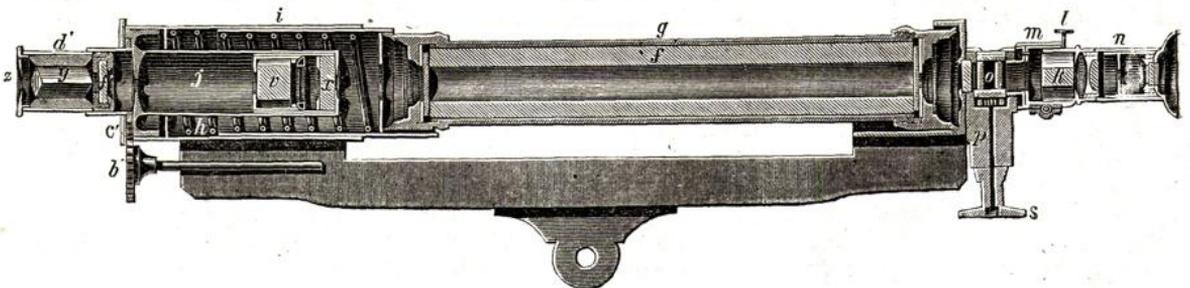


Fig. 86.



Während also der Apparat von Mitscherlich unmittelbar zur Bestimmung der spezifischen Drehkraft einer jeden Zuckerart angewandt werden kann, da man an dem Zeiger die Grade der Ablenkung abliest, kann man den von Soleil construirten Apparat direct nur als Saccharimeter benutzen, so lange nicht durch Versuche das Verhältniß des Rotationsvermögens der einzelnen Zuckerarten zu dem des Quarzes festgestellt ist. Der Soleil'sche Apparat ist aber gerade als Saccharimeter besonders geeignet, da seine Angaben von größter Schärfe und leichter erkennbar als bei jenem sind. Leider ist sein Preis ein sehr hoher, er kostet circa 140 Thaler, während der andere nur 28 Thaler kostet.

Der Soleil'sche Apparat ist in Fig. 84 bis 86 dargestellt. Fig. 84 ist eine Ansicht des Apparats mit allen seinen Theilen; Fig. 85 derselbe von oben gesehen, Fig. 86 ein Durchschnitt nach der Linie *AB* in Fig. 85.

a ist das Gestell, auf welchem das Instrument ruht; *b* ein Gelenk, um welches es gedreht werden kann, um ihm eine beliebige Neigung gegen den Horizont zu geben; durch eine Schraube kann dieses Gelenk festgestellt werden. Der obere Theil kann außerdem um die Axe des Gestells gedreht und durch die Schraube *d* befestigt werden. *f* ist eine Röhre von starkem Glase, welche ganz mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt wird und in einer undurchsichtigen, innen schwarzen Hülle *g* ruht. *h* eine spiralförmig gewundene Feder in dem Rohre *i*, welche das Rohr *j* mit seinen Theilen hält. *k* der Analysator, aus einem Nicol'schen Prisma bestehend. *l* ein Knopf, der die Bewegung eines Fernrohrs *m* aufhält; *n* das Ocular und der Auszug eines Galiläi'schen Fernrohrs; *o* der Compensator, zwei keilförmig geschnittene Quarzprismen. Beide Prismen müssen gleiches Drehungsvermögen haben, es ist gleichviel ob sie rechts oder links drehend sind, jedenfalls muß aber ihr Drehungsvermögen das entgegengesetzte einer andern Quarzplatte sein, die unmittelbar davor liegt. *p* die Fassung des Compensators. *q* die graduirte Scala. *r* Nonius. *s* ein Knopf, dessen Axe mit einem Getriebe versehen ist, welches den Nonius und die Scala und die an diesen befestigten Quarzprismen verschiebt. *x* eine Quarzplatte von doppelter Drehung. *v* der Polarifator, ein Kalkspathprisma, welches durch eine daran angebrachte Glaslinse achromatisirt ist; *y* ein Nicol'sches Prisma; *z* die Oeffnung, durch welche die Lichtstrahlen einfallen; *a'* ein Knopf an einer horizontalen Stange, die ein gezahntes Rad *b'* trägt, welches in ein anderes Rad *c'* greift, um das Prisma *y* mit der davor befindlichen Quarzplatte *f'* drehen zu können; *e'* ein Knopf, mit dem man das Rohr *j* zurückschiebt, wenn man das Rohr *gf* aus dem Apparate nehmen will; *g'* Schraube, durch welche der Analysator gedreht werden kann.

Die Ausführung der Zuckerbestimmung ist mit beiden Apparaten etwas verschieden. Manche dabei vorkommende Operationen sind aber gleich, diese können wir daher gemeinschaftlich beschreiben. Alle zu untersuchenden Zuckerlösungen müssen ganz oder doch fast farblos sein. Um sie zu entfärben, filtrirt man sie mehrere Male durch Knochenkohle, genügt dieses nicht, wie es bei Melassen u. dergl. gewöhnlich der Fall ist, o

vermischt man sie mit kassisch essigsäurem Bleioryd, um den Farbstoff zu fällen. Diese Lösung bereitet man, indem man 100 Grm. Bleizucker in ungefähr seinem fünffachen Gewicht Wasser löst, in der Wärme mehrere Stunden lang mit 70 Grm. feingeriebener Bleiglätte, die vorher zum Glühen, aber nicht zum Schmelzen erhitzt ist, digerirt, dann wenn die Lösung durch einen Kupfergehalt der Glätte grünlich gefärbt ist, einen Bleistreifen hineinstellt, bis die Flüssigkeit völlig farblos geworden ist, und endlich nach dem Erkalten auf 1000 C.=C. verdünnt. Die filtrirte Lösung wird in gut verschlossenen Flaschen zum Gebrauche aufbewahrt. Hat man festen Zucker zu untersuchen, so löst man diesen in einem Glase, welches bis zu einem Striche am Halse 100 C.=C. faßt, fügt, wenn es erforderlich ist, 10 C.=C. der Bleiessiglösung hinzu und verdünnt dann genau auf 100 C.=C. Ist die filtrirte Flüssigkeit noch nicht ganz farblos, so filtrirt man sie durch Knochenkohle, die in einem Glasrohre enthalten ist. Dieses ist unten durch eine Messingplatte verschlossen, in welche eine Oeffnung von der Größe eines Stecknadelpfropfes gebohrt ist, so daß der Saft nur langsam in ein darunter gestelltes Gefäß fließen kann. Wendet man die Bleiessiglösung zum Entfärben von Rübensäften oder farbigen Zuckerlösungen an, deren Gehalt man ermitteln will, so werden sie dadurch verdünnt, wofür Rechnung getragen werden muß. Sie werden dann in einem Glase abgemessen, welches an seinem Halse zwei Marken trägt, die eine für 100 C.=C., die andere für 110 C.=C. Man füllt dieses zunächst mit dem Saft bis 100 C.=C., dann mit dem Bleiessig bis 110 C.=C., schüttelt und filtrirt. Die Flüssigkeit ist dadurch in dem Verhältniß von 10 zu 11 verdünnt worden. Es müßte daher, wenn man den Gehalt erfahren will, statt des 200 M.=M. langen Rohrs eines von 220 M.=M. Länge angewandt werden, welches häufig den Apparaten beigegeben ist. Da in der 220 M.=M. langen Flüssigkeitsschicht ebensoviel Zuckermoleküle enthalten sind, wie früher in der 200 M.=M. langen Schicht, so müssen die Resultate dieselben sein. Dasselbe Resultat erhält man aber auch, wenn man mit dem 200 M.=M. langen Rohre operirt und die abgelesenen Grade um $\frac{1}{10}$ vermehrt; wenn also die Flüssigkeit nach dem Verdünnen in dem 200 M.=M. langen Rohre 30 Grade polarisirt, so würde sie vor der Verdünnung 33 Grade polarisirt haben, denn $10 : 11 = 30 : 33$.

