

Reader

Chemie

**Einarbeitungshilfe für den Aufbau
des Chemie – Unterrichtes
an Freien Waldorfschulen**

**zusammengestellt von Dr. Dirk Rohde
Freie Waldorfschule Marburg, Deutschland
2013**

Inhaltsverzeichnis

- 1: Einführung; von Dirk Rohde
- 2: Naturkunde-Unterricht an Waldorfschulen; von Eugen Kolisko
- 3: 7. Klasse; von Eugen Kolisko
- 4: 8. Klasse I: Eiweiß, Fett und Kohlenhydrate; von Rudolf Steiner
- 5: 8. Klasse II; von Frits Julius
- 6: 9. Klasse I; von Manfred von Mackensen
- 7: 9. Klasse II; von Dirk Rohde
- 8: 10. Klasse; von Frits Julius
- 9: 11. Klasse I: Elektrolyse; von Rudolf Steiner
- 10: 11. Klasse II: Elektrolyse; von Günther Heuschkel
- 11: 11. Klasse III: Elektrolyse; von Gerhard Ott
- 12: 11. Klasse IV: Periodensystem, Bindungstypen; von Wolfgang Schad
- 13: 11. Klasse V: Periodensystem; von Friedrich Kipp
- 14: 11. Klasse VI: Formelschrift; von Manfred von Mackensen
- 15: 11./12. Klasse: Chemische Elemente des Eiweißes; von Rudolf Steiner
- 16: 12. Klasse: Ameisen- und Kleesäure; von Manfred von Mackensen
- 17: 12. Klasse: Die Metamorphose von Kleesäure und Ameisensäure; von Klaus Frisch
- 18: Abschließende + weiterführende Betrachtungen; von Rudolf Steiner

Einführung

I Allgemeine Vorbemerkungen

Die Chemie ist eine sehr spannende und interessante Wissenschaft. Sie hat mit jedem einzelnen von uns sehr viel zu tun: Gesundheit und Krankheit, Medizin, Ernährung, alle möglichen technischen Aspekte, Weltklimafragen, Raumfahrt – nahezu überall stößt man auf die zahllosen positiven Einsatzmöglichkeiten wie auch auf die nicht zu übersehenden Risiken, die die verschiedenen Richtungen der Chemie mit sich bringen.

Selbstverständlich gehört sie daher heute auch als Fach in den Schulunterricht. Das Anliegen der Waldorfpädagogik ist, den jungen Menschen eine Vielfalt von Berührungsmöglichkeiten mit dieser wichtigen Naturwissenschaft zu eröffnen und sie in deren sehr bewegliche Gedankengänge einzuführen, sodass sie sich als selbstständig urteilsfähige Persönlichkeiten einen selbstbestimmten Umgang mit ihr erschließen können.

Die Waldorfpädagogik hat dazu einen ganz eigenen Ansatz entwickelt, der zumindest teilweise auch Früchte trägt. So belegten Untersuchungen im Rahmen der PISA-Studie 2006 sowohl für deutsche als auch für österreichische Waldorfschüler, dass - neben ihrem ebenso guten fachlichen Kenntnisstand wie bei Schülern staatlicher Schulen - ihr Interesse an den naturwissenschaftlichen Fächern wesentlich stärker ausgeprägt ist, und dass die in den staatlichen Schulen klar erkennbaren geschlechtsspezifischen Unterschiede (zu Ungunsten der Mädchen) in den untersuchten Waldorfschulen nicht auftreten. Und es überrascht dann auch nicht, dass nach einer Studie an Waldorfschul-Absolventen (von Heiner Barz und Dirk Randoll) die zweitgrößte Gruppe naturwissenschaftliche Berufe wählt. (1; 2; Erläuterungen zu diesen und den folgenden Fußnoten befinden sich am Ende dieses Einleitungs-Kapitels.)

Das ist alles andere als selbstverständlich. Es scheint heute vielen Zeitgenossen schwer zu fallen, einen Zugang zu den Naturwissenschaften, und zwar insbesondere zur Chemie zu finden. Es gibt nur verhältnismäßig wenige Chemiker, und sie haben eher den Ruf, Spezialisten für ein ambivalentes kleines Fachgebiet zu sein als eine allgemein bekannte und geschätzte Angelegenheit zu vertreten. Umso wichtiger ist für sie der intensive innerdisziplinäre Austausch. Und für die wenigen Waldorfschul-Chemielehrer gilt dies aufgrund der Anforderungen des speziellen pädagogischen Konzeptes in besonderem Maße.

Bei einer Waldorflehrer-Chemiefortbildung in Moskau im Frühjahr 2010 tauchte nun die Frage auf, ob es nicht möglich wäre, zur Vor- und Nachbereitung Grundlegendes für die internationale Waldorfschul-Bewegung schriftlich in die Hand zu bekommen. Dieser Wunsch ist umso verständlicher, wenn man bedenkt, wie schwierig es - besonders aufgrund der oft recht großen geographischen Distanz - für viele Kolleg(inn)en ist, sich außerhalb solcher Fortbildungswochen mit anderen Waldorf-Chemielehrern auszutauschen.

Andererseits liegt das Problem vor, dass die über die Jahrzehnte entstandene deutschsprachige Literatur zum Waldorfschul-Chemieunterricht inzwischen so umfangreich ist, dass es nahezu unmöglich geworden ist, alles in die Weltsprachen zu übersetzen: Es fehlen die personellen und finanziellen Ressourcen, und es würde viel zu lange dauern. Hinzu käme, dass ein Anfänger vermutlich überfordert wäre, rasch eine sinnvolle Auswahl aus dem großen Kanon für seine Bedürfnisse zu treffen.

So schlug ich vor, mich der Sache anzunehmen. Ich unterrichte seit 1988 an der Freien Waldorfschule Marburg (Deutschland) Chemie und engagiere mich seit vielen Jahren in der Lehreraus- und -fortbildung. Das Angebot, einen elektronischen Reader Chemie für Anfänger zu erstellen, stieß auf vielfältig positives Echo, sodass im Herbst 2010 mit der Arbeit begonnen werden konnte.

Vorausgeschickt werden muss, dass sich dieser Reader explizit an *Anfänger* richtet. Sie sollen hiermit einen Leitfaden in die Hand bekommen, der ihnen helfen soll, den Chemieunterricht an einer Waldorfschule aufzubauen oder in einer Situation zu übernehmen, in der ihnen wenig Hilfe von außen zur Verfügung steht. Zugleich soll er ihnen Anregungen geben, sich auf Fortbildungen vorzubereiten, auf denen der gemeinsame Austausch dazu führt, dass sie anschließend ihren Unterricht weiterentwickeln können.

