

Grundbegriffe Fachdidaktik Chemie

Teil A.

© Walter Wagner, Didaktik der Chemie, Universität Bayreuth

Stand: 11.12.2020

Änderung 11.12.20: Bilder unter Kapitel 5

Inhalt

1	Lehrpläne	5
2	Bildung und Bildungsziele	7
2.1	Allgemeine Bildungsziele	7
2.2	Standards, Kompetenzen und Schwierigkeitsstufen	10
2.3	Fachspezifische Bildungsziele	12
3	Prinzipien der Auswahl von Inhalten	15
3.1	Prinzip der Fasslichkeit	15
3.2	Prinzip der Wissenschaftlichkeit	16
3.3	Prinzip der Verbindung von Theorie und Praxis	17
3.4	Prinzip der Lehr- und Lernziel-Orientierung	17
3.5	Prinzip der Planmäßigkeit	18
3.6	Prinzip der Selbsttätigkeit	18
3.7	Prinzip der Anschaulichkeit	19
3.8	Prinzip der fachübergreifenden Koordinierung	20
4	Prinzipien der Bearbeitung von Inhalten: die Didaktische Transformation	22
4.1	Didaktische Reduktion	22
4.2	Didaktische Rekonstruktion	24
4.3	Prinzipien der didaktischen Transformation	25
4.3.1	Fachliche Richtigkeit	25
4.3.2	Fachliche Ausbaufähigkeit	27
4.3.3	Angemessenheit	27
4.4	Maßnahmen zur didaktischen Transformation	28
4.4.1	Elementarisierung	28
4.4.2	Vernachlässigung	28
4.4.3	Partikularisierung	29
4.4.4	Generalisierung	29
4.4.5	Rückgriff auf historische Erkenntnisstufen	29
5	Prinzipien der Anordnung von Inhalten I: die Didaktischen Regeln	31
5.1	Vom Bekannten zum Neuen	31
5.2	Vom Nahen zum Fernen	31
5.3	Vom Einfachen zum Komplizierten	32
5.4	Vom Leichten zum Schwierigen	32
5.5	Vom Konkreten zum Abstrakten	32

6	Prinzipien der Anordnung von Inhalten II: Lehrgänge	34
6.1	Synthetisch-lineare Anordnung	35
6.2	Spiralige Anordnung.....	37
6.3	Entfaltung.....	38
6.4	Genetische Prägung.....	39
6.5	Thematische Lehrgänge.....	39
6.6	Die fachsystematische Anordnung.....	40
6.7	Leitlinien	43
6.7.1	Stoff-Struktur-Eigenschaften.....	43
6.7.2	Stoffumsatz.....	43
6.7.3	Denk- und Arbeitsweise in der Chemie.....	44
6.8	Fachübergreifender Unterricht	46
7	Exkurs: Wissenschaftstheorie	50
7.1	Erkenntnisweg der Naturwissenschaften	50
7.1.1	Beobachtung.....	51
7.1.2	Bewertung von Beobachtung.....	52
7.1.3	Hypothesen	53
7.1.4	Übersichtlichkeit herstellen	53
7.1.5	Experiment	53
7.1.6	Theorie	53
7.1.7	Naturgesetze	54
7.2	Der Erkenntnisweg des geisteswissenschaftlichen Anteils der Didaktik .	54
8	Basiskonzepte.....	56
9	Zusammenfassung.....	59

Makromethodische Maßnahmen

Alle folgenden Fachbegriffe der Didaktik Chemie sind im

Fachbegriffe-Lexikon

zusammengefasst

(und dort mit Quellen versehen, falls diese jemanden interessieren).

Ziel: Orientierung

Zu Beginn Ihrer Tätigkeit als Chemie-Lehrer an weiterführenden Schulen in Bayern stehen Sie vor der Aufgabe, die Inhalte des Fachlehrplanes für eine Jahrgangsstufe sinnvoll auf das Schuljahr zu verteilen. Diese Einheit beschreibt, welche Arbeit Ihnen dabei abgenommen wird, wann Sie Kompetenzen erwerben, den Rest der Arbeit zu bewältigen und was diese Veranstaltung dazu beitragen kann.

1 Lehrpläne

Mit dem Schuljahr 2014/15 startete in Bayern der LehrplanPLUS. Er gilt zunächst für Jgst. 1 der Grundschulen. Spätestens wenn die Grundschüler mit dem Schuljahr 2018/19 in die weiterführenden Schulen übertreten, werden sie auch dort nach dem LehrplanPLUS unterrichtet.

Tab. 1.1: Die LehrplänePLUS sind identisch gegliedert:

Ebene	Realschule	Gymnasium
1	Bildungs- und Erziehungsauftrag	Bildungs- und Erziehungsauftrag
2	Übergreifende Bildungs- und Erziehungsaufgaben	Übergreifende Bildungs- und Erziehungsaufgaben
3	Fachprofile (Chemie)	Fachprofile (Chemie)
4	Grundlegende Kompetenzen (Jahrgangsstufenprofile)	Grundlegende Kompetenzen (Jahrgangsstufenprofile)
5	Fachlehrpläne (Chemie)	Fachlehrpläne (Chemie)

Ebene 1 ist von den Gesetzen (BayVerf, BayEUG) abgeleitet. Dies wurde durch die Ersteller des Lehrplans (ISB) vorgenommen. Genauer wird im Rahmen der Phase II der Lehrerbildung ("Referendarzeit") darauf eingegangen.

Ebene 2 wurde durch die Ersteller des Lehrplans formuliert. Genauer wird im Rahmen von "Planung" darauf Bezug genommen, sowie in Phase II.

Ebene 3 ist fachspezifisch und wurde durch die Ersteller des Lehrplans formuliert. Genauer wird im Rahmen der Phase II darauf eingegangen, gelegentlich im Bereich "Planung" der Phase I (Universität).

Ebene 4 ist jahrgangsstufen- und fachspezifisch und enthält 11 Beschreibungen grundlegender Kompetenzen für die entsprechende Jahrgangsstufe. Die Beschreibung wurde durch die Ersteller des Lehrplans vorgenommen. Genauer wird im Rahmen der Phase II darauf eingegangen.

Ebene 5 ist jener Teil des Lehrplans, der für Lehrende fast täglich eine Rolle spielt. Grundlegend wird hier, genauer im Rahmen von "Planung" und später in Phase II der Lehrerbildung ("Referendarzeit") darauf eingegangen.

Beispielhaft betrachten wir Jgst. 8 NTG bzw. Wahlpflichtfächergruppe I (RS):

Tab. 1.2: Lernbereiche

Lernbereich	Jgst. 8 WPG I	~h	Jgst. 8 NTG	~h
1	Wie Chemiker denken und arbeiten		Wie Chemiker denken und arbeiten	
2	Stoffe und ihre Eigenschaften	12	Stoffe und ihre Eigenschaften - Von beobachtbaren Stoffeigenschaften zum Teilchenmodell	14
3	Aufbau der Materie	12	Chemische Reaktion - Vom Teilchenmodell zum Daltonschen Atommodell	22
4	Chemische Reaktion	24	Chemische Verbindungen und ihre Eigenschaften - Vom Daltonschen Atommodell zum Kern-Hülle-Modell	14
5	Atombau und Periodensystem der Elemente	8	Atombau und gekürztes Periodensystem - Vom Kern-Hülle-Modell zum Energiestufenmodell und zum Ordnungsprinzip des gekürzten Periodensystems	8

Aus diesen Lernbereichen gilt es, **Lehrgänge** zu formulieren. Dafür sollten **Bildungsstandards** bekannt sein. Dann können die Inhalte auf zur Verfügung stehende **Unterrichtsstunden** verteilt werden - eine Empfehlung über den zeitlichen Umfang wird gegeben, (siehe jeweils rechte Tabellenspalten). Erst danach können aus Lernbereichen **Fein(lehr)ziele** abgeleitet und **Unterrichtseinheiten** formuliert werden. Im Lehrplan sind die Angaben dazu jeweils in "**Kompetenzerwartungen**" und "Inhalte zu den Kompetenzen" gegliedert.

In obigem Abschnitt erkennt man eine Reihe neuer Fachbegriffe, von denen die meisten in dieser Einheit 3 "Makromethodische Maßnahmen" behandelt werden.

Unter dem **Begriff Makromethodische Maßnahmen** fasse ich alle methodischen Maßnahmen zusammen, die dazu dienen, Inhalte auf Ebene der Lernbereiche, also mit zeitlichen Reichweiten von mehreren Unterrichtsstunden, auszuwählen, auf eine Zielgruppe anzupassen und zeitlich zu verteilen.

2 Bildung und Bildungsziele

Ziel: Herkunft der Zielvorgaben für Unterricht

In diesem Kapitel erfahren Sie... (*finden Sie selber heraus, was wichtig ist; Besprechung am Ende der Einheit*).

Bildung ist das, was man zum Überleben nicht braucht. [volkstümliche Definition]

Bildung ist die Gesamtheit von Persönlichkeitsmerkmalen, die auf einer aktiven Auseinandersetzung mit Erziehungsleistungen beruhen.

Man kann Menschen nicht bilden, nur erziehen. Jeder Mensch bildet sich selber. Bildung ist gelebte Moral.

2.1 Allgemeine Bildungsziele

Typische Forderungen von Bildungstheoretikern kann man wie folgt zusammenfassen:

Bildung soll führen zu

- Autonomie (=Emanzipation, Individuation, Mündigkeit)
- Fähigkeit, sich in der bestehenden Welt zu behaupten (=En-Kulturation, Sozialisation, Kommunikationsfähigkeit)
- Fähigkeit zur kritischen Reflexion. (Jung 1970, nach [2. S. 125]).

Primäre Quelle für Bildungsziele zur Anwendung in der Schule ist in erster Reihe die Hierarchie der Gesetzeswerke im Freistaat Bayern, die ihrerseits "getroffener" Konsens auf Grundlage von bildungstheoretischen Behauptungen und gesellschaftlichem "wollen" sind.

An erster Stelle ist dies die **Verfassung für den Freistaat Bayern** (BayVerf) vom 02.12.1946. Darin beschäftigt sich der 2. Abschnitt (§§128-141) mit Bildung und Schule. So z.B. lautet Art. 131 Abs. 2-3 (1-4):

- (1) Die Schulen sollen nicht nur Wissen und Können vermitteln, sondern auch Herz und Charakter bilden.
- (2) Oberste Bildungsziele sind **Ehrfurcht vor Gott**, Achtung vor religiöser Überzeugung und vor der Würde des Menschen, Selbstbeherrschung, Verantwortungsgefühl und Verantwortungsfreudigkeit, Hilfsbereitschaft und Aufgeschlossenheit für alles Wahre, Gute und Schöne und Verantwortungsbewusstsein für Natur und Umwelt.
- (3) Die Schüler sind im Geiste der Demokratie, in der **Liebe zur bayerischen Heimat** und zum deutschen Volk und im Sinne der Völkerversöhnung zu erziehen.
- (4) Die Mädchen und **Buben** sind außerdem in der Säuglingspflege, Kindererziehung und Hauswirtschaft besonders zu unterweisen.

Abb. 2.1: Bayerische Verfassung Art. 131.

Dazu gibt es "Erläuterungen" des ISB. Darin wird eingeräumt, dass die Interpretation der Aussagen der Verfassung von Zeit zu Zeit "dynamisch angepasst" werden muss.

Nächste (juristische) Ebene ist das **Bayerische Gesetz über das Erziehungs- und Unterrichtswesen (BayEUG) vom 10.09.1982:**

Art. 1 Bildungs- und Erziehungsauftrag:

- (1) ¹Die Schulen haben den in der Verfassung verankerten Bildungs- und Erziehungsauftrag zu verwirklichen. ²Sie sollen **Wissen und Können vermitteln sowie Geist und Körper, Herz und Charakter bilden.** ³**Oberste Bildungsziele sind ...** ⁴Die Schüler sind im Geist der Demokratie, in der Liebe zur bayerischen Heimat und zum deutschen Volk und im Sinn der Völkerversöhnung zu erziehen.
- (2) Bei der Erfüllung ihres Auftrags haben die Schulen das verfassungsmäßige Recht ,der Eltern auf Erziehung ihrer Kinder zu achten.

Art. 2 Aufgaben der Schulen:

- (1) Die Schulen haben insbesondere die Aufgabe, **Kenntnisse und Fertigkeiten zu vermitteln ...** Geschichte, Kultur, Tradition und Brauchtum unter besonderer Berücksichtigung Bayerns ... Liebe zur Heimat zu wecken, im Geist der Völkerverständigung zu erziehen, ... freiheitlich-demokratischen und sozialen Rechtsstaat ..., Verantwortungsbewusstsein für die Umwelt zu wecken.
- (2) Die Schulen erschließen den Schülern das überlieferte und bewährte Bildungsgut und machen sie mit neuem vertraut.
- (3) Bei der Erfüllung der Aufgaben der Schulen sind **alle Beteiligten zur vertrauensvollen Zusammenarbeit verpflichtet.**

Abb. 2.2: BayEUG Art. 1-2

"Allgemeine Bildungsziele" würde bedeuten, dass mehrere bis alle Fächer in der Lage sein müssten, diese Ziele zu vermitteln. Deswegen gehören z.B. **allgemeine Denk- und Arbeitsweisen** in den Naturwissenschaften auch dazu, weil Fächer wie Physik, Biologie und teilweise Geografie dieselben Arbeitsweisen aufweisen. Diese Ziele können in allen naturwissenschaftlichen Fächern erreicht werden:

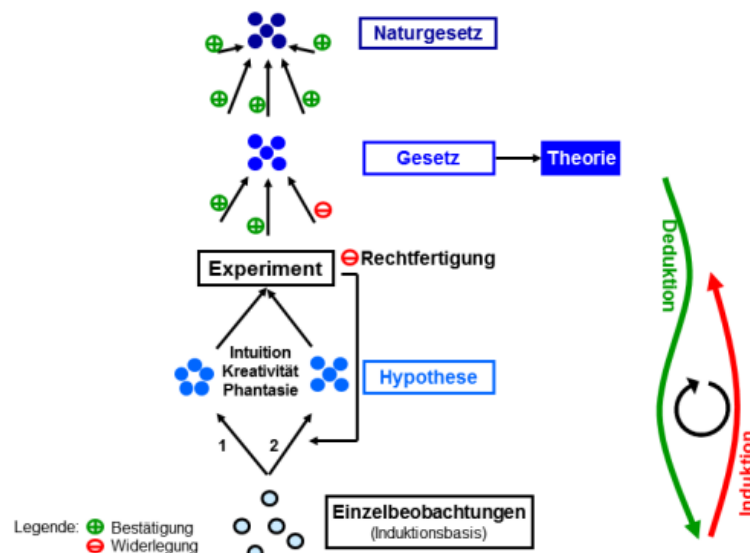


Abb. 2.3: Wege zur naturwissenschaftlichen Erkenntnis

1. Genaue Formulierung des zu klärenden **Problems**.
2. Zerlegen in überschaubare Teilprobleme (Schaffen der **Induktionsbasis**).
3. Aufstellen von **Hypothesen**.

4. Erarbeiten von Strategien zur **Bestätigung** oder **Widerlegung** der Hypothesen, ausgehend von Bekanntem.
5. Erwerb von dazu nötigem Wissen durch geduldige **Beobachtung**, durch sorgfältig entwickelte **Experimente** oder genaue Messungen und anschließend logische **Deutung** und den Entwurf von **Modellen** (Verifizierung bzw. Falsifizierung).
6. **Übertragung** (Transfer) der erworbenen Erkenntnisse auf ähnlich gelagerte Fälle.
7. Formulierung von **Theorien** und **Gesetzmäßigkeiten** durch Verallgemeinerung der Ergebnisse, aber nur falls zulässig.
8. Auffinden von **Naturgesetzen**.

Die Bedeutung dieser grundlegenden naturwissenschaftlichen Erziehung erkennt man erst in der Diskussion mit Personen, denen diese Denkweise nicht geläufig ist.

*Ein Kollege, der **kein** naturwissenschaftliches Fach unterrichtet, kam einst von einer Fortbildungsveranstaltung über "Evolution und naturwissenschaftliche Erkenntnistheorie" zurück, die ich früher auch selber besucht hatte. In der anschließenden Diskussion gestand er mir, dass sein Weltbild eine Erschütterung erfahren hatte, als der Dozent, Professor für naturwissenschaftliche Philosophie, den Zuhörern klarmachte, dass Evolution nicht auf dem Prinzip Nächstenliebe, sondern auf einem gerüttelten Maß an Egoismus beruht (gemäß Dawkins' "Das egoistische Gen"). Entscheidend war dann seine Feststellung, so dürfe man nicht denken.*

Aus naturwissenschaftlicher Sicht darf man stets, muss man sogar, alles denken können. Dabei ist allerdings klar zu unterscheiden:

- auf der einen Seite die **Beobachtung**, die nicht (wesentlich) vom Beobachter abhängt, und
- die **Bewertung** des Beobachteten, etwa zum Zweck, ethische Normen aufzustellen.

Hinweis 1: Die Tatsache, dass ein Barschweibchen ihren Rogen ablegt und dann verschwindet, um dem Männchen das Brutgeschäft zu überlassen, ist eine Beobachtung und naturwissenschaftlich einwandfrei. Die Schlussfolgerung (Bewertung), menschliche Weibchen sollten das auch so machen, könnte zwar gezogen werden, ist aber weder zwingend noch in irgendeiner Weise als "Schlussfolgerung" korrekt. Natürlich könnte man einen Konsens, eine Vereinbarung darüber treffen, dass stets Männer für den Nachwuchs zuständig sind. Eine wissenschaftliche Begründung aus Tierbeobachtungen abzuleiten wäre hingegen eine Steigerung von "falsch".

Hinweis 2: *BERZELIUS warf seinen Studenten oft vor, dass sie schlecht beobachten würden: "Wenn ich Ihnen eine Substanz zeige, sehen Sie nur flüchtig hin. Auf diese Weise lernt man nicht beobachten."*

Er nahm ein gefülltes Becherglas, steckte seinen Finger hinein und kostete. Dann gab er es mit den Worten weiter:

"Das bloße Zusehen reicht nicht aus, man muss oft Geruch und Geschmack zu Hilfe nehmen."

Da der große Wissenschaftler gekostet hatte, taten es ihm die Studenten nach. Alle waren entsetzt, denn die Flüssigkeit schmeckte furchtbar. Daraufhin Berzelius:

"Sehen Sie, wie recht ich hatte. ... Sie hätten merken müssen, dass ich den Mittelfinger, mit dem ich in der Flüssigkeit war, nicht in den Mund gesteckt habe, sondern den Zeigefinger."

Aus E. F. Schwenk Sternstunden der frühen Chemie. München 1998.

2.2 Standards, Kompetenzen und Schwierigkeitsstufen

So lange man sich in einem der Bundesländer Deutschlands bewegt, scheint völlig klar zu sein, welche Bildungsziele verfolgt werden sollen. Ziehen Lernende nur einige Kilometer weiter über eine Landesgrenze, unterscheiden sie sich zum Teil erheblich. Deshalb hat die KMK (Kultus-Minister-Konferenz) seit Dezember 2004 Standards vereinbart, die für alle Bundesländer gelten sollen. Dabei handelt es sich um

Ergebnisstandards beschreiben, über welche Kompetenzen Schüler zu bestimmten Zeitpunkten ihrer schulischen Entwicklung (meist am Ende der regulären Schulbahn oder beim Übergang in eine weiterführende Schule) **verfügen müssen**.

Durch einheitlich gestaltete Tests wird dann die Einhaltung dieser Standards überprüft. Damit möchte man den bei Ländervergleichen stets klar zutage tretenden Kompetenzunterschieden zwischen den Bundesländern von z.T. über einem Schuljahr bei gleichaltrigen entgegenreten.

Für das Fach Chemie auf dem Niveau Mittlerer Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) sind Standards seit dem Schuljahr 2005/2006 verbindlich. Sie werden nach Kompetenzbereichen gegliedert.

1. **Fachwissen:** chemische Phänomene, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen.
2. **Erkenntnisgewinnung:** experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen.
3. **Kommunikation:** Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen.
4. **Bewertung:** chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten.

Abb. 2.4: Kompetenzbereiche Chemie

Bei den "Lehrplan"-Zielen bisher bestand die Gefahr, dass Fachlehrer ihre Bemühungen fast ausschließlich auf die Vermittlung von Inhalten beschränkten. Das sollte bei Formulierung von Kompetenzen, die Schüler nach Abschluss der Lehrbemühungen erreicht haben sollten, nicht mehr so einfach der Fall sein können.

Kompetenzen sind die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, Probleme zu lösen (dazu gehört nach manchen Autoren auch der Wille, dies auch zu tun).

Die Kompetenzbereiche müssen in Zukunft stets gegenwärtig sein. Wir benötigen sie zur Festlegung der Richtung von Aufgaben sowohl aus dem theoretischen als auch aus dem praktisch-experimentellen Bereich (siehe Übung Schulversuche, Module FD-DC III und V).

Abb. 2.5: Beispiele für Standards zum Kompetenzbereich "Kommunikation". Blau sind Operatoren.

Man erkennt, dass die "Schwierigkeiten" von K1-K10 zunehmen an den verwendeten Operatoren. Im ersten Ausbildungsjahr müssen Sie Operatoren zwar kennen, aber nicht praktisch einsetzen.

