



UNIVERSITÄT
BAYREUTH



Grundbegriffe Fachdidaktik Chemie

Teil B.

© Walter Wagner, Didaktik der Chemie, Universität Bayreuth

Stand: 16.03.2021

Änderungen: [16.3.21 Tippfehler](#)

Inhalt

1	Brauchen wir (Unterrichts)Methoden?.....	6
2	Geschichte.....	8
2.1	Die Zeit vor dem großen HERBART (bis 1800).....	8
2.2	HERBART und seine Nachfolger (1800 - 1900).....	9
2.3	Die Schulreformbewegung (1900 - 1945).....	10
2.4	Didaktik nach 1945.....	11
2.5	Die "Lernziel"-Welle.....	11
2.6	Der heutige Stand nach der Konstruktivismus-Debatte.....	13
3	Was ist eine (Unterrichts-) Methode?.....	14
3.1	Ein Weg aus dem babylonischen Sprachgewirr	14
3.2	Möglichkeiten der Beschreibung	16
3.2.1	Inhaltlich	16
3.2.2	Zeitlich	17
3.2.3	Methodisch	18
3.2.4	Strukturell: die Artikulationsstufen.....	19
3.2.5	Nach vorherrschender Arbeitsform	19
4	Vorstellung von Unterrichtsmethoden (UM)	22
4.1	Weniger strukturierte Begriffe im Zusammenhang mit Unterrichtsmethoden 23	
4.1.1	Alltags-Orientierung [5].....	23
4.1.2	Handlungs-Orientierung [1].....	24
4.1.3	Lehrziel-Orientierung	24
4.1.4	Spiel-Orientierung [1], [5].....	24
4.1.5	Strukturorientierung [4, 6]	25
4.1.6	Verfahrensorientierte UM (an der Wissenschaftstheorie orientiert) [2] 25	
4.2	Forschende Unterrichtsmethoden	28
4.2.1	Beispiel 1: Entwurf einer UE zum Thema Reduktion	28
4.2.2	Methodisches Vorgehen: forschen gegenüber entwickeln und entdecken.....	28
4.2.3	Arbeitsweise	29
4.2.4	Strukturierung	30
4.2.5	Leistungen und Grenzen	32
4.2.6	Beispiel 2: Positivbeispiel Einführung in die Oxidation.....	33

4.3	Historische Unterrichtsmethoden	35
4.3.1	Methodisches Vorgehen	35
4.3.2	Arbeitsweise	36
4.3.3	Strukturierung	36
4.3.4	Leistungen und Grenzen	37
4.3.5	Die genetische Färbung.....	38
4.4	Kann es ein "Normalverfahren" geben?	42
4.4.1	Diskussion	42
4.4.2	Lehrervortrag	44
4.5	Problemorientierte UM?	46
4.5.1	Unterrichts-Probleme (der ersten Art).....	46
4.5.2	"Probleme" als Unterrichtsmethode?	48
4.6	Projekte als UM.....	51
4.6.1	Beispiel 1: Ein Projekt zum Thema Ester.....	51
4.6.2	Methodisches Vorgehen	51
4.6.3	Arbeitsweise	52
4.6.4	Strukturierung	52
4.6.5	Kritik.....	54
4.7	Die an der Schülervorstellung orientierte UM (SVO) [nach 10]	56
4.7.1	Schülervorstellungen	56
4.7.2	Arbeitsweise	57
4.7.3	Strukturierung	58
4.7.4	Kritik.....	61
4.7.5	Kommentare zu Beispiel 1	61
4.7.6	Weitere Fehlvorstellungen	61
4.8	Selbst organisiertes Lernen (SOL) als UM	63
4.8.1	Der andere Ansatz.....	63
4.8.2	Methodisches Vorgehen bei einer praktikablen Variante.....	66
4.8.3	Arbeitsweise	66
4.8.4	Strukturierung	67
4.8.5	Kritik.....	69
4.9	Technische Unterrichtsmethoden [13].....	71
4.9.1	Technik am bayerischen Gymnasium?	71
4.9.2	Methodisches Vorgehen [20]	72
4.9.3	Beschreibung.....	75

4.9.4	Kritik.....	80
4.10	Unterrichtseinheiten UE	82
4.11	Zusammenfassung	85

Unterrichtsmethoden

Alle folgenden Fachbegriffe der Didaktik Chemie sind im

Fachbegriffe-Lexikon

zusammengefasst

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

oder:

Wozu brauchen wir Methoden? Wir haben 12 Jahre lang Unterricht erfahren (müssen) und somit ausreichend Erfahrung wie Unterricht geht. Wozu noch Methoden lernen?

Zitat: *"Wenn der Lehrer schon nicht schöpferisch sein kann, so sollte er doch mindestens intelligent sein, und wenn nicht das, so methodisch. Ist er aber in seinem Unterricht nicht einmal methodisch, so ist alles vergebens." Ingenkamp, nach [1].*

1 Brauchen wir (Unterrichts)Methoden?

"Nein" würden viele antworten. Unter anderem die meisten Fachprofessoren, manch "erfahrener" Lehrer sowie viele Laien, die in lehrende Funktion geraten.

Aufgabe: Vergleichen Sie Ihre Dozenten an der Universität mit einem Ihrer durchschnittlichen Lehrer am Gymnasium bezüglich Verständlichkeit der Darbietung der Inhalte für einen Personenkreis mit Ihrer Vorerfahrung.

Sie werden vermutlich zu zwei Erkenntnissen kommen:

1. Ja, es gibt Dozenten, die zwar über keinerlei Lehrmethodik verfügen, die aber dennoch in der Lage sind, Sie in ihrer Veranstaltung zu überzeugen. Das liegt daran, dass es durchaus geborene Naturtalente gibt, die ohne jede Ausbildung auf dem Gebiet das nötige Einfühlungsvermögen in ihre Zuhörerschaft mitbringen, um ihnen ihre "Message" schmackhaft zu machen. Meistens können diese Naturtalente gar nicht erklären, warum sie so gut ankommen.
2. Nein, es sind nicht viele. Genau genommen kennt man höchstens einen in einem Fachbereich von 30-50 Dozenten. Würden wir in Schulen allein auf Naturtalente bauen, hätten wir Klassenstärken von 500 und mehr Schülern.

Glöckel hat in [1] eine Reihe von Fehlauflassungen gelistet:

1. **"Sachkenntnis ersetzt Methode"**. Bedeutet: wenn man nur genug Chemie können würde, dann könne man sie auch lehren. Die Meinung ist bei Fachchemikern in der industriellen Lehre und an Universitäten weit verbreitet. Vermutlich wurde sie von F. A. Wolf vor 200 Jahren erstmals schriftlich festgelegt:

"Habe Gelehrsamkeit und dir wird die Gabe zu lehren nicht fehlen."

Allerdings sagte etwa zur gleichen Zeit G. C. Lichtenberg, Philosoph und Ordinarius für Physik an der Universität Göttingen ca. 1780:

"Wer nur Chemie kann, kann auch die nicht richtig."

Vertreter obiger Auffassung haben eine selbstgestrickte, unreflektierte, ungeprüfte Methode, die sie wegen dieser Ungeprüftheit für gut halten (müssen) ("so lange man nicht nachmisst, kann man für jede Länge behaupten, sie betrage 1m").

2. **"Erfahrung ist wichtiger als Methode"**. Die Auffassung kommt bei langjährigen Lehrern vor. Ihr Wirken ist höchst ineffektiv, da sie 30 Jahre benötigt haben, um eine (!) Methode (eigentlich: eine Hypothese) zu entwickeln, wobei die Überprüfung noch vollständig fehlt und die Übertragbarkeit auf einen Lehrling, andere Fächer, andere Schulstufen sicherlich fehlt. Merke: das Rad ist schon erfunden!
3. **"Es gibt nur eine richtige Methode, nämlich meine"**. Der betroffene Personenkreis findet sich ebenfalls bei "erfahrenen" Lehrern, leider auch bei manchen Seminarlehrern. Vertreter übersehen gerne, dass Lehrpersonen mit anderen Methoden auch Erfolge haben.

Meine (vorläufige) Antwort:

1. Wir brauchen keine Unterrichtsmethoden, denn Sie sind alle geborene Lehrer. Auch das folgende Studium sowie die anschließende "Referendarzeit" sind überflüssig. Machen Sie sich eine schöne Zeit.
2. Sollten Sie an der Feststellung 1 Zweifel hegen, brauchen wir doch Unterrichtsmethoden. Durch das Lehren von Unterrichtsmethoden lässt sich die Zahl der hinreichend erfolgreichen Lehrpersonen so weit erhöhen, dass Unterricht nicht in Großgruppen ($n > 500$) nötig ist.

Schlussfolgerung:

1. Die falsche Methode führt bestenfalls zu unbeabsichtigten Wirkungen.
2. Die richtige Methode optimiert den Lernerfolg.
3. Die Methode bestimmt das Lernenden-Verhalten (z.B. das Ausmaß an passiver oder aktiver Tätigkeit) **und** das Lehrenden-Verhalten (verstehen sie sich als Informationsquelle oder Lernprozessmanager?).
4. Methodenwechsel ist im Unterricht unerlässlich, um
 - a. individuellen Lernstrategien der Lernenden Rechnung zu tragen und
 - b. Stereotypen zu vermeiden, die sonst zwangsläufig zu Langeweile führen.

Zur eigenen Kontrolle (keine Lösungen sinnvoll):

II: Stellen Sie Fehlvorstellungen zum Methodenbegriff zusammen.

2 Geschichte...

...ist uninteressant. Dieser Meinung sind die meisten jungen Menschen (ich war es auch, sowohl jung als auch der Meinung:). Auch Sie werden die Erfahrung gemacht haben, dass der eine oder andere Ihrer Lehrer Jahreszahlen aufgezählt hat und Sie diese dann in der nächsten "Stunde" korrekt wiedergeben mussten.

Lesen Sie trotzdem weiter, denn

die Auseinandersetzung um die "richtige Methode" ist so alt wie Unterricht selber; es wird das einzige Mal in dieser Veranstaltung sein, dass der historische Weg (exemplarisch) beschritten wird (sonst kommt er immer dann vor, wenn dem Dozenten nichts eingefallen ist ;) und

gönnen Sie sich den Spaß herauszufinden, aus welchem Jahrhundert die Methode Ihres Lehrers/Dozenten stammt.

2.1 Die Zeit vor dem großen HERBART (bis 1800)

Institutionalisiertes Lehren begann mit dem **unverstandenen Memorieren**: Textpassagen oder Vokabeln wurden so oft wiederholt, bis Lernende sie wiedergeben konnten. So wird heute noch in vielen Glaubensschulen des Islam und des Buddhismus gelehrt.

Bsp. 1: So gesehen in Bangkok, eine Schule angegliedert an eines der unzähligen buddhistischen Wat (Tempelanlage): über 100 Mönch-Schüler lernen in einem Lattenverschlag (Klassenzimmer, nicht ungeschickt in den Tropen) Englisch.

Lehrer schreibt an die Tafel: "dog" und spricht das Wort.

Schüler sprechen im Chor nach: "dog".

Lehrer schreibt an die Tafel: "cat" und spricht das Wort.

Schüler sprechen im Chor nach: "cat".

Als ich eine Stunde später wieder an dem "Klassenzimmer" vorbei kam lief derselbe "Film": dog, cat, dog, cat...



Abb. 2.1: Buddhistische Mönch-Schüler

Quelle: http://www.theosthinktank.co.uk/files/news/rw/thailand-453382_640_620.jpg, 13.10.2015

So gesehen IST das eine Methode.

Der nächste Schritt wurde in den Katechismus-Schulen des 18. Jh. getan: in sokratischer Art versuchte man, den Verstand, nicht nur das Gedächtnis, anzusprechen, indem man Schüler **fragend-entwickelnd** führte.

Lehrer	Schüler im Chor
Ihr wißt, daß wir zweierlei Empfindungen haben können, nämlich angenehme und unangenehme . Jetzt sagt mir, zu welcher Art der Empfindung der Hunger und der Durst gehören.	Zu den unangenehmen .
Wenn ich aber nun einem Hungrigen und Durstigen ein Stück gutes Brot und ein Glas frisches Quellwasser reiche und er beides genießt, was für eine Empfindung wird ihm dieses verursachen?	Eine angenehme .
Und wenn ich einem anderen Hungrigen und Durstigen ein Stück Braten mit einem guten Salat nebst einer Kanne Bier vorsetze und er solches alles genießt, was für eine Empfindung wird diesem ein solcher Genuß verursachen?	Auch eine angenehme .
Bei welchem von beiden wird aber die angenehme Empfindung stärker, lebhafter, oder, wie man auch zu sprechen pflegt, in einem höheren Grade vorhanden seyn? ...	Bei dem letzteren .

Abb. 2.2: Die Katechisierer

Zitat 1: „Das Fragebuch lag hier einzig und allein zugrunde: über dessen Auffassung, Form, Veranlassung uns gar nichts gesagt wurde.

Wir wußten nicht, wer fragt und wer antwortet. Von den ... Lehrsätzen (=fachliche Inhalte), auf welchen die Antworten ruhen, sagte man uns gar nichts. Die Hauptsache war die, daß der Lehrer fragen konnte ... mit Fragen nie stockte. Ob auf die Frage eine vernünftige Antwort folgen könne, ob auf die letzte Antwort die nächste Frage passe, und ob jede zum Ziel führe, darauf kam es wieder nicht an.

Man fragte so, daß man **ja** oder **nein** bestimmt erwarten konnte... So wußte mancher nicht, ob die erhaltene Antwort die rechte sei. Die Erklärung der Wörter und Begriffe bestand nur darin, daß man die Hauptwörter mit den Zeitwörtern umschrieb... z. B.:

Was ist **Trost**? Wenn man einen tröstet...

Was ist **Leben**? Wenn einer lebt, wenn einer hier auf der Welt ist und lebt...“

Quelle: J. Gotthelf, nach Glöckel, [1, S. 102].

Ja, man braucht Methode.

2.2 HERBART und seine Nachfolger (1800 - 1900)

Herbart wollte aus der Situation heraus, dass man unreflektiert im Unterricht irgendetwas irgendwie irgendwann machte. Noch besser, er bemühte sich einen Weg zu finden, Junglehrern mit Hilfe von Gesetzmäßigkeiten beizubringen, wie erfolgreicher Unterricht zu gestalten sei.

Merke: Reflektiertes Lehren schärft den Sinn für klare Gliederung dessen, was man tut.

In Schritten arbeitete er die Artikulation von Unterricht heraus, d.h. eine Gliederung, eine Folge von sinnvoll aufeinander aufbauenden Stufen.

Tab. 2.1: Unterrichtsstufen nach Herbart, Allgemeine Pädagogik aus dem Zweck der Erziehung abgeleitet, Göttingen 1806.

Stufe	Ziel
Analyse = Vorbereiten	Man aktiviert vorhandene Vorstellungen und sucht Anknüpfungspunkte für das Neue.
Synthese = Darbieten	Im Gespräch mit dem Lehrer tragen Schüler neue Inhalte zusammen.
Assoziation = Verknüpfen	Das Neue wird mit dem Bekannten verglichen.
System = Zusammenfassen	Begriffliche Fixierung.
Methode = Anwenden	Wendet das Gelernte auf weitere Fälle an.