Vieles, was die Fortgeschrittenen, die langjährig im Beruf sind, auf interessanten Tagungen auf weiterführendem Niveau erörtern, wird man daher vergebens suchen. Das betrifft z.B. auch die im anthroposophischen Kontext entstandenen bildschaffenden Methoden, die mir persönlich sehr am Herzen liegen. Man braucht aber als Anfänger zunächst sichere Grundlagen, bevor man sich weiter vorwagen kann. - Zudem habe ich nichts aufgenommen, was einen direkten Bezug zu staatlichen Vorgaben wie Lehrplänen und Schulabschlüssen hat: Diese differieren zu sehr von Land zu Land, und man wird sich vor Ort seinen jeweils dort adäquaten Umgang damit suchen müssen.

Ein weiteres Ausschlusskriterium war der Textumfang der einzelnen Artikel, die zur Auswahl standen. Es ist mit einem in vielerlei Hinsicht erheblichen Aufwand verbunden, eine Seite in eine andere Sprache zu übersetzen. Deshalb und auch in Hinsicht auf die angestrebten Einsatzziele stand von vornherein fest, dass der Gesamtumfang des Readers bei ca. 100 (Buch-Doppel-) Seiten liegen sollte. Da der Waldorf-Chemieunterricht vor allem die sechs Jahrgänge von der 7. bis zur 12. Klasse (in Deutschland) umfasst und damit eine Reihe von Themen berührt werden müssen, kamen relativ lange Artikel von vornherein nicht in Betracht.

Meine weiteren Überlegungen waren, dass ich gerne viele verschiedene Autoren aus der ganzen Zeit der Waldorfschulbewegung, also von 1919 bis heute, zu Wort kommen lassen wollte, die auf ihre jeweils ganz eigene Weise den Chemieunterricht unserer Schulen geprägt haben. Ich hoffe, dass dieser Reichtum bei aller Schwierigkeit der Übersetzung auch in den anderen Sprachen zumindest weitgehend erhalten geblieben ist. Dadurch vernimmt der "Neuling" im Original eine Vielzahl verschiedener Stimmen, die nicht nur inhaltlich, sondern auch in der ganzen Herangehensweise und im Temperament sich markant voneinander abheben und gerade dadurch vielfältige Inspirationen bieten. Mir scheint sich daraus ein harmonischer "Chor" zu bilden, die einzelnen Autoren ergänzen sich für mein Empfinden gut, da es nicht um Auseinandersetzungen zwischen ihnen, sondern um ihre Interpretationen desselben Ausgangspunktes geht: die Lehrplan-Angaben Rudolf Steiners. Zugleich kann man aber auch sehen, dass sich diese Interpretationen im Laufe der Jahrzehnte immer neue Gedankenräume erobern, die das Vorherige immer mehr erweitern.

Da in dieser Zeit jedoch auch die Chemie außerhalb der anthroposophischen Bewegung gewaltige Fortschritte gemacht hat, war es notwendig, alle Artikel gründlich zu lesen und einzelne Korrekturen und Streichungen vorzunehmen: Manches ist inzwischen wissenschaftlich überholt; anderes ist (zumindest in Deutschland) aus Sicherheitsgründen nicht mehr erlaubt für den Schulunterricht; und wieder anderes verweist auf Sachverhalte,

die nicht in den Reader aufgenommen wurden, und musste deshalb gestrichen werden. Jede(r) Nutzer(in) fühle sich verpflichtet, das hier Angedeutete selbstständig fortzusetzen: Die Entwicklung der Chemie schreitet weiter voran, sodass alle Sachverhalte einer kontinuierlichen Überprüfung auf eine gegebenenfalls notwendige Aktualisierung bedürfen.

II Zum Waldorfschul-Lehrplan

Der Waldorfschul-Lehrplan entstand in einem fortlaufenden Prozess in Konferenzen Rudolf Steiners mit der Lehrerschaft in den Jahren 1919 bis 1924. 1919 begann die erste Freie Waldorfschule (in Stuttgart, Deutschland) mit den Klassen 1 bis 8. Mit ihrer Einrichtung gab Steiner auch Hinweise, welche chemischen Themen in diesen ersten Waldorfschulklassen 7 und 8 zu unterrichten seien. Das setzte sich in den Jahren bis 1924 vor allem mit Angaben für die jeweils neu hinzukommenden Jahrgangsstufen fort, also 1920 für die erste 9. Klasse, und so weiter. Dabei lässt sich in der Chemie (wie auch in vielen anderen Fächern) eine der wichtigen Waldorfschul-didaktischen Leitlinien wiederfinden: Mit den aufsteigenden Klassenstufen folgt der Unterricht exemplarisch auch einzelnen Erkenntnisschritten, wie sie in der Geschichte der Chemie aufgetreten sind.

Wichtig ist ebenfalls, dass für jede Jahrgangsstufe immer nur eine Chemie-Epoche von drei bis vier Wochen vorgesehen war (und oft auch bis heute ist). Chemie wurde und wird also oft nur epochal täglich ca. zweistündig, das heißt, innerhalb eines ganzen Schuljahres in drei bis vier Wochen mit insgesamt ca. 30 bis 50 Schulstunden unterrichtet.

Die konkreten Angaben Steiners für diese damaligen Klassen dieser einen Schule in dieser Zeit wurden dann nach seinem Tod im Jahre 1925 - in der Chemie wie auch in allen anderen Fächern - als Anregungen und Ausgangspunkte für all die anderen Klassen und Schulen genommen, die seither neu zur Waldorfschul-Bewegung weltweit hinzugekommen sind. So ist auch dieser Reader gedacht: Er ist nicht dazu eignet, wie ein "Rezept" 1:1 umgesetzt zu werden. Er stellt vielmehr ein Kompendium von Anregungen dar, das die Lehrerschaft in ihrem pädagogischen Anliegen, die Schüler individuell optimal in ihrer Entwicklung zu fördern, unterstützen will. Daraus erwächst für jede einzelne Lehrkraft zugleich die Aufgabe, diese Anregungen mit denjenigen Anforderungen, vor die sie in ihrer konkreten Unterrichtssituation jeweils gestellt ist, entsprechend abzugleichen und ein eigenes Unterrichtskonzept daraus zu entwickeln. -

