

Chimia 48 (1994) 11–15
 © Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft
 ISSN 0009–4293

Friedlieb Ferdinand Runge und seine Musterbilder

Sybille Rex*

Abstract. The 8th February 1994 is the 200th anniversary of the birth of a chemist whose inventive mind and spirit and many-sided scientific activities still astonish us today: *Friedlieb Ferdinand Runge*. This occasion certainly deserves an attempt to appreciate not only his inventions, discoveries, and scientific work, but also the person *Runge* in his time.

1. *Friedlieb Ferdinand Runge* – sein Leben und Schaffen

Am 8. Februar 1794 wird in Billwerder bei Hamburg in der Pfarrersfamilie *Runge* als drittes Kind ein Knabe geboren, der auf den Namen *Friedlieb Ferdinand* getauft wird. Er wächst in einer vielköpfigen, unter recht ärmlichen Verhältnissen lebenden Familie auf. *Friedlieb Ferdinand* kann daher nur die Elementarschule in Schiffbek bei Hamburg besuchen. Aus finanziellen Schwierigkeiten ist es seinem Vater nicht möglich, ihn auf eine höhere Schule zu schicken. Zeitlebens empfindet *Runge* das als einen grossen Nachteil.

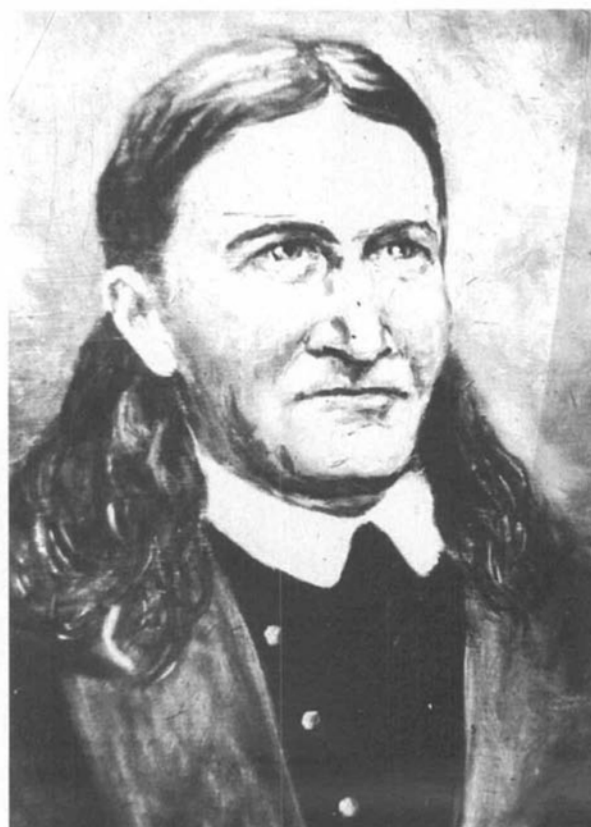
Ab 1810 ist *Runge* als Lehrling in der Lübecker Ratsapotheke beschäftigt. Dort gelingt ihm 1816 bei chemischen Arbeiten zufällig die Entdeckung der mydriatischen, d.h. pupillenerweiternden Wirkung der Tollkirsche.

Noch im selben Jahr beginnt für ihn ein bewegter und entbehrungsreicher Entwicklungsgang. Elternlos (die Mutter ist bereits 1806, der Vater 1811 gestorben, die zweite Frau des Vaters scheidet 1813 aus dem Leben) und mit einem geringen ererbten Vermögen beginnt *Friedlieb Ferdinand Runge* ein Studium der Medizin in Berlin. Dabei ist er sich bewusst, dass nur durch eisernen Fleiss die Lücken mangelhafter Schulbildung aufzufüllen sind.

1818 wechselt er den Studienort und geht nach Göttingen, wo er sich mit dem Dichter *Hoffmann von Fallersleben* (1797–1874) anfreundet. Aber schon nach einem Semester verlässt *Runge* die Stadt Göttingen und studiert in Jena weiter. Hier lernt er analytische Chemie bei *Johann Wolfgang Doebereiner*, der ihm nicht nur ein guter Lehrer, sondern auch ein Freund wird. Durch *Doebereiner* kommt es dann zu einer Begegnung zwischen *Runge* und *Goethe*, bei der er *Goethe* die pupillenerweiternde