In der ersten Hälfte des 20. Jh. wurden Volksschullehrer nach diesen **Formalstufen** ausgebildet. Dies führte wegen Übertreibung zu übergründlichen, quälend-langweiligen Gedankenführungen. Schüler waren logischerweise nicht wirklich am Unterricht beteiligt, reagierten nur. Abgesehen davon war der sogenannte Gesinnungsunterricht dominierend: nur moralische Aspekte waren für den Unterricht interessant (Erinnerung: Schulunterricht hat seine Wurzeln ja im Bibelunterricht der Kirchen).

[Material](#) (Johann Friedrich Herbart in Wikipedia, 06.08.2019). Herbart hat erstmalig alles zusammengefasst, was man zu der Zeit über methodisches Unterrichten wusste. Darum wird oft auch heute noch auf ihn verwiesen. Wir werden seine Stufung von Unterricht später in moderner Prägung wiederaufnehmen.

Ja, man braucht eine **gegliederte Methode**.

2.3 Die Schulreformbewegung (1900 - 1945)

Drei Begriffe sind aus dieser Zeit erwähnenswert:

Die **Erlebnispädagogik** wollte keine Methodik haben. Man vertraute auf die eigene Erzählkunst (auch wenn nicht vorhanden) und auf eine gewisse ganzheitliche Darstellung unterrichtlicher Inhalte. Dabei fehlen naturwissenschaftliche Methoden vollkommen.

Zitat 2: Eine Rose duldet nicht, dass man Staubblätter zählt! Albert, nach [1]

Nein, man braucht keine Methode.

Die Arbeitsschule bringt das Element der Selbsttätigkeit in den Unterricht ein. Namen von Vertretern besitzen auch heute noch Bekanntheitsgrad: Gaudig (Sachsen), Kerschensteiner (BY), Freinet (F), Dewey (USA).

GAUDIG geht von der Arbeit mit dem echten Gegenstand (Blüte, Gestein, Holz...) aus, besonders wichtig für den naturwissenschaftlichen Unterricht. "Richtiges Fragen", Arbeitstechniken und die durch den Lehrer geleitete eigene Auseinandersetzung des Schülers mit dem Gegenstand sind neue Ziele des Unterrichts. KERSCHENSTEINER möchte die Beschäftigung auf jeden Fall durch ein Werk, ein Endprodukt, vollendet wissen. DEWEY schließlich macht daraus ein weitreichendes

Projekt, das oft die Fächergrenzen sprengt und eher an Forschungsprojekte erinnert. Schüler untersuchen weitgehend selbständig eine Thematik, der Lehrer hat Funktionen im Hintergrund.

Doch, man braucht Methode.

Maria Montessori und Berthold Otto drängen den Lehrer in seiner Rolle noch weiter in den Hintergrund: im Rahmen des **Freien Gesamtunterrichts** sollen Lehrer Materialien bereitstellen, für die nötige Ruhe sorgen und Anleitungen zur Handhabung von Geräten geben. Die Schüler bestimmen selbst, womit sie sich wie lange auseinandersetzen wollen. Jeder Lernvorgang ist spontan und individuell.

Oder doch nicht.

2.4 Didaktik nach 1945

In zunehmendem Maß werden didaktische Theorien von den psychologischen Lerntheorien bestimmt:

- **einsichtiges Lernen** betont die Phase der Problemfindung: erst eine klare Konturierung des Problems schafft die nötige Spannung, um eine mühsame Lösungs-Phase durchzuhalten.
- Das **Konditionieren** Skinners ist eine Variante des **assoziativen Lernens**. Die Facetten des Lernprozesses werden reduziert auf messbaren Input und Output (Reiz-Reaktionslernen). Höhepunkt waren lineare Lernprogramme, die den Anspruch hatten, in kleinsten Schritten jedem alles beizubringen.
- Piaget schließlich verknüpft unterschiedliche Formen des Lernens mit Entwicklungsstufen des Kindes (Schulalter: **anschauliche, konkrete, formale Operationen**).

Man braucht gegliederte Methoden.

2.5 Die "Lernziel"-Welle

Die Bedeutung von "Lernzielen" war unumstritten, sowohl für

- die Zielklarheit für den Lehrer,
- die Zielgemäßheit der Einzelmaßnahmen als auch für
- die Zielangabe, d.h. dass Schülern die Lehrziele ("Lernziele") bekannt gemacht werden und dass sie sogar an ihrer Aufstellung mitwirken sollten.

In konsequenter Weise wurde dann auch die (vorausgegangene) Lehrplangeneration der 80er Jahre (gemacht in den 70er Jahren) "lernzielorientiert" angelegt.

„Lernziele“	„Lerninhalte“	„Unterrichtsverfahren“	„Lernzielkontrollen“
<p>7. Fähigkeit, die Vielfalt der Kohlenstoffverbindungen zu begründen und die Reaktivität gesättigter und ungesättigter Kohlenwasserstoffe zu vergleichen (U)</p>	<p>Kohlenwasserstoffe</p> <ul style="list-style-type: none"> — Stellung des Kohlenstoffs im PSE: Elektroneutralität, Bindigkeit — Verknüpfungsmöglichkeiten: Ketten und Ringe — Verzweigung bei Alkanen: Gerüstisomerie; Einführung in die Nomenklatur — Einfach- und Mehrfachbindung: experimentelle Unterscheidung von Alkanen und Alkenen (bzw. Alkinen) 	<p>Unterrichtsgespräch und Demonstrationsversuche, z. T. auch Schülerübungen; Veranschaulichung der Verknüpfungsmöglichkeiten der Kohlenstoffatome mit AVM; Vorstellung einiger Alkane als Glieder einer homologen Reihe; Aufzeigen der Gerüstisomerie beim Butan und Pentan (Molekülmodelle); Hinweis auf die Genfer Nomenklatur; experimenteller Vergleich des Reaktionsverhaltens eines gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffs gegenüber einem Halogen (Sicherheitsvorkehrungen beachten!); Unterscheidung von Substitution und Addition, keine Reaktionsmechanismen!</p> <p>(5 Std.)</p>	<p>A: Angabe von Gründen für die Verknüpfungsmöglichkeiten der Kohlenstoffatome; Auswertung von Versuchen; Vergleich von Substitution und Addition; Benennung einfacher Kohlenwasserstoffe nach der Genfer Nomenklatur; Herleitung und Benennung der Strukturformeln von Isomeren aus der Summenformel;</p> <p>U: Auswertung von Versuchen</p>

Abb. 2.3: Beispiel aus einem curricularen LP
Quelle: aus dem LP 1972 Jgst. 12 Gymnasium, Bayern

Man hat sich zielmäßig richtig ausgetobt: Ziele waren eingeteilt nach ihrem Allgemeingrad in Richtziele, Grobziele, Feinziele und was weiß ich noch für Ziele. Dann nach der Art: Wissen, Können, Erkennen, Werten, und schließlich noch nach Anforderungsstufen, wie z.B. Einblick, Überblick, Kenntnis, Vertrautheit... (es folgen noch 6 Begriffe, die heute keine Rolle mehr spielen (sollten)).

Dermaßen durchgegliederte Ziele bezeichnete man als **operationalisierte Lernziele**. Dumm nur, dass es von Haus aus keine Lernziele sein können. Lernziele können nur Schüler haben, Lehrer können Lehrziele formulieren. Manche Lehrer argumentieren auf dieser Stufe: Lernziele enthalten das, was Schüler lernen sollen. Wollten Sie eigentlich sollen?

Immerhin hat die "Lernziel"-Welle den Blick der Lehrenden für klare Planung des Unterrichts geschärft: didaktisches Handeln wird differenzierter und präziser. Ergebnis kann eine "Check-List" für die eigene Unterrichtsvorbereitung sein:

1. Welche **Anforderungsstufe** strebe ich an? Kenntnis von, Einsicht in, Fertigkeit, Einstellung zu...?
2. Welches **Anforderungsniveau** strebe ich an? Reproduktion, Reorganisation, Transfer oder problemlösendes Denken?
3. Mit welchem **Intensitätsgrad** sollen Schüler das Gelernte beherrschen? Ersteindruck, Überblick, vertieftes Verständnis, sichere Beherrschung?

Als notwendige Konsequenz schält sich aus der Systematisierungswut die "neue" Erkenntnis heraus: es gibt unterschiedliche Lehrziele **und jede Lehrzielart erfordert ihre eigene Unterrichtsmethode**.

Zitat 3: *Es gibt nicht die eine, es gibt aber auch nicht jede beliebige, es gibt die jeweils angemessene Methode, und man muss viel wissen, um sie zu finden. [1]*

Man braucht sogar **mehrere Methoden**.

2.6 Der heutige Stand nach der Konstruktivismus-Debatte

Man hat im 21. Jh. erkannt,

- dass man Lehrmethoden von Lernmethoden unterscheiden sollte, und
- dass die Lernmethode von der Lernsituation abhängt.

Bsp. 2: Ratten in einem Versuchskasten bleibt nichts Anderes übrig, als richtungslos auszuprobieren; in der natürlichen Umgebung verhalten sie sich anders.

Bsp. 3: Im gängelnden fragend-entwickelnden Unterricht können Lernende keine Problemlösungsstrategien erlernen (was in den TIMSS- und PISA-Studien zum entsprechenden Ergebnis führte).

Lehrmethoden lösen sich von Lernmethoden. Es gibt **unterschiedliche Lernprozesse**, die von bestimmten Lehrmethoden unterstützt, von anderen eher behindert werden. Der Entwicklungsstand des Kindes spielt dabei eine entscheidende Rolle:

Bsp. 4: Während einem Unterstufenkind zum Thema "Reaktion von Säuren mit Metallen" nur das entdeckende Lernen zur Verfügung steht, kann dem Oberstufenkind die abstrahierte Gesetzmäßigkeit genannt werden, wodurch der Lernprozess stark verkürzt wird.

Dazu kommt, dass **individuelle Unterschiede** z.T. enorm sein können.

*Bsp. 5: Zeigt beim selbstbewussten Schüler das entdeckende Lernen gute Erfolge, so kann es bei unsicheren und/oder schwächeren Schülern eher Angst und Verwirrung auslösen. **Spielen mit Lego:***

Michi (7) probiert aus, setzt sich mit Anleitungen auseinander, die für seine Altersstufe noch nicht gedacht sind, empfindet das als Herausforderung. Dann, bei Schwierigkeiten: "Papa, das passt hier nicht. Wo habe ich einen Fehler gemacht?"

Tini (6) muss mühsam überzeugt werden.

"Tini, willst du nicht auch mit deinen Lego-Steinen bauen?"

"Papa, ich baue mit dir."

"Nein, Tini, du kannst das auch selber."

"Aber wenn ich einen Fehler mache...?"

Man erhofft sich einiges von **offeneren Unterrichtsformen** (siehe späteres Kapitel: entdeckendes Lernen, Problemorientierung, Projektunterricht, handlungsorientiertes Lernen), in denen der Unterrichtsverlauf nicht von vornherein starr fixiert ist ("geschlossen").

In den nächsten beiden Einheiten kümmern wir uns darum, wie man methodisches Handeln eines Lehrenden beschreiben könnte.

Zur eigenen Kontrolle (keine Lösungen sinnvoll):

1. Zu welchem Ergebnis sind Sie persönlich gekommen? Ist methodisches Vorgehen Ihrer Meinung nach sinnvoll oder engt es den "freien Geist" unnötig ein?
2. II: Denken Sie an den durchschnittlichen Chemie-Unterricht Ihrer Schulzeit. Ordnen Sie diesen in eine historische Zeit ein.
3. III: Viele Lehrende verwenden die Ausdrucksweise "Lehr/Lernmethode", was suggeriert, dass die Begriffe synonym verwendet werden können. Diskutieren Sie diesen Sachverhalt.

3 Was ist eine (Unterrichts-) Methode?

Aus der Geschichte wissen wir nun, dass sich (bei anderen, bei Ihnen weiß ich es nicht) die Erkenntnis durchsetzte, dass methodisches Vorgehen im Unterricht sinnvoll sei.

*Dachten Sie, nun sei alles klar? Pustekuchen. GLÖCKEL verwendet in [1] fast 100 Seiten auf die Diskussion, was Methode denn sei. Er ist meines Wissens der einzige Pädagoge, der es nicht bei der Diskussion belässt, sondern sich für **sinnvolle** Begriffe **entscheidet**, und die er zur Verwendung vorschlägt.*

Diesmal verwenden wir eine andere Annäherung an das Thema: nicht die Vergangenheit ist maßgeblich, sondern die Gegenwart. Sie werden über kurz oder lang sicherlich in die Lage geraten, mit didaktischen Begriffen

- *verschiedener Literatur-Quellen,*
- *verschiedener Seminarlehrer (Chemie und Ihres Zweifaches) oder*
- *von Didaktik-Dozenten unterschiedlicher Fächer*

umgehen zu müssen.

These: Es mag "Frontbereiche" in jeder Wissenschaft geben, in denen neue Begrifflichkeiten entstehen und sich etablieren müssen. Ganz sicher gibt es aber Basisbereiche auch in der Didaktik, die von klarer Fachsprachlichkeit geprägt sein müssen. Eine Wissenschaft ohne klare Fachsprache ist keine.

In diesem Kapitel entscheiden wir uns für klare Begriffe aus dem Bereich der Unterrichtsmethodik, die wir in der Zukunft auch möglichst konsequent nutzen werden, um zu beschreiben, was wir als Lehrende täglich tun.

3.1 Ein Weg aus dem babylonischen Sprachgewirr

Zitat: *Die Sprache ist die Quelle der Missverständnisse.
Saint-Exupery, Der kleine Prinz.*

Aufgabe: betrachten Sie, gewissermaßen als Vorschau, die verlinkte dynamische Folie in der Präsentations-Ansicht.

Material: ["Babylon" \(pptx\).](#)



Abb. 3.1: Babylonisches (Fach-) Sprachgewirr in der Didaktik Chemie, bezogen auf "Methoden".

Sie stellen drei Dinge fest:

1. Vieles von dem, was u.U. als "Methode" bezeichnet wird, ist gar keine (sondern Sozialformen bzw. Arbeitsformen).
2. Die Begriffe in den beiden entstandenen Spalten wirken auf sehr unterschiedlichen Zeit- und Inhaltsebenen. Die linke Spalte lässt sich einigermaßen einordnen: wir kennen schon die zeitliche und inhaltliche Reichweite von Lehrgängen; die rechte wird Gegenstand dieses und der nächsten Kapitel sein.
3. Es gibt Fälle, in denen offenbar ein Begriff in beiden Spalten vorkommt (z.B. "genetisch"). Dies ist nicht der einzige, sondern nur ein Beispiel (mehr brauchen wir auch nicht). Das bedeutet, dass ein Lehrgang genetisch geprägt sein kann, aber auch, dass es eine kürzer wirkende genetische Annäherung an Inhalte geben kann. Dazu später mehr.

Schon die Frage nach der "richtigen" Bezeichnung (Unterrichtsverfahren oder Unterrichtsmethode) führt gelegentlich zum Streit mancher "Fachleute", die es "so" oder eher "anders" "gewohnt" sind.

Fachdidaktik Chemie Becker et al., Aulis 1992:	Konkrete Fachdidaktik Chemie Pfeifer et al., Oldenbourg 2002:
Ganzheitlich-analytisches Verfahren	
Elementhaft-synthetisches Verfahren	
Projektunterricht	Projektorientierter Chemieunterricht
Forschend-entwickelndes Verfahren	Forschend-entwickelndes Verfahren
Historisch-problemorientiertes Verfahren	Historisch-problemorientiertes Verfahren
Historisch-genetisches Verfahren	
Strukturorientierter Unterricht	
Spielorientierte Konzeption	
Lebendiges Lernen	
Lebensweltliche Konzeptionen	
Problemorientierte Möglichkeiten	
Wissenschaftstheoretische Grundlegungen	

Abb. 3.2: Verwendete Bezeichnungen für "Methoden" in zwei verbreiteten Lehrbüchern der Fachdidaktik Chemie.

