

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 11 (1920)

Heft: 4

Artikel: Ueber titrimetrische Bestimmung mehrerer Zucker neben einander

Autor: Fellenberg, Th. von / Schaffer, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-984226>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

MITTEILUNGEN
AUS DEM GEBIETE DER
LEBENSMITTELUNTERSUCHUNG UND HYGIENE
VERÖFFENTLICHT VOM EIDG. GESUNDHEITSAMT
TRAVAUX DE CHIMIE ALIMENTAIRE
ET D'HYGIÈNE

PUBLIÉS PAR LE SERVICE FÉDÉRAL DE L'HYGIÈNE PUBLIQUE

ABONNEMENT: Schweiz Fr. 10. — per Jahrgang. — Suisse fr. 10. — par année.
Preis einzelner Hefte Fr. 1. 80. — Prix des fascicules fr. 1. 80.

BAND XI

1920

HEFT 4

Ueber titrimetrische Bestimmung mehrerer Zucker neben einander.¹⁾

Von Th. von FELLEBERG.

(Aus dem Laboratorium des Eidg. Gesundheitsamtes, Vorstand: F. Schaffer.)

Als ich vor 7 Jahren die Ehre hatte, vor Ihnen über die Praxis der Zuckerbestimmung nach Allihn zu sprechen, wies ich unter anderm darauf hin, dass es wünschenswert wäre, die gebräuchlichen Kupfer-Seignette-lösungen durch eine neue, möglichst wenig alkalische Lösung zu ersetzen²⁾ im Hinblick darauf, dass bei Gegenwart von viel Rohrzucker mit einer stark alkalischen Lösung stets etwas zu hohe Resultate erhalten werden. Immerhin war dieses Argument allein nicht stichhaltig genug, um wirklich daran zu gehen, zu der neuen Lösung nun für die verschiedenen Zuckerarten neue Tabellen auszuarbeiten. Ich wollte das lieber auf einen Zeitpunkt versparen, wo es mir gelingen würde, ein anderes Ziel zu erreichen, welches mir schon lange vorschwebte, nämlich mehrere Zucker neben einander in der gleichen Lösung zu bestimmen.

Ich will nicht des Genaueren ausführen, was in dieser Beziehung bereits gemacht worden ist, sondern mich mit einigen Andeutungen begnügen. Der einfachste Fall, die Bestimmung von Rohrzucker und Invertzucker neben einander, ist Ihnen allen ja längst geläufig. Sie wissen aber auch, dass bei der Bestimmung von Milchzucker neben Rohrzucker die Verhältnisse sich bereits komplizieren und die Berechnung schon umständlicher wird. Noch schwieriger wird die Sache, sobald 2 direkt reduzierende Zucker neben einander bestimmt werden sollen. Hier kommt man mit Fehling'scher Lösung allein nicht mehr aus, wohl aber lässt sich in gewissen Fällen durch kombinierte Titration mit Fehling'scher und mit Sachse'scher Lösung, einer al-

¹⁾ Vortrag, in sehr abgekürzter Form gehalten am 19. Juni 1920 an der Jahresversammlung des Schweizer. Vereins analytischer Chemiker in Interlaken.

²⁾ Diese Mitteilungen, 1913, 4, 246.

kalischen Quecksilberlösung¹⁾, etwas erreichen. Je 1 cm³ Fehling'scher Lösung entspricht bei den verschiedenen Zuckerarten folgenden Mengen Sachse'scher Lösung:

Bei Invertzucker	Traubenzucker	Milchzucker	Maltose
1,86	1,44	1,45	1,54

Am besten eignet sich diese Kombination somit zur Bestimmung von Invertzucker bzw. von Fruchtzucker neben Traubenzucker oder neben Milchzucker und Maltose, während sie zur Trennung von Traubenzucker und Milchzucker unbrauchbar ist und auch zur Bestimmung von Maltose neben Traubenzucker oder Milchzucker kein zuverlässiges Resultat geben dürfte. Ich selbst habe keine Erfahrung mit dieser Methode.

Wollen wir nun gar drei Zuckerarten neben einander bestimmen, so stehen uns keine rein chemischen Methoden zur Verfügung; wir sind auf biologische angewiesen, auf fraktionierte Vergärung mit gewissen Organismen, welche den Lebensmittelchemiker nicht direkt zur Verfügung stehen und jedenfalls schwer erhältlich sein werden.

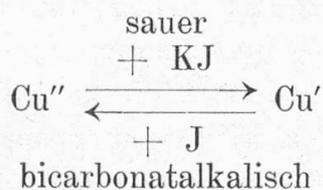
Die Methode, welche ich im Auge hatte, war eine Bestimmung mittelst einer schwach alkoholischen Kupfer-Seignettelösung nach verschiedener Vorbehandlung.

Gravimetrisch zu arbeiten schien mir aus verschiedenen Gründen nicht ratsam. Ausser der Umständlichkeit und der langen Zeitdauer jeder einzelnen Bestimmung fällt auch die Schwierigkeit oder gerade Unmöglichkeit, heutzutage reinen Asbest aufzutreiben, in Betracht.

Ich dachte zuerst, die *de Haën'sche* Titrationsmethode, anlehnend an ihre Modifikation von *Rupp* und *Lehmann*²⁾ anzuwenden, über deren Zuverlässigkeit kürzlich Kollege *Arbenz* in unsern Mitteilungen berichtet hat. Sie beruht darauf, dass nach dem Kochen des Zuckers mit Fehling'scher Lösung KJ und H₂SO₄ zugesetzt wird, wobei das nicht reduzierte Kupfer die entsprechende Menge Jod in Freiheit setzt, welches dann mit Na₂S₂O₃ titriert wird. Das Verfahren beruht also auf einer Rücktitration.

Es schien mir aber doch vorteilhaft, eine direkte Titration des reduzierten Kupfers aufzusuchen. Sie wurde gefunden in der Oxydation des in Lösung gebrachten Kupferoxyduls mit Jod in bicarbonatalkalischer Lösung.

Während nach *de Haën* in saurer Lösung das Cuprijon durch KJ zum Cuprojon reduziert wird, wird hier umgekehrt das Cuprojon durch Jod zum Cuprijon oxydiert.



Das Kupferoxydul lässt sich leicht in Lösung bringen durch schwaches Ansäuern mit HCl und Zusatz einer genügenden Menge gesättigter NaCl-

¹⁾ Vergl. *König*, Chem. d. menschl. Nahr.- u. Genussm., III. Bd., I. Tl., 434.

²⁾ Z. U. N. G., 1919, 37, 162.

Lösung. Darauf setzt man etwas überschüssiges Natriumbicarbonat zu und titriert sogleich mit Jod. Anfänglich entsteht, ausser bei sehr geringen Zuckermengen, ein weisslicher Niederschlag von Cuprojodid, welcher im Verlauf der Titration verschwindet, so dass schliesslich eine vollständig klare, grüne Lösung entsteht. Grün ist die Lösung durch Kombination der blauen Kupferlösung mit der braunen Jodlösung; denn wir haben absichtlich übertitriert. Nun setzen wir etwas Stärkelösung hinzu, titrieren mit $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ auf hellblau und fügen noch einige Tropfen Jodlösung hinzu bis zum endgültigen Umschlag nach dunkelblau. Die Titration ist absolut scharf. Sie geht sehr rasch vor sich: sie wird sogar absichtlich rasch durchgeführt, damit die Luftoxydation des Cuprosalzes sicher vermieden wird. Man lässt den vollen Strahl aus der Bürrete rinnen, bis der zuerst entstehende weissliche Niederschlag nahezu gelöst ist, schwenkt um und fährt mit dem Zusatz fort bis die Lösung klar ist.

Man arbeitet mit $\frac{n}{20}$ Jod- und Thiosulfatlösungen und verwendet Zuckerlösungen, welche nicht mehr als $\frac{1}{2}\%$ Invertzucker oder Traubenzucker, oder $\frac{3}{4}\%$ Milchzucker oder 1% Malzzucker enthalten, wovon für jede Bestimmung 20 cm^3 , also höchstens $0,1\text{--}0,2\text{ g}$ genommen werden. $0,1\text{ g}$ Zucker entspricht bei Invert- und Traubenzucker ca. 65 cm^3 Jodlösung, bei Milchzucker ca. 37 und bei Malzzucker ca. 29 cm^3 .

Die Kupfer-Seignettelösung wurde durch viele Versuche ausprobiert. Man suchte nicht mehr Alkali zu verwenden, als nötig und doch genügend, um die bei der Reaktion aus dem Zucker entstehenden Säuren auch bei den höchsten bei der gegebenen Kupfermenge anwendbaren Zuckergehalten zu binden. Ein Teil des kaustischen Alkalis wurde durch Carbonat ersetzt, um die Hydroxyljonenkonzentration möglichst herabzudrücken. Die Kupferlösung enthält 50 g Kupfervitriol im Liter, die Seignettelösung 175 g Seignettesalz, 25 g Na_2CO_3 und 15 g NaOH .

Für die Bereitung der letztern Lösung löst man am besten das Seignettesalz und das Na_2CO_3 zusammen oder getrennt in einem Teil des Wassers, filtriert in einen Literkolben, wäscht das Filter nach und fügt die berechnete Menge ca. 50% iger Natronlauge hinzu, welche man sich durch Lösen von reinem NaOH in derselben Menge Wasser und Sedimentieren der Lösung während einiger Tage bereitet hat und füllt zur Marke auf. Die konzentrierte NaOH , welche ja in manchen Laboratorien zur Herstellung der Normallauge vorrätig gehalten wird, hat bekanntlich den Vorzug, karbonatfrei zu sein, da das Na_2CO_3 in der starken Lauge unlöslich ist.

Die niedere Alkalität unserer Lösung erfordert natürlich, dass die verwendeten Zuckerlösungen möglichst genau neutral sind.

Bei jeder Bestimmung werden 20 cm^3 Kupferlösung, 20 cm^3 Seignettelösung und 20 cm^3 Wasser in einem enghalsigen Erlenmeyerkolben von ca. 240 cm^3 Inhalt und einem innern Durchmesser des Halses von 2 cm unter Zusatz einiger Siedesteinchen zum Sieden erhitzt, 20 cm^3 Zuckerlösung zugesetzt, wieder bis zum Sieden erhitzt und nun mit ein wenig herabgeschraubter Flamme

genau 5 Minuten ziemlich lebhaft gekocht, sogleich unter dem Wasserhahn unter Umschwenken $\frac{3}{4}$ —1 Minute lang abgekühlt und gleich titriert.

Die Kochdauer von 5 Minuten wurde gewählt, weil bei allen Zuckern gleich lang erhitzt werden sollte und weil 2 Minuten für Milchzucker und Malzzucker etwas wenig ist.

