

Dirk Rohde

Bildschaffende Methoden

und ihre Einsatzmöglichkeiten im Chemieunterricht

Mit Spannung kann man seit einem Jahr in der »Erziehungskunst« einen Diskussionsprozeß zum Chemieunterricht in der Oberstufe der Waldorfschulen verfolgen, von einem Einstiegartikel Wolfgang Schads (Heft 3/98) bis zur Skizze eines Gesamtkonzepts von Angelika Kaiser-Kassner (Heft 1/99). Mehrfach wurden in dieser Diskussion die sog. »bildschaffenden Methoden« erwähnt, aber nicht näher erläutert; auch wurde die Frage gestellt, ob diese Methoden je im Chemieunterricht fruchtbar gemacht worden seien. Da ich dies seit Jahren versuche, will ich gern Auskunft geben, kann allerdings im gesteckten Rahmen nicht näher auf die hochinteressante Entstehungsgeschichte eingehen. Vielleicht kann das anderswo nachgeholt werden.

Nach dem Ersten Weltkrieg wurde nicht nur die Waldorfschule gegründet, sondern es wurden kurz darauf auch Forschungslaboratorien eingerichtet, in denen an zukunftsweisenden Anregungen Steiners gearbeitet wurde.¹ Da ging es um neuartige Medikamente und Präparate für die Landwirtschaft, um neue Möglichkeiten der Energieerzeugung, neue Verarbeitungsweisen für Naturprodukte, Pflanzenfarben, Grundlegendes zur Homöopathie und vieles andere. Das Zentrum dieser Forschungen in Stuttgart existierte leider nur ca. drei Jahre, bis es der Inflation zum Opfer fiel.

Von den jungen Wissenschaftlern forderte Steiner den Mut, an neue Versuche heranzugehen und neue Phänomene zu schaffen (wie es dann bei den »bildschaffenden Methoden« gelang), auch Grenzgebiete wie die Spektralanalyse und die Spurenelemente zu durchdringen und die Kräfte des Lebendigen zu erforschen, die gestaltend in den Lebenserscheinungen wirksam sind.² Konnte man Spuren des Wirkens dieser Kräfte in Tests sichtbar machen?

Einen solchen Test bezeichnet man heute als »bildschaffende Methode«. Da die Natur selbst von Lebenskräften gebildet ist, ist sie bereits ein Bild von ihnen. Nimmt man nun Substanzen aus der belebten Natur, so kann man bei entsprechender Vorgehensweise neue Bilder mit ihnen schaffen, also quasi Bilder von Bildern. Was dabei genau wie auf welche Substanz wirkt, ist Gegenstand umfangreicher Untersuchungen geworden und wird bis heute kontrovers diskutiert.

1 Vgl. Hans Kühn: Dreigliederungszeit, Dornach (Phil.-Anthrop. Verlag) 1978, IX. Kapitel

2 Nach Alla Selawry: Ehrenfried Pfeiffer, Dornach (Philosophisch-Anthroposophischer Verlag) 1987, S. 24 f.; Guenther Wachsmuth: Rudolf Steiners Erdenleben und Wirken, Dornach (gleicher Verlag) 1964, S. 449

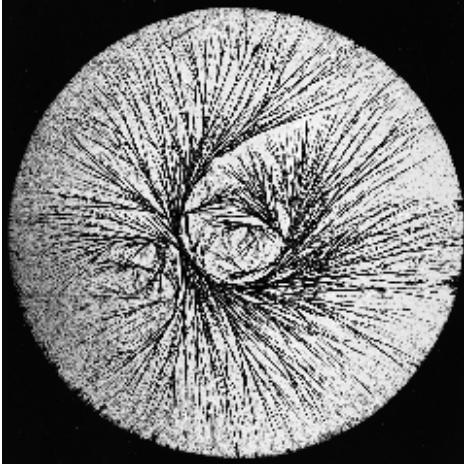


Bild 1

Die Methode der Kupferchloridkristallisation

Eine dieser bildschaffenden Methoden entwickelte *Ehrenfried Pfeiffer*. Er erhielt von Steiner den Rat, Kristallisationsvorgänge zu beobachten unter Zusatz von Pflanzenstoffen und Blut und die Veränderungen dieser Kristallisationsvorgänge zu studieren. Pfeiffer fand nun folgende Versuchsanordnung: Man versetzt eine verdünnte Kupferchloridlösung mit einer in wässriger Lösung verdünnten Probe einer zu untersuchenden Substanz, z. B. einem

Lebensmittel. Das Ganze kommt auf eine Glasplatte, umgeben von einem Ring, und man läßt es unter kontrollierten Bedingungen eintrocknen. Man ist tatsächlich immer wieder überrascht, wieviel man dabei entdecken kann. Die Bilder bestehen durch eine ausgesprochene Schönheit, und es entsteht eine Fülle verschiedenster Kristallformen, eisblumenartig, grünlich bis leicht bläulich. Man muß sich erst eine Weile einsehen, bis man typische, wiederkehrende Merkmale entdeckt und Charakteristisches wahrnimmt. Die Methode ist hierbei eine vergleichende, man benötigt mehrere Kristallbilder nebeneinander und kann durch Gewichtung (ein Mehr oder Weniger) Tendenzen ablesen. Um ein Beispiel zu geben: Man lasse *Bild 1 und 2* eine Zeit lang unbefangen auf sich wirken. Nun versuche man, sie vergleichend für sich zu beschreiben, etwa nach folgenden Gesichtspunkten:

