

Grundzüge einer naturwissenschaftlichen Didaktik

I Einleitung

a) Was ist »guter« Unterricht?

Allen, die für das Unterrichtsgeschehen Verantwortung tragen, stellt sich eine sehr grundlegende Frage: Was ist guter Unterricht? Es liegt auf der Hand, dass in einer pluralistischen Gesellschaft darüber eine endlose Debatte geführt werden kann. Um bei der Suche nach einer vernünftigen Antwort einen Schritt weiterzukommen, müssen zuerst die Ziele des Unterrichts klar definiert sein: Das sind – wie nachfolgend ausgeführt und begründet wird – ganz bestimmte Lerninhalte und Kompetenzen. Außerdem sollen bei der Wissenserarbeitung eine positive Grundstimmung und eine Atmosphäre der Akzeptanz entstehen. Die maßgebenden Indikatoren für das Erreichen dieser Ziele sind Nachhaltigkeit und Zufriedenheit. Will man ein möglichst realistisches Bild erhalten, wie sich der Unterricht auswirkt, so sind ein anonymes, unvorbereitetes und keinerlei Druck erzeugendes Feedback- und Testsystem unerlässlich.

b) Von der Evaluation zur Evolution des Unterrichts

Wer mit den Befragungsergebnissen nicht zufrieden ist, wird vielleicht Änderungen am Unterrichtskonzept vornehmen. Werden Feedback- und anonyme Testverfahren beim nächsten Jahrgang wiederholt, so führt dies zu einer Rückkopplungsschleife wie bei der natürlichen Evolution: Durch ständiges Variieren und Selektieren kristallisiert sich mit der Zeit eine optimale Unterrichtsgestaltung heraus. Diese lässt sich anhand einzelner »Regeln« beschreiben. Die so gewonnenen Regeln können keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit erheben, weil sie auf eine bestimmte Lehrerpersönlichkeit hin optimiert worden sind. Dennoch kann es lohnend sein, sich damit auseinander zu setzen: Werden nämlich bestimmte Unterrichtsprinzipien bewusst verändert und die Auswirkung messend beobachtet, so nähert man sich der naturwissenschaftlichen Methodik. Auf diese Weise lässt sich ein handfester, brauchbarer Kern aus dem unübersehbaren Angebot an didaktischen Möglichkeiten finden. Hingegen können Unterrichtskonzepte, die von Modeströmungen oder wirtschaftlichen Interessen geleitet sind, sich jedoch nicht bewähren, aussortiert werden.

Wie lassen sich die nach dem Vorbild der Evolution entstandenen, bewährten Regeln ordnen? Übersicht entsteht durch die Frage, *was, wie, wozu* im Chemieunterricht gelernt werden soll?

II Was soll im Chemieunterricht gelernt werden?

a) Wertmaßstäbe

Die Frage, wie unterrichtet werden soll, kann (theoretisch) einer rationalen, wissenschaftlichen Diskussion unterzogen werden: Verschiedene Methoden können hinsichtlich ihrer Effizienz messend verglichen werden. Was aber unterrichtet wird, ist eine Frage der Wertung und insofern eine Folge subjektiver Entscheidungen. Unterrichten bedeutet daher auch, eine Auswahl zu treffen, und die modernen Rahmenlehrpläne lassen dazu viele Möglichkeiten offen.

b) Rahmenbedingungen

Bevor man die Lerninhalte festlegt, muss man sich über einige Rahmenbedingungen des Chemieunterrichts im Klaren sein:

1. Kein Fach hat so großes Wissen angehäuft wie die Chemie und ist zugleich mit einer so geringen Unterrichtszeit ausgestattet [1].
2. Nur wenige Fächer sind so streng aufbauend wie die Chemie.
3. Studien [1, 2] zeigen, dass das Fach Chemie in der Beliebtheitskala am untersten Ende rangiert.

c) Chancen

Diese vorgegebenen Rahmenbedingungen können als Einengung oder als Chance gesehen werden:

1. Den Zeitfaktor hat Winston Churchill einmal sinngemäß folgendermaßen charakterisiert: Bei unbegrenzter Redezeit im Parlament benötigt er keine Vorbereitung. Ist seine Redezeit auf etwa eine Viertelstunde begrenzt, so sind reifliche Überlegungen erforderlich. Wenn er nur wenige Minuten im Parlament sprechen

darf, so muss an jedem Satz sehr lange gefeilt werden. Knappheit kann zur Steigerung der Qualität und Effizienz führen.

