7

Ueber

die Anwendung

eines

logarithmischen

Proportionalkreises

zur

Ausführung und Controle

chemischer Berechnungen.

Von

Dr. L. v. Babo.

Heidelberg,

Verlag der Julius Groos'schen Universitäts-Buchhandlung.

1855.

Die zuerst von Wollaston unter dem Namen synoptische Scala der chemischen Aequivalente erschienene logarithmische Rechentafel war fast ganz vergessen, als vor 2 Jahren Bädecker eine neue Bearbeitung derselben unternahm. Durch Ausführung in grösserem Maassstab, durch Hinzufügen der Tafeln über Concentration der Alkalien, Säuren und des Alkohols gab derselbe dem Instrument Wollaston's grössere Brauchbarkeit. Doch eignete es sich auch in dieser Gestalt mehr für den Gebrauch des Technikers als des Chemikers vom Fach, da die ihm anhaftenden Uebelstände nicht gehoben, wenn auch vermindert sind. Auch bei der chemischen Rechentafel von Bädecker müssen die Zahlen der dritten Stelle schon geschätzt werden und dies wird wegen der zunehmenden Kleinheit der Theilung bei den grösseren Zahlen fast unmöglich. Ferner ist ihre Anwendbarkeit auf die darauf verzeichneten Verbindungen beschränkt und die Aufsuchung der einzelnen Körper bei Unkenntniss des Atomgewichts nicht immer leicht. Dennoch muss Jedem, der Bädecker's Rechentafel einmal angewendet hat, der grosse Nutzen einleuchten, den ein solches Instrument dem Chemiker bei wissenschaftlichen Untersuchungen gewähren kann, wenn es eine grössere Genauigkeit bietet und sich seine Benutzung nicht allein auf die Berechnung der äquivalenten Menge der einzelnen Körper beschränkt, sondern auf einen grösseren Theil der chemischen Rechnungen ausdehnt.

An die Stelle stundenlanger Rechnungen, welche in der Regel noch einer Wiederholung bedürfen, tritt in den meisten Fällen ein in zwei Minuten beendigtes Ablesen von Zahlen, bei welchen jeder grössere Fehler ausgeschlossen ist; an die Stelle der Berechnung der Formel das einfache Ablesen derselben aus der procentischen Zusammensetzung, verbunden mit einer genauen Beurtheilung der Grösse der Abweichung des theoretischen Resultats von dem der Analyse. Beim Lesen einer Abhandlung erlaubt das Instrument in kürzester Zeit die Richtigkeit der Berechnungen und der daraus gezogenen Schlüsse zu controliren und neue zu ziehen.

Täuscht man sich nicht über die scheinbare Genauigkeit unserer Analysen, so findet man, dass hierzu eine Genauigkeit von 3 Stellen vollkommen ausreicht. Man wird, wenn man von den mühevollen Arbeiten über die Aufstellung der Atomgewichte der einfachen Körper abstrahirt, nicht leicht einen Fall finden, bei welchem die 4. Stelle der Rechnung einen wesentlichen Einfluss auf das Resultat einer Analyse ausübt. Fallen doch die Differenzen, welche durch verschiedene Annahme der Atomgewichte bedingt sind, fast alle schon in die dritte Stelle, und bei Vergleichung einer grossen Anzahl von Analysen, namentlich organischer Körper, wird man sich wundern, wie wenige in der 3. Stelle unter sich oder mit dem theoretischen Resultate übereinstimmen. Die Grösse des Einflusses einer solchen Differenz auf die Berechnung der Formel fällt namentlich bei Körpern von hohem Atomgewicht in die Augen; es wird daher passend sein in dieser Beziehung einen Blick auf die Analysen der Stearinsäure zu werfen, eines Körpers, der erst in der neuesten Zeit eine so sorgfältige Bearbeitung durch **Heintz** erfahren hat. (Pogg. LXXXVII, S. 560.)

Man hat bei der Aufstellung der Formel dieser Säure zwischen der älteren und neueren Ansicht zu wählen.