Wirkung von Bilsenkraut an einer lebenden Katze demonstriert. *Runge* [1a] berichtet selbst über diesen Besuch im Jahre 1819: 'Ich bog nun den Katzenkopf so, dass die Tageslicht-Beleuchtung beide Augen gleichmässig traf, und mit Erstaunen bemerkte *Goethe* den Unterschied an den beiden Augen: neben der schmalen Spalte in dem einen Auge fiel das grosse runde Sehloch in dem anderen um so mehr auf, da vermöge einer etwas starken Gabe (von Bilsenkraut – d.A.) fast die ganze Regenbogenhaut sich zurückgezogen hatte und unsichtbar war'. Weiter schreibt *Runge* [1b] noch: 'Nachdem *Goethe* mir seine grösste Zufriedenheit ... ausgesprochen hatte, übergab er mir noch eine Schachtel mit Kaffeebohnen ... 'Auch diese können Sie zu Ihren Untersuchungen brauchen!', sagte *Goethe*. – Er hatte Recht, denn bald darauf entdeckte ich darin das wegen seines grossen Stickstoffgehaltes so berühmt gewordene «Coffein»'. Diese Entdeckung gelingt *Runge* 1820.

Mehr und mehr wendet sich *Runge* jedoch vom Studium der Medizin ab, um sich vor allem pflanzenchemischen Untersuchungen zu widmen. So promoviert er am 21.5.1819 in Jena mit der pflanzenchemischen Arbeit 'Von einer neuen Methode, eine Vergiftung mit Tollkirsche, Stechapfel und auch Bilsenkraut zu ermitteln' zum Doktor der Medizin. Noch bevor *Runge* Ende 1819 nach Berlin zurückkehrt, schreibt er den ersten Band seiner 'Phytochemie', der 1820 in Berlin gedruckt wird.



Friedlieb Ferdinand Runge
 (1794–1867)

*Korrespondenz: S. Rex
 Abteilung für Biophysikalische Chemie
 Biozentrum der Universität Basel
 Klingelbergstrasse 70
 CH–4056 Basel