Unsere Lösung: die Begriffe (Unterrichts-)Verfahren und (Unterrichts-)Methode werden bei uns synonym verwendet (siehe Lexikon).

"Unterrichtsmethode" scheint ursprünglicher zu sein und liegt näher an den entsprechenden Begriffen in romanischen und slawischen Sprachen ("methode", "metoda"), so dass gegen eine Verwendung nur sehr wenig spricht. Manchmal wird dagegen argumentiert, der Begriff sei wenig scharf umrissen - ein Phänomen, das meiner Ansicht nach in Geisteswissenschaften eher die Regel als die Ausnahme darstellt ;).

Eine **Unterrichtsmethode** beschreibt einen überlegten, begründeten Weg, wie der Lehrende den Lernenden von seinem aktuellen Wissensstand zum angestrebten Unterrichtsziel bringen möchte.

Der Begriff "Unterrichtsverfahren" wird in den Lehrbüchern zwar häufiger verwendet, aber nicht definiert. Deshalb wird im Folgenden, auch in Anlehnung an die Diskussion in [1], eher "Unterrichtsmethode" verwendet.

Konzeptionen	Unterrichtsmethoden
genetisch	genetisch
fachsystematisch	historisch
	„normal“
	problemorientiert
ganzheitlich	spielorientiert / Spiel
integriert	technisch
	entwickelnd
	projektorientiert / Projekt
fächerübergreifend	
fachübergreifend	forschend

Abb. 3.3: Konzeption und Unterrichtsmethode als methodische Beschreibungsebenen.

Konzeptionen beschreiben die methodische Färbung ganzer Lehrgänge. Sie sind Ansätze großer zeitlicher Reichweite (viele Unterrichtsstunden, ev. mehrere Schuljahre).

3.2 Möglichkeiten der Beschreibung

3.2.1 Inhaltlich

Das Beschreiten eines Weges ist naturgemäß ein dynamischer Prozess. Er kann auf allen drei methodischen Ebenen wirksam werden, was insgesamt die **inhaltliche Dimension** darstellt:

1. Auf Ebene der **makromethodischen Maßnahmen**; Ergebnis ist ein Curriculum für ein Fach oder einen Jahrgang bzw. ein thematischer Lehrgang; diese Zusammenhänge sind Ihnen aus Kapitel 3 bekannt.
2. Auf Ebene der **Unterrichtsmethoden**; Ergebnis ist eine Unterrichtseinheit; diese Zusammenhänge werden in diesem Kapitel 4 näher erläutert.

3. Auf Ebene der **mikromethodischen Maßnahmen, speziell der Methoden-Bausteine**; Ergebnis ist eine Artikulationsstufe oder ein Teil davon. Genaueres hierzu in den folgenden Kapiteln.

3.2.2 Zeitlich

Gleichzeitig ist die Beschreibung nach **zeitlicher Dimension** manchmal hilfreich und vor allem in der Praxis (leider) geläufig:

1. Der Zeitbereich **Wochen bis Jahre** umfasst die makromethodischen Maßnahmen, das Curriculum bzw. den thematischen Lehrgang.
2. Der Zeitbereich von in der Regel mehreren **Minuten** bis (selten) mehrere **Unterrichtsstunden** umfasst den inhaltlichen Bereich der Unterrichtsmethoden, also Unterrichtseinheiten.
3. Zeitbereich von wenigen Minuten umfasst mikromethodischen Maßnahmen, speziell die Methoden-Bausteine, als Artikulationsstufe oder einen Teil davon.

	zeitlich	inhaltlich	Beispiel aus der AC
Makromethoden	Schuljahre (1 bis alle, je Fach)	Curriculum	Anorganische Chemie (Atombau, PSE, Säuren / Basen, Redox,...)
	Viele Unterrichtseinheiten (5-150)	Lehrgang	Stoffchemie (Phosphor, Stickstoff, Halogene, Alkalimetalle,...)
	Unterrichtsstunde (45 Minuten)	1-2 UE	
Methode	Wenige Minuten (~20) bis wenige Unterrichtsstunden (1-2)	Unterrichts- einheit	Elementarer Schwefel (Vorkommen, Gewinnung, physikalische und chemische Eigenschaften...)
Mikrom.	„Konzentrationseinheit“ (300 Sekunden = 5 Min.)	Methoden- Baustein	Struktur des festen Schwefels (ggf. Modifikationen)

Abb. 3.4:Gliederung unterrichtlicher Bemühungen nach Zeit und Inhalt. Gebräuchliche Begriffe sind in Rot dargestellt. Beachten Sie, dass diese aus unterschiedlichen Beschreibungsdimensionen stammen.

Hinweise am Rande: Die Namengebung in der Literatur (mit Doppelbezeichnungen) suggeriert auf den ersten Blick eine Systematik, etwa der Art "erst-das-Metall-dann-das-Nichtmetall" in der Salzformel. Dem ist aus den folgenden Gründen nicht so, weshalb sie im Weiteren nicht verwendet wird:

- während beim "forschend-entwickelnden Verfahren" der erste Teil die Vorgehensweise der Lernenden (forschen), der zweite die Aufgabe des Lehrenden (entwickeln) beschreibt,
- findet man beim "ganzheitlich-analytischen Verfahren" erst den Ausgangspunkt (ganzheitliche Betrachtung), dann die weiteren Bemühungen (Analyse des Problems).

Auch die Bezeichnungen "Verfahren", "Konzeption", "Möglichkeiten", "...orientiert" (Abb. 3.3) zeigen, dass hier begriffliche Unsicherheiten bestehen. Es gibt keine durchgehende Systematik bei den Bezeichnungen.

3.2.3 Methodisch

Eine dritte Beschreibungsart bezieht sich auf die Methodik selber. Es gibt nämlich nicht nur die Zahl von Unterrichtsmethoden, die in den gängigen Lehrbüchern beschrieben werden; diese Beschreibungen sind stets exemplarisch gemeint.

Tab. 3.1: Alphabetische Liste von methodischen Färbungen aus der Literatur, z.B. [2, 4, 26]

Alltagsorientiert
Entwickelnd
Entdeckend
Forschend
Genetisch
Handlungsorientiert
Historisch
Lernzielorientiert
Problemorientiert
Projektorientiert
Spielorientiert
Strukturorientiert
Verfahrensorientiert
Wissenschaftstheoretisch

Sie können Unterrichtsverfahren wie folgt formulieren:

1. Nach der entwickelnden Unterrichtsmethode; wie das geht beschreibe ich im Folgenden.
2. Nach der forschend-entwickelnden Unterrichtsmethode; dies wird eine Kombination aus der forschenden und der entwickelnden Methode sein.
3. Nach der historisch-forschend-entdeckenden Methode; sieht nicht nur schwierig aus, ist es auch: eine Kombination von drei methodischen Färbungen.

Für die Ausbildung in Phase I (Universität) genügt das Verfahren nach 1: Beherrschung der einfach gefärbten Unterrichtsmethoden.

3.2.4 Strukturell: die Artikulationsstufen

Jede Unterrichtsmethode verläuft (nach Herbart) in Stufen (Artikulationsstufen), die für eine bestimmte UM charakteristisch sind, z.B.

Tab. 3.2: Vergleiche

Herbart 1806 [4] immer anwenden	Niessen 1909 [3] immer anwenden	Schmidkunz 2002 [2] forschend-entwickelnd
Analyse	Vorbereitung	Problemfindung
Synthese	Darbietung	Lösungsvorschläge
Assoziation	Verknüpfung	Lösung
System	Zusammenfassung	Abstraktion
Methode	Anwendung	Sicherung

Artikulationsstufen sind Ergebnis der Aufgliederung einer Unterrichtseinheit in eine sinnvolle Folge von Schritten (syn. Stufen, (Denk-)Phasen), die zusammen ein Sinn Ganzes bilden [4].

Je nach Unterrichtsmethode werden die Stufen unterschiedlich stark ausgeprägt, weiter untergliedert oder unterschiedlich umfangreich ausgeformt sein. Die Bezeichnungen und Beschreibungen der Stufung finden sich bei den Beschreibungen der Unterrichtsmethoden in 4.

3.2.5 Nach vorherrschender Arbeitsform

Auch wenn die Arbeitsformen erst später beschrieben werden: Sie kennen das didaktische Dreieck aus der Einführung. Dabei sind zwei der Ecken mit Personen besetzt: Lernende und Lehrende.

Die Situation, dass Lehrende den Unterricht ausschließlich bestimmen, kennen Sie aus der Erfahrung. In diesem Fall werden **geschlossene Unterrichtsmethoden** angewendet.

Geschlossene Unterrichtsmethoden sind solche, bei denen allein Lehrende eine aktive Rolle spielen. Sie geben nicht nur Inhalte und Ziele, sondern auch Lernweg usw. vor. Abweichungen vom (durch den Lehrer zu Hause geplanten) Lernweg sind nicht vorgesehen.

Solche Unterrichtsmethoden werden von Lehrenden dann bevorzugt, wenn sie sicher sein wollen, kein Grundwissen zu übersehen. Sie sind in der Regel fachlich oder strukturell durchaus klar gegliedert, zwingen aber Lernende in eine unselbständige, passive Position bis hin zur Gängelung durch Lehrende. Die Gängelung geschieht auch noch im Gleichtakt: alle Lernenden einer Klasse müssen mit der Darbietungsgeschwindigkeit mithalten. Inhalte müssen genommen werden wie dargeboten, im Vertrauen darauf, dass man sie irgendwann brauchen wird (Lernen auf Vorrat).

Dass Lernenden unterschiedlich viele Freiheitsgrade zugestanden werden können, erfahren Sie nun ;)

Bei **offenen Unterrichtsmethoden** räumen Lehrende folgende Freiheitsgrade ein:

- Inhalt (**was** will ich, ein Lernender, lernen?),
- Unterrichtsmethode (**wie** will ich es lernen?),
- Sozialform (**mit wem** will ich lernen?),
- Zeit (**wann** und **wie lange** will ich lernen?),
- Ort (**wo** will ich lernen?),
- Arbeitsform (Unterstützung durch Lehrende dann, wenn gewünscht).

In der Praxis werden Sie offenen Unterricht (Sie erinnern sich an den ersten Präsenztermin und die Berichte Ihrer Kommilitonen aus deren Schulzeit) nie, und teilweise geöffneten Unterricht sehr selten finden. Wir sprechen in diesem Sinn dann von "offenerem" Unterricht.

Das Öffnen von Unterricht war eine Antwort auf die Kritikpunkte der geschlossenen Formen: Lernenden sollte ein individuelles Lerntempo ermöglicht (wann? wie lange? mit wem?) und dadurch deutlich mehr Selbständigkeit eingeräumt werden (soziales Lernen). Aus den Erfahrungen mancher Schulformen, die vorwiegend offenere Methoden einsetzen (integrierte Gesamtschulen, Privatschulen, Gemeinschaftsschulen) lernte man, dass allerdings eher leistungsfähigere Lernende von der Offenheit profitieren, schwächere benötigen mehr Unterstützung durch Lehrende. ("Wer mehr weiß entwickelt mehr Ideen, wie man Probleme lösen kann"). Zudem erscheinen nicht alle Themen eines Faches für geöffnete Methoden geeignet.

Zwischen komplett geschlossenen und maximal offenen Unterrichtsmethoden sind alle Abstufungen denkbar: von keinen, über einen, mehrere bis zu allen Freiheitsgraden.

Aufgabe 1: Skizzieren Sie eine Achse mit der Beschriftung ganz links "geschlossen" und ganz rechts "offen". Positionieren Sie dazwischen von links nach rechts diejenigen Freiheitsgrade, die als Lehrender einzuräumen Ihnen zunehmend schwerfallen würden.

Aufgabe 2: Was halten Sie von dem Spruch:

"Wer als Werkzeug nur einen Hammer hat, sieht in jedem Problem einen Nagel."

Paul Watzlawick

Zur eigenen Kontrolle:

1. I: Geben Sie Beispiele für Begriffe an, die NICHT Unterrichtsmethoden bezeichnen, aber gerne dafür hergenommen werden.
2. II: Arbeiten Sie zwei Unterschiede zwischen den Begriffen Unterrichtsmethode und Konzeption heraus.
3. II: Diskutieren Sie einen Zusammenhang zwischen obigem Spruch und Unterrichtsmethoden.
4. I: Arbeiten Sie Vor- und Nachteile von geschlossenen Unterrichtsmethoden heraus.
5. I: Arbeiten Sie Vor- und Nachteile von offenen Unterrichtsmethoden heraus.
6. I: Nennen Sie Beschreibungsmerkmale für Unterrichtsmethoden.
7. II: Hierarchisieren Sie die in dieser Einheit kennen gelernten Begriffe aus dem methodischen Bereich.
8. Lehrende Nette Müller hält eine Unterrichtseinheit zum Thema "Trennung von Stoffgemischen". Dabei wählt sie als Einstieg das Problem, dass beim Zusammenkehren von Metallspänen auf Baustellen Sand-Metall-Gemische anfallen.

Lernende sollen Lösungsvorschläge angeben, wie man reines Metall dem Altmetall-Händler zuführen könnte. Anschließend möchte sie verschiedene Trennmethode in Form eines Lehrervortrages erläutern, der mit dazu passenden Bildern gestützt wird. Die Ergebnisse werden in Form einer tabellarischen Tafelschrift festgehalten.

a. I: Entscheiden Sie, ob es sich bei der UE um eine offene oder geschlossene Form handelt.

b. II: Erläutern Sie 2-3 Maßnahmen, wie Frau Müller ihren Lernenden mehr Freiheitsgrade einräumen könnte.

c. II: Begründen Sie, inwieweit unterschiedliche Gruppen von Lernenden von den Maßnahmen aus b profitieren könnten.

9. II: Begründen Sie kurz, warum es sich bei den folgenden Begriffen NICHT um Unterrichtsmethoden handelt und ordnen Sie sie der richtigen Kategorie zu: Gruppenarbeit, Partnerarbeit, zusammenwirkend, aufgebend, lehrerzentriert, schülerzentriert, fachsystematisch, ganzheitlich, fächerübergreifend, fachübergreifend, Frontalunterricht, Lernarrangement.

[Hinweise zur Lösung](#)

4 Vorstellung von Unterrichtsmethoden (UM)

Sollten Sie wie ich zur Überzeugung gekommen sein, dass es hilfreich für Ihren späteren Beruf sein könnte, mehrere Unterrichtsmethoden zu beherrschen, dann lesen Sie weiter - sonst "werden Sie lieber Schuster" 😊

In 4.1 führe ich alphabetisch bedeutsame und weniger bedeutsame Unterrichtsmethoden auf.

- Erstere erkennen Sie am größeren Umfang (erkennbar an den Skript-Seiten) und an der standardisierten, vollständigen Beschreibung, mit Beispielen und so.
- Letztere erkennen Sie am geringen Umfang; man sollte den Begriff mal gesehen und gelesen haben. Er freut sich, wenn Sie ihn wahrnehmen.