"Schwierigkeiten" bei Aufgaben können entweder nach den PISA-Kompetenzstufen oder nach Anforderungsbereichen klassifiziert werden:

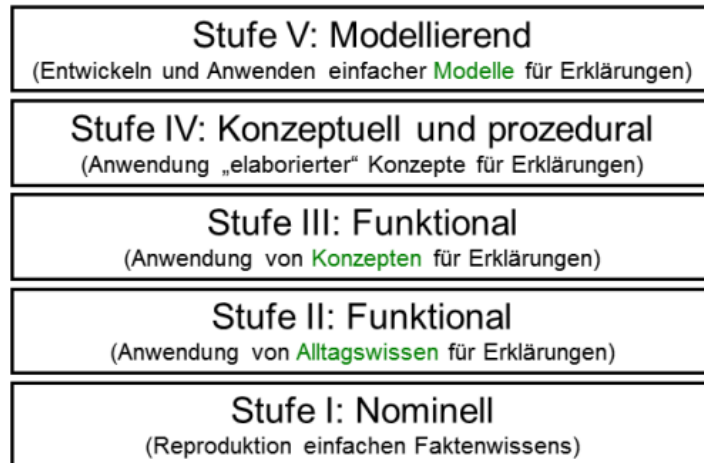


Abb. 2.6: Kompetenzstufen nach PISA

Lit.: https://www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/Rueckmeldung_Teil%20II_III.pdf, 14.08.15

Die PISA-Stufung hat sich wohl in der Praxis als schwierig zu handhaben erwiesen. Deshalb sind sie zu nur drei **Anforderungsbereichen** in der EPA Chemie ("Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung", herausgegeben von der Kultusministerkonferenz KMK) zusammengefasst worden.

Im Folgenden werden stets die Farben für **I**, **II** und **III** verwendet. Blau sind Betonungen.

Anforderungsbereich I:

- wiedergeben, beschreiben von Gelerntem
- ausüben gelernter Arbeitstechniken

Anforderungsbereich II:

- selbständig (nach vorgegebenen Gesichtspunkten)
auswählen, anordnen, darstellen
- übertragen auf vergleichbare Problemstellungen

Anforderungsbereich III:

- Kreatives Bearbeiten komplexer Fragestellungen,
selbständig lösen, deuten, werten, folgern
- Anpassen gelernter Methoden an neuartige
Problemstellungen

Abb. 2.7: Anforderungsbereiche

Lit.: http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Chemie.pdf, 14.08.15

2.3 Fachspezifische Bildungsziele

An der bayerischen **Realschule** gibt es drei (eigentlich 5) Ausbildungsschwerpunkte, genannt Wahlpflichtfächergruppen:

- I: **mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Schwerpunkt** (Mathematik und Physik vertieft; Technisches Zeichnen oder Französisch)
- II: **wirtschaftlicher Schwerpunkt** (Rechnungswesen, Textverarbeitung, Wirtschaft- und Rechtslehre oder Französisch) und
- III: **musisch-gestaltender** oder **hauswirtschaftlicher** oder **sozialer Schwerpunkt** (Kunsterziehung, Werken, Hauswirtschaft, Sozialwesen und z.B. Französisch).

Im Rahmen der Ausbildungsphase I an der Universität beziehe ich mich, falls nicht ausdrücklich anders erwähnt, stets auf die Wahlpflichtfächergruppe I. Hier wird Chemie seit dem Schuljahr 2001/02 zweistündig in den Jgst. 8-10 unterrichtet, in den anderen Wahlpflichtfächergruppen nur in den Jgst. 9-10. In der Praxis unterscheiden sich die Motivationsgrundlagen und die Leistungsbereitschaft der Schülergruppen erheblich.

Am bayerischen Gymnasium ist die Zählweise auch ungewöhnlich: es gibt vier Zweige, aber eigentlich sind es 5.

- **naturwissenschaftlich-technologischer Zweig** (NTG) mit 2-stündiger Chemie in den Jgst. 8-10;
- **sprachlicher** (SG), **humanistischer** (HG) und **wirtschaftswissenschaftlicher** (WG) Zweig mit 2-stündiger Chemie in den Jgst. 9-10, wobei WWG (WG mit wirtschaftlichem Schwerpunkt) und WSG (WG mit sozialem Schwerpunkt) unterschieden werden

In der Oberstufe (Jgst. 11-12) besuchen alle Schüler, falls ihre Kurswahl sie dazu zwingt, denselben 3-stündigen Chemiekurs, was teilweise zu erheblichen Problemen auf Lehrer- und Schülerseite führt und sicher (unter anderem) dafür verantwortlich ist, dass die Wahl des Faches freiwillig kaum erfolgt und insgesamt seit Einführung dieser Abiturform sprunghaft abgesunken ist.

Aufgabe (III): Arbeiten Sie wesentliche Unterschiede aus den Fach-Profilen der beiden Schularten heraus.

Möglichkeit 1: aus den Quellen Fachprofil Chemie Realschule bzw. Fachprofil Chemie Gymnasium.

Möglichkeit 2: einfache Variante aus der folgenden Zusammenstellung.

Tab. 2.1: Lehrplaninhalte im Vergleich

Realschule	Gymnasium
Die Schüler erhalten – ausgehend von ihren Alltagserfahrungen und damit verbundenen Fragestellungen – Einblick in die Bedeutung der Chemie für die Entwicklung des modernen Lebensstandards und für die Bewältigung	Ausgehend von Alltagserfahrungen bietet der Unterricht den Schülern Selbständiges Experimentieren vielfach die Möglichkeit, fachliche Fragestellungen selbst zu formulieren und eigene Ideen zu deren Lösung einzubringen.

zahlreicher Probleme im Alltag unserer Zivilisation.	
Durch Einbeziehen technischer, ökologischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Aspekte erschließen sich die Schüler Beispiele für Wechselbeziehungen zwischen Chemie, Technik, Umwelt und Alltagsleben.	So sind solide chemische Kenntnisse für die vorausschauende Beurteilung von Technikfolgen und für nachhaltiges Wirtschaften vor dem Hintergrund knapper werdender natürlicher Ressourcen unabdingbar.
...Erklärung der chemischen Phänomene mit Hilfe der Modellvorstellungen über das Wesen der Stoffe. Das bedeutet für den Chemieunterricht, dass den Schülern ein Denken in Modellvorstellungen nahegebracht wird, das ihr Abstraktionsvermögen fördert.	Charakteristisch für die chemische Denkweise ist dabei die Notwendigkeit der Verknüpfung einer konkret erfahrbaren Ebene der Stoffe und Stoffumwandlungen und abstrakter Modellvorstellungen auf der Teilchenebene. Die Einblicke in die Wechselbeziehungen zwischen Empirie und Theorie sind zugleich Anlass, über Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnis nachzudenken.
Ziele experimentellen Arbeitens sind das exakte Formulieren von Fragestellungen und Hypothesen unter Verwendung der chemischen Fachsprache, genaues Beobachten, klares Beschreiben und fachgerechtes Deuten der Ergebnisse. Vor allem beim selbstständigen Experimentieren im Rahmen von Übungen erlernen die Schüler die Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments.	Dem Experiment als Methode der naturwissenschaftlichen Welterschließung kommt hierbei zentrale Bedeutung zu. Es erfordert eine präzise Fragestellung, exaktes Beobachten und erzieht zu einer klaren, unvoreingenommenen Beschreibung der Phänomene.
...grundlegende Arbeitshaltungen und Fähigkeiten wie Sorgfalt, Ausdauer, folgerichtiges Denken und Anwenden der chemischen Fachsprache,grundlegende Arbeitshaltungen und Fähigkeiten wie Sorgfalt, Ausdauer, folgerichtiges, kreatives und vernetztes Denken...
...Teamfähigkeit und sicherheits- und umweltbewusstes Verhalten ...	Es stärkt also auch soziale und kommunikative Kompetenzen und dient somit wichtigen erzieherischen Anliegen.

Gemeinsame Strukturelemente beider Lehrpläne sind:

- gegenüber Vorgänger-Versionen die Abkehr von (viel zu) genauen Vorschriften - im fachlichen Bereich (Inhalte) und - im didaktischen Bereich (Methoden, Medien, Versuche, Praktika)
- die Aufnahme von Querverweisen zu fächerübergreifenden Bezügen (andere Fächer bzw. fachübergreifende Themen)
- das Ausweisen von Grundbegriffen, sowie
- die Orientierung an Basis-Konzepten.

Zur eigenen Kontrolle (I, II oder III geben den Anforderungsbereich der Aufgabe an.):

1. II: Überprüfen Sie, aus welchen Anforderungsbereichen Stegreif- und Klausur-Aufgaben stammten, an die Sie sich aus Ihrer Schulzeit erinnern.
2. II: Beschreiben Sie, was für Informationen man in einem Lehrbuchkapitel "Makromethodische Maßnahmen" erwarten kann.
3. II: Geben Sie in Grundzügen an, welche Informationen ein bayerischer Lehrplan enthält.
4. I: Notieren Sie die Stufen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.
5. III: Untersuchen Sie, ob die Anforderungsbereiche I-III dasselbe Spektrum an Leistungen abdeckt wie die PISA-Stufen I-V.
6. III: Das Beispiel aus Hinweis 1 oben stammt aus einer meiner Beobachtungen nach einem Vortrag, als Hörer dem Vortragenden Vorwürfe der beschriebenen Art machten. Untersuchen Sie, welche Kompetenzbereiche diese Hörer vermissen lassen.
7. II: Formulieren Sie zum Thema "Säuren" je eine Kompetenz aus jedem der vier Kompetenzbereiche.
8. II: Formulieren Sie zum Thema "Säure-Base-Reaktionen als Protonen-Übergänge" jeweils eine Aufgabe auf jedem der Anforderungsbereiche I-III zur Verwendung in einer Klausur.

[Hinweise zur Lösung.](#)

3 Prinzipien der Auswahl von Inhalten

Ihre Angst ist unbegründet: wenn Sie vor dem ersten Unterrichtsversuch stehen, fürchten Sie sich vor der Situation, dass die 45 Minuten nicht verstrichen sind und Sie stehen vor der Klasse und haben keinen "Stoff" mehr. Deswegen neigen viele Einsteiger dazu, wild drauflos Inhalte zu sammeln, damit die Situation ja nicht eintritt. Aber das Gegenteil ist der Fall: 90% meiner Studierenden kommen beim ersten Unterrichtsversuch innerhalb der 45 Minuten nicht zur letzten, manche auch nicht zur vorletzten Phase ihrer Planung. Ca. 8% der Praktikanten schließen genau mit dem Gong ab, nur ca. 2% sind früher fertig. Was passiert dann? Nix. Der betreuende Lehrer übernimmt.

Das Problem ist also nicht "zu wenig Stoff", sondern das Zuviel an Inhalten. Wie man mit der Situation umgeht, dafür soll dieses Kapitel Richtlinien geben.

3.1 Prinzip der Fasslichkeit

"Fasslichkeit" ist ein allgemein didaktisches Prinzip und soll den Entwicklern von Unterrichtsmaterialien helfen sicher zu stellen, dass Lernende entsprechend ihrer persönlichen oder entwicklungsgemäßen Auffassungsgabe **nicht über-**, aber auch **nicht unterfordert** werden. Dabei spielt eine der bedeutendsten Regeln, wonach man "Schüler dort abholen soll, wo sie sind" eine entscheidende Rolle, denn sie löst die Frage nach den Vorkenntnissen, Vorerfahrungen und Voraussetzungen. Um diese muss sich der Lehrende in vorderster Linie kümmern.

Nach welchen Regeln man vorgehen kann, erläutert Kapitel 5 mit den Didaktischen Regeln.

Bsp. 1 - Prinzip der Fasslichkeit

"Der Reinstoff Diwasserstoffoxid geht bei $T=373K$ und $p=1013hPa$ aus der flüssigen in die gasförmige Phase über."

Die Formulierung widerspricht für Lernende am Gymnasium dem Prinzip der Fasslichkeit, weil die Voraussetzungen p , T für Zustandsbeschreibungen noch nicht gefestigt und weil der Begriff "Phase" nicht eingeführt ist

Bsp. 2 - Prinzip der Fasslichkeit

"Eine Doppelbindung ist so, wie wenn sich Micky und Minni an beiden Händen halten."

Die Formulierung wäre für Jgst. 5 (Lernenden hilft der Vergleich) oder wieder für Studierende (die finden das lustig) angemessen, nicht jedoch für viele Oberstufenschüler (Sek. II). Letztere fühlen sich "wie Kinder behandelt" und lehnen dies ab. Die entsprechende Fachsprache steht für die Oberstufe zur Verfügung.

Gefahr: Es besteht auf den ersten Blick die Gefahr der Kollision mit dem Prinzip der Wissenschaftlichkeit. Diskussion siehe dort.

3.2 Prinzip der Wissenschaftlichkeit

Einzig klare Aussagen dieses Kriteriums sind, dass

- sich unser Unterricht nicht von der Wissenschaft Chemie entfernen darf und
- dass Umlernen schwieriger ist als Neulernen.

Bsp.1 Nähe zur Wissenschaft. Die Wissenschaft Chemie würde exakt etwa so formulieren: "Der Reinstoff Diwasserstoffoxid geht bei $T=373K$ und $p=1013hPa$ aus der flüssigen in die gasförmige Phase über."

Demgegenüber ist die unterrichtliche Formulierung "Wasser siedet bei 100° " z.B. in Jgst. 5 auch wissenschaftlich, aber stark didaktisch stark reduziert (siehe spätere Einheit). Sie kann, wenn die nötigen Voraussetzungen geschaffen wurden, mühelos auf die wissenschaftliche Formulierung ausgeweitet werden.

Bsp. 2 Nähe zur Wissenschaft. "Das Element Wasser ist für das Leben, wie wir es kennen, essentiell."

Diese Formulierung widerspricht dem Prinzip der Wissenschaftlichkeit, da Wasser kein Element ist. Auf dem Stand der alten Griechen war Wasser, zusammen mit Feuer, Luft und Erde, unter der Bezeichnung „4 Elemente“ bekannt. Es würde aber heute zu Lernschwierigkeiten führen, würde der Begriff Element für die Verbindung Wasser kommentarlos verwendet werden. Wasser kann aus den Elementen Wasserstoff und Sauerstoff gebildet werden.

Bsp. 3 Nähe zur Wissenschaft. Die Nomenklatur der Wasserstoffverbindungen aus der 2. Periode des PSE wird in der universitären Lehrpraxis oft wie folgt verwendet (siehe auch <http://www.internet-chemie.info/chemiewiki/index.php?title=Wasserstoff-Verbindungen>): Lithiumhydrid, Berylliumhydrid, Boran, Methan, Ammoniak, Wasser, Fluorwasserstoff.

Diese Nomenklatur ist ein schlechtes Beispiel für Wissenschaftlichkeit an der Universität, weil es Namen aus mindestens drei verschiedenen alten Nomenklatorsystemen enthält. Wissenschaftlich ist noch die Einteilung in:

1. Hydride der Form MH, bei denen das Metall weniger elektronegativer ist als Wasserstoff. Danach müssten die Borverbindungen als Hydride bezeichnet werden.
2. Wasserstoffverbindungen HX, bei denen X elektronegativer ist. Danach müssten alle Verbindungen von Elementen weiter rechts im PSE Wasserstoff"element" heißen:

H_4C = Wasserstoffcarbid

H_3N = Wasserstoffnitrid

H_2O = Wasserstoffoxid

HF = Wasserstofffluorid.

Trivialnamen (Ammoniak, Wasser) können, allerdings erst in zweiter Linie, auch verwendet werden.

Weitere Diskussion über "wissenschaftliche Richtigkeit" wird im Kapitel "Didaktische Transformation" u.a. auch bei der Elementarisierung geführt.

Grundsätzlich muss vermieden werden, bei Vereinfachungen so weit zu gehen, dass auf einer höheren Stufe der spiralförmigen Anordnung zuvor vermittelte Inhalte **widerrufen** werden müssen, denn Umlernen ist schwieriger als Neulernen.

Bsp. 1a: *Negativformulierung "Metalle verbrennen an der Luft zu Oxiden."*

Zwar liefert die Verbrennung der meisten Metalle (Eisen, Magnesium, Aluminium) tatsächlich Oxide, aber eben nicht alle. Gerade bei den Alkalimetallen aus der 1. Hauptgruppe entstehen oft bevorzugt Per- und Superoxide.

Bsp. 1b: *Positivformulierung "Die meisten Metalle verbrennen an der Luft zu Oxiden."*

Das Prinzip der Wissenschaftlichkeit hat meines Erachtens sehr enge **Grenzen** in der Schule, die darin liegen, dass man mit den Prinzipien der Fasslichkeit in Konflikt gerät. Dieser Konflikt ist mit Hilfe der Didaktischen Regeln und den Maßnahmen der didaktischen Reduktion zu lösen.

Im Zweifelsfall würde ich der Fasslichkeit den Vorzug vor der Wissenschaftlichkeit geben, Wissenschaftlichkeit nicht im Sinn von richtig oder falsch, sondern bezüglich des "Exaktheitsniveaus".

3.3 Prinzip der Verbindung von Theorie und Praxis

Damit Lernende einen Sinn im Beschäftigen mit der Chemie erkennen können, sollten Unterrichtsinhalte verknüpft werden z.B. mit:

- **Alltagsphänomenen** (alle Schularten):
Warum rostet Eisen, nicht jedoch Gold? Was macht Fritieröl "alt"? Welches sind aus welchem Grund potentielle Formaldehydquellen zu Hause?
- **Umweltproblematik** (alle Schularten):
Warum sind Autoabgase schädlich? Kann Sondermüll aus unserem Haushalt stammen? Wieso können Treibgase, die für uns völlig unschädlich sind, zu Umweltproblemen führen?
- **Vorgängen aus der Technik** (HS, RS, Gym):
*Warum verwendet man beim Bau von Motorrädern verschiedene Metalle? Wie macht man die Butter so, dass sie aus dem Kühlschrank streichfähig entnommen werden kann? Wie funktioniert Zement, der unter Wasser fest wird? ... **und mit***
- **Inhalten, die die Chemie als Berufsziel darstellen** (alle Schularten):
Ist Chemie für Facharbeiter überhaupt relevant? Was tut ein/e CTA? Passt Chemie mit Ingenieur zusammen? Kann man mit Realschulabschluss studierter Chemiker werden? Will ich wirklich Chemielehrer (wie der, den ich hatte) werden? ;)

Die Sinnhaftigkeit wird vom Menschen bei jedem Tun geprüft - auch in der Schule durch Lernende (und Lehrende)!

3.4 Prinzip der Lehr- und Lernziel-Orientierung

Gemeint ist damit, dass man sich als Lehrender

- über das **Ziel** der unterrichtlichen Bemühungen im Klaren sein muss, bevor man
- über den **Weg** dahin nachdenkt.

Lehrzielformulierung wird eines der Schwerpunktthemen in "Planung von Unterricht", Pflicht in Modul FD-DC II, sein.

HATTIE hat in "Visible Learning" die extrem hohe Wirksamkeit festgestellt von

- "Klarheit der Lehrperson" $d=0,75$ (auf einer offenen Skala von -0,4 bis +1,4)
- "Ziele" $d=0,57$
- "Klassenführung" $d=0,52$

- "Lehrererwartungen" $d=0,42$ (Werte unter $d=0,4$ sind nicht besonders wirksam).

Material und Quelle: <http://visible-learning.org/de/hattie-rangliste-einflussgroessen-effekte-lernerfolg/>

3.5 Prinzip der Planmäßigkeit

Damit soll ausgedrückt werden, dass die Inhalte der Chemie **nicht zusammenhanglos** nebeneinander dargestellt werden sollen, sondern

- entweder einer inneren Logik des Faches folgend oder
- einer Lehrganglogik, die der Lehrende dem Lehrgang gibt

angeordnet werden müssen.

Bsp. 1: Innere Logik beim Atombau

- Stoffbetrachtung auf der Grundlage eines einfachen Teilchenmodells (Jgst. 5 oder 8)
- Stoffbetrachtung auf der Grundlage des Daltonschen und des Bohrschen Atommodells (Jgst. 8 bzw. 9)
- Stoffbetrachtung auf der Grundlage eines quantenmechanischen Modells, wie Kugelwolken oder Gillespie/Nyholm-Modell (ab Jgst. 9).

Bsp. 2 Logik des Lehrenden:

- *Es besteht Wahlfreiheit darüber, ob man den Lehrgang "Chemische Bindung" mit der kovalenten oder der ionischen Bindung beginnt. Mir sind keine empirischen Befunde bekannt, die dem einen vor dem anderen Weg signifikant bessere Ergebnisse bescheinigen würden.*

Eine Gefahr der Verletzung dieses Prinzips besteht kaum, da alle Grundlagen für die Unterrichtsplanung (Lehrpläne, Schulbücher, Fachbücher...) irgendeinem Plan folgen - vorausgesetzt, man (er)kennt ihn.

3.6 Prinzip der Selbsttätigkeit

Dieses generelle Prinzip der Erziehung ist eine Folge der Kritik an der Wissensschaftsorientierung, als es hieß, Lernenden dürfe nicht "ein fertiges Abbild der Chemie übergestülpt" werden, sie müssten am Erkenntnisgewinn beteiligt sein.

Mit Selbsttätigkeit ist nicht nur manuelle Tätigkeit, sondern verschieden komplexe Ebenen gemeint:

- Lernende können an einem **Denkprozess** (zusammen mit dem Lehrenden) beteiligt werden.
"Welche Schlussfolgerungen konnte Rutherford aus seinen experimentellen Ergebnissen ziehen?"
- Lernende können **manuell** tätig werden.
Sie bauen eine Destillationsapparatur nach vorliegender Skizze auf).
- sie können **planerisch** und **forschend** tätig werden.
Ein Experiment entwickeln, mit dessen Hilfe man klären könnte, ob Kochsalz nach dem Lösen noch Kochsalz ist, obwohl man nichts mehr sieht.
- oder sie könnten im Rahmen von Wochenplanarbeit entscheiden, **was sie wie, wo und mit wem** lernen.
Im Bereich der freien Lernzeit 1-2 Stunden am Tag entscheiden Lernende, mit welchem Fach die Beschäftigung besonders sinnvoll ist, was genau sie dort üben wollen und ob sie es lieber allein oder mit Mitschülern tun wollen.

