

Die „Jedermann-Chemie“ des Friedlieb Ferdinand Runge

Dr. Klaus-D. Röker, Schuhmachersweg 11, 30826 Garbsen
<roeker@t-online.de>

Der in Billwerder bei Hamburg geborene Friedlieb Ferdinand Runge (1794 - 1867) gehörte sicher zu den pittoreskeren Persönlichkeiten der deutschen Chemie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Runge hatte entdeckt, dass bei der Durchführung von Tüpfelreaktionen auf ungeleimtem, weißem Fließpapier charakteristisch farbige, mehr oder weniger konzentrische Strukturen entstehen. Diese Rungeschen Bilder gelten als Vorläufer der Chromatographie und haben ihren Weg bis in den propädeutischen naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschulen¹ gefunden. In seinem, dem preußischen König Wilhelm IV. als „öffentliches Denkmal“ gewidmeten Buch „Musterbilder für die Freunde des Schönen“² waren Originalausfertigungen dieser „selbstmalenden Bilder“, eingeklebt. Runge fand für diese die selbstironische Bezeichnung „Professoren-Klexe“.

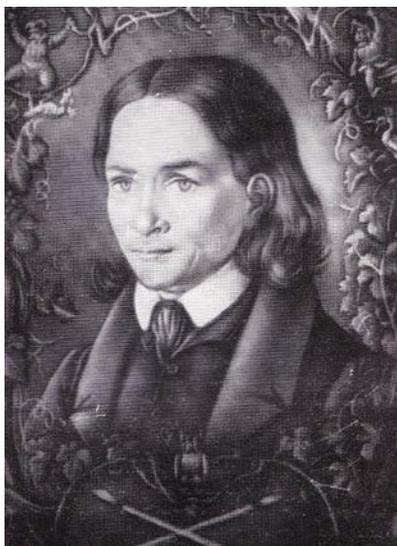


Abb. 1:³ F.F. Runge,
Lithophanie Staatl. Porzellanmanufaktur
Berlin, ca. 1848

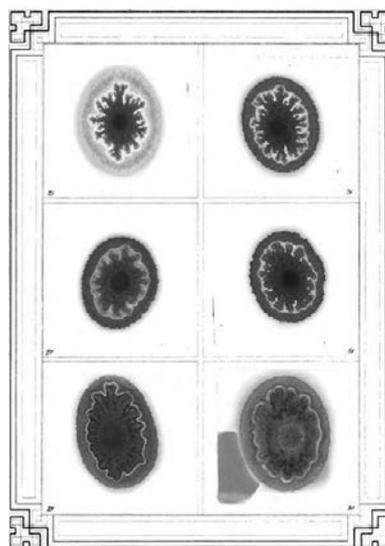


Abb. 2:⁴ Beispiel aus
„Musterbilder für die Freunde des Schönen“

Runge war von 1828 - 1832 Professor der Technischen Chemie in Breslau, danach Industriechemiker im brandenburgischen Oranienburg. Aus dem Steinkohlenteer isolierte er u.a. „Kyanol“ (Anilin) und „Carbolsäure“ (Phenol).

Zur Popularität Runges trug die berühmt gewordene Begegnung am 3. Oktober 1819 mit Goethe⁵ bei, wobei diesem die pupillenerweiternde Wirkung von Bilsenkraut-Extrakt demonstriert wurde. Von Goethe erhielt Runge bei seinem Besuch eine Schachtel mit Kaffeebohnen, hieraus gelang ihm die Isolierung des Coffeins. Runge schrieb von sich selbst, dass er „immer in Giftpflanzen wühlte“ und daher auch seinen Spitznamen „Dr. Gift“ als „Ehrentitel“ auffasse. Der Schwerpunkt des chemischen Schaffens von Runge war äußerst praxisorientiert. Das Rungesche Tätigkeitsspektrum war sehr breit, es reichte von medizinisch-biologischen Themen, z.B. dem seinerzeit lebhaft diskutierten „thierischen Magnetismus“ über Phytochemie⁶ sowie Arbeiten zur allgemeinen und technischen Chemie bis hin zu bemerkenswert kompetenten Ratschlägen für die Hauswirtschaft.^{7,8}



Abb. 3: ^{9,10} Runge beim Verkosten seines Kunstweins

Die Anzahl von Runges Beiträgen in den bekannten chemisch-wissenschaftlichen Zeitschriften ist vergleichsweise gering, bemerkenswert sind jedoch seine schriftstellerischen Aktivitäten, die sich weniger an die Wissenschaft, sondern vielmehr an „Jedermann“, den mit chemischen Prozessen befassten Praktiker wandten. Diesen wollte er dabei „das Reinwissenschaftliche ...[...]... durch Beziehung auf praktische Anwendung genießbar und schmackhafter machen“.¹¹ Runges Ziel war es, eine

allgemein verständliche und doch den Forderungen der Wissenschaft streng genügende Chemie, besonders dem Gewerbmänn und Fabrikanten in die Hand [zu geben], die ihm bey seinen chemischen Arbeiten als treuer Rathgeber zu Diensten stände.¹²

Das 1830 erschienene, erste Buch der „Jedermann“-Reihe mit dem Titel „Grundlehren der Chemie für Jedermann“¹² verzichtete konsequent auf ausführliche theoretische Betrachtungen. Der Umfang des Dargestellten war bewusst eingeschränkt:

[Meine] Erfahrungen bestimmen mich, eine Menge chemischer Thatsachen gar nicht zu erwähnen, die in allen Handbüchern stehen. Auch fand ich es für mein Publikum völlig unnöthig, ihnen weitläufig die physikalischen Eigenschaften der Körper zu beschreiben, weil sich das durch Sehen und Fühlen viel besser und schneller lernt als durch Schrift und Wort.¹²

Runge stellte seinem Buch ein Bibelzitat voran: „Aber Du hast alles geordnet mit Maaß, Zahl und Gewicht“,¹³ denn er sah die Hauptaufgabe seines Werkes in der Vermittlung der Stöchiometrie, der „Lehre von den bestimmten Mischungsverhältnissen der Körper“:

Durch das immerwährende Hinweisen auf ganz bestimmte, unabänderliche Zahlenverhältnisse bei der Erzeugung chemischer Verbindungen erreicht man bey dem Fabrikanten noch einen anderen sehr wichtigen Zweck, nemlich den, dass sie die Notwendigkeit des Wägens und Rechnens einsehen.¹⁴

Das Gedankengebäude der anorganischen Chemie bewertete Runge als nahezu abgeschlossen:

Die mineralische Chemie kann jetzt als eine Wissenschaft betrachtet werden, die ihrer Vollendung nahe ist. Ihr Gebiet ist nach allen Seiten hin erforscht, die Grenzen aufs Klarste erkannt und erwiesen, und der unendliche Reichthum an Thatsachen wird dadurch zu einem grossen organischen Ganzen verknüpft.¹⁵