Standardisierte Beschreibungskriterien für Unterrichtsmethoden gibt es nicht - weil es in der deutschsprachigen Didaktik fast nie Standardisierungen gibt, die allgemein beachtet werden. Ich werde welche für Sie (er)finden, um Ihnen ein Gedächtnisraster dafür zu liefern. Sie haben schon 5 Kriterien kennen gelernt. Untersuchen wir, ob sie alle dienlich sind:

1. Die inhaltliche Beschreibung hilft uns zu entscheiden, ob eine makromethodische Maßnahme (Konzeption), oder überhaupt eine Unterrichtsmethode, oder sogar weniger, nur eine Stufe davon, vorliegt. Zur Unterscheidung von UM taugt sie nicht.
2. Die zeitliche Beschreibung geht mit der inhaltlichen parallel: für mehr Inhalte benötigt man einen größeren Zeitrahmen. Die Grenzen lassen sich zwischen mikromethodischen Maßnahmen und Unterrichtsmethode mit ca. 3-5 Minuten noch einigermaßen angeben, zu den makromethodischen hingegen nicht.
3. Fast jede UM ist in mehr als einer **Arbeitsform** organisierbar. Dazu wird auf jeden Fall bei jeder UM Stellung zu nehmen sein.
4. **Methodisches Vorgehen** allerdings ist nun kennzeichnend für UM (was denn sonst). Es wird einen bedeutenden Raum einnehmen, dieses zu beschreiben.
5. Die **Strukturierung** der UM hängt stark von den nicht inhaltlichen Zielsetzungen einer UM ab: welche Kompetenzen neben Fachwissen will man fördern? Erkenntnisgewinnung? Bewertung? Kommunikation? Oder Fertigkeiten schulen? Ein bedeutendes Beschreibungskriterium.

Zur eigenen Kontrolle (Lösung dazu nicht sinnvoll – Besprechung Ihrer Vorschläge auf Wunsch):

II: Erstellen Sie für sich einen Ablaufplan, nach dem Sie über eine Folge von möglichst wenigen, präzisen Fragen einen beobachteten Unterricht einordnen können.

4.1 Weniger strukturierte Begriffe im Zusammenhang mit Unterrichtsmethoden

Dass es sich auch nach Meinung der Quellen hier nicht um "ausgewachsene" Unterrichtsmethoden handeln kann erkennt man an der Wortwahl "Orientierung", die eigentlich nichtssagend ist. Wir lesen das mal so: "Wir berücksichtigen ...".

4.1.1 Alltags-Orientierung [5]

"Wir berücksichtigen mal den Alltag."

An dieser Stelle setzen wir Alltagsorientierung gleich mit Lebenswelt-Orientierung.

Zitat: (sinngemäß aus Aulis Info 1986): "Woran erinnert sich ein Richter, ein Kaufmann, ein Musiker oder Beamter des gehobenen Dienstes, wenn er an seinen Chemieunterricht denkt? An Redoxprozesse, delokalisierte Elektronen, molare Konzentration?" Zitiert nach H. Glöckel.

Lernende werden auch heute noch geprägt von den Nachwirkungen der 2. Phase (wie ich sie nenne) der Entwicklung der chemischen Industrie: Ende der 60er Jahre begann die zunehmende Umweltbelastung durch Abfallprodukte und die Folgen der unkritischen Wohlstandsgesellschaft: Waschmittel in Flüssen, Düngemittel in Süßgewässern, Schwefelemissionen in der Luft, Kunststoffverpackungen in der Landschaft und in Küstengewässern. Zusammen mit dem damals als Bedrohung empfundenen Einsatz von chemischen Kampfstoffen in Vietnam, mit Großunfällen und Hunderten von Toten (Bhopal), mit Megagiften (Dioxine) und Pestiziden in der Nahrungskette (DDT). Diese Erfahrungen prägten die Eltern, mittlerweile Großeltern unserer Lernenden, während Großeltern oft noch die 1. Phase erlebten: Kunstdünger, Schädlingsbekämpfungsmittel, Kunststoffe, Medikamente, Farben und Lacke als Motor des Nachkriegs-Wirtschaftswunders.

Auf der anderen Seite empfanden sich Lernende und Eltern mit der Schulchemie in ihrer fachwissenschaftlichen Orientierung völlig unvorbereitet, um mit diesen Auswirkungen der Chemie auf den Alltag umzugehen. Die kritische Auseinandersetzung mit der Chemie führte in der Folge zur Forderung nach Alltagschemie im Unterricht.

Erste bedeutsame Frage: WESSEN Alltag ist gemeint?

- des Chemikers?
- des Chemielehrers?
- eines erwerbstätigen Erwachsenen, des "Mannes von der Straße"?
- oder des Lernenden in unserem Klassenzimmer?

Gehen wir von letzterem aus, leitet sich davon das Ausmaß der Betroffenheit in dieser Reihenfolge ab:

1. z.B. **Lebensmittel und Medikamente als "Alltagschemikalien"**, die wir in uns aufnehmen (nicht nur die Schadstoffe darin) und die uns dadurch so naheliegender kommen wie es nicht näher geht.
2. z.B. **Körperpflegemittel und Textilien**, die wir auf der Haut tragen.
3. z.B. **Kunststoffe und Metall**, mit denen wir nach Bedarf im Alltag hantieren.
4. Am weitesten weg von uns sind **chemische Grundstoffe**, aus denen dann die Alltags-Produkte entstehen: Monomere, Treibstoffe, Erze, Abfall...

Alltags-, Praxis- und Lebensweltbezüge sind Unterrichtsprinzipien, die man nutzen sollte, um die Bedeutsamkeit von Chemie und Chemieunterricht zu kommunizieren.

4.1.2 Handlungs-Orientierung [1]

"Wir planen mal ein, dass auch Schüler 'was tun."

Handlungsorientierung setzen wir mit Selbsttätigkeit im engeren Sinn, dem körperlichen Tun, gleich.

Die Forderung von Handlungsorientierung im Unterricht leitet sich von der Auffassung her, dass Handeln immer Vorläufer von Erkennen sei (Dewey, Piaget):

Zitat: "Das Denken steigt von der Hand in den Kopf und kommt dann wieder weiser und wirksamer zurück zur Hand..." Bergson, zitiert nach Glöckel.

Damit steht diese Auffassung im klaren Gegensatz zur fachsystematischen Orientierung, die meistens davon ausgeht, dass erst alle theoretischen Grundlagen gelegt sein müssten, dass man viel wissen müsse, bevor man handeln könne.

Handlungsorientierung ist eher als Unterrichtsprinzip zu verstehen denn als Methode: sie sollte als Grundprinzip integriert in (fast) jede der anderen UM angewendet werden, da sie eine gute Möglichkeit darstellt, Unterricht kindgemäßer, praktischer, be"greif"barer zu machen.

4.1.3 Lehrziel-Orientierung

"Wir richten uns nach dem Lehrplan" (falls er sich nicht allzu sehr geändert hat).

Auch Lehrzielorientierung (manchmal Lernzielorientierung) sollte nicht als UM bezeichnet werden, da sie notwendiges Grundprinzip jeder UM sein sollte. Ob die Lehrziele dabei aus dem Lehrplan stammen oder vom Lehrenden, spielt keine Rolle.

4.1.4 Spiel-Orientierung [1], [5]

"Spielen im Unterricht? Das geht gar nicht. Wir sind doch hier schließlich am Gymnasium, also wissen Sie..." (Häm)

Spiel ist zweckfreies Agieren.

Damit ist Spielen im engeren Sinn für den Chemieunterricht aus sicherheitstechnischen Überlegungen fast auszuschließen.

Im weiteren Sinn können Lernsituationen gemeint sein, bei denen durch Lehrende sorgfältig arrangierten Lernsituationen das Spielen als Lernweg nutzen.

Bsp. 1: Spielerisches Experimentieren und Ausprobieren, bis eine Lösung gefunden wird ("Was wäre wenn" im Rollenspiel, Planspiel).

Bsp. 2: Lernspiele, etwa ein Würfelspiel mit einem Säure- und einem Laugenwürfel zur Einübung des Formulierens von Neutralisations-Reaktionen.

Führung durch den Lehrer muss sehr gut abgestimmt sein. Auch verhalten sich die verschiedenen Altersklassen von Lernenden unterschiedlich gegenüber Spielsituationen: während die Jüngsten und Oberstufenschüler gerne spielen, fühlen sich Mittelstufenschüler manchmal als "zu kindisch behandelt".

Spielen lässt sich am ehesten als UM beschreiben, allerdings ist aus der Literatur keine Beschreibung mittels Artikulationsstufen bekannt. Sie könnte so aussehen:

1. Spielen,
2. Abstraktion,
3. Sicherung.

Dabei kommt dem Lehrenden in der Abstraktionsphase eine tragende Rolle zu. Das Spiel kann von ihm oder einem Arrangement von geformten Materialien ausgelöst werden (Begriffe kommen in der Einheit "Unterrichtsmedien" wieder).

4.1.5 Strukturorientierung [4, 6]

Bsp. 1: *Es gelingt immer wieder, Studierenden der Chemie Natriumchlorid über eine an sich ungeeignete Schreibweise als "Molekül" unter zu jubeln. Vermutlich handelt es sich hier um eine "Lehrer-induzierte Lernschwierigkeit" (letzteren Begriff habe ich erfunden, also erklären Sie ihn, wenn Sie ihn verwenden wollen).*

Die Bedeutung von Struktur (und Schreibweisen dafür) für das Verständnis von Chemie heben die Autoren des strukturorientierten Ansatzes (Grosser, Schmidt, Barke) hervor. Ihr zusätzlicher Beweggrund: SCHMIDT stellt fest, dass das Interesse von Lernenden an der Chemie deshalb schnell nachlässt, "...weil sie nach einiger Zeit den Überblick über den Unterrichtsstoff..." verlieren. Deshalb gehen sie von folgenden Prämissen aus:

- Die Eigenschaften der Stoffe werden durch die Struktur von Teilchenverbänden bestimmt (siehe auch Struktur-Eigenschafts-Konzept).
- Chemische Reaktionen sind strukturelle Umordnungen von Teilchenverbänden.

Der **submikroskopische Stoffaufbau** spielt von Anfang an eine entscheidende Rolle: von Metallgittern (Teilchenverbände mit nur einer Atomsorte) gelangt man zu Salzen (zwei bis mehrere Teilchensorten im Gitter). Praktisch geschieht das dadurch, dass Lernende oft selbst Modelle (Gitter, Moleküle) aus einfachen Materialien bauen: Knetmasse und Streichhölzer oder Wattekugeln und Klebstoff.

Kritik:

- + typische Schwierigkeiten des Anfangsunterrichts werden umgangen (Ionen, Formeln, Formeleinheit, Salzstruktur..., etwa $\text{NaCl} = \text{Molekül}$)
- + bedeutende neue Gesichtspunkte rücken in den Vordergrund: Struktur der Materie und Kräfte zwischen den Teilchen
- + mehr Arbeit an und mit Modellen
- - erfordert hohes Abstraktionsniveau, deshalb
- - Übertragbarkeit auf Haupt- und Realschule ist fraglich.

4.1.6 Verfahrenorientierte UM (an der Wissenschaftstheorie orientiert) [2]

... ist als Idee für eine Unterrichtsmethode mittlerweile 100 Jahre alt, die konsequente Umsetzung lässt immer noch auf sich warten. Es sieht nicht so aus, als ob die Kompetenzorientierung des Lehrplan*Plus* für die weiterführenden Schulen in Bayern ab 2017 eine Wende bringen würde.

Der Anstoß zu einer ersten (experimentellen) Umsetzung kam in den 60er Jahren von einer amerikanischen Studie: *Science - A Process Approach = SAPA*.

Unter **Verfahren** sind Denk- und Arbeitsweisen der Chemie zur Gewinnung neuer Erkenntnisse zu verstehen.

Man glaubt, der Lernerfolg sei besonders hoch, wenn

- der Weg zur Erkenntnis vom Lernenden selbst beschritten wird, wenn er
- Probleme selber erkennt,
- Lösungswege entwirft,
- diese überprüft und dadurch sich
- Lösungsstrategien und Denkweise aneignet.

Lernende sollen erkennen, dass

- in der Naturwissenschaft Chemie gleichzeitig verschiedene Theorien existieren können, die sich ggf. später ablösen (z.B. Atomvorstellungen).
- die Aussagen durch Experiment und logisches Überlegen gewonnen wurden (z.B. Struktur von Benzen).
- die induktive Art der Erkenntnisgewinnung in der Praxis dominiert (Erfahrung - Hypothese - Untersuchungen...).
- die Chemie ausgehend von der belebten und unbelebten Umwelt abstrahiert.

Voraussetzungen dazu sind allerdings

- ausreichend Zeit für die Denkprozesse
- Beherrschung der chemischen Zeichensprache
- Bereitschaft zur Kommunikation in Schülergruppen
- der Mut zu spekulativen Theorien und
- die Möglichkeit zu praktischer Betätigung, um die Hypothesen über Experimente zu überprüfen.

Meines Erachtens sind die wesentlichen Elemente der Verfahrenorientierung in anderen, bereits verbreiteten UM zu finden: achten Sie darauf bei den forschenden und entdeckenden UM sowie der projektartigen UM und SOL.

Zur eigenen Kontrolle:

1. I: Beschreiben Sie den strukturorientierten Ansatz.

b. II: Vergleichen Sie seine vermuteten Leistungen mit denen des Unterrichts, den Sie genossen haben. Hätten Sie lieber strukturorientierten Unterricht genossen?

2. III: Beschreiben Sie eine fiktive forschend-strukturorientierte UM (eventuell nachdem Sie das Kapitel "forschende UM" behandelt oder kurz hineingeguckt haben).

3. II: Zeigen Sie, wie Sie Strukturorientierung in Form eines Projektes verwirklichen könnten (eventuell nachdem Sie das Kapitel "Projekt" behandelt oder kurz hineingeguckt haben).

4. II: Identifizieren Sie im folgenden Text methodische Verfahrensweisen, die Sie in diesem Kapitel kennengelernt haben:

Referendar Heinrich Wusel plant seine Prüfungs-Lehrprobe zum Thema "Salze". Er will es natürlich sehr gut machen und sich vor allem an den Lehrplan halten - sonst hat er sowieso verloren. Zuerst möchte er seinen Schülern folgende Salze aus dem Haushalt zur Verfügung stellen und einfach nur beobachten, was sie damit machen: NaCl, NaHCO₃ und NH₄HCO₃. Dann plant er zu zeigen, wie ein Profi-Chemiker mit einem neuen Stoff verfährt und möchte am Beispiel Kochsalz Ionen-Nachweise zeigen. Daraus und aus einigen physikalischen und chemischen Eigenschaften, die er auflistet und teilweise demonstriert, will er anschließend Hinweise zur Struktur von Kochsalz ableiten. Am besten sollten seine Schüler danach aus Wattekugeln und Zahnstochern ein Modell für Kochsalz so bauen, wie sie die Struktur bisher verstanden haben.

[Hinweise zur Lösung](#)

4.2 Forschende Unterrichtsmethoden

Nachdem die Arbeitsweise eines Naturwissenschaftlers skizziert ist, wäre es doch naheliegend, Lernende auf diese Spuren zu schicken und (mehr oder weniger) kleine Forscher in den Arbeitsweisen zu trainieren. Dieses Kapitel zeigt, wie es geht.