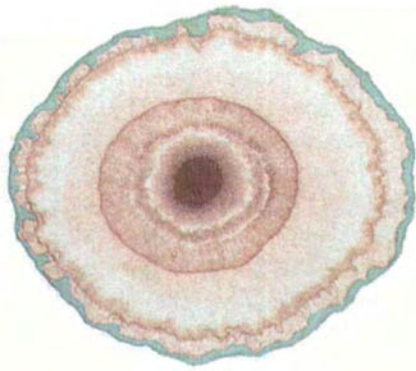


Abb. 1

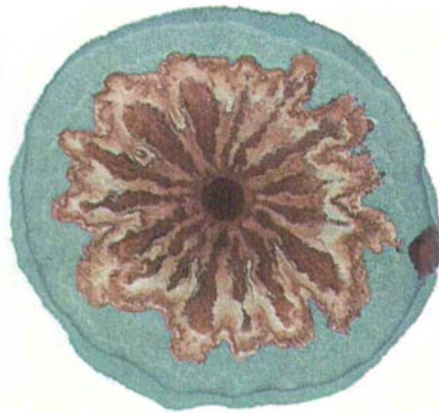


Abb. 2

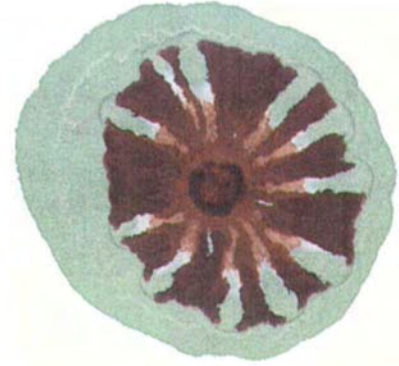


Abb. 3



Abb. 4

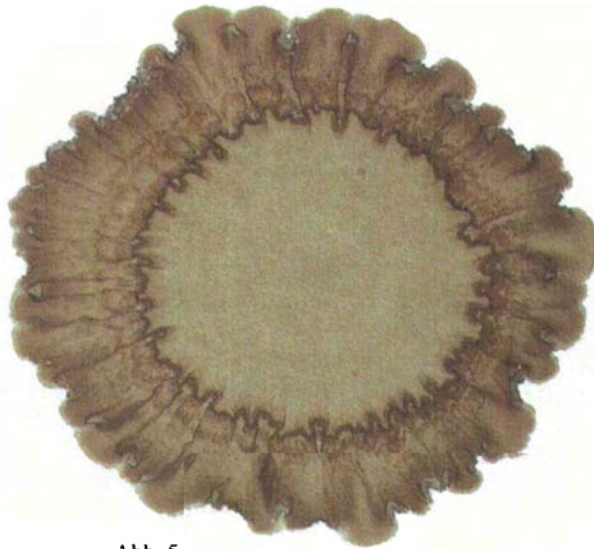


Abb. 5



Abb. 6

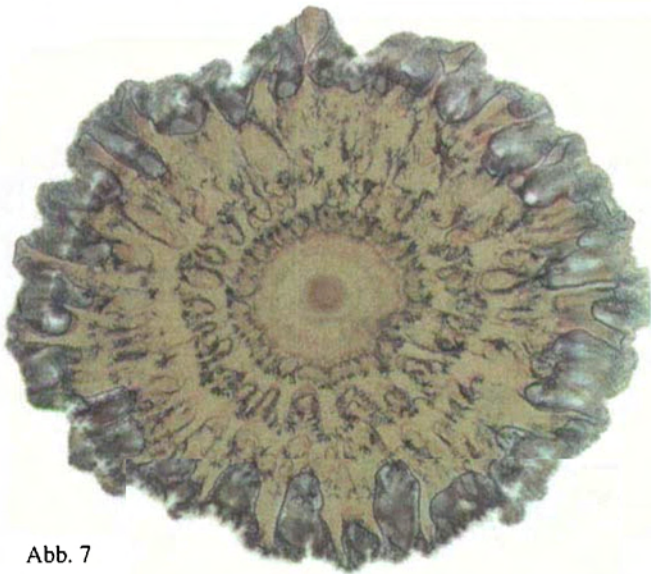


Abb. 7

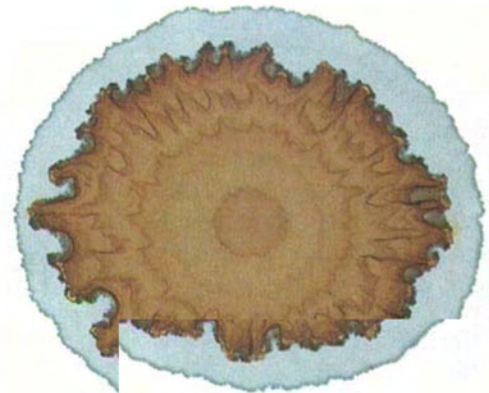


Abb. 8



Abb. 9



Abb. 10

An der Berliner Universität bildet er sich auf den Gebieten der Pflanzen- und Tierchemie weiter. Und bereits 1821 entsteht der zweite Band der 'Phytochemie', den *Runge* neben den Arbeiten zur Anfertigung seiner zweiten Dissertation verfasst. Mit der in lateinisch geschriebenen Arbeit 'Vom Indigo und seinen Verbindungen mit Metallen und Oxyden' promoviert er 1822 dann zum Doktor der Philosophie. Vor allem wegen seiner Veröffentlichungen erreicht *Runge* dieses Ziel und wird im Juli desselben Jahres Privatdozent an der Berliner Universität, die eine naturwissenschaftliche Abteilung erst 1820 erhalten hatte.

Sein Briefwechsel mit dem Dekanat der Berliner Universität und seine Gesuche um Erlass der Prüfungsgebühren geben aufschlussreiche Hinweise über die kärglichen Verhältnisse, unter denen er in Berlin lebt und arbeitet [2].

Aus dieser Zeit schreibt *Hoffmann von Fallersleben* [3a], der neben *Poggendorf*, *Chamisso* u.a. zu *Runge*'s Freundeskreis in Berlin gehört: 'Er hielt Vorlesungen über technische Chemie (und Pflanzenchemie – d.A.) und fand viel Zuspruch. Ewig mit neuen Versuchen beschäftigt, war er glücklich vieles zu finden und freigebig mit seinen Entdeckungen. Er freute sich, wenn er einem Fabrikanten oder Handwerker damit nützlich sein konnte'.

Im Jahr 1823 unternimmt *Runge* eine Studienreise nach Paris, dem damaligen Eldorado der jungen Chemiker: *Lavoisier*, *Gay-Lussac*, *Dulong*, *Thénard*, *Vauquelin*. Dort trifft er auch mit *Justus Liebig* zusammen – eine dauerhafte Freundschaft entwickelt sich daraus aber nicht.

Nach seiner Rückkehr aus Paris verlässt *Runge* 1824 Berlin und geht nach Breslau (heute Wrocław). 'Was *Runge* bewogen haben mag, von Berlin wegzugehen, kann nicht mit Bestimmtheit angegeben werden. Zwei verschiedene Beweggründe können es gewesen sein. ... Einmal ist diese Übersiedlung vielleicht einer plötzlich in ihm aufkommenden Idee zuzuschreiben; er glaubte wohl in Breslau bessere Bedingungen für seine Lehr- und Forschungstätigkeit vorzufinden als in Berlin. Oder ihn zog die Freundschaft zu *H. v. Fallersleben*, der

bereits ein Jahr früher von Berlin nach Breslau gegangen war. ... Jedenfalls ging er nicht auf Grund einer Berufung seitens der Universität nach Breslau' [4a].