Berechnet man aus beiden die procentische Zusammensetzung so findet man:

	$C^{36}\,H^{36}\,O^{4}$	$C^{68}\,H^{68}\,O^{7}$
Kohlenstoff	76,06	76,69
Wasserstoff	12,68	12,78
Sauerstoff	11,26	10,53
	100	100

Die beiden Formeln differiren nur um ein halbes Atom Sauerstoff und doch beträgt dies für C 6,3 Einheiten der 3. Stelle, für O 7,3 Einheiten derselben.

Würde das Instrument also noch Fehler von 2 Einheiten ergeben, so würde es zur Berechnung der Formel doch noch hinreichende Genauigkeit bieten.

Zu demselben Resultat gelangt man bei Vergleichung der Resultate der einzelnen Analysen, welche trotz aller Sorgfalt, die von Redtenbacher und Heintz darauf verwendet wurde, doch zwischen 75,06 und 75,9 im Kohlenstoffgehalt schwanken.

Auch bei den Alkaloiden und anderen Körpern, wenn sie sich noch so rein darstellen lassen, schwanken die Resultate in ähnlicher Weise.

Noch grösser werden die Differenzen in den Berechnungen, wenn man für den Kohlenstoff das alte und das neue Atomgewicht zu Grunde legt, und doch ist in Löwig's Handbuch sehr häufig die Berechnung des Atomgewichts nach C mit dem Atomgewicht 6,00 = 75,0 ausgeführt, während der daneben stehenden procentischen Berechnung das alte Atomgewicht (C = 76,5) zu Grunde gelegt ist, wie man sich an vielen Orten, z. B. Seite 1336 Meconsäure, S. 1340 Chinasäure, S. 1455 Parabansäurehydrat, S. 1505 Alloxan etc., überzeugen kann.

Zweifel, welches Atomgewicht zu Grunde gelegt sei, entstehen in vielen Journalen fast bei jeder Formel etc.

Diese Betrachtungen veranlassten mich den Gegenstand zu verfolgen und, nachdem es mir gelungen war dem Wollaston'schen Instrument eine für diesen Zweck passende Form zu geben, zu versuchen, ob es sich nicht durch Lithographie vervielfältigen und den Chemikern zugänglich machen liesse. So entstand der vorliegende Proportionalkreis, bei dessen Ausführung ich mir einfachen Gebrauch des Instruments und nicht zu hohen Preis bei möglichster Genauigkeit zur Hauptaufgabe stellte. Auch hielt ich es für wichtig eine gewisse Grösse nicht zu überschreiten. Ich zog die auch schon früher angewendete Kreisform vor, weil bei dieser den einzelnen Graden eine viel grössere Ausdehnung gegeben werden kann, da, wie bekannt, die Logarithmen der Zahlen zwischen 1 und 10, zwischen 10 und 100 dieselben Mantissen haben, welche hier allein in Betracht kommen. Ausserdem kann bei der Kreisform der Raum viel zweckmässiger benutzt werden, als bei der bisher üblichen Form eines Lineals.

Um dem Apparat möglichste Allgemeinheit in der Anwendung zu geben, hielt ich es vor Allem für nothwendig statt nur eines ausgetheilten Schiebers, welcher bisher den Atomgewichten gegenüber gestellt wurde, zwei identische, logarithmisch getheilte Kreise anzuwenden, deren einer die Stelle des Schiebers vertritt, während man auf dem andern jedes als bekannt vorausgesetzte Atomgewicht aufsuchen und, wenn man will, an seiner Stelle auftragen kann. Diese beiden Kreise stellen eine vollständige Rechenmaschine dar, mit der man jede Multiplication, Division und Proportion durch einfaches Gegenüberstellen ausführen kann und finden in dieser Weise bei den chemischen Rechnungen, welche sich ja sämmtlich auf diese Operationen zurückführen lassen, ihre Anwendung. Um nun diese Kreise zu speciellen Zwecken besonders bequem zu machen, kann man auf den einen Kreis am geeigneten Ort die Atomgewichte einzelner Körper auftragen. Weil doch nicht alle Körper aufgetragen werden können und dem Chemiker die Formeln der häufiger vorkommenden bekannt sein müssen, hielt ich es für zweckmässiger nur die einfachen Körper in einen besonderen Kreis und einige Verbindungen in anderen, weiter nach innen liegenden concentrischen Kreisen aufzutragen, und zwar so, dass diese in den durch ein Lineal repräsentirten Radius ihres entsprechenden Atomgewichts zu stehen kommen.

