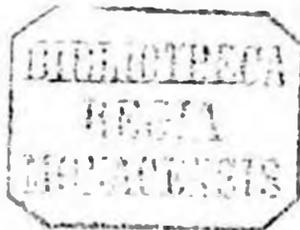


Ueber
q u a n t i t a t i v e A n a l y s e
durch
physikalische Beobachtungen.

Von
Conservator Steinheil.



1950

REPORT OF THE

COMMISSION

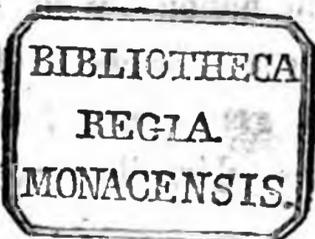
ON THE



*Ueber quantitative Analyse durch physikalische
Beobachtungen.*

Wenn verschiedenartige Dinge mit einander verglichen werden sollen, so muss das Maass der Vergleichung allen zukommen, aber in verschiedenem Grade. Die Vergleichung beruht dann darauf, das Mehr und Weniger nach der gemeinsamen Eigenschaft zu ermitteln.

Wir vergleichen die Körper nach ihrer absoluten Schwere. Dabei wird irgend eine Wirkung der Schwerkraft als Einheit angenommen und ermittelt, wie viele solcher Einheiten jedem der zu vergleichenden Körper zukommen. Wir vergleichen sie nach spezifischer Schwere. Hier setzt man für alle gleich grosse Raumerfüllung voraus, und bestimmt für diese die entsprechenden Einheiten der Schwerkraft. Nimmt man aber gleich viele Einheiten der Schwerkraft für alle an, so sind die Räume, welche sie erfüllen, nicht mehr für alle gleich und die Beobachtung oder Vergleichung bestimmt dann diese. — Aber so wie wir hier die Ausdehnungen und die relativen Einwirkungen der Schwere zu Ver-



*Ueber quantitative Analyse durch physikalische
Beobachtungen.*

Wenn verschiedenartige Dinge mit einander verglichen werden sollen, so muss das Maass der Vergleichung allen zukommen, aber in verschiedenem Grade. Die Vergleichung beruht dann darauf, das Mehr und Weniger nach der gemeinsamen Eigenschaft zu ermitteln.

Wir vergleichen die Körper nach ihrer absoluten Schwere. Dabei wird irgend eine Wirkung der Schwerkraft als Einheit angenommen und ermittelt, wie viele solcher Einheiten jedem der zu vergleichenden Körper zukommen. Wir vergleichen sie nach spezifischer Schwere. Hier setzt man für alle gleich grosse Raumerfüllung voraus, und bestimmt für diese die entsprechenden Einheiten der Schwerkraft. Nimmt man aber gleich viele Einheiten der Schwerkraft für alle an, so sind die Räume, welche sie erfüllen, nicht mehr für alle gleich und die Beobachtung oder Vergleichung bestimmt dann diese. — Aber so wie wir hier die Ausdehnungen und die relativen Einwirkungen der Schwere zu Ver-

gleichungseinheiten gewählt haben, weil sie allen Körpern zukommen, aber bei jedem numerisch verschieden vom andern; eben so können wir auch andere **Eigenschaften**, die mehreren Körpern zugleich zukommen, als **Maass** derselben wählen.

Wir vermögen also jeden Körper zu bezeichnen und von dem andern dadurch zu unterscheiden, dass wir angeben, *wie viel Einheiten* einer gewissen **Eigenschaft** ihm zukommen, wobei aber immer die **Einheiten** ganz willkürlich bleiben und durchaus nicht mit einander verglichen werden können, weil sie auf **Ungleichartigem** beruhen.

Wenn indessen, wie wir eben sahen, die Körper einzeln bestimmt sind durch das **Wieviel** einer gewissen **Eigenschaft**; sollte nicht auch in einer Verbindung von zwei oder mehreren Körpern sich umgekehrt aus dem **Wieviel** verschiedener **Eigenschaften** das **Wieviel** einer gewissen **Eigenschaft** bestimmen lassen? Aber wir nennen quantitative Bestimmung das **Wieviel der Schwere**. — Unsere Vorstellung hat sich an diese **Maasseinheit** ganz gewöhnt. **Quantitative Analyse** glauben wir müsse in **Gewichtseinheiten** gegeben seyn, obschon im Grunde nur die Sicherheit ihrer **Messungsmittel** dafür spricht. — Bleiben wir also bei der **Schwere**, so stellt sich die **Frage**, ob durch das **Wieviel** anderer **Eigenschaften** das **Wieviel** jedes Körpers in einem **Gemenge** bestimmt werden könne.

Gewiss nur in solchen Fällen, wo durch die **Verbindung** der zwei Körper (wenn wir uns vorläufig auf diese **Zahl** beschränken) die **gemeinsame Eigenschaft** *nicht* verschwindet, sondern entweder **ungeändert** übergeht auf die **Verbindung** oder aber nur **Modifikationen** erleidet, welche nach dieser **Eigenschaft** noch **commensurabel** bleiben.

Dieser Weg der quantitativen Bestimmung kann folglich *nie allgemein anwendbar* werden. Indessen kann er sich mit Vortheil auf sehr viele Verbindungen ausdehnen lassen. Betrachten wir vorerst Auflösungen und Gemenge von Flüssigkeiten. —

Sey ein Gemenge von zweierlei Flüssigkeiten gegeben. Was ist zur Bestimmung der relativen Quantität von jeder durch physikalische Beobachtungen erforderlich?

Die Aufgabe ist: man soll bestimmen die Gewichtsprocente α der einen Substanz. Wir verlangen also Vergleichung der beiden Stoffe nach Einheiten der Gravitationswirkung und zwar für den speciellen Fall, wo die Summe für beide Stoffe $= 100$, eine schon gegebene Grösse ist. Dadurch sind aber die Gewichtsprocente β der andern Substanz auch gegeben, wie man α kennt, weil $\alpha + \beta = 100$ seyn soll, folglich $\beta = 100 - \alpha$ wird, was zur Elimination an β ausreicht.

In diesem Falle ist also nur noch Eine unbekante Grösse zu bestimmen. Nehmen wir nun an, zu ihrer Bestimmung diene die Beobachtung A irgend einer physikalischen Eigenschaft, wo wir unter A den Zahlenwerth verstehen, der das Mehr oder Weniger dieser Eigenschaft an dem zur Messung derselben bestimmten Instrumente ausdrückt. Dann ist klar, dass, wenn die Eigenschaft auch in der Verbindung des Körpers mit einem andern noch besteht, eine Relation stattfinden müsse zwischen dem Procentgehalt α und der Beobachtung A . Welcher Art aber auch immer dieser wechselseitige Zusammenhang zwischen A und α seyn mag, so wissen wir, dass sich A darstellen lässt durch eine Reihe, die nach den Potenzen von α fortschreitet; dass man also hat:

$$A = M + N\alpha + O\alpha^2 + P\alpha + \dots] \quad (I)$$

wo M , N , O , n , s . W . Constante bedeuten, die sich nach der Natur des gelösten Stoffes und nach der Natur des Lösungsmittels richten.