In Breslau lernt er den Kattunfabrikanten *Carl Milde* kennen, mit dessen Sohn er von 1824 bis 1826 eine Reise durch Europa unternehmen darf. Mit einem Schatz von Kenntnissen, Erlebnissen und Erfahrungen kehrt er von dieser Reise zurück.

Danach arbeitet *Runge* in *Milde*'s Kattunfabrik in Breslau, wo er seine ersten Anregungen auf dem Gebiet der Farbenchemie erhält. Aber auch hier setzt er seine pflanzenchemischen Arbeiten fort. 'Er untersucht fast alle Bäume und Sträucher im Breslauer Botanischen Garten (etwa 260), von jedem Rinde und Blätter auf Pflanzensäuren' [4b]. Im Jahr 1828 erfolgt seine Ernennung zum ausserordentlichen Professor für Technische Chemie der Philosophischen Fakultät der Universität Breslau. 'Neben der Abhaltung von Vorlesungen schreibt er Lehrbücher und verfasst Artikel in Fachzeitschriften. Sein Buch 'Grundlehren der Chemie für Jedermann' zeigt, dass *Runge* sein Ziel, in gemeinnützigem Geiste zu schreiben, erreicht hat. Sein Streben ging dahin ... durch Verdeutschung und Vereinfachung der chemischen Sprache, durch zahlreiche Beispiele aus dem praktischen Leben der Chemie Eingang in alle gewerblichen Unternehmungen zu verschaffen und so gemeinnützig zu wirken. Immer schon drängte es ihn zur praktischen Anwendung der Chemie hin; dieser Zweig der Chemie wurde, infolge der äusserst mangelhaft eingerichteten Universitätsinstitute, kaum betrieben' [4c].

Von Breslau aus besucht *Runge* zwischen 1825 und 1830 mehrmals die Versammlungen der Deutschen Naturforscher und Ärzte und hält dort auch Vorträge über seine neuesten Forschungen.

Den sicher entscheidenden Schritt in seinem Leben unternimmt *Runge* 1831 als er Breslau verlässt, um in Oranienburg bei Berlin als Chemiker und technischer Leiter in die 1814 eingerichtete Schwefelsäure- und Chemische Produktenfabrik von Kommerzienrat Dr. *Hempel* einzutreten. Über die Beweggründe *Runge*'s zu diesem

Schritt haben *Runge*-Biographen und andere Autoren zahlreiche Vermutungen und Überlegungen angestellt.

Anft [4d] schreibt dazu: 'Warum er seine akademische Laufbahn aufgab, lässt sich nicht ermitteln. Anscheinend hatte er zunächst die Absicht, nur vorübergehend in Oranienburg tätig zu sein. ... Es ist zu verstehen, dass *Runge*, der stets grosses Interesse für die Anwendung der Chemie im gewerblichen Leben hatte, hier sein eigentliches Tätigkeitsfeld sah und nicht wieder zur Lehrtätigkeit an die Universität zurückkehrte'. *Harsch* und *Bussemas* [3b] führen noch ein anderes Motiv an: 'Was *Runge* bewogen hat, seine akademische Laufbahn aufzugeben, lässt sich nicht mehr zuverlässig rekonstruieren. Ein massgeblicher Grund war sicherlich, dass er als ausserordentlicher Professor finanziell auf sehr schwankendem Boden stand'.

In Oranienburg verbringt *Runge* seine reichsten Schaffensjahre, allerdings nicht immer unter gerade glücklichen Umständen. In der Chemischen Produktenfabrik hat er Gelegenheit auf technischem und farbenchemischem Gebiet Untersuchungen anzustellen.

So gelingt ihm beispielsweise 1833 durch Destillation von Steinkohlenteer die Entdeckung von Anilin, Pyrrol, Phenol und Rosolsäure. Die Möglichkeit der Verwertung des Steinkohlenteers als Rohstoffquelle hat *Runge* deutlich erkannt, aber er besitzt und bekommt für die Ausführung im grösseren Massstab keine Mittel. 1834 werden diese Arbeiten zwar in *Poggendorf*'s Annalen veröffentlicht – eine entsprechende Würdigung zu dieser Zeit bleibt jedoch aus.