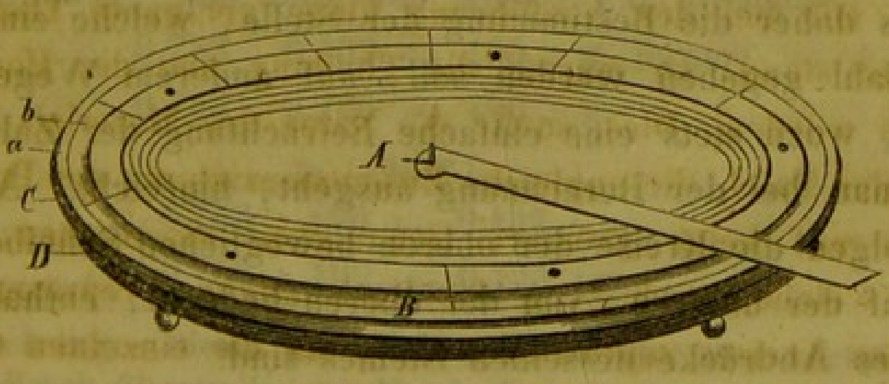
Da mir bei der Ausführung keine geeignete Theilmaschine zu Gebot stand, so musste die Theilung aus der Hand vorgenommen werden. Dies, sowie die Natur des Materials zum Aufziehen der Tafel, die ungleiche Zusammenziehung des Papiers etc., erlaubte auf keine grössere Genauigkeit einzugehen, als eine solche, welche durch $^1/_{3000}$ des Kreisumfanges repräsentirt wird. $^1/_{3000}$ des Kreises repräsentirt aber, da die einzelnen Grade ungleich sind, an den günstigen Stellen ungefähr zwei Einheiten der 4. Stelle, an den ungünstigsten eine Einheit der 3. Stelle.

Dieses findet zwischen 900 und 1000 statt, so dass hier das Resultat, wenn sich alle Fehler vereinigen, um eine Einheit zu hoch oder zu nieder ausfallen kann. Es lässt sich die Grösse des möglichen Fehlers zwar theoretisch für ein bestimmtes Instrument berechnen, allein eine solche Rechnung wäre unnütz, da für jedes Exemplar die Factoren erst bestimmt werden müssten. Die obige Genauigkeitsgränze hat sich als eine allgemeiner erreichbare bewährt.

Sehr schwierig war es, ein Material zu finden, welches dem Einfluss der Witterung etc. so weit widersteht, dass die Tafel darauf aufgezogen werden kann und ihre Form constant behält. Nachdem ich Holz und Pappdeckel vergeblich versucht hatte, fand ich ein solches in Zinktafeln, auf welche die Lithographie nach geeigneter Vorbereitung durch mit Salpetersäure versetztem Leim aufgeklebt wurde.

Der so entstandene Proportionalkreis besteht demnach aus zwei Platten von Zink (A und B der Tafel), welche sich um ein gemeinschaftliches Centrum drehen. Die untere Platte (B) wird auf einem hölzernen Tischchen, welches einen etwa ½″ grösseren Durchmesser besitzt als sie selbst, so befestigt, dass sie sich mit dessen Platte leicht drehen lässt. Dieses Tischchen, auf einem Fuss stehend, kann entweder neben den Arbeitstisch gestellt werden, oder es besteht aus zwei runden, gleich grossen Platten (C und D), deren untere auf 3 kleinen Knöpfen ruht, so dass es auf den Arbeitstisch gestellt werden kann.

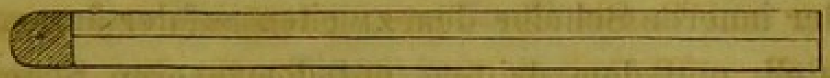
Figur I.