Zur Controle für die Zuckerbestimmung und um zu bestimmen, ob und wieviel Traubenzucker oder Invertzucker dem Rohrzucker beigemischt ist, bewirkt man sehr häufig die Inversion, indem man mit Salzsäure erwärmt. Dieses geschieht, indem man ebenfalls 100 C.=C. abmischt, mit 10 C.=C. concentrirter reiner Salzsäure vermischt und in einem Glase, durch dessen Kork ein Thermometer gesteckt ist, 15 Minuten lang in einem Wasserbade auf 68 bis 70° erwärmt. Die Flüssigkeit wird dann rasch bis auf die Temperatur der Luft abgekühlt. Da durch den Zusatz der Salzsäure dieselbe Verdünnung, wie oben für Bleiessig angegeben ist, herbeigeführt wird, so hat man dieselbe Correction vorzunehmen oder in einer 220 M.=M. langen Röhre zu polarisiren. Will man eine schon mit Bleiessig ver-

dünnte Lösung invertiren, so muß natürlich die Correction auf $\frac{2}{10}$ erhöht oder in einem 240 M.-M. langen Rohre polarisirt werden. Auf Zusatz der Salzsäure scheidet sich aus der bleihaltigen Flüssigkeit Chlorblei ab, welches vor dem Erwärmen abfiltrirt wird.

Das Rotationsvermögen des Rohrzuckers ist für jede Temperatur innerhalb der Schwankungen der Luftwärme gleich, das des Invertzuckers wird aber wesentlich durch Temperaturunterschiede beeinflusst. Man muß daher invertirte Lösung entweder jedesmal auf eine bestimmte Normaltemperatur bringen, oder Correctionen, die wir für den Soleil'schen Polarimeter unten geben werden, anwenden.

Das Rohr, in welchem die Lösungen untersucht werden, besteht in beiden Apparaten aus einem genau 200 M.-M. langen Glasrohre, welches oben und unten offen ist, welches aber durch zwei geschliffene Glasplatten, die durch Messingkapseln festgeschraubt werden, luftdicht verschlossen werden kann. Vor dem Gebrauch nimmt man eine dieser Deckplatten ab, füllt das Rohr bis zum Ueberlaufen mit der Flüssigkeit, legt die Platte wieder auf und befestigt sie durch Anschrauben.

Wie der Mitscherlich'sche Apparat genau auf den Nullpunkt eingestellt wird, haben wir oben beschrieben (S. 206). Die beiden Nicol'schen Prismen stehen richtig, wenn eine fast völlige Verdunkelung des Gesichtsfeldes eintritt. Der Zeiger muß dann auf 0 weisen. Viele Versuche haben ergeben, daß eine Lösung, welche in 100 C.-G. 30 Grm. reinen Rohrzucker enthält, genau 40° polarisirt. Der Zeiger wird also auf 40° stehen, wenn man das Nicol rechts gedreht hat und dabei die Hälfte des Gesichtsfeldes blau, die andere Hälfte violett erscheint. Jeder Grad der Ablenkung zeigt daher an, daß in 100 C.-G. Flüssigkeit 0,75 Grm. Zucker enthalten sei, denn:

$$40 : 30 = 1 : 0,75.$$

Hat man daher eine reine Zuckerlösung von unbekanntem Gehalt und sie polarisirt 25°, so werden 100 C.-G. dieser Lösung 18,75 Grm. Zucker enthalten, denn:

$$40 : 30 = 25 : 18,75$$

oder:

$$1 : 0,75 = 25 : 18,75.$$

Die Lösung enthält mithin 18,75 Volumprocente Zucker. Um diese auf Gewichtsprocente zu reduciren, braucht man sie nur durch das spezifische Gewicht, welches man durch Wägen oder mittelst des Aräometers bestimmen kann, zu dividiren. Ist das spezifische Gewicht der Lösung z. B. 1,070 oder wiegen 100 C.-G. 107 Grm., so enthalten 100 Grm. der Lösung 17,66 Grm. Zucker, denn:

$$\frac{18,75}{1,070} = 17,66$$

oder:

$$107 : 100 = 18,75 : 17,66.$$

Hätte man dieselbe Lösung mit Bleieffig geklärt und dabei im Verhältniß von 10 : 11 verdünnt, so würde sie

nur 22°,5 polarisirt haben. Man hätte dann 2,5° hinzuzuaddiren und würde 25° Ablenkung bekommen haben.

Untersucht man z. B. einen Rübensaft, der um ihn zu klären im Verhältniß von 10 : 11 mit Bleieffig versetzt ist, und derselbe hat in dem 200 M.-M. langen Rohre 14° polarisirt, so ist zunächst wegen der Verdünnung $\frac{1}{10}$ hinzuzuaddiren, $14 + 1,4 = 15,4°$. Jeder Grad entspricht 0,75 Grm. Zucker in 100 C.-G. Die Lösung enthält demnach $15,4 \cdot 0,75 = 11,55$ Grm. Zucker in 100 C.-G. Das spezifische Gewicht des Saftes sei 1,055, so werden in 100 Grm. des Rübensaftes 10,95 Grm. oder Procente Zucker enthalten sein. Hat dann der Saccharimeter bei der aräometrischen Bestimmung 13,5° gezeigt, so enthält der Saft 10,95 Proc. Zucker und 2,55 Proc. Nichtzucker.

Um mit dem Soleil'schen Apparat zu arbeiten, stellt man zunächst den Nullpunkt des Nonius genau auf den der Scala, bei welcher Stellung die Quarzplatten sich gegenseitig genau compensiren. Dann füllt man das Rohr mit Wasser und zieht das Fernrohr so weit heraus, daß man beim Hindurchsehen eine scharf erleuchtete Fläche mit deutlich begrenztem Umfange wahrnimmt, wenn der Apparat vor eine Lampe gestellt wird. Darauf dreht man den Analysator so lange, bis die ganze Scheibe ganz gleichmäßig hellgelb erleuchtet ist und nicht der geringste Farbenunterschied mehr bemerklich ist. Nimmt man nun das 200 M.-M. lange Rohr heraus und füllt es mit einer Zuckerlösung, so wird man, nachdem man es wieder an seine Stelle gebracht hat, statt der vorher gleichmäßig gelblich gefärbten Scheibe ganz andere Farben sehen, und zwar erscheint die Fläche in der Mitte durch eine Linie in zwei Hälften getheilt, von denen die eine anders gefärbt ist als die andere, weil durch das Rotationsvermögen des Zuckers die Compensation der Quarzplatte aufgehoben ist. Mittelfst des Knopfes s verschiebt man deshalb die Quarzplatten, bis die Ablenkung des Zuckers durch die des Quarzes compensirt ist, was man daran erkennt, daß die verschiedene Färbung verschwunden und die hellgelbe wieder hergestellt ist.