In diese schaffensreichen Jahre *Runge*'s fallen ebenfalls die bedeutende Entdeckung der ersten Teerfarben Emeraldin und Anilinschwarz und die Herstellung der ersten Paraffinkerzen [4e]. Weiterhin entwickelt *Runge* Verfahren zur Herstellung von Zucker aus Rübensaft, von Leinölseife und von sogenannter 'Königstinte'. *Runge* ist stets bestrebt aus industriellen Abfallstoffen wieder nützliche Produkte zu gewinnen. Das zeigen auch seine Überlegungen und Versuche, die er zur Gewinnung von Düngemittel (dem 'deutschen Guano') unternimmt.

'*Runge* hat in der Chemischen Produktenfabrik zweifellos sehr viel geleistet, aber er genoss auch erhebliche Freiheiten, die er zu nutzen verstand. So schrieb er zwischen 1832 und 1851 nicht weniger als zehn chemische Lehr- und Sachbücher ...' [3c], unter anderem ein umfangreiches, dreibändiges Werk über Farbenchemie.

Nach *Hempel*'s Tod wird die Chemische Produktenfabrik 1841 von der König-

Tabelle. Beispiele für Musterbilder

Musterbild-Typ	Lösung A	Lösung B	Weiterbehandlung mit	Abbildung
I. Niederschlagsbild	$K_3[Fe(CN)_6]$ $MnSO_4$ $Cr_2(SO_4)_3$	$CuSO_4$ K_2CrO_4 K_2CrO_4		1, 2, 3, 4 5, 6 7, 8
II. Verdrängungsbild	$MnSO_4$ $MnSO_4$	dest. H_2O $K_2Cr_2O_7$	NH_3 (gasförmig) NH_3 (gasförmig)	9 10

lichen Seehandlung Preussens aufgekauft. 'Aus Runge's Jahresberichten an die Seehandlung, die eine Übersicht der Leistungen, Fortschritte und Neueinführungen geben, sieht man, mit welcher Umsicht er als Leiter der chemischen Fabrik tätig war. Trotz aller erzielten Fortschritte und trotz der Anerkennung der vorliegenden Ergebnisse seitens der Direktion der Seehandlung, wurde Runge nicht in ein Angestelltenverhältnis übernommen' [4f].

Ab 1851 besteht zwischen Runge und der Firma nur noch ein loses Mitarbeiterverhältnis. Im Jahre 1852 wird ihm gekündigt. Es ist zweifelhaft, ob Runge bis zu seinem Tode noch von der Firma Entschädigungen für seine Arbeit und die zahlreichen Erfindungen bezogen hat.

'Wie kam es, dass Runge so viele Jahre hindurch in diesem Wirkungskreis blieb, ... obwohl ihm (als technischem Leiter) auf alle Vorschläge und Verbesserungen abschlägiger Bescheid erteilt wurde, und obwohl er – trotz wiederholter Bitte – nicht in ein Angestelltenverhältnis bei der Königlichen Seehandlung übernommen wurde. ... Er fühlte sich ... mit dem Werk durch sein jahrelanges Wirken aufs Innigste verbunden, und er dachte nicht daran – trotz vieler Ablehnungen seiner Vorschläge seitens der Seehandlung – seine Stellung aufzugeben.

Ferner hatte er sich bei der Oranienburger Bürgerschaft eine allgemein geachtete Stellung erworben. Ein Weggang aus Oranienburg würde daher für Runge eine Entwurzelung bedeuten haben', versucht Anft [4g] das Verhalten Runge's zu erklären.

Seine 'Hauswirtschaftlichen Briefe', die vor allem den Oranienburger Hausfrauen zugute kommen, schreibt er 1866 und 1867. Er ist bekannt als ein hervorragender Kochkünstler und Meister in der Bereitung von Obst- und Kunstwein. Zeit seines Lebens bleibt Runge ein Junggeselle.

Für seine wissenschaftlichen Leistungen werden Runge erst in den letzten Lebensjahren einige wenige Ehrungen zuteil. 1855 erhält er auf der Pariser Weltausstellung eine Preismedaille für sein Buch 'Bildungstrieb der Stoffe'. Eine Denkmünze wird ihm 1862 auf der Londoner Industrieausstellung verliehen. Runge [5] selbst schreibt dazu: 'Die Kommission der Londoner Ausstellung, die nun zu Ende geht, hat sich meiner alten Entdeckungen (z.B. die der Teerfarben – d.A.) erinnert und mir die Verdienstmedaille verliehen. Ich bin glücklich, die Nachricht über meinen Erfolg noch erlebt zu haben'. Im Jahre 1863 ernennen die 'Naturwissenschaftliche Gesellschaft' zu Nürnberg Runge zu ihrem Ehrenmitglied und die 'Naturforschende Gesellschaft' zu Basel ihn zum korrespondierenden Mitglied. Der 'Gewerbeverein

von Mühlhausen' und die 'Elsässer Chemische Gesellschaft' verleihen ihm 1864 je eine goldene Verdienstmedaille. 1865 erfolgt die Ernennung Runge's zum Ehrenmitglied und Meister des 'Freien Hochstiftes für Wissenschaft, Künste und allgemeine Bildung' zu Frankfurt am Main.