3.7 Prinzip der Anschaulichkeit

Ebenfalls aus den Schwierigkeiten mit dem Prinzip der Wissenschaftlichkeit, aber auch um das Prinzip der Fasslichkeit zu stützen, wurde das Prinzip der Anschaulichkeit formuliert. Es ist (nach eigenen Untersuchungen mit Hilfe des LAWSON-Tests) davon aus zu gehen, dass bei Lernenden der Jgst. 10 sowohl in Realschule, als auch im Gymnasium ca. 30-60% das abstrakte Denken noch nicht hinreichend entwickelt ist, um sich problemlos auf der submikroskopischen Erkenntnisebene (Atom- und Molekülmodelle) zu bewegen. Hierfür müssen mehrfach Brücken zwischen den unmittelbar beobachtbaren Phänomenen (dem Konkreten, der Alltagswelt, der Stoffebene) und der nicht beobachtbaren materiellen Grundlage (dem Abstrakten, dem Kleinen, dem Unsichtbaren) konstruiert werden. Dies kann z.B. geschehen durch den Einsatz von

- Experimenten (konkrete Stoffebene)
- materiellen Modellen (Molekülmodelle, Orbitalmodelle, Gittermodelle)
- sprachlichen Maßnahmen.

Vergleich der Zunahme des elektrischen Widerstandes in einem Metalldraht mit der persönlichen Schwierigkeit, auf einem gut besuchten Schulhof zwischen sich wenig und stark bewegenden Mitschülern schnell von einem Ende zum anderen zu gelangen.

Beispiel: Emulsionen und Löslichkeit. Zwei RG werden mit je 3mL Wasser und 5mL Speiseöl beschickt. Dann wird ins RG 1 eine Spatelspitze festes Sudan III, ins RG 2 genauso viel festes Methylenblau gegeben, mit einem Stopfen verschlossen und kräftig geschüttelt.

1. Phänomenologische, makroskopische Ebene:
Beobachte das Verhalten der Flüssigkeiten!
 Grundsätzlich **beobachtbar**.

2. Bildliche, mikroskopische Ebene:
 • mit Mikroskop: **Beobachte**, was mit den Tröpfchen geschieht!
 • ohne Hilfsmittel: **Erkläre**, was mit den Tröpfchen geschieht!
 Mit **Hilfsmitteln beobachtbar**.

3. Symbolische, submikroskopische Ebene:
Erkläre, warum die Flüssigkeiten sich unterschiedlich färben lassen!
 Grundsätzlich **nicht beobachtbar**.

Abb. 3.1: Stufen im Abstraktionsprozess.

Dabei sind folgende Gefahren zu beachten:

- Bildliche Darstellungen sind **Anschauungsmodelle**, die nur einen Teilaspekt der Wirklichkeit anschaulich machen können; Leistungen und Grenzen der Darstellung sollten bewusstgemacht werden.
Im Gittermodell des Kochsalzes sind die Holzkugeln durch Metallstäbe verbunden - die elektrostatischen Kräfte um die Ionen herum sind allerdings ungerichtet.
- Manche Didaktiker **warnen vor Anthropomorphismen**.
Man kann sich auf dem Weg über den Schulhof bewusst für den einen oder anderen Weg entscheiden, Elektronen können das im Leiter nicht.
- Aneinanderreihung bildlicher Vorstellungen führt zu unübersichtlicher Stofffülle. Anschließend an die Verwendung eines Anschauungsmodells sollte stets versucht werden, die gewünschten Aussagen so zu **abstrahieren**, dass

eine zweckdienliche Vorstellung vom Unsichtbaren entsteht und zu einer übergeordneten Gesetzmäßigkeit formuliert werden kann.

"Stäbe sind im wirklichen Wassermolekül nicht erforderlich, da sich die Abstände zwischen den Bindungs- und freien Elektronenpaaren durch deren Größe und gegenseitige Abstoßung von selber einstellen".

3.8 Prinzip der fachübergreifenden Koordinierung

Der Sinn dieses Prinzips ist es, den Anspruch von Unterricht näher an die Realität zu bringen:

- einerseits sollen Lernende eine breite Allgemeinbildung erhalten,
- andererseits ist die Vermittlung der Allgemeinbildung diskreten Fächern zugeordnet, die meistens noch von jeweils anderen Fachlehrern unterrichtet werden.

Die Einheit des Wissens und Könnens, die durch die "Verfachlichung" aufgehoben wird, gilt es, über mehrere Ebenen wiederherzustellen.

Bsp. fachübergreifende Koordinierung. Ein Chemie-Lehrer kann über folgende Stufen mehrere Fächer beteiligen

- *Er gibt Hinweise darauf, welche Bedeutung die Kenntnis von Bindungstypen für das Verständnis von Stoffwechselfvorgängen im menschlichen Körper (Biologie) hat.*
- *Er führt mit dem Kunst-Kollegen ein Projekt durch, in dem aus unterschiedlichen Materialien ein Modell von Methan gebaut wird.*
- *Er schließt sich einem Projekt aller Lehrender der Klasse 10b an, in dem er zum Thema "Der Zahn der Zeit" chemische Inhalte und Denkweisen beiträgt.*

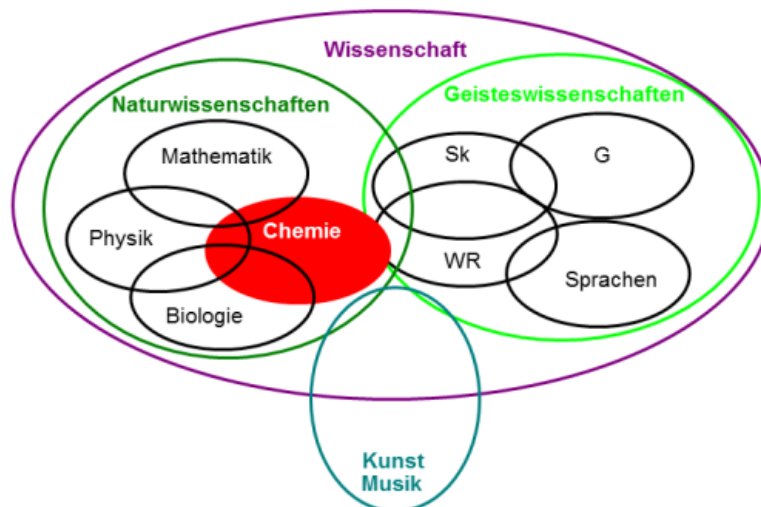


Abb. 3.2: Fachübergreifende Koordinierung

Zur eigenen Kontrolle:

1. III: Untersuchen und notieren oder diskutieren Sie mit einem Studienkollegen, welche Prinzipien der Stoffauswahl Ihnen helfen könnten, sich für eines der folgenden Projekt-Themen für Ihren Chemieunterricht zu entscheiden:
 - Reaktionsmechanismen der Esterbildung
 - Synthesemöglichkeiten für Ethylbutanoat
 - Herstellung eines naturidentischen Kirsch-Aromas
 - Herstellung von Gummi-Bärchen.
2. I: Nennen Sie Prinzipien, nach denen Sie aus einer Fülle von Informationen zum Thema "Salz" diejenigen auswählen, die Sie in einer 45-Minuten-Einheit zur Einführung der Stoffklasse in einer Jgst. 8 tatsächlich benutzen möchten.
3. III: Lehrende Huber verwendet in ihrem Unterricht das Modell von auf dem Wasser schwimmenden Korken, um das Verhalten von Tensid-Molekülen auf der Wasseroberfläche zu veranschaulichen. Untersuchen Sie die Geeignetheit dieser Maßnahme anhand der didaktischen Prinzipien.
4. II: Wenden Sie die Stufen der Abstraktion auf das Lösen eines großen Kochsalzkristalls in Wasser an.

[Hinweise zur Lösung.](#)

4 Prinzipien der Bearbeitung von Inhalten: die Didaktische Transformation

Ziel: Begriffsbestimmung

Beweggründe:

Laien (Eltern) halten Lehrenden oft vor, "man müsse nur richtig erklären", dann würde auch ihr Kind die schwierigen Zusammenhänge verstehen.

Fach-Chemiker halten Lehrenden oft vor, sie würden Falsches unterrichten, wenn sie sich nicht des aktuellsten Modells vom Atombau bedienen.

Dieses Kapitel sollte eine Hilfe liefern, wie man als Lehrender mit solchen Meinungen umgeht.

Zusätzlich haben Sie vielleicht bemerkt, dass sich Kapitel 3 nicht ausschließlich auf quantitative Auswahl beschränken ließ. Quantitative Auswahl lässt sich von der qualitativen Bearbeitung nicht sauber trennen. In diesem Kapitel liegt der Schwerpunkt allerdings auf der Bearbeitung bereits ausgewählter Inhalte.

Input: Beispiel-Thema "Säuren" didaktisch zum Elementaren reduzieren, dann auf Niveau Jgst. 5, 8, 11 rekonstruieren.

Selbstlernbereich

4.1 Didaktische Reduktion

Der Mensch ist i.d.R. in fast allen Lebenssituationen bemüht, diese für sich "durchschaubar", verständlich und voraussehbar zu gestalten. Das gibt Sicherheit und Vertrautheit, die man zum Leben und Wohlfühlen braucht. Um dieses Ziel zu erreichen sucht er nach Gesetzmäßigkeiten, Analogien, Modellen, Symbolen oder wenigstens nach simplen "Wenn-dann-Beziehungen", er "reduziert" komplizierte Situationen auf das vermeintlich Wesentliche.

Bsp.: "Immer wenn ich nicht gelernt habe werde ich abgefragt". Zur Regel reduziert: also lerne ich am besten nie, denn der Lehrer kann mich nicht jeden Tag abfragen. ☺

(Didaktische) Reduktion im weitesten Sinn ist Teil des Bemühens des Menschen, aus seinen Erfahrungen Regeln abzuleiten, so dass er sich in seiner Umwelt sicher, schnell und vorausschauend zurechtfinden kann.

Didaktische Reduktion ist eine Tätigkeit des Lehrenden mit dem Ziel, Fachinhalte unterrichtsrelevant aufzubereiten, um ihre Verständlichkeit zu optimieren. Sie verläuft über eine Kaskade von mehreren Stufen bis zum Elementaren.

Synonyme: Elementarisierung(!), Fasslichkeit, Vereinfachung, Isolierung der Schwierigkeiten, Gegenstandsaufbereitung...

Der Endpunkt, das Elementare, kann Folgendes sein:

- **eine grundlegende Einsicht**

Bsp. 1a: Atome können in ihre letzte Schale Elektronen aufnehmen oder aus ihr abgeben.

Bsp. 1b: Säuren färben Indikatoren um.

- **ein formuliertes Gesetz**

Bsp. 2a: Das Potential einer Elektrode hängt vom Verhältnis der Aktivitäten der oxidierten zur reduzierten Form ab.

Bsp. 2b: Stoffe, die Wasserstoff-Kationen aufnehmen können, nennt man Brønstedt-Basen.

- **eine gültige Regel**

Bsp. 3a: Teilchen mit einer vollen letzten Elektronenschale sind besonders stabil (Edelgas-Regel).

Bsp. 3b: Teilchen mit einem freien Elektronenpaar können Wasserstoff-Kationen aufnehmen.

- **ein Zusammenhang, eine Bedeutung**

Bsp. 4a: Je weiter eine Elektronenschale vom Kern entfernt ist, desto leichter kann ein Elektron entfernt werden.

Bsp. 4b: Je höher die Temperatur, desto leichter gibt ein Stoff ein Wasserstoff-Kation ab.

- **eine simple Erfahrung**

Bsp. 5a: Nasses Eisen rostet schneller als trockenes.

Bsp. 5b: Früchte, die Säuren enthalten, schmecken sauer.

Die Beispiele a stammen aus dem Lernfeld "Redox", die Beispiele b aus dem Lernfeld "Säuren und Basen".

Didaktische Reduktion bedeutet nicht, wahllos Inhalte weglassen, damit sie in einen gewünschten Zeitrahmen passen. Was dann?

Aufgabe 1: Betrachten Sie die Abstraktion der didaktischen Reduktion und versuchen Sie danach, die Phasen in Bsp. 6 wieder zu erkennen.

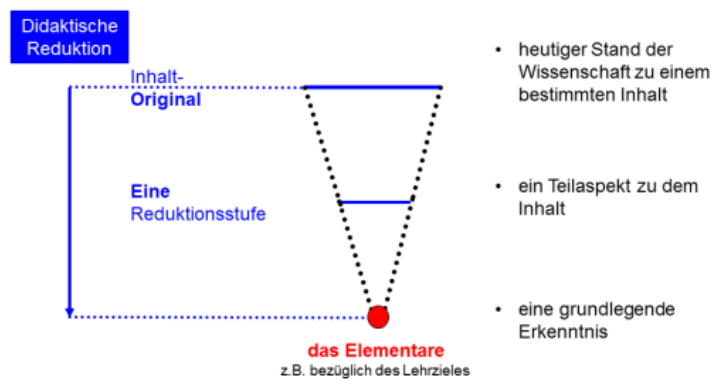


Abb. 4.1: Didaktische Reduktion bis zum Elementaren. Dargestellt ist die vertikale Reduktion durch die „reduzierte“ Breite.

Bsp. 6: UE zum Lernbereich "Atombau"

Sie haben in der Vorlesung AC I das quantenmechanische Atommodell kennen gelernt. Im Schulpraktikum sollen Sie für die Jgst. 8 eine Unterrichtseinheit zum Lernbereich "Atombau" vorbereiten. Die Lernenden wissen aus Jgst. 5 Natur&Technik, dass jeder Stoff aus Teilchen aufgebaut ist. Sie haben jedoch weder die mathematischen Vorkenntnisse, um die Darstellung der Wellenfunktion in der 3D-Schrödinger-Gleichung erkennen zu können, noch den psychomotorischen Entwicklungsstand, um diese Vorkenntnisse zu erreichen. Deswegen gehen Sie schrittweise im Geist die Atommodelle entgegen der Zeitachse zurück. Das Bohr'sche Atommodell erscheint fast schon geeignet, allerdings würde man als Vorkenntnisse noch die Differenzierung in Kern und Hülle benötigen. Sie entschließen sich, vom Teilchen ausgehend Daltons Hypothesen zu besprechen, dann nachzuvollziehen, wie Rutherford auf die Kern-Hülle-Struktur kam, um schließlich beim Bohr'schen Modell zu landen (vertikale Reduktion).

4.2 Didaktische Rekonstruktion

Der Begriff geht nach meiner Interpretation des Begriffes über die didaktische Reduktion hinaus. Dies ist notwendig, da jene sich darauf beschränkt, die kognitive und eventuell die psychomotorische Dimension für Lernende aufzuarbeiten.

Im Verlauf der **didaktischen Rekonstruktion** versucht der Lehrende, bezüglich Verständnis und Sinnangebot neue oder im Wissenschaftsbetrieb nicht beachtete Inhalte und Ziele mit einzubauen.

Didaktische Rekonstruktion führt zunächst zu einem ähnlichen Abbild des Originals, wobei anders wie in der Abbildung meistens auf einer niedrigeren Stufe Halt gemacht wird. Grundsätzlich leistet sie aber einen erheblichen Mehrwert, der sich aus den Unterricht vorbereitenden Bemühungen des Lehrenden ergibt - deswegen sind die Symbole der didaktischen Rekonstruktion in der Abbildung breiter.

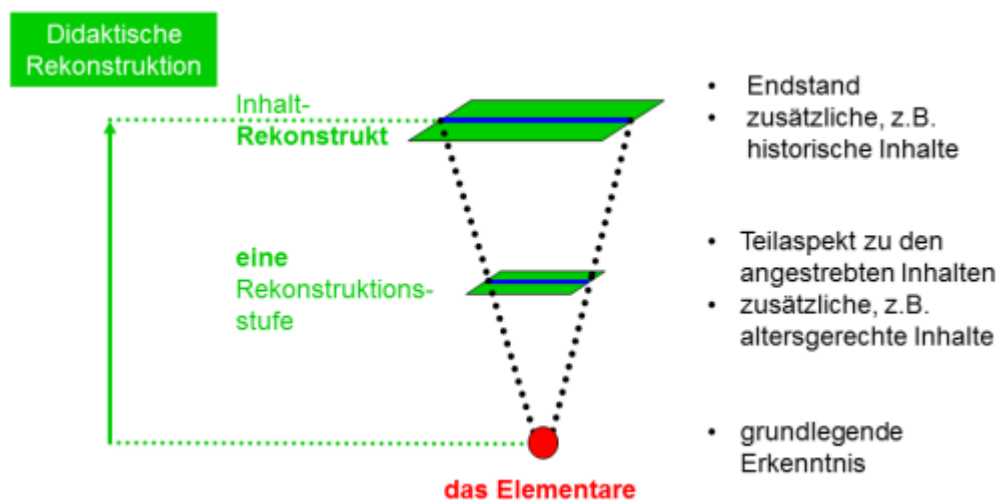


Abb. 4.2: Didaktische Rekonstruktion. Die Ebenen symbolisieren die horizontale Reduktion (s.u.).

Bsp. für diesen "Mehrwert": etwa

- ethische Fragen zur Gewinnung und Verwendung
- stützende Messwerte und ihre Einordnung,
- theoretische Vorannahmen und Modellgrenzen,
- kontroverse Auffassungen,
- fachübergreifende Aspekte,
- in Beziehung setzen mit der Lebenswelt (von Lernenden) ...

Material: [U. Kattmann "Didaktische Rekonstruktion"](#)

Beide Begriffe, Reduktion und Rekonstruktion, gehören zusammen und bilden eine Kerntätigkeit des Lehrenden bei der Vorbereitung des Unterrichts. Manchmal werden sie zur **didaktischen Transformation** zusammengefasst.

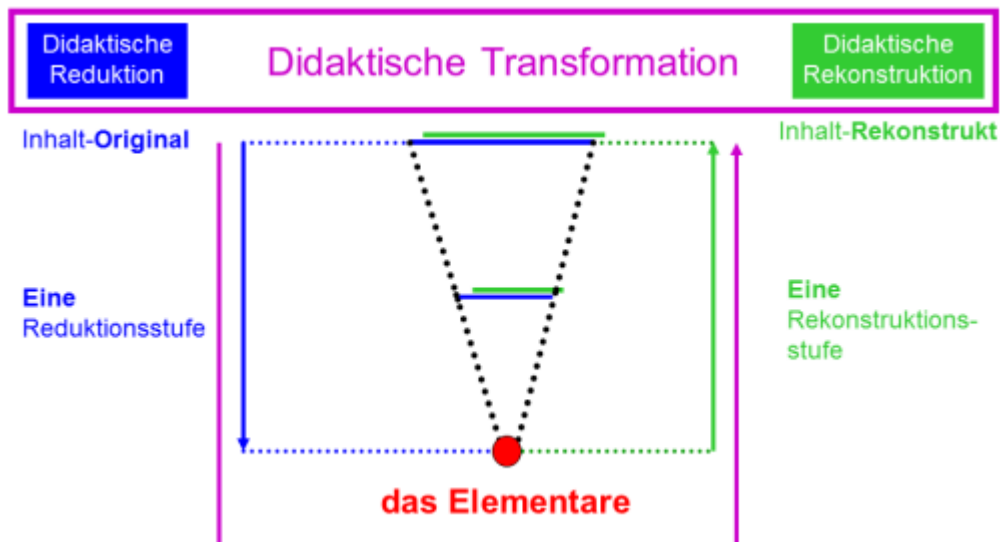


Abb. 4.3: Didaktische Transformation als Zusammenfassung.

Aufgabe 2: Überprüfen Sie noch einmal Bsp. 6: notieren Sie, was Sie nun mehr als bei Ihren Bemühungen um Aufgabe 1 erkennen.

Manche Didaktiker unterscheiden:

- die vertikale, quantitative Reduktion (siehe auch Abb. 4.1), bei der stufenweise die Zahl der Merkmale reduziert wird, bis man auf dem Elementaren, nicht weiter Reduzierbaren, angekommen ist; und
- die horizontale, qualitative Reduktion (siehe auch Abb. 4.3), bei der die Zahl der Merkmale erhalten bleibt, diese aber einfacher bzw. konkreter dargestellt werden.

4.3 Prinzipien der didaktischen Transformation

4.3.1 Fachliche Richtigkeit

Bsp. 7 Rutherfordsches Atommodell. Elektronen bewegen sich auf kreisförmigen Bahnen um den Atomkern herum (Rutherfordsches Atommodell).

Diese Aussage bezeichnen manche Fach-Chemiker als falsch. Es handelt sich um ein historisches Atom-Modell, das für manche Aspekte der Chemie (z.B. Emissionsspektren) eine hinreichende Erklärungshilfe bietet. In der Regel wird sie im Verlauf des Lehrgangs weiter entwickelt zum Bohrschen Atommodell oder sogar zu einem quantenmechanischen Modell.

Fachliche Richtigkeit bedeutet im didaktischen Sinn **nicht** unbedingt, auf den neuesten Stand der Forschung zu pochen. Sie bedeutet aber:

- dass Inhalte widerspruchsfrei mit dem aktuellen Wissen von Lernenden sein müssen;
Bsp. 8: Vom Element Wasser in weiterführenden Schulen zu sprechen ist ein Negativ-Beispiel für das Prinzip der fachlichen Richtigkeit.
- dass Lernenden und Lehrerenden jederzeit bewusst sein muss, dass man sich Modellen bedient, die
 - historisch gewachsen sind,
 - aufeinander aufbauen,
 - sich ablösen, weil sie sich als untauglich erweisen oder

- mit der Zeit verfeinert werden, weil neue Erkenntnisse dies erfordern und möglich machen.

Deswegen ist Bsp. 7 nicht fachlich falsch. Es kann höchstens didaktisch ungeschickt sein, es z.B. in der Mittelstufe neben zwei weiteren Modellen im schnellen Wechsel für Erklärungen heranzuziehen.

- dass das Darstellungsniveau des Lehrenden dem Kenntnisstand und dem Denkvermögen von Lernenden angepasst sein muss.
Erinnerung: Bsp. 1 aus "Prinzip der Fasslichkeit" als Negativ-Beispiel: "Der Reinstoff Diwasserstoffoxid geht bei $T=373K$ und $p=1013hPa$ aus der flüssigen in die gasförmige Phase über."

Bsp. 9: "Metalle und Nichtmetallen heiraten, weil sie sich mögen. Je weiter sie im PSE auseinander stehen, desto mehr mögen sie sich."