Da, wie oben erwähnt, eine Flüssigkeit, die in 1000 C.-G. 164,71 Grm. oder in 100 C.-G. 16,471 Grm. reinen Rohrzucker enthält, gerade 100 Grade polarisirt, so braucht man die Zahl der Grade nur mit 0,16471 zu multipliciren, um die Volumprocente an Zucker, oder mit 1,6471, um den Gehalt eines Liters an Zucker zu erfahren. Durch Division mit dem spezifischen Gewicht findet man dann ebenso wie oben den Gehalt nach dem Gewicht. Die Columne A der nachstehenden Tabelle zeigt die abgelesenen Grade, B den entsprechenden Gehalt eines Liters in Grammen.

Bei der Untersuchung von Rohrzucker, Melasse u. ist es am einfachsten 16,471 Grm. jedesmal davon abzuwägen und in einem 100 C.-G. Glase, erforderlichenfalls unter Zusatz von Bleieffig zu lösen und auf 100 C.-G. zu verdünnen. Da eine Lösung von reinem Rohrzucker bei dieser Concentration im Rohre von 200 M.-M. Länge genau 100 Grade polarisirt, so werden die gefundenen Grade unmittelbar Gewichtsprocente geben.

Um Rübensaft zu untersuchen, bestimmt man zunächst sein spezifisches Gewicht mittelst des Aräometers, füllt damit das Glas bis zu 100 C.=C. und giebt 10 C.=C. Bleiessig hinzu. Nach der Filtration füllt man mit dem Safte das Rohr von 220 M.=M. Länge und macht mit diesem die Beobachtung, oder man polarisirt mit dem Rohre von 200 M.=M. und addirt $\frac{1}{10}$ der gefundenen Grade hinzu. Die Anzahl der Grade in der Columne A gesucht, zeigen in Columne B den Gehalt eines Liters in Grammen, der nur mit dem spezifischen Gewicht dividirt zu werden braucht, um die Gewichtsprocente zu geben. Da der Rübensaft aber außer Rohrzucker häufig geringe Mengen von anderen ebenfalls polarisirenden Stoffen enthält, so muß man die Inversion vornehmen, wodurch aller Zucker in Invertzucker verwandelt wird, der die Polarisationsebene zur Linken dreht, und aus der Differenz zwischen der direct beobachteten Zahl und der nach der Inversion hat man dann den Zuckergehalt zu ermitteln.

Auf je 100 C.=C. der mit Bleiessig geklärten Flüssigkeit giebt man 10 C.=C. concentrirte Salzsäure und invertirt wie oben (S. 210) beschrieben. Nach dem Erkalten bestimmt man genau die Temperatur der Flüssigkeit, gießt sie in das Beobachtungsrohr, entleert dieses wieder und wiederholt dasselbe einige Male, um sicher zu sein, daß die Flüssigkeit in dem Rohre genau dieselbe Temperatur hat, welche man vorher beobachtet hat. Bei der Polarisation muß man dann die Quarzprismen zur Linken schieben, um auf den ursprünglichen Farbenton der Platte zurückzukommen. Da einmal mit Bleiessig und einmal mit Salzsäure um $\frac{1}{10}$ verdünnt ist, so muß man $\frac{2}{10}$ der Zahl der Grade zu den beobachteten hinzuaddiren, um die Zahl der Grade zu finden, welche der unverdünnte Saft geben würde.

Die Zahl der zuerst rechts beobachteten Grade wird zu den nach der Invertirung gefundenen Graden der Linkspolarisation hinzuaddirt. Sollte nach der Inversion keine Linkspolarisation eintreten, was jedoch nur selten vorkommt, so hat man die Rechtsgrade der Inversion von den Rechtsgraden vor der Inversion abzuziehen.

Die nachstehende Tabelle zeigt die zwischen 10 und 35° liegenden Temperaturen. In der der Beobachtung entsprechenden Columne geht man soweit abwärts, bis man die durch die Addition von + und - gefundenen Grade der Differenz oder die ihnen am nächsten stehende Zahl findet. Horizontal damit in der Columne B zeigt

dann die Zahl den entsprechenden Gehalt an reinem Zucker im Liter in Grammen.

Hat man die Inversion eines festen Zuckers, der 16,471 Grm. in 100 C.=C. enthielt, gemacht, so findet man direct den Gewichtsprocentgehalt in der Columne A.

Hat man z. B. in einer Flüssigkeit bei der directen Beobachtung (nach der Correction für Verdünnung durch Bleiessig) eine Ablenkung rechts (+) von 75 Graden, nach der Inversion, bei einer Temperatur von 15°, eine Ablenkung links (-) von 20 Graden gefunden, so ist die Summe 95 Grad. In der Columne, welche unter 15° steht, findet man die Gradzahl 95,5, die der Beobachtung am nächsten kommt; in derselben horizontalen Linie mit dieser findet sich in Columne B der Gehalt von 115,29 Grm. im Liter, oder wenn man mit festem Zucker (16,147 Grm. in 100 C.=C.) gearbeitet hat, in der Columne A der Gehalt von 70 Proc.

Der Soleil'sche Apparat ist von Benger etwas abgeändert worden und zwar dahin, daß eine Lösung von reinem Rohrzucker, die ein spezifisches Gewicht von 1,100 hat, genau 100° polarisirt. Diese Lösung enthält in 100 C.=C. 26,048 Grm., oder in 100 Grm. Lösung 23,67 Grm. Zucker. Bei der Anwendung dieses Apparats ist daher die Zahl der Grade, welche der Compensation entsprechen, mit 0,2367 zu multipliciren, um den Gehalt in Gewichtsprocenten zu finden. Man kann aber auch jede Berechnung umgehen, wenn man die zu prüfende Substanz gerade in solchem Gewichtsverhältniß anwendet, daß ein Grad Ablenkung genau ein Gewichtsprocent anzeigt. In dem Soleil'schen Apparate mußte man hierzu 16,147 Grm. lösen und zu 100 C.=C. verdünnen. Demnach wägt man für den Apparat Benger-Soleil 26,048 Grm. ab und verdünnt bis zu 100 C.=C.

Um die Angaben der drei verschiedenen Instrumente unter einander vergleichen zu können, mögen nochmals die den Gehalten entsprechenden Grade der Ablenkung erwähnt werden:

1° Mitscherlich	= 0,75	Grm. Zucker in 100 C.=C.
1° Soleil	= 0,16147	" " " 100 "
1° Benger-Soleil	= 0,26048	" " " 100 "
1° Mitscherlich	= 4,645°	Soleil.
1° Mitscherlich	= 2,879°	Benger-Soleil.
1° Soleil	= 0,215°	Mitscherlich.
1° Benger-Soleil	= 0,347°	Mitscherlich.
1° Soleil	= 0,62°	Benger-Soleil.
1° Benger-Soleil	= 1,613°	Soleil.