2. Der aufbauende Charakter der Chemie macht es fast unmöglich, dem Unterricht zu folgen, wenn einmal der Anschluss verpasst wurde. Hier zeigt sich ein Wesenszug der Chemie: Ihr Wissen ist von vornherein sehr strukturiert und vernetzt. Vernetztheit braucht dem Chemieunterricht nicht aufgepfropft zu werden, sondern sie zu berücksichtigen ist die *Conditio sine qua non* (die Bedingung, ohne die nichts geht). Deshalb muss im Unterricht ständig diagnostiziert werden, ob alle wichtigen Zusammenhänge und Basisbegriffe verstanden und behalten worden sind.
3. Die geringe Akzeptanz des Chemieunterrichts und auch das schlechte Image der Chemie machen es leichter, neuartige Methoden und Lerninhalte auszuprobieren. Der Innovationsdruck im Fach Chemie ist deshalb größer als dort, wo alles glatt läuft.

d) Das inhaltliche Ziel

Wie eingangs erwähnt, kann nur ein winziger Ausschnitt der Chemie im Unterricht präsentiert werden. Für diesen kann es keine letzte Begründung geben, sondern nur ein Plädoyer. Man muss sich entscheiden, ob Information oder Bildung das Ziel ist. Informationen sind heutzutage leicht zugänglich. Aber Bildung entsteht erst durch die Fähigkeit zu strukturieren und Informationen in ein Weltbild richtig einzuordnen. Bildung wirkt gleichsam als Filter für das Meer von Informationen, das auf den modernen Menschen einströmt. Je stärker die Informationsflut anschwillt und je schneller aktuelles Wissen erneuert wird, desto wichtiger ist eine gediegene Bildung, die einer Persönlichkeit Konstanz verleiht. Außerdem schafft erst Bildung – wie Hegel bemerkte – die Fähigkeit, den Standpunkt eines anderen Menschen zu verstehen. Unsere moderne Gesellschaft ist von Kommunikationsproblemen geprägt. Die Sprachlosigkeit zB gegenüber den Erkenntnissen der modernen Naturwissenschaften nimmt ständig zu. Deshalb verhalten sich viele Menschen gegenüber Chemie und Physik ängstlich oder ablehnend. Zugleich will aber kaum jemand auf die Annehmlichkeiten verzichten, die wir den Erkenntnissen der Chemie und Physik verdanken. Diese Kluft überwinden zu helfen ist die vornehmlichste Aufgabe des Chemieunterrichts. Information kann ruhig Sache der Medien sein. Nachhaltige Bildung – zB die Vermittlung der Chemie als Kulturgut – ist Angelegenheit der Schule.

Bildung entsteht nur durch die Beziehung zu Personen. Sie verbindet die Menschen einer gemeinsamen Kultur und muss sorgfältig vermittelt werden. Im Unterricht muss man die Oberflächlichkeit durchbrechen [3] und den Dingen auf den Grund gehen – man darf sich nicht verzetteln. Es geht um die Erarbeitung der zentralen Ideen. Diese »big ideas« der Chemie befassen sich mit folgenden Fragen:

- Wie kommt naturwissenschaftliche Erkenntnis zu Stande?
- Wie lässt sich eine gedankliche Brücke in den Mikrokosmos bauen?
- Was ist das Wesen von Stoffumwandlungen?
- Wodurch kommen Reaktionen zum Stillstand?
- Wie kann eine zum Stillstand gekommene Reaktion wieder in Gang gesetzt werden?
- Wodurch werden Reaktionen und Kreislaufprozesse angetrieben?
- Wie kann man Reaktionen steuern?

Diese sieben zentralen Ideen bilden einen roten Faden, der sich durch den Unterricht zieht, und fügen sich zu einem Gesamtbild der Chemie zusammen. Damit wird der Gefahr entgegengewirkt, dass im Unterricht nur ein Sammelsurium von rasch vergessenen Fakten vermittelt wird. Genau darüber macht sich Mephisto in Goethes Faust gegenüber dem Schüler lustig: » ... Dann hat er die Teile in seiner Hand,/Fehlt leider! nur das geistige Band.«

Faktenwissen ist weniger wichtig und sollte nur dazu dienen, diese zentralen Ideen zu festigen und in immer neuem Licht erscheinen zu lassen. Bei der Auswahl der im Unterricht gebotenen Informationen und Experimente kann man sich von folgenden Linien leiten lassen:

- besondere Klarheit und Überschaubarkeit,

- Wiederholung und Bestätigung von bekannten Gesetzmäßigkeiten in einem neuen Zusammenhang,
- Anknüpfung an Bekanntes aus der Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen,
- gesellschaftliche und ökonomische Relevanz,
- Staunen über die Verflechtung von Naturwissenschaft und Geschichte, über die Natürlichkeit der Chemie, über unseren Platz im Universum und über die Evolution des Weltalls und des Lebens.