Nach einem zunächst eher vorsichtig-tastenden Einstieg 1830 mit dem ersten Buch der „Jedermann-Chemie“, in welchem sich keine Abbildungen finden, folgten opulent-farbenfrohe Werke: 1836 die „Einleitung in die technische Chemie für Jedermann“, 1838 und 1839 die „Technische Chemie der nützlichsten Metalle für Jedermann“¹⁶ in zwei Teilen und schließlich 1843 eine bebilderte Neuauflage der „Grundlehren der Chemie für Jedermann“.¹⁷ Auffälligstes Merkmal dieser Bücher sind die vielen eingeklebten farbigen Bildchen, die dem Leser ein „Führer in den reichen Bildersaal der Chemie“¹⁸ sein sollen. Runge war es gelungen, Proben der jeweiligen im Text angesprochenen chemischen Verbindungen in einer Auflösung von Kautschuk in Steinkohlenöl zu suspendieren und sie derart geschützt gegen Oxidation auf Papierblättchen aufzubringen. Runge hatte bereits zuvor 1834 in seine „Farbenchemie“¹⁹ Stoff-Färbemuster-Proben einkleben lassen und griff nun auf seine Erfahrungen zurück.^{20,21}

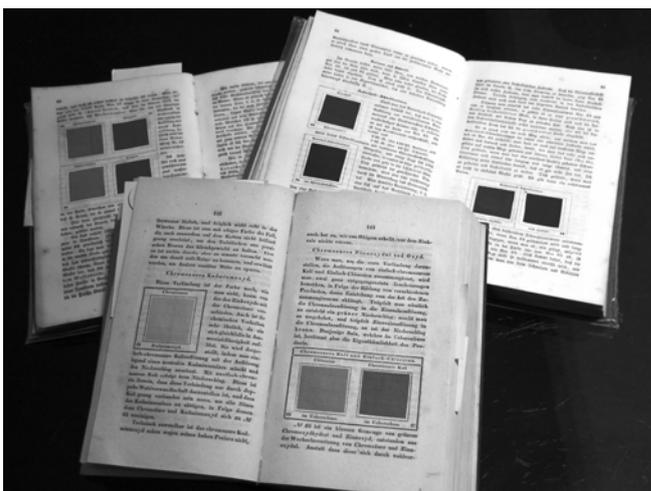


Abb. 4: Eingeklebte Substanzbildchen in Büchern von Runge

experimenten, worin das Wort des Lehrers durch die Schrift und das chemische Experiment durch das Bild der Vergänglichkeit entrissen, und für künftige Zeiten aufbewahrt ist.²⁰

Runges Bücher waren nun auch nicht mehr ausdrücklich für die Praktiker in Industrie und Handwerk sondern allgemein für „Jedermann bestimmt, d.h. es fordert vom Leser nichts weiter als gesunden Menschenverstand und guten Willen.“¹⁸ In der „Einleitung in die technische Chemie für Jedermann“ begründete er seine eingeklebten Substanzbildchen:

Hierdurch wird das Buch gleichsam zu einem chemischen Vortrag mit Experimenten,

Runge war ein militanter Verfechter der Reinheit der deutschen Sprache, er lehnte Fremdworte vehement ab.²² Dieses führte oftmals zu einer recht eigenständigen chemischen Terminologie. Die vereinzelt Kritik an seinem Stil nahm er gelassen. Sicher genüsslich zitierte er in seinen „Hauswirtschaftlichen Briefen“ den wohlwollenden Kommentar eines seiner Freunde:

Diese Zunftgelehrten sind wüthend, dass Sie [Runge] ganze Bücher schreiben, ohne ein einziges Fremdwort zu gebrauchen und daher von Jedermann verstanden werden.²³

Runge verzichtete in seinen Jedermann-Büchern auf formelmäßige Darstellungen. Der Begriff des Atoms und die Vorstellung eines kleinsten, undurchdringbaren Korpuskels treten in den „Jedermann-Chemien“ nicht auf. Runge war kein Atomist, sondern Vertreter der sog. dynamisch-chemischen Theorie, die von Berzelius 1828 abfällig als „speculative Philosophie gewisser deutscher Schulen“ bezeichnet wurde.^{24,25} Die dynamisch-chemische Theorie lehnte die Atome als kleinste, unteilbare Korpuskel ab und erklärte die Verbindungsbildung „durch die wechselseitige Durchdringung der verschiedenen Materien“. Dabei wurde „eine Theilbarkeit der Materie bis in's Unendliche“ voraus gesetzt.²⁶ Eine chemische Verbindung sah Runge als Kombination von Stoffen (chemischen Elementen) mit gegensätzlichen Eigenschaften. Diese gegensätzlichen Eigenschaften sollten die Triebkraft für die innige gegenseitige Durchdringung sein. Die Vor-

stellung war, dass die Gegensätze im Reaktionsprodukt ausgeglichen waren und dadurch ein „neues Drittes“ mit eigenständigen Eigenschaften entsteht. Runge spricht von einer „gegenseitigen Umwandlung“ der beteiligten Ausgangsstoffe, bei der jedoch keine „Vernichtung“ der ursprünglichen Eigenschaften stattfindet, denn diese

... sind noch in dem Produkt der chemischen Verbindung vorhanden, aber gleichsam so mit einander beschäftigt und durch einander gebunden, dass die, der freien Aeusserung beraubt, für die äussere Erscheinung nicht wahrnehmbar sind. Trennt man die Verbindung, so erscheinen die Stoffe mit ihren früheren Eigenschaften wieder. So kann aus der ...[...]... Kupferasche wieder Kupfer und Sauerstoff, aus der Mennige wieder Blei und Sauerstoff geschieden werden, begabt mit allen Eigenschaften, die ihnen ursprünglich zukommen.²⁷

Runge ordnete die 54 seinerzeit bekannten Elemente, die chemischen einfachen Stoffe, drei „Abtheilungen“ zu: Brennern, Metallen und Metalloïden. Als „Brenner“ (oder „Elemente der Sauerstoffreihe“) definierte er die chemischen Elemente,

deren Eigenschaften denen des Sauerstoffs ähnlich sind: Schwefel, Selen, Chlor, Jod, Brom, Fluor, Phosphor. Sie bilden den Gegensatz zu den Stoffen [Elementen] der Metallreihe oder den Metallen. Sie heben die Eigenschaften dieser eben so vollständig auf, wie es der Sauerstoff thut und werden umgekehrt auch von den Metallen eben so vollständig ihrer Eigenschaften beraubt, dass dadurch wirklich chemische Verbindungen zu Stande kommen...[...].... Der Hauptgrund aber, warum die Stoffe ...[...]... unter eine Abtheilung zu stehen kommen, ist dass ein jeder den anderen ersetzen und seine Stelle vertreten kann. In der chemischen Sprache bezeichnet man das als >>austreiben<< ...[...]... In der Chemie, wie überall, gilt also der Satz: das Ungleiche zieht sich an und das Aehnliche flieht sich. Daher die Brenner zu den ihnen sehr ungleichen Metallen eine große Anziehung haben, sich dagegen unter einander als ähnliche Stoffe abstossen und daher austreiben. Diese Abstossung unter einander ist aber nur dann vollkommen, wenn gleichzeitig ein Metall gegenwärtig ist, um dessen Besitz es sich gleichsam handelt. Fehlt dieses ...[...]...so verbinden sich die Brenner auch unter einander, z.B. der Sauerstoff mit dem Schwefel, Phosphor, Chlor etc.²⁸