Dieser Ausdruck bildet die Grundlage unserer bisherigen Areometrie. Denn gesetzt, man beobachte so vielerlei, nach bekannten Verhältnissen zusammengesetzte Gemenge, als nöthig sind, um M , N , O , P u. s. f. zu bestimmen, so ergibt sich die numerische Relation zwischen A und α für jeden Werth von α . Ist diese Relation aber einmal etwa tabellarisch hergestellt, dann dient die blosser Beobachtung von A , um aus dieser Tabelle das entsprechende α zu finden. So sind die Verbindungen von Weingeist und Wasser, von Zucker und Wasser, von Säuren und Wasser, von Alkalien und Wasser bearbeitet und so könnten noch viele Verbindungen von zweierlei Stoffen folgerich behandelt werden.

Dabei ist es nicht nöthig, sich unter A die Beobachtung der specifischen Schwere — etwa die Angabe des Areometers zu denken; denn A kann jede physikalische Eigenschaft seyn, durch welche sich die zwei gemengten Körper quantitativ unterscheiden und die sich genau beobachten oder überhaupt so bestimmen lässt, wie es der speciellen Anforderung gerade am besten entspricht.

In meiner optischen Gehaltsprobe ist A gegeben durch die Grösse des Unterschiedes der Brechbarkeit des Lichtes, und je nachdem man nun andere Scalen für die Werthe der A entwirft, sind die Angaben nach Gewichtsprocenten, nach Volumen oder nach irgend einer gewählten Einheit. — Eben so würden sich noch viele physikalische Eigenschaften behandeln und messbar machen lassen; aber so lange es nur darauf ankommt, zwei Körper in einem Gemenge quantitativ zu ermitteln, ist diess unnöthig, da schon

Eine Eigenschaft — etwa die Schwere — oder die Brechbarkeit — wie wir oben gezeigt haben, zu dieser Bestimmung ansreicht.

Betrachten wir nun aber den Fall etwas näher, wo drei Körper eine Auflösung bilden, und die Procentgehalte von jedem derselben auf ähnlichem Wege ermittelt werden sollen.

Hier hängt die Beobachtung A nicht mehr wie in (I) nur ab von Constanten und Potenzen von α , sondern, wenn wir den Procentgehalt des dritten Stoffes durch β bezeichnen, auch von β und seinen Potenzen; man müsste also setzen

$$\begin{aligned} A &= M + N\alpha + O\alpha^2 + \dots \\ &+ M' + N'\beta + O'\beta^2 + \dots \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} A &= M + N\alpha + O\alpha^2 + \dots \\ &+ M' + N'\beta + O'\beta^2 + \dots \end{aligned}} \right\} \text{(II)}$$

Aber zur Bestimmung von α und β reicht Eine Gleichung nicht hin. Wir müssen also noch eine andere, von α und β abhängige, aber von ersterer wesentlich verschiedene Relation herstellen, wenn beide getrennt werden sollen. Eine solche Relation geht hervor aus der Beobachtung einer zweiten physikalischen Eigenschaft an dem Gemenge. Denn sey B , analog mit A , die numerische Angabe der zweiten Eigenschaft, so hat man eben so wie oben

$$\begin{aligned} B &= m + n\alpha + o\alpha^2 + \dots \\ &+ m' + n'\beta + o'\beta^2 + \dots \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} B &= m + n\alpha + o\alpha^2 + \dots \\ &+ m' + n'\beta + o'\beta^2 + \dots \end{aligned}} \right\} \text{(III)}$$

In der Gleichung (II) ist A eine Funktion von α und β , in (III) B eine Funktion von α und β ; daher muss auch α eine Funktion von A und B , und β eine Funktion von A und B seyn. Entwickelt man diese wieder nach Potenzen mit unbestimmten Coefficienten, so wird

$$\begin{array}{r}
 \alpha = P + QA + RA^2 + SA^3 + \dots \\
 \quad + Q'B + R'B^2 + S'B^3 + \dots \\
 \\
 \beta = p + qA + rA^2 + sA^3 + \dots \\
 \quad + q'B + r'B^2 + s'B^3 + \dots
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{r} \alpha \\ \beta \end{array}} \right\} \text{III}$$

Denken wir uns nun, dass man wieder den Procenten nach bekannte Gemenge aus den dreierlei Stoffen gebildet habe, und zwar in ausreichender Anzahl, um alle vorkommenden Coeffizienten zu bestimmen, dass die numerischen Relationen wieder in tabellarische Abhängigkeit gebracht wären u. s. w., so würden jetzt die zwei physikalischen Beobachtungen A und B durch die Tabelle die verlangten Werthe von α und β durch Addition von Columnenwerthen geben. Allein es dürfte, je nach der Natur der Verbindungen, die Durchführung dieser Arbeit sehr mühsam werden, wenn die höhern Potenzen von A und B noch von merklichem Einfluss auf α und β blieben.

Ueberlegen wir daher, unter welchen Bedingungen der Einfluss der zweiten und höhern Potenzen von α und β in (II) und (III) vermindert und unmerklich werde. Diess erfolgt, wenn sie selbst kleine Grössen sind im Verhältniss zur Summe ($\alpha + \beta + \gamma$); α und β sind aber die Procentgehalte der aufgelösten Stoffe. Wenn diese also wenig sind im Verhältniss zu dem Auflösungsmittel γ , dann können obige Ausdrücke als lineare Funktionen betrachtet werden, und dann fällt alle Complication der Aufgabe hinweg. Aber eine doppelte Beschränkung tritt statt obiger Schwierigkeit ein. Denn α und β werden cet. p. um so genauer bestimmt, je grösser sie sind; hier sollen sie aber nur kleine Grössen seyn — und kleine Procentgehalte umfassen für den zweiten Fall nicht alle möglichen Verbindungen zwischen den betreffenden Stoffen. —

Für beide Hindernisse lassen sich die geeigneten Gegenmittel angeben. Denn das erste verschwindet, wie man die Sensibilität der Messungsmittel dem Maximalumfange der Procentgehalte anpasst, und das zweite, wenn zu untersuchende, reichhaltigere Verbindungen durch ein gemessenes Quantum des Auflösungsmittels so weit verdünnt werden, dass die Procentgehalte nun innerhalb der Proportionalität liegen.