Da die Kupfer-Seignettlösung eine gewisse Selbstreduktion zeigt, vielleicht infolge von geringen Verunreinigungen, wird ein für allemal ein blinder Versuch vorgenommen. Bei unsern Reagentien machte derselbe stets $0,35 \text{ cm}^3 \frac{n}{20}$ Jodlösung aus. Der Reduktionswert des blinden Versuchs wird von allen Resultaten abgezogen.

Da unsere Lösung so schwach alkalisch gewählt wurde, damit sie auf Rohrzucker nicht einwirke, musste geprüft werden, ob dies nun auch der Fall sei. 2 g Rohrzucker ergaben nach Abzug des blinden Versuchs $0,85 \text{ cm}^3$ Jodlösung. Obschon der Zucker in schönen, grossen Kristallen vorlag, war es nicht unmöglich, dass er irgend eine reduzierende Verunreinigung, vielleicht Invertzucker, enthielt. Man kristallisierte ihn deshalb aus starkem Alkohol um und wiederholte die Bestimmung mit 1 g. Das Resultat war $0,4 \text{ cm}^3 \frac{n}{20}$ Jodlösung. Der Zucker war somit rein gewesen und die Reduktion kommt der Saccharose selbst zu. Die $0,4 \text{ cm}^3$ Jodlösung entsprechen $0,68 \text{ mg}$ Invertzucker oder $0,65 \text{ mg}$ Rohrzucker. Auf 100 Teile Rohrzucker sind somit $0,065$ Teile invertiert worden, eine geringe Menge, die wohl auch in Mischungen mit andern Zuckern vernachlässigt werden darf. Zudem liegen die Verhältnisse bei allen Mischungen günstiger, da durch den direkt reduzierenden Zucker sehr schnell ein Teil des Alkalis verbraucht wird und der Rest dann kaum mehr deutlich auf den Rohrzucker einwirken wird, besonders, wenn man die Zuckermenge so gross wählt, dass der grösste Teil des Kupfers reduziert wird. Bei Mischungen von Rohrzucker mit direkt reduzierenden Zuckern konnte ich auch tatsächlich keinen Einfluss des Rohrzuckers feststellen. Unsere Lösung erfüllt somit die Forderung, auf Rohrzucker praktisch nicht einzuwirken.

Ich habe nun für die gebräuchlichsten Zuckerarten, Invertzucker, Traubenzucker, Milchzucker und Malzzucker den Jodverbrauch bei verschiedenen Gehalten festgestellt, in Kurven eingetragen und daraus eine Tabelle berechnet (siehe Seite 150—153).

Die Zucker wurden aus verschieden starkem Alkohol umkristallisiert und bei 100° getrocknet. Rohrzucker und Traubenzucker sind wasserfrei, Milchzucker und Malzzucker enthalten je 1 Molekül Kristallwasser. Es bietet nun weiter keine Schwierigkeiten, den einen oder andern dieser Zucker nach unserer Methode zu bestimmen.

Wenn wir eine Mischung von mehreren Zuckern haben, nehmen wir ausser der direkten Bestimmung eine solche nach einer schwachen und oft auch nach einer starken Inversion vor. Die schwache Inversion wird ausgeführt durch Versetzen von 50 cm^3 Zuckerlösung mit genau 1 cm^3 n-HCl in einem 100 cm^3 Kölbchen und Erhitzen in einem siedenden Wasserbad

während einer halben Stunde. Der Kolben muss dabei in das Wasser eintauchen. Um einer Verdunstung und Konzentration der Säure möglichst vorzubeugen, wird ein Trichter aufgesetzt, in welchem ein Glasstäbchen steckt. Nach dem Erhitzen kühlt man ab, neutralisiert mit 1 cm³ n-NaOH und füllt zur Marke auf. Rohrzucker wird unter diesen Umständen vollständig in Invertzucker überführt, Traubenzucker und Fruchtzucker werden nicht angegriffen, Milchzucker wird zum geringen Teil in Traubenzucker und Galactose gespalten, so dass sein Reduktionswert von 1 auf 1,02 steigt; Malzzucker wird etwas mehr hydrolysiert; sein Reduktionswert wird von 1 auf 1,06 erhöht.

Oft sind wir genötigt, auch eine starke Inversion vorzunehmen, eine Inversion, bei welcher Milchzucker und Malzzucker praktisch vollständig in ihre Komponenten gespalten werden. Durch eine Reihe von Versuchen mit steigenden Säuremengen kam ich dazu, diese starke Inversion durchzuführen durch $\frac{3}{4}$ -stündiges Erhitzen der Lösung unter Zusatz von so viel Salzsäure, dass die Lösung daran $\frac{1}{1}$ normal wird, nämlich durch Zusatz von 25 cm³ 3fach normaler HCl auf 50 cm³ Lösung in einem 100 cm³ Kölbchen. Nach dem Abkühlen neutralisiert man vorsichtig mit starker Natronlauge unter Zusatz von Phenolphthalein. Sowie die Rotfärbung eintritt, setzt man sogleich tropfenweise n-HCl zu bis zur Entfärbung, bringt auf 15° und füllt zur Marke auf. Man muss sich dabei bewusst sein, dass NaOH den Zucker, besonders in der Hitze, leicht verändert.

Bei dieser starken Inversion wird der Traubenzucker ein wenig angegriffen, so dass man statt des Wertes 1 nur den Wert 0,992 erhält; Fruchtzucker wird bedeutend mehr zerstört, über 30% davon gehen zu grunde, so dass man für Invertzucker, bezw. Rohrzucker nur noch den Wert 0,838 statt 1 findet. Die Fruchtzucker-, also auch Invertzuckerlösung wird auch im Gegensatz zu den Lösungen der andern Zucker stark gelb gefärbt. Der Reduktionswert des Fruchtzuckers würde noch weiter erniedrigt werden, wenn man die entstandenen gelben, humusartigen Körper mit Blei ausfällen würde, soweit sie fällbar sind. Das wäre an und für sich günstig, weil dadurch der Unterschied zwischen Fruchtzucker und Traubenzucker stärker zum Ausdruck käme; aber leider lässt es sich nicht machen, ohne dass auch bei den andern Zuckern Verluste auftreten. Es wurde deshalb davon abgesehen. Milchzucker erhöht seinen Reduktionswert bei der starken Inversion auf 1,51, Maltose auf 2,16. Der Reduktionswert der Maltose sollte theoretisch auf den des Traubenzuckers steigen; er bleibt etwas darunter, da, wie gesagt, etwas Traubenzucker zerstört wird.

Eine weitere Operation, die wir vornehmen können, ist die Zerstörung der direkt reduzierenden Zucker durch Erhitzen mit verdünnter NaOH, wie ich dies früher bei der Bestimmung von Rohrzucker in Kindermehl angegeben habe.¹⁾ Nach dem Erhitzen reinigt man die Lösung mit Bleiessig, invertiert und bestimmt den Rohrzucker. Diese Methode wandte ich öfters zur Kontrolle an.

¹⁾ Diese Mitteilungen 1912, 3, 327.

Eine weitere Bestimmung, auf die ich einige Hoffnung setzte, war die Reduktion bei der kurzen Einwirkungsdauer von nur einer Minute. Leider musste ich davon wieder absehen, weil es sich herausstellte, dass die kleinsten Differenzen in der Erhitzungsdauer, wohl auch in der Erhitzungstemperatur, wobei Siedeverzüge und Barometerschwankungen eine Rolle spielen mochten, ferner wohl auch Differenzen in der Geschwindigkeit der Abkühlung bereits ungleichmässige Resultate ergaben.

Wir haben nun vier verschiedene Bestimmungsarten zur Verfügung, mit welchen wir unter Umständen theoretisch vier verschiedene Zucker neben einander bestimmen können. Richtige Resultate erhielt ich allerdings nur bei Mischungen von drei Zuckern. Folgende Tabelle gibt uns einen Ueberblick über die Reduktionsfähigkeit der einzelnen Zucker nach den verschiedenen Vorbehandlungen, wobei R, I, T, L, M den Jodverbrauch des Rohrzuckers, Invertzuckers, Traubenzuckers, Milchzuckers, Malzzuckers bedeutet, A, B, C, D die Summe des Jodverbrauchs aller vier, respektiv der gegebenenfalls vorhandenen Zucker bei der direkten Bestimmung (A) oder nach entsprechender Vorbehandlung (B, C, D).

Tab. 1.

	Direkte Bestimmung $\frac{n}{20}$ Jod	Schwache Inversion $\frac{n}{20}$ Jod	Starke Inversion $\frac{n}{20}$ Jod	Zerstörung mit NaOH $\frac{n}{20}$ Jod
Rohrzucker . .	—	R	0,838 R	R
Invertzucker .	I	I	0,838 I	—
Traubenzucker .	T	T	0,992 T	—
Lactose . . .	L	1,02 L	1,51 L	—
Maltose . . .	M	1,06 M	2,16 M	—
	$\leq = A$	$\leq = B$	$\leq = C$	$\leq = D$

Bei allen Zuckermischungen führen wir die direkte Bestimmung aus und wählen daneben die Bestimmung nach schwacher oder nach starker Inversion oder auch beide, je nach Umständen. Wenn wir z. B. eine Mischung von Traubenzucker und Lactose haben, so werden wir neben der direkten Bestimmung die Bestimmung nach der starken Inversion vornehmen. Weil dabei die Reduktion des Traubenzuckers etwas zurückgeht, diejenige des Milchzucker sich um die Hälfte vermehrt, haben wir genügende Unterschiede, um mit Hilfe der Werte A und C die beiden Zucker neben einander zu bestimmen. Wir haben also die Gleichungen:

$$T + L = A$$

$$0,992 T + 1,51 L = C$$

Daraus findet man den Jodverbrauch für die beiden Zucker zu

$$T = \frac{1,51 A - C}{0,518} \text{ und } L = A - T$$

Aus dem Jodverbrauch ergibt sich nun der Zuckergehalt noch nicht so ohne weiteres. Wir müssen zuerst wissen, wie mehrere Zucker neben einander in derselben Lösung reagieren. Dies lässt sich theoretisch voraussehen, wenn wir einen einzelnen Zucker gewissermassen in 2 Komponenten zerlegen. Nehmen wir z. B. an, wir hätten nur Traubenzucker in Lösung und zwar 100 mg. Nach unserer Tabelle (S. 153) entsprechen diese 100 mg = 65,3 cm³ Jodlösung. Wir können auch annehmen, wir hätten zweimal 50 mg Traubenzucker. 50 mg entsprechen laut Tabelle = 32,0 cm³ Jodlösung. Wir wissen nun aber, dass zweimal 50 mg Traubenzucker nicht zweimal 32 = 64 cm³ Jodlösung entsprechen, sondern wie gesagt, 65,3 cm³. Somit entsprechen 50 mg Traubenzucker, wenn sie neben andern 50 mg in Lösung sind, nicht 32, sondern $\frac{65,3}{2} = 32,65$ cm³ Jodlösung. Wir können auch sagen, 50 mg Traubenzucker entsprechen 32,65 cm³ Jodlösung, wenn sie neben einer so grossen Menge irgend eines Zuckers, z. B. Milchezucker, reagieren, dass dadurch ebenfalls 32,65 cm³ Jodlösung verbraucht werden. Wenn wir nun umgekehrt wissen, dass in einer Mischung von Traubenzucker und Milchezucker, deren Gesamtreduktion = 65,3 cm³ ausmacht, der Traubenzuckerreduktion 32,65 cm³ Jodlösung entsprechen, so müssen wir zur Berechnung des Traubenzuckergehaltes in der Zuckertabelle den Traubenzuckerwert des gesamten Jodverbrauchs von 65,3 ablesen, = 100 mg, und nun denjenigen Teil berechnen, welcher dem Partialjodverbrauch 32,65 entspricht. Die Rechnung ergibt $x = \frac{100 \cdot 32,65}{65,3} = 50$ mg Traubenzucker. Auf analoge Weise wäre der Milchezucker zu berechnen. 65,3 Jodlösung = 191,8 mg Milchezucker, somit $x = \frac{191,8 \cdot 32,65}{65,3} = 95,9$ mg Milchezucker.