Der alte Spruch vom »Mut zur Lücke« hat immer noch seine volle Berechtigung. Der Didaktiker Wagenschein hat diesen Gedanken positiv formuliert und weiter ausgebaut [4]: Durch exemplarisches Lernen entstehen »Inseln des Wissens«. Werden diese sorgfältig ausgewählt, so können sie die Basis für eine tragfähige Konstruktion des Wissensgebäudes bilden.

III Wie soll im Chemieunterricht gelernt werden?

a) Biologische Grundlagen des Lernens

a1) Neurologie

Grob gesprochen bildet die Großhirnrinde die evolutionäre Spitze über dem Stammhirn und dem limbischen System. Damit ein Lernvorgang von der Großhirnrinde optimal verarbeitet werden kann, müssen daher auch alle tiefer liegenden Schichten in einem aufnahmebereiten Zustand sein [5]. Flucht- oder Kampfsituationen und negative Gefühle wirken sich sehr ungünstig aus. Carl Friedrich von Weizsäcker weist darauf hin, dass sich das Wort Verstand von »stehen bleiben« ableitet [6]: An Tieren lässt sich ein unmittelbares Reiz-Reaktions-Verhalten beobachten. Beim Menschen kann dieser Mechanismus durch ein ruhiges Innehalten unterbrochen werden. In diesem Augenblick kann eine Situation verstanden werden. Die Voraussetzung für das Öffnen der »Schleusen« zum menschlichen Denkgang ist, dass die tiefer liegenden Hirnzentren weder Alarm noch gefühlsmäßige Ablehnung signalisieren [7].

a2) Verhaltensforschung

Das angeborene, vor allem bei jüngeren Säugetieren wirksame Neugierverhalten müsste – zumindest theoretisch – auch Lernvorgänge in der Schule unterstützen. Beim Neugierverhalten sind alle Voraussetzungen erfüllt, damit ein Verhaltensforscher von einem Trieb sprechen kann:

- Appetenzverhalten: Jedes höhere Lebewesen durchstreift seine Umwelt mit Aufmerksamkeit.
- Schlüsselreiz: Ein ungewöhnliches Objekt, unbekanntes Gelände oder sonst irgendein Signal kann als Schlüsselreiz wirken.
- Triebhandlung: Die Triebhandlung wird durch den Schlüsselreiz ausgelöst. Falls keine zu großen Angstgefühle auftreten, kommt es zur spielerischen Untersuchung des Unbekannten.
- Belohnung durch Gefühlserleben: Die Belohnung stellt sich als Folge der Triebhandlung ein. Es entsteht ein Gefühl der Sicherheit oder Freude, eine Fähigkeit erworben zu haben.

Die Verhaltensforschung lehrt (jeder kann das an sich selbst überprüfen), dass Übersättigung immer stärkere Schlüsselreize erfordert. Die Reizüberflutung der Jugend durch Medien und Werbung nimmt ständig zu. Deshalb müssen auch im Unterricht gezielte Anreize zum Lernen geboten werden. Damit ist aber kein Übertrumpfen durch noch »bessere« Videoclips oder Werbeplakate gemeint, sondern ein Hinführen zum Abenteuer des eigenständigen Entdeckens.

a3) Gedächtnisformen

Sinnesreize werden über mehrere Kanäle aufgenommen und auf unterschiedlichste Weise verarbeitet und abgespeichert. Hans Markowitsch konnte zeigen, dass mindestens vier Gedächtnisformen existieren [8]:

- das episodische Gedächtnis, das einzelne Ereignisse und bestimmte Fakten räumlich und zeitlich einordnet,
- das semantische Gedächtnis für Wissenssysteme,
- das prozedurale Gedächtnis für Handlungsabläufe und Fertigkeiten,
- das Priming für erleichtertes Erinnern von ähnlichen Situationen und Reizmustern.