Im Grunde bietet weder die eine Methode, wo zweite und höhere Potenzen berücksichtigt werden müssen, noch die andere, wo lineäre Funktionen vorausgesetzt werden, *wesentliche Schwierigkeiten*, nur ist letztere in der Durchführung weit einfacher, daher wir sie hier geben wollen.

Unter der Voraussetzung linearer Funktionen gibt die Beobachtung einer Auflösung von drei Stoffen, zusammengesetzt nach bekannten Gewichtsprocenten, nach der Einen physikalischen Eigenschaft

$$\alpha = AM + BN + O \text{ und}$$

$$\beta = AM' + BN' + O'$$

} (IV)

letzte Gleichung nach einer Andern physikalischen Eigenschaft.

Hier sind A , B , α und β bekannte Grössen, und es sollen zur Bildung einer Tabelle, welche für jeden Werth von A und B dann die entsprechenden α und β gibt, die Coëffizienten MNO $M'N'O'$ bestimmt werden. Ihre Zahl ist 6. Wir benöthigen folglich 6 Gleichungen, die man erhält durch Bildung und Beobachtung von dreierlei Gemengen nur nach den Procentgehalten verschieden. Die Beobachtung des zweiten Gemenges gibt also an denselben physikalischen Eigenschaften:

$$\left. \begin{aligned} \alpha' &= A' M + B' N + O \\ \beta' &= A' M' + B' N' + O' \end{aligned} \right\} \text{(V)}$$

Endlich gibt das dritte Gemenge

$$\left. \begin{aligned} \alpha'' &= A'' M + B'' N + O \\ \beta'' &= A'' M' + B'' N' + O' \end{aligned} \right\} \text{(VI)}$$

Werden in den Gleichungen (IV) (V) (VI) die numerischen Werthe der Beobachtungen A, B, A', B', A'', B'' und eben so die Zahlenwerthe der Procentgehalte $\alpha, \beta, \alpha', \beta', \alpha'', \beta''$ substituirt, so ergeben sich aus obigen sechs Gleichungen die sechs unbekanntenen $MNO, M' N' O'$.

Diese in die Gleichungen (IV) gesetzt, geben dann die numerische Bestimmung von α und β irgend eines Gemenges, was bestimmt werden soll, wie die entsprechenden A und B beobachtet sind.

Die obigen Constanten werden jedoch abhängig seyn von der Temperatur, bei welcher die Beobachtungen der Gemenge angestellt sind. Denn die Constanten hängen von der Natur der gemengten Substanzen ab, diese aber ändert mit der Temperatur. Man wird daher ihre Bestimmung an denselben Gemengen bei einer zweiten möglichst verschiedenen Temperatur wiederholen.

Waren die Coëffizienten bei der Temperatur

$T \dots MNO M' N' O'$ und bei der Temperatur

$t \dots m n o m' n' o'$

so erhält man für irgend eine Temperatur $t + \tau$

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= A \left\{ m + \frac{\tau}{T-t} (m - M) \right\} + B \left\{ n + \frac{\tau}{T-t} (n - N) \right\} + \frac{\tau}{T-t} (o - O) \\ \beta &= A \left\{ m' + \frac{\tau}{T-t} (m' - M') \right\} + B \left\{ n' + \frac{\tau}{T-t} (n' - N') \right\} + \frac{\tau}{T-t} (o' - O') \end{aligned} \right\} \cdot \text{(VII)}$$

woraus die Procentgehalte α und β für jede Temperatur folgen, wie A , B und τ beobachtet sind.

Hatte man bei Ableitung der Coëffizienten mehr Gemenge gebildet und beobachtet, als zu ihrer Bestimmung nothwendig waren, was immer räthlich seyn wird, um zu sehen, ob man sich nicht von der Proportionalität entfernt, so können die Verbesserungen dieser Coëffizienten nach der Methode der kleinsten Quadrate abgeleitet werden. Ergäbe sich bei diesen ein Fortschreiten der Unterschiede von den Beobachtungen von gleichem Zeichen, so ist die Erscheinung nicht durch die angenommene lineäre Funktion darzustellen. Man müsste also dann den Procentgehalten noch engere Grenzen geben.

Um jedoch der Berechnung für jede einzelne Benützung dieser Methode zu überheben, ist es erforderlich, die Gleichungen (VII) in zwei Tafeln zu bringen.

Sey in der ersten Tafel A , oder die Zahlenwerthe der Beobachtung der einen physikalischen Eigenschaft, das Argument. Man gebe A successive fortschreitende Werthe innerhalb der Grenzen, welche die frühern Betrachtungen festgestellt haben. Diese Werthe schreibe man in einer Verticalcolumnne A. Für diese verschiedenen Werthe von A rechne man:

in Columnne II	in Columnne I
$A \left\{ m + \frac{\tau}{T-t} (m - M) \right\}$	$A \left\{ m' + \frac{\tau}{T-t} (m' - M') \right\}$

welche auf gleiche Horizontale mit dem entsprechenden Werthe von A gesetzt werden.

In der zweiten Tafel bilde die Beobachtung B der andern physikalischen Eigenschaft das Argument. Man gebe B wieder successive nach gleichen Intervallen für das Instrument fortschreitende Werthe unter Beachtung derselben Grenzen und trage sie in Columne C. Dann rechne man wieder für die verschiedenen Werthe von B die Glieder:

$$\begin{array}{c} \text{in Columne IV} \\ B \left\{ n + \frac{\tau}{T-t} (n-N) \right\} + \frac{\tau}{T-t} (o-O) \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{c} \text{in Columne III} \\ B \left\{ n' + \frac{\tau}{T-t} (n'-N') \right\} + \frac{\tau}{T-t} (o'-O') \end{array}$$

welche eben so auf dieselbe Linie mit entsprechenden Werthen von B zu stehen kommen.

Neben die Columnen I, II, III, IV setze man diejenigen Aenderungen der Columnenwerthe, welche aus einem Temperaturunterschied von 10° hervorgeht. Dann findet man durch Interpolation für jede Temperatur die Procentgehalte:

$$\begin{aligned} \alpha &= \text{II} + \text{IV} \\ \beta &= \text{I} + \text{III} \end{aligned}$$

Für Fälle nun, wo die zu bestimmenden Gemenge in den Procentgehalten α und β reicher sind, als dass sie sich in der Tafel fänden, mische man mit Einem von diesem Gemenge abgewogenen Gewichtstheile das m fache Gewicht von dem Auflösungsmittel so, dass immer die Gehalte innerhalb der Tafel liegen. Diese gebe die Zahlenwerthe α und β , woraus die Procentgehalte des ursprünglichen Gemenges α' und β' aus der einfachen Relation hervorgehen:

$$\left. \begin{aligned} \alpha' &= (m + 1) \alpha \\ \beta' &= (m + 1) \beta \end{aligned} \right\} \text{(VIII)}$$

Soweit die Vorschriften im Allgemeinen. Nun wollen wir diesen gemäss ein Beispiel durchführen.