Manche Didaktiker wenden sich vehement gegen "anthropomorphisierende, animistische Hilfsvorstellungen" wie in Bsp. 9. Sie bezeichnen solche Bilder, wie auch "Katalysatoren als Heiratsvermittler", gerne als "geschmacklos". Als Begründung wird angeführt:

- es würde sich um Vorstellungen aus völlig wesensfremden Bereichen handeln (Chemie und zwischenmenschliche Beziehungen),
- sie würden Lernende mit emotionalen Bezügen "belasten" und
- dem Fach angemessenes Verständnis für lange Zeit blockieren.

Ich teile diese Position nur sehr eingeschränkt. An anderer Stelle fordern nämlich Pädagogen und Didaktiker auf der Grundlage empirischer Befunde, dass manche (vor allem weibliche) Lernende Chemie gerne als "kaltes" Fach empfinden:

- mehr "emotionale Komponenten" in den Unterricht mit einzubringen,
- Sprache (in Maßen) schülergerecht und altersgemäß einzusetzen und
- den Unterricht (auch sprachlich) lebendig zu gestalten.

Diese Ziele klingen plausibel und können meines Erachtens dazu beitragen,

- die festgestellte "emotionale Ablehnung" dieses "kalten" Chemieunterrichts zu mildern,
- den Unterricht mit Hilfe von sprachlichen Mitteln lebendig zu gestalten sowie
- chemisches Wissen über Bilder zu verankern, was Empfehlungen von Lernforschern entspricht.

Gehirnforschung und Bibel wissen um die enorme Bedeutung bildhafter Darstellung in Form von Analogiemodellen etwa zum Zweck, das Verständnis abstrakter Zusammenhänge bzw. die Akzeptanz fortgeschrittener sozialer Normen zu vergrößern.

Einwände sind allerdings in extremen Fällen durchaus berechtigt, z.B.

- wenn zu drastische Bilder Anwendung finden
Bsp. 10: "Fluor vergewaltigt den Kohlenstoff" oder "Wasserstoff lässt sich vom Brom scheiden und heiratet lieber Chlor." Angesichts der hohen Zahl von Scheidungskindern werden zu viele Lernende das Bild wenig lustig finden.
- wenn die Bilder falsche Zusammenhänge transportieren,
Bsp. 11: "Männchen mit Rucksäcken voller Elektronen laufen durch den Draht." Es gibt keine Entsprechung für die Männchen und Rucksäcke im illustrierten Inhalt.

- oder wenn die Vorstellung von Lernenden auf diesem bildlichen Niveau **be-lassen** wird, z.B. gerade im Falle von Mittelschul- oder Realschul-Absolventen, die damit die Schule verlassen.

In allgemeinbildenden Schulen mit wissenschaftlichem Unterricht ist eine lockere Sprache mit gelegentlichen Bildern durchaus von der Mehrzahl der Didaktiker akzeptiert.

4.3.2 Fachliche Ausbaufähigkeit

Aus der Lernpsychologie ist bekannt und belegt, dass das größte Lernhemmnis Prozesse sind, die Umlernen nach dem Schema "vergiss-was-du-bisher-weißt" erfordern. (Erinnerung: Material Lernen 1). Deshalb sollte das wichtigste Kriterium für die Auswahl der Unterrichtsstrategie sein, solche Inhalte zu vermitteln bzw. Beispiele und Modelle auszuwählen, die später nur verbessert, nicht aber in bedeutenden Wesenszügen widerrufen werden müssen.

Bsp. 12 Negativ Beispiel. Es ist didaktisch sehr ungeschickt (und fachlich falsch), mit Hilfe des Rutherford-Modells die kovalente Bindung erklären zu wollen. Weder Rutherford noch Bohr haben Aussagen zu Bindungen gemacht.

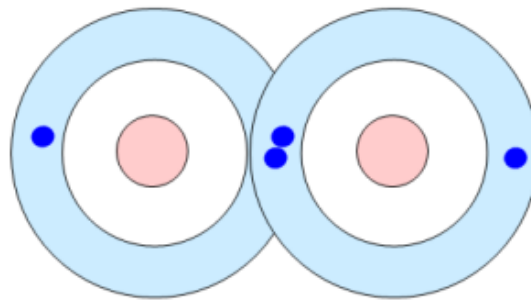


Abb. 4.4: Negativ-Beispiel zur Entstehung der kovalenten Bindung.

Lernende auf der konkreten Entwicklungsstufe bzw. auf dem Stand von mechanistischen Atommodellen verstehen nicht, dass Elektronen nicht zusammenstoßen können bzw. ob die Bindung noch existiert, wenn die Elektronen weiter rotieren und sich gerade NICHT zwischen den Atomkernen befinden. Diese Vorstellung müsste "vergessen" und das Prinzip einer kovalenten Bindung neu (als Überlappung von Wellenfunktionen) gelernt werden. Das Bild **widerspricht** dem Prinzip der fachlichen Ausbaufähigkeit.

4.3.3 Angemessenheit

Die Angemessenheit von Unterrichtsinhalten zu beurteilen ist allein Sache von (Fach)lehrern. Angemessenheit:

- hängt ab vom Vorwissen Lernender,
- dieses Vorwissen unterscheidet sich von Klasse zu Klasse und
- kann deshalb nicht Eingang in Lehrpläne und -bücher finden.

Deshalb ist die Erkundung des Vorwissens bei möglichst vielen Lernenden einer Klasse wichtigste Bedingung für das Erreichen von Angemessenheit des eigenen Unterrichts.

Dieses Prinzip ist durch Einsteiger in den Lehrberuf schwer handhabbar, da die Erfahrung fehlt, auf deren Grundlage Entscheidungen gefällt werden können.

4.4 Maßnahmen zur didaktischen Transformation

4.4.1 Elementarisierung

Elementarisierung ist der Prozess des Findens von Elementarem.

Zur Beschreibung des Elementaren siehe oben in Kapitel 4.1.

Bsp. 13: LehrplanPLUS G8 Jgst. 9 Lernbereich 2: Mit einem einfachen Orbitalmodell zum Elektronenpaarabstoßungs-Modell.

Was geht einem Lehrenden durch den Kopf beim Prozess des Elementarisierens? Mit dem Modell des freien Wasserstoff- oder Kohlenstoff-Atoms mit anschließender Hybridisierung sind Lernende in Jgst. 9 von der Vorstellung her überfordert. Man könnte das freie Atom weglassen (siehe nächstes Kapitel "Vernachlässigung") und gleich die hybridisierte Form ansprechen. Damit wäre man beim Kugelwolken-Modell. Dessen Prinzip ist einfach: höchstens 2 Elektronen schwingen in einem kugelförmigen Raum. Einer der Räume passt eng um den Kern, wenn mehr Elektronen da sind sitzen die Kugelräume gleichmäßig bis zu 4 Stück um den Kern. Das Elementare wäre dann: zwei Elektronen schwingen in einem kugelförmigen Raum.

Aufgabe: Finden Sie das Elementare zu folgenden Inhalten aus den Lernbereichen:

09.3 Elektronenübergänge

10.2 Umkehrbare Reaktionen

11.6 Redox-Gleichgewichte

12.2 Proteine.

Diskussion: Sollte eine Lösung angegeben sein?

4.4.2 Vernachlässigung

(Vorerst) nebensächlicher Effekte werden (noch) nicht betrachtet.

Bsp. 14 Reaktionsgleichungen

Reaktionsgleichungen; Wenn sie in der einführenden Chemie (Jgst. 8 RS und G8) eingesetzt werden, erfahren Lernende noch nichts über

- Verunreinigungen der Edukte,
- Zwischenstufen im Reaktionsverlauf,
- Nebenprodukte,
- Aktivierungsenergien zum Starten der Reaktion,
- mögliche Katalysatoren,
- die Rolle des Reaktionsmediums (Lösungsmittel, pH, Phasen, Temperatur), die
- Gleichgewichtslage und
- quantitative Aspekte wie etwa Ausbeute.

Die Quantifizierung wird dann in Stufen nachgeliefert:

- erst als einfache Beziehung: "mehr als ..., größer als ..., schneller als ..."
- dann als "je mehr ... desto ..." -Beziehung,
- schließlich ausgedrückt in Zahlenwerten, Tabellen, Diagrammen, Gesetzen und mathematischen Formeln.

Bsp. 15 Teilchen

Teilchen. Im begrifflichen Bereich ist das gleiche Prinzip anwendbar:

- zunächst besteht für Lernende die Materie aus undifferenzierten Teilchen,
- dann unterscheidet man Atome von geladenen Teilchen (einfache Anionen, Kationen)
- später kommen Atomverbände (Moleküle) dazu, schließlich
- übergeordneten Strukturen mit diesen Teilchen (Elementarzellen, Mizellen, Mikrokristallite, Makromoleküle).

4.4.3 Rückgriff auf historische Erkenntnisstufen

Wie demnächst bei der Beschreibung des parallelgenetischen Lehrgangs in Kapitel 6.5 erläutert wird, verläuft die historische Entwicklung der Chemie und die individuelle Entwicklung von naturwissenschaftlichem Denken häufig einigermaßen parallel. Oft decken sich Verständnisschwierigkeiten von Lernenden mit jenen, mit denen Chemiker vor 100 oder 250 Jahren zu kämpfen hatten.

Hinweis auf Bsp. 7: Für manche Zwecke reicht es, das Rutherford'sche Atommodell von 1911 zu kennen, um Phänomene erklären zu können.

*Bsp. 15: Zum Einstieg in die Säure-Base-Konzepte ist die Auffassung von Arrhenius von ca. 1884 als exemplarischem Konzept hinreichend. Die Dissoziation von Säuren und Basen in Wasser lässt sich leicht zum Brønsted-Konzept fachlich ausbauen, sobald es didaktisch benötigt wird. Das Nachvollziehen des (vereinfachten) historischen Weges **kann** zu leichterem Verständnis führen, zumal sich Arrhenius auf das Lösemittel Wasser beschränkte, mit dem Lernende die meiste Erfahrung haben und sie auch problemlos experimentell arbeiten lassen kann. Dabei sollten allerdings*

- Irrtümer, die in Sackgassen führten (Phlogiston-Theorie)
- ideologische oder religiöse Verirrungen ("organische Substanzen können nie künstlich hergestellt werden, weil man ihnen die Lebensenergie nicht einhauchen kann") oder
- veraltete Begriffe und Sprachgebrauch (Pottasche, doppelt kohlensaures Natrium)

nur sehr sparsam, mit klarer Zielsetzung und ausführlicher Würdigung eingesetzt werden.

4.4.4 Partikularisierung

Man betrachtet zunächst einen Teilaspekt, der zu grundlegenden Erkenntnissen und Gesetzmäßigkeiten führt.

Bsp. 16 Begriffsbündel

Anorganische Chemie. Sie gliedert sich in mehrere, immer noch recht komplexe Begriffsbündel, wie etwa

- Säuren und Basen.
- Elektronenaustausch.
- Chemische Bindungen.

Diese kann nur durch Einstieg über Teilaspekte bewältigt werden:

- Partikularisierung in Säuren, Basen, ihre Herstellung, Reaktionen und daraus Salze. Dann Säuren in Sauerstoffsäuren und andere (z.B. Salzsäure), schließlich exemplarische Behandlung von schwefliger Säure.
- Partikularisierung in Elektrochemie und Reduktion, Oxidation, Korrosion. Aus der Elektrochemie nehmen wir die elektrochemische Zelle, dann die Halbzelle als das Elementare: ein Metall in seiner Salzlösung.
- Partikularisierung in Bindungen und zwischenmolekulare Kräfte, eventuell Verbindungsklassen. Von dort: grundlegende Bindungsarten, meist ohne Metallbindung, schließlich beginnen mit der Ionenbindung.

4.4.5 Generalisierung

Wie oben in Kapitel 4.1 erwähnt trachtet der Mensch danach, durch Einordnen beobachteter Phänomene in eine überschaubare Anzahl von "Schubladen" (Regeln, Gesetzmäßigkeiten) Sicherheit in der täglichen Auseinandersetzung mit der Welt zu erlangen. Diesem Ziel dient auch die Generalisierung.

Bsp. 17 Das PSE

*Es gibt die große Anzahl von 111 Elementen. Diese werden erst **partikularisiert** in die Hauptgruppen (gekürztes PSE), dann z.B. Gruppe 6 (Sauerstoff-Gruppe) und schließlich **elementarisiert** auf den Sauerstoff selber. Bau-Eigenheiten und Eigenschaften wurden kennen gelernt. Nun beginnt die **Generalisierung**:*

- *Bau: alle Elemente der Gruppe 6 haben 6 Valenzelektronen, alle Elemente der 2. Periode füllen das zweite Energieniveau auf.*

- *Eigenschaften: alle Elemente der Gruppe 6 sind stark elektronegativ und reagieren am liebsten mit Metallen.*

*Dabei schleichen sich Ungenauigkeiten ein, die man zunächst **vernachlässigt**, zum Teil später durch Ausschärfen von Begriffen schon in der Schulchemie beseitigt:*

- *Die Wertigkeit lässt sich aus der Gruppennummer berechnen, allerdings nicht mehr für die Perioden 3-7 und die Nebengruppen.*
- *Die Elemente einer Gruppe besitzen zwar ähnliche, aber nicht gleiche Eigenschaften.*
 - a. Die Elektronegativität sinkt in der Gruppe nach unten, so dass Tellur ein Halbmetall, Polonium ein Metall ist.*
 - b. Bei Schrägbeziehungen kann ein Element aus der Nachbargruppe ähnlicher sein wie der Nachbar derselben Gruppe.*

Zur eigenen Kontrolle:

1. II: Nehmen Sie eine didaktische Reduktion zum Thema Ester bis zum Elementaren vor und rekonstruieren Sie bis auf das Niveau einer Jgst. 10 Gymnasium oder Realschule.
2. II: Listen Sie all jene Inhalte auf, die bei einer didaktischen Reduktion Ihres Wissensstandes zum Thema Säure/Base-Konzepte für eine Jgst. 9 auf der Strecke bleiben müssten.
3. III: Diskutieren Sie Vor- und Nachteile einer Generalisierung wie "Elemente einer Gruppe haben sehr ähnliche Eigenschaften, die sie von den Elementen der Nachbargruppe klar unterscheiden."
4. III: Arbeiten Sie mögliche Konflikte zwischen dem Wahrheitsanspruch eines Chemie-Professors und der Tätigkeit eines Chemie-Lehrers in Jgst. 9 einer weiterführenden Schule heraus.
5. I: "Das Bohr'sche Atommodell ist falsch." Geben Sie an, welche Maßnahme zur didaktischen Reduktion der Autor dieser Aussage offenbar nicht kennt.

[Hinweise zur Lösung](#)

5 Prinzipien der Anordnung von Inhalten I: die Didaktischen Regeln

Sie erinnern sich: Auswahl und Anordnung von Inhalten lassen sich nicht klar voneinander trennen. Das war bereits dem Verfasser des allerersten Didaktik-Lehrbuches in der abendländischen Geschichte, COMENIUS (um 1650) klar, als er über didaktische Regeln schrieb. Ob er sie nur gesammelt oder sogar aufgestellt hat wird aus der Literatur nicht deutlich, vermutlich war es beides. Die Regeln hier sind aus den Original "zehn Grundsätzen" abgeleitet [1]. Comenius' pädagogisches Grundprinzip war das "schnell, sicher und angenehme" (cito, tute et jucunde) Lehren. Daraus können fünf Regeln, die für die Fachdidaktik Chemie besonders wichtig sind, heraus interpretiert werden:

5.1 Vom Bekannten zum Neuen

Dieses alte Prinzip wird durch neuere Erkenntnisse der Hirnforschung bestätigt: EINE erfolgreiche Art zu lernen ist, vorhandene Gehirnstrukturen (bereits Gelerntes) durch die neuen Erfahrungen zu verändern (Neues).

Bsp.: Bekannt ist, dass man dünne Metallteile verbiegen kann.

Variante 1: Ein dünner Gegenstand, der wie Metall aussieht, splittert aber beim Verbiegen. Das Gehirn schließt daraus: es ist kein Metall. Weitere Untersuchung bestätigt dies, es handelt sich um Silizium. Das Gehirn hat die (bekannte) Regel durch die neue Erfahrung bestätigt bekommen (Sichern des Bekannten als Basis für Neues).

Variante 2: Ein dünner Gegenstand, der wie Metall aussieht, bricht beim Verbiegen. Das Gehirn schließt: es ist kein Metall. Weitere Untersuchungen zeigen, dass es sich um eine besondere Stahlorte handelt. Das Gehirn lernt, dass es seine ursprüngliche pauschalere Definition (bekannt) auf Grund der (neuen) Erfahrung modifizieren muss.

Materialien zum Thema Lernen:

- W. Ingendahl: Lernen in der Hirnforschung. Juli 1997.
- Ziemke: Kann die Pädagogik von der Hirnforschung etwas lernen? Erziehungskunst, Heft 1, 2008, S. 31-40.

5.2 Vom Nahen zum Fernen

Wir unterscheiden:

1. Räumliche Nähe

Bsp.: Die Erfindung eines neuen, zukunftssträchtigen Nano-Materials an der Universität in der eigenen Stadt interessiert Lernende deutlich eher, als wenn dies an einer unbekanntem japanischen oder chinesischen Universität geschehen wäre.

2. Zeitliche Nähe

Bsp.: Ein Verfahren, wie man moderne Süßigkeiten (Gummibärchen) herstellt wird i.d.R. als interessanter wahrgenommen als die Bonbon-Herstellung vor 100 Jahren.

3. Psychische Nähe

Bsp.: Indianern fühlen sich Kinder meistens mehr verbunden als einheimischen Dorfbewohnern des 17. Jh.

Was auf den ersten Blick nach einem Widerspruch zur räumlichen Nähe aussieht, ist es aus Sicht des Gehirns nicht, so lange es mit Indianern mehr (mediale) "Erfahrungen" zu haben glaubt als mit den eigenen Vorfahren derselben Zeit.

5.3 Vom Einfachen zum Komplizierten

Hierbei ist der eher objektive Schwierigkeitsgrad gemeint.

Bsp.: Quantitative Beziehungen in chemischen Gleichungen werden in der Regel als komplizierter empfunden als qualitative. Deswegen findet man quantitative Chemie in den Lehrplänen höherer Jahrgangsstufen verortet.

5.4 Vom Leichten zum Schwierigen

Hier ist eher das subjektive Empfinden von Lernenden gemeint.

Bsp.: Manche Lernende empfinden es als sehr schwierig, in Verhältnisformel-Gleichungen die Aussage von Koeffizienten von der der Indices zu unterscheiden.

Die Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff.

Veranschaulichung auf der Grundlage unterschiedlicher Modellvorstellungen:

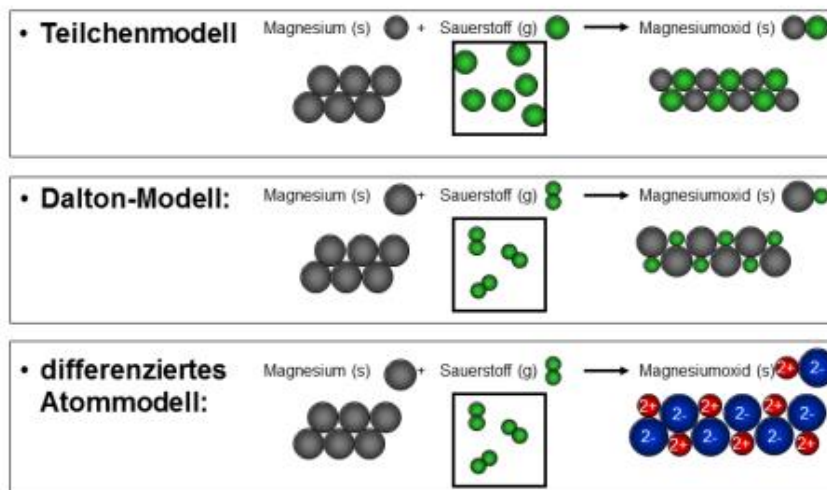


Abb. 5.1: Beispiel für die Regel "vom Einfachen zum Komplizierten". Nicht immer ist diese Regel scharf abzugrenzen von der nächsten, „vom Leichten zum Schwierigen“.

Gefahr: Kollision mit dem Prinzip der Wissenschaftlichkeit.

5.5 Vom Konkreten zum Abstrakten

Diese Regel steckt teilweise schon in jener "vom Einfachen zum Komplizierten" drin.

Bsp.: Die sinnlich erfahrbare Stoffebene (Kochsalz ist ein weißer, kristalliner, typisch schmeckender Stoff) bereitet deutlich weniger Verständnisschwierigkeiten als die sinnlich nicht zugängliche Teilchenebene (im Kochsalz sind Chlorid-Anionen und Natrium-Kationen in einem kubischen Gitter abwechselnd angeordnet und werden durch elektrostatische Kräfte zusammengehalten).

In der unterrichtlichen Praxis spielen die "gekonnten" Übergänge die entscheidende Rolle, wobei die Übergangsgeschwindigkeit eine individuelle Entscheidung ist.

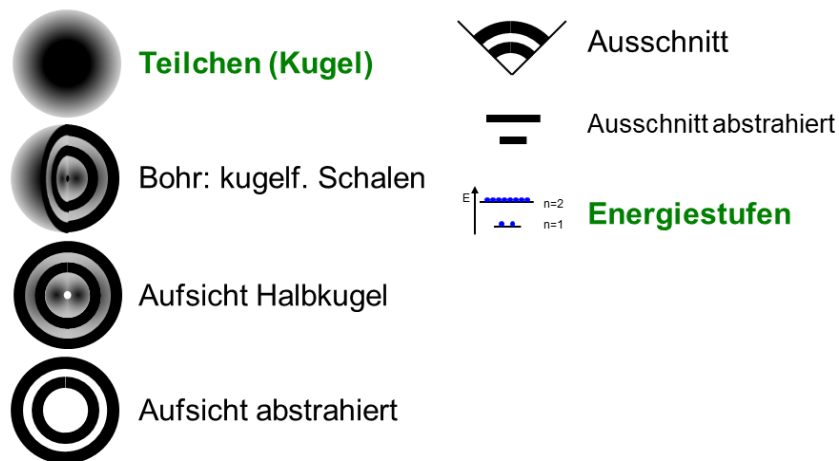


Abb. 5.2: Beispiel für die Regel "vom Konkreten zum Abstrakten".