Bei beiden Bildern ist eine Gestaltung zu sehen, die, von einem Zentrum ausgehend, zur Peripherie hin ausstrahlt. In beiden Fällen sieht man dunkle Linien, die teils stärker, teils schwächer sind. Schaut man sich nun Bild 1 genauer an, so findet man z. B., daß im Zentrum die dunklen Linien (dies sind die Züge der Kristallnadeln) ausgesprochen kräftig sind, zu mehreren parallel laufen und eine deutlich geschwungene Form aufweisen, so daß sie in der Mitte eine Art Raum einschließen. Die Kristallnadeln verzweigen sich nur wenig und bleiben in der Mehrzahl bis zum Bildrand hin klar erkennbar. – Bild 2 dagegen weist ein zusammengezogeneres Zentrum ohne einen merklichen inneren Raum auf. Die dunklen Linien verlaufen recht gerade dem Bildrand zu. Zur Peripherie hin sind sie dann sehr zahlreich und fein, man muß genauer hinschauen, um noch alle zu finden. Die Verzweigungen weisen hier zudem eine Besonderheit auf: Zwischen dem Hauptzentrum in der Mitte und dem Bildrand gibt es eine Reihe von Punkten, an denen kurze Kristallnadelbüschel in viele Richtungen zugleich ausstrahlen, so daß sie kleine Nebenzentren bilden.

Geht man einen Schritt weiter und versucht die Bilder in ihrer Ganzheit zu

erfassen, so kann man beispielsweise zu folgenden Aussagen kommen: Bild 1 wirkt dynamisch, bewegt, kraftvoll, es hat eine starke Ausstrahlung, es erscheint »aufgeschlossen«. Bild 2 dagegen ist ruhiger, weniger kräftig, verhaltener. Bild 1 ist recht einheitlich gestaltet, Bild 2 zeigt Merkmale der Auflösung dieser Einheit. Nimmt man nun noch das eigene Empfindungsleben als »Anzeiginstrument«, dann lassen sich beispielsweise noch Aussagen hinzufügen wie: Bild 1 erzeugt ein inneres Erlebnis, das der musikalischen Dur-Empfindung ähnelt, wohingegen Bild 2 mehr an eine Moll-Stimmung erinnert.

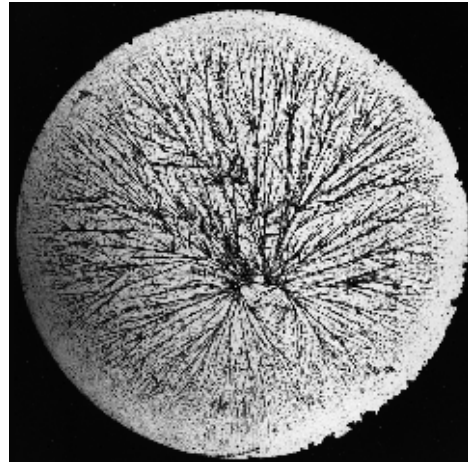


Bild 2

Für einige ist es dann an dieser Stelle hilfreich, sich den Bildern weiter mit Fragen zu nähern wie: Welches Bild erinnert eher an eine Morgen-, Frühlings-, Jugendstimmung etc., welches eher an eine solche des Abends, Herbstes, Alters? Wer sich davon angesprochen fühlt, entwickelt hier rasch eine erstaunliche Kreativität. Andere dagegen finden dies bereits übertrieben, zu wenig nüchtern, irritierend. Aber gleich, wie weit der einzelne hier gehen mag, es läßt sich eigentlich immer ein Konsens herstellen, welches Bild vom wäßrigen Auszug eines *jungen* Liebstöckelblattes gestaltet wurde und welches auf ein *altes*, absterbendes Blatt derselben Pflanze zurückgeht.³

Entscheidend bei der Auseinandersetzung mit den bildschaffenden Methoden ist, daß man diese Dinge wirklich tut und nicht ohne eine tätige Auseinandersetzung mit ihnen über sie urteilt. Ein Sich-Einlassen auf sie ist zunächst notwendig. Man wird dann feststellen, daß es auch hier strenge Gesetzmäßigkeiten gibt, die sich aber weniger im Bereich des Quantitativen abspielen als vielmehr im Bereich des Qualitativen. Und darin liegt das eigentliche Einsatzgebiet dieser Methoden. Es läßt sich ja sofort sagen: Warum soll man denn junge und absterbende Liebstöckelblätter aufwendig untersuchen, solche Altersunterschiede sieht man doch den Pflanzen bereits von vornherein so an?! Interessant wird es eigentlich erst da, wo man eben zunächst nichts sieht. Beispielsweise weiß man heute, daß uns Lebensmittel, welche Kristallbilder erzeugen, die mehr Bild 1 ähneln, besser bekommen, uns mehr Kraft geben und uns gesünder erhalten als solche, die mehr zu Bild 2 tendieren. Biologisch-dynamisch erzeugte Lebensmittel führen in solchen Tests zu ersterem. Dabei gibt es aber ein breites Spektrum. Biologisch-dynamische Produkte sind ja nicht per se besser als konventionell produzierte, sondern es spielt auch der jeweilige Boden, das Jahresklima usw. sowie das Können

3 Für die Unsicheren unter den Lesern: *Bild 1*: junges, *Bild 2*: altes Liebstöckelblatt

des einzelnen Landwirtes eine große Rolle. Mit bildschaffenden Methoden lassen sich nun deutliche Qualitätsunterschiede etwa verschiedener Getreide- oder Saftlieferungen feststellen, was wiederum z. B. für Bäcker ebenso interessant ist wie für den Endverbraucher.