Es sey zur Untersuchung der Verbindungen von Zucker, Alkohol und Wasser die nach obiger Methode erforderliche Tafel zu entwerfen.

Wir wählen dieses Beispiel wegen der in technischer Beziehung wichtigen Ermittlung des Zucker- und Alkoholgehaltes der Biere und der süssen weinigen Flüssigkeiten. Wir stellen überdiess die Bedingungen, dass die Beobachtungen nicht so fast den möglichsten Grad der Genauigkeit haben sollen, als vielmehr leicht und selbst von Ungeübten rasch und hinreichend sicher anzustellen seyn sollen. Dadurch ist die Wahl der Messungsmittel limitirt. Wären die beabsichtigten Zwecke andere, so könnten in Bezug auf Genauigkeit zweckmässigere Mittel ergriffen werden. Aber da unsere Methode überhaupt nur in speciellen Fällen Anwendung finden wird, möge sie an diesem Beispiel zeigen, was für solche von ihr zu erwarten steht.

Wir benöthigen die Beobachtung von zwei physikalischen Eigenschaften. Diese sollen überdiess für die zwei zu trennenden Stoffe, hier Zucker und Alkohol, quantitativ möglichst verschiedene Werthe geben. Aber das spezifische Gewicht ist für Zucker und Alkohol sehr verschieden und Zucker bricht überdiess das Licht $2\frac{1}{4}$ mal stärker als Alkohol, wenn gleiche Gewichtsmengen verglichen werden. Spezifische Schwere und Lichtbrechung sind also für diesen Fall geeignet. Die weitem Bedingungen, welche wir

stellten, nöthigen die spezifische Schwere mit der Senkspindel, die Strahlenbrechung mit meiner optischen Gehaltsprobe zu beobachten.

Sey die Scala der Senkspindel nach Gewichtsprocenten krystallisationswasserfreien Zuckers bei 14° R. = A . Die Angabe der optischen Gehaltsprobe nach Maassen Normalbier im Eimer bei $+ 14^{\circ}$ = B .

Aus der Gleichung (IV) ersieht man, dass die sechs Coëffizienten $M N O$, $M' N' O'$ zu bestimmen sind. Dazu werden sechs Gleichungen benöthiget, welche sich ergeben aus der Beobachtung von drei, nach bekannten Gewichtsprocenten zusammengesetzten Gemengen. Da jedoch auch die Beobachtung des reinen Wassers, wo der Gehalt = 0 ist, zwei Gleichungen liefert, bedürfen wir nur noch zwei Gemenge, die wir aus abzuwägenden Quantitäten von Zucker, Alkohol und Wasser zu bilden haben.

Um jedoch sicherlich nicht von der vorausgesetzten Proportionalität merklich abzuweichen, enthalte die Flüssigkeit I nur

$$\begin{array}{l} 2 \text{ Procent Alkohol} = \alpha \\ 7 \quad \text{,,} \quad \text{Zucker} = \beta \end{array}$$

die Flüssigkeit II aber

$$\begin{array}{l} 6 \text{ Procent Alkohol} = \alpha' \\ 2 \quad \text{,,} \quad \text{Zucker} = \beta' \end{array}$$

Bei Abwägung ist das gebundene Krystallisationswasser des Zuckers, was nach Berzelius 5.3 Procente beträgt, und der Wassergehalt des verwendeten Alkohols berücksichtigt worden. Diese

Gemenge und destillirtes Wasser, beobachtet bei zweierlei verschiedenen Temperaturen, ergaben:

bei $+ 5^{\circ}$ R. = t

Areometer	$A = 6.225$	optische Probe	$B = 75.0$
	$A' = -0.4375$		$B' = 43.3$
	$A'' = 0.24$		$B'' = 0.0$

bei $+ 16^{\circ}.5$ R. = T .

$A = 5.75$	$B = 72.5$
$A' = -0.70$	$B' = 41.4$
$A'' = -0.25$	$B'' = 0.0$

ferner ist nach dem Obengesagten

$\alpha = 2$	$\beta = 7$
$\alpha' = 6$	$\beta' = 2$
$\alpha'' = 0$	$\beta'' = 0$

Diese Werthe substituirt in die Gleichungen (IV) (V) (VI) gehen

bei $+ 16.5^{\circ}$

$M = -1.25667$	$N = 0.13159$	$O = -0.31416$
$M' = 0.51387$	$N' = 0.054025$	$O' = 0.12847$

bei $+ 5.0^{\circ}$

$m = -1.17240$	$n = 0.12024$	$o = +0.28138$
$m' = 0.49394$	$n' = 0.05392$	$o' = -0.11855$

Diese 12 Coëffizienten in die Gleichungen (VII) gesetzt, ergeben endlich den Werth von α und β irgend eines Gemenges durch $A B$ und τ für die Temperatur von $5^{\circ} + \tau$ Grad

für $(5 + \tau)^\circ$

$$\alpha = -A((1.17240) + \tau(0.00733)) + B((0.12024) + \tau(0.00099)) - \tau(0.05179) + 0.28138$$

$$\beta = A((0.49594) + \tau(0.00173)) + B((0.05392) + \tau(0.00001)) + \tau(0.02148) - 0.11855 \quad (\text{vii})$$

Setzt man $\tau = + 9$ Grad, so ergibt sich für die Temperatur von

+ 14°

$$\alpha = -A(1.23842) + B(0.12912) - 0.18469$$

$$\beta = A(0.50954) + B(0.05400) + 0.07477$$

Entwickelt man diese Ausdrücke nach der früher gegebenen Vorschrift in zwei Tafeln, wo A successive von $\frac{1}{8}$ zu $\frac{1}{8}$ Procent, B aber von 1 zu 1 Trommeltheil fortschreitet, so erhält man:

+ 14°.

+ 14°.