1920 trat der damals 27jährige Österreicher Eugen Kolisko in das erste Waldorfschul-Kollegium ein. Sein Vater war ein bedeutender Wiener Arzt. Eugen Kolisko hatte ebenfalls Medizin studiert und war darüber hinaus eine sehr kluge, hoch begabte und ausgesprochen breit gebildete Persönlichkeit mit zahllosen Talenten. Zugleich war er ein enger Schüler Rudolf Steiners und äußerst aktiver Anthroposoph. Kolisko wurde der erste Schularzt der Waldorfschul-Bewegung und verlieh diesem neuen Berufsbild ein erstes unverwechselbares Gepräge. Außerdem übernahm er als Fachlehrer Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächern und baute hier insbesondere den spezifischen Waldorfschul-Chemieunterricht auf. Es gelang ihm dies so gut, dass Rudolf Steiner fortan auch von Kolisko'scher Chemie sprach, wenn er die Vorgehensweise des anthroposophischen Chemie-Ansatzes charakterisieren wollte. (4) Das besondere Anliegen des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Waldorfschule schildert Kolisko in sehr treffender Weise 1929 in einem Aufsatz, der zur Eröffnung den spezifisch chemischen Aufsätzen vorangestellt ist. (3)

II.1: 7. Klasse

Die Angabe Rudolf Steiners für die 7. Klasse lautet: „Gehen Sie aus von einem solchen Vorgang wie von der Verbrennung und suchen von einem solchen alltäglichen Vorgang wie von der Verbrennung dann den Übergang zu gewinnen zu einfachen chemischen Vorstellungen.“ (4) Kolisko hat daraus eine Vorgehensweise für die Einführungs-Epoche in die Chemie entwickelt, die bis heute in vielen, wenn nicht sogar allen Waldorfschulen zumindest teilweise die zentrale Leitlinie für den Unterricht bildet. Deshalb habe ich seinen bedeutsamen Aufsatz „Vom ersten Unterricht in der Chemie“ von 1932 als Grundlage für die 7. Klasse in diesen Reader aufgenommen. (3)

II.2: 8. Klasse

Zu dieser Klasse sagt Steiner: „Sie führen die einfachen chemischen Begriffe weiter, sodass das Kind auch begreifen lernt, wie industrielle Prozesse mit Chemischem zusammenhängen. Sie versuchen, im Zusammenhang mit den chemischen Begriffen dasjenige zu entwickeln, was zu sagen ist in Bezug auf die Stoffe, die den organischen Körper aufbauen: Stärke, Zucker, Eiweiß, Fett.“ (4)

Bemerkenswert ist, dass Steiner mit seinen Angaben alle drei wesentlichen organischen Stoffgruppen erfasst, von denen wir uns ernähren: Eiweiße, Fette und Kohlenhydrate. Wie diese drei Stoffgruppen mit unserem eigenen Aufbau zusammenhängen (bei dem die Anthroposophie die sogenannten Wesensglieder physischer Leib, ätherischer Leib, Astralleib und Ich unterscheidet), stellt Steiner selbst 1923 in einem Vortrag für die Arbeiter am Goetheanum, dem Zentrum der anthroposophischen Bewegung, dar. Dieser Vortrag beinhaltet also die besondere Möglichkeit, von Steiner selbst einen Einblick in Hintergründe seiner Lehrplan-Angabe zu erhalten. Der sich darauf beziehende Teil des Vortrages wurde deshalb hier mit aufgenommen. (5)

Anschließend folgt ein Aufsatz von Frits H. Julius (6). Julius war Lehrer für Naturwissenschaften an der Freien Waldorfschule in Den Haag (Niederlande) von den 1930er Jahren bis in die 1960er Jahre. Zugleich war er ebenfalls Forscher und einer der bedeutendsten Goetheanisten, den die anthroposophische Bewegung hervorgebracht hat. Eine ungewöhnlich gute Beobachtungsgabe zeichnete ihn ebenso aus wie eine ausgesprochene geistige Tiefe und eine sehr große Innigkeit. Dies kann man auch in seinen Aufsätzen spüren. Er hat vieles über seine reichhaltigen Erfahrungen und Gedankengänge geschrieben. Seine Texte zum Chemie-Unterricht in den Klassen 8 und 10 schienen mir zur Aufnahme in den Reader besonders geeignet, weil sie in knapper und prägnanter Form und zugleich Waldorf-pädagogisch tief durchdrungen sehr viel Wesentliches für diese Jahrgangsstufen zusammenfassen.

II.3: 9. Klasse

„Das, was wir für die 8. Klasse bestimmt haben, die ersten Elemente der organischen Chemie - wobei das Wort 'organisch' nur um der Abkürzung willen gebraucht ist -, was ein Alkohol ist, was ein Äther ist, das wäre jetzt in der 9. Klasse fortzusetzen.“ (4) Das ist alles, was Steiner zum Chemie-Unterricht dieses Jahrgangs sagt. Damit steht man als Lehrer vor der großen und schwierigen Aufgabe, aus einem einzigen Stichwort-artigen Satz ein für die eigenen Belange passendes Konzept für eine ganze drei- bis vierwöchige Epoche zu entwickeln.

Ein Meister für eine solche Aufgabe ist Manfred von Mackensen. Er war bis vor kurzem Lehrer für Naturwissenschaften an der Freien Waldorfschule Kassel (Deutschland), aber sein Tätigkeitsfeld erstreckt sich weit darüber hinaus. Er hat - unter anderem - auch eine Pädagogische Forschungsstelle begründet und in diesem Kontext zahlreiche Materialien für den naturwissenschaftlichen Waldorfschul-Unterricht erforscht und beschrieben sowie Unterrichts-Konzeptionen erstellt und vieles veröffentlicht. Er hat damit umfangreiche Unterlagen der internationalen Waldorfschul-Bewegung zur Verfügung gestellt, die sich sowohl durch umfassendes Wissen auf aktuellstem Stand und große gedankliche Tiefe als auch durch hervorragenden Praxis-Bezug bis in die experimentellen Details hinein auszeichnen. Mackensens Bedeutung kann hier gar nicht überschätzt werden.