Tabelle zur Analyse zuckerhaltiger Substanzen

Summen und Differenzen der directen und umgekehrten Auf-

10 ^o	11 ^o	12 ^o	13 ^o	14 ^o	15 ^o	16 ^o	17 ^o	18 ^o	19 ^o	20 ^o	21 ^o	22 ^o	23 ^o
1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6
4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
5,6	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3	5,3
6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,6
8,3	8,3	8,3	8,2	8,2	8,2	8,2	8,1	8,1	8,1	8,0	8,0	8,0	7,9
9,7	9,7	9,7	9,6	9,6	9,5	9,5	9,5	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3	9,3
11,1	11,1	11,0	11,0	11,0	10,9	10,9	10,8	10,8	10,8	10,7	10,7	10,6	10,6
12,5	12,5	12,4	12,4	12,3	12,3	12,2	12,2	12,1	12,1	12,1	12,0	12,0	11,9
13,9	13,8	13,8	13,7	13,7	13,6	13,6	13,5	13,5	13,4	13,4	13,3	13,3	13,2
15,3	15,2	15,2	15,1	15,1	15,0	15,0	14,9	14,8	14,8	14,7	14,7	14,6	14,6
16,7	16,6	16,6	16,5	16,4	16,4	16,4	16,3	16,2	16,1	16,1	16,0	16,0	15,9
18,1	18,0	17,9	17,9	17,8	17,7	16,7	17,6	17,5	17,5	17,4	17,3	17,3	17,2
19,5	19,4	19,3	19,2	19,2	19,1	19,0	19,0	18,9	18,8	18,8	18,7	18,6	18,5
20,8	20,8	20,7	20,6	20,5	20,5	20,4	20,3	20,2	20,2	20,1	20,0	19,9	19,9
22,2	22,2	22,1	22,0	21,9	21,8	21,8	21,7	21,6	21,5	21,4	21,4	21,3	21,2
23,6	23,5	23,5	23,4	23,3	23,2	23,1	23,0	22,9	22,9	22,8	22,7	22,6	22,5
25,0	24,9	24,8	24,7	24,7	24,6	24,5	24,4	24,3	24,2	24,1	24,0	23,9	23,8
26,4	26,3	26,2	26,1	26,0	25,9	25,8	25,7	25,6	25,5	25,5	25,4	25,3	25,2
27,8	27,7	27,6	27,5	27,4	27,3	27,2	27,1	27,0	26,9	26,8	26,7	26,6	26,5
29,2	29,1	29,0	28,9	28,8	28,7	28,6	28,4	28,3	28,2	28,1	28,0	27,9	27,8
30,6	30,5	30,4	30,2	30,1	30,0	29,9	29,8	29,7	29,6	29,5	29,4	29,3	29,1
32,0	31,8	31,7	31,6	31,5	31,4	31,3	31,2	31,0	30,9	30,8	30,7	30,6	30,5
33,4	33,2	33,1	33,0	32,9	32,8	32,6	32,5	32,4	32,3	32,2	32,0	31,9	31,8
34,7	34,6	34,5	34,4	34,2	34,1	34,0	33,9	33,7	33,6	33,5	33,4	33,2	33,1
36,1	36,0	35,9	35,7	35,6	35,5	35,4	35,2	35,1	35,0	34,8	34,7	34,6	34,4
37,5	37,4	37,3	37,1	37,0	36,8	36,7	36,6	36,4	36,3	36,2	36,1	35,9	35,8
38,9	38,8	38,6	38,5	38,4	38,2	38,1	37,9	37,8	37,7	37,5	37,4	37,2	37,1
40,3	40,2	40,0	39,9	39,7	39,6	39,4	39,3	39,1	39,0	38,9	38,7	38,6	38,4
41,7	41,5	41,4	41,2	41,1	40,9	40,8	40,6	40,5	40,3	40,2	40,0	39,9	39,7
43,1	42,9	42,8	42,6	42,5	42,3	42,2	42,0	41,8	41,7	41,5	41,4	41,2	41,1
44,5	44,3	44,2	44,0	43,8	43,7	43,5	43,4	43,2	43,0	42,9	42,7	42,6	42,4
45,9	45,7	45,5	45,4	45,2	45,0	44,9	44,7	44,5	44,4	44,2	44,0	43,9	43,7
47,3	47,1	46,9	46,7	46,6	46,4	46,2	46,1	45,9	45,7	45,6	45,4	45,2	45,0
48,6	48,5	48,3	48,1	47,9	47,8	47,6	47,4	47,2	47,1	46,9	46,7	46,5	46,4
50,0	49,9	49,7	49,5	49,3	49,1	49,0	48,8	48,6	48,4	48,2	48,1	47,9	47,7
51,4	51,2	51,1	50,9	50,7	50,5	50,3	50,1	49,9	49,8	49,6	49,4	49,2	49,0
52,8	52,6	52,4	52,2	52,1	51,9	51,7	51,5	51,3	51,1	50,9	50,7	50,5	50,3
54,2	54,0	53,8	53,6	53,4	53,2	53,0	52,8	52,6	52,4	52,3	52,1	51,9	51,7
55,6	55,4	55,2	55,0	54,8	54,6	54,4	54,0	54,0	53,8	53,6	53,4	53,2	53,0
57,0	56,8	56,6	56,4	56,2	56,0	55,8	55,5	55,3	55,1	54,9	54,7	54,5	54,3
58,4	58,2	58,0	57,7	57,5	57,3	57,1	56,9	56,7	56,5	56,3	56,1	55,9	55,6
59,8	59,5	59,3	59,1	58,9	58,7	58,5	58,3	58,0	57,8	57,6	57,4	57,2	57,0
61,2	60,9	60,7	60,5	60,3	60,1	59,8	59,6	59,4	59,2	59,0	58,7	58,5	58,3
62,5	62,3	62,1	61,9	61,6	61,4	61,2	61,0	60,7	60,5	60,3	60,1	59,8	59,6
63,9	63,7	63,5	63,2	63,0	62,8	62,6	62,3	62,1	61,9	61,6	61,4	61,2	60,9
65,3	65,1	64,9	64,6	64,4	64,1	63,9	63,7	63,4	63,2	63,0	62,7	62,5	62,3
66,7	66,5	66,2	66,0	65,8	65,5	65,3	65,0	64,8	64,6	64,3	64,1	63,8	63,6
68,1	67,9	67,6	67,4	67,1	66,9	66,6	66,4	66,1	65,9	65,7	65,4	65,2	64,9
69,5	69,2	69,0	68,7	68,5	68,2	68,0	67,7	67,5	67,2	67,0	66,7	66,5	66,2
70,9	70,6	70,4	70,1	69,9	69,6	69,4	69,1	68,8	68,6	68,3	68,1	67,8	67,6
72,3	72,0	71,8	71,5	71,2	71,0	70,7	70,5	70,2	69,9	69,7	69,4	69,2	68,9
73,7	73,4	73,1	72,9	72,6	72,3	72,1	71,8	71,5	71,3	71,0	70,7	70,5	70,2
75,1	74,8	74,5	74,2	74,0	73,7	73,4	73,2	72,9	72,6	72,4	72,1	71,8	71,5
76,4	76,2	75,9	75,6	75,3	75,1	74,8	74,5	74,2	74,0	73,7	73,4	73,1	72,9
77,8	77,6	77,3	77,0	76,7	76,4	76,2	75,9	75,6	75,3	75,0	74,8	74,5	74,2
79,2	79,0	78,7	78,4	78,1	77,8	77,5	77,2	76,9	76,7	76,4	76,1	75,8	75,6
80,6	80,3	80,0	79,7	79,5	79,2	78,9	78,6	78,3	78,0	77,7	77,4	77,1	76,8
82,0	81,7	81,4	81,1	80,8	80,5	80,2	79,9	79,6	79,3	79,1	78,8	78,5	78,2
83,4	83,1	82,8	82,2	82,5	81,9	81,6	81,3	81,0	80,7	80,4	80,1	79,8	79,5
84,8	84,5	84,2	83,9	83,6	83,3	83,0	82,6	82,3	82,0	81,7	81,4	81,1	80,8
86,2	85,9	85,6	85,2	84,0	84,6	84,3	84,0	83,7	83,4	83,1	82,8	82,5	82,1
87,6	87,2	86,9	86,5	86,3	86,0	85,7	85,4	85,0	84,7	84,4	84,1	83,8	83,5
89,0	88,6	88,3	88,0	87,7	87,4	87,0	86,7	86,4	86,1	85,8	85,4	85,1	84,8
90,3	90,0	89,7	89,4	89,0	88,7	88,4	88,1	87,7	87,4	87,1	86,8	86,4	86,1