Eine Könnlerin auf diesem Gebiet ist Frau Balzer-Graf, die ein Laboratorium für bildschaffende Methoden in Frick in der Schweiz betreibt und deren Publikationen sehr beachtet werden.⁴ Sie hat sich über lange Jahre intensiv diese Methoden angeeignet und ist heute in der Lage, beispielsweise in Doppelblindversuchen herauszufinden, ob ein Apfelsaft aus Demeter-, Öko- oder konventionellem Anbau stammt – im Gegensatz zu ebenfalls an solchen Versuchen teilnehmenden konventionellen chemischen Untersuchungslabors. Solche Versuche sind vor allem für die Skeptiker interessant. In einer vertrauensvollen Atmosphäre dagegen kann einem der Landwirt ja gleich sagen, ob und welche Gifte er für den Anbau benutzt oder ob er statt dessen z. B. mit aufwendigeren Fruchtfolgen arbeitet.

Die Steigbildmethode

Neben der Kupferchloridkristallisation gibt es nun auch noch weitere bildschaffende Methoden. Bekannt geworden sind vor allem die *Steigbildmethode* von *Lili Kolisko* und die *Tropfenbildmethode* von *Theodor Schwenk*, aber es existieren auch noch andere Ansätze. Ich möchte mich auf das Schildern der Steigbildmethode beschränken, weil ich sie im Unterricht bevorzugt einsetze. Im Grunde ist sie der Kupferchloridkristallisation eng verwandt; man nimmt auch hier verdünnte Salzlösungen (z. B. von Eisensulfat und Silbernitrat) und setzt in wäßriger Lösung verdünnte zu untersuchende Substanzen zu. Nun läßt man aber nicht alle Lösungen zusammen in der Waagerechten auskristallisieren, sondern einzeln nacheinander senkrecht einen Papierstreifen hochsteigen. Die äußeren Bedingungen wie Luftfeuchte und Temperatur werden konstant gehalten. Auch hierbei entstehen schöne, ausdrucksstarke Bilder, deren Interpretation in ähnlicher Weise erfolgt wie die von Kristallisationen (siehe weiter unten bei den Schülerversuchen; als Beispiel sei eine Untersuchung von Meldenblättern wiedergegeben: *Bild 3*⁵).

Es handelt sich also um eine Form der Papierchromatographie⁶, die von Lili Kolisko dahingehend abgewandelt wurde, daß sie nun mit ihrer Hilfe Wirkungen von Kräften nachweisen konnte, die mit den Sinnen sonst nicht oder nur schwer wahrnehmbar sind. Anfangs untersuchte sie damit hoch potenzierte Sub-

4 Ein möglicher Einstieg für Anfänger ist die Bild-Text-Mappe von Ursula Balzer-Graf: Qualität – ein Er-Lebnis, erhältlich beim Forschungsinstitut für Vitalqualität, Ackerstraße, CH-5070 Frick

5 aus Magda Engquist: Die Steigbildmethode, Frankfurt a.M. (V. Klostermann-Verlag) 1977

6 Chromatographie ist ein chemisches Verfahren zur Trennung von Stoffgemischen, gefunden von dem Botaniker M. Tswett (1906)