Die Bezeichnung Brenner für eine Gruppe von chemischen Elementen war nicht neu. Man findet den Begriff mit abweichender Bedeutung auch bei Karl Wilhelm Gottlob Kastner (1783 - 1857).^{29,30}

Die Metalle selber stehen im strengen Gegensatz zu den Brennern und gleichen dadurch die entgegengesetzten chemischen Eigenschaften derselben so vollständig aus, dass wirkliche chemische Verbindungen entstehen ...[...]... Die vor der Ver-

einigung erkennbaren Eigenschaften sind nach derselben an beiden Seiten erloschen und neue sind dafür ins Dasein getreten.³¹

Der Beweis für die große Ähnlichkeit der Metalle untereinander sah Runge in der gegenseitigen Ersetzbarkeit der Metalle in Verbindungen.³¹

Die nach der Zuordnung zu Brennern und Metallen verbliebenen Elemente Wasserstoff, Kohlenstoff, Bor und Stickstoff bezeichnete Runge als „Metalloide“, da sich diese Elemente zwar nicht eindeutig den Brennern oder Metallen zuordnen ließen, das chemische Verhalten aber dennoch am ehesten den Metallen ähnelte.³¹ Damit definiert Runge den Begriff Metalloid abweichend gegenüber dem seinerzeit üblichen Gebrauch. Jöns Jacob Berzelius (1779 - 1848) z.B. fasste unter dem Begriff Metalloide alle einfachen Stoffe zusammen, die „nicht zur Classe der Metalle gehören“.³²

1797 war von Joseph Louis Proust (1754 - 1826) das Gesetz der konstanten und 1808 von John Dalton (1766 - 1844) das Gesetz der multiplen Proportionen für die Zusammensetzung von chemischen Verbindungen formuliert worden. Darin sah man ein wesentliches Argument für die Vorstellung des Aufbaus der Materie aus Atomen. Runge kam im Rahmen seiner chemisch-dynamischen Vorstellungen ebenfalls zu diesen Gesetzen, ohne dabei aber auf die Atomtheorie zurückgreifen zu müssen. Für Runge war wiederum der Ausgleich der gegensätzlichen chemischen Eigenschaften die Erklärung: Chemische Verbindungen sind danach eindeutig definiert, denn

man darf eine Verbindung, wo keine vollständige Ausgleichung oder Aufhebung der entgegengesetzten Eigenschaften der einfachen Stoffe erfolgt, ...[...]... keine chemische nennen.²⁷

Da den chemischen Elementen nach Runge unterschiedliche chemische Wirkvermögen zukommen, bedarf es auch unterschiedlicher Mengen der jeweiligen Stoffe, um bei der wechselseitigen Durchdringung gegenseitig „vernichtet oder ausgeglichen zu werden“.³³ Bei dieser Sichtweise musste Wasserstoff als leichtestes Element das „stärkste“ und Uran, das seinerzeit schwerste bekannte Element Uran, das „schwächste“ sein:

Die Stoffe verbinden sich ...[...]... nach Zahlenverhältnissen, die mit der Stärke ihrer chemischen Wirksamkeit in Verhältnis stehen. Je kräftiger oder wirksamer ein Stoff, desto kleiner, je schwächer, desto größer ist diese Zahl. Der chemisch kräftigste Stoff ist der Wasserstoff. Sein chemisches Wirkungsvermögen wird durch die Zahl = 1 ausgedrückt. Der chemisch schwächste Stoff ist das Uranmetall. Sein chemisches Wirkungsvermögen wird durch die Zahl = 217 ausgedrückt. Das heißt: 1 Pfund Wasserstoff ist chemisch so viel werth, als 217

Pfund Uranmetall, indem die letzteren nicht mehr zu leisten im Stande sind, als 1 Pfund Wasserstoff.³³

Das „chemische Wirkungsvermögen“ des Sauerstoffs erhielt damit den Zahlenwert 8, denn

um 8 Pfund Sauerstoffgas als solches zu vernichten und in den flüssigen oder festen Zustand mit Aufhebung aller seiner Eigenschaften zu versetzen, bedarf es nur eines Pfundes Wasserstoffs. Es bildet damit 9 Pfund Wasser oder Eis.³³

Runge ordnete die „einfachen Stoffe“, die chemischen Elemente, danach, in welchem Verhältnis sie sich mit Wasserstoff = 1 und Sauerstoff = 8 verbinden: Er erhielt so Zahlen, die er als „Entsprechung für das chemische Wirkungsvermögen“ oder den „chemischen Werth“ ansah.³³ Er bezeichnete diese Zahlen als Mischungsgewichte (MG) der chemischen Elemente und definierte sie als die Gewichte, mit welchen die Stoffe in die „chemische Mischung oder Verbindung“³³ eingehen. Eine Differenzierung zwischen Mischung und Verbindung kannte Runge nicht.

1 Wasserstoff.	32,2 Zink.
6 Kohlenstoff.	35,4 Chlor.
8 Sauerstoff.	37,6 Arsenik.
8 Silicium.	39,2 Kalium.
9 Alumium.	40 Selen.
12,5 Magnium.	44 Strontium.
14 Stickstoff.	48 Platin.
16 Schwefel.	56 Kadmium.
16 Phosphor.	59 Zinn.
18,6 Fluor.	64,5 Antimon.
20,5 Calcium.	66 Gold.
21 Bor.	68,6 Barium.
23,3 Natrium.	71 Wismuth.
27 Eisen.	78,4 Brom.
28 Chrom.	101 Quecksilber.
28,5 Mangan.	104 Blei.
29,5 Nickel.	108 Silber.
29,5 Kobalt.	217 Uran.
32 Kupfer.	

Abb. 5:³³ Die Rungeschen Mischungsgewichte (MG).

Allgemeingut, hier sollte erst der Karlsruher Kongress einen Meilenstein für das allgemeine Verständnis setzen.³⁵

Bemerkenswerterweise verwendete er das Pfund als Maßeinheit, was nicht nur heute etwas irritierend wirkt, sondern bereits einem frühen Rezensenten seines Buches „Einleitung in die technische Chemie für Jedermann“ (1838) als nicht zweckmäßig erschien, „da dadurch Laien veranlasst werden können, zu glauben, dass die Verbindung wirklich nur in Pfundverhältnissen Statt finde“.³⁴

Der „chemische Werth“ ist identisch mit dem Äquivalent oder dem Mischungsgewicht, die Unterscheidung vom Atomgewicht bzw. Molekulargewicht war noch nicht

Die von den Wasserstoffverbindungen ($H = 1$) abgeleiteten „chemischen Werthe“ stimmten mit den heutigen Werten für die Atommassen der Elemente gut überein. Demgegenüber musste der Bezug auf $O = 8$ bei den Oxiden konsequenterweise zur Halbierung der korrekten Atommassen führen (Abb. 5).