mit dem Soleil'schen Apparat nach Clerget.

Zeichnungen, letztere gemacht bei der Temperatur von

24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	Grade ob. Gew. Proc. A.	1 Liter enthält Gram. B.
1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1	1,64
2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,6	2	3,29
4,0	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3	4,94
5,3	5,3	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	4	6,58
6,6	6,6	6,5	6,5	6,5	6,5	6,4	6,4	6,4	6,4	6,3	6,3	5	8,23
7,9	7,9	7,9	7,8	7,8	7,8	7,7	7,7	7,7	7,7	7,6	7,6	6	9,88
9,2	9,2	9,2	9,1	9,1	9,1	9,0	9,0	9,0	8,9	8,9	8,8	7	11,52
10,6	10,5	10,5	10,4	10,4	10,4	10,3	10,3	10,2	10,2	10,2	10,1	8	13,17
11,9	11,8	11,8	11,7	11,7	11,7	11,6	11,6	11,5	11,5	11,4	11,4	9	14,82
13,2	13,1	13,1	13,0	13,0	12,9	12,9	12,8	12,8	12,7	12,7	12,6	10	16,47
14,5	14,5	14,4	14,3	14,3	14,2	14,2	14,1	14,1	14,0	14,0	13,9	11	18,11
15,8	15,8	15,7	15,7	15,6	15,5	15,5	15,4	15,4	15,3	15,2	15,2	12	19,76
17,2	17,1	17,0	17,0	16,9	16,8	16,8	16,7	16,6	16,6	16,5	16,4	13	21,41
18,5	18,4	18,3	18,3	18,2	18,1	18,1	18,0	17,9	17,8	17,8	17,7	14	23,05
19,8	19,7	19,6	19,6	19,5	19,4	19,3	19,3	19,2	19,1	19,0	19,0	15	24,70
21,1	21,0	21,0	20,9	20,8	20,7	20,6	20,6	20,5	20,4	20,3	20,2	16	26,35
22,4	22,3	22,3	22,2	22,1	22,0	21,9	21,8	21,7	21,7	21,6	21,5	17	28,00
23,8	23,7	23,6	23,5	23,4	23,3	23,2	23,1	23,0	22,9	22,9	22,8	18	29,64
25,1	25,0	24,9	24,8	24,7	24,6	24,5	24,4	24,3	24,2	24,1	24,0	19	31,29
26,4	26,3	26,2	26,1	26,0	25,9	25,8	25,7	25,6	25,5	25,4	25,3	20	32,94
27,7	27,6	27,5	27,4	27,3	27,2	27,1	27,0	26,9	26,8	26,7	26,6	21	34,58
29,0	28,9	28,8	28,7	28,6	28,5	28,4	28,3	28,2	28,0	27,9	27,8	22	36,23
30,4	30,2	30,1	30,0	29,9	29,8	29,7	29,5	29,5	29,3	29,2	29,1	23	37,88
31,7	31,6	31,4	31,3	31,2	31,1	30,9	30,8	30,7	30,6	30,5	30,4	24	39,53
33,0	32,9	32,7	32,6	32,5	32,4	32,2	32,1	32,0	31,9	31,7	31,6	25	41,17
34,3	34,2	34,1	33,9	33,8	33,7	33,5	33,4	33,3	33,1	33,0	32,9	26	42,82
35,6	35,5	35,4	35,2	35,1	35,0	34,8	34,7	34,6	34,4	34,3	34,1	27	44,47
37,0	36,8	36,7	36,5	36,4	36,3	36,1	36,0	35,8	35,7	35,6	35,4	28	46,11
38,3	38,1	38,0	37,8	37,7	37,5	37,4	37,3	37,1	37,0	36,8	36,7	29	47,76
39,6	39,4	39,3	39,1	39,0	38,8	38,7	38,5	38,4	38,2	38,1	37,9	30	49,41
40,9	40,8	40,6	40,4	40,3	40,1	39,9	39,8	39,7	39,5	39,4	39,2	31	51,06
42,2	42,1	41,9	41,8	41,6	41,4	41,3	41,1	41,0	40,8	40,6	40,5	32	52,70
43,6	43,4	43,2	43,1	42,9	42,7	42,6	42,4	42,2	42,1	41,9	41,7	33	54,35
44,9	44,7	44,5	44,4	44,2	44,0	43,9	43,7	43,5	43,3	43,2	43,0	34	56,00
46,2	46,0	45,8	45,7	45,5	45,3	45,1	45,0	44,8	44,6	44,4	44,3	35	57,64
47,5	47,3	47,2	47,0	46,8	46,6	46,4	46,3	46,1	45,9	45,7	45,5	36	59,29
48,8	48,6	48,5	48,3	48,1	47,9	47,7	47,5	47,4	47,2	47,0	46,8	37	60,94
50,2	50,0	49,8	49,6	49,4	49,2	49,0	48,8	48,7	48,5	48,3	48,1	38	62,58
51,5	51,3	51,1	50,9	50,7	50,5	50,3	50,1	49,9	49,7	49,5	49,3	39	64,23
52,8	52,6	52,4	52,2	52,0	51,8	51,6	51,4	51,2	51,0	50,8	50,6	40	65,88
54,1	53,9	53,7	53,5	53,3	53,1	52,9	52,7	52,5	52,3	52,1	51,9	41	67,53
55,4	55,2	55,0	54,8	54,6	54,4	54,2	54,0	53,8	53,5	53,3	53,1	42	69,17
56,8	56,5	56,3	56,1	55,9	55,7	55,5	55,2	55,0	54,8	54,6	54,4	43	70,82
58,1	57,9	57,6	57,4	57,2	57,0	56,8	56,5	56,3	56,1	55,9	55,7	44	72,47
59,4	59,2	58,9	58,7	58,5	58,3	58,0	57,8	57,6	57,4	57,1	56,9	45	74,11
60,7	60,5	60,3	60,0	59,8	59,6	59,3	59,1	58,9	58,6	58,4	58,2	46	75,76
62,0	61,8	61,6	61,3	61,1	60,9	60,6	60,4	60,2	59,9	59,7	59,4	47	77,41
63,4	63,1	62,9	62,6	62,4	62,2	61,9	61,7	61,4	61,2	61,0	60,7	48	79,06
64,7	64,4	64,2	63,9	63,7	63,4	63,2	63,0	62,7	62,5	62,2	62,0	49	80,70
66,0	65,7	65,5	65,2	65,0	64,7	64,5	64,2	64,0	63,7	63,5	63,2	50	82,35
67,3	67,1	66,8	66,5	66,3	66,0	65,8	65,5	65,3	65,0	64,8	64,5	51	84,00
68,6	68,4	68,1	67,9	67,6	67,3	67,1	66,8	66,6	66,3	66,0	65,8	52	85,64
70,0	69,7	69,4	69,2	68,9	68,6	68,4	68,1	67,8	67,6	67,3	67,0	53	87,29
71,3	71,0	70,7	70,5	70,2	69,9	69,7	69,4	69,1	68,8	68,6	68,3	54	88,94
72,6	72,3	72,0	71,8	71,5	71,2	70,9	70,7	70,4	70,1	69,8	69,6	55	90,59
73,9	73,6	73,4	73,1	72,8	72,5	72,2	72,0	71,7	71,4	71,1	70,8	56	92,23
75,2	74,9	74,7	74,4	74,1	73,8	73,5	73,2	73,0	72,7	72,4	72,1	57	93,88
76,6	76,3	76,0	75,7	75,4	75,1	74,8	74,5	74,2	73,9	73,7	73,4	58	95,53
77,9	77,6	77,3	77,0	76,7	76,4	76,1	75,8	75,5	75,2	74,9	74,6	59	97,17
79,2	78,9	78,6	78,3	78,0	77,7	77,4	77,1	76,8	76,5	76,2	75,9	60	98,82
80,5	80,2	79,9	79,6	79,3	79,0	78,7	78,4	78,1	77,8	77,5	77,2	61	100,47
81,8	81,5	81,2	80,9	80,6	80,3	80,0	79,7	79,4	79,0	78,7	78,4	62	102,12
83,2	82,8	82,5	82,2	81,9	81,6	81,3	80,9	80,6	80,3	80,0	79,7	63	103,76
84,5	84,2	83,8	83,5	83,2	82,9	82,6	82,2	81,9	81,6	81,3	81,0	64	105,41
85,8	85,5	85,1	84,8	84,5	84,2	83,8	83,5	83,2	82,9	82,5	82,2	65	107,06