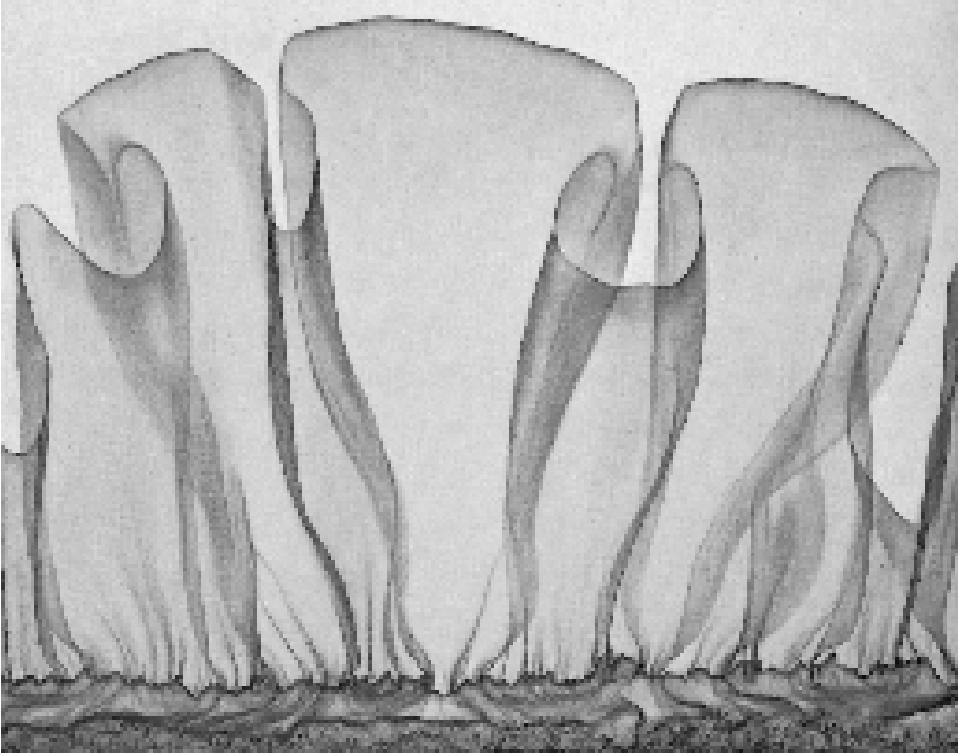


Bild 3

stanzen, deren Wirkung parallel zunächst in Keimungsversuchen (mit Weizenkörnern) geprüft worden war. Später setzte sie die Methode auch ein, um die Wirkung der einzelnen Planeten auf verschiedene Metalle nachzuweisen.⁷ Insgesamt zielte Lili Kolisko mit ihrer bildschaffenden Methodik in dieselbe Richtung wie Pfeiffer, und so werden heute die Steigbildmethode und die Kupferchloridkristallisation z. T. auch gemeinsam eingesetzt, da sie sich in ihren Ergebnissen gegenseitig stützen und ergänzen.

Einsatz bildschaffender Methoden im Unterricht

Was mich anfangs motivierte, den Einsatz bildschaffender Methoden im Chemieunterricht der 12. Klasse zu versuchen, war die große, bis heute anhaltende Faszination, die die entstehenden Bilder auf mich ausübten.⁸ Neben der in der

7 Erste Veröffentlichung Stuttgart 1923: Physiologischer und physikalischer Nachweis der Wirksamkeit kleinster Entitäten (wobei sich »physikalisch« auf die Steigbildmethode bezieht); Neuausg. Dornach 1997 (Bibl. auf S. 111 f.). Später u. a.: Sternwirken in Erdenstoffen, 5 Bde., 1927-52. – Trotz Skepsis gegenüber Anthroposophie dargestellt von Jean Gebser, »Abendländische Wandlung« (Ullstein, Berlin 1968, Kap. 13). *Zusatz d. Red.*

8 Für die Einarbeitung in die Kupferchloridkristallisations-Methode bin ich Hajo Knijpenga (Kristallisationslabor am Goetheanum, Dornach) außerordentlich dankbar.

Naturwissenschaft ständig zu behandelnden Frage nach den zugrunde liegenden Wahrheiten (ist etwas richtig oder falsch; warum geschah etwas so und nicht anders; was wird geschehen, wenn diese oder jene Versuchsbedingung geändert wird etc.) berühren diese Bilder auch den Bereich der Schönheit. Die Aussagekraft eines Bildes beruht weniger auf einer gemessenen Größe als vielmehr auf ästhetischen Qualitäten: schwungvoll oder starr, einheitlich oder zerfallend, ausdrucksstärker oder ausdruckschwächer – kurz, man nähert sich ihnen auf eine Weise, wie sie sonst in der Kunstbetrachtung üblich ist. Damit sprechen sie aber im Menschen eine andere Ebene an als die Betrachtungen, die sich vorwiegend auf meßbare Größen beziehen, also etwa: 2 Gramm Wasserstoff und 16 Gramm Sauerstoff bilden 18 Gramm Wasser. Zu letzterer stehen wir in einem distanzierteren Verhältnis als zu ersterer. Nun neigt man leicht dazu, die ästhetische Herangehensweise deshalb abzutun und als »subjektiv« nicht nur zu bezeichnen, sondern zugleich auch zu disqualifizieren.⁹ Tatsächlich aber sind bildschaffende Methoden dennoch auch reproduzierbar und haben einen objektiven Aussagewert, obwohl man dies zunächst nicht erwarten mag. Das zweite Motiv, das mich für die bildschaffenden Methoden einnahm, war, daß ich hier noch den Hauch des frischen Geistes lebendig fand, wie er wohl seinerzeit Anfang der 1920er Jahre von Steiner angeregt wurde. Hier lebt noch etwas, was trotz aller Einwände, die man berechtigt haben kann, eine große erneuernde Potenz in sich birgt, naturwissenschaftliche Einsatzmöglichkeiten, die noch längst nicht erschöpft sind.

Das allein jedoch reicht m. E. noch nicht aus, nun mit diesen Methoden bereits Versuche im Unterricht anzustellen. Sie müssen sich auch sinnvoll in den gedanklichen Ablauf der Epoche einfügen. Und da war es für mich anregend, zu sehen, wie an der ersten Waldorfschule Steiners Lehrplanangaben zur 12. Klasse umgesetzt wurden. Es heißt da:¹⁰ »Nun würde es sich darum handeln, daß man wirklich heraufgeht bis zu den Prozessen, die sich nicht nur im Tier, sondern auch im Menschen finden, daß man spricht von Ptyalin, Pepsin, Pankreatin-Bildung usw.« In alten Epochenheften¹¹ entdeckte ich, daß damals genau hier angesetzt und der Verdauungsweg im Menschen eingehend besprochen wurde – denn genau dort finden sich ja diese Enzyme. Und das ist in der Tat ein guter Einstieg in die Themen der organischen Chemie in der 12. Klasse. Mit Leichtigkeit läßt sich die Gefahr vermeiden, auf die Walter Hiller in »Erziehungskunst«, Heft 7/8-1998, hinweist: »Das Schlimmste, was an den Waldorfschulen passieren kann, ist die Kanonisierung, ist die rückwärts gewandte Fixiertheit auf Unter-