A	III	$\overset{-10^\circ}{\Delta}$ III	IV	$\overset{-10^\circ}{\Delta}$ IV
4	-4.52	-0.80	+ 1.78	-0.06
5	67	10	85	7
6	83	9	91	6
7	98	8	17	6
4.0	-5.14	7	+ 2.04	7
1	29	6	10	7
2	45	5	17	8
3	60	4	23	8
4	76	3	29	8
5	91	3	36	9
6	-6.07	2	42	9
7	22	-0.01	48	8
5.0	38	+ 0.01	55	9
1	53	1	61	9
2	69	3	68	10
3	84	3	74	10
4	-7.00	4	80	10
5	15	5	87	10
6	31	6	93	10
7	46	7	99	10
6.0	62	9	+ 3.06	10
1	77	9	12	11
2	93	10	18	11
3	-8.07	10	25	11
4	23	11	31	12
5	-8.39	+ 0.12	+ 3.38	- 0.12

B	I	$\overset{-10^\circ}{\Delta}$ I	II	$\overset{-10^\circ}{\Delta}$ II
58	+ 7.49	+ 0.30	+ 3.21	- 0.23
59	62	29	26	22
60	75	28	32	25
1	87	27	37	22
2	8.00	26	42	22
3	13	25	48	23
4	26	24	53	22
5	39	23	59	23
6	52	22	64	22
7	65	20	69	22
8	78	29	75	23
9	91	11	80	22
70	.904	17	86	23
1	17	16	91	22
2	30	15	+ 3.96	22
3	43	14	+ 4.02	23
4	55	14	07	22
5	68	13	13	23
6	81	12	18	22
7	94	11	23	22
8	10.07	10	29	23
9	20	9	34	22
80	33	8	40	23
1	46	7	45	23
2	59	6	50	22
3	72	5	56	23
4	85	4	61	22
5	10.98	3	67	23
6	+ 11.10	+ 0.03	+ 4.72	- 0.23

für die Temperatur $14^{\circ} + \tau$ ist

$$\beta = I + (\Delta I) \frac{\tau}{10} + III + (\Delta III) \frac{\tau}{10}$$

$$\alpha = II + (\Delta II) \frac{\tau}{10} + IV + (\Delta IV) \frac{\tau}{10}$$

Wir haben hier den Tafeln nur diejenige Ausdehnung gegeben, welche die Bestimmung des Gehaltes der in München gebrauten Biersorten erfordert. Diese wollen wir als Beispiel der Anwendung nun sämmtlich untersuchen. Wir werden überdiess die Beobachtungen bei zwei möglichst verschiedenen Temperaturen anstellen, um aus den Abweichungen in den Bestimmungen den mittlern Fehler kennen zu lernen. Dieser lehrt dann, ob es geeignet ist, bei grösserer Ausdehnung der Tafel, zur leichtern Rechnung, die Hunderttheile der Procentgehalte wegzulassen. —

Es muss bemerkt werden, dass bei der Bestimmung des 0-Punktes der optischen Probe sich an dem benützten Instrumente eine kleine Veränderlichkeit zeigte, der zu Folge der mittlere Fehler hier grösser ausfallen muss, als bei später ausgeführten Gehaltsmessern, wo diesem Mangel begegnet ist. Uebrigens ist diess von geringem Belang. —

Ich habe nach der Reduction die Brauereien nach dem Malzgehalte der Biere geordnet. Bedenkt man nämlich, dass bei der Gährung ein Theil des Zuckerstoffes zur Hälfte in Alkohol, zur Hälfte in Kohlensäure (die dann grösstentheils entweicht) umgestaltet wird, so muss die Würze der Biere ausser dem Zuckergehalte, den die Untersuchung nachweist, auch noch denjenigen Zucker enthalten haben, aus welchem der Alkohol gebildet wurde. Diess ist aber das doppelte Gewicht des gebildeten Alkohols. Man findet daher den Malzgehalt der Biere, wenn man zu ihrem Zuckergehalt das doppelte Gewicht des Alkohols beifügt. Die Columne Malzgehalt umfasst diese Zahlen, welche ebenfalls in Gewichtsprocenten zu verstehen sind.

Bestimmung des Zucker- und Alkoholgehaltes aller in München gebrauten Winterbiere, wie sie am 24. Januar 1843 in den Bräuhäusern abgegeben wurden.