Wenn wir nach dem oben angegebenen Schema den Gesamtjodverbrauch bei der direkten Bestimmung mit A, den Partialjodverbrauch für Traubenzucker mit T, für Milchezucker mit L, und die dem Gesamtjodverbrauch entsprechende Traubenzuckermenge mit t, die entsprechende Milchezuckermenge mit l bezeichnen, haben wir folgende Gleichungen zur Berechnung der Zuckergehalte:

$$\text{Traubenzucker} = \frac{t \cdot T}{A}, \quad \text{Milchezucker} = \frac{l \cdot L}{A}$$

Wir haben 3 verschiedene Mischungen von Traubenzucker und Milchezucker analysiert. Nebenbei sei erwähnt, dass der hierbei verwendete Traubenzucker nicht ganz rein war, sondern eine kleine Menge Invertzucker enthielt und deshalb nach der starken Inversion die Reduktion 0,978 T statt 0,992 T gab. Demnach ist die Berechnungsformel für den unreinen Traubenzucker in diesem Falle

$$T = \frac{1,51 A - C}{0,523}$$

Wir fanden für Mischungen

	von 80 mg	50 mg	20 mg	Traubenzucker
	und 20 mg	50 mg	80 mg	Milchezucker
die Reduktionswerte	A = 60,5	52,23	44,1	
	C = 63,15	61,73	59,90	

Daraus berechnen sich die Partialreduktionswerte

	T = 53,64	32,76	13,46
	L = 6,86	19,47	30,83
woraus sich ergibt	79,61 mg	50,09 mg	20,34 mg Traubenzucker
	20,17 mg	50,92 mg	79,88 mg Milchzucker

So haben wir auch Mischungen von Traubenzucker und Maltose analysiert. Auch hier wurde ausser der direkten Bestimmung diejenige nach der starken Inversion ausgeführt. Man hat somit die Gleichungen

$$T + M = A \quad \text{und danach die Formeln} \quad T = \frac{2,16 A - D}{1,168}$$

$$0,992 T + 2,16 M = C \quad M = A - T$$

Man fand bei Mischungen

	von 80 mg	50 mg	20 mg Traubenzucker
	und 20 mg	50 mg	80 mg Maltose
die Werte	80,16 mg	51,7 mg	20,5 mg Traubenzucker
	20,18 mg	49,2 mg	80,6 mg Maltose

Bei Mischungen von Rohrzucker, Traubenzucker und Milchzucker wurde ausgeführt die direkte Bestimmung, die Bestimmung nach der schwachen und nach der starken Inversion. Auch hier ist der unreine Traubenzucker verwendet worden, so dass wir die Gleichungen haben

$$T + L = A \quad \text{woraus sich die Formeln ergeben}$$

$$R + T + 1,02 L = B \quad L = \frac{D - (0,15 A + 0,836 C)}{0,5063}$$

$$0,838 R + 0,987 T + 1,51 L = C \quad T = A - L$$

$$R = C - (T + 1,02 L)$$

Da wir keine besondere Rohrzuckertabelle aufgestellt haben, wird der Rohrzucker in der Invertzuckertabelle nachgeschlagen und zum Schluss durch Multiplikation mit 0,95 in Rohrzucker umgerechnet.

Hier wird wieder, wie bei der Mischung von Traubenzucker und Milchzucker angegeben wurde, der Gehalt an diesen beiden Zuckern aus dem Verhältnis des Wertes T bzw. L zu A berechnet. Für den Rohrzucker müssen wir den Wert B nehmen, da er ja in A nicht enthalten ist. Wir haben somit: Rohrzucker = $\frac{n \cdot R}{B} \cdot 0,95$, wobei n = mg Invertzucker bei B cm³ Jodlösung nach der Invertzuckertabelle.

Es wurde gefunden in mg:

Rohrzucker	10,81 statt 10	10,49 statt 10	30,64 statt 30	30,95 statt 30
Traubenzucker	29,15 » 30	59,22 » 60	10,31 » 10	62,02 » 60
Milchzucker	60,74 » 60	30,54 » 30	59,62 » 60	11,01 » 10
Rohrzucker	61,04 statt 60	61,05 statt 60	35,82 statt 33,33	
Traubenzucker	11,98 » 10	31,03 » 30	36,28 » 33,33	
Milchzucker	29,16 » 30	10,96 » 10	32,78 » 33,33	

Etwas weniger genau als die genannten Mischungen lassen sich nach unserm Verfahren solche von Traubenzucker und Invertzucker, bzw. von Traubenzucker und Fruchtzucker analysieren. Der Grund leuchtet ohne weiteres ein, wenn wir unsere Tabelle 1 (S. 134) ansehen. Bei der starken Inversion nimmt der Wirkungswert des Invertzuckers um 16,2% ab, derjenige des Traubenzuckers um 0,8%. Diese Unterschiede sind nicht sehr gross. Wahrscheinlich lässt sich in diesem Falle durch Kombination der *Fehling'schen* oder unserer Methode mit der *Sachse'schen* eine grössere Genauigkeit erreichen.

Es wurde eine Mischung von 60 mg Invertzucker und 40 mg Traubenzucker untersucht. Man hat die Gleichungen

$$\begin{array}{l} T + I = A \\ 0,992 T + 0,838 I = C \end{array} \quad \text{und die Formeln} \quad \begin{array}{l} T = \frac{C - 0,838 A}{0,154} \\ I = C - T \end{array}$$

Man erhielt 37,88 mg Traubenzucker statt 40 mg
und 63,91 mg Invertzucker » 60 »

oder, wenn wir den Invertzucker in Traubenzucker und Fruchtzucker auflösen:

69,84 mg Traubenzucker statt 70 mg
und 31,96 mg Fruchtzucker » 30 mg

Es wurde auch versucht, Mischungen von 4 Zuckern, von Rohrzucker, Traubenzucker, Milchzucker und Maltose zu trennen durch Bestimmung der Zahlen A, B, C und D. Hier versagte aber leider die Methode. Die Formeln werden bereits so kompliziert, dass die kleinsten, unvermeidlichen Versuchsfehler die Berechnung schon verunmöglichen können.

Von Nahrungsmitteln wurden erst wenige untersucht. So fand man

	nach meinem Verfahren	gravimetrisch ¹⁾
bei Malaga	12,38%	12,58% Invertzucker
» Marsala	3,82%	3,91% »
» Kondensierter Milch	40,05%	39,93% Rohrzucker und
	13,73%	13,13% Milchzucker

Der Ursache der etwas zu grossen Differenz bei der Milchzuckerbestimmung wurde nicht weiter nachgegangen. Diese Analysen wurden übrigens ausgeführt, bevor die Methode ganz ausgearbeitet war. Grösseres Gewicht lege ich deshalb auf die folgenden Untersuchungen, welche nach den bisherigen Methoden überhaupt nicht vorgenommen werden könnten. Ich gebe den Arbeitsgang hier eingehend an, da er durch Beispiele am leichtesten klar gemacht werden kann.

Kindermehl I.

Mit den Zuckerbestimmungen wurde eine möglichst eingehende Gesamtanalyse des Produktes verbunden. Die löslichen Kohlenhydrate und der Rohrzucker nach Zerstörung der direkt reduzierenden Zucker wurden nach

¹⁾ Die gravimetrischen Bestimmungen wurden von Herrn Dr. *Arbenz* ausgeführt.

meinem frühern Verfahren¹⁾ bestimmt. Man fand lösliche Kohlenhydrate (nach Abzug von 1,24% in der Lösung vorhandenem Eiweiss) = 53,39%, Rohrzucker = 26,26%.

Die löslichen Kohlenhydrate bestehen aller Voraussicht nach aus Rohrzucker, Milchzucker, Maltose und Dextrin. Für die Trennung der Zuckerarten musste von einer dextrinfreien Lösung ausgegangen werden. Man digerierte 5 g Kindermehl 10 Minuten lang bei 50° mit 15 cm³ Wasser, verdünnte mit Alkohol auf 100 cm³, wobei das Dextrin gefällt wurde, und filtrierte. 90 cm³ Filtrat wurden durch Destillation und Eindampfen des Rückstandes zum Syrup vom Alkohol befreit, wobei sich gelöstes Gliadin ausschied. Man verdünnte auf 200 cm³, schüttelte mit Kieselguhr und filtrierte. So erhielt man eine klare, gelb gefärbte Lösung der Zucker. Man bestimmte darin den Trockenrückstand, die Asche und den kleinen Rest noch vorhandenen Proteins und erhielt durch Subtraktion der beiden letzteren Grössen vom Trockenrückstand den Gesamtzuckergehalt. Derselbe betrug 45,19%. Die Differenz zwischen löslichen Kohlenhydraten und Gesamtzucker entspricht dem Dextrin. Dasselbe beträgt 53,39 — 45,19 = 9,43%.