Runge formulierte auch das Massenerhaltungsgesetz vor dem Hintergrund der dynamisch-chemischen Theorie: Bei der „Entstehung der Mischungsgewichte der Stoffverbindungen“ herrscht aufgrund des Gleichgewichts der chemischen Wirksamkeiten strenge Additivität:

Die Verbindung zweier Stoffe mag noch so innig, die Umwandlung, welche sie gegenseitig durch einander erleiden, mag noch so gross sein, so erleidet doch ihr Mischungsgewicht, welches jeder einzeln hat, keine Veränderung. Es ist der Geist, der über der Verbindung schwebt.³⁶

Runge teilte die chemischen Verbindungen in „Ordnungen“ ein: Verbindungen erster Ordnung sind aus nur zwei Stoffen zusammengesetzt. Runge nahm an, dass sich komplexere Verbindungen höherer Ordnungen, d.h. mit mehr als zwei chemischen Elementen stufenweise aufbauen, wobei am Beginn aber immer die Vereinigungen zweier „einfacher Stoffe“ steht:

Das Einfache vereinigt sich nur mit dem Einfachen und das Zusammengesetzte nur mit dem Zusammengesetzten ...[...]... Die Verbindungen erster Ordnung sind die, wo sich nur zwei Stoffe mit einander vereinigt haben. Sie bilden die Grundlage aller übrigen, der zweiten und dritten und folgenden Ordnungen, die nur Wiederholungen derselben oder Verbindungen von Verbindungen sind.³⁷

Wenn – wie z.B. bei den Stickoxiden – Verbindungen aus zwei Elementen in unterschiedlichen stöchiometrischen Verhältnissen vorliegen, so bezeichnete Runge diese als „Verbindungsstufen“, im Fall des Sauerstoffs als „Sauerstoffstufen“. Als Beispiel führte er die Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen mit fünf „Verbindungsstufen“ an: ein Mischungsgewicht Stickstoff kann sich demnach nach Runge mit ein, zwei, drei, vier oder fünf Mischungsgewichten Sauerstoff verbinden:

14 Stickstoff mit	
8 Sauerstoff	
<hr/>	
22 Stickoxydul mit 8 Sauerstoff	
	30 Stickoxyd mit 8 Sauerstoff
	<hr/>
	38 unterfalpetrige Säure.
38 unterfalpetrige Säure mit 8 Sauerstoff	
	46 falpetrige Säure mit 8 Sauerstoff
	<hr/>
	54 Salpetersäure.

Abb. 6: ³⁸ Verbindungsstufen der Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen.

Im ersten Schritt bildet sich nach Runge aus einem MG Stickstoff (MG = 14) und einem MG Sauerstoff (MG = 8) das Stickstoffoxydul (Lachgas). In seinem System kommt Runge letztlich mit der Sauerstoffungsstufe 5 zur Salpetersäure³⁹ mit einem Mischungsgewicht-Verhältnis Stickstoff / Sauerstoff von 1 : 5. Dieses entspricht bei Verwendung der korrekten Atommassen (N = 14 und O = 16) dem vertrauten Gang der Oxide von N₂O bis zum N₂O₅.

Mit Hilfe einer originellen graphischen Darstellungsmethode stellte Runge die Systematik der „Sauerstoffungsstufen“ dar: Für die chemischen Verbindungen stehen – in der Regel rechtwinklige – Vierecke, die zueinander im Winkel angeordnet sind und deren gegenüberliegende Seiten ein inneres Dreieck bilden. Die an die kürzeren Seiten des Dreiecks grenzenden Rechtecke stehen für die Ausgangskomponenten, das gegenüberliegende größere Rechteck für das Reaktionsprodukt, welches sich additiv aus den Zusammensetzungen der beiden Ausgangskomponenten ergibt (Abb. 7).

Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen in der Rungeschen Systematik

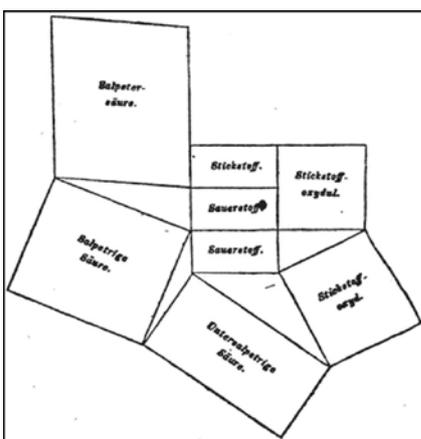


Abb. 7: ⁴⁰ N = 14, O = 8

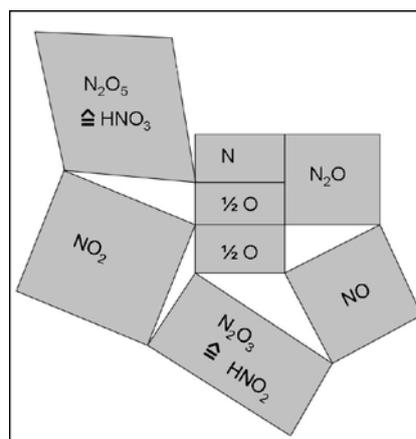


Abb. 8: N=14, O = 16

Aufgrund der verwendeten Mischungsgewichte musste Runge zwangsläufig zu falschen Zuordnungen kommen: Die Zuordnungen von untersalpetriger und salpetriger Säure in Abb. 7 sind nicht zutreffend. Bei Verwendung des Wertes 16 für Sauerstoff hätte Runge an deren Stelle NO_2 und N_2O_3 setzen müssen (Abb. 8).

In gleicher Weise erklärte Runge auch die „Sauerstoffungsstufen“ von Mangan (Abb. 9), Arsen⁴¹, Blei⁴², Chrom⁴³, Eisen⁴⁴, Kupfer⁴⁵, Wismuth⁴⁶ und Zinn⁴⁷. Da sich hier die halbierten Atomgewichte des Metalle und des Sauerstoffs gegenseitig kompensieren, geben die Rungeschen Grafiken (z.B. Mangan) die Systematik der Oxide korrekt wieder (Abb. 9 und 10).