In diesen Reader konnten - aus den eingangs genannten Gründen - nur eine wenige Passagen aus Mackensens Gesamtwerk aufgenommen werden. Sie können zugleich auch stellvertretend als anregende Einblicke in seine übrigen Schriften aufgefasst werden. Für die Chemie-Epoche in der 9. Klasse ist ein kurzer Text wiedergegeben, der exemplarisch zeigt, wie man, von einer Steiner-Anregung ausgehend, zu einem gründlich durchdrungenen Unterrichts-Entwurf kommen kann. (7)

Meine eigene Interpretation der Steiner-Angabe für die 9. Klasse ist, dass man in dieser Epoche sehr gut den Kohlenstoff-Kreislauf zum zentralen Thema machen kann. Ich habe das gründlich untersucht, über Jahre erprobt und in einer Dissertation dargestellt. Einen ganz knappen Eindruck davon soll der kurze Auszug aus meiner Arbeit geben. (8)

II.4: 10.Klasse

Hierzu ist die Angabe Steiners etwas ausführlicher. Thematisch geht es darum, den Schülern „eine deutliche Vorstellung von der ganzen Bedeutung eines Salzes, einer Säure, einer Base“ zu vermitteln, zunächst durch „ordentliches Beobachten: Basisches, Säurehaftes, Salzhaftes“, dann „vom alkalischen und sauren Reagieren reden“ und danach „die physiologischen Prozesse anschließen“ (4). Ein Aufsatz von Julius stellt dieses Thema auf wenigen Seiten umfassend sowie - durch Einbeziehung mehrerer wichtiger Seitenthemen - zugleich vielfältig dar und gibt außerdem mit Aspekten der Elektrochemie bereits Vorblicke auf den Übergang zur 11. Klasse. Deshalb habe ich mich als leitenden Text für diese Epoche erneut für einen seiner Artikel entschieden. (9)

II.5: 11. Klasse

Da die Aussagen Steiners zu dieser Jahrgangsstufe trotz ihrer Kürze viele wichtige und bis heute äußerst aktuelle Fragen berühren, seien sie vollständig wiedergegeben: „In der Chemie würde es notwendig sein, die chemischen Leitbegriffe Säure, Salz, Base möglichst vollständig zu entwickeln, sodass man weiß, was ist Alkohol, was ist ein Aldehyd? Die traditionellen Sachen, die Trennung zwischen organischer und anorganischer Chemie wollen wir weniger berücksichtigen. - Das scheint mir dasjenige zu sein, wo hineingeflochten werden kann die Übersicht über die Stoffe. Ich würde es nicht für richtig finden, wonach zuerst eine Art Chemie entwickelt wird an Stoffen. Es ist besser, so den Prozess zu entwickeln, und da müsste man die Stoffe und die Metalle hineinkriegen, dass im Unterricht das Gefühl hervorgerufen wird, dass man es bei den Stoffen nur zu tun hat mit festgehaltenen Prozessen; dass die Vorstellung hervorgerufen wird, wie die Stoffe stehen gebliebene Prozesse sind. Wenn man ein Stück Schwefel vor sich hat, hat man den stehen gebliebenen Prozess vor sich. Wenn ich hier stehe, und es

regnet furchtbar, so habe ich einen Vorgang, in den ich eingespannt bin. Wenn ich aber die Wolke von weitem anschau, kommt sie mir wie ein Gegenstand vor. Wenn ich gewisse Vorgänge betrachte, ist es so, wie wenn ich im Regen stehe. Wenn ich den Schwefel betrachte, ist es so, wie wenn ich die Wolke von weitem betrachte. Stoffe sind erstarrt ausschauende Prozesse.“ (4)

Man sieht sofort: Themen der 9. und 10. Klasse tauchen wieder auf; mit der Trennung Anorganik / Organik soll neu umgegangen werden; dem Stoffbegriff soll sich auf eine sehr besondere Weise angenähert werden; und die „Übersicht über die Stoffe“ könnte auch das Periodische System der chemischen Elemente meinen. Der Schwefel wird zwar nur als Beispiel genannt, aber da er ein sehr wichtiger Stoff und zugleich ein chemisches Element ist, spielt er hiernach nun eine entsprechend große Rolle im Waldorfschul-Unterricht. Aufgrund der Vielseitigkeit der Themen nehmen die dazugehörigen Aufsätze einen umfangreicheren Platz im Reader ein.

Den Übergang 10. / 11. Klasse kann man auch Wissenschafts-historisch thematisch als Übergang zur neueren Chemie auffassen, der um 1800 herum erfolgte. Es begann mit den Versuchen, chemische Elemente neu zu definieren, woraufhin es zur Entdeckung einer Reihe neuer Elemente kam. Dabei kam im Laufe des 19. Jahrhunderts verstärkt die ebenfalls neu entdeckte Elektrizität zum Einsatz, besonders in der Elektrolyse. Die Elektrochemie nimmt daher auch in der Jahrgangsstufe 11 der Freien Waldorfschulen eine zentrale Stellung ein.

Auf die Elektrolyse geht Rudolf Steiner in einem Vortrag für Mediziner zwar kurz, aber detailliert und tiefgründig ein. Er stellt sie in den Zusammenhang mit Basen, Säuren und Salzen einerseits sowie mit den Metallen Blei, Zinn und Eisen, ihren Strahlungswirkungen und ihren Bezügen zu Ich, Astralleib und Ätherleib andererseits. Meines Erachtens ist es unerlässlich, diese Hinweise Steiners zu kennen, wenn man den Unterricht in der 11. Klasse vorbereitet. Sie stehen deshalb im Reader am Anfang der Materialien für diese Jahrgangsstufe. (10)

Der in Hamburg lebende Chemiker, hervorragende Experimentator und sehr aktive Anthroposoph Günther Heuschkel, der sein Berufsleben in der chemischen Industrie verbrachte, hat sich nach seinem Eintreten in den Ruhestand dieser (und weiterer) Ausführungen Steiners zu den Metallen angenommen, vielfältig und gründlichst darüber geforscht und zahlreiche seiner Ergebnisse veröffentlicht. Für den Schulunterricht kamen uns gemeinsam Ideen, wie man Steiners Aussagen zur Elektrolyse so umsetzen kann, dass man daran nicht nur die elektrochemischen Sachverhalte thematisieren, sondern sie zugleich als Schülerversuche durchführen und die charakteristischen, an der Kathode durch Reduktion entstehenden verschiedenen Metallformen so sichtbar machen kann, dass sie wie Bilder der Strahlungsarten des Bleis, des Zinns und des Eisens erscheinen. Der dem Reader beigegefügte Auszug aus Heuschkels umfangreichem Buch „Metallprozesse“ beschreibt die dafür notwendige Vorgehensweise. (11)

Anschließend folgt ein Text von Gerhard Ott. Ott war einer der engagiertesten Schüler Koliskos und wurde nach seiner Ausbildung ebenfalls mit Begeisterung Waldorflehrer. Er hat zunächst an der Freien Waldorfschule Hannover unterrichtet, wechselte dann während des Zweiten Weltkriegs an die Freie Waldorfschule Dresden und kehrte von dort später wieder zurück an die Schule in Hannover. Er hat (unter anderem) ein zweibändiges Werk zur „Chemie nach phänomenologischer Methode“ verfasst. Darin geht er - für mein Empfinden - sehr anschaulich auf „das Eingreifen der Elektrizität in die Bereiche der Chemie“ ein. Der Anfänger findet in diesen Passagen viel Wertvolles für in der 11. Klasse

durchzuführende Versuche. (12)