Aus den Erkenntnissen über die biologischen Grundlagen des Lernens lässt sich ableiten: Es ist wichtig,

- positive Emotionen zu erzeugen,
- das Neugierverhalten über Schlüsselreize auszulösen,

- möglichst viele Sinneskanäle anzusprechen und
- alle Gedächtnisspeicher zu nutzen.

b) Lernpsychologie

Neuronale Abläufe im menschlichen Gehirn spiegeln sich als psychologische Zusammenhänge wider. Damit im Einklang stehen wiederum Studien über die Effizienz des Unterrichts. Aus einer Vielzahl von Erkenntnissen (nachzulesen zB bei Schachl, Weinert, Piaget, Guttmann ua.) lassen sich einige, leicht im Unterricht zu überprüfende Regeln ableiten:

- Je mehr positive Emotionen an einem Lernprozess beteiligt sind, desto weniger Wiederholungen sind für ein langfristiges Behalten notwendig.
- Der Wechsel von situativen und systematischen Unterrichtsformen ist effizienter als die Beibehaltung einer Unterrichtsform. Situativer Unterricht fördert Neugier, Aktivität und Interesse, gleitet aber leicht ins Chaos ab. Systematischer Unterricht schafft Klarheit, führt aber auf Dauer zu Langeweile und Sterilität.
- Aus vielen Lerninhalten entsteht niemals von selbst ein Gesamtbild eines Wissensgebäudes. Deshalb muss Überblick oder ein roter Faden stets vor den Einzelinformationen angeboten werden.
- Ruhe und Konzentration sind die Voraussetzung für das Lernen, das vor allem ein Akt des Erkennens und Vernetzens ist. Als optimal erweist sich daher im Unterricht eine ständige Abfolge von Aha- und Déjà-vu-Erlebnissen.
- Höhere Einsichten entstehen nur, wenn die zu Grunde liegenden Erkenntnisse automatisiert worden sind. Fest verankerte Basisinformationen und -fertigkeiten müssen daher gut vernetzt, ständig wiederholt und geübt werden. Der Unterricht erfordert deshalb Kleinschrittigkeit und hohe Redundanz (dh. eine häufige Wiederkehr von Bekanntem).
- Der Lernerfolg hängt im hohen Maß von diagnostischen Fähigkeiten ab: Deshalb sind ständige Überprüfungen notwendig, ob die Lerninhalte verstanden wurden – allerdings ohne Notendruck, der Angst erzeugt und das Lernen blockiert. Fehler sollten als Helfer erkannt werden. (Beide Wörter bestehen aus den gleichen Buchstaben!) Für das Verständnis ist es nutzlos, nach einem beurteilenden Test zu wissen, was man alles nicht kann. Die Schwachstellen müssen vor dem Test erkannt und bearbeitet werden!

Wie können alle diese Erkenntnisse in den Chemieunterricht einfließen?

c) Unterrichtsgestaltung

c1) Stundenbilder

Stundenbilder haben die Aufgabe, die Feinstruktur des Unterrichts herauszuarbeiten. Am Beginn muss das Ziel jeder Unterrichtsstunde genau festgelegt werden: einen einzigen chemischen Fachbegriff (oder ein Begriffspaar) zu klären und zu vernetzen. Ansatzpunkt dabei ist immer das Experiment. Es fördert den affektiven Zugang zur Thematik und die Kommunikationsbereitschaft. Ein Experiment muss immer sorgfältig ausgewählt sein: Ein großer Anteil an wiederholender Verwendung von bekannten Begriffen und Fakten sorgt einerseits für Kleinschrittigkeit im Unterrichtsfortgang und andererseits für Festigung und Automatisierung. Außerdem ist auf die Motivationsfalle zu achten [10]. Sie tut sich auf, wenn ein effektvolles Experiment wenig Beziehung zum Unterrichtsziel herstellt. Um von Beobachtungen zu prägnanten, griffigen Formulierungen zu gelangen, sind die richtigen Fragen, Überlegungen und Bilder erforderlich. Die Lehrkraft (oder auch eine Schülergruppe selbst) leistet dabei eine Arbeit, die mit der Hebammenkunst des Sokrates vergleichbar ist. Der griechische Philosoph hat durch die Art, wie er Fragen stellte, seinen Gesprächspartnern beim Erkenntnisvorgang auf die Sprünge geholfen. Jedes Stundenbild führt zu einer Zusammenfassung des »Wichtigsten«. Damit kann ein abprüfbarer Kernstoff genau festgelegt werden.