4.2.1 Beispiel 1: Entwurf einer UE zum Thema Reduktion

*Lehrender **Maier**, in Ausbildung*, beschreibt in seiner Unterrichtsplanung sein Vorhaben für die Unterrichtseinheit UE wie folgt:*

Die UE Reduktion soll in der Mittelstufe (Sekundarstufe I) stattfinden. Lernende haben kein Vorwissen zu Reduktion, also gebietet sich induktives Vorgehen. Ich möchte das Experiment "Reduktion von Kupfer(II)-oxid mit Wasserstoff" anwenden. Lernende kennen zu diesem Zeitpunkt

Wasserstoff als Element,

als brennbares Gas und

als reaktiv gegenüber Sauerstoff von der Knallgas-Reaktion.

Oxidation als Reaktion mit Sauerstoff, auch bei Kupfer.

Energiebeteiligung bei Synthese- und Analyse-Reaktionen.

Als Lehrziel aus dem Kompetenzbereich Fachwissen ließe sich formulieren: Erkennen, dass die Affinität von Wasserstoff zu Sauerstoff benutzt werden kann um Sauerstoff aus Oxiden zu entfernen (Reduktion als Sauerstoffentzug).

Maier erzählt erst, dass es bedauerlich sei, dass Kupfer nicht als Metall in der Natur vorkommt, sondern als Verbindung, vereinfacht mit Sauerstoff als schwarzes Kupfer(II)-oxid. Für Kabel und Elektromotoren ist aber metallisches Kupfer sehr wertvoll, so dass man sich vor der Aufgabe sieht, den Sauerstoff aus der Verbindung zu entfernen.

Maier erinnert, dass Lernenden bereits Experimente bekannt sind, bei denen Sauerstoff mit Magnesium (Verbrennung von Magnesiumband), mit Schwefel (Bildung von Schwefel(IV)-oxid) oder mit Wasserstoff (Knallgasreaktion) reagiert. Ob wohl eine der Reaktionen für das Lehrziel dienlich sein kann? Er lenkt das Gespräch auf Wasserstoff: mit Schwefel würde Kupfer selber reagieren, Magnesium sei zu teuer.

Nun fährt Maier eine Versuchsapparatur herein und erklärt, warum sie für die Untersuchung, ob Wasserstoff in der Lage sei, Kupfer(II)-oxid den Sauerstoff abzunehmen, geeignet ist. Sie ist geschlossen und das brennbare Gas kommt mit der Flamme nicht in Kontakt. Das Lehrer-Experiment wird durchgeführt, Lernende erkennen, dass sich das schwarze Edukt nach metallisch-rot umfärbt. Maier weist auf Wassertröpfchen hin, die sich am Ende des Reaktionsrohres niederschlagen. [siehe auch Experimentieranleitung im Experimentierkurs-Skript].

Auf Grund der Beobachtung formuliert Maier zusammen mit den Lernenden die zugrundeliegende Reaktionsgleichung an der Tafel. Versuchsbeschreibung, Beobachtung und Interpretation werden in den Schülerheften festgehalten, danach festgestellt, dass das Gegenteil der bekannten Oxidation Reduktion genannt wird. Zur weiteren Anwendung wird gemeinsam formuliert, wie man analog Eisen(III)-oxid mit Hilfe von Kohlenstoff in Eisen überführen kann.

** "In Ausbildung" deswegen, weil mir kein aktiver Lehrender bekannt ist, der schriftlich das didaktische Vorgehen plant (Inhalte werden durchaus aufgeschrieben). Nach der Ausbildungsphase, in der alles schriftlich festgehalten werden muss, ist dies die erste Art Planungsarbeit, die "über Bord geht".*

4.2.2 Methodisches Vorgehen: forschen gegenüber entwickeln und entdecken

Es ist offensichtlich, dass Lehrer Maier methodisch vorgeht: er führt Lernende nach einem vorher überlegten Plan durch die Unterrichtseinheit.

"**Entwickeln**" beschreibt dabei die Rolle des Lehrenden:

- Einleiten des Lernprozesses durch Ziel- bzw. Themenvorgabe,
- ggf. Mitteilen eines Lösungsplanes (muss nicht notwendiger Weise sein),
- Steuern der Erkenntnisgewinnung über eine Folge von Fragen oder Aufgaben,
- Beeinflussen des Lernprozesses nach pädagogischen und organisatorischen Gesichtspunkten,

- ggf. Verlagern eines Teils der Aktivität auf die Seite der Lernenden (Wiederholen von Vorausgegangenem, Hypothesen äußern),
- Sicherung des erworbenen Wissens durch Hefteintrag und / oder Übungsaufgaben, sowie
- Abstraktion der gefundenen Erkenntnisse, so dass die exemplarisch gefundene Lösung auf ähnliche Situationen angewendet werden könnte.

Diese Form der Führung ist sehr eng und somit stark lehrenden-zentriert. Lernende haben praktisch keine Freiheitsgrade - alle Entscheidungen sind durch den Lehrenden bei der Vorbereitung der UE schon getroffen worden und werden mit Lernenden zu gegebener Zeit nachvollzogen.

Forschen Lernende dabei auch? Kennzeichen von Forschen im didaktischen Sinn sind:

- Ausgehen von einem zu lösenden Problem,
- Bemühung um selbständiges Lösen des Problems
- mit Hilfe von Experimenten (oder Modellen), so dass
- als Ergebnis eine auch auf andere Probleme anwendbare Problemlöse-Strategie herauskommt.

Aufgabe: Untersuchen Sie, inwieweit Beispiel 1 den Merkmalen forschenden Unterrichts gehorcht. Wenn Sie mit der Untersuchung fertig sind, können Sie anhand der [Lösungsseite](#) überprüfen, inwieweit Sie richtiglagen.

Forschen als Unterrichtsverfahren bedeutet, dass Lernende mit den ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln versuchen, selbständig für sie neue Erkenntnisse zu gewinnen.

4.2.3 Arbeitsweise

Bei dieser Gruppe von Unterrichtsmethoden (UM) geht es hauptsächlich darum, inwieweit das Agieren der Lernenden selbständig erfolgt:

- entwickeln bedeutet, Lehrende steuern stark
- forschen bedeutet, dass Lernende Ideen zur Lösung des Problems beitragen und selbständig prüfen sollen
- entdecken steht für ein Maximum an selbständigem Agieren, vom Erfassen des Problems bis hin zur Abstraktion: Lernende sollen tatsächlich selbständig für sie neue Zusammenhänge finden, "entdecken".

Ansonsten versucht man, beim Vorgehen die Arbeit des Forschers (modellhaft) abzubilden. Hilfreich ist der Begriff des Forschungszyklus [7]:

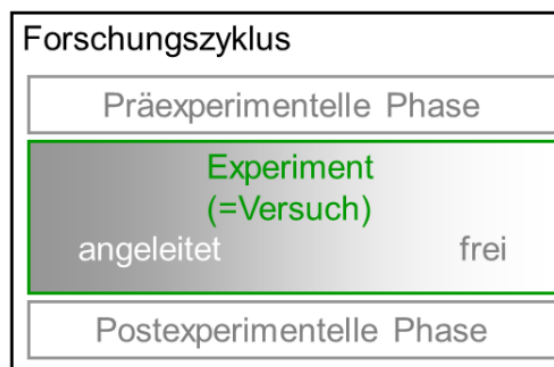


Abb. 4.1: Ein Durchlauf des Forschungszyklus (stark vereinfachte Form).

1. In einer präexperimentellen Phase wird zu einem erdachten bzw. gegebenen Thema erst die Forschungsfrage formuliert, dann werden Thesen aufgestellt und Forschungsmethoden ausgewählt. Die Arbeit mündet in einem Forschungsplan.
2. In der experimentellen Phase wird nach Forschungsplan und den ausgewählten Methoden vorgegangen und es werden Daten generiert.
3. In der postexperimentellen Phase werden die Daten aufbereitet, interpretiert und in der Forscher-Community publiziert, präsentiert und diskutiert.

Ein Zyklus ergibt sich dann, wenn Interpretation und Diskussion weitere Fragen aufwerfen, die in einem Folgeprojekt nach demselben Muster behandelt werden. Eigentlich handelt es sich eher um eine Forschungsspirale als einen Zyklus, da man davon ausgehen sollte, dass sich ein späterer "Zyklus" auf einem fortgeschritteneren Niveau bewegt als der vorausgegangene, und somit eine Fortschrittsachse entsteht.

4.2.4 Strukturierung

Entwickelnde UM lassen sich mit Hilfe von vier Artikulationsstufen beschreiben:

1. **Problemstellung:** das Forschungsproblem stammt vom Lehrenden, der es aufbringt und erläutert.
2. **Lösung:** Lehrende leiten an, wie das Problem gelöst wird (Fragensequenz, Teilaufgaben, Unterrichtsgespräch...)
3. **Abstraktion:** Lehrende stellen die Lösung (ggf. in einem Unterrichtsgespräch) in Form von Fachsprache (Versuchsbeschreibung, Beobachtung, Interpretation, Gleichung, Skizze) vor (Tafel, Projektion...).
4. **Sicherung:** Lehrende wenden (ggf. über ein Unterrichtsgespräch) die exemplarischen Erkenntnisse auf einen weiteren Fall an.

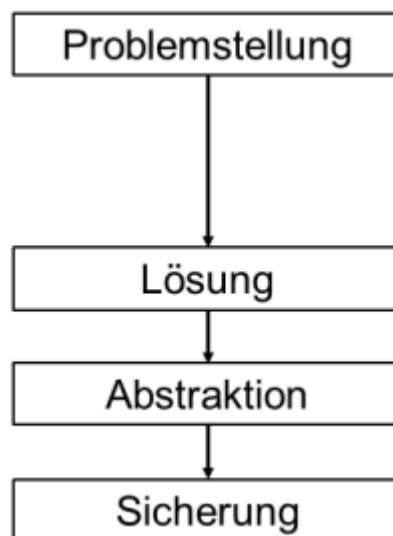


Abb. 4.2: Übersicht der Artikulationsstufen einer entwickelnden Unterrichtseinheit.

Entdeckende UM erfordern zur Beschreibung eine Artikulationsstufe mehr:

1. **Problemfindung:** das Forschungsproblem stammt von Lernenden, wobei die Idee durchaus von Lehrenden kommen kann. Bei der Phase des Erkennens von Problemen bzw. beim Formulieren der Forschungsfrage sind jedoch Lernende gefordert.
2. **Lösungsplanung:** Sie sind es auch, die ein Vorgehen planen, nach dem das Forschungsproblem gelöst werden sollte. Lehrende können höchstens bei der Auswahl des besten Vorschlags helfen bzw. sicherheitsrelevante Maßnahmen treffen.
3. **Lösung:** Lernende führen einen oder mehrere vereinbarte Lösungsvorschläge durch und ziehen aus den Beobachtungen ihre Schlüsse.
4. **Abstraktion:** Je nach Erfahrungheit von Lernenden spielen Lehrende eine größere oder kleinere Rolle bei der Formulierung der Lösung mit Hilfe von Fachsprache (Versuchsbeschreibung, Beobachtung, Interpretation, Gleichung, Strukturen, Versuchsskizzen).
5. **Sicherung:** Lernende notieren selbständig und wenden die exemplarischen Erkenntnisse auf einen weiteren Fall an.

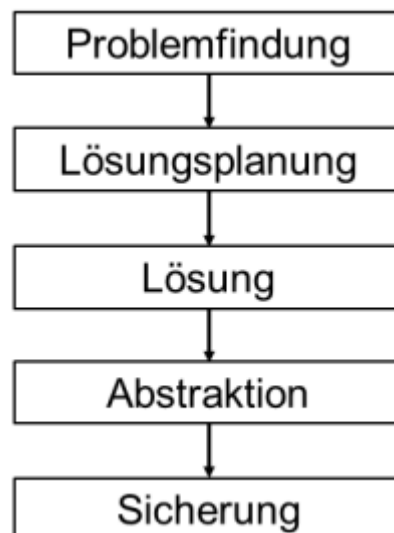


Abb. 4.3: Übersicht der Artikulationsstufen einer entdeckenden Unterrichtseinheit.

Bei beiden Varianten handelt es sich um Extreme: stark lehrenden- bzw. stark lernenden-zentriert. Bei der Bezeichnung der UM kann man durch "Doppelnamen" hervorheben, was man eher meint: forschend-entwickelnd, hier führen Lehrende stark, bei forschend-entdeckend liegt das Gewicht bei Lernenden-Tätigkeiten praktischer wie theoretischer Art.

Artikulationsstufe:		hauptverantwortlich			
1	Problemstellung Problemfindung	Lehrende	Lehrende	Lehrende	Lernende
2	fehlt Lösungsplanung	-	(Lehrende)	Lernende	Lernende
3	Lösung	Lehrende	Lernende	Lernende	Lernende
4	Abstraktion	Lehrende	Lehrende	Lernende	Lernende
5	Sicherung	Lehrende	Lehrende	Lehrende	Lernende
Unterrichtsmethode:		forschend- entwickelnd		forschend- entdeckend	
			structured inquiry	guided inquiry	open inquiry

Abb. 4.4: Einfluss der am Unterrichtsgeschehen beteiligten Personen auf die UM (Zusammenstellung nach Schmidkunz, Koliander, Bonnsetter, Wagner).

Warnung: "Entwickeln" sollte nicht mit gängelndem Herausfragen verwechselt werden. Siehe Weiteres unter "Normalverfahren".

4.2.5 Leistungen und Grenzen

Dadurch, dass die forschende UM entwickelnd und entdeckend geführt werden kann, ergibt sich ein breiter Einsatzbereich, sowohl für Lehrende, die exakt planen und gliedern wollen (entwickeln), als auch für solche, die Lernenden gerne freien Lauf lassen und Raum geben für spontane Änderungen. Das Ausmaß an Lernenden-Aktivität kann die gesamte Bandbreite abdecken, von selbständiger Planung UND Durchführung (entdecken) bis zu engerer Führung durch Lehrende bei gefährlichen oder komplizierten Experimenten. Insgesamt wird die UM durch Lernende als sehr interessant und motivierend empfunden, da sie alle psychischen Dimensionen (kognitiv, affektiv, psychomotorisch) anspricht und auf allen Anforderungsbereichen (I-III) durchführbar ist. Das führt dann auch zu einer hohen Lern-Effektivität (es wird nachhaltig gelernt, wobei oft etwas mehr Zeit benötigt wird) aber oft geringeren Zeit-Effektivität (geringer Zeitbedarf, allerdings verbunden mit flüchtigem Lernen).

Die Ansprüche an das Führungsgeschick von Lehrenden sind allerdings hoch - deshalb meiden Einsteiger gerne diese UM. Der Lernweg ist nicht immer planbar - aber das macht die Methode so leistungsfähig für individualisierten Unterricht. Im Klassenunterricht sind die in Bayern üblichen Klassengrößen von ca. 30 Lernenden ein echtes Problem - deutlich geringere Klassenstärken von 16-24 Lernenden wären dringend erforderlich. Auch gibt es Themen, die für das forschende Lernen weniger geeignet sind, etwa wenn (internationale) Vereinbarungen oder Regeln erlernt und befolgt werden müssen (IUPAC-Nomenklaturregeln, Regeln für das Aufstellen von Gleichungen).

Aufgabe: Untersuchen Sie, inwieweit der ursprüngliche Plan, die naturwissenschaftliche Arbeitsweise zu trainieren, mit Hilfe der forschenden UM funktionieren würde.

Wenn Sie mit der Untersuchung fertig sind, können Sie anhand der [Lösungsseite](#) überprüfen, inwieweit Sie richtiglagen.