Alle Beschäftigung mit den Elementen führt in der Chemie konsequent zur Frage der Verwandtschaften dieser Elemente und damit zum Periodischen System. Die Überlegungen dazu und die Auseinandersetzungen über die verschiedenen Darstellungsweisen sind wesentlich vielfältiger, als den meisten Zeitgenossen bewusst ist. Eine sehr gute Einführung in dieses Thema (bei gleichzeitiger Fortsetzung mit einer Reihe von Aspekten aus dem Themenspektrum der 12. Klasse) gibt Wolfgang Schäd. Schäd ist Professor Emeritus der Universität Witten, einer der profiliertesten anthroposophischen Naturwissenschaftler mit ausgesprochen großem Betätigungsfeld und einer beeindruckend umfangreichen Liste von Veröffentlichungen. Da er auch Lehrer an der Freien Waldorfschule Pforzheim und Ausbilder am Waldorflehrer-Seminar in Stuttgart war, ist er mit allen Fragen des Waldorfschul-Unterrichts bestens vertraut. So richtet sich sein hier in den Reader aufgenommener Aufsatz auch ausdrücklich an die Waldorf-Chemielehrer, er ist Teil des Buches „Chemie an Waldorfschulen“. (13) Wolfgang Schäd hat den Text eigens für diesen Reader nochmals selber überarbeitet.

Zur Abrundung des Themas „Periodisches System“ ist eine von Friedrich A. Kipp vorgeschlagene Darstellungsweise beigelegt. Sie ist dem genannten Werk von Ott entnommen (12). Kipp war ein exzellenter anthroposophischer Naturwissenschaftler, der besonders in der Biologie viel geleistet hat. - Auf den jüngst erschienenen wegweisenden Artikel des Flensburger Kollegen Peter Brodersen kann dagegen hier nur hingewiesen werden. Er stellt, ausgehend von mathematischen Überlegungen, gut begründet einen Zusammenhang zwischen den chemischen Elementen und den Planeten her, den er in einer neuen Darstellung des Periodensystems zum Ausdruck bringt. (14)

Ein weiterer Aspekt der Auseinandersetzung mit den chemischen Elementen ist, dass man (spätestens) in dieser Jahrgangsstufe auch auf die Formelschrift eingehen und sie einführen muss. Der im Reader wiedergegebene Aufsatz Mackensens zeigt einen fundierten und erprobten Weg auf, wie man mit dieser Anforderung aus waldorfpädagogischer Perspektive umgehen kann. (15)

Wie Rudolf Steiner aus geisteswissenschaftlicher – und damit für den Waldorfschulunterricht wesentlicher – Sicht auf einzelne Elemente eingeht, kann man exemplarisch hervorragend im dritten Vortrag des Landwirtschaftlichen Kurses (GA 327) nachlesen. Der entsprechende Auszug ist deshalb an dieser Stelle in den Reader eingefügt. Er stellt zugleich auch eine Überleitung zur Eiweiß-Chemie der 12. Klasse dar. (16)

II.6: 12. Klasse

Alle Themen eines Jahrganges stehen in der Freien Waldorfschule gewissermaßen wie unter einer Art Leitmotiv, einem übergeordneten Motto. Dieses könnte man in der 9. Klasse „Revolution und Umbruch“ nennen, in der 10. Klasse „Polarität und Steigerung“, in der 11. Klasse „Das Einzelne, Individuelle und sein Zusammenhang mit dem Ganzen, der Welt“ und in der 12. Klasse „Abschließender Überblick“ (mit der 12. Klasse endet die Waldorfschulzeit, die teilweise vorhandene 13. Klasse ist für die Schulabschlüsse eingerichtet).

Diese Leitmotive lassen sich in den Angaben für den Chemie-Unterricht in den Jahrgangsstufen 9, 10 und 11 wiederfinden. In der 12. Klasse dagegen wird dies deutlich

schwerer. Die Schüler haben bis zum Ende der 11. Klasse noch verhältnismäßig wenig aus der Organischen Chemie (im konventionellen Sinne) gelernt, wurden noch kaum mit Strukturformeln konfrontiert und mit modernen chemisch-technischen Prozessen. Man kommt also nicht umhin, neben rückblickenden Zusammenfassungen auch noch neu auf eine Reihe weiterer Themen einzugehen.

Die Angaben Steiners zur 12. Klasse sind relativ umfangreich, was unter anderem damit zusammenhängt, dass seinerzeit (so wie jetzt auch) auf die Abschlussprüfungen Rücksicht genommen werden musste. Hier als Ausschnitt dasjenige, woran bis heute vielfach angeknüpft wurde: „Vorläufig müssten Sie versuchen, die Chemie zum Abschluss zu bringen ... Eine Übersicht der Formationenlehre (Gesteinsartiges, Versteinerungen) bis zur Eiszeit, ... das Wesen der organischen Gifte, der Alkaloide, noch einen Begriff von Cyan-Verbindungen im Gegensatz zu den Kohlenwasserstoff-Verbindungen. Die qualitativen Zusammenhänge braucht man. Man kann es ganz aus den qualitativen Zusammenhängen heraus verstehen.“ „Wenn man wenigstens stereometrische Formeln verwenden würde, dann würde man Sinn damit verbinden können. Zumeist werden ganz in der Ebene geschriebene Formeln verwendet, die sinnlos sind.“ „Wir wollen einmal die Chemie im innigsten Zusammenhang mit dem Menschen betrachten. ... 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 und so weiter. - Die Metallprozesse im Menschen sollte man so nehmen, dass von dem Prinzipiellen etwas entwickelt wird, sagen wir, was man nennen kann einen Prozess von Blei im Menschen, dass (die Schülerinnen und Schüler) das verstehen. Man muss zeigen, dass alle Stoffe und Prozesse vollständig umgewandelt werden im Menschen. Bei der Pepsin-Bildung kommt es darauf an, dass man noch einmal ausgeht von der Salzsäure-Bildung, sie betrachtet als das Leblose und die Pepsin-Bildung betrachtet als dasjenige, was nur innerhalb des Ätherleibes sich vollziehen kann, wo sogar der Astralleib hineinwirken muss; also eine vollständige Abtragung des Prozesses und wiederum ein Aufbau: Salzsäure, von dem unorganischen Prozess geht man aus, aus Kochsalz oder durch Synthese, bespricht die Salzsäure in ihren Eigenschaften. Dann versucht man einen Unterschied zu dem hervorgerufen, was nur im organischen Körper vorkommt. Gipfeln muss es im Unterschied zwischen pflanzlichem Eiweiß, tierischem Eiweiß, menschlichem Eiweiß, so dass ein Begriff von aufsteigendem Eiweiß da ist, begründet in der verschiedenen Struktur des Ätherleibes. Es ist das menschliche Eiweiß etwas anderes als das tierische Eiweiß. ... Man müsste eine anorganische, eine organische, eine animalische und eine menschliche Chemie haben. ... (als weiteres Beispiel:) Metamorphose-Prozess Ameisensäure - Oxalsäure.“ „Man müsste ausgehen vom Welten-Rhythmus, das periodische System aus dem Welten-Rhythmus heraus erklären. ... Etwas wie eine Oktave zum Beispiel hat man im Verhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff. Das führt aber zu weit.“ Und die chemisch-technischen Prozesse sind in der 12. Klasse vertiefend im separaten Fach Technologie zu unterrichten, in dem Zusammenhänge der wichtigsten weltwirtschaftlichen Gegebenheiten behandelt werden. (alles aus 4)