c2) Lernzyklen

Die Idee der Lernzyklen geht auf Piaget zurück und wurde in jüngster Vergangenheit von verschiedenen Seiten weiterentwickelt [11]. Der entscheidende Punkt ist, dass die Unzulänglichkeit der eigenen Vorstellungen bemerkbar wird. So wird das Bedürfnis nach Erklärungen gefördert. Besonders geeignet sind sorgfältig ausgewählte Experimente, die in kleinen Schülergruppen ausgeführt werden. Praktika können ab und zu verwirrend wirken, fördern aber auf

jeden Fall Vertrautheit mit dem Problem, Emotionen und Aktivitäten. Der nächste Schritt im Lernzyklus ist der Wechsel zu systematischem Unterricht, um Klarheit zu schaffen. Abschließend wird das erworbene Wissen durch Anwendungs- und Übungsbeispiele gefestigt. Die drei Phasen eines Lernzyklus können mit den englischen Begriffen »exploration«, »explanation« und »application« beschrieben werden. Alle Denkfiguren (Näheres bei c3) und Basisbegriffe der Chemie können durch geschickt arrangierte Lernzyklen vermittelt werden. Der Unterricht wird auf diese Weise klar gegliedert.

c3) Denkfiguren

Denkfiguren beschreiben die zentralen Ideen der Chemie: Falsifikationsprinzip, Nanoworld, Reaktion, Gleichgewicht, Prinzip von Le Châtelier, Triebkraft, Katalysator. Denkfiguren dienen dazu, einen Überblick für die Chemie zu schaffen [9]. Dabei werden möglichst viele Sinneskanäle und Gedächtnisspeicher ausgenutzt und verschiedene Lernformen in ihrer entwicklungsgeschichtlichen Reihenfolge angewendet:

1. Das Kennenlernen der Denkfigur erfolgt *affektiv-motorisch* (zB bei Schülerübungen).
2. Der nächste Schritt ist die *visuelle* Darstellung der Denkfigur (zB durch Bilder oder Modelle).
3. Mithilfe des Bildes wird die zentrale Idee durch klare, prägnante Begriffe *verbal* gefasst (zB durch griffige und einprägsame Formulierungen).
4. Der höchste Abstraktionsgrad der Denkfigur ist mit ihrer *formalen* Beschreibung erreicht (zB durch mathematische Formulierungen).
5. Zuletzt wird die zentrale Idee zu einem Symbol verdichtet. Wird dieses Symbol bei Erklärungen von Experimenten häufig verwendet, so können durch *assoziativ-symbolische* Verknüpfung alle Aspekte der Denkfigur leichter vergegenwärtigt werden (zB durch den Reaktionspfeil).

c4) Mastery-learning

Nach ein oder zwei Lernzyklen können Testaufgaben eingefügt werden. Entscheidend dabei ist, dass nicht so sehr Faktenwissen abgefragt wird, sondern Aufgabenstellungen zu lösen sind. Erst wenn ca. 90 % der Schüler und Schülerinnen die geforderten Fähigkeiten und Einsichten erworben haben, ist es sinnvoll, Neues zu unterrichten [12]. Wird dieser Grundsatz beachtet, so wird der Unterricht sehr ertragreich. Mithilfe der Testaufgaben können die Lernenden oder die Lehrkraft jederzeit diagnostizieren, ob das angestrebte Niveau erreicht worden ist. Auch bei dieser Gelegenheit wird das Grundwissen der Chemie weitgehend wiederholt und die Verwendung der Basisbegriffe automatisiert.

IV Wozu soll Chemie gelernt werden?

a) Betroffenheit

Die brennendste Frage für jemanden, der unterrichtet, lautet: Wie lässt sich Interesse wecken? Schüler und Schülerinnen hingegen stellen sich im Zusammenhang mit dem Unterricht – bewusst oder unbewusst – die Frage: Was hat das mit mir zu tun? Jede Lehrkraft kann zeigen, dass im täglichen Leben ständig Produkte der Chemie Verwendung finden (Medikamente, Farbstoffe, Putzmittel, Kosmetika, Kunststoffe usw.) und chemische Prozesse ablaufen (Atmung, Verdauung, Verbrennungsvorgänge, das Entladen von Batterien usw.). Darüber hinausgehend ist es für junge Menschen eine erstaunliche Erkenntnis, wenn sie erfassen, dass *alle* Lebensvorgänge eine chemische Grundlage aufweisen und die *gesamte* zugängliche Materie (also auch der Mensch selbst) einheitlich aufgebaut ist und bestimmten chemischen Gesetzmäßigkeiten gehorcht.