Die Rungesche Systematik der Manganoxide

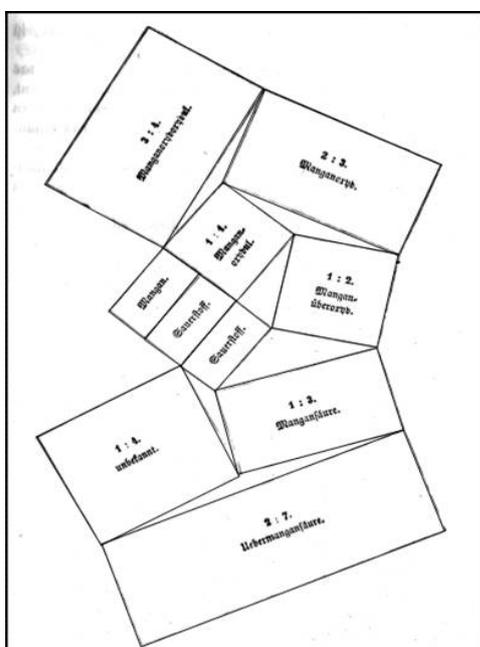


Abb. 9:⁴⁸

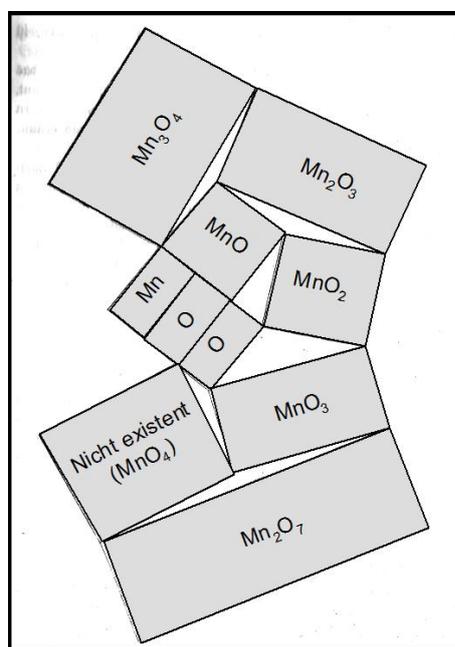


Abb. 10

Runge stellte auch die „Schwefelantimone“⁴⁹ nach der gleichen Systematik dar.

Ebenso wie sich bei den einfachen Stoffen bei Brennern und Metallen, die Verbindungen der 1. Ordnung bilden, so erklärte Runge auch bei den Verbindungen der 2. Ordnung die Verbindungsbildung wieder mit einer Triebkraft, nämlich aus dem Gegensatz von Säuren und Basen:

Dieser chemische Gegensatz der einfachen Stoffe kehrt nun in ihren Zusammensetzungen oder Verbindungen wieder. Auch diese theilen sich in zwei entgegengesetzte Reihen, deren eine der Sauerstoffreihe oder den Brennern, und deren andere der Metallreihe entspricht. Man nennt sie Säuren und Basen.⁵⁰

Eine verbreitete zeitgenössische Vorstellung war, dass in Wasser lösliche Sauerstoff-Verbindungen Säurecharakter aufweisen. Da Chlor als *Brenner* dem Sauerstoff im Reaktionsverhalten ähnelt, war für Runge damit auch der Säurecharakter von zwar sauerstofffreien, dafür aber chlorhaltigen Verbindungen plausibel.⁵¹ Bereits 1838 hatte Liebig in seiner Arbeit „Über die Konstitution der organischen Säuren“ auf die Rolle des Wasserstoffs hingewiesen: „Säuren sind hiernach gewisse Wasserstoffverbindungen, in denen der Wasserstoff vertreten werden kann durch Metalle.“⁵² Man unterschied allgemein zwischen Sauerstoff- und Wasserstoffsäuren. In Lavoisierscher Tradition wurde der Sauerstoff bei den Sauerstoffsäuren als das „säuernde Prinzip“ angesehen. Dieses galt jedoch nicht für den Wasserstoff in den Wasserstoffsäuren, in denen zwar der Wasserstoff als elektropositiver Bestandteil erkannt, die Säureeigenschaft jedoch den „Vertretern des Sauerstoffs“ wie Chlor oder Brom zugeschrieben wurde.⁵³ Runge sah diese Vorstellung bestätigt, da „Sauerstoffstickstoff“ (Salpetersäure) eine starke Säure, „Wasserstoffstickstoff“ (Ammoniak) hingegen eine starke „Basis“ ist.⁵⁴

Die aus nur zwei einfachen Stoffen bestehenden Verbindungen 1. Ordnung können nach Runge sowohl Säure- als auch Basencharakter haben:

Die Brenner sind die Säurebildner und die Metalle die Basenbildner. Eine Metallverbindung, in welcher ein Brenner das Übergewicht hat, charakterisiert sich daher als eine Säure, und umgekehrt zeigt sie sich als Basis beim Übergewicht des Metalls. So bildet der Sauerstoff mit demselben Metall oft eine Säure und eine Basis, je nachdem er zu mehreren oder nur zu einem Mischungsgewicht [Äquivalent] sich mit ihm verbindet. Die Sauerstoffverbindungen des Chroms, Mangans, Zinns u.s.w. sind z.B. von solcher Art. Ihre erste Sauerstoffungsstufe, die man Chrom-, Mangan- und Zinnoxidul nennt, ist basisch gegen Säuren. Die zweite oder dritte Sauerstoffungsstufe, die man Chromsäure, Mangansäure und Zinnsäure nennt, sind das, was ihr Name sagt, gegen Basen. Die stärksten Säuren entstehen aus der Verbindung von zwei Brennern, z.B. von Sauerstoff mit Schwefel: Schwefelsäure; von Sauerstoff mit Phosphor: Phosphorsäure; von Sauerstoff mit Chlor: Chlorsäure. Auch wenn ein Metall verhältnismässig sehr viel Sauerstoff aufnimmt, entsteht eine sehr starke Säure. Als Beispiele dienen die Chromsäure, die Uebermangansäure und die Arseniksäure. Die Metalle: Kalium, Natrium, Barium, Strontium und Calcium, bilden mit dem Sauerstoff nur Basen und keine Säuren, daher man sie Alkalimetalle und diese Basen Alkalien nennt. Die übrigen Metalle bilden, wie bereits angeführt, meistens beides: Säuren und Basen, wenn nämlich das Metall die Eigenschaften hat, sich mit einem Brenner, z.B. dem Sauerstoff, in zwei oder mehreren Verhältnissen zu verbinden.⁵⁵

Runge beschreibt, dass Säure- und Baseneigenschaften von Stoffen relativ zu ihrer chemischen Umgebung bewertet werden müssen:

... der chemische Gegensatz, sauer oder basisch, [ist] das Produkt einer Wechselwirkung zweier Stoffe ...[...]..., indem man nur den Stoff eine Säure nennen kann, der einer Basis entgegengesetzt ist und umgekehrt denjenigen eine Basis, der einer Säure entgegengesetzt ist ...[...]... Die chemische Anforderung, welche er [der eine Stoff] an den anderen Stoff macht, bestimmt für diesen den anzunehmenden Charakter.⁵⁴

Kali, „die stärkste Basis, die man kennt“⁵⁴, macht nach Runge alle Stoffe zu Säuren. Analog existieren gegenüber der stärksten Säure, der Schwefelsäure, nur Basen.