Tabelle zur Analyse zuckerhaltiger Substanzen

Summen und Differenzen der directen und umgekehrten Auf-

10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°
91,7	91,4	91,1	90,7	90,4	90,1	89,8	89,4	89,1	88,8	88,4	88,1	87,8	87,4
93,1	92,8	92,5	92,1	91,8	91,4	91,1	90,8	90,4	90,1	89,8	89,4	89,1	88,8
94,5	94,2	93,8	93,5	93,2	92,8	92,5	92,1	91,8	91,5	91,1	90,8	90,4	90,1
95,9	95,6	95,2	94,9	94,5	94,1	93,8	93,5	93,1	92,8	92,5	92,1	91,8	91,4
97,3	96,9	96,6	96,2	95,9	95,5	95,2	94,8	94,5	94,1	93,8	93,4	93,1	92,7
98,7	98,3	98,0	97,6	97,3	96,9	96,6	96,2	95,8	95,5	95,1	94,8	94,4	94,1
100,1	99,7	99,4	99,0	98,6	98,3	97,9	97,6	97,2	96,8	96,5	96,1	95,8	95,4
101,5	101,1	100,7	100,4	100,0	99,6	99,3	98,9	98,5	98,2	97,8	97,4	97,1	96,7
102,9	102,5	102,1	101,7	101,4	101,0	100,6	100,3	99,9	99,5	99,2	98,8	98,4	98,0
104,2	103,9	103,5	103,1	102,7	102,4	102,0	101,6	101,2	100,9	100,5	100,1	99,7	99,4
105,6	105,3	104,9	104,5	104,1	103,7	103,4	103,0	102,6	102,2	101,8	101,5	101,1	100,7
107,0	106,6	106,3	105,9	105,5	105,1	104,7	104,3	103,9	103,6	103,2	102,8	102,4	102,0
108,4	108,0	107,6	107,2	106,9	106,5	106,1	105,7	105,3	104,9	104,5	104,1	103,7	103,3
109,8	109,4	109,0	108,9	108,2	107,8	107,4	107,0	106,6	106,2	105,9	105,5	105,1	104,7
111,2	110,8	110,4	110,0	109,6	109,2	108,8	108,4	108,0	107,6	107,2	106,8	106,4	106,0
112,6	112,2	111,8	111,4	111,0	110,6	110,2	109,7	109,3	108,9	108,5	108,1	107,7	107,3
114,0	113,6	113,2	112,7	112,3	111,9	111,5	111,1	110,7	110,3	109,9	109,5	109,1	108,6
115,4	114,9	114,5	114,1	113,7	113,3	112,9	112,5	112,0	111,6	111,2	110,8	110,4	110,0
116,8	116,3	115,9	115,5	115,1	114,7	114,2	113,8	113,4	113,0	112,6	112,1	111,7	111,3
118,1	117,7	117,3	116,9	116,4	116,0	115,6	115,2	114,7	114,3	113,9	113,5	113,0	112,6
119,5	119,1	118,7	118,2	117,8	117,4	117,0	116,5	116,1	115,7	115,2	114,8	114,4	113,9
120,9	120,5	120,1	119,6	119,2	118,7	118,3	117,9	117,4	117,0	116,6	116,1	115,7	115,3
122,3	121,9	121,4	121,0	120,6	120,1	119,2	119,2	118,8	118,4	117,9	117,5	117,0	116,6
123,7	123,2	122,8	122,4	121,9	121,5	121,0	120,6	120,1	119,7	119,3	118,8	118,4	117,9
125,1	124,6	124,2	123,7	123,3	122,8	122,4	121,9	121,5	121,0	120,6	120,1	119,7	119,2
126,5	126,0	125,6	125,1	124,7	124,2	123,8	123,3	122,8	122,4	121,9	121,5	121,0	120,6
127,9	127,4	127,0	126,5	126,0	125,6	125,1	124,7	124,2	123,7	123,3	122,8	122,4	121,9
129,3	128,8	128,3	127,9	127,4	126,9	126,5	126,0	125,5	125,1	124,6	124,1	123,7	123,2
130,7	130,2	129,7	129,2	128,8	128,3	127,8	127,4	126,9	126,4	126,0	125,5	125,0	124,5
132,0	131,6	131,1	130,6	130,1	129,7	129,2	128,7	128,2	127,8	127,3	126,8	126,3	125,9
133,4	133,0	132,5	132,0	131,5	131,0	130,6	130,1	129,6	129,1	128,6	128,2	127,7	127,2
134,8	134,3	133,9	133,4	132,9	132,4	131,9	131,4	130,9	130,5	130,0	129,5	129,0	128,5
136,2	135,7	135,2	134,7	134,3	133,8	133,3	132,8	132,3	131,8	131,3	130,8	130,3	129,8