In der Zuckerlösung bestimmte man die Werte A, B und C und berechnete daraus Rohrzucker, Lactose und Maltose. Man hat die Gleichungen:

$$\begin{aligned} L + M &= A \\ R + 1,02 L + 1,06 M &= B \\ 0,838 R + 1,51 L + 2,16 M &= C \end{aligned}$$

Daraus ergeben sich die Formeln:

$$\begin{aligned} L &= \frac{1,2717 A + 0,838 B - C}{0,6165} \\ M &= A - L \\ R &= B - (1,02 L + 1,06 M) \end{aligned}$$

Es wurden gefunden:

$$\begin{aligned} A &= 15,64 \\ B &= 54,56 \\ C &= 59,64 \end{aligned}$$

Daraus berechnet sich:

$$\begin{aligned} L &= 5,97 \\ M &= 9,67 \\ R &= 38,22 \end{aligned}$$

woraus sich ergibt: Milchzucker = 6,85%
Maltose = 13,97%
Rohrzucker = 24,17%

zusammen 44,99%, während die Gesamtbestimmung 45,19% ergeben hatte. Die Differenz beträgt 0,2%.

Diese Uebereinstimmung zeigt uns, dass wir wirklich eine Mischung der genannten drei Zuckerarten vor uns haben. Würden wir unsere Zahlen A, B und C auf irgend welche andern 2 oder 3 Zuckern berechnen, so würde die Berechnung entweder direkt unmögliche Zahlen geben oder zum mindesten würde die Summe der Zucker durchaus nicht dem Resultat der gravimetrischen Bestimmung entsprechen.

¹⁾ Siehe diese Mitteilungen 1912, 3, 327.

Zwischen den beiden Rohrzuckerbestimmungen, derjenigen nach Zerstörung der direkt reduzierenden Zuckerarten und derjenigen aus den Zahlen A, B und C ist eine ziemlich grosse Differenz von 2% vorhanden. Auch bei den übrigen analysierten Produkten ergab die erstere Bestimmung immer ein höheres Resultat, obschon die Differenz niemals so gross war, wie in diesem Falle. Es soll später auf diesen Punkt zurückgekommen werden.

Unser Kindermehl enthält 6,85% Milchzucker. Nach den mittleren Analysenzahlen von König¹⁾ ergibt sich daraus ein Gehalt an Trockenmilch von 17,7%. Wir dürfen annehmen, das Präparat bestehe nur aus Rohrzucker, Trockenmilch, einem durch Diastasewirkung und durch Rösten aufgeschlossenen Weizenmehl und einer Spur Wasser. Die Zusammensetzung wäre somit

Wasser	1,55 %
Rohrzucker	26,26 %
Trockenmilch	17,7 %
Trockenmehl, diastasiert und geröstet	54,5 %
	<u>100,0 %</u>

Wir lassen nun die Gesamtanalyse des Kindermehles folgen und setzen daneben die Zahlen, welche ein wie oben zusammengesetztes Präparat nach der mittleren Zusammensetzung von Trockenmilch und Weizengriesmehl nach König haben müsste.

Tab. 2.

Kindermehl		17,7% Trockenmilch	54,5% Weizen- griesmehl	Rohrzucker	Summe von Trockenmilch, Weizengriesmehl und Rohrzucker
Wasser 1,55					1,55
Mineralstoffe . . . 1,45		1,00	0,46		1,46
Protein 9,83	wovon { Milchprotein 4,21 Mehlprotein 5,12	4,71	5,92		10,63
Fett 5,25		5,12	0,13		5,25
Rohfaser 0,29			0,40		0,40
N-freie Extraktivstoffe	Pentosane 1,16				
	Stärke ²⁾ 24,86				
	Dextrin 9,43				
	Zucker 44,99	wovon { Rohrzucker 24,17 Milchzucker 6,87 Maltose 13,97	6,87		26,26
	Freie Säure als Milchsäure 0,68				
Geb. organ. Säure a. d. Alkalität, als Milchs. 0,32					
	99,81				
N-freie Extraktivstoffe 81,64			47,58		80,71

¹⁾ Chemie der menschl. Nahr. und Gen. Bd. II, S. 602.

²⁾ Es wurde die direkte Bestimmung nach meinem Verfahren (diese Mitteilungen, 1916, 7, 369) ausgeführt.

Die ausser im Proteingehalt recht gute Uebereinstimmung zeigt uns, dass das Kindermehl wirklich ungefähr so zusammengesetzt ist, wie wir berechnet haben.

Dass der gefundene Proteingehalt niedriger ist, als der berechnete, kommt offenbar daher, dass bei der Fermentierung Eiweiss zerstört worden ist.

Kindermehl II.

Man findet lösliche Kohlenhydrate = 39,06 %

Rohrzucker nach Zerstörung der direkt reduzierenden Zucker = 28,67 %

Für die Untersuchung der Zucker wurden diesmal 6 g Kindermehl mit 15 cm³ Wasser in einem Erlenmeyerkölbchen 10 Minuten lang bei 50° gehalten, mit 85 cm³ Alkohol (95 %) versetzt, geschüttelt, filtriert, 90 cm³ des Filtrates entgeistet, auf 200 cm³ gebracht, mit Kieselguhr geschüttelt und filtriert.

25 cm³ der Lösung (= 0,675 g) gaben 0,2390 g Trockensubstanz. Nach Abzug der Asche, 0,0038 g und des Proteins, 0,0025 g (in andern 25 cm³ bestimmt), bleiben für den Zucker 0,2327 g. Somit beträgt der Gesamtzuckergehalt = 34,47 %.

Nach Abzug des Zuckers von den löslichen Kohlenhydraten verbleiben für Dextrin = 4,59 %.

Für die Zuckerbestimmung vor der Inversion (= A) werden 25 cm³ der Lösung mit 25 cm³ Wasser verdünnt und davon 20 cm³ = 0,27 g Mehl verwendet. Für die schwache Inversion werden 50 cm³ mit 1 cm³ n-HCl invertiert und auf 100 cm³ verdünnt. Auch hier entsprechen somit 20 cm³ 0,27 g Kindermehl.

Der niedrige Dextringehalt deutet darauf hin, dass dies Kindermehl ohne Diastasewirkung des Mehles gewonnen wurde, dass wir also keine Maltose, sondern nur Rohrzucker und Milchzucker zu gewärtigen haben. Der Dextringehalt würde dann lediglich durch das Rösten des Mehles erzeugt worden sein.

Wir finden $A = 6,7$, $B = 57,7$. Nun ist $L = A$,

$R + 1,02 L = B$,

somit $R = B - 1,02 L$.

Wir finden

$L = 6,7 = 17,9$ mg Milchzucker = 6,61 % Milchz.

$R = 50,87 = 78,77$ mg Invertzucker = 74,83 mg Rohrz. = 27,71 % Rohrz.

Summe = 34,34 %

Gesamtzucker, gravimetrisch gefunden = 34,47 %

Differenz = 0,07 %

Diese gute Uebereinstimmung zeigt uns, dass wirklich nur Milchzucker und Rohrzucker vorhanden ist. Die starke Inversion brauchen wir somit hier nicht auszuführen.

Das Kindermehl besteht, gleich berechnet wie bei Mehl I, aus

- 28,0 % Rohrzucker,
- 17,1 % Trockenmilch,
- 54,9 % geröstetem, nicht diastasiertem Mehl.

Hätten wir die Wasserbestimmung ausgeführt, so würde sich der Wert für das Mehl um eine Kleinigkeit verringert haben.

Interessant ist die recht grosse Uebereinstimmung zwischen den beiden Kindermehlen. Der Unterschied besteht nur darin, dass das eine aus diastasiertem Mehl, das andere bloss aus geröstetem Mehl hergestellt ist.

Kindermehl III.

Der Gehalt an löslichen Kohlenhydraten beträgt = 32,26 %.
Rohrzucker nach Zerstörung der direkt reduzierenden Zuckerarten = 18,40 %.

Für die Bestimmung der Zucker werden wieder 6 g mit 15 cm³ Wasser bei 50° angesetzt, mit 85 cm³ Alkohol von 95 % versetzt, filtriert. Vom Filtrat werden diesmal nur 80 cm³ entgeistet, auf 200 cm³ gebracht, mit Kieselguhr geschüttelt, filtriert.

25 cm³ der Lösung gaben nach Abzug der darin vorhandenen Asche und des Proteins 0,1651 g = 27,51 % Gesamtzucker.

Der Dextringehalt, aus der Differenz zwischen löslichen Kohlenhydraten und Zucker berechnet, ergibt = 4,75 %.

Wir finden in je 20 cm³ der nach entsprechender Vorbehandlung auf das doppelte verdünnten Lösung, entsprechend 0,24 g Kindermehl, die Werte:

$$A = 12,6, \quad B = 40,3, \quad C = 35,1.$$

Auch hier ist bei dem geringen Gehalt an Dextrin nicht wohl an diastasierte Mehl, also an das Vorhandensein von Maltose zu denken. Sehen wir einmal, was die Berechnung auf Milchzucker und Rohrzucker aus den Werten A und B ergeben würde (Formel siehe bei Kindermehl II).

$$L = 12,6 = 33,7 \text{ mg Milchzucker} \dots\dots\dots = 14,04 \% \text{ Milchz.}$$

$$R = 27,45 = 44,02 \text{ mg Invertzucker} = 41,82 \text{ mg Rohrz.} = 17,42 \% \text{ Rohrz.}$$

$$\text{Summe} = 31,46 \%$$

$$\text{Gravimetrisch gefunden} = 27,51 \%$$

$$\text{Differenz} = 3,95 \%$$

Der grosse Unterschied zwischen dem gravimetrischen und dem aus den Werten A und B berechneten Zuckergehalte zeigt uns, dass der Zucker nicht nur aus den beiden genannten Komponenten zusammengesetzt sein kann. Ganz sicher bewiesen wird dies durch die Zahl C.

Da nach Tab. 1 (S. 134) sich aus der starken Inversion ergibt: $0,838 R + 1,51 L = C$, so wäre bei der angegebenen Zusammensetzung $C = 0,838 \cdot 27,45 + 1,51 \cdot 12,6 = 42,0$, während wir nur 35,1 gefunden haben.

Somit muss noch ein Zucker vorhanden sein, welcher nach der starken Inversion weniger reduziert, als Milchzucker. Maltose fällt ausser Betracht,

da sie im Gegenteil nach der starken Inversion viel stärker reduziert. Der gesuchte Zucker muss Invertzucker sein.