Zur eigenen Kontrolle:

- I: Formulieren Sie zu jeder didaktischen Regel ein Beispiel aus der Schulchemie.
- III: Die didaktischen Regeln sind nicht exklusiv, d.h. dass z.B. zwei davon durchaus miteinander in Konflikt geraten können. Formulieren Sie so einen Fall.
- II: Ein vortragender Student der Veranstaltung "Übungen im Vortragen AC" beginnt seinen Vortrag zum Thema Quecksilber wie folgt: "Quecksilber ist ein Nebengruppenmetall und steht in Gruppe 12, Periode 6. Folglich besitzt es voll besetzte d-Niveaus und hat edle Eigenschaften. Es ist das einzige bei RT flüssige Metall im Periodensystem." Begründen Sie kurz, gegen welche didaktische Regel der Vortragende verstoßen hat.

[Hinweise zur Lösung.](#)

Literatur: Zu Comenius: [hier](#).

6 Prinzipien der Anordnung von Inhalten II: Lehrgänge

Ziel: Höchstes methodisches Ordnungsprinzip für unterrichtliche Gliederung

Beim Vorhaben, die Inhalte des Lehrplans Chemie Jgst. 8 für unsere Klasse 8b zu verteilen, sind wir so weit, dass die Inhalte ausgesucht und didaktisch bearbeitet (reduziert, rekonstruiert, also transformiert) wurden. Nun sollen sie angeordnet werden. Das kann man genau nach den Lernfeldern des Lehrplans machen, muss man aber nicht. Es werden je Jahrgangsstufe ca. 4-6 Lehrgänge entstehen. Auch die Anordnung der Lehrgänge darf nicht zufällig sein, sondern kann nach unterschiedlichen Prinzipien bzw. Leitlinien geschehen, von denen die Bedeutendsten für Chemieunterricht unten dargestellt werden.

Ein **Lehrgang** ist die planmäßige Aufeinanderfolge der Unterrichtseinheiten innerhalb eines Unterrichtsfaches bzw. einer umfassenden, relativ abgeschlossenen Teilaufgabe des Faches.

Bsp. 1a: Das gekürzte Periodensystem der Elemente (LehrplanPLUS Gymnasium, Jgst. 8, Teil von Lernbereich 5).

Bsp. 1b: Farbstoffe (LehrplanPLUS Gymnasium, Jgst. 11, kompletter Lernbereich 3).

Bsp. 2: Anorganische Chemie (LehrplanPLUS Gymnasium, ganze Jgst. 8, Jgst. 9 ohne Lernbereich 2, Jgst. 10 ohne Lernbereich 4, Jgst. 11 Lernbereiche 4-6, Jgst. 12 Teil von Lernbereich

Bsp. 3: Chemie an der Realschule (alle Jgst. einer Wahlpflichtfächergruppe).

Man erkennt in den Beispielen, dass die Begrenzung "Teilaufgabe des Faches" sehr unterschiedlich ausgelegt werden kann, von "sehr eng begrenzt" in Bsp. 1a bis "weit" in Bsp. 3. Das ist nicht unbedingt ein Nachteil, man muss es nur wissen. Die Grenzen sind inhaltlich begründet, zeitlich bewegen wir uns in einem sehr weiten Bereich (siehe unten). Ob man selber einen eher engen oder eher weiten inhaltlichen Bereich verwendet, wird sich nach dem jeweiligen Inhalt und/oder nach eigenen Vorlieben richten und ist von Lehrer zu Lehrer verschieden - und das ist gut so.

Im Absatz oben wird deutlich, dass, wenn wir beschreiben wollen, was wir als Lehrender mit den Inhalten tun, stets zwei Dimensionen beachten müssen:

1. die **methodische Dimension**, also wann die methodischen Maßnahmen z.B. mit einer Zusammenfassung oder einer Erfolgskontrolle abgeschlossen werden können; beim Lehrgang ist dies **die Reichweite derselben Leitlinie oder Konzeption**. Und
2. die **zeitliche Dimension**, also wie viel Zeit man auf die Inhalte verwenden möchte, wobei der notwendige Zeitbedarf oft vom 45-Minuten-Raster verbogen wird. Sie reicht bei Lehrgängen von **90 Minuten bis über 50 Unterrichtsstunden** (50x45 Minuten).

Dabei steht die methodische Dimension mit Absicht VOR der zeitlichen,

- weil sie aus didaktischer Sicht bei weitem die Bedeutendere ist, da sich Lernerfolg erst einstellen kann, wenn eine methodische Maßnahme **vollständig** abgeschlossen ist; und
- weil in der Praxis leider die zeitliche Dimension durch die äußere Taktung in 45-Minuten-Abschnitte viel zu häufig in den Vordergrund tritt und methodische Bemühungen, wenn sie nicht sehr sorgfältig umgesetzt werden, besonders aus Lernenden-Sicht zerreißen.

Abzugrenzen ist der Begriff Lehrgang vom **Gelegenheitsunterricht**, wenn Lehrende z.B. aus aktuellem Anlass ein Thema aufgreifen (z.B. Explosion von Tianjin, 12.08.2015).

Ziel ist es, Lernenden den Zugang zu den Inhalten durch den Aufbau des Lehrgangs möglichst zu erleichtern. Dabei sind didaktische, fachliche, pädagogische und psychologische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Das Ergebnis kann sehr vielgestaltig sein, wie die Beispiele zeigen.

*Bsp. 4: Lehrender Kai-Uwe Hansen geht gemäß der didaktischen Regel "vom Kleinen zum Großen" vor und formuliert einen **fachsystematischen Ansatz** mit zuerst Atombau, dann binären, kovalenten Verbindungen (z.B. Chlorwasserstoff) und viel später in der Organischen Chemie erst mit der Zitronensäure und den Aminosäuren.*

*Bsp. 5: Lehrende Gisela Gans formuliert eine **alltagsorientierte** Variante mit einem Einstieg über Zitrone und Zitronensäure, dann dem Umschwenken über die Sicherheitserziehung zur Salzsäure. Die nötigen Kenntnisse zu den Bindungsarten werden mit dem Beispiel Salzsäure beginnend über Kochsalz, Wasser und Natrium ausgeschärft.*

*Bsp. 6: Lehrende Samantha Fichtel formuliert einen **strukturorientierten** Lehrgang, indem sie mit der metallischen Bindung am Beispiel von Kupfer beginnt und danach über die Kochsalzstruktur die Ionenbindung und das Diamantgitter die kovalente Bindung präsentiert.*

Bei der Darstellung der doch recht vielen Anordnungsmöglichkeiten gehe ich nach der Didaktischen Regel "vom Einfachen zum Komplizierten" vor: die erste vorgestellte Struktur ist noch streng linear, die folgenden werden zunehmend verzweigt bis vernetzt. Lehrende werden sich parallel-genetisch weiterentwickeln: bevorzugt der Einsteiger noch recht einfach (linear) strukturierte Lehrgänge, werden erfahrene Lehrende zunehmend vernetzte Strukturen beherrschen. **Vorsicht:** Lernende müssen den Überblick stets behalten können, welche Inhalte wie zusammenhängen.

6.1 Synthetisch-lineare Anordnung

Prinzip ist die Vermittlung des fachlichen Sachverhaltes als systematischer, lückenloser Lehrgang.

Grundidee: Der Kenner eines komplexen Sachverhaltes (Lehrender) zerlegt diesen in möglichst kleine Schritte, damit Lernende die Inhalte dosiert aufnehmen können. Nach dem Prinzip "Stein auf Stein" und "das jeweils Vorausgehende soll alle Grundlagen des Folgenden enthalten" sollen nach und nach Grundlagen gelegt werden, die dann zur Erkenntnis der Zusammenhänge führen. Dabei besteht die Gefahr, dass Lernende in dieser letzten Phase des Zusammenführens oft allein gelassen werden, "sie sollen das zu Hause noch einmal überdenken".

Die Idee des linearen Vorgehens ist sehr einleuchtend und wird bei den Lehrerneulungen gerne praktiziert, weil die Struktur so einfach erscheint.

Vorteile:

- Lineares Vorgehen bietet einen aus Lehrenden-Sicht vollständigen Überblick über die Inhalte.
- Alle nötigen Fachbegriffe (z.B. das Grundwissen) werden zielstrebig ausgeschärft, keiner übersehen.
- Die Struktur ist für (unerfahrene) Lehrende einfach zu handhaben und transparent für Lernende.

Nachteile:

- Die Linearität lässt sich nicht wirklich durchhalten.

Bsp. 7: Wenn man im Kapitel "Reaktionen" mit Gleichungen hantiert, sind Kenntnisse aus dem viel später vorgesehenen Kapitel "PSE" erforderlich.

Die Gliederung erfolgt aus Lehrenden-Sicht, also dessen, dem die Inhalte und Verbindungen dazwischen vertraut sind.

Lernende lernen „auf Vorrat“, ohne "Einsicht, wozu das gut ist", "wozu man das brauchen kann". Es ergibt sich eine lange Durststrecke, bis das Gelernte zu Einsichten führt oder erfolgreich angewendet werden kann. Viele (die meisten) Lernende "überleben" diese Durststrecke nicht, d.h. das Fach wird als "kompliziert und unverständlich" abgestempelt.

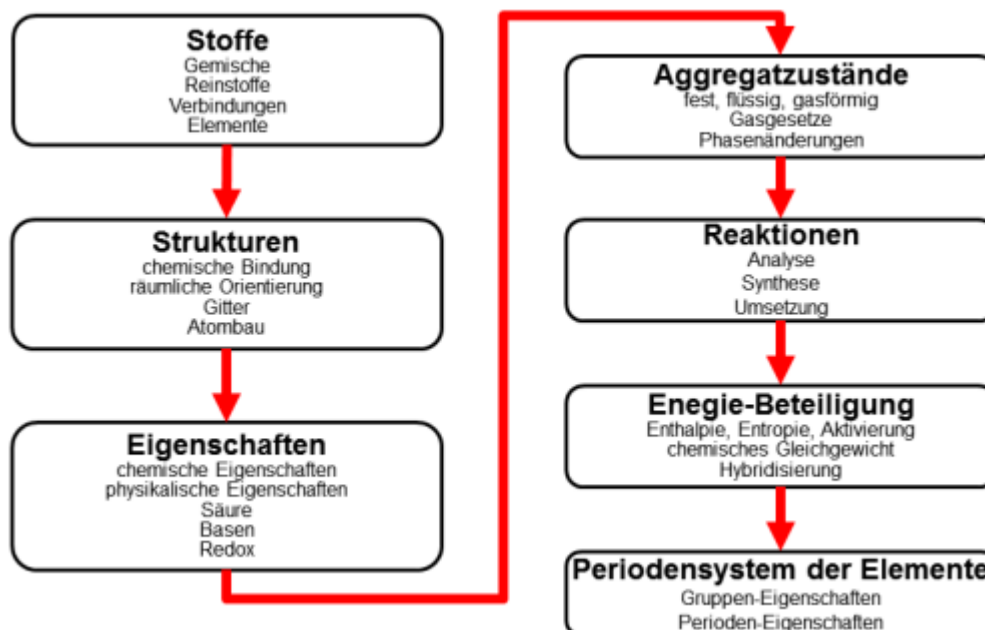


Abb. 6.1: Typischer Verlauf

Erfolgreiche Anwendung:

- außerhalb des Faches Chemie
 - im Lehrgang Maschinenschreiben,
 - beim Instrumentalspiel,
 - in der handwerklichen Berufsausbildung (vom richtigen Werkzeug-Gebrauch zum Gesellenstück),
 - beim Erlernen von Sport-Techniken (vom Muskelaufbau über Reflextraining zum Reckturnen);
- im Fach Chemie beim
 - Aufstellen von chemischen Gleichungen,

- Anwenden von Nomenklatur-Regeln (AC, OC),
- Bestimmen von Oxidationszahlen,
- chemischen Rechnen.

6.2 Spiralige Anordnung

Derselbe Inhalt wird im Verlauf einer Ausbildung in (Jahres)Abständen mehrmals gestreift und gemäß der Entwicklung des Lernenden ergänzt und vertieft.

Im Wesentlichen ist auch hier der Verlauf linear, aber die Erkenntnis, dass man nie alle Voraussetzungen in der vorausgehenden Einheit für die nächste schaffen kann, kommt es in Abständen zu Wiederholungen, allerdings immer mit zusätzlichen Aspekten (qualitativ oder quantitativ auf höherem Niveau).

Bsp. 8: (siehe auch Abb. unten): Der Reaktionstyp Redox wird schon in Jgst. 5 phänomenologisch behandelt, indem Gemeinsamkeiten von Oxidationsprozessen aus dem Alltag (z. B. Rosten von Eisen, Schwärzung von Silber und Kupfer, "Blühen" von Aluminium und Zink) gefunden werden. In Jgst. 9 werden die Gemeinsamkeiten durch das Basiskonzept des Elektronenaustauschs konkret gefasst, in Jgst. 10 mit dem Phänomen der Korrosion mit Hilfe von Redox-Gleichungen erweitert. In Jgst. 11 kommen quantitative Berechnungen der Potentiale hinzu (Nernst-Gleichung).

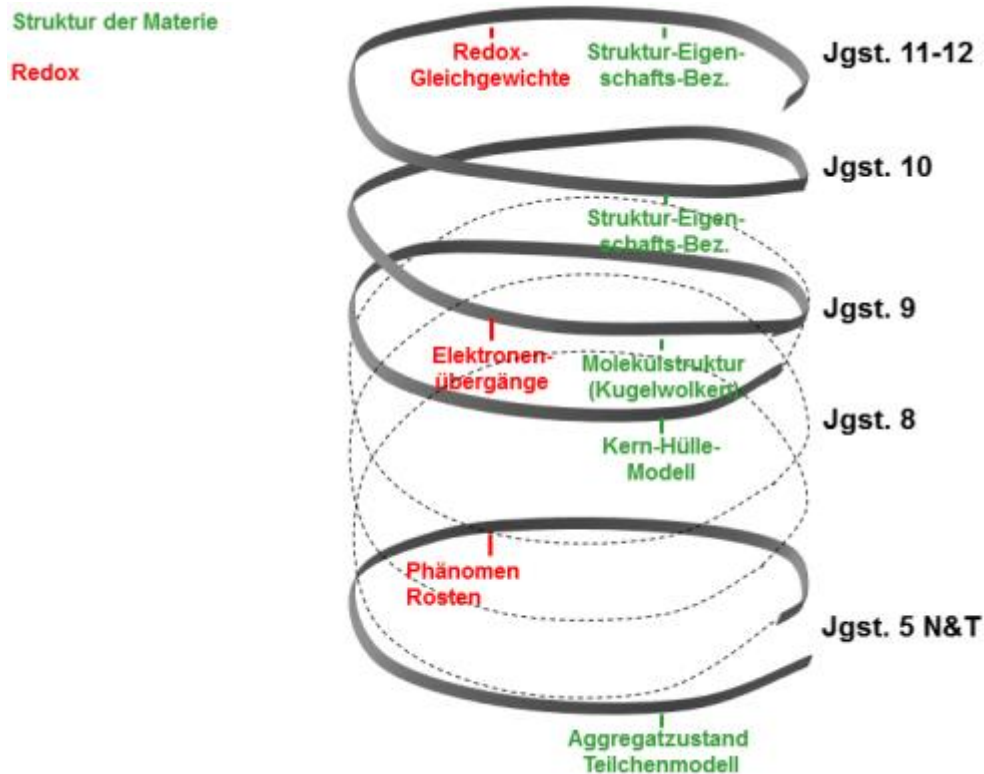


Abb. 6.2: Das Spiralprinzip in der Chemie anhand der beiden Inhalte-Beispiele "Struktur der Materie" und "Redox" (G8).

Vorteile. Man geht weitgehend vom Lernenden aus: Neues wird an Bekanntes angeknüpft und in Abständen, die dem Entwicklungs- und Erfahrungsfortschritt entsprechen, auf höherem Niveau vertieft. Dieses Vorgehen entspricht weitgehend dem (nichtinstitutionalisierten) Lernen im Leben.

Nachteile. Bei zu häufiger Wiederholung stellt sich Langeweile ein, vor allem, wenn nichts wirklich Neues dazu kommt. Objektive Ordnungskriterien (Fachsystematik) können zu kurz kommen.

Erinnerung: Wie oft haben Sie das alte Rom in den Fächern Geschichte und Latein während Ihrer Schulzeit "genießen müssen"?

Erfolgreiche Anwendung:

- in allen Fächern, in denen die Ausbildungszeit mehrere Jahre beträgt.
- in der Chemie (neben den Bsp. aus Abb. 2):
- erst qualitative, dann quantitative Aspekte
- erst das intuitiver verständliche S/B-Konzept nach Arrhenius, dann das etwas abstraktere nach Brønsted...

6.3 Entfaltung

Das Entfaltungs-Modell baut auf den Didaktischen Regeln auf: vom Nahen zum Fernen, vom Einfachen zum Komplizierten. Man kann erkennen, wie von den Didaktischen Regeln aus ein Anordnungs-Prinzip entsteht.



Abb. 6.3: Das Entfaltungsmodell

Der Lehrweg sollte sich, entsprechend auch dem nichtinstitutionalisierten Lernen, von der subjektiven Betroffenheit aus hin zu den fachlichen Strukturen allmählich in dem Maß entwickeln, wie das Interesse am Thema entsteht bzw. erhalten bleibt.

Bsp. 9 Säuren:

- *Ich-Ebene:* Man stellt mit Hilfe seiner Sinne fest, dass z.B. eine Zitrone sauer schmeckt. In einem bestimmten Alter oder bei begrenztem Interesse erschöpfen sich die weiteren Bemühungen um das Thema hier.
- *Wir-Ebene:* Später oder bei wieder erwachtem Interesse möchte man über diese Erfahrung kommunizieren und benötigt dafür in unterschiedlichem Ausmaß Fachsprache: "bäääh", "saurer als...", "pH=3".
- *Es-Ebene:* Bei immer noch bestehendem Interesse ist man bereit für die fachlichen Perspektiven wie Brønsted-Konzept, pK_s , Titrationskurve und Dissotiationsgleichgewicht.

Der Weg führt weiter zurück zur Ich-Ebene, indem die erlernten Fach-Konzeptionen anhand weiterer Beispiele überprüft werden: Gilt dies auch für Essigsäure? Wie passen die anorganischen Säuren hinein? Der erfolgreichste Weg ist jener des stetigen Wechsels der Richtung, aber angefangen mit der Richtung Ich zu Es.

Hinweis: Leider erfolgt der erste Zugang in der schulischen Praxis noch zu häufig in umgekehrter Richtung: "Arrhenius hat definiert...". Wie interessant ist das?

Die Reichweite dieser Anordnungs-Art kann sehr groß sein: in der Grundschule beschränkt man sich auf die Ich-Ebene, mit gelegentlichen sprachlichen Exkursen ins Wir, an Mittelschulen baut man die Wir-Ebene aus, an Realschulen und Gymnasien sollte man das Ich wieder aufnehmen, aber dann im Fachunterricht den Weg zum Es vorsichtig einschlagen.

6.4 Genetische Prägung

Die (individuelle) Entwicklung von Lernenden wird in der Entwicklung eines Lehrgangsaufbaues nachvollzogen.

Vorsicht: "Genetisch" hat hier nichts mit der Vererbungslehre (Genetik) zu tun, hat aber denselben Wortstamm als Ursprung und kommt vom gr. γένεσις genesis „Geburt“, „Ursprung“, „Entstehung“.

Man unterscheidet mehrere Formen, die für die Praxis weniger bedeutend sind (Real-Genese, Problem-Genese, Parallel-Genese, usw.).

Vorteile:

- Das Jetzt kann aus seinem Werden verstanden werden.
- Wirkt überzeugend (wenn man nicht überzeugt, dann leben die Lernenden weiter in ihrer persönlichen Vorstellung und das Schulfach wird zum Fremdkörper).

Nachteile:

- Die Zuordnung von kulturellen zu persönlichen Entwicklungsstufen ist Augenschein; es fehlt die fundierte wissenschaftliche Grundlage einer vergleichenden Forschung.
- Unsicherheit bei Lehrenden: „Auf Fragen des Kindes warten“ würde nicht optimal (was ist optimal?) fördern. Was ist zu tun, wenn das Kind nicht fragt?

Gefahren:

- Das Werden ist oft sehr langwierig und führt über Irrtümer oder in Sackgassen. Um die Irrtümer auf zu klären und aus den Sackgassen heraus zu kommen MUSS man die nötige Zeit aufbringen, sonst entsteht nicht positive Erkenntnis, sondern Frustration.
- Räumlich-zeitliche Nähe kollidiert mit seelischer Nähe (wenn man sich "genetisch" den Römern näher fühlt als Liebig).

6.5 Thematische Lehrgänge

Anhand eines exemplarischen Themas aus dem Fach heraus werden fachspezifische Einsichten, Fragestellungen und Arbeitsformen behandelt.

Bsp. 10: Arbeitsformen. Am Beispiel der Titration können Lernende nicht nur das Verfahren selbst, sondern exemplarisch das saubere, systematische und genaue Arbeiten, das quantitative Arbeiten (Volumen- und Konzentrationsbestimmung) und das chemische Rechnen beherrschen lernen.

Bsp. 11: Einsichten. Am Beispiel der Teilchenvorstellung von der Antike bis zum modernen Atommodell lässt sich der Wandel der Erkenntnisgewinnung (kam man durch philosophieren oder experimentieren dazu?) und die Entwicklung der strengen Naturwissenschaft exemplarisch zeigen.