Das Wissen der Chemie führt dazu, besser verstehen zu können, welche Wirkungen Stoffe ausüben. Die Menschheit kann daher ihre Verantwortung für den Planeten Erde nur übernehmen, wenn sie die chemischen Zusammenhänge weitgehend erfasst. Letztendlich führt die Beschäftigung mit der Chemie auch zu den grundlegendsten Fragen, wie sie bereits Kant gestellt hat: Was kann ich wissen, was soll ich tun und was darf ich hoffen? Moderner ausgedrückt: zu den Fragen der Metakognition, der Politik und der Religion.

b) Begeisterung

Elias Canetti charakterisiert in seinem Roman »Die Blendung« einen Gymnasialprofessor als unproduktiven Popularisator. Modernere Definitionen sehen die Lehrperson als einen Arrangeur von Lernsituationen. Auf eine wichtige Aufgabe von Lehrern und Lehrerinnen weist Michael Funke – ein Vertreter der Existenzanalyse – hin: Im Unterricht soll die Berührung mit Wissen stattfinden. Dies ist nur möglich, wenn menschliche Beziehungen geknüpft worden sind. Motivation läuft über Beziehung und ist – wie die Hirnforschung zeigt – an Botenstoffe (Dopamin, Opiode und Oxytocin) gekoppelt. Die reine Vermittlung von Informationen dagegen bleibt immer steril. Das bisher Gesagte kann in einem einfachen Bild, das Comenius vor mehr als 300 Jahren entworfen hat, zusammengefasst werden: Im Unterricht sollen nicht Fässer (mit Wissen) gefüllt, sondern Feuer entfacht werden. Fehlt der Lehrkraft Begeisterung, so wird unbewusst signalisiert, dass etwas nur von geringer Wichtigkeit ist. Begeisterung erzeugt bei den Lernenden Resonanz, was durch die Wirkung der Spiegelneuronen verständlich ist. Lehrer oder Lehrerin zu sein bedeutet vor allem eines: zeigen, was man liebt. Diese Aufforderung mag schwärmerisch klingen. Sie ist jedoch hilfreich, wenn man gegen betäubende Konsummentalität, ungenügende Konzentrationsfähigkeit und mangelnde Arbeitshaltung ankämpfen will.

c) Motivation

c1) Ursprung

Ein Schüler bzw. eine Schülerin kann von einer Thematik betroffen sein oder eine Lehrkraft kann Begeisterung erzeugen. Die grundsätzlichere Frage, die dahinter steht, lautet: Woher kommt Motivation? Es ist klar, dass eine solche Frage in Gebiete führt, wo eine rationale Argumentation immer schwieriger wird. Vielleicht sind deshalb in der pädagogisch-didaktischen Literatur zur Frage Motivation – diesem wohl wichtigsten Punkt des Unterrichts – so wenige befriedigende Antworten zu finden.

Autoren unterscheiden häufig zwischen extrinsischer und intrinsischer Motivation. Damit weist man lediglich der Ursache des Handelns einen Entstehungsort zu. Kann man unterscheiden, aus welchen Gründen jemand den Weg zum Gasthof einschlägt? Die Verhaltensforschung sagt, dass es sowohl eines äußeren Anreizes als auch eines biologisch angelegten Triebes bedarf. Manche Didaktiker gehen einen Schritt weiter: Franz Weinert (München) weist darauf hin, dass motivierte Schüler und Schülerinnen nicht die Voraussetzung für guten Unterricht seien, sondern eine Folge von gutem Unterricht. Paul Black (London) behauptet: Es gibt überhaupt nur intrinsische Motivation, die automatisch entsteht, wenn etwas wirklich verstanden wird. Deshalb ist seiner Meinung nach das Hauptaugenmerk auf leicht durchführbare und häufig anzuwendende Diagnoseverfahren zu richten. Beispielsweise genügt es, ein Problem samt verschiedenen, zT unsinnigen Lösungswegen vorzustellen und über die einzelnen Wege bei den Studierenden abstimmen zu lassen.