Für die Mischung von Rohrzucker, Invertzucker und Milchzucker haben wir die Gleichungen:

$$\begin{aligned} I + L &= A \text{ woraus sich ergibt: } L = \frac{C - 0,838 B}{0,655} \\ R + I + 1,02 L &= B & I &= A - L \\ 0,838 R + 0,838 I + 1,51 L &= C & R &= B - (I + 1,02 L). \end{aligned}$$

Wir haben nun:

$$\begin{aligned} L &= 2,26 = 6,04 \text{ mg Milchzucker} & & = 2,52 \% \text{ Milchz.} \\ I &= 10,34 = 17,06 \text{ mg Invertzucker} & & = 7,11 \% \text{ Invertz.} \\ R &= 27,65 = 43,28 \text{ mg Invertzucker} = 41,12 \text{ mg Rohrz.} & & = 17,13 \% \text{ Rohrz.} \\ & & \text{Summe} & = 26,76 \% \\ & & \text{gravimetrisch} & = 27,51 \% \\ & & \text{Differenz} & = 0,75 \% \end{aligned}$$

Das Mehl ist zusammengesetzt aus:

$$\begin{aligned} &2,63 \% \text{ Wasser,} \\ &17,13 \% \text{ Rohrzucker,} \\ &7,11 \% \text{ Invertzucker,} \\ &8,75 \% \text{ Trockenmilch,} \\ &64,38 \% \text{ geröstetem, nicht diastasiertem Mehl.} \end{aligned}$$

Zur weiteren Kontrolle wurde noch eine Stärkebestimmung nach meinem Verfahren ¹⁾ ausgeführt. Sie ergab 48,03 %. Da der grössere Teil des Dextrins beim Rösten aus Stärke entstanden ist, kann der ursprüngliche Stärkegehalt auf 50—52 % veranschlagt werden.

Lufttrockenes Mehl enthält etwa 71 % Stärke, trockenes somit etwa 80 %. Unsere 50—52 % Stärke würden demnach 63—65 % Trockenmehl entsprechen, was unserer berechneten Zusammensetzung des Mehles vollkommen entspricht.

Bei diesem, im Vergleich zu den vorigen ziemlich geringwertigen Produkt hat man den Eindruck, der Rohrzucker könnte zum Teil invertiert worden sein, um einen hohen Milchzuckergehalt vorzutäuschen.

Malzpräparat.

Laut Prospekt ist das Präparat ein eiweissfreies, direkt und vollständig resorbierbares Umwandlungsprodukt der Stärke.

2,5 g des Pulvers werden in 5 cm³ Wasser gelöst; die Lösung wird in 25 cm³ Alkohol von 95 % gegossen und kräftig geschüttelt. Nachdem sich das Dextrin ausgeschieden hat, wird die ziemlich klare Lösung abgegossen. Der Rückstand wird noch 2 mal in je 5 cm³ Wasser gelöst und in 25 cm³ Alkohol gegossen. Die alkoholischen Auszüge werden vereinigt, auf 100 cm³ gebracht, mit etwas Kieselguhr geschüttelt und filtriert. 90 cm³

¹⁾ Diese Mitteilungen 1916, 7, 369.

des Filtrates werden entgeistet, auf 200 cm³ gebracht und nochmals mit etwas Kieselguhr geklärt.

25 cm³ der Lösung, entsprechend 0,28125 g Ausgangsmaterial, werden getrocknet. Sie ergeben nach Abzug der Spur vorhandener Asche und Eiweiss = 0,2085 g = 74,13 % Gesamtzucker.

Zur Bestimmung von A, B und C werden wie gewohnt 20 cm³ der auf das doppelte verdünnten Lösung verwendet, entsprechend 0,1125 g Malz.

Man findet: A = 25,2, B = 27,6, C = 54,25.

Wenn wir den gesamten Zucker auf Maltose berechnen, ergibt sich aus der direkten Bestimmung (A) 82,6 mg Maltose = 73,41 % Maltose.

Dieser Wert stimmt nicht übel mit der gravimetrischen Bestimmung überein. Er ist um 0,72 % niedriger.

Liegt nur Maltose vor, so sollte B = 1,06 A = 26,71 und C = 2,16 A = 54,43 sein. Der gefundene etwas höhere Wert von B deutet auf etwas Rohrzucker hin. Aus der Formel $R = B - 1,06 A$ ergibt sich $R = 0,89 = 1,42$ mg Invertzucker = 1,35 mg Rohrzucker = 1,20 % Rohrzucker.

Nun spricht aber gegen das Vorhandensein von Rohrzucker der Wert C. Derselbe sollte, wenn $R = 0,89$ ist, nach der Gleichung $0,838 R + 2,16 M = C$ 55,18 sein, wurde aber nur zu 54,25 gefunden, also sogar etwas niedriger, als er für Maltose allein (54,43) sein sollte. Danach könnte man wieder eher auf etwas Traubenzucker schliessen. Aus A und C würde sich nach den Gleichungen $T + M = A$ und $0,992 T + 2,16 M = C$ ergeben:

$$M = \frac{C - 0,992 A}{1,168} = 24,96 = 81,87 \text{ mg Maltose} = 72,77 \% \text{ Maltose}$$

$$T = A - M = 0,24 = 0,79 \text{ mg Traubenzucker} = 0,70 \% \text{ Traubenzucker}$$

$$\text{Summe} = 73,47 \% \text{ Zucker.}$$

Das Vorhandensein von Traubenzucker ist von vorneherein plausibel, da dieser Zucker ja bei der Diastasewirkung entstehen kann; das Vorkommen von Rohrzucker in diesem Präparat ist hingegen unwahrscheinlich. Es hätte ja keinen Sinn, diese kleine Menge zuzusetzen. Der nach der schwachen Inversion erhaltene Wert ist also wohl etwas zu hoch ausgefallen. Laut Prospekt soll unser Präparat 0,55 % NaCl enthalten. Da die Gegenwart von NaCl die Hydroxyljonenkonzentration der Salzsäure erhöht, mag es gut sein, dass dies der Grund ist, weshalb bei der schwachen Inversion die Maltose etwas weitgehender hydrolysiert worden ist, als wir dies bei unsern Berechnungen voraussetzen.

Die Gesamtanalyse lautet:

Wasser	1,36 %
Asche	1,40 %
Protein	1,93 %
Maltose	72,77 %
Traubenzucker	0,70 %
Dextrin (aus der Differenz)	21,84 %

Es muss indes erwähnt werden, dass die Analyse noch mit einem Fehler behaftet ist. Das mit Alkohol gefällte Dextrin schloss noch etwas Zucker ein. Durch Lösen in Wasser und Bestimmen der direkten Reduktion wurden noch 2,27 % Maltose erhalten. Dieser Betrag wäre demnach noch vom Dextringehalt abzuziehen und der Maltose zuzuzählen.

Stärkesyrup.

Stärkesyrup setzt sich zusammen aus Traubenzucker, alkoholunlöslichem Dextrin und einem alkohollöslichen Körper, welcher noch *Cobenzl* und *Schmitt* aus Gallisin, $C_{12}H_{24}O_{10}$ bestehen soll. Nach *Scheibler* und *Mittelmaier* ist er identisch mit der Isomaltose *E. Fischers*, $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$. *M. Hömig*¹⁾ sieht den Körper für ein alkohollösliches Dextrin an. Nach *Schmitt* und *Rosenhek*²⁾ reduzieren 11 Teile Gallisin so viel, wie 5 Teile Glycose. Das Reduktionsvermögen ist demnach sehr ähnlich dem der Maltose.

Vorerst wurde versucht, den Stärkesyrup auf analoge Weise zu analysieren, wie das vorhin besprochene Malzpräparat.

2,3022 g Stärkesyrup wurden in 5 cm³ Wasser gelöst, in 25 cm³ Alkohol gegossen, gehörig durchgeschüttelt, die Lösung abgegossen und der Rückstand nochmals in derselben Weise behandelt. Zum Schluss wurde die Lösung mit Kieselguhr geschüttelt, filtriert, 50 cm³ davon = 1,9189 g, entgeistet und auf 150 cm gebracht.

Der aschenfreie Trockenrückstand in 25 cm³ betrug 0,2447 g = 76,51 %.

Die Reduktionswerte vor der Inversion und nach der starken Inversion in 20 cm³ der auf das doppelte verdünnten Lösung, entsprechend 0,1279 g Stärkesyrup betragen A = 30,55, B = 65,2.

Wenn wir diese Zahlen auf Maltose und Traubenzucker berechnen (Formel siehe bei Malzpräparat), erhalten wir

$$\begin{aligned} M &= 29,88 = 97,64 \text{ mg Maltose} \dots = 75,28 \% \text{ Maltose} \\ T &= 0,67 = 1,04 \text{ mg Traubenzucker} = \underline{0,81 \% \text{ Traubenzucker}} \\ \text{Summe} &= 76,09 \\ \text{gravimetrisch} &= 76,51. \end{aligned}$$

Die Summe der Zucker stimmt recht gut mit der gravimetrischen Bestimmung. Trotzdem ist das Resultat durchaus unglaubwürdig; denn in einem Stärkesyrup darf man wohl mehr als Spuren von Traubenzucker vermuten.

Die Dextrine des Stärkesyrups sind zum Unterschied von den durch Diastasewirkung oder durch Röstprozesse erzeugten Dextrinen zum Teil ausserordentlich schwer mit Alkohol fällbar. Wenn nun unsere Zuckermischung Dextrin enthalten sollte, so würde dasselbe vor der Inversion nicht, nach der starken Inversion aber ziemlich bedeutend reduzieren, nämlich ähnlich wie Maltose. Eine Mischung von Traubenzucker und Dextrin würde

¹⁾ Z. U. N. G., 1912, 5, 641.

²⁾ *Beilstein*, III. Aufl., I, 1061.

sich somit ähnlich wie Maltose verhalten. Durch das Dextrin kann somit Traubenzucker verdeckt und ein höherer Maltosegehalt vorgetäuscht werden.

Der Versuch wurde deshalb unter Bedingungen wiederholt, unter denen die Aussichten einer quantitativen Dextrinfällung bedeutend grössere sind.

2,4766 g Stärkesyrup wurden in 2,5 g Wasser gelöst. In die Lösung wurde so viel Kieselguhr eingerührt und mit einem Glasstab verrieben, dass die Masse sich in ein schwach feuchtes Pulver verwandelte. Nun wurden 75 cm³ Alkohol von 95 % portionenweise zugesetzt, worin sich die Masse mit Leichtigkeit verteilte. Man saugte durch eine Nutsche ab, filtrierte nochmals durch Papier und verwendete 60 cm³ des Filtrates. Der Alkohol wurde in gewohnter Weise entfernt und der Rückstand auf 200 cm³ gebracht.

25 cm³ der Lösung, entsprechend 0,2397 g Stärkesyrup, ergaben 0,1168 g aschenfreien Trockenrückstand = 48,73 % Zucker.