9 Es gibt jedoch Wissenschaftler, die für eine Einbeziehung von »Ästhetik« (umfassend verstanden als »Thematisierung von Wahrnehmungen aller Art, sinnhaften ebenso wie künstlerischen«) in die Naturbetrachtung plädieren, so Wolfgang Welsch: *Ästhetisches Denken*, Stuttgart 1990, zitiert bei Olaf Oltmann: *Die Blühstile der Pflanzen als Ausdruck von Seelischem*, in: »Erziehungskunst«, Heft 6/7 1993, S. 681. *Ann. d. Red.*

10 Rudolf Steiner in der Konferenz am 30.4.1924, in: R. S.: *Konferenzen ...* in: GA 300c, Dornach 1975, S. 156

11 Für die Möglichkeit, diese alten Hefte einzusehen, bin ich Wolfgang Greiner, Dornach, und Hans Treichler, Stuttgart, zu großem Dank verpflichtet.

richtshinweise, die den ersten Waldorflehrern vom Begründer dieser Pädagogik in ganz konkreten Situationen gegeben wurden, die man aber als Glaubenssätze für alle Ewigkeiten fortschreibt, egal, wer da in der Klasse sitzt. Die Hauptforderung für die Waldorfschule ist der Lehrer als Zeitgenosse, der wach darauf schaut, was heute Not tut, was heutigen jungen Menschen das notwendige Rüstzeug vermittelt.«

Gerade die Beschäftigung mit Enzymen ist ja ein unverändert aktuelles biochemisches Thema. Sinnvoll ist es, hierzu nicht allgemein auf den Verdauungsweg einzugehen, sondern sich dabei auf die Eiweiße zu konzentrieren, wie es Steiner auch empfiehlt. Mit dem Eiweiß kann man zugleich Verbindungen knüpfen zu den Anfängen allen Lebens (und damit z. B. an die Zoologie-Epoche der 12. Klasse anschließen), kann man zu den Fragen des chemisch Allgemeinen (den Aminosäuren) und des Spezifischen (und damit zum Individuellen jedes Menschen) kommen (»Wir wollen einmal die Chemie im innigsten Zusammenhang mit dem Menschen betrachten.«¹²). Auch zu zeitaktuellen Fragen wie der Gentechnologie läßt sich eine Brücke schlagen. Außerdem ist es möglich, charakteristische Unterschiede zwischen Pflanze, Tier und Mensch herauszuarbeiten, wie es Steiner auch anregt. Nun lebt der Chemieunterricht nicht nur von seinen gedanklichen Besonderheiten (die Schoppmann ja bereits detailliert beschrieben hat¹³), sondern ebenso von seinen Experimenten. Da ist es wiederum günstig, daß sich die Eiweißverdauung recht leicht im Versuch zeigen läßt. Aber dabei stößt man auf ein Hindernis: Man sieht sehr gut das zunächst vorhandene Eiweiß und dann die durch Magenverdauungs-Simulation entstandene Lösung. Eiweiß wird jedoch schrittweise verdaut, und man hat noch keine Aminosäuren vor sich, sondern Zwischenstufen. Das kann man nun natürlich als Lehrer konstatieren und auch anderweitig herleiten. Ich finde es aber befriedigender, hier die Kupferchlorid-Kristallisation einzusetzen zur Untersuchung der verschiedenen Produkte und damit einen anschaulich-experimentellen Weg einzuschlagen – ähnlich, wie ihn Lili Kolisko aus dem damaligen Chemieunterricht schildert:¹⁴ Bei der Besprechung des Bleis z. B. führte sie die Schüler der oberen Klassen mit bildschaffenden Methoden an die Fragestellung heran.

So beginne ich beim rohen Hühnereiweiß, lasse dann die Schüler experimentell eine Pepsin-Verdauung durchführen, und anschließend werden beide Stoffe von den Schülern mit der Kupferchloridkristallisation untersucht. Es ist immer wieder erstaunlich, wieviele gute Ergebnisse entstehen, obwohl die Schüler mit dieser sehr empfindlichen Methodik zum ersten Mal umgehen und die äußeren Bedingungen keinesfalls optimal sind. Dabei fielen die Ergebnisse des rohen Eiweißes bisher unterschiedlich gut aus (weil es für den Anfänger schwierig ist, die hinderliche Denaturierung durch das Kupfer als Störfaktor auszuschalten),

12 wie Anm. 8

13 Reinhard Schoppmann: Auf der Suche nach dem Konsens – Zum Chemieunterricht an der Waldorfschule, in: »Erziehungskunst«, Heft 10/1998