	Beobachtungen				Procentgehalt an				Gehalt im Mittel				Malzgehalt in Gewichtsprocenten.
	Optische Probe		Pc. Arcometer		Alkohol aus Beobachtung		Zucker aus Beobachtung		Alkohol	Abw. v. Mittel hundertel pCt.	Zucker	Abw. v. Mittel hundertel pCt.	
	bei 0	bei 0	bei 0	bei 0	bei 0	bei 0	bei 0	bei 0					
+2.6	+14.0	+2.6	+14.0	2.6	14	2.6	14						
1 Utzschneider - Bräuerei	62.0	60.0	4.2	3.5	2.80	2.69	5.25	5.32	2.74	5	5.28	3	10.76
2 Gilgenrainerbräu	61.0	59.5	4.1	3.5	2.83	2.93	5.14	5.17	2.88	5	5.16	1	10.92
3 Prüglbräu	72.0	70.0	5.0	5.3	2.24	2.20	6.53	6.60	2.22	2	6.56	3	11.00
4 Bacherbräu	65.5	63.0	4.4	4.2	2.63	2.84	5.69	5.58	2.73	10	5.64	5	11.10
5 Lodererbräu	67.5	65.0	5	4.1	2.58	2.63	5.91	5.88	2.60	3	5.90	1	11.10
6 Zacherl, Vorstadt Au	65.8	63.5	4.4	4.2	2.69	2.74	5.72	5.67	2.71	2	5.70	3	11.11
7 Hallerbräu	64.0	61.0	4.4	4	3.04	2.73	5.36	5.41	2.89	16	5.39	2	11.17
8 Hallmeyrbräu	66.2	65.0	4.3	4.3	2.69	2.79	5.72	5.82	2.74	5	5.77	5	11.25
9 Hascherbräu	64.5	62.0	4.4	3.8	2.95	3.02	5.44	5.39	2.98	3	5.41	2	11.37
10 Löwenbräu	62.5	59.5	3.8	3.8	3.29	3.20	5.10	5.07	3.24	5	5.08	1	11.56
11 Ober-Ottlbräu	70.0	68.0	5.1	4.8	2.73	2.71	6.11	6.17	2.72	1	6.14	3	11.58
12 Singelspielerbräu	67.7	65.5	4.8	4.3	2.92	2.85	5.81	5.85	2.88	3	5.83	2	11.59
13 G. Pschorr, Neuhauserg.	69.6	67.5	5	4.4	2.81	2.80	6.02	6.08	2.80	0	6.05	3	11.65
14 M. Pschorr, Sendlingerg.	68.2	65.8	4.4	4.2	2.93	3.00	5.82	5.84	2.96	3	5.83	1	11.75
15 Löwenbräu, Buttler	69.5	67.0	4.4	4.4	2.96	2.89	5.96	5.98	2.92	3	5.97	1	11.81
16 Probstbräu	66.0	63.5	4.4	3.7	3.27	3.21	5.47	5.47	3.24	3	5.47	0	11.95
17 K. Hofbräuhaus, Weissb.	67.5	64.5	4.4	4	3.26	3.18	5.60	5.60	3.22	4	5.60	0	12.04
18 Ober-Spatenbräu	66.5	64.0	4.4	3.7	3.33	3.28	5.49	5.50	3.30	2	5.50	0	12.10
19 Faberbräu	71.6	70.0	5.1	4.4	2.91	2.97	6.19	6.28	2.94	3	6.24	4	12.12
20 Zengebräu	74.8	72.5	5.1	5.2	2.88	2.67	6.56	6.76	2.78	10	6.61	5	12.17
21 Augustinerbräu	71.1	69.0	5	4.5	2.99	3.00	6.11	6.16	3.00	0	6.13	2	12.13
22 Wagnerbräu	69.6	67.8	4.8	4.3	3.10	3.18	5.90	5.98	3.14	4	5.94	4	12.22
23 Kapplerbräu	72.0	69.0	5	4.5	3.11	3.00	6.16	6.16	3.05	5	6.16	0	12.26
24 Eberlbräu	65.5	62.5	4	3.4	3.48	3.54	5.32	5.23	3.51	3	5.27	4	12.29
25 K. Hofbräuhaus, Doppelb.	70.5	69.0	4.4	4.4	3.22	3.10	5.96	6.01	3.16	6	5.98	3	12.30
26 Thorbräu	66.5	64.5	4.4	3.8	3.47	3.49	5.43	5.47	3.48	1	5.45	2	12.41
27 Leistbräu	69.5	67.5	4.4	4.4	3.24	3.42	5.83	5.82	3.33	9	5.82	0	12.48
28 Kreuzbräu	78.0	75.5	5.5	5.2	2.95	3.05	6.85	6.83	3.00	5	6.84	1	12.84
29 Gebhardtbräu	70.5	67.5	4.4	4.4	3.51	3.49	5.83	5.85	3.50	1	5.84	1	12.84
30 Stubenvollbräu	77.5	75.5	5	5	3.18	3.21	6.69	6.76	3.20	1	6.72	3	12.92
31 Sterneckerbräu	75.0	72.5	5.1	4.8	3.32	3.29	6.38	6.41	3.30	2	6.40	1	13.00
32 Dürnberg	79.7	77.5	5.1	5.2	3.04	3.16	7.02	7.00	3.10	6	7.01	1	13.21
33 Oberkandlerbräu	71.5	70.0	4.4	4.4	3.83	3.75	5.88	5.96	3.69	6	5.92	4	13.30
34 Metzgerbräu	76.2	74.0	5	4.4	3.44	3.48	6.44	6.49	3.46	2	6.46	2	13.38
35 Hirschbräu	76.0	73.0	5	4.4	3.58	3.52	6.38	6.38	3.55	3	6.38	0	13.48
36 Menterbräu	75.7	72.5	4.4	4.4	3.66	3.60	6.19	6.28	3.63	3	6.23	4	13.49
37 Büchlbräu	75.5	73.0	4.4	4.4	3.66	3.67	6.29	6.31	3.66	0	6.30	1	13.62
38 Hagerbräu	86.5	83.5	6	6.1	2.94	3.01	7.73	7.70	2.97	3	7.71	1	13.65
39 Maderbräu	80.8	78.0	5.4	5	3.53	3.69	6.85	6.84	3.61	8	6.84	1	14.08
40 Schleibingerbräu	81.2	78.5	5.5	5	3.75	3.75	6.82	6.86	3.75	0	6.84	2	14.34
41 Schützbräu	87.5	85.5	6.3	5.7	3.35	3.58	7.80	7.69	3.46	11	7.75	6	14.67
42 Unterkandlerbräu	83.5	82.0	5.8	5.1	3.88	4.06	7.02	7.11	3.97	9	7.06	4	15.00
Mittel aus 42 Sorten .	71.75	69.42	4.93	4.52	3.11	3.20	6.15	6.13	3.142	±0.04	6.099	±0.02	12.384

Diese Zusammenstellung gibt manchen interessanten Aufschluss:

- 1) Die optische Probe gibt bei einem Gehalte von 70, wenn die Temperatur um $11^{\circ}.5$ R. steigt, 2.3 *weniger*, d. i. $\frac{1}{31}$. Doch liegt hier noch die kleine Unsicherheit über den 0-Punkt: welcher es zuzuschreiben ist, dass die Mittel aus beiden, Beobachtungsreihen nicht genau dasselbe geben.
- 2) Das Procentareometer gibt für $11^{\circ}.5$ Temperaturerhöhung um 0.41 Procent *weniger*, d. i. $\frac{1}{11}$.
- 3) Aus der Vergleichung der Zahlenwerthe der Columne Malzgehalt mit den directen Angaben beider Messungsmittel ist ersichtlich, dass keines *für sich allein* im Stande ist, ein richtiges Urtheil über die Quantität des zur Bereitung des Bieres verwendeten Malzes zu begründen. Ich führe als schlagendes Beispiel Nro. 3 an. Hier gibt die optische Probe 72, die Senkspindel $5\frac{1}{2}$. Dennoch ist der Malzgehalt nur 11.0.

Dagegen gibt Nro. 26 optisch nur 66.5, Senkspindel $4\frac{1}{8}$, während der Malzgehalt 12.4 beträgt, d. i. nahe $1\frac{1}{2}$ Procent mehr ist. Diess ist leicht zu begreifen, wenn man bedenkt, dass Alkohol in gleichem Gewicht gegen Zucker $2\frac{1}{4}$ mal weniger den Lichtstrahl ablenkt und überdiess auch die Flüssigkeit specifisch um so leichter erscheint, je mehr Alkohol darin enthalten ist. Aber zur Bildung des Alkohol war sein doppeltes Gewicht Malzzucker erforderlich. Daher kann nur die Berücksichtigung der Columne *Malzgehalt* ein Urtheil über die zu einem Biere verwendete Quantität Malz feststellen. Es ist kaum nöthig, hier zu bemerken, dass diess keineswegs im Widerspruche stehe mit dem, was ich a. O. über die Messungen durch die optische Probe für sich allein

angeführt habe. Hier bekommt der Alkohol doppeltes Stimmrecht gegen Zucker; in der optischen Probe allein $2\frac{1}{4}$ mal kleineres Stimmrecht als Zucker. Die Scala muss also natürlich eine andere werden, je nachdem man die eine oder die andere Voraussetzung zur Grundlage macht. Beide Sca- len sind richtig, aber in verschiedenen Einheiten ausgedrückt. — Bei der optischen hat der Alkohol einen kleinen Werth; in dieser Scala einen $4\frac{1}{2}$ mal grössern.