4.2.6 Beispiel 2: Positivbeispiel Einführung in die Oxidation

Lehrender **Meyer** ermuntert Lernende zu dem Experiment, mit Hilfe einer Tiegelzange ein Stück Kupferblech wenige Sekunden in eine Brennerflamme zu halten, dann die Veränderung zu beobachten und dafür eine Erklärung zu finden.

Problemfindung: Lernende beobachten, dass das Kupferblech schwarz wird. Dafür diskutieren sie zwei mögliche Ursachen: das Kupferblech verändert sich selber oder es wird eine Schicht Ruß abgeschieden. Sie formulieren die Forschungsfrage: Welcher Art ist der neue schwarze Stoff?

Lösungsplanung: Lernende diskutieren verschiedene Hypothesen, wie die Forschungsfrage zu klären wäre: Abwischtest? Andere Gegenstände in die Flamme halten? Kupferblech im Reagenzglas erhitzen? Sie haben zwei Möglichkeiten: völlig selbständig zu entscheiden, was gemacht wird, oder eine Kiste zu Hilfe zu nehmen, in der u.a. die nötigen Geräte zu finden sind. Schwächere bzw. weniger kreative Lernende lassen sich gerne dadurch auf Ideen bringen. Meyer begrenzt den Umfang: jede Arbeitsgruppe darf bis zu zwei Hypothesen experimentell überprüfen. Die Gruppen entscheiden welche. Meyer gibt nicht gefährdende Experimente frei.

Lösung: Lernende führen die beiden Experimente durch. Hier sei ein Vorgehen aus der Praxis kurz geschildert: sie erhitzen ein blankes Kupferblech in einem (Quarz-)Glasrohr und beobachten, dass es schwarz wird, das Glasrohr hingegen sauber bleibt. Daraus schließen sie, dass das Schwarze nicht Ruß sein kann, es muss sich um eine Veränderung (Verbrennungsprodukt wie bei Holz?) des Kupfers handeln.

Abstraktion: Meyer bestätigt, dass es ein Verbrennungsprodukt ist, das zufällig wie Kohle auch schwarz ist, und bezeichnet es als Kupferoxid. Aus dem Wissen über die Edukte (Kupfer und Sauerstoff) und mit der Angabe des Produktes durch Meyer formulieren Lernende die Reaktionsgleichung.

Sicherung: Experimentskizze, Beobachtung und Interpretation werden ins Heft notiert, genauso wie die Reaktionsgleichung. Meyer zeigt zum Abschluss Eisenwolle vor und nach der Behandlung mit dem Brenner, seine Lernenden erkennen an der veränderten Färbung, dass ein Eisenoxid entstanden sein muss.

Hier handelt es sich um ein forschend-entdeckendes Unterrichtsverfahren.

Anmerkung: Die UE wurde durch Studierende der Uni Bayreuth im Studienbegleitenden Praktikum praktisch durchgeführt. Dabei wurde das Lehrziel im Vergleich mit einer Gruppe fragend-entwickelnd, mit einer anderen Gruppe in Sichtweite forschend-entdeckend durchgeführt. Beide Gruppen (auch die also, die nur gesehen hatten, wie andere forschen) bezeichneten letzteres Vorgehen als deutlich interessanter, und - die forschende Gruppe war früher fertig! Wer hätte das gedacht!

Zur eigenen Kontrolle:

1. I: Beschreiben Sie die forschend-entwickelnde UM mit Hilfe des Artikulationsmodells.
2. II: Vergleichen Sie die Varianten "entwickelnd" und "entdeckend".
3. III: Diskutieren Sie aus der Sicht eines planenden Lehrenden, welche Gesichtspunkte er durchgehen muss um zu entscheiden, ob er für seine Klasse 10a nächste Woche die entwickelnde oder die entdeckende UM einsetzt.
4. II: Skizzieren Sie einen Forschungszyklus zum Thema "Zusammensetzung von Kochsalz" nach einer eher entwickelnden Vorgehensweise.
5. II: Entscheiden Sie (mit Begründung), ob die hier beschriebene UE eher entwickelnd oder eher entdeckend geprägt ist:

Kurz vor den Weihnachtsferien wollen Lernende von Herrn Meyer wissen, wie die Farben beim Feuerwerk entstehen. Herr Meyer geht mit seinen Lernenden in den Computerraum und lässt sie im WWW nachforschen. Sie finden dort, dass für die Farbestehung verschiedene Metallsalze erforderlich sind und wollen dies nun testen. Meyer stellt dafür verschiedene Verbindungen im Chemiesaal bereit und seine Lernenden testen diese in der Brennerflamme arbeitsteilig in Gruppen. Dann stellen sie "ihre Farbe" den anderen vor. Anschließend werden die Ergebnisse in tabellarischer Form im Heft festgehalten. An Sylvester erzählt Max seinen Eltern stolz, welches Metallsalz in der Rakete enthalten sein muss, um ziegelrotes Licht am Himmel zu erzeugen.

[Hinweise zur Lösung](#)

4.3 Historische Unterrichtsmethoden

Als zweite Methode, die Sie kennenlernen, soll die historische Methode einen gewissen Kontrast bieten. Man kann zu jedem Thema forschen, sobald man den Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung verstanden hat. Die historische Vorgehensweise hingegen erfordert zu jedem Thema spezifische historische Informationen, was die Methode etwas schwieriger macht.

4.3.1 Methodisches Vorgehen

Grundidee ist, dass historische Informationen und Arbeitsweisen für die Strukturierung, Problemorientierung, Durchführung und Motivation von Chemieunterricht dienlich sein können.

Unter "historische Informationen und Arbeitsweisen" sind gemeint:

- Recherche chronologischer Aufeinanderfolgen von Ereignissen und Erkenntnissen,
- Periodisierung, d.h. Einteilung einer Chronologie in Perioden mit gemeinsamen Merkmalen,
- fachgemäßes Nutzen von Quellen unterschiedlicher Art (Text, Bild, Berichte, Augenzeugen, Übersetzungen...),
- fachgemäße Interpretation von Quellen vor dem Hintergrund kultureller, wirtschaftlicher, politischer, gesellschaftlicher Situationen zur Entstehungszeit.

Dabei sind mehrere unterrichtliche Vorgehensweisen denkbar:

- streng chronologisch (historisch-chronologische UM), wird aber oft als langweilig empfunden und erfordert sehr viel Nachbearbeitung, um zu Erkenntnisgewinnung zu führen;
- historisch-biografisch, indem gezeigt wird, welche Leistung eine Persönlichkeit im gesellschaftlichen Umfeld der Zeit erbracht hat,
- historisch-problemorientiert, wobei die Entwicklung einer wissenschaftlichen Erkenntnis über die Zeit oder von Stoffklassen in der Geschichte der Chemie thematisiert werden [Jansen in 2], oder
- historisch-genetisch, indem Parallelen der individuellen und der geschichtlichen Entwicklung im Unterricht genutzt werden.

Im Folgenden wird auf letztere beiden eingegangen. Dabei spielen insbesondere spannende Episoden aus der Geschichte (sofern man denn welche kennt) eine große Rolle. Ihre Recherche ist allerdings sehr aufwendig und erfordert großes Geschick in der Handhabung historischer Arbeitsmethoden. Man wird belohnt durch folgende Hilfen:

An historischen Beispielen (Säure-Base-Theorie, Atombau) kann verfolgt werden, wie Theorien "erfunden" werden, d.h. sie tragen zuerst stark spekulative Züge.

Dann tauchen konkurrierende Theorien auf, die das gleiche Phänomen erklären wollen; in manchen Fällen war bis heute keine Entscheidung zugunsten einer einzigen möglich (siehe die unzähligen Verfahren, Orbital-Geometrien zu berechnen).

Lernende erkennen die begrenzte Gültigkeit von Theorien (das Bohrsche Atommodell erklärt die Emissionsspektren, nicht jedoch Molekül-Geometrien).

Das Kennen lernen des Menschen im Forscher, mit seinen Schwächen und Irrungen, verringert die emotionale Distanz zum Fach Chemie (Linus Pauling, zweimaliger Nobelpreisträger, einmal für Chemie und einmal für den Frieden, bekannt nicht nur für seine Leistungen in der Biochemie und Bindungstheorie, sondern auch Gründer der dubiosen "orthomolekularen Medizin").

Schließlich, wie auch angeblich objektive Forschung geprägt wird von gesellschaftlichen Strömungen und kulturellen Einflüssen einer Zeit.

4.3.2 Arbeitsweise

In [2] wird begründet, wann historische Informationen im Unterricht besonders hilfreich sind: wenn heuristisches Vorgehen (Wechsel von Mutmaßungen und Schlussfolgerungen) zu aufwändig oder schwierig wird. Hier können originale oder aufbereitete Texte helfen, vorausgesetzt

- sie sind historisch korrekt und
- spannend.

Somit bietet sich die UM sowohl für den lehrerzentrierten Unterricht (erzählt spannende Episoden) als auch für das selbständige Arbeiten von Lernenden mit aufbereiteten Texten an.

4.3.3 Strukturierung

JANSEN liefert zwar in [2] keine Artikulationsstufen, diese sind allerdings in der Strukturierung der Beispiel-Einheiten offensichtlich.

Bsp. 1: Die räumliche Struktur von Molekülen

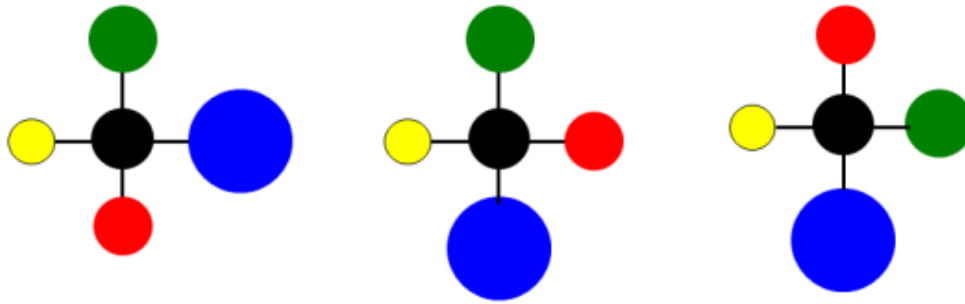
Problemstellung. Die Molekülformel für Methan ist bekannt. Lernende sollen daraus ein räumliches Modell aus Alltagsmaterialien bauen (z.B. Knetmasse und Streichhölzer). Es entstehen so viele unterschiedliche Strukturen als man Gruppen einsetzt. Die Extreme der Verteilung sind eine quadratisch-planare und eine tetraedrische Anordnung. Das Problem: welche Struktur entspricht der Realität, bzw. woher weiß man, wie die "Realität" aussieht?

Information. Jetzt spielt die Geschichte eine entscheidende Rolle: van't Hoff stellte 1874 eine einfache Überlegung an. Er wusste, wie viele Isomere eine Verbindung aus Kohlenstoff mit verschiedenen Halogen-Liganden hatte. Dies muss Lernenden in geeigneter Form mitgeteilt werden.

Durchführung. Lernende testen, wie viele planare und wie viele tetraedrische Isomere sie zeichnerisch UND mit dem Knetmasse-Streichholz-Modell finden können (ohne Modell sind die R/S-Isomere schwer zu finden).

Abstraktion. Aus dem Zusammentragen der Gruppenergebnisse kann in zwei Schritten der Schluss gezogen werden, dass die Umgebung des vierfach gebundenen Kohlenstoffatoms tetraedrisch sein muss.

Sicherung. Die Autoren schlagen ein Arbeitsblatt mit dem vollständigen Text van't Hoffs vor (eine deutsche Ausgabe seiner Publikation erschien 1976), anhand dessen Lernende seine Überlegungen nachvollziehen und überprüfen können.



Die Isomere eines planaren Bromchlorfluormethans.



Isomere eines tetraedrischen Bromchlorfluormethans (Enantiomere).

Abb. 4.5: Theoretisch postulierte Isomere. In der Praxis findet man nur die beiden unteren.



Abb. 4.6: Zusammenfassung der Artikulationsstufen

4.3.4 Leistungen und Grenzen

Das "Historische" sollte **nicht** auf **Konzeptionsebene** für die Darbietung eines umfangreichen Stoffgebietes der Chemie verwendet werden, sondern auf besonders geeignete Fälle, in denen man über interessante historische Informationen verfügt, beschränkt bleiben, z.B.:

- Säure/Base-Konzepte
Bsp. 2: Das Arrhenius-Konzept wurde vom Brønsted- und später vom Lewis-Konzept abgelöst. Aus welchem Grund?
- Der Redox-Begriff
Bsp. 3: Oxidation wurde erst als Reaktion mit Sauerstoff, dann als Elektronen-Abgabe verstanden.
- Die Strukturaufklärung bei Benzol
Bsp. 4: Kekulé's Strukturvorschlag wurde erst ins Lächerliche gezogen, bevor man die Genialität und Richtigkeit seiner Überlegungen erkannte (und bewies). [8] [Material online 30.9.2019](#)
- Vorstellungen vom Bau der Materie
Bsp. 5: von-Stahls Phlogiston-Theorie war sehr willkommen, konnte sie doch bis zum Ende des 18. Jh. viele Phänomene erklären. Erst Lavoisiers Theorie von der Oxidation durch Sauerstoff zeigte, dass andere Erklärungsmodelle dies noch besser konnten. Material: siehe Phlogiston-Theorie.

Als Kritik wird gelegentlich geäußert:

1. Die Geschichte der Chemie würde als "Steinbruch" missbraucht: man nehme sich nur Teile mit, die man gerade brauchen könnte.
Antwort: Das ist OK so. Ist bei allen Wissenschaften so. Nur zu.
2. Die Wege der Chemie seien in der Geschichte verschlungen, voller Irrtümer und Sackgassen, so dass ein Nachzeichnen Lernende eher verwirre.
Antwort: Richtig. Aber Lehrende sind dazu da, geeignete Beispiele auszuwählen und aufzuarbeiten sowie den Einsatz zu dosieren.

Hinweis: Wenig zufrieden können Sie nach diesen Beispielen noch mit dem Begriff der Problemorientierung sein. Als Beispiel taugen historische Begebenheiten schon, die Theorie der Problemorientierung wird in einem eigenen Kapitel 4.5 extra beleuchtet.

4.3.5 Die genetische Färbung

In Anlehnung an WAGENSCHAINS genetischem Prinzip entstand eine historisch-genetische Verfahrensweise, in der zwei Linien zusammengebracht werden sollten [nach 5].

Grundidee ist, dass:

1. die Entwicklung der Wissenschaft Chemie bei Lernprozessen eines Individuums und
 2. die Entwicklung der Erkenntnisse der Chemie im Verlauf ihrer Geschichte
- parallel in sehr ähnlichen Schritten verlaufen.

Auf den Fuß folgte die Erkenntnis, dass die Schwierigkeiten von Lernenden häufig die Schwierigkeiten der Forscher früherer Zeiten waren.