Die Themen sind also sehr anspruchsvoll und vielseitig und stellen auch für den langjährigen Waldorflehrer immer wieder aufs Neue eine große Herausforderung dar. Es gibt keinen schriftlich ausgearbeiteten Vorschlag eines bewährten Aufbaus der gesamten 12. Klasse-Chemieepoche, so wie wir dies für die Klassen 7 bis 10 vorliegen haben. Und es gibt auch nichts Vielfältiges mit zugleich einheitlicher Stoßrichtung, wie dies für die 11. Klasse aus dem Reader-Material hervorgeht. Für die 12. Klasse gibt es Ansätze für einzelne der aufgeführten Themen sowie, gerade neu erschienen, einen umfassenden Vorschlag von Ulrich Wunderlin (17). Besonders wichtig und ausgesprochen

aufschlussreich für Steiners Forderung nach einer Differenzierung zwischen pflanzlicher und tierischer Chemie sind meiner Erfahrung nach die Versuche zum Metamorphose-Prozess Ameisensäure – Oxalsäure. Mackensens knappe und praxisbezogene Darstellung (18) sowie die Überlegungen von Frisch (19) zu diesem Thema wurden deshalb in den Reader aufgenommen. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Schrift von Mackensen (18), der diese wenigen Seiten entnommen wurden, weiteres Wesentliches zu diesem Thema sowie zum von Steiner genannten Bleiprozess enthält, neben anderem.

Abschließend will ich versuchen, meinen eigenen Ansatz zur 12. Klasse - Epoche kurz zu umreißen. Da ich auch Biologie und chemische Technologie unterrichte und die staatlichen Vorgaben für den höheren Schulabschluss in Deutschland sowohl relativ viele Kenntnisse in Biochemie wie auch in Genetik erfordern, versuche ich, Synergien (die sich auch aus der höheren Anzahl der Unterrichtsstunden durch die Kombination meiner Fächer ergeben) zu nutzen und - unter anderem - Steiners Angaben zum Eiweiß als Leitlinie für eine kombinierte Vorgehensweise in Chemie und Biologie umzusetzen. An Eiweiß-Verdauungsversuchen behandle ich die Themen Salzsäure, Ptyalin, Pepsin und Pankreatin (Trypsin). Am Ende der Verdauungsreihe kommt man zu den Aminosäuren. In ähnlicher Weise lasse ich zur DNA-Aufschlüsselung Schülerversuche mit Restriktionsenzymen und Gelelektrophorese durchführen. Beide - Aminosäuren und DNA - bilden den Ausgangspunkt für die Besprechung der Proteinbiosynthese. Daran anschließend kann man über die Peptid-Bindung zu den verschiedenen Eiweiß-Strukturen gelangen: Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartär-Strukturen. Die damit einhergehenden räumlichen Konsequenzen für die Eiweiß-Strukturen bieten einen Ansatzpunkt, bei der Schreibweise mit Strukturformeln - wie von Steiner gefordert, siehe oben - zu realistischeren räumlichen Vorstellungen vorzustoßen. Die Spezifität einzelner Eiweiße, z.B. im Zusammenhang des Immunsystems, bietet Möglichkeiten, zwischen menschlichem und tierischem Eiweiß zu unterscheiden. Das pflanzliche Eiweiß thematisiere ich dagegen bei den Schmetterlingsblütlern (= Leguminosen), die in vielerlei Hinsicht eines der wenigen und zugleich äußerst wichtigen Eintrittstore des Stickstoffs aus der unbelebten Luft in die Biosphäre darstellen. An diesem Beispiel, das ich bevorzugt mit pflanzlichen Metamorphose-Übungen nach Goethe einleite, kann man sowohl die spezifischen biochemischen Möglichkeiten der Pflanzen erkennen als auch sie von den Möglichkeiten der Tiere abgrenzen, vor allem in Hinsicht auf die verschiedenen Eiweiße, aber auch in Bezug auf andere Stoffe. Dazu ist es hilfreich, stark den Unterschied zwischen prozessual tätigem Eiweiß (den Enzymen) und Struktur-Eiweiß (einschließlich Speicher-Eiweiß) zu betonen. - Für nähere Erläuterungen zu diesem skizzenhaften Umriss möge man sich gerne an mich wenden (Email-Adresse siehe unten).

II.7 Abschluss

Es gibt einen kurzen Vortrag Rudolf Steiners, den er in einer Konferenz mit den damaligen Waldorflehrern auf Bitten Eugen Koliskos gehalten hat. Dieser Vortrag macht - meiner Auffassung nach - sehr deutlich, was Steiner an chemischen Kenntnissen von Waldorflehrern im Zusammenhang mit ihren pädagogischen Aufgaben erwartet. Da dieser Vortrag kurz alle Themen des Chemie-Unterrichtes berührt und in einen unmittelbar praktischen Zusammenhang stellt, der uns als Waldorflehrer alle angeht, scheint er mir sehr gut geeignet, das in diesem Reader Dargestellte abschließend abzurunden. (20)

III Dank

Dieser Reader konnte nur mit Hilfe der finanziellen Unterstützung der Software AG Stiftung (für die deutsche, russische und englische Version) sowie der Mahle-Stiftung (für die spanische Version) erstellt werden. Ihnen gebührt daher der große Dank der internationalen Waldorfschul-Bewegung, den ich hiermit für uns alle ausspreche. Ebenso bin ich den Freunden der Erziehungskunst außerordentlich dankbar, dass sie sich entschlossen haben, bei der Projektabwicklung zentrale Hilfestellungen zu übernehmen. Mein ganz persönlicher Dank gilt Prof. Dr. Dirk Randoll, meinem Projektbetreuer bei der Software AG Stiftung; Alexander Lerch, meinem Projektbetreuer bei der Mahle-Stiftung; und Eleonore Jungheim, meiner Projektbetreuerin bei den Freunden der Erziehungskunst. Ohne ihre kompetente Begleitung hätte ich diesen Reader nicht erarbeiten können.