- 4) Die Zahlen *Malzgehalt* sind für jede Biersorte eine *unveränderliche Grösse*. Ob man die Würze oder die ausgegohrene Flüssigkeit beobachtet, immer wird diese Zahl dieselbe bleiben. Denn es findet nur Umgestaltung statt, wobei so viel Verlust durch Kohlensäure angenommen ist, als Alkohol gebildet wird. Aus demselben Malzgehalte könnten daher die verschiedensten Biere erzeugt werden, je nachdem man mehr oder weniger des Zuckergehaltes in Alkohol verwandelt. Sey der Malzgehalt M ; α der Alkoholgehalt, β der Zuckergehalt, so wird

$$M = \beta + 2\alpha$$

Es verhalte sich aber nun $\alpha : \beta = 1 : V$, wo V also das in der letzten Columnne gegebene Verhältniss von Alkohol zu Zucker ausdrückt, so hat man bei ein und demselben Malzgehalte

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \frac{M}{2 + V} \\ \beta &= V \frac{M}{2 + V} \end{aligned} \right\}$$

folglich so vielerlei verschiedene Biere, als man V verschiedene Werthe gibt.

Dieses Verhältniss von Alkohol zum Zucker in der ausgegohrenen Flüssigkeit ist aber vom entschiedensten Einfluss auf den Wohlgeschmack des Bieres. Biere, welche wenig Weingeist gebildet haben, sind, selbst bei sehr starkem Zuckergehalte, nie so angenehm, als die an Alkohol, folglich auch an entwickelter Kohlensäure reichhaltigeren Sorten.

5) Daher ist es sehr interessant, das Verhältniss von Alkohol zum Zuckergehalt im Mittel aus allen Münchner — also anerkannt guten — Bieren kennen zu lernen. Man sieht, dass etwas mehr als die Hälfte des ursprünglichen Malzgehaltes zur Bildung von Alkohol und Kohlensäure verwendet ist. Indessen scheint die Kunst des Brauens darauf hinaus zu gehen, durch möglichst langsame Gährung möglichst viel Alkohol zu bilden. Nro. 10 und 18 liefern den Beweis, da es sehr beliebte Biere sind, aber beide verhältnissmässig mehr Alkohol enthalten, als das Mittel aus allen hiesigen Bieren. Diesem Mittel entspricht sowohl in Quantität des Malzes, als im Verhältniss von Alkohol zu Zucker Nro. 25, das Doppelbier des königlichen Hofbräuhauses.

6) Das Mittel der Abweichungen der Bestimmungen lehrt im mittlern Fehler den Grad der Sicherheit der Bestimmungen mit den angewendeten Hilfsmitteln kennen. Der mittlere Fehler einer Bestimmung des Procentgehaltes

$$\begin{array}{l} \text{an Alkohol beträgt } 0.042 = \frac{1}{24} \\ \text{an Zucker } \dots \dots 0.0225 = \frac{1}{44.4} \end{array}$$

Wenn daher die Tafel nur 0.1 Procent gibt, so ist durch ihre Benützung ein Theil der Genauigkeit der Beobachtung geopfert.

Die Berechnung des Malzzuckergehaltes der Bierwürze aus dem gebildeten und im Biere bestimmten Alkohol, welche darauf beruht, dass 100 Theile Zucker durch die Gährung übergehen in 51.23 Alkohol und 48.77 Kohlensäure, soll, streng genommen nach dem Ausdruck geschehen

$$M = \beta + 1.952 \alpha.$$

Dieser Gehalt M kömmt aber nicht 100 Gewichtstheilen Würze, sondern $(100 + 0.952 \alpha)$ Gewichtstheilen zu. Diese circa 103 Gewichtstheile Würze geben aber wieder 100 Gewichtstheile Bier. Man kann daher M betrachten als Gewichtsprocente Malzzucker, welche zur Bildung des Bieres erforderlich waren.

Diess macht es möglich, aus dem Gehalt eines Bieres zurück zu schliessen auf die Quantität Malz, welche verwendet wurde zu seiner Bildung. Dazu ist erforderlich, zu wissen, wie viel Malzzucker sich aus einer gegebenen Quantität Malz von durchschnittlicher Beschaffenheit bildet. Prechtel macht diese Angabe in seiner technologischen Encyclopädie, Artikel Bierbrauerei pag. 113, wornach 1 Wiener Metzen Malz durchschnittlich 18 Wiener Pfund Zucker und Gummi gibt. Reduzirt man diese Angaben auf bayerische Maasse nach den Angaben in Gehlers physikalischem Wörterbuche, Artikel Maasse, durch die neufranzösischen, wornach sich findet

	Bayerisch	Oesterreichisch	
1 Eimer	68.43	56.601	Liter
1 Metzen	37.066	61.4994	Liter
1 Pfund	0.56	0.560012	Kilogramm

und beachtet, dass 1 Liter 1 Decimeter kubirt ist; also bei destillirtem Wasser 1 Kilogramm wiegt, so findet sich:

1 bayerischer Schöffel Malz liefert 120.1 bayerische Pfund oder 67.29 Kilogramme Malzzucker. Sey nun

E = Gewicht von 1 bayrischen Eimer Wasser bei 15° R.
= 68.43 Kilogramm.

A = Gewicht Malzzucker von 1 bayerischen Schöffel Malz mittlerer Bonität = 67.29 Kilogramme.

M = Gewichtsprocente Malzzucker in dem Biere.

S = Spezifische Gewicht bei 15° der Würze vom Malzzuckergehalte M .

x = Anzahl der Eimer Bier, welche aus 1 Schöffel Malz gewonnen werden, so ergibt sich:

$$x = \frac{100 \cdot A}{E \cdot M \cdot S}$$

Bringen wir diesen Ausdruck in eine Tafel, so ergibt sich für $M = 8, 9, 10, \dots, 16$.

Würze		1 Schöffel Malz liefert	
Scheinbar Spez. Gew. bei 15° . = S	Procent Malzzucker = M	Eimer Bier = x	Δx
1.03169	8.	11.9	1.37
1.03611	9.	10.6	1.10
1.04053	10.	9.5	0.90
1.04495	11.	8.6	0.75
1.04937	12.	7.8	0.63
1.05384	13.	7.2	0.54
1.05832	14.	6.6	0.47
1.06279	15.	6.2	0.41
1.06727	16.	5.8	

Diese Tafel liefert die Zahl der Eimer Bier auf circa $\frac{1}{60}$ richtig, was bei technischen Zwecken ausreichend erscheint. Sie setzt jedoch voraus, dass der Gehalt M aus dem analysirten Biere gebildet werde nach der Regel

$$M = \beta + 2\alpha.$$

Für Würze ist $\alpha = 0$ und der Gehalt unmittelbar gegeben durch ein Procent-Areometer für Zucker.