137,6	137,1	136,6	136,1	135,6	135,1	134,6	134,1	133,6	133,1	132,7	132,2	131,7	131,2
139,0	138,5	138,0	137,5	137,0	136,5	136,0	135,5	135,0	134,5	134,0	133,5	133,0	132,5
140,4	139,9	139,4	138,9	138,4	137,9	137,4	136,8	136,3	135,8	135,3	134,8	134,3	133,8
141,8	141,3	140,8	140,2	139,7	139,2	138,7	138,2	137,7	137,2	136,7	136,2	135,7	135,1
143,2	142,6	142,1	141,6	141,1	140,6	140,1	139,6	139,0	138,5	138,0	137,5	137,0	136,5
144,6	144,0	143,7	143,0	142,5	142,0	141,4	140,9	140,4	139,9	139,4	138,8	138,3	137,8
145,9	145,4	144,9	144,4	143,8	143,3	142,8	142,3	141,7	141,2	140,7	140,2	139,6	139,1
147,3	146,8	146,3	145,7	145,2	144,7	144,2	143,6	143,1	142,6	142,0	141,5	141,0	140,5
148,7	148,2	147,7	147,1	146,6	146,0	145,5	145,0	144,5	143,9	143,4	142,8	142,3	141,8
150,1	149,6	149,0	148,5	148,0	147,4	146,9	146,3	145,8	145,3	144,7	144,2	143,6	143,1
151,5	151,0	150,4	149,9	149,3	148,8	148,2	147,7	147,1	146,6	146,1	145,5	145,0	144,4
152,9	152,3	151,8	151,2	150,7	150,1	149,6	149,0	148,5	147,9	147,4	146,8	146,3	145,7
154,3	153,7	153,2	152,6	152,1	151,5	151,0	150,4	149,8	149,3	148,7	148,2	147,6	147,1
155,7	155,1	154,6	154,0	153,4	152,9	152,2	151,8	151,2	150,6	150,1	149,5	149,0	148,4
157,1	156,5	155,9	155,4	154,8	154,2	153,7	153,1	152,5	152,0	151,4	150,8	150,3	149,7
158,5	157,9	157,3	156,7	156,2	155,6	155,0	154,5	153,9	153,3	152,8	152,2	151,6	151,0
159,9	159,3	158,7	158,1	157,5	157,0	156,4	155,8	155,2	154,7	154,1	153,5	152,9	152,4
161,2	160,6	160,1	159,5	158,9	158,3	157,8	157,2	156,6	156,0	155,4	154,9	154,3	153,7
162,6	162,0	161,5	160,9	160,3	159,7	159,0	158,5	157,9	157,4	156,9	156,2	155,6	155,0
164,0	163,4	162,8	162,2	161,7	161,1	160,5	159,9	159,3	158,7	158,1	157,5	156,9	156,3
165,4	164,8	164,2	163,6	163,0	162,4	161,8	161,2	160,6	160,0	159,5	158,9	158,3	157,7
166,8	166,2	165,6	165,0	164,4	163,8	163,2	162,6	162,0	161,4	160,8	160,2	159,6	159,0
168,2	167,6	167,0	166,4	165,8	165,2	164,6	163,9	163,3	162,7	162,1	161,5	160,9	160,3
169,6	169,0	168,4	167,7	167,1	166,5	165,9	165,3	164,7	164,1	163,5	162,9	162,3	161,6
171,0	170,3	169,7	169,1	168,5	167,9	167,3	166,7	166,0	165,4	164,8	164,2	163,6	163,0
172,4	171,7	171,1	170,5	169,9	169,3	168,6	168,0	167,4	166,8	166,2	165,5	164,9	164,3
173,7	173,1	172,5	171,9	171,2	170,6	170,0	169,4	168,7	168,1	167,5	166,9	166,2	165,6
175,1	174,5	173,9	173,2	172,6	172,0	171,4	170,7	170,1	169,5	168,8	168,2	167,6	166,8
176,5	175,9	175,3	174,6	174,0	173,3	172,7	172,1	171,4	170,8	170,2	169,5	168,9	168,3
177,9	177,3	176,6	176,0	175,4	174,7	174,1	173,4	172,8	172,2	171,5	170,9	170,2	169,6
179,3	178,7	178,0	177,4	176,7	176,1	175,4	174,8	174,1	173,5	172,9	172,2	171,6	170,9
180,7	180,0	179,4	178,7	178,1	177,4	176,8	176,1	175,5	174,8	174,2	173,5	172,9	172,2

mit dem Soleil'schen Apparat nach Clerget. (Schluß.)