Vorteile:

- Verhindert isoliertes Faktenwissen, da die Inhalte in einen Zusammenhang gestellt werden.
- Gut geeignet bei komplexen Aufgabenstellungen (siehe Partikularisierung).

Nachteile:

- Auswahl der Beispiele ist kritisch, denn die Makrostruktur des Faches muss sich in der Mikrostruktur des Themas gut widerspiegeln.

Gefahren:

- Falls die Lehrgangsform in Reinform eingesetzt wird, kann es zu isoliertem "Beispielwissen" kommen. Mehrere bis viele unterschiedliche, gestreut ausgewählte Beispiele sind für die Effektivität des Lern- und Übungsprozesses nötig.
- Ein systemischer Überblick (die "großen" Zusammenhänge) wird nicht automatisch geliefert, der Lehrgangs-Typ bedarf der Ergänzung durch andere Typen.

6.6 Die fachsystematische Anordnung

Ein klar abgegrenztes Fachgebiet wird gemäß fachsystematischer Kriterien unterrichtet. Dabei werden Einzelsachverhalte ausgewählt.

*Bsp. 12: Organische Chemie. Sie wird in der Regel streng fachsystematisch unterrichtet: am Anfang stehen die Verbindungen des Kohlenstoffs mit nur **einem** weiteren Element (die Kohlenwasserstoff-Stoffklassen Alkane, Alkene, Alkine, ggf. Hückel-Aromaten), dann die mit einem weiteren Element (Sauerstoff) in Form der Stoffklassen Alkanole, Alkanale, Alkanone und Carbonsäuren, ggf. Ester und Ether. Dabei werden exemplarisch meistens die praktisch bedeutsamen Glieder der homologen Reihe thematisiert (Methan, Ethen, Ethin, Ethanol, Ethansäure), ohne auf alle Einzelheiten (jedes Glied der homologen Reihe) einzugehen.*

Vorteile:

- Fachsystematik liefert tatsächlich in gewissem Maß Hilfen zur Strukturierung der (Fach-) Wirklichkeit.
- Alle nötigen Fachbegriffe (Grundwissen) werden zielstrebig ausgeschärft.
- Die Anordnung ist logisch und durch den fachlich sicheren Lehrenden einfach zu handhaben, indem er einem systematischen Lehrbuch folgt.
- Das Bild der Wissenschaft ist fertig und in sich geschlossen.
- Aus einer Fülle von Einzelbeispielen können jeweils die für die Situation am besten geeigneten ausgewählt werden (Methanol oder Ethanol je nach aktuellem Anlass, Essigsäure oder Hexadecansäure je nach Verwendungszweck als typische Vertreter ihrer Stoffklassen).

Nachteile:

- Fachsystematik nimmt wenig Rücksicht auf Lernende, etwa bezüglich des (individuellen) Lerntempos oder besonderer Ausprägung von Interessen.
- Lernende dürfen keinen Lernschritt versäumen, sonst entstehen nicht schließbare Lücken. Bei Lernsituationen im Klassenverband („Solidarität des Lernens“) lassen sich Lücken aber nicht vermeiden, wenn ein Lernender fehlt, der Unterricht aber weiter voranschreitet.

- In Verbindung mit einem strengen Zeitrahmen (Stundentafel, 45-Minuten-Takt) besonders unflexibel.
- Zusammenhang-Wissen entsteht nicht automatisch, Lehrende müssten die Hälfte der Unterricht- bzw. Vorlesungszeit eher auf Zusammenhänge, denn allein Faktenwissen verwenden.
- Nur verwendete Fachbegriffe werden ausgeschärft, eine Differenzierung entsteht nicht automatisch (Bsp. 13).
- Ignoriert die Komplexität von Problemen, die mit Chemie lösbar sind.

Bsp. 13 - Anders besetzte Begriffe in der Erfahrungswelt und in der Chemie

Bsp.	Erfahrungswelt	Chemie
Stoff	Textilerzeugnis, aus Fäden gewebt oder gestrickt: weich, bunt; Material, aus dem Bekleidung gemacht wird.	Materie mit einheitlicher Zusammensetzung und bestimmten Eigenschaften.
Reaktion	Antwort (des eigenen Körpers) auf einen Reiz aus der Umwelt.	Vorgang, bei dem ein Stoff in einen anderen überführt wird.
Farbe	Kochsalz ist weiß.	Kochsalz ist farblos.
Verbrennung	=Vernichtung	=Stoffumwandlung

Gefahren:

- Der Vorteil des Systematischen entpuppt sich dann als Nachteil, wenn das fertige System jedem "eingetrichtert" wird, ohne dass er die Möglichkeit hat, seine Entstehung im eigenen Gehirn mit zu verfolgen oder mitzubestimmen (Hinweis: siehe in Teil 4 "Konstruktivismus").

Zitat: "...worauf sich die ... Erläuterungen ... stützen, sind vorweggenommene chemische Tatsachen, die sich der Lehrer durch langjähriges Studium zu eigen gemacht hat und nun auf Grund seines reichen Wissens den Schülern in wenigen Stunden in den Schoß wirft..."

Es ist aus irgendwelchen Gründen offenbar sehr naheliegend, den Chemieunterricht fachsystematisch aufzubauen. Wenn Sie die Universität verlassen, haben Sie den Aufbau in der Regel dreimal auf gleiche Weise durchlaufen: 1x in der Schule, 1x im Studium, 1x beim Lernen auf das Staatsexamen. Es stellt sich die Vorstellung ein, es gäbe keine andere Anordnungsmöglichkeit. Dabei wird gelegentlich an der Universität betont, die Auftrennung in Teilgebiete sei sowieso künstlich und allein historisch bedingt. Metallorganische Verbindungen z.B. sind sowohl für die Anorganische Chemie (Verbindungen des B, P, Si, Sn... mit organischen Resten) als auch für die Organische Chemie von großem Interesse.

Bsp. 14: Vergleich eines Lehrbuches der AC mit einem Schulbuch aus etwa der gleichen Zeit

Holleman / Wiberg: Lehrbuch der Anorganischen Chemie 90. Auflage 1976	Götze / Fischer: Anorganische und Allgemeine Chemie 1. Aufl. 1978
A. Atom und Molekül B. Hauptgruppen des PSE C. Nebengruppen des PSE	4. Atome und Moleküle 10. Das gekürzte PSE 22. Nebengruppenelemente

<i>B.: Hauptgruppen: Das PSE Die chemische Bindung Die chemische Reaktion Die Gruppe der Edelgase Die Gruppe der Halogene...</i>	<i>10.: Gekürztes PSE: 10.4. PSE und Elementeigensch. 11. Atombindung und Kovalenz 14. Grundtypen chem. Reaktionen fehlt 10.2. Die Halogene...</i>
<i>Die Gruppe der Alkalimetalle: Das Lithium Das Natrium Das Kalium Das Rubidium, Cäsium, Francium...</i>	<i>Tabellarischer Vergleich: Lithium Natrium Kalium fehlt.</i>
<i>Der Schwefel: Elementarer Schwefel Wasserstoffverbindungen Halogenverbindungen Oxide Sauerstoffsäuren...</i>	<i>15.1 Schwefelverbindungen: an anderer Stelle 15.1.3. Schwefelwasserst. u. Sulfide fehlen 15.1.1. Schwefeldioxid, schwefelige Säure, Sulfite 15.2.2. Schwefeltrioxid, Schwefel-säure, Sul- fate</i>

Erfreulicherweise verwenden Schulbücher des 21. Jahrhunderts zunehmend auch andere Anordnungsprinzipien.

Erfolgreiche Anwendung:

- außerhalb des Faches Chemie
 - Grammatik im Sprachunterricht,
 - Geografie (physische und soziale Geografie)
 - Physik (Mechanik, Optik, Elektrizitätslehre...)
 - Biologie (Formenkenntnis und Systematik, Baupläne, Entwicklung...)
- in der Chemie beim
 - AC: Atombau, Periodensystem, Verbindungen der Elemente
 - OC: von Kohlenwasserstoffen zu Naturstoffen
 - BC: von Aminosäuren über die Peptid-Bindung zu Proteinen.

Bsp. 15: Ein Bild.

Stellen Sie sich vor, Sie müssten in einem Sandbett ein 4x4m großes Mosaikbild aus ca. 5mm großen bunten Steinchen erstellen. In 4 Wochen kann die Arbeit beendet sein. Drei Wochen lang kriegen Sie nichts Anderes gesagt als

- *an welche Stelle (Koordinaten?) des Sandbettes Sie*
- *welches Steinchen*
- *in welcher Farbe legen sollen.*

Erst in den allerletzten Tagen sehen Sie die Vorlage oder Sie erkennen günstigsten Falls von selbst, dass Sie ein sich im Schlamm suhlendes Schwein abbilden sollten... Normalerweise ist die typische Reaktion die: "Ja, wenn ich das gleich gewusst hätte..." ...dann wäre es wahrscheinlich viel schneller gegangen, ganz sicher aber interessanter gewesen.

6.7 Leitlinien

Weicht man von der linearen Anordnung (die, wie wir nun wissen, sich sowieso nicht durchhalten lässt) ab, so kann man nach verschiedenen Gesichtspunkten einen "roten Faden", also Leitlinien, durch die Inhalte-Päckchen legen. Die ersten beiden der folgenden 3 Beispiele sind fachlich inspiriert, das dritte durch die Denk- und Arbeitsweise der Chemie.

6.7.1 Stoff-Struktur-Eigenschaften

Im Zentrum des Lehrgangs stehen die Stoffeigenschaften und ihr Zusammenhang mit den Strukturen der Stoffe. Die Wege zwischen diesen Teilinhalten ergeben die Aufgabenbereiche der chemischen Analytik und der Synthese-Chemie. Alle anderen inhaltlichen Bausteine werden dann angesprochen, wenn sie benötigt werden. Dies ist eine Antwort auf die Kritik des "Lernens auf Vorrat".

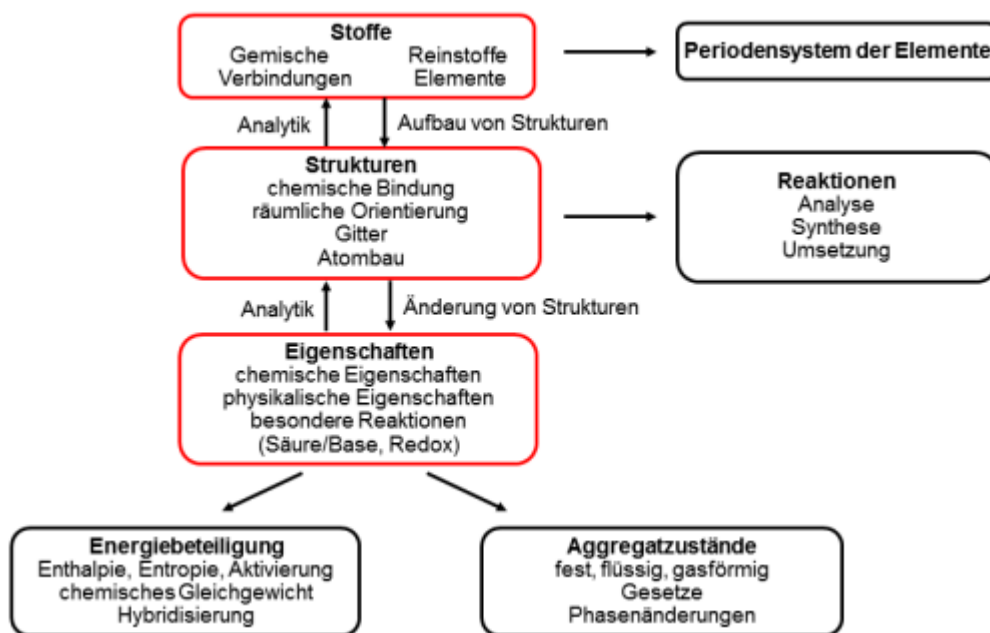


Abb. 6.4: Stoff-Struktur-Eigenschaften

6.7.2 Stoffumsatz

Die Stoffartumwandlung ist ein Charakteristikum der Wissenschaft Chemie. Deswegen stehen hier im Zentrum des Lehrgangs Prozesse, wie aus Elementen Verbindungen werden und umgekehrt (Reaktionstypen Synthese und Analyse). Die Umsetzung wird hinzu geschaltet. Alle anderen inhaltlichen Bausteine werden auch hier erst dann angesprochen, wenn sie benötigt werden. Dies ist eine Antwort auf die Kritik des "Lernens auf Vorrat".

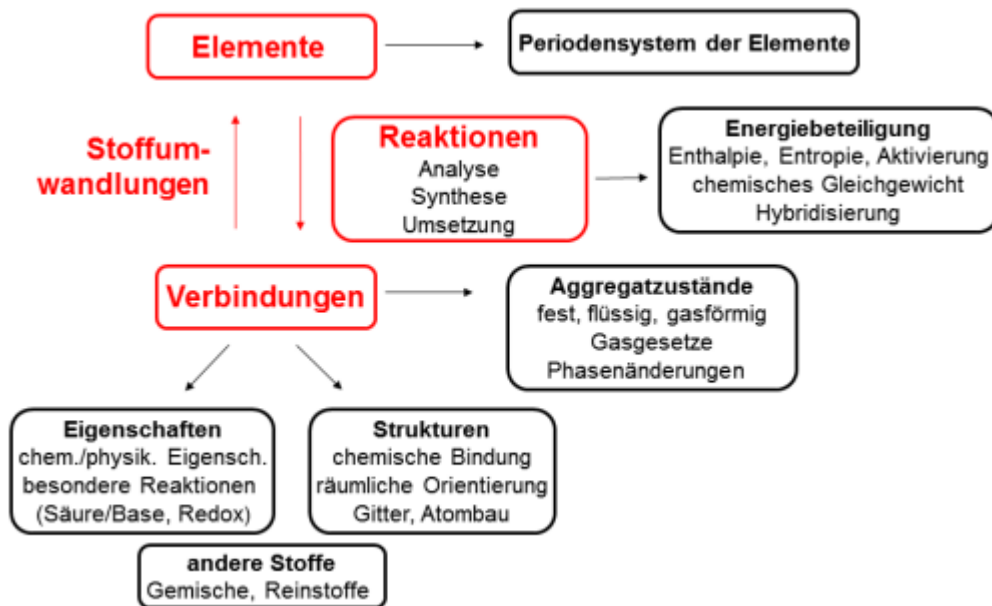


Abb. 6.5: Stoffumsatz

6.7.3 Denk- und Arbeitsweise in der Chemie

Im Zentrum des Lehrgangs stehen die beiden Erkenntnisebenen in der Chemie:

Die **Stoffebene** umfasst sehr viele Teilchen (z.B. 1 Mol), ist teilweise über unsere Sinne zugänglich (Farbe, Glanz, Geschmack...) und bereitet Lernenden selten Schwierigkeiten, da sie ein gewisses Maß an Erfahrungen auf dieser Ebene haben.

Die **Teilchen-Ebene** umfasst einzelne Teilchen (Atome, Moleküle) und ist für unsere Sinne nicht (direkt) zugänglich. Wir helfen uns mit einer Vielzahl von Modellvorstellungen (z.B. Bindungsarten) und Modell-Darstellungsarten (z.B. Kugel-Stäbchen-Modell, Kalotten-Modell). Der hohe Abstraktionsgrad und die Vielzahl der Modelle bereiten Lernenden erhebliche Schwierigkeiten.

Die beiden Ebenen dürfen auf keinen Fall vermischt werden. Da dies dennoch laufend geschieht, im Schulunterricht wie an der Universität, ergeben sich daraus eine Reihe von "Lehrer induzierten Lernschwierigkeiten", z.B.

Tab. 6.1: Lehrerinduzierte Lernschwierigkeiten

falsch	richtig
Die Farbe eines Schwefelmoleküls ist gelb.	Das Schwefel-Moleküle hat keine Farbe. Der Stoff Schwefel hat in manchen Modifikationen eine gelbe Farbe.
Ein Kupfer-Atom leitet den elektrischen Strom.	Kupfer leitet den elektrischen Strom. Ein Atom leitet keinen Strom. Die elektrische Leitfähigkeit entsteht erst, wenn die Valenzelektronen vieler (ca. 100) Atome zu einem Leitungsband überlappen.
Wasser ist ein Dipol.	Das Wasser-Molekül ist ein Dipol.

Vermeiden kann man diese, indem man als Lehrender

- stets die Wechsel zwischen den Erkenntnisebenen transparent macht und ankündigt,
- die Zahl der Wechsel pro Zeiteinheit minimiert und
- sich einer sauberen und exakten Fachsprache bedient.

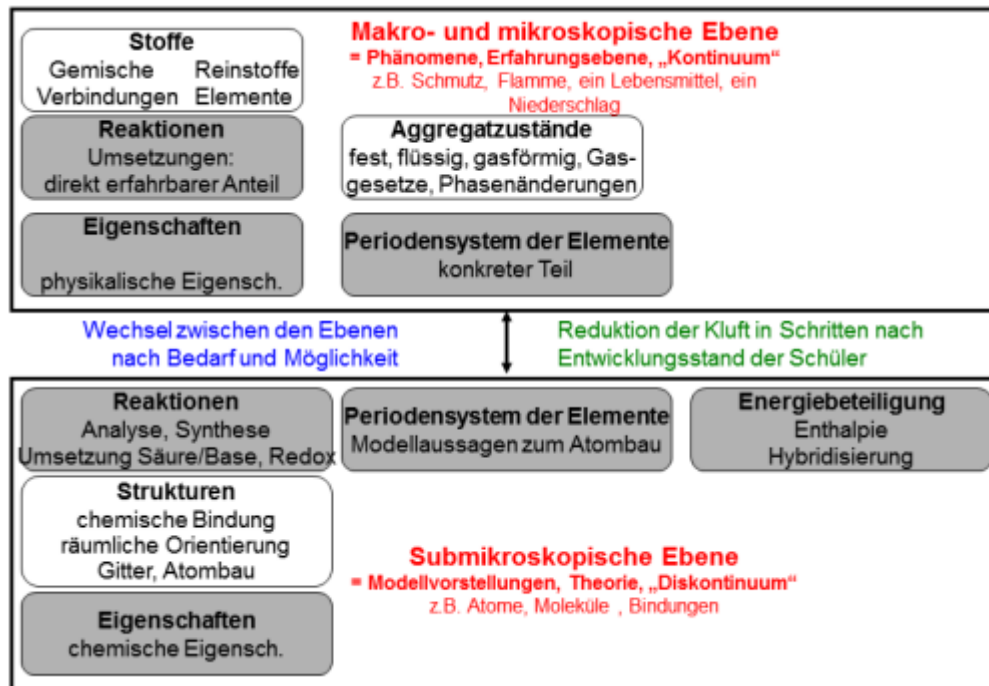


Abb. 6.6: Denk- und Arbeitsweisen

Sie erkennen in der Abbildung, dass sich manche Inhalte auf beiden Ebenen abspielen (grau unterlegt).

Bsp. 16: Das PSE kann auf Stoffebene gelesen werden (z.B. molare Masse), aber auch auf einzelne Atome angewandt werden (z.B. Zahl der Valenzelektronen).

Bsp. 17: Physikalische Stoffeigenschaften ergeben sich in der Regel erst auf der Stoffebene (z.B. Schmelzpunkt von Magnesium ist 650°C), chemische Eigenschaften haben auch einzelne Atome (z.B. wurde das chemische Verhalten von Seaborgium an 7 Atomen untersucht).

[<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/phbl.19970530907/pdf>, 19.8.15]

6.8 Fachübergreifender Unterricht

Schon seit Jahrhunderten sind die Nachteile fachsystematischer Lehrgangskonzeptionen bekannt:

- Von Seiten der Pädagogen gibt es seit dem 17. Jh. den Vorwurf, Schule fördere nur das reine Faktenwissen und das sei nur ein Teilaspekt der Wirklichkeit. Eine Vermittlung von "Lern-Fertigkeiten" ist offenbar bis heute nicht glaubwürdig umgesetzt. Deshalb suchte man stets nach einem Gegengewicht zum reinen Fachunterricht.
- Von Seiten der Lernenden gab es schon immer Motivationsprobleme: der Sinn von reinem Fachunterricht wird von vielen Schülern nicht eingesehen. Auch werden sie dabei von ihren Lehrern kaum unterstützt.

Bsp. 18: So klagt ein seinerzeit 17-jähriger Schüler aus Berlin auf Ausschluss vom Chemieunterricht: Benjamin Kiesewetter argumentiert, dass er z.B. im Chemieunterricht "gesundheitsgefährdendem Stress und Angstattacken ausgesetzt sei, da er gegen seinen Willen Lehrstoff pauken müsse, von dessen Nutzlosigkeit er überzeugt sei; er fürchte, dass seine Wissbegierde und Lernfähigkeit getötet oder zerstört würde." [1]

In diesem Zusammenhang fiel die Vokabel von der "pädagogischen Zwangsernährung".

Wir unterscheiden nach OBST [2]:

- **fachliches Lernen** als Extrem auf der einen Seite. Hier bestimmt ein Einzelfach mit seiner Fachstruktur und seiner fachlichen Enge den Unterricht. Gelegentliche Hinweise auf Verwendung oder Bedeutung von Inhalten in anderen Fächern können vorkommen, es ist immer noch Fachunterricht.

Bsp. 19: Ihre Erfahrungen mit Unterricht aus dem bayerischen Gymnasium. In LP G8, NTG C9.1 findet sich beim Thema Flammenfärbung und Spektralanalyse der Hinweis auf das Fach Physik, P9.2 Atome.

- **integrativer Unterricht** als Extrem auf der anderen Seite. Hier werden die Fachstrukturen traditioneller Fächer aufgegeben zugunsten des Arbeitens am Inhalt, egal aus welcher Perspektive, in Form von Projekten zu komplexen Themen.

Bsp. 20: Ein Projekt "Bienen" enthält neben wirtschaftlichen, biologischen usw. Aspekten sicher auch chemische Aspekte (Wirkung des Bienengiftes, Zusammensetzung von Honig, chemische Natur des Wachses...), ohne dass aber die Fächerung eine Rolle spielt.