...Stoffe, die sich sowohl mit dem Kali als mit der Schwefelsäure chemisch verbinden, ...[...]... müssen ...[...]... gleichsam eine chemische Doppelnatur besitzen, und sich den chemischen Anforderungen beider nach Umständen bequemen.⁵⁴

Runge unterschied drei Abteilungen zusammengesetzter Stoffe:⁵⁴

1. Wirkliche Säuren, die sich ausschließlich als Säuren verhalten (z.B. Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure),
2. wirkliche Basen, die sich ausschließlich als Basen verhalten (z.B. Kali, Natron, Ammoniak) und
3. „Sauerbasen“, d.h. Stoffe, die sich gemäß der jeweiligen Umstände sowohl sauer als auch basisch verhalten können (z.B. Tonerde, Zinkoxid, Zinnoxid, Bleioxid).

Der Ausgleich der Gegensätze Säure und Base, d.h. den Verbindungen 1. Ordnung, erfolgt in der Neutralisationsreaktion zum Neutralsalz, der Verbindung 2. Ordnung. Beim Neutralsalz verschwinden die Eigenschaften der Ausgangsstoffe, z.B. der saure Geschmack der Säure und die Schärfe der Base:

Das Produkt der vollständigen Sättigung einer Säure durch eine Basis oder einer Basis durch eine Säure, heißt das Neutralsalz ...[...]... Nimmt ein Neutralsalz noch einmal so viel Säure oder noch mehr auf, so entsteht eine Verbindung, die man ein saures Salz nennt. Das saure schwefelsaure Kali ist ein solches Salz ...[...]... Nimmt ferner ein Neutralsalz noch einmal so viel oder noch mehr Basis auf, als es schon enthält, so entsteht eine Verbindung, die man ein basisches Salz nennt. Das basisch schwefelsaure Kupferoxyd ist ein solches.⁵⁶

In der ersten Auflage der „Grundlehren der Chemie für Jedermann“ aus dem Jahre 1830 rechnete es sich Runge im Vorwort zum Verdienst, dass das Wort „Verwandtschaft ...[...]... unbeschadet der chemischen Theorie niemals vorkommt“, da es missverständlich sei und somit den Fortschritt der Chemie aufhielte.⁵⁷ In den 1836 und 1838/39 erschienenen Büchern zur „Technischen Chemie für Jedermann“ sprach Runge dann aber doch von Verwandtschaften. 1843 war in der

dritten Auflage der „Grundlehren der Chemie für Jedermann“ – bei sonst identischem Nachdruck des Vorworts zur ersten Ausgabe – die kritische Stellungnahme zum Begriff Verwandtschaft still und kommentarlos verschwunden.⁵⁸

Die grundsätzliche Erklärung für die Verdrängung der basischen und sauren Bestandteile in Salzen durch andere Basen oder Säuren sah Runge im bereits angesprochenen Prinzip „das Ungleiche zieht sich an und das Aehnliche flieht sich“.²⁸

Runge griff dabei auf das auf Étienne François Geoffroy⁵⁹ (1672 - 1731) zurückgehende und u.a. von Carl Friedrich Wenzel⁶⁰ (1740 - 1793) weiter entwickelte Konzept der chemischen Verwandtschaften auf.

Zur Erklärung des Verwandtschaftskonzepts beschrieb Runge die für Kali (Kalium) geltende Verwandtschaftsreihe Schwefel-, Salpeter-, Chlorwasserstoff-, Essig-, Kohlen- und Schwefelwasserstoffsäure.^{61,62}

1. Schwefelsäure zersetzt das salpetersaure Kali
2. Salpetersäure das chlorwasserstoffsäure Kali
3. Chlorwasserstoffsäure das essigsäure Kali
4. Essigsäure das kohlen-säure Kali
5. Kohlensäure das schwefelwasserstoffsäure Kali

Runge erklärte das Konzept wie folgt:

Um diese Anziehung kurz zu bezeichnen, bedient man sich des Wortes Verwandtschaft, und nennt solche Stoffe, die sich vor anderen leicht und gerne verbinden, verwandt. In den Fällen, wo eine Basis die Wahl zwischen zwei Säuren, und einer Säure die Wahl zwischen zwei Basen bleibt, fügt man noch dieses Wort hinzu und sagt wahlverwandt und Wahlverwandtschaft.⁶³

Bei der einfachen Wahlverwandtschaft hat eine Base die „Wahl“ zwischen zwei Säuren, die Base wird sich dann für die Säure mit der größten Verwandtschaft „entscheiden“: Die Base Kali im kohlen-säuren Kali wählt somit als Partner Schwefelsäure, wenn man ihr die Möglichkeit bietet. Die Kohlensäure wird dann freigesetzt.

Bei der Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft wirken zwei Salze aufeinander und tauschen ihre Säure- und Basen-Bestandteile quantitativ entsprechend ihrer Mischungszahlen aus. Zur Darstellung dieser Reaktionen verwendete Runge kreuzförmige Graphiken, die – mit den angesprochenen Farbbildchen versehen – Ausgangs-, Endprodukte und quantitative Beziehungen darstellten.⁶⁴

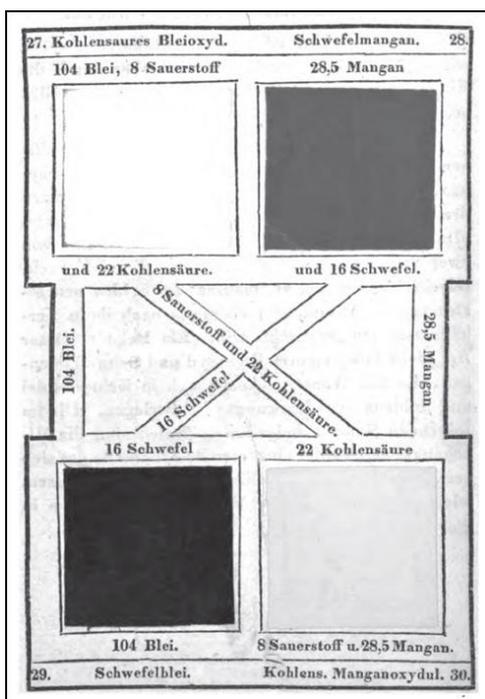


Abb. 11: ⁶⁵ Beispiel einer Zerlegung durch doppelte Wahlverwandtschaft (Umsetzung von Bleicarbonat mit Mangansulfid zu Bleisulfid und Mangancarbonat)

Mit den dargestellten theoretischen Erläuterungen waren die Theorieteile der „Jedermann-Chemien“ weitgehend erschöpft. Runge vermittelte in diesen einen Wissensstand, welcher eigentlich nicht mehr dem aktuellen Fortschritt der sich in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts stürmisch entwickelnden Chemie entsprach, sondern auf ältere, eigentlich bereits überholte Vorstellungen und Runges naturphilosophische Sichtweise zurückging.⁶⁶ Äußerst innovativ war allerdings die Art seiner Vermittlung: Runge füllte den „alten Wein“ der chemisch-dynamischen Theorie in die „neuen Schläuche“ seiner Terminologie und farbenfrohen Darstellungen. Runge wollte, „dem Gewerbmänn und Fabrikanten eine allgemein verständliche und doch den Forderungen der Wissenschaft streng genügende Chemie“¹² an die Hand geben, dieses Ziel dürfte er erreicht haben. Mit seinem bemerkenswert eigenständig unkomplizierten Stil in Verbindung mit seinen originellen gra-

phischen Darstellungen sollte auch den „Jedermanns“ das für Fachfremde verwirrende Gebiet der Anorganik zugänglicher geworden sein. Die Theorie war für Runge an dieser Stelle ohnehin von nachgeordneter Bedeutung, die Ausrichtung der „Jedermann-Bücher“ galt den Stoffen, ihren Eigenschaften und insbesondere ihren praktischen Anwendungen.