Für die Zuckerbestimmungen wurde in gewohnter Weise invertiert und auf das doppelte Volumen gebracht, so dass 20 cm³ = 0,09587 g entsprachen. Man erhielt die Werte A = 18,05, B = 18,43, C = 30,1. Aus den Werten A und C ergibt sich

M = 10,44	= 34,80 mg Maltose	. . .	= 36,30 %	Maltose bzw. Gallisin
T = 7,61	= 12,26 mg Traubenzucker		= 12,78 %	Traubenzucker
			Summe = 48,08 %	
			gravimetrisch = 48,73 %	
			Differenz = 0,65 %	

Die recht gute Uebereinstimmung zeigt uns, dass man wirklich für das Gallisin oder die Isomaltose die Werte der Maltose für die Berechnung verwenden kann.

Die schwache Inversion wurde ausgeführt, um zu sehen, ob dieses Kohlehydrat sich auch hier ähnlich wie Maltose verhält. Es war ja ganz gut denkbar, dass es durch die verdünnte Säure schon viel stärker oder aber bedeutend weniger aufgespalten wird, als Maltose.

Wir haben für die schwache Inversion die Gleichung $T + 1,06 M = B$. Dies ergibt $7,61 + 1,06 \cdot 10,44 = 18,48$, was mit dem gefundenen Wert 18,43 gut übereinstimmt. Das Gallisin verhält sich somit auch in Bezug auf die schwache Inversion gleich wie Maltose.

Die Gesamtanalyse des Stärkesyrups ergibt:

Wasser	15,26 %
Asche	0,26 %
Gallisin, bzw. Isomaltose, bzw. alkohollösl. Dextrin	36,30 %
Traubenzucker	12,78 %
Durch Alkohol fällbare Dextrine (aus der Differenz)	35,40 %

Zuckerfüllung von Fondants.

Von mit Schokolade überzogenen Fondants wurde die Zuckerfüllung herausgenommen und nach längerem Liegen an der Luft analysiert. Da die Füllung aus einer Mischung von Rohrzucker und Stärkesyrup besteht, wurde

ähnlich vorgegangen, wie bei der Analyse des Stärkesyrups. 2,5 g wurden in derselben Menge Wasser gelöst, mit viel Kieselguhr verrieben, mit 75 cm³ Alkohol versetzt, geschüttelt, abgenutscht. 70 cm³ Filtrat wurden entgeistet und der Rückstand auf 200 cm³ gebracht.

Die Rohrzuckerbestimmung wird hier wieder, wie bei den Kindermehlen, zur Kontrolle auch nach der Zerstörung der direkt reduzierenden Zucker ausgeführt. Man findet 74,94 % Rohrzucker.

Für die Bestimmung der Zahlen A, B und C wurden wie immer 20 cm³ der nach dem eventuellen Invertieren auf das doppelte verdünnten Lösung verwendet. Es entspricht dies 0,11075 g Fondantfüllung.

Man findet $A = 6,0$, $B = 62,0$, $C = 56,43$.

Da wir eine Mischung von Rohrzucker, Traubenzucker und Maltose, bzw. Isomaltose haben, ergeben sich die Gleichungen:

$$T + M = A \text{ daraus die Formeln } T = \frac{1,272 A + 0,838 B - C}{1,118}$$

$$R + T + 1,06 M = B \qquad M = A - T$$

$$0,838 R + 0,992 T + 2,16 M = C \qquad R = B - (T + 1,06 M)$$

Es sind

$$T = 2,83 = 4,67 \text{ mg Traubenzucker} \dots = 4,21 \% \text{ Traubenz.}$$

$$M = 3,17 = 10,78 \text{ mg Isomaltose} \dots = 9,44 \% \text{ Isomalt.}$$

$$R = 55,81 = 86,21 \text{ mg Invertzucker} = 81,21 \text{ mg Rohr.} = 73,95 \% \text{ Rohr.}$$

$$\text{Summe} = 87,60 \% \text{ Zucker}$$

$$\text{gravimetrisch} = 86,14 \%$$

$$\text{Differenz} = 1,46 \%$$

Die Differenz ist hier etwas gross. Es könnte vielleicht sein, dass noch eine kleine Menge Invertzucker in dem Produkt vorhanden ist. Auf eine dahingehende Berechnung will ich mich aber nicht einlassen, da ich mit Mischungen von 4 Zuckern keine guten Erfahrungen gemacht habe.

Die Gesamtanalyse unserer Fondantfüllung lautet:

Wasser	= 4,95 %
Rohrzucker	= 73,95 %
Traubenzucker	= 4,21 %
Isomaltose (Gallisin)	= 9,44 %
Dextrin (aus der Differenz)	= 7,45 %

Die Masse ist somit zusammengesetzt aus $\frac{3}{4}$ Rohrzucker und $\frac{1}{4}$ Stärkesyrup.

Malzbonbons.

Man vermutete, dass die Ware aus Rohrzucker und Maltose bestehe. Da es aber nicht ausgeschlossen schien, dass Stärkesyrup verwendet worden sein könnte, wurde genau gleich vorgegangen, wie bei der Untersuchung der Fondantfüllung.

Der nach Zerstörung der direkt reduzierenden Zucker erhaltene Rohrzucker betrug 76,29 %.

Man fand $A = 7,30$, $B = 64,30$, $C = 58,70$.

Besteht die Masse aus den beiden genannten Zuckern, so haben wir die Formeln $M = A$, $R = B - 1,06 A$. Es sind dann:

$M = 7,3 = 24,7$ mg Maltose	$=$	$22,32$ % Maltose
$R = 56,51 = 87,32$ mg Invertzucker $= 82,95$ mg Rohrz. $=$		$74,92$ % Rohrzucker
	Summe $=$	$97,24$ % Zucker,
während gravimetrisch gefunden worden sind . . .	$=$	$93,54$ %
	Differenz $=$	$+ 3,7$ %

Diese Differenz zeigt uns, dass der direkt reduzierende Zucker nicht nur aus Maltose bestehen kann, sondern noch aus einem stärker reduzierenden Zucker und zwar ergibt die Berechnung auf Invertzucker richtigere Werte. Es sind:

$M = 3,79 = 12,83$ mg Maltose	$=$	$11,58$ % Maltose
$I = 3,51 = 5,93$ mg Invertzucker	$=$	$5,35$ % Invertz.
$R = 56,78 = 87,74$ mg Invertzucker $= 83,36$ mg Rohrz. $=$		$75,26$ % Rohrz.
	Summe $=$	$92,19$ %
	gravimetrisch $=$	$93,54$ %
	Differenz $=$	$- 1,35$ %

Die Differenz ist etwas gross. Würden wir die Zuckermischung auf Isomaltose, Traubenzucker und Rohrzucker berechnen, so würde sie noch grösser werden, nämlich $1,88$ %. Die angegebene Zuckermischung hat daher die grössere Wahrscheinlichkeit.

Die Gesamtanalyse lautet:

Wasser	$=$	$1,78$ %
Asche	$=$	$1,81$ %
Protein	$=$	$0,44$ %
Rohrzucker	$=$	$75,26$ %
Invertzucker	$=$	$5,35$ %
Maltose	$=$	$11,58$ %
Dextrin (aus der Differenz)	$=$	$4,78$ %

Es muss nun noch näher eingegangen werden auf die Unterschiede, welche zwischen der Rohrzuckerbestimmung nach Zerstörung der direkt reduzierenden Zucker nach meinem frühern Verfahren und der Bestimmung in der isolierten Zuckermischung auftreten. Die betreffenden Zahlen lauten:

	altes Verfahren	neues Verfahren	Differenz
Kindermehl I	26,26	24,17	2,09
Kindermehl II	28,67	27,71	0,96
Kindermehl III	18,40	17,42	0,92
Fondantfüllung	74,94	73,95	0,99
Malzbonbons	76,29	75,26	1,03

Das alte Verfahren gibt stets höhere Werte; in der Regel macht der Mehrbetrag etwa 1 % aus. Offenbar ist die frühere Methode mit einem gewissen Fehler behaftet. Bei der Ausarbeitung jener Methode war in Brot

stets etwas Rohrzucker gefunden worden und zwar 1,3%. Da die Reaktion nach *Rothenfusser* in Brot positiv ausfiel, nahm ich an, dass wirklich Rohrzucker im Brot vorhanden sei, übereinstimmend mit einer Angabe *Kühlmanns*. Ich hielt daher den Befund von 1,3% Saccharose für genau und meine Methode für richtig. Nun zeigen aber doch die hier mitgeteilten Resultate, dass das Brot offenbar bedeutend weniger Rohrzucker enthält und dass unsere frühere Methode mit einem gewissen Fehler behaftet ist.

Es scheint, dass entweder die löslichen Kohlenhydrate nicht quantitativ zerstört werden, oder dass bei der Alkaliwirkung eine gewisse Menge Zucker in ein nicht mehr angreifbares Kohlenhydrat umgewandelt wird, welches jedoch später, ähnlich wie Rohrzucker, durch Säure aufgespalten wird. Es soll gelegentlich versucht werden, diese Verhältnisse aufzuklären.

Im Folgenden sei die genaue Arbeitsweise nochmals in Zusammenhang wiedergegeben.

1. *Bei Anwesenheit eines einzigen, direkt reduzierenden Zuckers.*

Je 20 cm³ Kupferlösung (50 g Kupfervitriol im Liter), 20 cm³ Seignettelösung, (175 g Seignettesalz, 25 g Na₂CO₃, 15 g NaOH im Liter) und 20 cm³ Wasser werden in einem Erlenmeyerkolben von wo möglich ca. 240 cm³ Inhalt und 2 cm innerem Durchmesser des Halses unter Zusatz einiger Siedesteinchen zum Sieden erhitzt. Dann lässt man 20 cm³ der neutralen, auf bekannte Weise vorbereiteten Zuckerlösung zufließen, erhitzt wieder zum Sieden und kocht genau 5 Minuten lang lebhaft, doch nicht mit übermässig grosser Flamme. Nun wird sofort unter Umschwenken im fließenden Wasser abgekühlt, wozu $\frac{3}{4}$ —1 Minute erforderlich ist. Darauf werden 20—25 cm³ einer sauren Kochsalzlösung, hergestellt durch Mischen von 1000 cm³ gesättigter Kochsalzlösung mit 250 cm³ 10%iger Salzsäure, zugesetzt und umgeschwenkt, wonach innert weniger als einer Minute klare Lösung des Kupferoxyduls erfolgt. Durch sorgfältigen Zusatz einer Messerspitze Natriumbicarbonat unter Schräghalten des Kolbens wird der Ueberschuss an Salzsäure abgestumpft. Nachdem die Hauptreaktion vorüber ist, muss etwas Bicarbonat ungelöst übrigbleiben. Nun schreitet man zur Titration mit $\frac{n}{20}$ Jodlösung. Man lässt den vollen Strahl aus der Bürette fließen, bis die anfänglich weisslich trübe Lösung sich klärt und gleichzeitig eine grüne Farbe annimmt, ein Zeichen, dass übertitriert ist. Man setzt nun etwas Stärkelösung zu, titriert die dunkelblaue Lösung mit $\frac{n}{20}$ Thiosulfatlösung auf hellblau und fügt schliesslich noch tropfenweise Jodlösung hinzu, bis die dunkelblaue Färbung eben wieder erscheint. Ist viel Zucker vorhanden, so dass mehr als eine Bürette voll Jodlösung verbraucht wird, so setzt man vorerst ca. 25 cm³ mit einer Vollpipette zu und fährt dann fort, aus der Bürette zu titrieren.