Möglicherweise sind das Neugierdeverhalten und die Funktionslust, die man erlebt, wenn man etwas wirklich kann und versteht, die entscheidenden Antriebsfaktoren im Unterricht. In einer gründlichen Studie über den naturwissenschaftlichen Unterricht findet sich ein interessanter Hinweis [13]. Ein Abschnitt befasst sich mit der Frage, worauf sich das Interesse am Chemie- und Physikunterricht zurückführen lässt. Dort können Untersuchungsergebnisse nachgelesen werden, die belegen, dass »... den mit Abstand stärksten Zusammenhang mit dem Fachinteresse ein Faktor zeigt, der mit Physik bzw. Chemie unmittelbar gar nichts zu tun hat: das Selbstvertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit.« Erstaunlicherweise werden daraus keinerlei Konsequenzen abgeleitet.

c2) Mythos

Reinhard Sprenger – Psychologe und Unternehmensberater – vollzieht in seinem Buch »Mythos Motivation« den wohl radikalsten Schritt [14]. Seine Beobachtungen belegen, dass Menschen an ihrem Arbeitsplatz (wenn sie gut verdienen) durch Gehaltserhöhungen oder andere Vergünstigungen nicht motiviert werden können. Seine provokante These lautet, dass jeder Mensch von vornherein gerne arbeitet und gar nicht motiviert werden kann. Alle diesbezüglichen Anstrengungen sind nutzlos. Entscheidend ist, die Arbeitsbedingungen so zu gestalten, dass sie nicht demotivierend wirken. Reinhard Sprenger ist in der Lage, diese Rahmenbedingungen genau anzugeben:

- Jede Arbeit soll einen körperlichen und geistigen Anteil aufweisen.
- Das Neugierverhalten soll zufrieden gestellt werden.
- Das Verhältnis von Aufwand und Ergebnis muss günstig liegen.
- Interaktivitäten müssen möglich sein.
- Man muss in der Arbeit einen Sinn erkennen können.

Wenn man Chemie mithilfe von Lernzyklen samt Praktika unterrichtet, so berücksichtigt man die Wünsche

- nach körperlicher Tätigkeit,
- nach dem Kennenlernen von Neuem und
- schafft Möglichkeiten zur Interaktivität.

Besonders günstig wird das Verhältnis von Aufwand und Ergebnis durch die Methodik des Mastery-learnings, durch Kleinschrittigkeit im Unterrichtsfortgang und durch einen hohen Anteil von Wiederholungen beeinflusst. Was mit dem Wort Sinn gemeint sein könnte, soll in den abschließenden Bemerkungen näher ausgeführt werden.

V Schlussbemerkungen

a) Was macht den Chemieunterricht sinnvoll?

In dem Wort »Sinn« kann man einige Aspekte entdecken, die mit erfolgreichem Unterricht in Zusammenhang stehen. Die indogermanische Wurzel dieses Wortes ist zB im lateinischen »sensus«, im englischen »sense« und im althochdeutschen »sinnan« (= auf ein Ziel zugehen) zu finden. Im heutigen Sprachgebrauch kann man zumindest drei Bedeutungen voneinander abgrenzen.

1. Sinn bedeutet etwas, was *außerhalb* des Betrachters liegt: ZB wird der Sinn einer Sache oder Handlung erkennbar. Dafür könnte auch das Wort Struktur stehen, die zur Decodierung und Interpretation auffordert. (Viktor Frankl – Begründer der Logotherapie – hat Sinn ebenfalls letztlich als Struktur gedeutet.)
2. Mit Sinn wird auch ein Kanal (zB für Photonen oder Moleküle) von *außen* zur *Innenwelt* des Betrachters bezeichnet. Es ist wichtig, im Unterricht möglichst alle Sinne anzusprechen.
3. Drittens bedeutet Sinn auch etwas, was im Menschen *drinnen* liegt und ein Gefühl vermittelt, was bedeutsam und wichtig ist. Sinn ist in diesem Fall ungefähr mit Absicht oder Ziel gleichzusetzen. Dieser Sinn (!) des Wortes Sinn zeigt sich in der Redewendung »etwas im Sinn haben«.

Diesen drei Bedeutungen des Wortes Sinn können mühelos die drei Fragen, die anfangs gestellt wurden, zugeordnet werden:

1. Was soll im Chemieunterricht gelernt werden? Etwas Sinn-volles, dh. durch und durch Strukturiertes!
2. Wie soll im Chemieunterricht gelernt werden? Natürlich sinn-voll, dh. unter Einbeziehung von Sehen, Hören, Riechen und vor allem Fühlen!
3. Wozu soll im Chemieunterricht gelernt werden? Weil es sinn-voll ist, sich mit gut wahrnehmbaren, interessant erscheinenden Strukturen zu beschäftigen!

b) Postskriptum

Etwas – abseits aller Überlegungen zum Chemieunterricht – bleibt noch unbeantwortet im Raum stehen: Warum passt auf die drei eingangs gestellten Fragen immer die gleiche Antwort? Woher kommt es, dass etwas automatisch sinnvoll (interessant) erscheint, wenn es sinnvoll (strukturiert) ist und sinn-voll (über alle Kanäle) angeboten wird?