Bsp. 6 Parallelen zwischen der Geschichte der Chemie und den Lehrplänen der Schularten

Geschichte der Chemie	Chemie in den Schularten
Antike: die Welt besteht nach Empedokles (450 v.Chr.) aus 4 Elementen:	LP Grundschule Bayern, Fach Sachunterricht, Lernbereich Kind und Natur:
Luft	Erfahrungen mit Luft (Jgst. 2)
Wasser	Erfahrungen mit Wasser (Jgst. 2)
Erde	-
Feuer	Umgang mit Feuer (Jgst. 1) und Verbrennung (Jgst. 3)
Mittelalter: Stoffwissen als (geheime) Steckbriefe	Stoffe trennen, unterscheiden, kennen (Jgst. 5) und Säuren, Laugen, Salze (Jgst. 8)
Neuzeit: Chemie als Naturwissenschaft	Lehrpläne für RS und Gym in Bayern:
PSE	PSE
Verbindungen	Verbindungen
Reaktionsmechanismen	Reaktionsmechanismen

Bsp. 7: Die Alchemie des Mittelalters blieb durchwegs auf der Stoffebene: man experimentierte recht planlos mit der Transmutation oder an der Synthese des Steins der Weisen herum, ohne sich um eine Vorstellung vom Feinbau der Materie zu bemühen. Gesetzmäßigkeiten suchte man bestenfalls im Geistigen (Religiösen, Esoterischen, Mythischen). "Fachsprache" in Form von Symbolik diente der Geheimhaltung, nicht der universellen Verständlichkeit. Erst im 18. Jh. reiften die philosophischen und experimentellen Grundlagen zu Untersuchungen auf submikroskopischer Ebene (z.B. John Dalton) und das 20. Jh. brachte dann die hoch abstrakten, nicht mehr wirklich vorstellbaren Erkenntnisse z.B. von der dualen Natur als Welle-Teilchen der Materie.

Zu Zeiten des Umbruchs blühten dann die Ergüsse jener, die die neue Zeit nicht verstanden. Die Didaktik betrachtet es in manchen Fällen für sinnvoll, die geschichtliche Entwicklung von Begriffen und Vorstellungen nachzuvollziehen, damit nicht heute etwas ungewöhnlichere oder neue Ideen niedergemacht werden, bevor sie sich experimentell beweisen könnten, denn es könnten die Durchbrüche der nahen Zukunft sein...

Bsp. 8 (Zitat aus NiU-C Nr. 13, S. 90, zur Raumstruktur):

„In einem unlängst veröffentlichten Aufsätze mit gleicher Überschrift habe ich als eine der Ursachen des heutigen Rückganges der chemischen Forschung in Deutschland den Mangel an allgemeiner und zugleich auch gründlicher chemischer Bildung bezeichnet, woran eine nicht geringe Zahl unserer chemischen Professoren zum großen Nachteil unserer Wissenschaft laborirt. Folge davon ist das **Überhandnehmen des Unkrauts** des gelehrt und geistreich scheinenden, in Wirklichkeit trivialen, geistlosen Naturphilosophie, welche vor 50 Jahren durch die exakte Naturforschung beseitigt, gegenwärtig von **Pseudonaturforschern** aus der die Verirrungen des menschlichen Geistes beherbergenden Rumpelkammer wieder hervorgeholt und, gleich einer Dirne modern herausgeputzt und neu geschminkt, in die gute Gesellschaft, wohin sie nicht gehört, einzuschmuggeln versucht wird. Wem diese Besorgnis übertrieben scheint, der lese, wenn er es vermag, die kürzlich erschienene, von **Phantasie-Spielereien** strotzende Schrift der Herrn van 't Hoff und Herrmann über 'die Lagerung der Atom im Raume'. Ich würde dieselbe, wie manch andere, ignorieren, wenn nicht ein namhafter Chemiker sie in seine Protektion genommen und als verdienstliche Leistung warm empfohlen hätte. Ein Dr. H. J. van 't Hoff, an der Thierarzneischule von Utrecht angestellt, findet, wie es scheint, an exakter chemischer Forschung keinen Geschmack. Er hat es bequemer erachtet, den Pegasus zu besteigen (offenbar der Thierarzneischule entlehnt) und sicher 'la chimie dans l'espace' zu verkünden, wie ihm auf dem durch kühnen Flug erklommenen chemischen Parnass der Atome im Weltraum gelagert erschienen sind... Es ist bezeichnend für die heutige kritikarme und Kritik hassende Zeit, daß zwei so gut wie unbekannte Chemiker, der eine von einer Thierarzneischule, der andere von einem landwirtschaftlichen Institute, die höchsten Probleme der Chemie, welche wohl niemals gelöst werden, speciell die Frage nach der räumlichen Lagerung der Atome, mit einer Sicherheit beurtheilen und deren Beantwortung mit einer **Dreistigkeit** unternehmen, welche den wirklichen Naturforscher geradezu in Staunen setzt.“

Übung: Verfahren Sie wie van't Hoff mit der Struktur von Benzen. Ziehen Sie Schlüsse aus den Fakten.

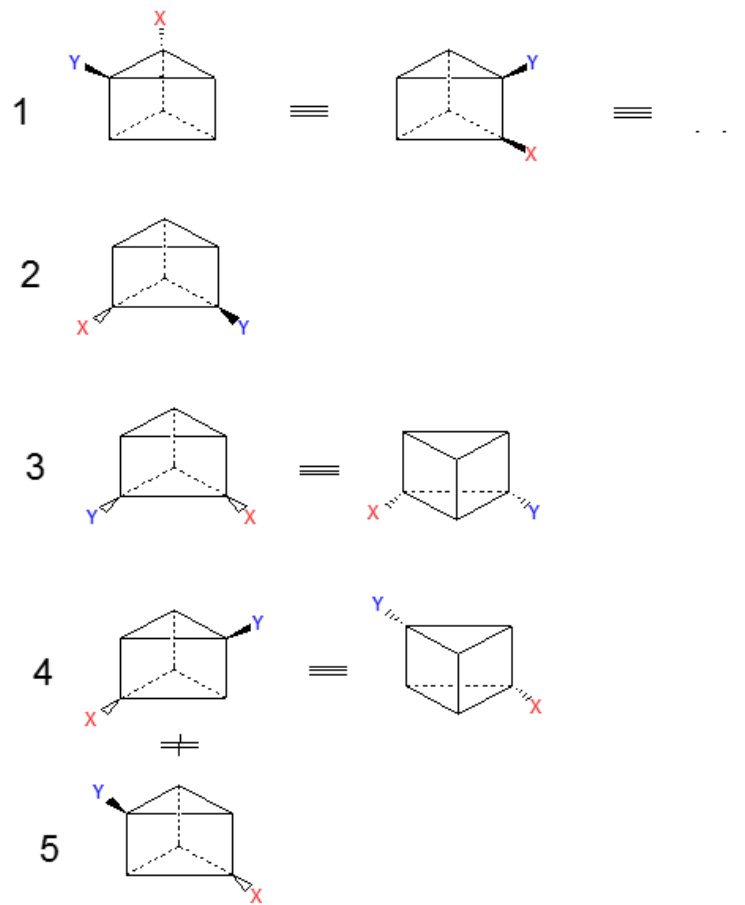


Abb. 4.7: Zu erwartende Di-Substitutions-Isomere von Ladenburgs Strukturvorschlag.

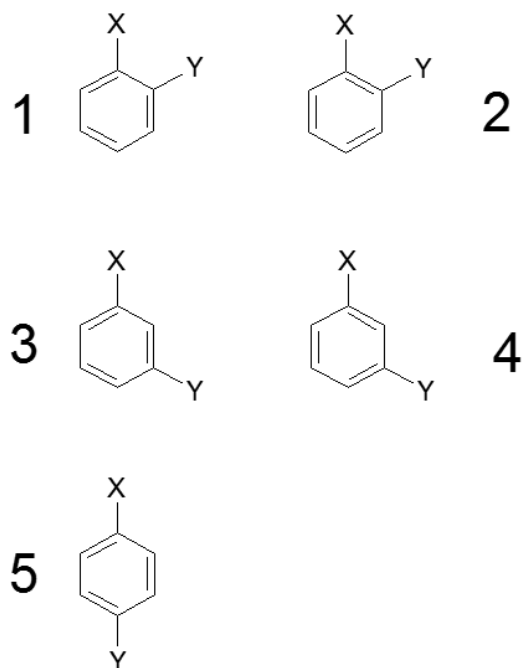


Abb. 4.8: Beurteilen Sie aus heutiger Sicht, welche Di-Substitutions-Isomere von Kekulé's Strukturvorschlag zu erwarten wären. Auch 5?

[MOLGEN](#), online 30.09.2019 (ein Programm, das nach einer mathematischen Algorithmus alle Konstitutionsisomere für eine Molekülformel berechnen kann) liefert 161 Ringstrukturen für C_6H_6 , darunter auch

- Nr. 157 Dewar-Benzol,
- Nr. 158 Ladenburg-Benzol und
- Nr. 160 Kekulé-Benzol.

Alle drei wurden mittlerweile auch (mühsam) synthetisiert.

Bsp. 9: (Zitat aus NiU-C Nr. 13, zu Benzen):

„...da saß ich und schrieb an meinem Lehrbuch; aber es ging nicht recht; mein Geist war bei anderen Dingen. Ich drehte den Stuhl nach dem Kamin und versank im Halbschlaf.

Wieder gaukelten die Atome vor meinen Augen. Kleinere Gruppen hielten sich diesmal bescheiden im Hintergrund. Mein geistiges Auge, durch wiederholte Gesichte ähnlicher Art geschärft, unterschied jetzt größere Gebilde von mannigfacher Gestaltung. Lange Reihen, vielfach dichter zusammengefügt. Alles in Bewegung, schlangenartig sich windend und drehend.

Und siehe, was war das? Eine der Schlangen erfasste den eigenen Schwanz und höhnisch wirbelte das Gebilde vor meinen Augen.

Wie durch einen Blitzstrahl erwachte ich; auch diesmal verbrachte ich den Rest der Nacht, um die Konsequenzen der Hypothese auszuarbeiten.“

„Lernen wir träumen, meine Herren, dann finden wir vielleicht die Wahrheit, aber hüten wir uns, unsere Träume zu veröffentlichen, ehe sie durch den wachenden Verstand geprüft worden sind.“

Zur genetischen Färbung lassen sich keine anderen Artikulationsstufen formulieren als die ohnehin für das historische Verfahren typischen. Deswegen wähle ich auch die Bezeichnung "Färbung". Interessant für planende Lehrende ist die Begründung, warum die genetische Vorgehensweise manchmal hilfreich sein kann.

Zur eigenen Kontrolle:

1. II: Arbeiten Sie je 2 Unterschiede und Gemeinsamkeiten der historischen und der forschenden Unterrichtsmethode heraus.
2. III: Diskutieren Sie Besonderheiten einer möglichen historisch-genetischen UM.
3. I: Nennen Sie Merkmale, an denen man bei Unterrichtsbeobachtung das Vorliegen einer historischen UM erkennen würde.
4. II: Planen Sie den methodischen Teil einer UE zu einem Thema, bei dem Lernende selber entscheiden sollen, ob Verbindungen des Typs XY_4 planar oder tetraedrisch gebaut sind. Bauen Sie eine genetische Komponente ein und begründen Sie ihr Vorgehen.

[Hinweise zur Lösung](#)

4.4 Kann es ein "Normalverfahren" geben?

Lassen Sie sich nie mit einem herkömmlichen, über Jahrzehnte „erfahrenen“ Lehrer auf diese Diskussion ein 😊.

4.4.1 Diskussion

Sie haben mindestens 12 Jahre Erfahrung mit Unterricht und haben die "Methoden" Ihrer Lehrenden bewusst oder unbewusst beobachtet.

Aufgabe: zu lösen in zwei Schritten

1. Gehen Sie in Gedanken Ihren erlebten Unterricht durch. Destillieren Sie aus Ihren Erfahrungen die häufigste "Methode" Ihrer Lehrer heraus.
2. Überprüfen Sie, ob Sie "Phasen" dieser häufigsten "Methode" formulieren können.

Ansatz 1: Sowohl Lit. [2 S. 201-203] als auch Lit. [4 S. 250-252] drücken sich in Methodenfragen sehr "schwimmend" aus:

Zitat [2 S. 202]: ...das... Verfahren wird als Normalverfahren, problemlösendes Verfahren, forschendes, entdeckendes, experimentelles, induktives Verfahren bezeichnet..."

Alles klar? Nein? Dann haben Sie recht. Solche Formulierungen sind alles andere als hilfreich. Und sie werfen ein vernichtendes Bild auf eine "klare Fachsprache" und somit die Fachdidaktik Chemie.

Ansatz 2: Wir bezeichnen im Sinn der Aufgabe oben jenes als Normalverfahren, dass man am häufigsten in der Praxis vorfindet. Nennen wir es mal **fragend-entwickelnd**.

Über das Entwickeln ist im Kapitel Forschend mehr nachzulesen, das Fragen wird außer im Kapitel Geschichte ("Katechisierer") nicht weiter thematisiert. Begründung:

- Fragend-entwickelndes Vorgehen ist nach unserer Definition keine Unterrichtsmethode, höchstens ein Muster für unterrichtliches Vorgehen.
- Man kann keine definierten Phasen angeben - ein Kennzeichen dafür, dass es auch nicht klar beschrieben werden kann.
- Die Formulierung von Fragen wird massiv unterschätzt. Beim "Entwickeln" eines Unterrichtsproblems mit Hilfe von Fragen bewegt man sich auf einem schmalen Grat zwischen **Suggestivfragen** ("Welche Farbe hat die Lösung?") und der nicht direkt ausgesprochenen **Aufforderung zum Raten**.

Bsp. 1: Spontanfragen und Schülerantworten dazu

Überlegen Sie: wollte der Lehrer diese Antworten wirklich hören?

Frage: Was seht ihr? Antwort: Alles.

Frage: Wer sieht etwas? Antwort: Ich.

Frage: Was kann man dazu sagen? Antwort: Nix.

Frage: Glaubt ihr, dass das funktioniert? Antwort: Nein.

Überlegen Sie: wollte der Lehrer diese Antworten wirklich hören?

Frage: Was seht ihr? Antwort: Alles.

Frage: Wer sieht etwas? Antwort: Ich.

Frage: Was kann man dazu sagen? Antwort: Nix.

Frage: Glaubt ihr, dass das funktioniert? Antwort: Nein.

Positiv-Beispiel als Kontrast: "Achtet auf den Inhalt der Waschflasche: welche Veränderungen sind im Verlauf der Gaseinleitung zu beobachten?" (...Wenn es denn

unbedingt eine Frage sein muss. Sie werden im Seminar "Planung" Alternativen zum massierten Fragen kennen lernen).

Zitat: *"Der fragend-entwickelnde Unterricht ist auch in anderen Ländern zu finden, aber kaum als dominantes Unterrichtsmuster. Das Unterrichtsgespräch hat seinen festen Platz, aber es wechselt mit anderen Phasen ab, die Schüler zum selbständigen Nachdenken, aber auch zum Gespräch miteinander bringen und die Lehrkraft entlasten. In diesen Phasen gewinnt die Lehrkraft jenen Spielraum, der für eine gute Diagnostik, für die Sichtung alternativer Lösungen, die Entdeckung produktiver Fehler und besonders intelligenter Beiträge sowie die Vorbereitung eines Unterrichtsgesprächs, das von geordneten Schülerbeiträgen ausgeht, notwendig ist. Problematisch ist die Dominanz des fragend-entwickelnden Unterrichts als eines modalen Unterrichtsskripts."* [Quelle: Baumert, J., Wo steht Deutschland im internationalen Bildungsvergleich? http://www.zeit.de/reden/Bildung_und_Kultur/baumert_bildung.html, 21.05.2002]

Ergebnis: das fragende Muster ist nach Möglichkeit (als durchgängige "Methode") zu meiden.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass durch eine geschickte Fragenserie in der Manier von Sokrates ganz hervorragende Gedankenführung gelingt, allerdings hat das mit dem Spontanfragen unserer Zeit wenig zu tun. Es wäre eine seltene Variante aus der Gruppe der historischen UM.