Und ich danke allen von Herzen, die mir an den verschiedensten Stellen behilflich waren, insbesondere den Übersetzern ins Russische: Maria Babkina und Oleh Faliy sowie Ksenia Kudrenko, die deren Übersetzungen gegengelesen hat; und den für die englische Version Zuständigen: Catherine E. Creeger, Peter Glasby †, Martyn Rawson, Diederik Ruarus; sowie denen, die die Übersetzung ins Spanische übernommen haben: Lia Tummer, Miguel Lopez-Manresa und Angel Chiok. Vielen Dank!

IV Anmerkungen

Die Übersetzungen ins Russische wurden durchgeführt von:

Maria Babkina, Moskau, Russland: Kolisko, „Vom Werden und Gestalten des Naturkundeunterrichts an der Waldorfschule“ (3); Steiner-Vortrag vom 22. September 1923 (5); Heuschkel zur Elektrolyse (11); Mackensen zur Formelschrift (15).

Oleh Faliy, Dnepropetrowsk, Ukraine: diese Einführung in den Reader; Kolisko, „Vom ersten Unterricht in der Chemie“ (3); Julius zur 8. Klasse (6); Mackensen zur 9. Klasse (7); Rohde zur 9. Klasse (8); Julius zur 10. Klasse (9); Ott zur Elektrolyse (12); Schad-Artikel (13); Periodensystem nach Kipp (aus 12); Mackensen zu Ameisen- und Oxalsäure (18).

Alle Übersetzungen (außer 10, 16 und 20) wurden gegengelesen von Ksenia Kudrenko, Dnepropetrowsk, Ukraine.

Die Übersetzungen dreier Steiner-Texte (10, 16 und 20) ins Russische lagen bereits vor:

- Der Steiner-Vortrag vom 18. April 1921 wurde von Olga Vartazaryan übersetzt. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung der Herausgeber des Bandes 313 der russischen Rudolf Steiner – Gesamtausgabe, vermittelt durch Sergey Ivashkin, Samara, Russland.
- Der Landwirtschaftliche Kurs (GA 327) wurde in der russischen Übersetzung (durchgeführt von Maria Zhemtschuzhnikova und Alexandr Demidow) 1997 von Nikolay Banzeliouk, Kaluga, herausgegeben. Er hat der Aufnahme des dritten Vortrages in diesen Reader zugestimmt.

- Der Steiner-Vortrag vom 6. Februar 1923 wurde von Michael Sluch übersetzt. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung der Herausgeber des Bandes 300b der russischen Rudolf Steiner – Gesamtausgabe, vermittelt durch Sergey Ivashkin, Samara, Russland.

Die Übersetzungen ins Englische wurden durchgeführt von:

Catherine E. Creeger, Ithaca, New York, USA: diese Einführung in den Reader; beide Kolisko-Aufsätze (3); Rohde zur 9. Klasse (8); Heuschkel zur Elektrolyse (11); Ott zur Elektrolyse (12); Schad-Artikel (13); Periodensystem nach Kipp (aus 12).

Diederik Ruarus, Littelton, Neuseeland, und Martyn Rawson, Elmshorn, Deutschland: Mackensen zur Formelschrift (15); Martyn Rawson: Mackensen zu Ameisen- und Oxalsäure (18); Dirk Rohde: Frisch zu Klee- und Ameisensäure; Peter Glasby †, Wights Mountain / Brisbane, Queensland, Australien, hat die Übersetzungen von Catherine E. Creeger unterstützt.

Die Übersetzungen der übrigen 7 Artikel ins Englische lagen bereits vor:

- Die drei Steiner-Vorträge vom 22. September 1923 (5), vom 18. April 1921 (10) und vom 11. Juni 1924 (16) sind in einer englischen Übersetzung im Internet veröffentlicht (wn.rsarchive.org/GA/GA0350, wn.rsarchive.org/GA/GA0313 und wn.rsarchive.org/GA/GA0327). Die Verwendung für diesen Reader erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Jim Stewart, e.Librarian.
- Der Aufsatz von Julius zur 8. Klasse (6) wurde in englischer Übersetzung von der Steiner Schools Fellowship in Großbritannien in dem Band „The World of Matter and the Education of Man“ (ohne Jahresangabe, vor längerer Zeit) veröffentlicht. Die Rechte-Frage konnte nicht endgültig geklärt werden. Der Band wurde mir für den Reader dankenswerterweise vom Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart, überlassen.
- Der Mackensen-Text zur 9. Klasse (7) wurde von Peter Glasby † ins Englische übersetzt, in „Phenomenological Organic Chemistry“ 2009 von der Pedagogical Section of the Anthroposophical Society in Australien veröffentlicht und großzügigerweise von ihm für die Aufnahme in den Reader zur Verfügung gestellt.
- Der Aufsatz von Julius zur 10. Klasse (9) wurde in englischer Übersetzung von der Association of Waldorf Schools of North America in dem Buch „Fundamentals for a Phenomenological Study of Chemistry“ im Jahre 2000 veröffentlicht. Die Wiedergabe im Reader wurde freundlicherweise von David Mitchell † von AWSNA Publications gestattet; sie erfolgt mit der von diesem gewünschten Kennzeichnung zum Copyright und zur Verfügbarkeit.
- Der Steiner-Vortrag vom 6. Februar 1923 (20) wurde in englischer Übersetzung von Anthroposophic Press, USA, 1998 in dem Band „Faculty Meetings with Rudolf Steiner, vol. 2“ veröffentlicht. Die Wiedergabe im Reader erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Gene Gollogly, Anthroposophic Press.

Die Übersetzungen ins Spanische wurden durchgeführt von:

Lia Tummer, Buenos Aires, Argentinien: beide Julius-Aufsätze (6, 9); Rohde zur 9. Klasse (8); sowie Heuschkel zur Elektrolyse (11).