Wenn man nach Antworten sucht, so muss man den Bereich des Chemieunterrichts weit verlassen. Auf den ersten Blick könnte man meinen, es handelt sich um Wortklauberei oder ein geistreiches Wortspiel. Soll man wirklich annehmen, dass hier ein merkwürdiger Zufall Regie geführt hat, um das Wesentliche des Unterrichts in einem einzigen Wort aufscheinen zu lassen? Tatsächlich sind alle *Bedeutungen* des Wortes Sinn für den Unterricht – dh. das Tradieren von Kultur – von großer *Bedeutung*! Je mehr man im naturwissenschaftlich-kausalen Denken geschult ist, desto schwerer fällt es, an solche blinde Zufälle zu glauben. Sprachwissenschaftler untersuchen heutzutage die Evolution einzelner Wörter [15]. Dabei lässt sich – wenn man längere Zeiträume betrachtet – eine ständig tiefer gehende Differenzierung und Auffächerung von Begriffen beobachten. Wer sich eingehend mit Wörtern befasst, ihre ursprüngliche Bedeutung analysiert und fühlt, was alles in ihnen mitschwingt, kann neue Zusammenhänge entdecken: zB gehören Lernen und Sinn in jeder Hinsicht zusammen. Wörter enthalten oft in ihrer Tiefe einen kulturellen Erfahrungsschatz, den zu heben sich lohnt.

Es wäre wenig zufrieden stellend, bei der Analyse des Chemieunterrichts stehen zu bleiben und nur allgemein gehaltene Verbesserungsvorschläge zu machen. Jahrelange Arbeiten und Studien haben zu einem neuartigen Schulbuch geführt, das alle hier beschriebenen Erkenntnisse berücksichtigt, damit Schüler und Schülerinnen auf »*sinn-volle*« Weise *Chemie begreifen* können.

Literaturangaben

- [1] M. Anton, München, Vortrag am VCÖ-Kongress in Villach, Frühjahr 1997
- [2] Präsentation von Ergebnissen der Meinungsforschung über die Chemie vom Fachverband der Chemischen Industrie Österreichs, VCÖ-Kongress in Wien, 1987
- [3] R. Dubs, St. Gallen, Kleine Unterrichtslehre für den Lernbereich Wirtschaft, Recht, Staat und Gesellschaft, Seite 34, Verlag Sauerländer, 1985
- [4] M. Wagenschein, Hamburg, Das exemplarische Lernen als ein Weg zur Erneuerung der Hohen Schule, 1954
- [5] H. Schachl, Linz, Die Grundlagen gehirngerechten Lernens, Seite 47 ff., Veritas-Verlag, 1996
- [6] C. F. von Weizsäcker, München, Wahrnehmung der Neuzeit, Deutscher Taschenbuch-Verlag, 1983
- [7] H. Schachl, Linz, Die Grundlagen gehirngerechten Lernens, Seite 73 ff., Veritas-Verlag, 1996
- [8] H. Markowitsch, Göttingen, Spektrum der Wissenschaften, September 1996
- [9] M. Wohlmuth, Feldkirch, Erziehung und Unterricht, Österreichische Pädagogische Zeitschrift, Nr. 10, 1997
- Chemie und Schule, Fach- und Publikationsorgan des Verbandes der Chemielehrer Österreichs, 3/1997–3/1999
- [10] M. Anton, München, Chemie und Schule, Fach- und Publikationsorgan des Verbandes der Chemielehrer Österreichs, 2/1998 und 3/1998
- [11] A. E. Lawson, Cincinnati, A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills, NARST Monograph Number One, University of Cincinnati, 1989
- [12] P. Häußler ua., Kiel, Perspektiven für die Unterrichtspraxis, Seite 157, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, 1998
- [13] P. Häußler ua., Kiel, Perspektiven für die Unterrichtspraxis, Seite 127, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, 1998
- [14] R. Sprenger, Frankfurt, Mythos Motivation, Campus Verlag, 1991
- [15] J. Greenberg, Stanford, Der Sprachstammbaum der Ureinwohner Amerikas, Spektrum der Wissenschaften, Juli 1994