zeichnungen, letztere gemacht bei der Temperatur von

24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	Grade ob. Gew.- Proc. A.	1 Liter enthält Gramm. B.
87,1	86,8	86,5	86,1	85,8	85,5	85,1	84,8	84,5	84,1	83,8	83,5	66	108,70
88,4	88,1	87,8	87,4	87,1	86,8	86,4	86,1	85,8	85,4	85,1	84,8	67	110,35
89,8	89,4	89,1	88,7	88,4	88,1	87,7	87,4	87,0	86,7	86,4	86,0	68	112,00
91,1	90,7	90,4	90,0	89,7	89,3	89,0	88,7	88,3	88,0	87,6	87,3	69	113,64
92,4	92,0	91,7	91,3	91,0	90,6	90,3	89,9	89,6	89,2	88,9	88,5	70	115,29
93,7	93,4	93,0	92,6	92,3	91,9	91,6	91,2	90,9	90,5	90,2	89,8	71	116,94
95,0	94,7	94,3	94,0	93,6	93,2	92,9	92,5	92,2	91,8	91,4	91,1	72	118,59
96,4	96,0	95,6	95,3	94,9	94,5	94,2	93,8	93,4	93,1	92,7	92,3	73	120,23
97,7	97,3	96,9	96,6	96,2	95,8	95,5	95,1	94,7	94,3	94,0	93,6	74	121,88
99,0	98,6	98,2	97,9	97,5	97,1	96,7	96,4	96,0	95,6	95,2	94,9	75	123,53
100,3	99,9	99,6	99,2	98,8	98,4	98,0	97,7	97,3	96,9	96,5	96,1	76	125,17
101,6	101,2	100,9	100,5	100,1	99,7	99,3	98,9	98,6	98,2	97,8	97,4	77	126,82
103,0	102,6	102,2	101,8	101,4	101,0	100,6	100,2	99,8	99,4	99,1	98,7	78	128,47
104,3	103,9	103,5	103,1	102,7	102,3	101,9	101,5	101,1	100,7	100,3	99,9	79	130,12
105,6	105,2	104,8	104,4	104,0	103,6	103,2	102,8	102,4	102,0	101,6	101,2	80	131,76
106,9	106,5	106,1	105,7	105,3	104,9	104,6	104,1	103,7	103,2	102,9	102,5	81	133,41
108,2	107,8	107,4	107,0	106,6	106,2	105,9	105,4	105,0	104,5	104,1	103,7	82	135,06
109,6	109,1	108,7	108,3	107,9	107,5	107,2	106,6	106,2	105,8	105,4	105,0	83	136,70
110,9	110,5	110,0	109,6	109,2	108,8	108,5	107,9	107,5	107,1	106,7	106,3	84	138,35
112,2	111,8	111,3	110,9	110,5	110,1	109,7	109,2	108,8	108,4	107,9	107,5	85	140,00
113,5	113,1	112,7	112,2	111,8	111,4	111,0	110,5	110,1	109,6	109,2	108,8	86	141,65
114,8	114,4	114,0	113,5	113,1	112,7	112,3	111,8	111,4	110,9	110,5	110,0	87	143,29
116,2	115,7	115,3	114,8	114,4	114,0	113,6	113,1	112,6	112,2	111,8	111,3	88	144,94
117,5	117,0	116,6	116,1	115,7	115,2	114,9	114,4	113,9	113,5	113,0	112,6	89	146,59
118,8	118,3	117,9	117,4	117,0	116,5	116,2	115,6	115,2	114,7	114,3	113,9	90	148,23
120,1	119,7	119,2	118,7	118,3	117,8	117,5	116,9	116,5	116,0	115,6	115,1	91	149,88
121,4	121,0	120,5	120,1	119,6	119,1	118,8	118,2	117,8	117,3	116,8	116,4	92	151,53
122,8	122,3	121,8	121,4	120,9	120,4	120,1	119,5	119,0	118,6	118,1	117,6	93	153,18
124,1	123,6	123,1	122,7	122,2	121,7	121,4	120,8	120,3	119,8	119,4	118,9	94	154,82
125,4	124,9	124,4	124,0	123,5	123,0	122,6	122,1	121,6	121,1	120,6	120,2	95	156,47
126,7	126,2	125,8	125,3	124,8	124,3	123,9	123,4	122,9	122,4	121,9	121,4	96	158,12
128,0	127,5	127,1	126,6	126,1	125,6	125,2	124,6	124,2	123,7	123,2	122,7	97	159,76
129,4	128,9	128,4	127,9	127,4	126,9	126,5	125,9	125,4	124,9	124,5	124,0	98	161,41
130,7	130,2	129,7	129,2	128,7	128,2	127,8	127,2	126,7	126,2	125,7	125,2	99	163,06
132,0	131,5	131,0	130,5	130,0	129,5	129,0	128,5	128,0	127,5	127,0	126,5	100	164,71
133,3	132,8	132,3	131,8	131,3	130,8	130,3	129,8	129,3	128,8	128,3	127,8	101	166,35
134,6	134,1	133,6	133,1	132,6	132,1	131,6	131,1	130,6	130,0	129,5	129,0	102	168,00
136,0	135,4	134,9	134,4	133,9	133,4	132,9	132,3	131,8	131,3	130,8	130,3	103	169,65
137,3	136,8	136,2	135,7	135,2	134,7	134,2	133,6	133,1	132,6	132,1	131,6	104	171,29
138,6	138,1	137,5	137,0	136,5	136,0	135,4	134,9	134,4	133,9	133,3	132,8	105	172,94
139,9	139,4	138,9	138,3	137,8	137,3	136,7	136,2	135,7	135,1	134,6	134,1	106	174,59
141,2	140,7	140,2	139,6	139,1	138,6	138,0	137,5	137,0	136,4	135,9	135,3	107	176,23
142,6	142,0	141,5	140,9	140,4	139,9	139,3	138,8	138,2	137,7	137,2	136,6	108	177,88
143,9	143,3	142,8	142,2	141,7	141,1	140,6	140,1	139,5	139,0	138,4	137,9	109	179,53
145,2	144,6	144,1	143,5	143,0	142,4	141,9	141,3	140,8	140,2	139,7	139,1	110	181,18
146,5	146,0	145,4	144,8	144,3	143,7	143,2	142,6	142,1	141,5	141,0	140,4	111	182,82
147,8	147,3	146,7	146,2	145,6	145,0	144,5	143,9	143,4	142,8	142,2	141,7	112	184,47
149,2	148,6	148,0	147,5	146,9	146,3	145,8	145,2	144,6	144,1	143,5	142,9	113	186,12
150,5	149,9	149,3	148,8	148,2	147,6	147,1	146,5	145,9	145,3	144,8	144,2	114	187,76
151,8	151,2	150,6	150,1	149,5	148,9	148,3	147,8	147,2	146,6	146,0	145,5	115	189,41
153,1	152,5	152,0	151,4	150,8	150,2	149,6	149,1	148,5	147,9	147,3	146,7	116	191,06
154,4	153,8	153,3	152,7	152,1	151,5	150,9	150,3	149,8	149,2	148,6	148,0	117	192,71
155,8	155,2	154,6	154,0	153,4	152,8	152,2	151,6	151,0	150,4	149,9	149,3	118	194,35
157,1	156,5	155,9	155,3	154,7	154,1	153,5	152,9	152,3	151,7	151,1	150,5	119	196,00
158,4	157,8	157,2	156,6	156,0	155,4	154,8	154,2	153,6	153,0	152,4	151,8	120	197,65
159,7	159,1	158,5	157,9	157,3	156,7	156,1	155,5	154,9	154,3	153,7	153,1	121	199,29
161,0	160,4	159,8	159,2	158,6	158,0	157,4	156,8	156,2	155,5	154,9	154,3	122	200,94
162,4	161,7	161,1	160,5	159,9	159,3	158,7	158,0	157,4	156,8	156,2	155,6	123	202,59
163,7	163,1	162,4	161,8	161,2	160,6	160,0	159,3	158,7	158,1	157,5	156,9	124	204,24
165,0	164,4	163,7	163,1	162,5	161,9	161,2	160,6	160,0	159,4	158,7	158,1	125	205,88
166,3	165,7	165,1	164,4	163,8	163,2	162,5	161,9	161,3	160,6	160,0	159,4	126	207,53
167,6	167,0	166,4	165,7	165,1	164,5	163,8	163,2	162,6	161,9	161,3	160,6	127	209,18
169,0	168,3	167,7	167,0	166,4	165,8	165,1	164,5	163,8	163,2	162,6	161,9	128	210,82
170,3	169,6	169,0	168,3	167,7	167,0	166,4	165,8	165,1	164,6	163,8	163,2	129	212,47
171,6	170,9	170,3	169,6	169,0	168,3	167,7	167,0	166,4	165,7	165,1	164,4	130	214,12