Ein blinder Versuch, bei welchem statt der Zuckerlösung Wasser angewendet wurde, zeigt uns die Selbstreduktion der Kupfer-Seignettelösung an. Der Betrag des blinden Versuchs wird ein für allemal festgestellt und

vom Resultat abgezogen. Der dem Jodverbrauch entsprechende Zuckergehalt wird in der Zuckertabelle abgelesen.

2. Bei gleichzeitiger Anwesenheit mehrerer Zucker.

Ausser der direkten Bestimmung werden Bestimmungen nach der schwachen oder nach der starken Inversion, eventuell auch nach dem Zerstören der direkt reduzierenden Zucker mit Natronlauge vorgenommen. Welche Bestimmungen im Einzelfalle auszuführen sind, ergibt sich aus dem Schema der Tab. 1 (S. 134), indem man danach trachtet, möglichst grosse Unterschiede in der Reduktion der einzelnen Zucker zu erhalten. Bei Anwesenheit zweier Zucker verwendet man, falls der eine davon Rohrzucker ist, die schwache Inversion, falls zwei direkt reduzierende Zucker vorliegen, die starke Inversion. Beim Vorhandensein dreier Zucker wird die Reduktionswirkung sowohl nach der schwachen, als auch nach der starken Inversion festgestellt, eventuell zur Kontrolle auch nach der Zerstörung der direkt reduzierenden Zucker.

Die schwache Inversion geschieht, indem 50 cm³ Zuckerlösung mit 1 cm³ n-HCl versetzt und $\frac{1}{2}$ Stunde lang durch Einstellen in siedendes Wasser erhitzt werden. Nach dem Abkühlen wird mit 1 cm³ n-NaOH neutralisiert, auf 100 cm³ aufgefüllt und wie oben verfahren.

Zur Ausführung der starken Inversion werden 50 cm³ Zuckerlösung mit 25 cm³ 3-fach normaler HCl $\frac{3}{4}$ Stunden lang durch Einstellen in siedendes Wasser erhitzt, nach dem Abkühlen unter Zusatz von Methylorange mit starker, z. B. 4-fach normaler NaOH genau neutralisiert und auf 100 cm³ aufgefüllt. Auch hier fährt man fort, wie oben angegeben.

Die Bestimmungen müssen alle mit Lösungen derselben Konzentration vorgenommen werden. Da bei den beiden Inversionen eine Verdünnung auf das doppelte erfolgt, wird die Stammlösung auch zur Bestimmung der Reduktion vor der Inversion auf das doppelte verdünnt. Man wähle möglichst hohe Zuckerkonzentrationen; jedoch soll bei keiner Bestimmung wesentlich mehr als 60 cm³ Jodlösung verbraucht werden.

Zur Berechnung der Zuckergehalte stellt man mit Hilfe des Schemas der Tab. 1 Gleichungen auf, aus welchen sich die Unbekannten, nämlich der Jodverbrauch jedes einzelnen Zuckers, leicht berechnen lassen. Aus dem Jodverbrauch eines einzelnen Zuckers ergibt sich der entsprechende Zuckergehalt durch Multiplikation dieses Partialjodverbrauchs mit der nach der Zuckertabelle dem gesamten Jodverbrauch entsprechenden Zuckermenge, dividiert durch den Gesamtjodverbrauch. Dasselbe in einer Formel ausgedrückt lautet:

$$\text{Zuckergehalt} = \frac{z \cdot Z}{A}, \text{ wobei } A = \text{Gesamtjodverbrauch, } Z = \text{Partialjodverbrauch, } z = \text{mg Zucker, welche dem Gesamtjodverbrauch entsprechen.}$$

Im übrigen wird auf die oben ausführlich angegebenen Beispiele verwiesen.

Tabelle 3.

Tabelle zur Bestimmung von Traubenzucker, Invertzucker, Milchzucker und Malzzucker aus dem Verbrauch an $\frac{n}{20}$ Jodlösung.

$\frac{n}{20}$ Jod cm ³	Traubenzucker mg	Invertzucker mg	Milchzucker mg	Malzzucker mg	$\frac{n}{20}$ Jod cm ³	Traubenzucker mg	Invertzucker mg	Milchzucker mg	Malzzucker mg
1	1,6	1,7	2,7	3,6	9,6	15,7	16,0	25,7	32,4
1,2	1,9	2,1	3,2	4,3	9,8	16,0	16,3	26,3	33,1
1,4	2,3	2,4	3,8	5,0	10	16,3	16,6	26,8	33,8
1,6	2,6	2,8	4,3	5,6	10,2	16,6	16,9	27,3	34,5
1,8	3,0	3,1	4,9	6,3	10,4	16,9	17,2	27,9	35,2
2	3,3	3,5	5,4	7,0	10,6	17,3	17,6	28,4	35,8
2,2	3,6	3,9	5,9	7,7	10,8	17,6	17,9	29,0	36,5
2,4	4,0	4,2	6,5	8,3	11	17,9	18,2	29,5	37,2
2,6	4,3	4,6	7,0	9,0	11,2	18,2	18,5	30,0	37,9
2,8	4,7	4,9	7,6	9,6	11,4	18,5	18,8	30,5	38,5
3	5,0	5,3	8,1	10,3	11,6	18,9	19,2	31,1	39,2
3,2	5,3	5,6	8,6	11,0	11,8	19,2	19,5	31,6	39,7
3,4	5,6	6,0	9,2	11,7	12	19,5	19,8	32,1	40,5
3,6	6,0	6,3	9,7	12,3	12,2	19,8	20,1	32,6	41,2
3,8	6,3	6,7	10,3	13,0	12,4	20,1	20,4	33,1	41,8
4	6,6	7,0	10,8	13,7	12,6	20,5	20,8	33,7	42,6
4,2	6,9	7,3	11,3	14,4	12,8	20,8	21,1	34,2	43,1
4,4	7,3	7,6	11,9	15,0	13	21,1	21,4	34,7	43,8
4,6	7,6	8,0	12,4	15,7	13,2	21,4	21,7	35,2	44,5
4,8	8,0	8,3	13,0	16,3	13,4	21,7	22,0	35,8	45,1
5	8,3	8,6	13,5	17,0	13,6	22,1	22,4	36,3	45,8
5,2	8,6	8,9	14,0	17,7	13,8	22,4	22,7	36,9	46,4
5,4	8,9	9,2	14,5	18,4	14	22,7	23,0	37,4	47,1
5,6	9,3	9,6	15,1	19,0	14,2	23,0	23,3	37,9	47,8
5,8	9,6	9,9	15,6	19,7	14,4	23,3	23,6	38,4	48,4
6	9,9	10,2	16,1	20,4	14,6	23,6	23,9	39,0	49,1
6,2	10,2	10,5	16,6	21,1	14,8	23,9	24,2	39,5	49,7
6,4	10,5	10,8	17,1	21,7	15	24,2	24,5	40,0	50,4
6,6	10,8	11,2	17,7	22,4	15,2	24,5	24,8	40,5	51,0
6,8	11,1	11,5	18,2	23,0	15,4	24,8	25,1	41,1	51,7
7	11,4	11,8	18,7	23,7	15,6	25,2	25,5	41,6	52,3
7,2	11,7	12,1	19,2	24,4	15,8	25,5	25,8	42,2	53,0
7,4	12,0	12,4	19,8	25,0	16	25,8	26,1	42,7	53,6
7,6	12,4	12,8	20,3	25,7	16,2	26,1	26,4	43,3	54,2
7,8	12,7	13,1	20,9	26,3	16,4	26,4	26,7	43,7	55,0
8	13,0	13,4	21,4	27,0	16,6	26,8	27,0	44,3	55,6
8,2	13,3	13,7	21,9	27,6	16,8	27,1	27,3	44,8	56,2
8,4	13,7	14,0	22,5	28,4	17	27,4	27,6	45,3	56,8
8,6	14,0	14,4	23,0	29,0	17,2	27,7	27,9	45,8	57,4
8,8	14,4	14,7	23,6	29,7	17,4	28,0	28,2	46,3	58,1
9	14,7	15,0	24,1	30,4	17,6	28,4	28,6	46,9	58,7
9,2	15,0	15,3	24,6	31,1	17,8	28,7	28,9	47,4	59,4
9,4	15,3	15,6	25,2	31,8	18	29,0	29,2	47,9	60,0