Um eine sichere Bewegung der oberen Platte möglich zu machen, ruht diese in der Mitte auf einem Zapfen und an der Peripherie auf 3 radial stehenden kleinen Rollen. Kleine Knöpfe oder Rippen am Rande der Platte erleichtern die Drehung. Die untere, auf diese Tischplatte befestigte Zinkplatte von 16½" Durchmesser wird grossentheils von der oberen (A) bedeckt, welche Letztere behufs der Einstellung vermittelst eines in die Löcher derselben gehaltenen Stiftes mit der rechten Hand fixirt wird, während man die untere gemeinschaftlich mit der Tischplatte mit der linken Hand dreht. Die Theilung beider Platten ist identisch; nur ist von der oberen der Rand so weit abgeschnitten, dass der äussere Logarithmenkreis der unteren sichtbar ist. Ist der Apparat so aufgestellt, so sieht man somit von der unteren Platte zwei getheilte Kreise. Der äusserste derselben (a) ist in 1000 gleiche Theile getheilt, welche so gross werden, dass noch Zehntel jeder Unterabtheilung gemessen werden können. Dieser Kreis, dessen Zahlen die Mantissen der Logarithmen der in dem folgenden Kreis (b) gegenüberstehenden Zahlen sind, kann zu gewissen Berechnungen benutzt werden und ist derjenige, nach dem die Theilung der übrigen Kreise vorgenommen wurde. Man kann diesen Kreis den Mantissenkreis nennen und die folgenden die der Numeri oder die Proportionalkreise. Da nun bekanntlich die Mantisse der Logarithmen derselben Zahl dieselbe bleibt, welche Stelle diese auch ausdrückt, z. B. die Mantisse des Logarithmus der Zahl 2 = 30103 ist, gleichgiltig, ob dieses zwei Zehntel, Einheiten, Zehner, Hunderter oder Tausender ausmacht, so kommen diese Zahlen an dieselbe Stelle des Kreises zu stehen. Es muss daher die Bestimmung der Stelle, welche einer gefundenen Zahl gegeben werden soll, auf anderem Wege gesucht werden, wozu stets eine einfache Betrachtung der Zahlen, von denen man bei der Berechnung ausgeht, hinreicht. Auf diesen Kreis folgen die Kreise der oberen beweglichen Scheibe, welche auch auf der unteren, von der oberen bedeckt, enthalten sind, da Beides Abdrücke desselben Steines sind.

Will man irgend eine Zahl in diesem Kreise aufsuchen, so dreht man zunächst den Theil des Kreises, der sie enthalten muss, gegen sich, fixirt denselben durch den Stift und legt das als Radius dienende Lineal*) genau auf den Punkt, welchen

Figur II.



die zu suchende Zahl repräsentirt. Die zwei ersten Stellen der zu suchenden Zahl findet man direct angeschrieben, die dritte wird wie bei einem Maassstab aufgesucht, während die vierte geschätzt werden muss, was durch Halbirung der dritten bis 500 erleichtert wird. Sucht man nun irgend eine Zahl n in der angegebenen Weise auf der inneren Scheibe (A) auf und stellt diese der Zahl 1 des äusseren gegenüber, so sind alle Zahlen des inneren Kreises gleich den gegenüberstehenden des äusseren multiplicirt mit der Zahl n; umgekehrt sind die Zahlen des äusseren Kreises die Quotienten der gegenüberstehenden Zahlen als Dividenden getheilt durch den Divisor n. Mit einer Einstellung werden somit sämmtliche Zahlen der beiden Kreise in das gleiche Verhältniss gebracht. Alle Proportionen sind aber nur einzelne Fälle eines solchen Verhältnisses. Sie lassen sich sämmtlich auf einen Bruch zurückführen, dessen Zähler oder Nenner 1 oder 100 ist. Hierauf gründen sich folgende Anwendungen des Kreises, die als Beispiele hervorgehoben werden mögen:

1) Berechnungen der Analysen auf Procente. Bekanntlich lässt sich hier der Ansatz auf zwei verschiedene Weisen machen. Man nehme an, man habe 0,753 Substanz angewandt und dabei 0,432 C und 0,125 H gefunden, man wolle auf 100 berechnen. Man kann den Ansatz nun stellen:

$$0{,}753 : 0{,}432 = 100 : x, \text{ ferner}$$
$$0{,}753 : 0{,}125 = 100 : x$$

oder:

$$0{,}753 : 100 = 0{,}432 : x$$
$$0{,}753 : 100 = 0{,}125 : x$$

Anmerkung. Dieses Lineal (Fig. 2) besteht am zweckmässigsten aus einem dicken Glasstreifen mit Messingfassung, um es auf den das Centrum bildenden Stift befestigen zu können. Eine Linie auf seiner unteren Seite stellt den Radius dar.