Am 27. März 1867 stirbt Runge in Oranienburg und wird auf dem Nicolai-Friedhof beigesetzt. Eine Umbettung auf den neuen Stadtfriedhof erfolgt 1949. Gedenktafeln werden an seinem Geburtshaus in Billwerder und an seinem Wohnhaus in Oranienburg angebracht.

2. Stellung von Runge's wissenschaftlichem Werk

Bei aufmerksamer Betrachtung von Runge's wissenschaftlichem Werdegang fällt auf, dass ihn die atomtheoretischen oder konstitutionellen Probleme der Chemie zur damaligen Zeit eigentlich nicht berührt haben. Runge's Interesse galt hauptsächlich der angewandten und praktischen Chemie. Auf diesen Gebieten hat er befruchtend gewirkt und steht hier mit seiner grossen Begabung und Originalität an der Spitze der Naturwissenschaftler des 19. Jahrhunderts. Er besass die Fähigkeiten, die einem Praktiker unbedingt eigen sein sollten: ahnendes Forschen, Geduld und die Kunst zu experimentieren. Durch seine Bemühungen um den Steinkohlenteer hat er bewiesen, dass seine Fähigkeit, grösstechnisch und wirtschaftlich zu denken, weit über seine Zeit hinausging. Er wäre dazu befähigt gewesen, die erste Teerfarbenindustrie der Welt zu begründen [4h]. Die Oranienburger Umstände haben ihn jedoch an der Durchführung dieser Aufgaben gehindert. Runge [6] beurteilte diese Umstände folgendermassen: 'Allen meinen Vorschlägen, die ich der königlichen Seehandlung machte, hängte sich ein böser Wille und die Unlust, für etwas Neues tätig zu sein, als Hemmschuh an. – So wurde ich denn stets abschlägig beschieden oder erhielt gar keine Antwort, weil der Gegner und Begutachter es höheren Ortes immer als noch nicht zeitgemäss oder als nicht genug lohnend darzustellen wusste'. Runge befand sich natürlich in materieller Abhängigkeit und hatte deshalb in erster Linie dafür Sorge zu tragen, dass solche chemischen Produkte hergestellt werden, die Absatz und Gewinn versprachen.

In Friedlieb Ferdinand Runge's Leben und Werk begegnet man einem Schicksal, das vielen Erfindern gemeinsam zu sein scheint: Zu Lebzeiten wurde sein Werk wenig anerkannt und nur wenige Ehrungen wurden ihm zuteil.

Dass Runge nicht ein wahrhaft berühmter und anerkannter Mann wurde und im 19. Jahrhundert einen massgebenden Einfluss auf die chemische Wissenschaft und Industrie ausübte, ist nicht allein auf die Oranienburger Verhältnisse zurückzuführen. Der Abgang von der Universität und der damit verbundene Verzicht auf eine Hochschullaufbahn spielten ebenfalls eine wichtige Rolle.

Schaut man aus heutiger Sicht auf Runge's wissenschaftliches Werk, so fasziniert es und nötigt uns grosse Bewunderung ab – vor allem wegen seiner Vielseitigkeit.

3. Runge's Musterbilder

In den Jahren 1850 und 1855 veröffentlichte Runge zwei besondere Bücher, die heute zu den Seltenheiten der Bibliotheken und Archive gehören. Sie sind als eine Art Nebenprodukt seiner Tätigkeit als praktischer Chemiker in Oranienburg anzusehen. Bei diesen Büchern handelt es sich um folgende:

- 'Zur Farbenchemie. Musterbilder für Freunde des Schönen und zum Gebrauch für Zeichner, Maler, Verzierer und Zeugdrucker', 1850.
- 'Der Bildungstrieb der Stoffe. Veranschaulicht in selbständig gewachsenen Bildern', 1855.

Unter *Musterbildern* sollen 'Bilder' verstanden werden, die infolge von Reaktionen chemischer Substanzen auf Filterpapier entstehen. Sie sind im weiteren der Gegenstand des Artikels.