Die „Chemiebücher für Jedermann“ fanden freundliche Aufnahme. 1844 erhielt Runge den ehrenvollen Auftrag, nach dem „Jedermann-Konzept“ ein allgemein verständliches Chemiebuch als erste Schrift des „Vereins zur Verbreitung nützlicher Erkenntnisse durch gemeinfaßliche Schriften“ zu schreiben. Kronprinz Maximilian von Bayern hatte diesen Verein gegründet, um das Niveau der Bildung in Bayern zu heben. Es war vorgesehen, allen 7262 öffentlichen Schulen in Bayern kostenlos ein Exemplar des Buches „Grundriß der Chemie für Jedermann“ zur Verfügung zu stellen. Das Buch erschien 1846, dem Verein war leider nur kurze Lebensdauer beschieden.⁶⁷

Der „Grundriß der Chemie“ führte das Konzept der bereits vorliegenden „Jedermann-Chemien“ weiter, die bunten Bildchen machen die Bücher noch heute zu

Schmuckstücken jeder Bibliothek. Der „Grundriß der Chemie“ verzichtete wie die Vorgänger weitestgehend auf theoretische Erörterungen. Dennoch musste sich Runge der Entwicklung der Chemie anpassen: Auch wenn der Begriff Atom nach wie vor nicht auftaucht, so ist nun auch von der gegenseitigen Durchdringung der Stoffe bei der Bildung von Verbindungen im Sinne der dynamisch-chemischen Theorie nicht mehr die Rede. Terminologisch erfolgten ebenfalls Angleichungen: Leider verschwand auch der Begriff „Brenner“ zugunsten von Stoffen, die „Sauerstoff ähnlich“⁶⁸ sind und Wahlverwandtschaften wurden zu Wahlanziehungen.⁶⁹ An die Stelle der Verwandtschaftsreihen treten nun die Begrifflichkeiten elektropositiv und elektronegativ. Runge zögerte aber nicht, anzumerken, dass „sauerstoff- oder wasserähnlich“ ebenso richtig wäre. Aber der Wasserstoff blieb nach wie vor „kräftig“!⁷⁰

Summary: Friedlieb Ferdinand Runge’s Chemistry for Everyone

Friedlieb Ferdinand Runge was one of the most remarkable German chemists in the first half of the 19th century. After several years as professor for technical chemistry at the University of Breslau he joined chemical industry at Oranienburg in Prussia. He isolated phenol and aniline from coal tar as well as caffeine from coffee beans. Nowadays he is broadly acknowledged as one of the predecessors of paper chromatography. His publications in scientific journals were relatively rare but he published some popular scientific books in which he wanted to explain the chemistry to everyone. Runge was adherent to the romantic German *Naturphilosophie* and the chemical-dynamic theory which refused the atomic model. Runge focussed strongly on the visualization of chemical processes. Therefore he illustrated his books with real examples of chemical compounds which were suspended in a solution of rubber in mineral tar oil. He also developed graphical methods for the demonstration of the interrelation of different oxidation states for a given element.

¹ Z.B.: <http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/material/fant/fant-tausch-experimente-cu.pdf> (29.12.2012 11:45h)

² Friedlieb Ferdinand Runge, *Zur Farbenchemie: Musterbilder für Freunde des Schönen und zum Gebrauch für Zeichner, Maler, Verzierer und Zeugdrucker* (Berlin 1850).

- ³ Max Rehberg, Friedlieb Ferdinand Runge, der Entdecker der Teerfarben, sein Leben und sein Werk / sowie seine Bedeutung für die chemische Industrie in Oranienburg (Oranienburg 1935), S. 39.
- ⁴ Runge, Musterbilder, Abb. 25-30.
- ⁵ Friedlieb Ferdinand Runge, Hauswirtschaftliche Briefe: Erstes bis Drittes Dutzend (Berlin 1866), Reprint (Weinheim 1988), S. 153-165.
- ⁶ Phytochemie = Pflanzenchemie, abgeleitet vom griechischen Wort für Pflanze: Phytón (φύτον)
- ⁷ Eine Aufstellung der Veröffentlichungen Runges findet sich in: Christa Niedobitek, Fred Niedobitek, Friedlieb Ferdinand Runge: Sein Leben, sein Werk und die Chemische Produktions-Fabrik in Oranienburg (Lage 2011).
- ⁸ Runge war zeitlebens Junggeselle und verfügte über umfangreiche hauswirtschaftliche Erfahrungen. Er galt zudem als hervorragender Koch.
- ⁹ Rehberg, Runge, S. 21.
- ¹⁰ Der Kunstwein bestand aus Alkohol, Zitronensäure und weiteren, geheim gehaltenen Ingredienzen. Das Foto mit dem Weinglas soll das einzige erhaltene Foto von F.F. Runge sein. – Ernst F. Schwenk, Sternstunden der frühen Chemie (München 1998), S. 197. – Runge war auch für seinen hervorragenden Stachelbeerwein bekannt. Möglicherweise enthielt das Glas auf dem Foto auch diesen.
- ¹¹ Friedlieb Ferdinand Runge, Einleitung in die technische Chemie für Jedermann (Berlin 1836), S. IX.
- ¹² Friedlieb Ferdinand Runge, Grundlehren der Chemie für Jedermann, 1. Auflage (Breslau 1830), S. V-VI.
- ¹³ Weisheit Salomos, 11, 21.
- ¹⁴ Runge, Grundlehren, S. VII.
- ¹⁵ Runge, Einleitung, S. VI.
- ¹⁶ Friedlieb Ferdinand Runge, Technische Chemie der nützlichsten Metalle für Jedermann, erste Abtheilung (Berlin 1838). – Friedlieb Ferdinand Runge, Technische Chemie der nützlichsten Metalle für Jedermann, zweite Abtheilung (Berlin 1839).
- ¹⁷ Darüber hinaus erschien 1839 auch noch Runges Übersetzung der berühmten Conversations on Chemistry von Jane Marcet: Jane Marcet, Unterhaltungen über die Chemie, in welchen die Anfangsgründe dieser nützlichen Wissenschaft allgemein verständlich erläutert werden, hrsg. von Friedlieb Ferdinand Runge, nach der 13ten englischen Auflage (Berlin 1839).
- ¹⁸ Runge, Einleitung, S. VII.
- ¹⁹ Friedlieb Ferdinand Runge, Farbenchemie erster Theil: Die Kunst zu färben (Berlin 1834).
- ²⁰ Runge, Einleitung, S. VIII.