Wählt man den ersteren Ansatz, so hat man 2 Proportionen, in denen Divisor und Dividend wechseln. Sie lassen sich leicht durch den Kreis auflösen, wenn man je das erste Glied auf der inneren Scheibe dem zweiten auf der äusseren gegenüberstellt und dem dritten, auf der inneren Scheibe aufgesucht, gegenüber das vierte auf der äusseren abliest. Man hat hier für jede Gleichung eine besondere Einstellung zu machen. Wählt man dagegen den anderen Ansatz, so braucht man nur ein Verhältniss einzustellen und kann nicht allein die Procente von 2, sondern von 6—8 und mehr Körpern direct ablesen. Da die Genauigkeit hierbei nur bis Zehntelprocente geht, so wird man bei vielen Körpern einen kleinen Ueberfluss oder Mangel erhalten, dessen Einfluss aber sehr leicht beurtheilt werden kann. Es wird dies am klarsten, wenn man irgend ein Beispiel vergleicht. Die Analyse des schwefelsauren Kupferoxyd-Nickeloxydulkali habe ergeben bei der Anwendung von 4,399 Substanz:

KO	0,944
NiO	0,375
CuO	0,400
SO^3	1,600
HO	1,080

Man will auf 100 berechnen und stellt 4,399 des inneren Kreises gegenüber 100 des äusseren. Man findet nun z. B.:

944	gegenüber	anstatt	2146	die Zahlen	2145	oder	2147
375	„	„	852	„	853		
400	„	„	909	„	910		
1600	„	„	3638	„	3635	„	3634
1080	„	„	2455	„	2452	„	2456

Addirt man die fehlerhaften Zahlen, so erhält man nicht 100, sondern 99—101. Stellt man nun aber die so gefundene Zahl nochmals auf 100 und sucht die oben gefundenen Zahlen auf dem inneren Kreis auf, so werden die auf dem äusseren Kreis gegenüberstehenden Zahlen nur um wenige Einheiten der 4 Stelle von der Wahrheit abweichen.

2) Die Reduction einer Reihe von Zahlen auf eine andere Reihe, die Atomgewichte der Einheit H = 1 auf die Einheit O = 1; bei Maassanalysen die Berechnung der mit einer Flüssigkeit von der Concentration a erhaltenen Resultate auf eine Flüssigkeit von anderer Concentration; Berechnung der Analysen bei der Annahme eines Atomgewichts (z. B. des Kohlenstoffes 76,5765) auf eine andere Annahme (C = 75);

3) die Berechnung der äquivalenten Menge der Körper. Auch hier lassen sich zwei Proportionen aufstellen.

Wie viel Essigsäure, Salpetersäure, Natron, Kali etc. sind 0,2754 SO^3 äquivalent? Diese Fragen lassen sich durch die Proportionen:

$$SO^3 : \overline{A}, NO^5, NaO, KO \; . \; . \; . \; = 0{,}2754 : x$$

lösen, wobei für jede Lösung eine specielle Einstellung auf die entsprechenden Atomgewichte nöthig ist. Stellt man aber die Proportion:

$$SO^3 : 0{,}2754 = \overline{A}, NO^5, NaO, KO \; . \; . \; . : x$$

so hat man nur den ersten Theil der Proportion auf beiden Kreisen einzustellen und findet den bekannten Atomgewichten gegenüber die äquivalente Menge.