Zur Entdeckung der Musterbilder kam es mehr oder weniger zufällig, weil – wie bei Harsch und Bussemas [3d] interessanterweise festgestellt wird – 'Runge bei der Herstellung seiner Musterbilder in beträchtlichem Umfang auf Chemikalien zurückgriff, die in der Chemischen Produktenfabrik selbst hergestellt wurden. Das unterstreicht – von der materiellen Basis her – die Tatsache, dass Runge im Zusammenhang mit seinen alltäglichen Laborproblemen ... auf die Musterbilder gestossen ist'. Diese Laborprobleme bestanden beispielsweise in Fragestellungen wie:

- In welchem Mengenverhältnis reagieren zwei oder mehrere Stoffe vollständig miteinander?
- In welchen Mengen muss ein Reagens zu einer unbekanntem Mischung gegeben werden, um darin enthaltene Stoffe sicher nachzuweisen?
- Wie lässt sich die Empfindlichkeit von Nachweisreaktionen steigern?

Runge's Idee, dazu Filterpapier zu verwenden und eine heute unter dem Namen 'Tüpfelanalyse' bekannte Methode durch-

zuführen, war im Prinzip nicht neu. Auf diesem Wege jedoch entdeckte er die Musterbilder. 'Ich mischte nämlich das Aufeinanderwirkensollende nicht mehr in Glasröhren und gussweise; sondern tropfenweise auf Papier und zwar auf Löschpapier. Hier zeigte sich nun mit einem Male eine neue Welt von Bildungen, Gestaltungen und Farbmischungen, wie ich sie mir natürlich nicht gedacht hatte und die auch wohl nicht zu vermuten waren, deren Wirklichkeit daher um so mehr überraschte', schreibt *Runge* [7].

Er nutzte aber nicht die Möglichkeit die Methode im chromatographischen Sinne – um Stoffgemische am Papier zu zerlegen – weiter zu entwickeln, sondern suchte nach Wegen seine Bilder farbenreicher und ästhetischer zu gestalten.

3.1. Erzeugung der Musterbilder

3.1.1. Allgemeines Prinzip (nach *Deiss* [8])

Bei den im folgenden mit A und B bezeichneten Lösungen handelt es sich im Falle von A um eine Salzlösung und im Falle von B um eine Salzlösung, verdünnte Lauge oder Wasser.

1. Tränkung des Papiers

Ein Blatt gut saugfähigen Filterpapiers wird mit der Lösung A getränkt und danach an der Luft getrocknet. Die Tränkung kann durch

- tropfenweises Aufgeben der Flüssigkeit auf die Mitte des horizontal liegenden Blattes (Auftropfverfahren) oder
- Ziehen des Blattes durch ein Gefäß mit der entsprechenden Lösung (Tauchverfahren) erfolgen.

2. Entwickeln des Bildes

Auf das getränkte, trockene Papier wird die Lösung B tropfenweise im Zentrum des Blattes aufgebracht. Dabei wartet man vor Aufgabe des nächsten Tropfens bis der vorherige vom Papier aufgesaugt wurde. Das Papier sollte horizontal und nur an den Blatträndern aufliegen.

Dies ist die einfachste Vorgehensweise. Es können bei der Entwicklung des Bildes natürlich auch mehrere, verschiedene Lösungen verwendet werden.

3.1.2. Zwei Typen von Musterbildern

In Abhängigkeit von den verwendeten Lösungen A und B kann man zwei verschiedene Typen von Musterbildern unterscheiden:

I. Niederschlagsbilder

Die Lösung A reagiert mit der Lösung B unter Bildung eines farbigen Niederschlags.

II. Verdrängungsbilder

Die Lösung A reagiert mit der Lösung B ohne Bildung eines Niederschlags oder die Lösung A wird durch die Lösung B verdrängt, ohne dass eine chemische Reaktion stattfindet. Das Sichtbarmachen der so erzeugten Musterbilder kann durch eine Weiterbehandlung (z.B. mit gasförmigen Stoffen) erfolgen.

Zur Illustration sind auf S. 12 einige Beispiele für Musterbilder gezeigt. Sie sind von der Autorin selbst angefertigt worden.

3.2. Zur Beschreibung der Musterbilder

Die folgenden Überlegungen beziehen sich vor allem auf die Niederschlagsbilder. Vergleicht man die Prozesse, die im Reagenzglas stattfinden mit denen, die auf dem Filterpapier ablaufen, so ist ein entscheidender Unterschied festzustellen:

- Im Reagenzglas bildet sich ein unstrukturierter Niederschlag aufgrund einer chemischen Reaktion.
- Auf dem Filterpapier läuft die gleiche chemische Reaktion ebenfalls unter Bildung eines Niederschlags ab, aber aufgrund zusätzlicher Wechselwirkungen der reagierenden Stoffe mit dem Filterpapier kommen noch Prozesse hinzu, die die Bildung einer Struktur verursachen. Dazu gehören Transportphänomene und Grenzflächeneffekte, wie z.B. Kapillarwirkung, Diffusion, Adsorption, Keimbildungsvorgänge [9].