- ²¹ Seine „Musterbilder für die Freunde des Schönen“ und das später erschienene Buch „Bildungstrieb der Stoffe, veranschaulicht in selbständig gewachsenen Bildern“ (1855) waren in vergleichbarer Weise mit Tüpfelreaktionbildern illustriert.
- ²² 1857 gab Runge im Selbstverlag eine Schrift mit dem Titel Das Gift in der deutschen Sprache (Oranienburg 1857) heraus.
- ²³ Runge, Hauswirtschaftliche Briefe, zweites Dutzend, S. 168.
- ²⁴ Jöns Jacob Berzelius, Lehrbuch der Chemie, Dritten Bandes erste Abtheilung (Reutlingen 1828), S. 32.
- ²⁵ Zur Zeit Runges wurde die dynamische Theorie in chemischen Fachkreisen kaum noch beachtet. Ihre Blütezeit erlebte sie vor der Daltonschen Atomtheorie insbesondere unter dem Einfluss von Schelling. Bedeutende Vertreter waren Jakob Joseph Winterl (1732 - 1809), Johann Wilhelm Ritter (1776 - 1820), Hans Christian Ørstedt (1777 - 1851), Heinrich Friedrich Link (1767 - 1850) und Friedrich Albrecht Carl Gren (1760 - 1798). – Hermann Kopp, Geschichte der Chemie II (Braunschweig 1844), S. 324-326.
- ²⁶ Kopp, Geschichte der Chemie II, S. 324.
- ²⁷ Runge, Einleitung, S. 5.
- ²⁸ Runge, Einleitung, S. 6-8.
- ²⁹ a) Karl Wilhelm Gottlob Kastner, Theorie der Polytechnochemie, Band 2, hrsg. von Johann Friedrich Baerecke (Eisenach 1827), S. 102.
b) Karl Wilhelm Gottlob Kastner, Grundzüge der Physik und Chemie zum Gebrauch für höhere Lehranstalten und zum Selbstunterrichte für Gewerbetreibende und Freunde der Naturwissenschaft (Nürnberg 1832), S. 369.
- ³⁰ Kastner benutzte ein am Linnéschen System angelehntes Ordnungskonzept für die chemischen Elemente: Er fasst Bor und Kohlenstoff zur Ordnung Brenner zusammen. Brenner sind Grundstoffe, die „nur verbrennlich u. säuerbar [sind] ...[...]... aber die Zünder [Sauerstoff, Fluor, Chlor, Iod] weder im Verbrennungs-, noch im Säurungsprocess ...[...]... vertreten“ können. – Karl Wilhelm Gottlob Kastner, Theorie der Polytechnochemie, Band 2, hrsg. von Johann Friedrich Baerecke (Eisenach 1827), S. 102.
- ³¹ Runge, Einleitung, S. 8-10.
- ³² Jöns Jacob Berzelius, Lehrbuch der Chemie, erster Band (Dresden und Leipzig 1843), S. 125.
- ³³ Runge, Einleitung, S. 13-16.
- ³⁴ Jenaische Allgemeine Literatur-Zeitung, Num. 94, Mai 1838, S. 266-272.
- ³⁵ Klaus-Dieter Röker, Chemische Zeitreisen (Norderstedt 2012), S. 246-264.
- ³⁶ Runge, Einleitung, S. 18-19.
- ³⁷ Runge, Einleitung, S. 21-22.
- ³⁸ Friedlieb Ferdinand Runge, Grundriß der Chemie, I. Theil (München 1846), S. 201.

- ³⁹ Säuren wurden zur Zeit Runges als in Wasser lösliche Oxide angesehen.
- ⁴⁰ Runge, Einleitung, S. 338.
- ⁴¹ Runge, Technische Chemie, S. 290.
- ⁴² Runge, Technische Chemie, S. 510.
- ⁴³ Friedlieb Ferdinand Runge, Grundriß der Chemie, II. Theil (München 1847), S. 38.
- ⁴⁴ Runge, Technische Chemie, S. 412.
- ⁴⁵ Runge, Technische Chemie, S. 615.
- ⁴⁶ Runge, Technische Chemie, S. 185.
- ⁴⁷ Runge, Technische Chemie, S. 589.
- ⁴⁸ Runge, Einleitung, S. 24, 27. Runge, Grundriß, II. Theil, S. 23.
- ⁴⁹ Runge, Technische Chemie, S. 244.
- ⁵⁰ Runge, Einleitung, S. 32-33.
- ⁵¹ Runge, Grundriß, I. Theil, S. 24.
- ⁵² Justus Liebig, Über die Konstitution der organischen Säuren, Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 26 (Leipzig 1891), S. 59.
- ⁵³ Georg Christian Wittstein, Vollständiges etymologisch-chemisches Wörterbuch, Zweiter Band M-Z (München 1847), S. 435.
- ⁵⁴ Runge, Einleitung, S. 34-37.
- ⁵⁵ Runge, Einleitung, S. 33-34.
- ⁵⁶ Runge, Einleitung, S. 40-41.
- ⁵⁷ Runge, Grundlehren, S. VII.
- ⁵⁸ Friedlieb Ferdinand Runge, Grundlehren der Chemie für Jedermann, 3. Auflage (Berlin 1843), S. VII.
- ⁵⁹ Étienne François Geoffroy, "Table des différents rapports observés en chimie entre différentes substances", Mémoires de l'Académie des sciences (1718), S. 202-212.
- ⁶⁰ Carl Friedrich, Wenzels Lehre von der Verwandtschaft der Körper, hrsg. von David Hieronimus Grindel (Dresden, 1800).
- ⁶¹ Runge, Einleitung, S. 44.
- ⁶² Diese Verwandtschaftsreihe findet sich ansatzweise bereits bei Geoffroy (Anm. 59).
- ⁶³ Runge, Einleitung, S. 42.
- ⁶⁴ Derartige kreuzartige Darstellungen finden auch bereits bei Jeremias Benjamin Richter und werden später im Zusammenhang mit der Typentheorie in der Organischen Chemie verwendet. – Jeremias Benjamin Richter, Anfangsgründe der Stöchiometrie oder Meßkunst

chymischer Elemente, zweiter Theil (Breßlau und Hirschberg 1793), S. 56-68. – Heinrich Limpricht, Grundriss der organischen Chemie (Braunschweig 1855), S. 4.

- ⁶⁵ Runge, Einleitung, S. 48.
- ⁶⁶ Lothar Kuhnert, Uwe Niedersen, Zur Geschichte der Selbstorganisation chemischer Strukturen, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 272 (Thun und Frankfurt/Main 1999), S. 17-25.
- ⁶⁷ Johann Michael Söttl, Max der Zweite, König von Bayern – ein Bild des Unvergeßlichen (Augsburg 1867), S. 110.
- ⁶⁸ Runge, Grundriß, I. Theil, S. 9.
- ⁶⁹ Runge, Grundriß, I. Theil, S. 4.
- ⁷⁰ Runge, Grundriß, I. Theil, S. 21.