14 Lili Kolisko: Eugen Kolisko – ein Lebensbild, Manuskriptdruck 1961, S. 347

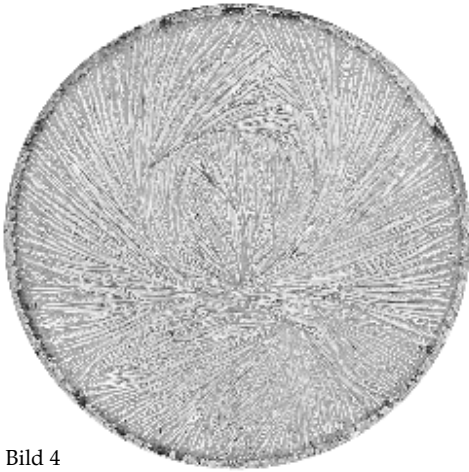


Bild 4

Schüler zumeist gar nicht abwarten, ihre Glasplatte aus dem Kristallisationschrank zu holen, in dem die Lösungen über Nacht eingetrocknet sind. Die Ergebnisse legen wir dann auf einen Overhead-Projektor zur gemeinsamen Betrachtung. Hierbei wird ähnlich vorgegangen, wie es weiter oben am Beispiel der Liebstockelblätter beschrieben ist, aber es läßt sich dies naturgemäß auch vielfältig variieren. Wesentlich ist, daß sich der Blick dafür schärft, daß das Pepsin-verdaute Eiweiß Bilder erzeugt, die gestaltungsärmer sind als die des rohen Eiweißes, die zugleich aber noch zentrierter und reichhaltiger sind als die von Salzen oder reinen Aminosäuren (*Bild 4 bis 7*).

Man lasse wieder die vier Bilder unbefangen auf sich wirken: Die Kristallnadeln in Bild 4 sind deutlich stärker als in Bild 5, sie ergreifen kräftig das gesamte Bild bis zum Rand, sind stark geschwungen, und in der Mitte kommt es im Zentrumsbereich zu einer größeren Innenraumbildung. Im Gegensatz dazu sind die Kristallnadelzüge in Bild 5 feiner, die Abstände zwischen ihnen werden größer, sie dünnen zum Rand hin aus, ja, es wirkt so, als würde überhaupt die ganze Fläche nur mit Mühe vom Zentrum aus bedeckt. Es ist aber noch ein Zentrum vorhanden, und das Bild wirkt einheitlich, es ist eine übergreifende Ordnung sichtbar. Im Gegensatz dazu zeigt Bild 6, daß reines Kupferchlorid dieses Gestaltungsniveau nicht zu erreichen vermag. Zwar kann man bei günstigen Bedingungen auch hier noch ein Hauptzentrum erhalten, aber es entstehen zahlreiche weitere kleine Zentren, von denen kurze Kristallna-

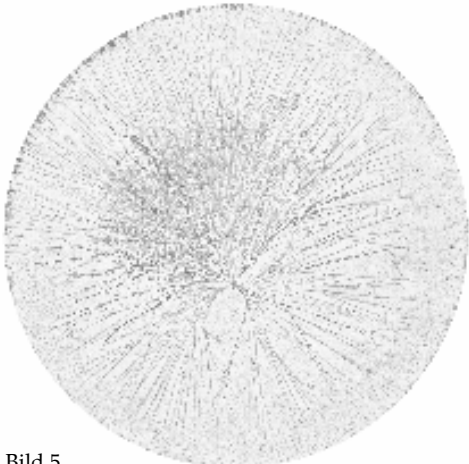


Bild 5

während die Pepsin-Verdauungsbilder in der Regel durchweg gut gelingen. Hieran läßt sich dann auch die Reproduktivität der bildschaffenden Methoden besprechen. Die Arbeitsweise selbst hat m. E. bereits einen hohen pädagogischen Wert, weil man äußerst sorgfältig und behutsam vorgehen, sehr sauber arbeiten, und warten können muß: Ein Experiment dauert 24 Stunden und führt damit bereits in die ganz andere Arbeitsweise in der Organik ein, wo häufig nicht so rasch etwas geschieht wie in der Anorganik.

Am nächsten Morgen können es die

Am nächsten Morgen können es die Schüler zumeist gar nicht abwarten, ihre Glasplatte aus dem Kristallisationschrank zu holen, in dem die Lösungen über Nacht eingetrocknet sind. Die Ergebnisse legen wir dann auf einen Overhead-Projektor zur gemeinsamen Betrachtung. Hierbei wird ähnlich vorgegangen, wie es weiter oben am Beispiel der Liebstockelblätter beschrieben ist, aber es läßt sich dies naturgemäß auch vielfältig variieren. Wesentlich ist, daß sich der Blick dafür schärft, daß das Pepsin-verdaute Eiweiß Bilder erzeugt, die gestaltungsärmer sind als die des rohen Eiweißes, die zugleich aber noch zentrierter und reichhaltiger sind als die von Salzen oder reinen Aminosäuren (*Bild 4 bis 7*).

deln in alle Richtungen ausstrahlen. In einzelnen randlichen Bereichen bilden sich unabhängig vom übrigen Bild eigenständige Salzkristalle, und größere Teile bleiben hier sogar ganz unbedeckt. Die Einheitlichkeit löst sich auf. In ähnlicher Weise fallen Bilder von reinen Aminosäuren aus, wie aus Bild 7 ersichtlich. Im Prinzip ähnliche Bilder wie Bild 7 kann man erzielen, wenn man an die Pepsin-Verdauung ein Trypsin-Verdauungsexperiment anschließt und diese Lösung ebenfalls mit der Kristallisationsmethode untersucht.