Zwischen den Extremen gibt es einen stufenlosen Übergang mit einer Fülle von Begriffen, von denen viele gegeneinander gar nicht abzugrenzen sind. Zwei seien herausgegriffen:

- **fachübergreifender Unterricht** (syn. fachaufweitend, grenzüberschreitend) ist eher in der Nähe des Fachunterrichts angesiedelt. Hier bestimmt zwar noch ein Einzelfach mit seiner Fachstruktur den Unterricht, aber die Beziehungen zu anderen Unterrichtsfächern soll **planmäßig** hergestellt werden.

Bsp. 21: Im LP G9 fand sich der Hinweis auf eine Exkursion, die das Fach Chemie beim Thema "industrielle Verfahren" zusammen mit dem Fach Wirtschaft unternehmen soll. Planmäßige Festlegungen dieser Art fehlen nach 2007.

- **fächerverbindender Unterricht** (syn. fächerübergreifend, fächervernetzend) ist eher in der Nähe des integrativen Unterrichts angesiedelt. Hier bestimmen mehrere Einzelfächer nebeneinander den Unterricht mit ihren Fachstrukturen, aber die Zusammenarbeit der Unterrichtsfächer erfordert Phasen gemeinsamen Lernens und ein höheres Maß an Koordinierungstätigkeit der Fachlehrer.

Bsp. 22: Im Rahmen eines Projektes "Farbstoffe" arbeitet die Biologielehrerin Veggi Hoffmann mit der Chemielehrerin Annelys Bodenständner und dem Kunstlehrer Miro Pinsel zusammen. Lernende der Jgst. 5 gehen von Pflanzenteilen aus (z.B. Nelke als Blütenknospe, Ingwer als Wurzel), extrahieren die Farbstoffe und malen damit Aquarellbilder, die zusätzlich noch herrlich duften.

Hinweis 1: In der Praxis wurden die Begriffe nicht im Sinn dieser Definitionen verwendet. Man sprach zu Zeiten des G9 gerne von "fächerübergreifendem Unterricht", meinte aber höchstens fachübergreifenden, wenn nicht sogar Fachunterricht.

Hinweis 2: In den Lehrplänen finden sich auch Hinweise auf fächerübergreifende Bildungs- und Erziehungsaufgaben in der Form >U, GE, MT). Bsp.: Umwelterziehung U, Gesundheitserziehung GE, Mensch und Technik MT, Berufliche Orientierung BO, Medienerziehung ME (früher: ITG)

Mit Hilfe des **Baum-Modells** lassen sich fachliche Zusammenhänge über die Jahrgangsstufen hinweg beleuchten:

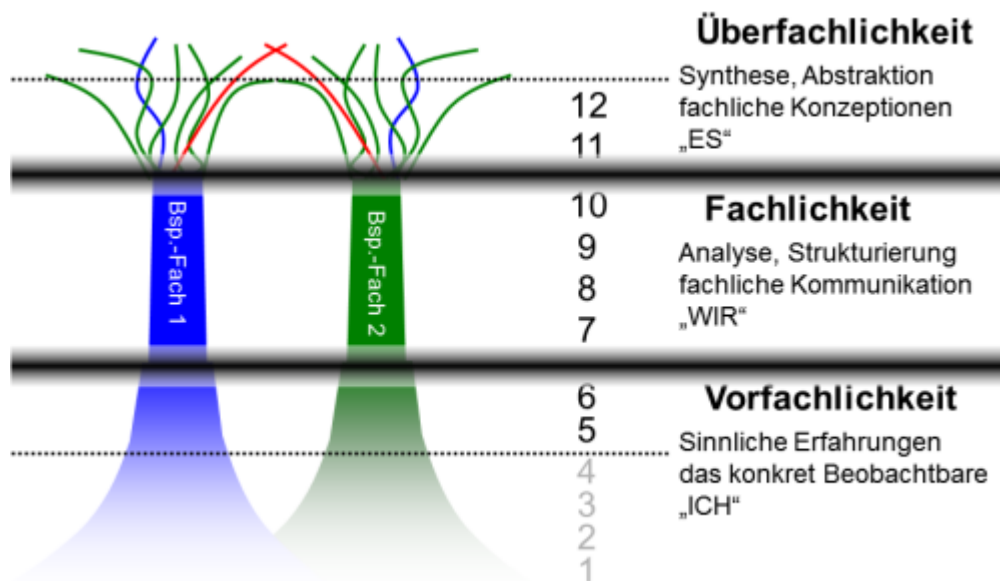


Abb. 6.7: Die Entwicklung der Fachlichkeit über die Schuljahre hinweg lässt sich mit einem Baum-Modell beschreiben. [3]

Das Baum-Modell geht vom Entfaltungs-Modell aus und soll den idealen Umgang mit Fachlichkeit illustrieren:

- In der Primarstufe werden vorfachliche Vorstellungen ausgehend von sinnlichen Erfahrungen gelegt (LP Sachunterricht: z.B. "Erfahrungen mit Luft").
- Daraus entwickeln sich in den Jgst. 5-6 an den weiterführenden Schulen Bereiche, wie z.B. Naturwissenschaften im Fach Natur&Technik (G8). Phänomene werden mit einfachsten naturwissenschaftlichen Modellen erklärt (z.B. von "Luft-Teilchen" über das Teilchen-Modell zu Sauerstoff-Teilchen).
- Im Bereich der Mittelstufe werden dann die Fächer konturiert und Fachspezifika bezüglich Inhalten und Arbeitsweisen herausgearbeitet (z.B. Bestimmung des Sauerstoffanteils in der Luft über spezifische, quantitativ verlaufende Reaktionen).
- Im der Oberstufe erst ergibt es einen Sinn, die Fächergrenzen bewusst und zu ganz bestimmten Zwecken zu überwinden, da Lernende die entsprechende psychische Reife besitzen und über genügend fachliche Sicherheit

verfügen (z.B. Bedeutung von Gleichgewichtsreaktionen im Stoffwechselgeschehen).

Die **Vorteile** fächerübergreifenden Unterrichts können durch folgendes Bild illustriert werden.

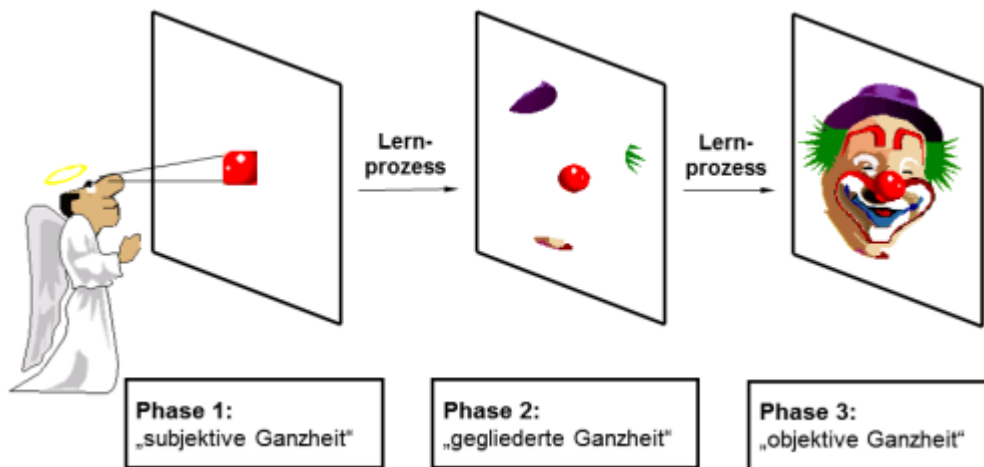


Abb. 6.8: Phasen des fächerübergreifenden Unterrichts [nach 3]

Bsp. 23: Limonen in der Organischen Chemie

Phase 1: Lernender Kevin Schnellwoll soll Zitrone und Orange mit seinen Sinnen untersuchen und anschließend vergleichen. Das ist gut so, denn er wird bei seinen Möglichkeiten auf der Stoffebene abgeholt und lernt das Beobachten. Wir gehen davon aus, dass dies alle seine Mitschüler potentiell gleich gut können. Kevin glaubt, alles erkannt zu haben, was es zu erkennen gibt.

Phase 2: Lehrender Markus Geduldig leitet den Lernprozess an. Sein Ziel: Schaffen einer fachspezifischen Ordnung einschließlich Herstellen von Übersichtlichkeit. Beide Früchte gehören zur gleichen Pflanzen-Familie und -Gattung (Citrus), aber nicht alle Inhaltsstoffe scheinen gleich zu sein. Parameterreduktion zur Vereinfachung: es werden nur Monoterpene und Säuren betrachtet. Das Durchdenken des Einflusses einzelner Parameter wird besser möglich. Gleichzeitig gerät die submikroskopische Ebene (lehrergeleitet) in den Fokus. Kevin erkennt, wie sehr er sich geirrt hat und fügt zu seinem chemischen Wissen die Monoterpene als typische Stoffklasse hinzu, die für Aromen zuständig ist, sowie zu seinen Kenntnissen über Säuren die Zitronensäure (Gesetzmäßigkeiten, Abstraktion, Prüfung auf Übertragbarkeit auf andere Fälle). Als Zusatz erfährt er, dass es R- und S-Isomere des Limonens gibt und dass diese trotz der sehr hohen Ähnlichkeit deutlich unterschiedlich riechen. Kevin ist durchaus dankbar für den erweiterten Blick.

Phase 3: Lehrender Geduldig verknüpft im Sinne des Basiskonzeptes Kommunikation die Kenntnisse zusammen mit den Lernenden zu einem Gesamtbild, in Stufen und mit Hilfe von Fachsprache. Es können verwandte Fächer verknüpft werden (Chemie - Physik - Mathematik - Biologie - Geografie), dann Denkrichtungen (Ethik - Sprachwissenschaft - Sozialkunde - Wirtschaft - Geschichte). Aus den Erkenntnissen über die exemplarischen Verbindungen werden Gesetzmäßigkeiten abgeleitet. Zum Basiskonzept Erkenntnisgewinnung trägt bei, dass Kevin nun klar ist, dass man sich nicht auf seine Sinne verlassen darf: was sauer schmeckt können sehr verschiedene Strukturen sein, was sehr ähnlich bezüglich der Strukturformel aussieht kann sehr unterschiedliche Sinneseindrücke hervorrufen (R-Limonen riecht nach Citrusfrüchten, S-Limonen nach Nadelhölzern). Er ist auch in der Lage, diese erlernten Gesetzmäßigkeiten auf ähnlich gelagerte Probleme zu übertragen.

Gefahren: Ein zu frühes Schielen nach Zusammenhängen kann der Gründlichkeit massiv schaden und könnte zu einer heillosen Konfusion in den Köpfen von Lernenden führen [4].

Fachübergreifender Unterricht setzt sich das Ziel, bei Lernenden Wissensstrukturen aufzubauen und Fähigkeiten zu entwickeln, die ihnen helfen, komplexe Sachverhalte zu klären und die ihnen innewohnenden Beziehungen zu verstehen. [3]

Zur eigenen Kontrolle:

1. I: Wenden Sie das Entfaltungsmodell auf eines der Themen an:
 - Oxidation
 - Salze
 - Kohlenwasserstoffe
 - Siedepunktserhöhung.
2. II: Diskutieren Sie Vorteile und Probleme einer spiralförmigen gegenüber einer linearen Anordnung von Inhalten.
3. III: Wenden Sie eines der genetischen Verfahren auf die Organische Chemie an.
4. III: Formulieren Sie Charaktereigenschaften von je einem Lernenden, der eher
 - eine fachsystematische oder
 - eine fachübergreifende oder
 - eine Vorgehensweise nach dem Entfaltungsmodellbevorzugen würde.
5. II: Notieren Sie Lernschwierigkeiten, die Sie mit der Fachlichkeit in der Unter- und Mittelstufe des Gymnasiums hatten.
6. I: Beschreiben Sie die makroskopische und die submikroskopische Ebene am Beispiel Wasser.

[Hinweise zur Lösung.](#)

Quellen:

1. Zitiert nach "Schulfrei per Anwalt" in Die Zeit, 21.02.1997, S. 29.
2. Obst, H.: „Fächerübergreifender“ Unterricht, NIU-Chemie, Heft 4, 1997, 158-161.
3. Wagner, W.: Seminar "Fachübergreifendes Lernen", Universität Bayreuth 2005-2007, unveröffentlicht.
4. Klautke, S.; Tutschek, R.: Chancen und Probleme Fächer übergreifenden Unterrichts, Schulmagazin 5 bis 10, Nr. 1/1977, 8-11.

7 Exkurs: Wissenschaftstheorie

"Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen" werden gerne zitiert. Leider zeigt die Beobachtung, dass diese kaum in universitären naturwissenschaftlichen Veranstaltungen explizit thematisiert wird.

Wie arbeiten Wissenschaftler?

Was tun Naturwissenschaftler anders als Geisteswissenschaftler?

Unterscheiden sich die Arbeitsweisen von Physikern und Chemikern?

Möchte man Lernenden das "wissenschaftliche Arbeiten" beibringen, sollte man es nicht nur aus der persönlichen Erfahrung einer Bachelor-Arbeit oder eines Fortgeschrittenen-Praktikums kennen, sondern auch fachsprachlich abstrahiert und reflektiert haben - finde ich.

Einen kleinen Ersatz für mangelnde Vorkenntnisse aus fachwissenschaftlichen Vorlesungen soll dieses Kapitel liefern.

Wissenschaftstheorie liefert aus der Rekonstruktion des Zustandekommens von Erkenntnissen Methoden zum richtigen wissenschaftlichen Arbeiten.

7.1 Erkenntnisweg der Naturwissenschaften

Naturwissenschaften beschäftigen sich mit beobachtbaren Phänomenen der belebten und unbelebten Natur, sofern sie nicht durch das menschliche Denken bedingt sind.

Bsp. für Naturwissenschaften: Physik, Chemie, Astronomie, Geowissenschaften, Biologie, Paläontologie, Medizin und Veterinärmedizin (Mathematik ist Voraussetzung und Hilfsmittel).

Die Naturwissenschaften sind von drei Fragen (nicht notwendiger Weise gleichzeitig) geprägt:

- Wie geschieht etwas? (Beobachtung; **Empirie**)

Bsp. 1: Wie verhält sich ein Eisen-Draht, wenn zunehmend viel Strom durchgeschickt wird? Physik.

- Warum geschieht es? (Frage nach der Ursache; **Kausalität**)

Bsp. 2: Warum reagiert Kupfer mit verdünnter und konzentrierter Salpetersäure zu unterschiedlichen Produkten? Chemie.

- Wieso geschieht es? (Frage nach dem Zweck; **Teleologie**).

Bsp. 3: Was bezweckt der Mandrill, wenn er sein Hinterteil einem Artgenossen präsentiert? Biologie.

Naturwissenschaftliches Denken muss (u.a.) im Chemieunterricht geschult werden. Lassen wir den Fall im Moment unbetrachtet, ob dieses Vorgehen nicht eine Eingenung eines sich ansonsten freier entfaltenden Geistes bedeute, eine Theorie, die von manchen Philosophen vertreten wird, obwohl sie Erkenntnissen der Verhaltensbiologie und Neurophysiologie widerspricht. Gehen wir davon aus, dass die angestrebte Schulung sinnvoll ist.

7.1.1 Beobachtung

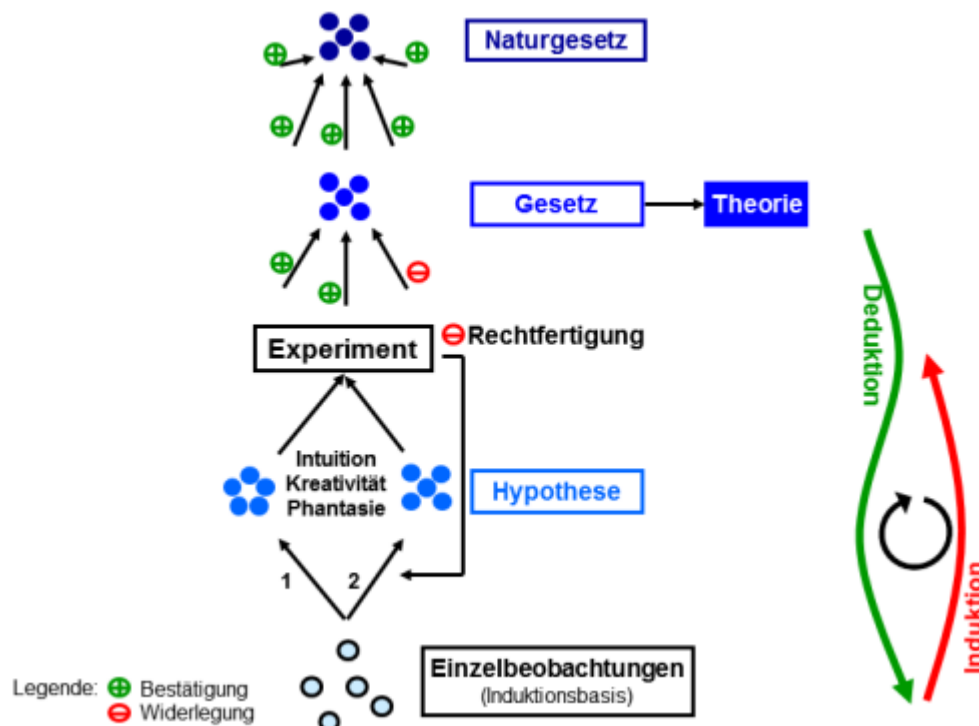


Abb. 7.1: Naturwissenschaftliche Arbeitsweise

Grundlage für jede Gewinnung von Erkenntnis ist die genaue Beobachtung von Phänomenen aus der Natur. Man muss aber klar unterscheiden zwischen **sehen** und **beobachten**.

Bsp. 4: Jeder Passant **sieht** den schillernden Regenbogen in der Pfütze.

- Künstler Pablo Mustachos: "Schönes Farbenspiel! Ich sehe darin den Kampf der ungefärbten, barbarisch-groben Materie gegen das Feine, Ästhetische, gegen Harmonie und Frieden." Damit ist die Beobachtung für ihn erledigt.
- Otto Normalverbraucher: "Ja, das ist in einer Stadt halt so." Erledigt.
- Philosoph Arthur Schopenhauer: "Existiert die Farbe wirklich oder können wird das a priori gar nicht entscheiden?"
- Naturwissenschaftler Nano Ferri: "Die Lichtwellen werden offenbar unterschiedlich stark gebrochen. Wieso kann es bei Berührung eines braunen Öltropfens mit Wasser zu mehreren Farbzonen kommen?"

Alle vier **sehen** Dasselbe, aber noch lange nicht das Gleiche. Möglicherweise beschäftigt sich nur der Naturwissenschaftler eingehender mit der **Erklärung** des Problems.

Bsp. 5: direkte Beobachtung: (vergleichbar mit "sehen"): Der Blitz schlägt in einen Baum ein; dieser beginnt zu brennen.

Bsp. 6: indirekte Beobachtung: Stoff A wird mit einem roten Indikator versetzt, die Farbe ändert sich nach violett. Wir **vermuten**, dass eine chemische Reaktion stattgefunden hat.

Bsp. 7: vermittelte Beobachtung: Beobachtungsinstrument: VIS-Spektrometer. Das Spektrum zeigt zwei statt des erwarteten einen Absorptionsmaximums. Wir können mit unseren Sinnen nicht entscheiden, ob die violette Farbe rein oder das Ergebnis einer Mischung aus rot und blau ist.

Bsp. 8: quantitative Beobachtung: Das eine Absorptionsmaximum ist doppelt so hoch wie das andere.

Schon für die Beobachtung sind Kenntnisse nötig; das merkt man, wenn Lernende die Aufgabe haben, ein Experiment zu beobachten. Schulung ist nötig in Bezug auf:

Was kann man wirklich **sehen**, was **weiß** man und was **vermutet** man lediglich?

Wohin muss ich schauen? Wo geschieht das Entscheidende?

Bsp. 9: Ablenkung. Oft lassen sich Lernende durch eine "zappelnde" Luftblase im Kühlkreislauf oder die gelegentlich aufleuchtende Flamme eines Brenners so stark ablenken, dass sie die kondensierenden Dämpfe oder den ersten Tropfen der farblosen Flüssigkeit übersehen.

Was muss man **nicht berücksichtigen**, weil es mit dem Beobachtungsziel nichts zu tun hat?

Bsp. 10: Beschreibung. Die Destillation von Rotwein läuft. Persephone Will wird aufgefordert, zu beschreiben, was sie beobachtet. Antwort: "Das Wasser rauscht und blubbert (im Kühlmantel des Kühlers)."

Zitat: nach Popper:

Aufforderung: "Beobachten Sie!"

Nach 30 Sekunden Frage: "Was haben Sie gesehen?"

Antwort: "Dies und das..."

Bemerkung: "Wenn Sie nicht wissenschaftlich gezielt beobachten, gucken Sie nur blöd in der Welt herum!"

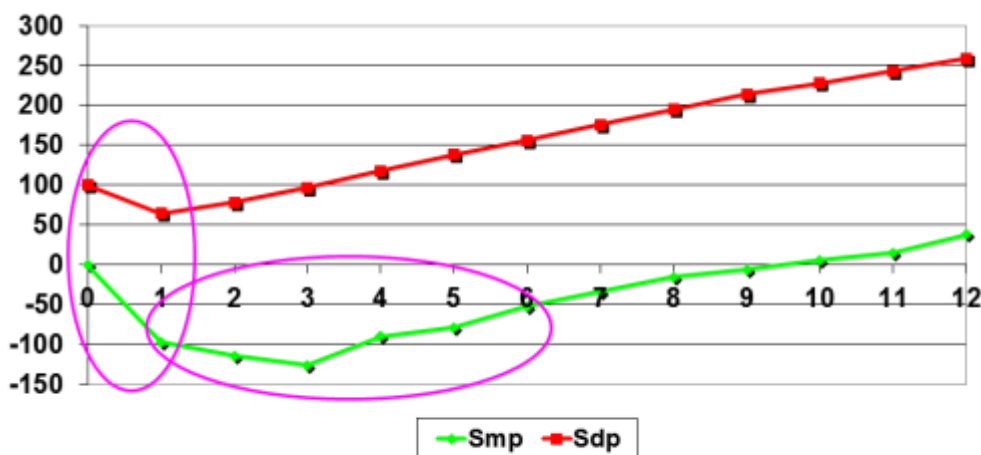
Schule leistet das Hinführen zu den Fragen, das Aufzeigen von Methoden, wie man an die Natur, außer rein emotional oder beschreibend, noch herangehen kann.