Miguel Lopez-Manresa, Valparaiso, Chile: diese Einführung in den Reader; beide Kolisko-Aufsätze (3); alle vier Steiner-Texte (5, 10, 16, 20); alle drei Mackensen-Texte (7, 15 und 18); Ott zur Elektrolyse (12); Periodensystem nach Kipp (aus 12); und der Artikel von Schad (13).

Angel Chiok, Dornach, Schweiz: Frisch zu Klee- und Ameisensäure (19).

Literaturangaben:

(Der Zweckmäßigkeit halber wird hier dieselbe Reihenfolge beibehalten wie im vorhergehenden Text dieser Einführung in den Reader und somit auf eine alphabetische Anordnung verzichtet.)

1: zitiert aus: Pressemitteilung der Landesarbeitsgemeinschaft der Freien Waldorfschulen in Hessen vom 24.3.2009; Geschäftsstelle: Hügelstraße 67, D 60433 Frankfurt.

2: zitiert aus: Pressemitteilung des Bundes der Freien Waldorfschulen vom 6.3.2009; Geschäftsstelle: Wagenburgstraße 6, D 70184 Stuttgart.

3: Die Kolisko-Aufsätze „Vom Werden und Gestalten des Naturkundeunterrichts an der Waldorfschule“ und „Vom ersten Unterricht in der Chemie“ sind entnommen aus: Eugen Kolisko, „Auf der Suche nach neuen Wahrheiten“, Philosophisch-Anthroposophischer Verlag am Goetheanum, Dornach 1989. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages. In diesem Verlag sind auch weitere Veröffentlichungen Eugen Koliskos in deutscher Sprache erschienen und erhältlich. Eine Neu-Herausgabe des hier zitierten Buches ist in Vorbereitung.

4: Alle Lehrplan-Angaben zitiert nach: E. A. Karl Stockmeyer, „Angaben Rudolf Steiners für den Waldorfschulunterricht“, herausgegeben von der Pädagogischen Forschungsstelle beim Bund der Freien Waldorfschulen, Stuttgart 1988.

5: Rudolf Steiner, „Rhythmen im Kosmos und im Menschenwesen; Wie kommt man zum Schauen der geistigen Welt?“, Rudolf Steiner - Verlag, Dornach 1980; Band 350 der Gesamtausgabe, 16. Vortrag, 22. September 1923. Die Nutzung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages.

6: Frits H. Julius, „Grundlagen einer phänomenologischen Chemie. Teil 1: Zum Chemieunterricht der Mittelstufe“ © 1960 Verlag Freies Geistesleben GmbH, Stuttgart. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages, die Quellenangabe erfolgt in der von diesem gewünschten Form.

7: Manfred von Mackensen, „Vom Kohlenstoff zum Äther“, herausgegeben von der Pädagogischen Forschungsstelle, Abteilung Kassel; Verlag Bildungswerk Beruf und Umwelt, Brabanterstraße 45, D 34131 Kassel; 2004. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung der Pädagogischen Forschungsstelle, Abteilung Kassel.

8: Dirk Rohde, „Was heißt ´lebendiger` Unterricht?“, Tectum Verlag, Marburg 2003.

9: Frits H. Julius, „Grundlagen einer phänomenologischen Chemie. Teil 2: Zum Chemieunterricht der Oberstufe“ © 1965 Verlag Freies Geistesleben GmbH, Stuttgart. Alles Weitere: siehe 6.

10: Rudolf Steiner, „Geisteswissenschaftliche Gesichtspunkte zur Therapie“, Rudolf Steiner - Verlag, Dornach 1984; Band 313 der Gesamtausgabe, 8. Vortrag, 18. April 1921. Die Nutzung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages.

11: Günther Heuschkel, „Metallprozesse“, Selbstverlag, Hamburg 2002. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verfassers.

12: Gerhard Ott, „Grundriss einer Chemie nach phänomenologischer Methode, Band II“, Zbinden-Verlag, Basel 1962. Da das Buch vergriffen und der Verlag nicht mehr existent ist, konnten die Rechte nicht mehr geklärt werden. Die Wiedergabe erfolgt in der Annahme des Herausgebers des Readers, keine Rechtsverletzung zu begehen.

13: Wolfgang Schad, „Für eine vernunftgemäße Chemie“, erschienen in: „Chemie an Waldorfschulen“, herausgegeben von der Pädagogischen Forschungsstelle beim Bund der Freien Waldorfschulen, Stuttgart 2004. Der Aufsatz wurde vom Verfasser für diesen Reader nochmals überarbeitet. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verfassers und der Pädagogischen Forschungsstelle. Die Aufsatz-Sammlung ist bei der Forschungsstelle auf Deutsch erhältlich: Wagenburgstraße 6, D 70184 Stuttgart.

14: Peter Brodersen, „Vor 200 Jahren postulierte Döbereiner das ´chemische System`“; in: „Chemie in Labor und Biotechnik“ („CLB“), 01-02/2011, Seiten 48-58; Agentur & Verlag Rubikon, Gaiberg bei Heidelberg.

15: Manfred von Mackensen und Reinhard Schoppmann, „Prozesschemie aus spirituellem Ansatz“, Kassel 2001. Alles Weitere siehe 7.

16.: Rudolf Steiner, „Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft“, Rudolf Steiner – Verlag, Dornach 1979; Band 327 der Gesamtausgabe, 3. Vortrag vom 11. Juni 1924. Die Nutzung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers.

17: Ulrich Wunderlin, „Lehrbuch der phänomenologischen Chemie, Bände II + III“, edition waldorf, Stuttgart 2012/2013.

18: Manfred von Mackensen und Reinhard Schoppmann, „Ameisensäure, Keesäure, Harnsäure, Eisen, Gold, Blei“, Kassel 2003. Alles Weitere siehe 7.

19: Klaus Frisch, „Die Metamorphose von Keesäure und Ameisensäure“; in: „Erziehungskunst“ 7/8 1992, S. 577-599.

20: Rudolf Steiner, „Konferenzen mit den Lehrern der Freien Waldorfschule in Stuttgart“, Rudolf Steiner - Verlag, Dornach 1975; Band 300 b der Gesamtausgabe, Konferenz vom 6. Februar 1923. Die Nutzung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages.

Verantwortlich für diesen Reader:

Dr. Dirk Rohde
Freie Waldorfschule Marburg
Ockershäuser Allee 14
D 35037 Marburg
Deutschland
d.rohde@waldorfschulemarburg.de

Marburg, Weihnachten 2013

Dirk Rohde