Es geht hieraus hervor, dass man durch umgekehrtes Verfahren, d. h. wenn man die einem Atomgewicht äquivalente Menge, z. B. die Procente einer Verbindung, mit Zugrundelegung einer Annahme für ein Atomgewicht auf einem Kreis aufsucht, die Formel eines Körpers ablesen kann auf dem anderen Kreis, z. B. das schwefelsaure Kali besteht in Procenten aus

Kali 54,13
SO^3 45,87

Nimmt man an, es sei darin ein Aequivalent KO enthalten und stellt also die Zahl 54,13 dem Aequivalent des KO = 47 gegenüber, so findet man den Procenten der SO^3 gegenüber die Zahl 40, das Aequivalent eines Atoms Schwefelsäure.

Hätte man die Zahl 80 gefunden, so würde diese zwei Atome SO^3 repräsentiren.

Diese Betrachtung verfolgt führte zu derjenigen Anwendung des Proportionalkreises, auf welche ich den grössten Werth lege, nämlich zu der Ablesung der Formeln, namentlich der organischen Körper, aus ihrer procentischen Zusammensetzung. Trägt man die Atomgewichte der in organischen Verbindungen vorkommenden Körper nicht nur einfach, sondern auch deren Multipla auf, also das Atomgewicht des Kohlenstoffes bei 6 des inneren Proportionalkreises (wobei dann die Zahlen dieses die Anzahl der Wasserstoffatome ausdrücken) 2 C bei 12, 3 C bei 18 u. s. w. (was sich sehr leicht ausführen lässt, indem man 1 des äusseren Kreises dem Atomgewicht des Kohlenstoffes auf dem inneren gegenüberstellt, dann 2 des äusseren Kreises gegenüber 12 oder C^2 findet und in einen besonderen Kreis einträgt), so erhält man einen Kreis für den Kohlenstoff, dessen Zahlen die Anzahl der Atomgewichte des Kohlenstoffes ausdrücken. In dieser Weise sind auf dem Instrumente besondere Kreise für die in organischen Substanzen am häufigsten vorkommenden einfachen und zusammengesetzten Körper ausgeführt. Man kann daher, wenn man die Procente auf dem äusseren Kreise aufsucht und von einer bestimmten Anzahl der Atome irgend eines Körpers dabei ausgeht, die Atomzahl der einzelnen Körper in den entsprechenden Kreisen ablesen. Ebenso gelangt man zu demselben Resultat, wenn man das Atomgewicht der ganzen organischen Verbindung auf gewöhnliche Weise berechnet, dieses 100 des äusseren Kreises gegenüberstellt und nun die Formel aus den Procenten abliest.

Dies ist namentlich bei der Vergleichung der Salze einer Säure von bekanntem Atomgewicht bisweilen bequemer, als die vorher angeführte Methode.

Es haben diese Methoden der Bestimmung des Atomgewichts, wie schon oben angedeutet wurde, den grossen Vorzug vor der Berechnung, dass sie die Grösse der Fehler augenblicklich zu schätzen erlauben.

Ein Beispiel wird dies klar machen:

Man wolle die Formel des Atropins aus den Analysen von Liebig berechnen. Man gehe von der Voraussetzung aus, es sei in ihm ein Atom N enthalten.

Das Atropin besteht nach Liebig aus

C — 70,98
H — 7,83
N — 4,83
O — 16,36

Man stellt 483 des äusseren Kreises N^1 des inneren Kreises gegenüber und findet nun 7093 gegenüber nicht genau die Zahl C^{34}, sondern etwa $C^{34,3}$; (C^{34} würde 72,5 ausmachen; C^{33} aber 68,3).

783 gegenüber findet man nicht H^{23}, sondern $H^{22,65}$; H^{22} würde 7,59 ausmachen, H^{24} dagegen 8,29.

16,36 gegenüber findet man nicht O^6, sondern etwa $O^{5,8}$. Es sind also, legt man die Formel C^{34} H^{23} NO^6 zu Grunde, die darnach am wahrscheinlichsten wird,

der Kohlenstoff um $\frac{3}{10}$ Atom zu hoch,
der Wasserstoff um $\frac{3,5}{10}$ Atom zu nieder,
der Sauerstoff um $\frac{2}{10}$ Atom zu nieder

gefunden worden.