Hinweis: Die Praxis ernüchtert etwas. Manche Lernenden sind offenbar von Haus aus (im Alter von 9-11) schon neugierig, stellen Fragen und arbeiten an einer Antwort. Anderen kann man es in 12 Schuljahren nicht beibringen, obwohl sie im Prinzip die gleiche Behandlung erfahren haben.

7.1.2 Bewertung von Beobachtung

Eigentlich ist dieser Punkt untrennbar mit der Beobachtung selber verbunden. Aus folgendem Grund sollten die Begriffe dennoch unterschieden werden.

Beobachtung an sich ist weitgehend ein objektiver Prozess. Philosophische Betrachtungen, wonach keine zwei Lebewesen das Gleiche wahrnehmen seien ignoriert, physiologische Unterschiede, die zu geringfügigen Qualitätsunterschieden in der Wahrnehmung führen, als für unsere Betrachtungen weitgehend unerheblich eingestuft.



1 Vergleich Wasser $M=18\text{g/mol}$ mit Methanol $M=32\text{g/mol}$
 2 Gerade und ungerade Zahl von C im Alkylrest

Abb. 7.2: Verlauf der Schmelz- und Siedepunkte bei n-Alkanolen im Vergleich zu Wasser

Die Bewertung besitzt allerdings einen wechselnd hohen subjektiven und einen unterschiedlich spekulativen Anteil. Sie bringt den wesentlichen Anteil an Unschärfe in das Ergebnis der Beobachtung hinein.

Ziel des Chemieunterrichts sollte auch sein, dass Lernende überhaupt dazu gebracht werden, zu bewerten. Erst durch das "sich beschäftigen" mit der Beobachtung gelangt diese fester in unser Gedächtnis und steht für spätere mögliche Verknüpfungen zur Verfügung.

Bsp. 11 Bewertung. Sind die Smp.-Unterschiede zwischen gerad- und ungeradzahligen C-Atomen im Alkylrest erheblich oder vernachlässigbar? Passen die Unterschiede zu Wasser zu meinem bisherigen Wissen oder kann ich es mir nicht erklären?

7.1.3 Hypothesen

Aus Beobachtung und Bewertung kann man Hypothesen ableiten.

Hypothesen sind formulierte Annahmen, wie eine Beobachtung erklärt werden könnte.

Bsp. 12: schwache Hypothese: In jeden Baum schlägt der Blitz ein.

Bsp. 13: starke Hypothese: Immer wenn der Blitz einschlägt, geht der Baum kaputt.

7.1.4 Übersichtlichkeit herstellen

Ist das Phänomen zu kompliziert, wird es in überschaubare Teile aufgliedert (Partikularisierung):

- Brennen die Blätter und/oder das Holz?
- Bleibt die Baumgestalt erhalten oder splittert er stets, wenn der Blitz einschlägt?
- Brennt der Baum ganz ab?

7.1.5 Experiment

Um eine Hypothese zu überprüfen, müssen gezielte Experimente durchgeführt werden.

Experimente sind planmäßig ausgelöste, reproduzierbare Vorgänge zum Zweck der Beobachtung.

Bsp. 14: Grundschüler testen, welche Materialien brennen: Eisennagel, Kunststoffstäbchen (PE), Papier, Holzstäbchen, Holzstab, Kieselstein...

7.1.6 Theorie

Schließlich entsteht eine Theorie aus einer Hypothese, falls die Ergebnisse von Experimenten sie bestätigen.

Eine **Theorie** umfasst das formulierte Gesetz ("Organische Stoffe brennen"), seine Deutung ("weil sie energiereich sind") und Aussagen über den Gültigkeits- oder Anwendungsbereich ("sofern ausreichend Aktivierungsenergie und Sauerstoff zur Verfügung stehen").

Bsp. 15: widerlegte Hypothese, in der Folge keine Theorie. Bäume können auch angezündet werden, sie brennen nicht nur, wenn der Blitz einschlägt.

Bsp. 16: bestätigte Hypothese, in der Folge Theorie. Bäume werden durch Blitzeinschlag immer geschädigt, auch wenn sie nicht brennen.

Bsp. 17: 2. Hauptsatz der Thermodynamik (Entropiesatz): Ein Stoff brennt dann von selbst weiter, wenn er dadurch einen ungeordneteren, d.h. energieärmeren Zustand einnehmen kann.

Wie man zur Theorie gelangt, kann unterschiedlich sein:

- **Induktives** Vorgehen versucht, die neue Beobachtung auf Bekanntes zurückzuführen, vom Einzelnen auf das Ganze zu schließen. Das führt zu guten ("in jeder Steckdose sitzt der heiße Hui") oder schlechten Hypothesen ("Hunde beißen nicht").

- **Deduktives** Vorgehen versucht, vom Ganzen, von einer bekannten Regel den Einzelfall zu erklären ("Wenn alle Gegenstände nach unten fallen, dann tut es der Kanarienvogel auch").

Beide Vorgehensweisen lassen sich bei einer Theorienfindung nicht trennen: ein Erkenntnisweg wird immer abwechselnd induktiven oder deduktiven Anteilen folgen.

7.1.7 Naturgesetze

Der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg ist erst dann endgültig abgeschlossen, wenn er zu einem **Naturgesetz** führt, das keine Ausnahmen zulässt. Alle anderen Erkenntnisse bleiben auf der Ebene von Theorien und sind hinfällig, sobald wesentliche neue Erkenntnisse dies erfordern.

Bsp. 18: Das Gravitationsgesetz: Ein Gegenstand fällt immer nach unten.

7.2 Der Erkenntnisweg des geisteswissenschaftlichen Anteils der Didaktik

Geisteswissenschaften beschäftigen sich mit den Schöpfungen des menschlichen Geistes.

Bsp. für Geisteswissenschaften: Philosophie, Theologie, Philologie, Geschichte und Kunstgeschichte, Jura, Soziologie, Wirtschaftswissenschaften, Psychologie. Mathematik ist strittig.

Ihre wesentlichste Methode ist die **Empirie**, d.h. aus Erfahrung gewonnene Erkenntnis. Auch der Empirie geht eine **Hypothese** voraus. Zur **Theorienbildung** kann das **Experiment** eingesetzt werden, sein Verlauf und die Ergebnisse sind allerdings nicht reproduzierbar.

Bsp. 19: Pädagoge Sigurd Lämpel untersucht den Einfluss

- eines Experimentes
- zum Thema Spannungsreihe
- auf den Lernerfolg
- von fünf 11. Klassen
- aus Bayreuther Gymnasien,
- gemessen mit einem der Stunde folgenden Post-Test.
- Es gab eine Kontrollklasse, in der statt Experiment ein Video gezeigt wurde.
- Er kommt zum Ergebnis, dass der Lernerfolg beim Experiment höher ist.

Aufgabe: Lehrender Jonas Jungspund liest die Publikation. Was kann er daraus lernen?

Anregungen dazu:

- Hätte ein anderes Experiment bei gleichen sonstigen Parametern genauso gewirkt?
- Wirken Experimente bei allen Themen so?
- War die untersuchte Unterrichtseinheit etwas Besonderes im Tagesablauf der Klassen oder wick sie (Lehrperson!) erheblich vom sonstigen Chemieunterricht ab?
- Lässt sich das Ergebnis auf die Jahrgangsstufe 11 generell übertragen?
- Ist das Ergebnis auf alle Orte übertragbar, gilt es auch in Selb und in München?
- Kommt man zum gleichen Ergebnis, wenn man die Lernenden einem mündlichen Test unterzieht?
- Käme man zum gleichen Ergebnis, wenn man selber die Untersuchung geleitet hätte?

Viele der Parameter sind einzigartig, nicht wiederholbar.

Somit ist das geisteswissenschaftliche Experiment

- nicht reproduzierbar,
- die Ergebnisse nicht verifizierbar.

Die Übertragbarkeit ist stark eingeschränkt.

Auf der anderen Seite sind bessere Ergebnisse mit sozialen Gruppen voller unkontrollierbarer Parameter wohl nicht zu erhalten. Trotzdem sollte man sich über das Ausmaß der Aussagekraft im Klaren sein.

Zur eigenen Kontrolle:

1. I: Notieren Sie, welchen Weg Sie als Lernender in Ihrem Unterricht öfter erlebt haben: den deduktiven oder den induktiven?
2. I: Grenzen Sie "Hypothese" gegen "Theorie" ab.
3. III: Im Alltag hört man gelegentlich die Formulierung: "Du mit deinen Theorien". Diskutieren Sie, ob damit der Begriff "Theorie" im naturwissenschaftlichen Sinn gemeint sein kann.
4. III: Beschreiben Sie anhand eines selbst gewählten Beispiels, wie Sie vorgehen um herauszufinden, ob 3 Beobachtungen einer Gesetzmäßigkeit folgen.

[Hinweise zur Lösung](#)

8 Basiskonzepte

Basiskonzepte sind keine Anordnungsprinzipien. Ihre Inhalte kommen verteilt in mehreren Lehrgängen vor. Ihre Leistung wird sein, dass sie **trotzdem** und **besonders** geeignet sind, Zusammenhänge herzustellen und aufzuzeigen.

Als **Basiskonzepte** bezeichnet man die strukturierte Vernetzung aufeinander bezogener (naturwissenschaftlicher) Begriffe, Theorien und erklärender Modellvorstellungen, die sich aus der Systematik eines Faches zur Beschreibung elementarer Prozesse und Phänomene historisch als relevant herausgebildet haben.

Wer mit der Definition wenig anfangen kann, ist in guter Gesellschaft, aber:

- Ist Ihnen nicht gelegentlich als Schüler schon aufgefallen, dass es Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen "Kapiteln" der Chemie gibt? Abgeben und Aufnehmen von Wasserstoffkationen, Elektronen, Energie, Atomgruppen?
- Hätten Sie sich nicht gewünscht, es gäbe in der Chemie "Super-Regeln", damit man noch weniger auswendig lernen müsste, sondern sich mehr herleiten könnte?

Dann waren Sie kurz davor, die Basiskonzepte zu entdecken. Dem bayerischen LehrplanPLUS für **Gymnasien** liegen schon seit Ihrer Schulzeit folgende Basiskonzepte zugrunde:

1. **Stoff-Teilchen-Konzept**; Stoffe sind aus Teilchen aufgebaut. Es gibt unterschiedliche Teilchen: geladen, ungeladen, einfache (Atome) und zusammengesetzte (Moleküle). Für jeden Reinstoff ist seine Teilchen-Art typisch. Man unterscheidet die Stoffebene (mit ihren typischen physikalischen Eigenschaften wie Schmelzpunkt, Farbe, Aggregatzustand bei RT...) klar von der Teilchenebene (Elektronenkonfiguration, Ladung, Bindungskräfte zu den Nachbarn...).

Material.

Bsp. 1: Die Kupfersulfat-Teilchen (mit ihrem Kristallwasser) finden sich aus der Lösung immer zu Kristallen der gleichen geometrischen Form zusammen.

2. **Struktur-Eigenschafts-Konzept**; aus der Struktur der Materie ergeben sich ihre Eigenschaften. Dies gilt für beide Erkenntnis-Ebenen der Chemie: Stoff- und Teilchenebene. Zur Erklärung muss man meistens die Ebene wechseln (ein Metall-Gitter auf Teilchenebene führt zur Eigenschaft Duktilität auf Stoffebene, ein Ionen-Gitter zu Sprödigkeit).

Material.

Bsp. 2: Der stark polare Bau der Wasser-Moleküle führt auf Stoffebene zum relativ hohen Siedepunkt von Wasser.

3. **Energie-Konzept**; z.B. Wärme wird bei manchen chemischen Reaktionen frei, bei manchen benötigt. Reaktionen werden stets durch einen gewissen Energieumsatz begleitet, wobei verschiedene Energieformen beteiligt sein können (Wärme, Licht).

Material.

Bsp. 3: Durch Kühlen kann die Ausbeute an Ammoniak bei der Synthese aus den Elementen gesteigert werden (Hinweis: nicht so bei der katalysierten Reaktion! Warum?).

4. Konzept der chemischen Reaktion

In diesem Konzept sind mehrere Prinzipien zusammengefasst:

- **Donator-Akzeptor.** Die Stoffklassen Säuren und Basen lassen sich mit Wasserstoffionen-Austausch, Reduktions- und Oxidationsmittel mit Elektronen-Austausch, die meisten Reaktionen mit Atomgruppen-Austausch beschreiben.

Bsp. 4: Bei der elektrophilen Substitution an Benzen wird ein Wasserstoff-Ligand gegen eine Nitro-Gruppe ausgetauscht.

- **Gleichgewicht.** Bei chemischen Reaktionen stellt sich im abgeschlossenen System ein Gleichgewicht zwischen einer Hin- und einer Rückreaktion ein. In diesen Zusammenhang gehört auch die **Umkehrbarkeit** chemischer Reaktionen und Maßnahmen, die Gleichgewichtslage durch die Wahl äußerer Bedingungen zu beeinflussen („**Steuerung**“).

Bsp. 5: Entfernt man Ammoniak aus dem Reaktionsgefäß, wird aus den Elementen mehr nachgebildet. Gibt man stattdessen mehr Ammoniak hinzu, zerfällt er wieder in die Elemente.

- **Reaktionstypen** (Synthese, Analyse, Umsetzung) und
- **Mechanismen** (z.B. S_N , Eliminierung, Addition).

Im Beschluss der KMK (Kultusministerkonferenz) von 2020 [„Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife“](#) sind die Basiskonzepte 1 und 2 zu einem, „Aufbau und Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen“, zusammengefasst.

Basiskonzepte haben den praktischen Vorteil, dass sie allgemein anerkannt sind, in der Didaktik wie in der Wissenschaft. Innerhalb der einzelnen Basiskonzepte lassen sich besonders wichtige "Schlüsselbegriffe" definieren. Für letztere findet man den Vorteil nicht: jeder Chemiker, den man fragt, ist sich ganz sicher, zu einem gegebenen Thema "die" 10 Schlüsselbegriffe formulieren zu können. Leider formuliert der nächste Chemiker 10 andere. Ob ein Begriff ein Schlüsselbegriff ist oder nicht, darüber gehen die Meinungen sehr stark auseinander. Es sind einseitige bis mehrseitige Listen mit Schlüsselbegriffen zur Chemie am Gymnasium bekannt, was ihren Einsatzzweck stark einschränkt.

Vorteile:

- Die **Schlüsselbegriffe** können früh zur Erklärung der Lebenswelt beitragen.
- Trägt zu fächerübergreifenden Einsichten bei.

Nachteile:

- Die Bedeutung einzelner Begriffe aus fachlichen Listen von Schlüsselbegriffen sind häufig umstritten.
- Werden Basiskonzepte zu früh verfolgt:
 - Die fundamentalen Schlüsselbegriffe werden fertig vorgegeben, sie sind Ergebnisse langer Erkenntniswege des **Lehrenden**, nicht der Lernenden, wirken für diese also "fremd", wenig überzeugend oder hilfreich, und werden nicht übernommen.

„Die Schüler lernen, Fragen, die sie noch gar nicht gestellt haben, ... vorschnell mit wenigen fertigen Fundamentalsätzen zu beantworten. Sie glauben, etwas zu wissen, und wissen doch nichts;...“ nach Hans Glöckel.

- Schlüsselbegriffe werden (auswendig) gelernt und nicht verinnerlicht (etwa zu einem erworbenen Weltbild).

Erfolgreiche Anwendung:

- realer Einsatz: Grundschule (Primarbereich) bis Mittelstufe (Sek I); in den USA breit.
- eigentlicher Soll-Einsatz: Mittel- bis Oberstufe (Sek I-II) als fachübergreifende Zusammenschau, **nachdem** Kenntnisse vorhanden sind, die verbunden werden können.

Bsp. 6 Negativ Beispiel. Mit der Mengenlehre (Mathematik) oder dem Thema "Fortbewegung im Tierreich" (Biologie) hat sich gezeigt, dass diese Art des Lehrgangs nicht universell angewendet werden kann. Bei diesen Beispielen wurden Basiskonzepte zu früh (Jgst. 5) eingesetzt. Lernende (und ihre Eltern!) waren nicht in der Lage, auf der Ebene von konkreten Denkoperationen so weit zu abstrahieren, dass sie die übergreifenden Konzepte erkennen, verinnerlichen und beherrschen, nicht nur "nachplappern".

Eine Zusammenfassung finden Sie in diesem [Material](#).

Zur eigenen Kontrolle:

1. II: Geben Sie an, welche Basiskonzepte Ihrer Meinung nach mit einer UE "Synthese eines Dipeptids" verfolgt werden können.
2. III: Ordnen Sie die Basiskonzepte in eine Reihenfolge, in der Sie sie vom Anfangsunterricht ausgehend erwarten würden. Verwenden Sie dafür Ihre Erfahrungen mit dem Fach Chemie aus der Schulzeit.
3. I: Beschreiben Sie am Beispiel der Reaktion von Natronlauge mit Salzsäure das Gleichgewichts-Konzept.

[Hinweise zur Lösung](#).

9 Zusammenfassung

Sie haben sich nun makromethodische Maßnahmen erarbeitet, um zu erkennen

- welche Instanzen Ihre Bewegungsfreiheit mit Inhalten im Unterricht (sinnvoll?) einschränken,
- warum das so ist,
- wie man Inhalte nicht nach Belieben, sondern nach fachdidaktischen Grundsätzen **auswählt**,
- für eine bestimmte Zielgruppe (Alter) **bearbeitet**,
- und wie man sie nach fachdidaktischen Grundsätzen **anordnet** kann.

Sollten Sie das Gefühl haben, dass Sie damit noch nicht sicher genug für die Anwendung im Lehrberuf umgehen können, haben Sie recht. Im Kompetenzraster erkennen Sie, dass der Anforderungsbereich II nicht immer, der Anforderungsbereich III selten besetzt ist. Das heißt, dass Sie jetzt im Wesentlichen Kenntnisse von Begriffen und Verfahren erworben haben, die allerdings durch praktische Umsetzung noch in Fertigkeiten überführt werden müssen. Dies geschieht planmäßig in zwei Stufen:

1. noch während der Phase I in den Schulpraktika ab dem 5. Semester, sowie
2. verstärkt in der Ausbildungsphase II (dem "Referendariat").

Ihre universitäre, theoriegeleitete Ausbildungsphase I muss durch die praxisgeleitete Phase II (Dauer immerhin 2 Jahre!) ergänzt werden.

Dabei möchte ich als Lernbegleiter die Grundlage für Methodenkompetenz gelegt haben, d.h. in Ihnen das Bewusstsein geweckt haben, dass die wesentliche Basiskompetenz des Lehrenden der Methodenwechsel ist. Wechsel kann aber nur stattfinden, wenn man mehrere Optionen hat.

Im folgenden Kapitel soll die Methodenkompetenz auf der Stufe der Durchführung von Unterricht in den einzelnen "Stunden" genauer konkretisiert werden.

Hinweis Zitat: "Der fragend-entwickelnde Unterricht ist auch in anderen Ländern zu finden, aber kaum als dominantes Unterrichtsmuster..."

Erweiterung: "Wie kann man dies ändern? Die Aufgabe ist deshalb so schwierig, weil sie die Änderung von hoch automatisierten Routinen verlangt, auf denen die Handlungssicherheit von Lehrkräften beruht. Bürokratisch anzuordnen ist hier nichts. Allen Sachkundigen ist klar, dass der letzte Schritt zur Professionalisierung des Lehrberufs noch aussteht, mit dem das Hauptmerkmal einer Profession zur Geltung kommt, nämlich die eigene Tätigkeit beobachtbar und reflektierbar zu machen. Dies bedarf der allmählichen Entwicklung einer Sprache, die es erlaubt, in nicht verletzender Weise über Unterricht - seine Vorbereitung, Durchführung und Evaluation - zu sprechen..." Baumert, J., *Wo steht Deutschland im internationalen Bildungsvergleich?* http://www.zeit.de/reden/Bildung_und_Kultur/baumert_bildung.html, 21.05.2002.

Erinnerung 1: Orientieren Sie sich mit Hilfe der Lernbrücke, wo Sie sich im Ausbildungsplan befinden.

Erinnerung 2: Wie sieht Ihr Kompetenzraster aus? Verwenden Sie eines persönlich? Setzen Sie Markierungen?

Das soll bleiben.

1. Wir sind in unserer Tätigkeit als Lehrende und Beamte an allgemeine und fachspezifische Bildungsziele gebunden.
2. Eines der bedeutendsten Bildungsziele ist, Lernende nicht allein mit Fachwissen zu füttern, sondern zusätzlich die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung zu bedienen.
3. Kompetenzbereiche können auf drei unterschiedlichen Anforderungsbereichen (I-III) angestrebt werden.
4. Aus dem breiten Angebot von Inhalten des Faches Chemie muss gemäß den Prinzipien ausgewählt werden.
5. Ausgewählte Inhalte müssen adressatengerecht bearbeitet werden. Dabei helfen die Prinzipien und die Maßnahmen der didaktischen Transformation.
6. Die bearbeiteten Inhalte sollten gemäß den didaktischen Regeln angeordnet werden.
7. Dabei entstehen Lehrgänge nach unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten: linear, spiralig, entfaltend, genetisch, fachsystematisch, fachübergreifend, vernetzt, ganzheitlich oder nach Leitlinien geordnet.
8. Basiskonzepte helfen dabei, den inhaltlichen Überblick über Fachprinzipien in der Chemie zu behalten.

Es folgt: Teil B.