Hiedurch ist man im Stande, nachzuweisen, in wieferne die Biere der allerhöchsten Verordnung vom 11. Mai 1811 gemäss gebraut sind. Denn die Verordnung bestimmt, dass vom Schäffel Malz 7 Eimer Winterbier und 6 Eimer Sommerbier gebraut werden sollen.

Die Winterbiere sollen also 13.3 Malzgehalt haben, d. h. ihr Zuckergehalt + dem doppelten Alkoholgehalt soll 13.3 seyn, wenn anzunehmen ist, dass das Malz und das Malzen ein Durchschnittliches war. Diese Unsicherheit aus der Qualität des Malzes und aus der mehr oder minder vollkommenen Extraction der zuckerbildenden Theile, wird es nöthig machen, hier durch Experimente die Grenze für das Minimum zu bestimmen.

Die Sommerbiere sollen eben so 15.5 Malzgehalt bekommen, wobei wieder der von der Untersuchung gegebene Zuckergehalt und der doppelte Alkoholgehalt zusammen diesen Malzgehalt bilden.

Sehr wichtig und interessant erscheint es, dass die Untersuchung der Biere jetzt gar nicht auf ein bestimmtes Alter derselben limitirt bleibt, sondern eben so sicher bei der Würze als bei altem Biere vorgenommen werden kann. Denn alle Veränderungen, welche vorkommen, bis saure Gährung eintritt, sind Umgestaltung von

Zucker nach dem hier gegebenen Gesetze, wo also die ursprüngliche Menge Malzzucker immer wieder sicher gefunden wird.

Tritt die saure Gährung ein, so vermindert sich der Alkoholgehalt. Wenn also nicht schon der Geschmack solche Aenderungen sicher erkennen liesse, so würde die Probe diese Biere als zu geringhaltig bezeichnen, da der Alkohol doppelten Einfluss auf die Malzgehaltsbestimmung hat.

Die Vergleichung der Malzgehalte der Münchner Biere mit diesen Bestimmungen *) zeigt, dass nur $\frac{1}{4}$ der Bräuhäuser in Malzgehalt über der Verordnung ist, dass die schwächsten aber $\frac{2}{3}$ mehr Bier vom Schäffel Malz brauen, als nach der Verordnung bestimmt ist; oder aber sehr geringe Malzsorten und sehr unvollkommene Maischmethoden haben müssten. — Das Nachbier ist hiebei nicht berücksichtigt.

*) Ich wiederhole hier ausdrücklich, dass diese Bestimmung auf der Prechtelschen Angabe über ein mittleres Quantum Malzzucker vom Metzen Malz beruht. Hier ist angenommen, dass der Zuckergehalt per Schäffel Malz 120 Pfund betrage. Diess findet in Wirklichkeit gewiss nicht immer statt, weil dabei sehr viel auf die Qualität der Gerste und auf die Vollkommenheit der Maischmethode ankommt. Man könnte also eben so gut auch annehmen, dass alle hiesigen Bräuer 7 Eimer per Schäffel Malz gebraut haben und dann die *Qualität* von Malz und Maischmethode bestimmen. Diess würde aber genau auf dasselbe Resultat führen. Da es nun aber vorläufig bloss auf die Vergleichung untereinander ankommt, so scheint es am einfachsten, mit einem durchschnittlichen Malze zu vergleichen, was eben geschehen ist, bis directe Beobachtungen das hier noch Mangelnde ergänzen. Ich verwahre mich daher vor jeder Missdeutung des Gesagten.

Ungegohrnes Nachbier von Wind-
maissinger zeigt
Gegohrnes vom Augustinerbräu

Opt.	Ar.	Extr.	Alk.	Eimer p. Sch. Malz
80	$8\frac{1}{2}$	8.5	0.0	11
40	$2\frac{3}{4}$	3.6	1.7	14

Das Nachbier hat also etwas mehr als den halben Gehalt der Biere. Indessen kann es in keinem Falle abgezogen werden von dem Gehalte des Malzes, weil es bei spätern Suden immer wieder statt Wasser zum Maischen verwendet wird.

Das hier durchgeführte Beispiel wird den Vortheil anschaulich machen, welcher, in speciellen Fällen, aus der Anwendung dieser Methode hervorgeht. Es war unsere Absicht, die Bestimmung von Zucker- und Alkoholgehalt in wässriger Auflösung Jedem möglich zu machen, der eine Zahl ablesen und 2 Zahlen addiren kann. Diess ist erreicht. Die Operation fodert nur wenige Minuten Zeit und gibt eine mehr als ausreichende Genauigkeit für diesen technischen Zweck. Durch die Gleichungen (VII)' ist die ganze Classe von Gemengen aus Zucker, Alkohol und Wasser quantitativ ermittelt, sobald A, B und τ beobachtet werden.

Für Fälle, wo grössere als die erlangte Genauigkeit erforderlich ist, wird man sich anderer Messungsmittel — Theodolit — Gewichtswaage — bedienen müssen, und die entsprechenden Ausdrücke, analog den Gegebenen, entwickeln. — Durch Beobachtung derselben physikalischen Eigenschaften werden sich auch noch andere ternäre Verbindungen in ähnliche Ausdrücke bringen lassen und so ihre quantitativen Untersuchungen auf bequemere Form zurückgeführt werden.

Man wird aber auch Verbindungen von 4 und mehr Körpern durch Zuziehung einer dritten und weiterer physikalischer Eigen-

schaften ähnlich behandeln können. Dabei bleibt nur stets zu berücksichtigen, dass solche physikalische Eigenschaften gewählt werden müssen, welche für die zu trennenden Stoffe möglichst verschieden sind.

Das Auflösungsmittel war in obigem Beispiele Wasser; Säuern und Alkalien, dem Grade ihrer Verdünnung nach genau bekannt, könnten eben so benützt werden. Durch diese Methode wird man in vielen Fällen der jetzt gebräuchlichen analytischen Bestimmung, die viel zeitraubender ist, enthoben seyn. Ob sie jedoch nicht wesentlichere Vortheile, namentlich in der organischen Chemie, zu bringen vermag, wird die Zukunft lehren.

Für jetzt begnüge ich mich, den Weg solcher Untersuchungen im Allgemeinen bezeichnet und für Verbindungen von Zucker, Alkohol und Wasser durchgeführt zu haben.

Das Nächste, was für die weitere Förderung dieser Methode nun geschehen muss, ist, durch geeignete genaue Messungsmittel auch andere physikalische Eigenschaften anwendbar zu machen, um auch quaternäre Verbindungen ähnlich behandeln zu können.

Möge vorläufig dieser erste Schritt zu einer allgemeineren Areometrie als die bisherige, von der gelehrten Welt nicht ungünstig aufgenommen werden.

Im Januar 1843.