Diese Differenzen können in einer fehlerhaften Bestimmung jedes einzelnen Körpers begründet sein. Nimmt man nun den Kohlenstoff als richtig begründet an und setzt C^{34} = 7098, so werden dadurch die anderen Zahlen in folgender Weise geändert:

H 7,83 stellt 22 Atome H dar; 23 Atome würden 8,00 fordern. Die Differenz ist also $\frac{5}{10}$ Atome und in Procenten $\frac{1}{10}$ % zu wenig.

N^1 fordert 4,87, also $\frac{4}{100}$ % mehr als gefunden wurde.

16,36 O werden $5\frac{7}{10}$ Atome repräsentiren, während 6 Atome durch 16,70 % werden.

Es fragt sich nun, worin liegt der wahrscheinliche Fehler der Analyse? Da der Kohlenstoff in der Regel zu nieder gefunden wird, der Wasserstoff dagegen zu hoch, so sieht man daraus, dass die angegebene Formel nicht über jeden Zweifel erhoben ist.

Diese Formel ist jedoch seither durch Planta's Analysen bestätigt worden und es geht aus dessen Abhandlung hervor, dass auch Liebig's Analyse der Wahrheit viel näher kommt, wenn man sie auf das jetzt übliche Atomgewicht (C = 6) berechnet. Stellt man die von Planta aus Liebig's Analysen berechneten Procentzahlen auf die Formel ein, so findet man zwar H immer noch zu nieder, aber nur um $^3/_{10}$ eines Atoms; O dagegen, da sich in ihm die Fehler summiren, etwas zu hoch.

Dieses Beispiel gibt zugleich einen Beweis davon, dass die durch das Instrument bedingten Rechenfehler gegen die Fehler der Analyse verschwinden. Während diese dem Maass nach auf dem Instrument $\frac{1}{2}''$ ausmachen, beträgt der grösstmögliche, durch das Instrument bedingte Fehler höchstens $\frac{1}{2}'''$.

Es ist klar, dass endlich eben so leicht, wenn die Formel bekannt ist, aus dieser die richtige procentische Zusammensetzung gefunden werden kann. Es bedarf nichts weiter, als das Atomgewicht der Verbindung zu berechnen, dieses auf dem inneren Kreis aufzusuchen, 100 des äusseren gegenüberzustellen und der Anzahl der Kohlenstoff- etc. — Atome gegenüber die Procente auf dem äusseren Kreise abzulesen.

Auf gleiche Weise lässt sich der Kreis benutzen, um die Formeln der Mineralien, namentlich der Silikate, aus der procentischen Zusammensetzung zu bestimmen. Es ist dafür nur nöthig eine Reihe von anderen Atomzahlen, z. B. die von Al^2O^3, Fe^2O^3 eben so aufzutragen, wie es mit den Atomzahlen des Kohlenstoffes etc. hier geschehen ist. Es kann dieses am besten mit verschieden gefärbter Tinte in dieselben Kreise geschehen, in denen sich schon andere Körper befinden; oder man kann auch den ganzen inneren Theil des Kreises mit einem Blatt weissen Papieres überkleben und auf dieses die gewünschten Verbindungen in ähnlicher Weise auftragen.

Schliesslich möge noch bemerkt werden, dass der Proportionalkreis sich auch zur Aufsuchung der Potenzen und Wurzeln eignet. Da der äusserste Kreis die Mantissen der in den Proportionalkreisen enthaltenen Numeri enthält, so kann man in diesem den Logarithmus der gegenüberstehenden Zahl aufsuchen, muss aber natürlich die entsprechende Charakteristik vorsetzen Da ferner die Potenzen gefunden werden, indem man die Logarithmen mit dem Exponenten multiplicirt, umgekehrt die Wurzeln, indem man sie mit dem Wurzelexponenten dividirt, so ergibt sich hieraus einfach das Mittel diese Operation auszuführen, welches am einfachsten an einem Beispiel gezeigt werden kann:

Man wolle die Zahl 6 in die siebente Potenz erheben. Man suche diese Zahl im äusseren Proportionalkreis (A), nachdem man die Zahl 1 dieses Kreises der Zahl 7 des inneren Proportionalkreises (H) gegenübergestellt und hierdurch die Zahlen dieses Kreises mit 7 multiplicirt hat. Auf dem äussersten Kreis wird man der Zahl 6 gegenüber den Logarithmus 0,778 finden. Man suche diese Zahl auf dem äusseren Proportionalkreis (A) und findet ihr gegenüber auf dem inneren (H) 5442; da nun die erste Zahl Zehntel repräsentirte, repräsentirt diese Einheiten. Man hat also 5,442. Schneidet man die Charakteristik ab und sucht nun die Mantisse in dem äussersten Kreis, so findet man ihr gegenüber die Zahl 277. Da die Charakteristik 5 war, muss diese Zahl 6 Stellen haben. Die siebente Potenz von 6 wäre demnach = 277000, während sie in Wirklichkeit = 279936 ist. Hier ist die Abweichung freilich gross. Es wird dies nicht überraschen, wenn man bedenkt, dass man in die siebente Potenz erhoben, also von einer sehr kleinen Einheit auf eine sehr grosse geschlossen hat. Das Verhältniss wird sich günstiger stellen, wenn man umgekehrt die siebente Wurzel von 279936 sucht. Man muss hier 280000 setzen, was nur um 64 Einheiten der letzten Stellen differirt.

Man suche die Zahl 28 auf dem äusseren Proportionalkreis (A) auf und findet ihr gegenüber in dem äussersten Kreis 447. Da die Zahl, von der man ausging, 6 Stellen hatte, setze man ihr die Charakteristik 5 vor = 5,447. Hat man den inneren Kreis durch 7 dividirt, d. h. 1 des inneren Kreises auf 7 des äusseren gesetzt, so findet man der Zahl 5447 gegenüber auf dem inneren die Zahl 778, welche nach Vorsetzung von Null der Logarithmus der Zahl 6 ist, wie man sich leicht überzeugt, wenn man 778 auf dem äusseren Kreis aufsucht. Es beweist dieses, dass sich der Kreis ganz gut benutzen lässt, um mit seiner Hilfe gewisse physikalische Aufgaben zu lösen, wie sie bisweilen bei Berechnungen der Stärke eines electrischen Stromes, Verbreitung des Lichtes etc. vorkommen.

Um den Gebrauch des Instruments zu erleichtern, wurde innerhalb der Kreise die Anleitung zur Ausführung der häufiger vorkommenden Anwendungen desselben kurz zusammengestellt, hierbei aber die so eben beschriebene als weniger wichtig übergangen. Ein Blick auf jene Zusammenstellung wird Demjenigen, der den Kreis einmal benutzt hat, die Art der Ausführung jeder Rechnung augenblicklich in's Gedächtniss zurückrufen.

Der in vorstehender Abhandlung beschriebene Kreis kann entweder auf Zink aufgezogen oder, auf Velinpapier gedruckt, unaufgezogen abgegeben werden.

Das auf Zink aufgezogene Exemplar muss noch genau centrirt werden, was erst nach dessen in der Abhandlung näher beschriebenen Befestigung und der Wahl des passenden Stiftes mit Hilfe einer Feile geschieht und durch die um das Centrum gezogenen Kreise möglichst erleichtert wird.

Da durch ungleiche Zusammenziehung des Papieres nach dem Druck die nicht aufgezogenen Exemplare in trockenem Zustande nicht vollkommen rund erscheinen, so lässt man sie vor dem Aufziehen etwa eine halbe Minute auf Wasser schwimmen. Sie nehmen dabei die runde Gestalt vollständig wieder an, was man mittelst eines Stangenzirkels verfolgt. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so werden sie auf die Zinkplatte durch mit etwas Salpetersäure versetzten Leim aufgezogen.

Dem Kreise wird ein Exemplar der Abhandlung und zwei Exemplare einer Tabelle der Atomgewichte und Formeln der wichtigsten unorganischen und organischen Verbindungen beigegeben, deren eines, in Plakatform gedruckt, zum Aufhängen bestimmt ist, während das andere dem Texte beigeheftet wird.