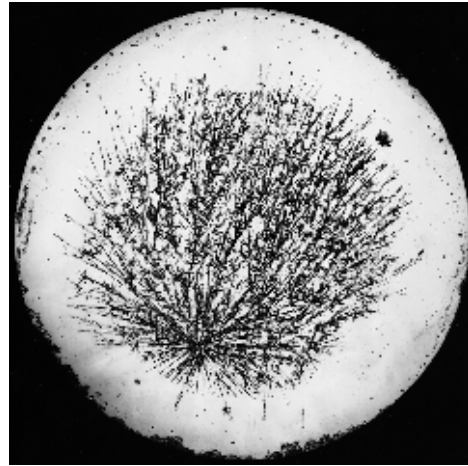


Bild 6

Die Besprechung solcher Bilder im Unterricht ergibt in der Regel recht rasch folgende Resultate: Bei der Verdauung wird (Hühner-) Eiweiß so weit aufgelöst, daß immer salzähnlichere Produkte entstehen, und dabei ergeben sich Zwischenstufen. Zugleich sind organische Stoffe, je näher sie dem Leben stehen, von einer übergeordneten Einheit gestaltet, während leblose Salze zum Atomisieren neigen. Diese Urteile müssen nicht übernommen werden, sondern können nun selbständig aus der Anschauung heraus gebildet werden, zumal sich auf die selbst gemachten Erfahrungen der Schüler mit der Kristallzucht in der 10. Klasse zurückgreifen läßt. Die Beteiligung der Schüler an diesen Gesprächen ist oftmals überraschend: Diejenigen, die sich in den üblichen Bahnen der Kausalitäten gut zurechtfinden, sind z. T. verwirrt und erstaunt, daß man auch so an eine Fragestellung herangehen kann, während andere, die sich sonst eher zurückhalten, sich plötzlich angesprochen fühlen und sich interessant äußern können. Dies ermutigt mich jedes Mal wieder, die bildschaffenden Methoden punktuell im Chemieunterricht der 12. Klasse einzusetzen.

Im weiteren Verlauf der Epoche kann man dann auch Eiweiß mit Salzsäure bis zu den Aminosäuren aufschließen und in üblicher Form chromatographisch auftrennen. Zur Einführung des Prinzips der Methode lasse ich gerne die Schüler Blattextrakte mit Tafelkreide chromatographieren (nach Tswett), so daß weitere Chromatographien besser verstanden werden. Zum Abschluß dieses Themenkreises greife ich dann das Thema lebendige

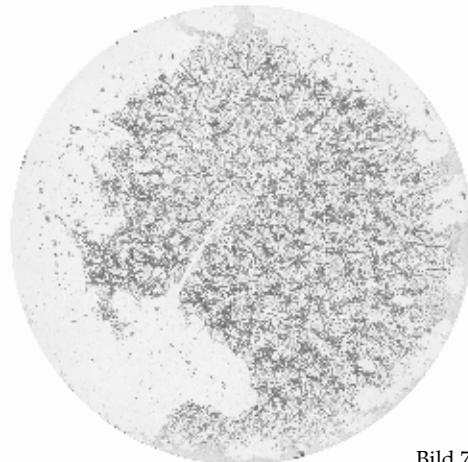


Bild 7

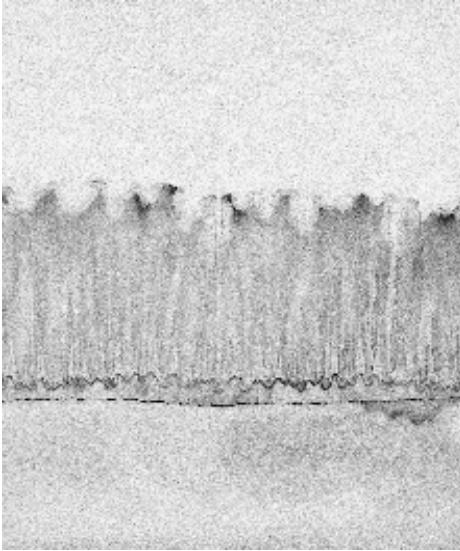
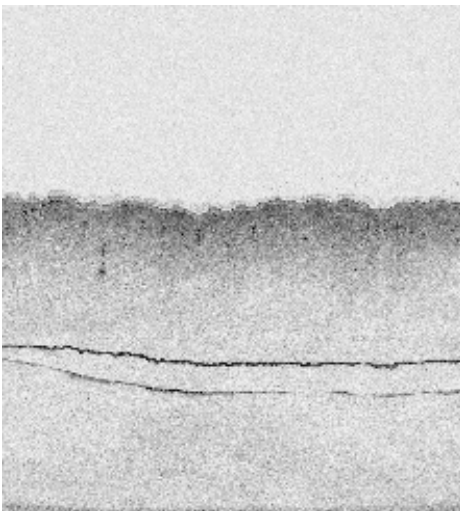


Bild 8

während des Getreidewachstums zunächst die ganze Pflanze voller Leben ist und überall Stoffwechselaktivität zeigt und dann diese vitalen Vorgänge sich ganz auf die Getreidekörner konzentrieren, das Leben sich also punktförmig zusammenzieht und zugleich der Rest der Pflanze nach und nach abstirbt, so kann man eigentlich gleich erraten, welches der beiden obigen Bilder zu welcher Substanz gehört. Die Schüler zumindest erkennen dies auf Anhieb und können auch die Kriterien benennen: reichhaltige Strukturen, fein ausgeprägte Formen, besonders in der Mittelzone eine größere farbige Differenziertheit mit Neigung zu vertikalen Linien – und andererseits ein ruhiges, wenig charakteristisches Bild mit verwaschenen Farben und Neigung zur Horizontalen. Wieder sehen wir

Bild 9



und leblose Substanz wieder auf, das (wie oben ausgeführt) bereits angeschnitten wurde, und mache die Schüler mit der Steigbildmethode nach Lili Kolisko vertraut. Als Untersuchungssubstanzen nehmen wir zwei Extreme, wie Korn und Stroh,¹⁵ stellen von beiden wässrige Auszüge her und geben in jeweils 0,6 ml Probenlösung ein Chromatographiepapier (senkrecht aufgestellt) hinein. Sind die Säfte aufgestiegen, so lassen wir zunächst Silbernitrat- und dann Eisensulfatlösung nachsteigen. Das typische Ergebnis eines solchen Schülerversuches ist auf *Bild 8 und 9* zu sehen.