Auch entstehen die Musterbilder nicht unter beliebigen Bedingungen. Ich konnte beispielsweise feststellen, dass die Lösungen A und B in bestimmten Konzentrationsverhältnissen vorliegen müssen, damit sich Strukturen bilden können. Und das ist nur ein Parameter von vielen, die die Musterbildung beeinflussen.

Eine Beschreibung der entstehenden Strukturen mit Hilfe von Reaktions-Diffusions-Gleichungen ist ein sehr komplexes und bis heute noch nicht gelöstes Problem. Schon allein die im Reagenzglas ablaufenden Reaktionen sind grösstenteils nicht einmal vollständig bekannt.

Nach den ersten Versuchen von *Deiss* [8] haben *Harsch* und *Bussemas* [3], wie in ihrem Buch 'Bilder, die sich selber malen' beschrieben, interessante systematische Untersuchungen durchgeführt, um die Entstehung von Musterbildern grundlegend zu analysieren und sie physikalisch-chemisch zu deuten. Für eine vertiefte und detailliertere Analyse der Strukturbildung geben sie folgendes Konzept: 'Wenn es gelingt, jeden Stoff quantitativ in Abhängigkeit vom Ort auf dem Papier zu erfassen, dann hat man das Stoffmengen-Profil des fertigen Bildes ermittelt. Um die Interpretation (mit

Hilfe von chemischen Reaktionsgleichungen und physikalischen Transportgleichungen – d.A.) auf eine verlässliche empirische Basis zu stellen, wird man in komplizierten Fällen nicht darum herumkommen, auch das werdende Bild in verschiedenen Stadien des Entstehungsprozesses ... zu analysieren' [3e]. Das Prinzipielle der Vorgehensweise ist also bekannt, aber die Schwierigkeiten stecken im Detail.

Eingegangen am 16. Dezember 1993

[1] *Runge's* Bericht über seinen Besuch bei *Goethe* in Jena, entnommen aus [4], S. 142–152; Quelle: *F. F. Runge*, 'Hauswirtschaftliche Briefe', 3. Dutzend, 1867, 36. Brief; Reprint, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1988.

[1a] Siehe [1], S. 149.

[1b] Siehe [1], S. 152.

[2] Promotions- und Habilitationsakten von *Runge* aus dem Archiv der Philosophischen Fakultät der Königlichen *Friedrich-Wilhelm-Universität* Berlin, abgedruckt in [4], S. 153–168.

[3] *G. Harsch, H. H. Bussemas*, 'Bilder, die sich selber malen', DuMont, Köln, 1985.

[3a] Siehe [3], S. 122.

[3b] Siehe [3], S. 76.

[3c] Siehe [3], S. 77.

[3d] Siehe [3], S. 79.

[3e] Siehe [3], S. 62.

[4] B. Anft, 'Friedlieb Ferdinand Runge – sein Leben und Werk', Reprint, Verlag Krause, Nendeln/Liechtenstein, 1977.

[4a] Siehe [4], S. 18.

[4b] Siehe [4], S. 86.

[4c] Siehe [4], S. 27.

[4d] Siehe [4], S. 29.

[4e] Siehe [4], S. 120.

[4f] Siehe [4], S. 32f.

[4g] Siehe [4], S. 47f.

[4h] Siehe [4], S. 125.

[5] *F. F. Runge*, 'Über die Farbstoffderivate des Steinkohlenteers – Zur Geschichte wissenschaftlicher Entdeckungen', abgedruckt in *G. Kränzlein*, 'Zum 100jährigen Gedächtnis der Arbeiten von *F. F. Runge*', *Angew. Chem.* **1935**, *48*, 1, Zitat S. 2; Quelle der *Runge-Schrift: Moniteur scientifique 1863*.

[6] Aus [4], S. 121; Quelle: *F. F. Runge*, 'Hauswirtschaftliche Briefe'.

[7] Aus [3], S. 60; Quelle: *F. F. Runge*, 'Zur Farbenchemie. Musterbilder für Freunde des Schönen und zum Gebrauch für Zeichner, Maler, Verzierer und Zeugdrucker', Berlin, 1850.

[8] *E. Deiss*, 'Über *Runge*-Bilder und *Liesegang*-Ringe auf Filtrierpapier', *Kolloidzeitschrift* **1939**, *89*, 146.

[9] 'Selbstorganisation chemischer Strukturen', *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften*, Band 272, Verlag Geest & Portig, Leipzig, 1987.