$\frac{n}{20}$ Jod cm ³	Trauben- zucker mg	Invert- zucker mg	Milch- zucker mg	Malz- zucker mg	$\frac{n}{20}$ Jod cm ³	Trauben- zucker mg	Invert- zucker mg	Milch- zucker mg	Malz- zucker mg
18,2	29,3	29,5	48,4	60,6	27,6	43,5	44,1	73,3	90,3
18,4	29,6	29,8	48,9	61,4	27,8	43,8	44,4	73,9	91,0
18,6	29,9	30,2	49,5	61,9	28	44,1	44,7	74,4	91,6
18,8	30,2	30,5	50,0	62,6	28,2	44,4	45,0	74,9	92,2
19	30,5	30,8	50,5	63,2	28,4	44,7	45,3	75,5	92,9
19,2	30,8	31,1	51,0	63,8	28,6	45,0	45,6	76,0	93,5
19,4	31,1	31,4	51,5	64,5	28,8	45,3	45,9	76,6	94,2
19,6	31,4	31,7	52,1	65,1	29	45,6	46,2	77,1	94,8
19,8	31,7	32,0	52,6	65,8	29,2	45,9	46,5	77,6	95,4
20	32,0	32,3	53,1	66,4	29,4	46,2	46,8	78,2	96,1
20,2	32,3	32,6	53,6	67,0	29,6	46,4	47,1	78,7	96,7
20,4	32,6	32,9	54,1	67,6	29,8	46,7	47,4	79,3	97,4
20,6	32,9	33,3	54,7	68,3	30	47,0	47,7	79,8	98,0
20,8	33,2	33,6	55,2	68,9	30,2	47,3	48,0	80,3	98,6
21	33,5	33,9	55,7	69,5	30,4	47,6	48,3	80,9	99,3
21,2	33,8	34,2	56,2	70,1	30,6	47,9	48,6	81,4	99,9
21,4	34,1	34,5	56,8	70,7	30,8	48,2	48,9	82,0	100,6
21,6	34,4	34,8	57,3	71,4	31	48,5	49,2	82,5	101,2
21,8	34,7	35,1	57,8	72,0	31,2	48,8	48,5	83,0	101,9
22	35,0	35,4	58,4	72,6	31,4	49,1	49,8	83,6	102,5
22,2	35,3	35,7	58,9	73,3	31,6	49,4	50,1	84,1	103,3
22,4	35,6	36,0	59,4	73,8	31,8	49,7	50,4	84,7	103,8
22,6	36,0	36,4	60,0	74,5	32	50,0	50,7	85,2	104,5
22,8	36,3	36,7	60,5	75,1	32,2	50,3	51,0	85,8	105,2
23	36,6	37,0	61,0	75,7	32,4	50,6	51,3	86,3	105,8
23,2	36,9	37,3	61,5	76,3	32,6	50,8	51,6	86,9	106,5
23,4	37,2	37,6	62,0	76,9	32,8	51,1	51,9	87,4	107,1
23,6	37,5	38,0	62,6	77,6	33	51,4	52,2	88,0	107,8
23,8	37,7	38,3	63,1	78,2	33,2	51,7	52,5	88,6	108,5
24	38,1	38,6	63,6	78,8	33,4	52,0	52,8	89,1	109,1
24,2	38,4	38,9	64,1	79,4	33,6	52,2	53,1	89,7	109,8
24,4	38,7	39,2	64,7	80,1	33,8	52,5	53,4	90,2	110,4
24,6	39,0	39,6	65,2	80,7	34	52,8	53,7	90,8	111,1
24,8	39,3	39,9	65,8	81,4	34,2	53,1	54,0	91,4	111,8
25	39,6	40,2	66,3	82,0	34,4	53,4	55,3	91,9	112,4
25,2	39,9	40,5	66,8	82,6	34,6	53,7	54,5	92,5	113,1
25,4	40,2	40,8	67,4	83,3	34,8	54,0	54,8	93,0	113,8
25,6	40,5	41,1	67,9	83,9	35	54,3	55,1	93,6	114,4
25,8	40,8	41,4	68,5	84,6	35,2	54,6	55,4	94,2	115,0
26	41,1	41,7	69,0	85,2	35,4	54,9	55,7	94,7	115,7
26,2	41,4	42,0	69,5	85,8	35,6	55,1	56,0	95,3	116,3
26,4	41,7	42,3	70,1	86,5	35,8	55,4	56,3	95,8	117,0
26,6	42,0	42,6	70,6	87,1	36	55,7	56,6	96,4	117,6
26,8	42,3	42,9	71,2	87,8	36,2	56,0	56,9	97,0	118,2
27	42,6	43,2	71,7	88,4	36,4	56,3	57,2	97,6	118,9
27,2	42,9	43,5	72,2	89,0	36,6	56,6	57,5	98,1	119,5
27,4	43,2	43,8	72,8	89,7	36,8	56,9	57,8	98,7	120,2

$\frac{n}{20}$ Jod cm ³	Trauben- zucker mg	Invert- zucker mg	Milch- zucker mg	Malz- zucker mg	$\frac{n}{20}$ Jod cm ³	Trauben- zucker mg	Invert- zucker mg	Milch- zucker mg	Malz- zucker mg
37	57,2	58,1	99,3	120,8	46,4	71,1	72,1	126,2	151,0
37,2	57,5	58,4	99,9	121,4	46,6	71,4	72,4	126,8	151,7
37,4	57,8	58,7	100,5	122,1	46,8	71,7	72,7	127,4	152,3
37,6	58,0	59,0	101,0	122,7	47	72,0	73,0	128,0	152,9
37,8	58,3	59,3	101,6	123,4	47,2	72,3	73,3	128,6	153,5
38	58,6	59,6	102,2	124,0	47,4	72,6	73,6	129,2	154,1
38,2	58,9	59,9	102,8	124,6	47,6	72,9	73,9	129,9	154,8
38,4	59,2	60,2	103,3	125,3	47,8	73,2	74,2	130,5	155,4
38,6	59,4	60,5	103,9	125,0	48	73,5	74,5	131,1	156,0
38,8	59,7	60,8	104,4	126,6	48,2	73,8	74,8	131,7	156,6
39	60,0	61,1	105,0	127,2	48,4	74,1	75,1	132,3	157,3
39,2	60,3	61,4	105,6	127,7	48,6	74,4	75,4	133,0	157,9
39,4	60,6	61,7	106,1	128,4	48,8	74,7	75,7	133,6	158,6
39,6	60,9	62,0	106,7	129,2	49	75,0	76,0	134,2	159,2
39,8	61,2	62,3	107,2	129,8	49,2	75,3	76,3	134,8	159,8
40	61,5	62,6	107,8	130,5	49,4	75,6	76,6	135,5	160,5
40,2	61,8	62,9	108,4	131,2	49,6	75,9	77,0	136,1	161,1
40,4	62,1	63,2	109,0	131,8	49,8	76,2	77,3	136,8	161,8
40,6	62,4	63,5	109,5	132,5	50	76,5	77,6	137,4	162,4
40,8	62,7	63,8	110,1	133,1	50,2	76,8	77,9	138,0	163,0
41	63,0	64,1	110,7	133,8	50,4	77,1	78,2	138,7	163,6
41,2	63,3	64,4	111,3	134,5	50,6	77,4	78,5	139,3	164,3
41,4	63,6	64,7	111,8	135,1	50,8	77,7	78,8	140,0	164,9
41,6	63,9	64,9	112,4	135,8	51	78,0	79,1	140,6	165,5
41,8	64,2	65,2	112,9	136,4	51,2	78,3	79,4	141,3	166,1
42	64,5	65,5	113,5	137,1	51,4	78,6	79,7	141,9	166,8
42,2	64,8	65,8	114,1	137,8	51,6	78,9	80,0	142,6	167,4
42,4	65,1	66,1	114,6	138,4	51,8	79,2	80,3	143,2	168,1
42,6	65,4	66,4	115,2	139,0	52	79,5	80,6	143,9	168,7
42,8	65,7	66,7	115,7	139,7	52,2	79,8	80,9	144,6	169,3
43	66,0	67,0	116,3	140,3	52,4	80,1	81,2	145,2	169,9
43,2	66,3	67,3	116,9	140,9	52,6	80,4	81,5	145,9	170,6
43,4	66,6	67,6	117,5	141,6	52,8	80,7	81,8	146,5	171,2
43,6	66,9	67,9	118,0	142,1	53	81,0	82,1	147,2	171,8
43,8	67,2	68,2	118,6	142,8	53,2	81,3	82,4	147,9	172,4
44	67,5	68,5	119,2	143,5	53,4	81,6	82,7	148,5	173,1
44,2	67,8	68,8	119,8	144,1	53,6	82,0	83,0	149,2	173,7
44,4	68,1	69,1	120,4	144,8	53,8	82,3	83,3	149,8	174,4
44,6	68,4	69,4	120,9	145,4	54	82,6	83,6	150,5	175,0
44,8	68,7	69,7	121,5	146,1	54,2	82,9	83,9	151,2	175,7
45	69,0	70,0	122,1	146,7	54,4	83,2	84,2	151,9	176,3
45,2	69,3	70,3	122,7	147,3	54,6	83,5	84,5	152,5	177,0
45,4	69,6	70,6	123,3	147,9	54,8	83,8	84,8	153,2	177,6
45,6	69,9	70,9	123,8	148,6	55	84,1	85,1	153,9	178,3
45,8	70,2	71,2	124,4	149,2	55,2	84,4	85,4	154,6	179,0
46	70,5	71,5	125,0	149,8	55,4	84,7	85,7	155,3	179,6
46,2	70,8	71,8	125,6	150,4	55,6	85,0	86,1	156,0	180,3

$\frac{n}{20}$ Jod cm ³	Trauben- zucker mg	Invert- zucker mg	Milch- zucker mg	Malz- zucker mg	$\frac{n}{20}$ Jod cm ³	Trauben- zucker mg	Invert- zucker mg	Milch- zucker mg	Malz- zucker mg
55,8	85,3	86,4	156,7	180,9	61	93,4	94,3	175,6	199,0
56	85,6	86,7	157,4	181,6	61,2	93,7	94,6	176,4	199,7
56,2	85,9	87,0	158,1	182,3	61,4	94,0	94,9	177,1	200,4
56,4	86,2	87,3	158,8	182,9	61,6	94,4	95,2	177,9	201,2
56,6	86,5	87,6	159,5	183,6	61,8	94,7	95,5	178,6	201,9
56,8	86,8	87,9	160,2	184,2	62	95,0	95,8	179,4	202,6
57	87,1	88,2	160,9	184,9	62,2	95,3	96,1	180,1	203,3
57,2	87,4	88,5	161,6	185,6	62,4	95,6	96,4	180,9	204,0
57,4	87,7	88,8	162,3	186,3	62,6	95,9	96,8	181,6	204,8
57,6	88,0	89,2	163,1	187,0	62,8	96,2	97,1	182,4	205,5
57,8	88,3	89,5	163,8	187,7	63	96,5	97,4	183,1	206,2
58	88,6	89,8	164,5	188,4	63,2	96,8	97,7	183,9	206,9
58,2	88,9	90,1	165,2	189,1	63,4	97,1	98,0	184,6	207,6
58,4	89,2	90,4	165,9	189,8	63,6	97,4	98,3	185,4	208,4
58,6	89,6	90,7	166,7	190,5	63,8	97,7	98,6	186,1	209,1
58,8	89,9	91,0	167,4	191,2	64	98,0	98,9	186,9	209,8
59	90,2	91,3	168,1	191,9	64,2	98,3	99,2	187,6	210,5
59,2	90,5	91,6	168,8	192,6	64,4	98,6	99,5	188,4	211,3
59,4	90,8	91,9	169,6	193,3	64,6	99,0	99,8	189,1	212,0
59,6	91,2	92,2	170,3	194,0	64,8	99,3	100,1	189,9	212,8
59,8	91,5	92,5	171,1	194,7	65	99,6	100,4	190,6	213,5
60	91,8	92,8	171,8	195,4	65,2	99,9	100,7	191,4	214,3
60,2	92,1	93,1	172,6	196,1	65,4	100,2	101,0	192,1	215,1
60,4	92,4	93,4	173,3	196,8	65,6	100,5	101,4	192,9	215,9
60,6	92,8	93,7	174,1	197,6	65,8	100,8	101,7	193,6	216,7
60,8	93,1	94,0	174,8	198,3	66	101,1	102,0	194,4	217,4