Wenn man sich klarmacht, daß während des Getreidewachstums zunächst die ganze Pflanze voller Leben ist und überall Stoffwechselaktivität zeigt und dann diese vitalen Vorgänge sich ganz auf die Getreidekörner konzentrieren, das Leben sich also punktförmig zusammenzieht und zugleich der Rest der Pflanze nach und nach abstirbt, so kann man eigentlich gleich erraten, welches der beiden obigen Bilder zu welcher Substanz gehört. Die Schüler zumindest erkennen dies auf Anhieb und können auch die Kriterien benennen: reichhaltige Strukturen, fein ausgeprägte Formen, besonders in der Mittelzone eine größere farbige Differenziertheit mit Neigung zu vertikalen Linien – und andererseits ein ruhiges, wenig charakteristisches Bild mit verwaschenen Farben und Neigung zur Horizontalen. Wieder sehen wir also, wie Substanzen, die vor kurzem noch voller Leben waren und neues Leben aus sich hätten hervorbringen können, bei der Prüfung mit bildschaffenden Methoden zu sehr dynamischen, charakteristischen Bildern führen, während andererseits mit organischen Substanzen, die schon in die Nähe des Mineralischen geraten sind, Bilder entstehen, die nur noch wenige Unterschiede zu den Kontrollen aufweisen (wie sie hier durch Zugabe von Wasser ohne Zusatz von Silbernitrat und Eisensulfat herzustellen sind). Le-

¹⁵ Diese hilfreiche Anregung verdanke ich Fritz Balzer, Amönau

bensprozesse sind imstande, aus unbelebten Substanzen eine ganze Fülle von Formen entstehen zu lassen, wie sie in der unbelebten Natur weder der Qualität noch der Quantität nach vorkommen.

Dies eröffnet Ausblicke in vielerlei Richtungen: zur gesamten Kohlenstoffchemie ebenso wie zu weiteren Charakteristika der Chemie des Lebendigen; zu den Prozessen des Entstehens, Vergehens und neuerlichen Entstehens lebendiger Formen und auch zu aktuellen Fragen wie der Gentechnologie und der Nahrungsmittelqualität. Ein enger Zusammenhang mit dem Menschen läßt sich herstellen. Als Frau Balzer-Graf ihr Forschungslabor noch ganz in der Nähe von Marburg hatte, haben wir einmal einen Ausflug dorthin unternommen. Die Schüler waren von der Aktualität und Wichtigkeit der dort experimentell untersuchten Fragestellungen ebenso beeindruckt wie von der Persönlichkeit der Forscherin.

So weit zu meinen bisherigen Versuchen mit bildschaffenden Methoden im Unterricht. Vieles ist recht knapp dargestellt und erzeugt bei Fachleuten sicherlich manche Frage, die im direkten Gespräch näher geklärt werden muß. Daß diese Methoden aber »der natürlichen Kritik auch nur unserer Oberstufenschüler« nicht standhalten könnten, wie Schad¹⁶ meint, entspricht nicht meiner Erfahrung. Im Gegensatz zu unserer eigenen kritischen Haltung flattern mir unterdessen sogar Angebote einer konventionellen Chemie-Lehrmittelfirma ins Haus, wo mir für teure 230 DM die Grundausstattung für Rundchromatogramme nach Runge angeboten werden mit der Begründung, daß die Struktur und Schönheit ihrer Farben faszinieren. Voll stimme ich dagegen Schads Aufruf zum Gespräch zu, das alle Betroffenen gründlich miteinander führen müßten. Ich möchte dazu aber nicht nur an die Chemielehrer appellieren, sondern auch an diejenigen, die an entsprechenden Fragen forschen. Die krisenartige Situation des Chemieunterrichtes an Waldorfschulen (sofern man sie als eine solche begreift) ist zugleich auch eine Krise der anthroposophischen Naturwissenschaft. Deshalb sollte der Kreis der Diskutanten ein möglichst großer und bunter sein. So möchte ich herzlich einladen zum nächsten *Chemielehrertreffen am 1./2. Oktober 1999 in Marburg!* Es wäre ein großer Gewinn für die Sache, wenn wir gemeinsam inhaltlich weiterkämen.

Zum Autor: Dirk Rohde, geb. 1956; Studium der Biologie, Chemie und Ethnologie in Marburg, Seattle/USA, Costa Rica, Basel und Freiburg; naturwissenschaftliches Studienjahr in Dornach/Schweiz; berufliche Tätigkeiten in verschiedenen ökologischen Aufgabenfeldern. Seit 1988 Oberstufenlehrer für Biologie und Chemie an der Freien Waldorfschule Marburg. Verheiratet, Vater von zwei Kindern.

16 Wolfgang Schad: Zum Chemie-Unterricht in der Waldorfschule, in: »Erziehungskunst«, Heft 3/1998, S. 268