Bsp. 2: ...für eine Situation mit wenig überlegter Fragetechnik

Lehrender Faulhammer:		Lernende
Frage	Absicht	
Wer hat denn schon mal was von Alkoholen gehört?	Ich möchte erst einmal sammeln.	(2 - 3 Schüler melden sich. Damit ist die Frage schon beantwortet: „Ich.“)
Was hat denn Alkohol für eine Formel?	Ich möchte an das Vorwissen anknüpfen.	Kathrin: „ $C_6H_{12}O$ irgendwas, oder?“
Es folgt ein Lehrervortrag zu Ethanol.		
Wer kennt denn noch weitere Alkohole?	Ich habe ein schlechtes Gewissen, weil ich zu viel rede und das unpädagogisch ist.	(Niemand meldet sich. Das ist eine ehrliche Reaktion.)
Klaus, was meinst du?	Ich möchte weitere Schüler aktivieren.	Klaus: Benzol. (Faulhammer hat sich diese falsche Antwort mühsam verdient.)
Es folgt ein Lehrervortrag über die homologe Reihe der Alkohole.		
Was kann man zu Alkoholen sonst noch sagen?	Ich möchte zur Verwendung der Alkohole als Lösemittel überleiten.	Matze: „Alkohol brennt.“ Karl: „...ja, im Hals!“ (Alle lachen... Faulhammer ist genervt, weil sich die Lernenden "nicht konzentrieren" und hat seine Absicht nicht erreicht.)
Was glaubt ihr, wie viel Alkohol wird in Deutschland produziert? Juliane!	Juliane soll sich auch am "Unterrichtsgespräch" beteiligen.	Juliane: „Äh, 50.000 Liter vielleicht? Nicht? Ich habe keine Ahnung!“ (Faulhammer hat ja nicht gesagt, ob er die Tages-, Monats- oder Jahresproduktion haben wollte.)

Faulhammer befindet sich in der Situation, die Pestalozzi folgendermaßen beschreibt:

Zitat: "Gleich Habichten Eier aus dem Nest holen wollen, die noch gar nicht gelegt sind". Zitiert nach [5].

4.4.2 Lehrervortrag

In der Diskussion, ob ein Lehrervortrag "seine Berechtigung hat" oder "als veraltet zu gelten hat" wird üblicherweise nicht nach (gegliederter) Unterrichtsmethode oder einer kurzen informierenden Phase im Unterricht unterschieden.

Als **eine** der Artikulationsstufen hat die vortragende Unterrichtsweise ihren Platz in mehreren UM und wird jeweils dort beschrieben.

Beispiele:

- historisch: Informationsphase,
- forschend-entwickelnd: Problemstellung,
- Selbst-organisiertes Lernen (SOL): Faszinationsphase.

Als **durchgängiges Unterrichtsmuster** in Manier einer Vorlesung sollte er ein seltenes Ereignis bleiben.

Wenn man als Lehrender nicht fragt, sondern am laufenden Band vorträgt, wird das ein Lehrervortrag. Es soll gute Lehrervorträge geben - sie sind allerdings genauso selten und schwierig wie ein gewinnbringendes Frage-Antwort-Spiel. Mehr dazu findet sich in Teil C bei der anbietenden Arbeitsform.

Der Einsatz der Lehrersprache für Unterricht ist Gegenstand der Übung "Medien" im 3. Semester, die Gestaltung eines guten Kurzvortrages (15-25 Minuten) ist Aufgabe und Ziel in den drei "Übungen im Vortragen" des 5-6. Semesters.

Zur eigenen Kontrolle:

1. II: Formulieren Sie die Fragen aus Bsp. 2 so um, dass Lehrender Faulhammer seine Absichten mit größerer Wahrscheinlichkeit erreicht.
2. III: Stellen Sie 1-2 Regeln auf, die "gute, verständliche" Fragen beschreiben.
3. II: Begründen Sie, warum es unsinnig ist, eine Unterrichtsmethode "Normalverfahren" zu nennen.
4. III: Spielen Sie in einer Gruppe ab 3 Studierenden folgendes Spiel: reihum ist jeder mal der Lehrende. Jener stellt eine Frage zu einem beliebigen, selbst gewählten Thema (es muss nicht Chemie sein). Wenn eines der anderen Gruppenmitglieder eine sinnvolle Einwort-Antwort geben kann, gibt es 0 (Null) Punkte und der Nächste ist dran. Ist dies nicht möglich, erhält der Lehrende 1 Punkt. Gewonnen hat, wer die meisten Punkte sammelt.
5. III: Formulieren Sie die folgenden missverständlichen Fragen (lauter Zitate aus der Praxis) so um, dass Lernende sie eher korrekt in 1-2 Sätzen beantworten können und begründen Sie ihre Maßnahmen:
 - Was glaubt ihr was bei dem Versuch passiert?
 - Ich zeige euch einen Versuch. Schaut her.
 - Ist diese Lösung rot?
 - (Ein Lernender wird an der Tafel abgefragt) Erzähl mal, was wir letzte Stunde gemacht haben.

[Hinweise zur Lösung](#)

4.5 Problemorientierte UM?

"Probleme lösen" wird in der Literatur gerne als eine der bedeutenden Aufgabenstellungen für Unterricht bezeichnet. Dennoch findet sich zur Art und Weise, WIE Problemorientierung zu realisieren sei, in der Literatur so gut wie nichts. Das mag seine Ursache in zweierlei haben:

1. es bleibt meistens unklar, wie ein "Unterrichtsproblem" beschaffen sein sollte, um zweckdienlich zu sein und
2. dass die Autoren der Behauptung bald erkennen, dass genau genommen JEDE Unterrichtsmethode problemorientiert sein sollte.

Aus diesem Grund ergibt sich die Untergliederung wie folgt:

4.5.1 Unterrichts-Probleme (der ersten Art)

(Jene der zweiten Art sind Disziplinprobleme, der dritten Art Probleme, die unfähige Lehrende haben ☺ sofern es denn solche gibt).

Bsp. 1a - Negativ-Beispiele

Studierende haben die Aufgabe, in den Veranstaltungen "Übungen im Vortragen" der Teilfächer AC, OC, PC (5. - 6. Semester) die Problemorientierung praktisch einzuüben. Dabei finden sich u.a. folgende Umsetzungs-Versuche:

- "Stuttgart entnimmt sein Trinkwasser aus dem Bodensee. Da stellt sich die Frage, ob man das gleich so trinken kann." (Thema AC: Trinkwasser-Aufbereitung).
- "Im Winter ist es draußen oft dunkel. Deshalb zünden Menschen Kerzen an. Sie fragen sich, ob man ihre Brenndauer verlängern kann." (Thema AC: Chemie der Weihnachtskerze).
- "Frau Müller und ihr Mann sind vom Glanz der Nylonstrümpfe fasziniert. Gibt es noch andere Besonderheiten bei Nylon und wie wird dieses synthetisiert?" (Thema OC: Nylon).

Aufgabe: Lesen Sie weiter bis Bsp. 5 und formulieren Sie mindestens einen Grund, warum es sich bei den Beispielen aus 1a um Negativ-Beispiele handelt (Anforderungsbereich III).

An ein Unterrichtsproblem möchten Lehrende die Bemühungen knüpfen, die folgenden Inhalte für Lernende bedeutsam zu machen. Sinnvoller Weise stehen diese Bemühungen am Anfang der Unterrichtseinheit (UE), sind also im engsten Sinn erste Artikulationsstufen einer problemorientierten Unterrichtsmethode. Problembewusstsein wird gerne als Grundlage für das Bestreben, dieses Problem (selbst) zu lösen, angesehen. AEBLI hat eine Systematik der Problemarten aufgestellt, die sehr hilfreich ist:

1. **Lücken-Probleme:** Lernende erkennen, dass sie etwas nicht wissen. Diese können differenziert werden in:
 - **Interpolationsprobleme**, wobei die beiden Pole des Problems definiert sind, aber wie man vom einen zum anderen kommt ist (noch) unbekannt.
Bsp. 2: Aus Buttersäure und Ethanol soll Ethylbutanoat hergestellt werden. Was man noch dafür benötigt und wie man vorgehen muss ist unbekannt.
 - **Gestaltungsprobleme**, wobei der Ausgangspunkt nur ungenau bekannt und somit Teil des Problems, der Endpunkt aber wohl definiert ist.
Bsp. 3: Ethylbutanoat soll hergestellt werden. Wovon man dabei am besten ausgeht ist offen (eventuell bewusst, da es mehrere Wege zum Ziel gibt) sowie auch wie man am geschicktesten vorgeht, eine hohe Ausbeute zu erzielen.
2. **Widerspruch-Probleme:** Lernende werden einer Widerspruchssituation ausgesetzt, etwa zwischen dem, was sie bisher wussten und einem neuen Fakt (experimenteller Befund, Messwert, Beobachtung u.ä.).

Bsp. 4: Durch die Verbrennung von Eisenwolle wird diese schwerer. Erfahrung aber ist: die Verbrennung von Alltagsstoffen (Papier, Holz) macht diese leichter.

3. **unnötige Komplikation:** unnötig ist die Komplikation nur mit Blick auf eine lineare Lösung, aus pädagogischer Sicht aber nicht. Aus einer Fülle von Informationen soll die für die Lösung relevante isoliert werden. So präsentieren sich Alltagsprobleme in der Regel.

Bsp. 5: Zum Aufbau einer Destillationsapparatur werden auch Distraktoren angeboten, also Glasteile, die aus Sicht des Lehrenden nicht benötigt werden. Wertvoll ist der Entscheidungsprozess bei den Lernenden.

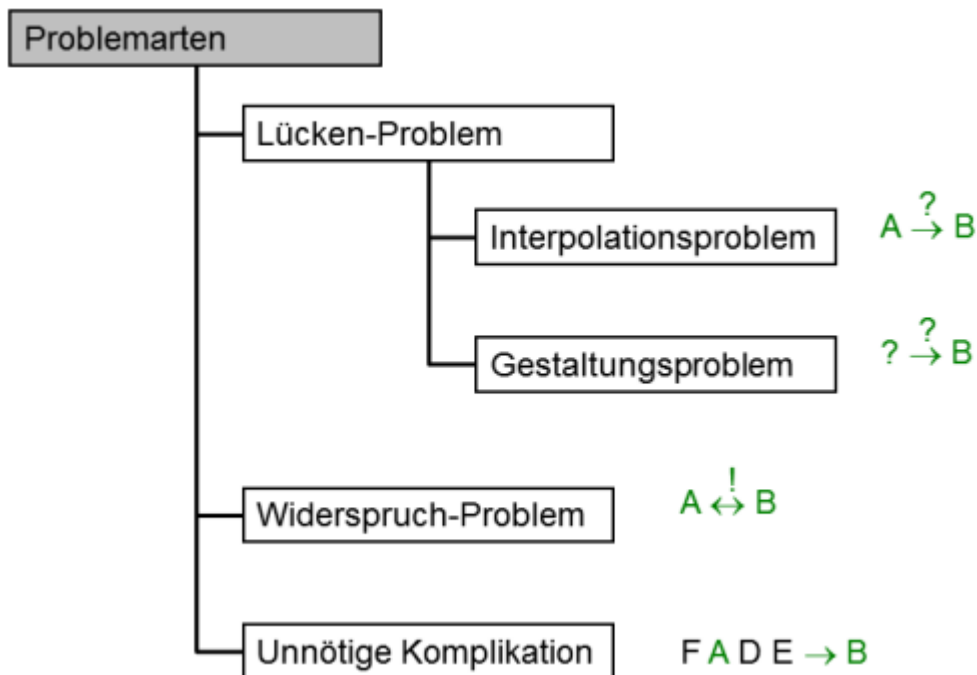


Abb. 4.9: Problemarten für den Unterricht nach AEBLI. Neben den Bezeichnungen sind Piktogramme vorgeschlagen. Helfen die beim Merken?

Mit dieser Kategorisierung dürfte die Frage 1 aus der Einleitung zum Kapitel beantwortet sein: ein Unterrichtsproblem kann in der Regel einer der vier Kategorien nach Aebli zugeordnet werden. Am wertvollsten (und einfachsten) erscheint mir, wenn man es schafft, ein Widerspruchsproblem zu finden. Allerdings tun sich sowohl Einsteiger als auch erfahrene Lehrende ziemlich schwer damit, "Probleme" zu finden, oft aber nur deshalb, weil "kein Problembewusstsein für die Notwendigkeit von Problemen" besteht. Dann hört man "man muss nicht immer ein Problem haben". Richtig, MUSS nicht unbedingt, aber es ist schon irre hilfreich und motivierend.

Folgerichtig, weil es nicht einfach und dennoch für den Unterricht so wichtig ist, unterscheidet Schmidkunz in [9, nach 2] (der Autor der forschenden UM) in der einleitenden Artikulationsstufe (bei ihm "Denkstufe") drei "Denkphasen" (die Sie nicht benennen brauchen):

- Problemgrund: als Einstieg in den Unterricht dient eine Schilderung, ein Experiment, eine Demonstration, ein Bild oder ein Film, die ein Aebli-Problem **enthalten**.
- Problemerkfassung: erst in dieser Denkphase wird Lernenden das Problem **bewusst**, manchmal selbständig, manchmal sind Impulse oder Hilfen erforderlich.

- Endstufe ist die Problemformulierung in Form von Verbalisierung oder Notiz. Das Problem wird zum Unterrichts-Ziel: in einem knappen Satz **formulieren** Lernende u.U. mit Hilfe des Lehrenden, was untersucht werden soll.
"Die Phase darf nicht verlassen werden, bevor nicht allen Lernenden exakt bekannt ist, 'was wir jetzt tun wollen'".

Bsp. 1b - Positiv-Beispiele

- *Wenn eine Frage dabei sein muss: Die Stuttgarter trinken Bodensee-Wasser. Würdest du aus dem See schöpfen und trinken? (Wahrscheinlich nicht) Was man tun muss, damit See-wasser sicher trinkbar wird, ist das Ziel des Vortrags.*
- *Mit einem Experiment für eine lehrenden-zentrierte Einheit: Kerzenlicht empfinden wir als sehr romantisch, besonders im Winter bei einer duftenden Tasse Tee und leckeren Plätzchen. Im Experiment erkennt man, dass eine Kerze mit hoher, rußender Flamme brennt und tropft, die andere mit mäßiger Flamme langsam herunterbrennt. Lehrender: "Bis es so weit war, dass man sich nicht ständig um die Kerze kümmern musste, waren einige Erfindungen von Chemikern nötig. Diese möchte ich euch nun vorstellen..."*
- *"Als in den 50er Jahren des 20. Jh. die Nylonstrümpfe in den Handel kamen, standen Frauen in langen Schlangen, um an eines der begehrten Paare zu kommen. Vorher gab es nur Woll- und Baumwollstrümpfe. Wie es die Chemie geschafft hat, diese sagenhaften Eigenschaften umzusetzen...."*

4.5.2 "Probleme" als Unterrichtsmethode?

Sofern Sie schon UM bearbeitet haben dürften Sie festgestellt haben, dass die meisten Unterrichtsmethoden irgendwie problemorientiert sind.

Bsp. 6-8:

- *Eine forschende UM ist ohne ein Problem am Anfang nicht denkbar, da auch in der wissenschaftlichen Forschung immer von einem Problem ausgegangen wird;*
- *eine historische UM kommt nur dann ohne ein Einstiegsproblem aus, wenn sie sich auf eine Auflistung von Jahreszahlen (chronologisch), mit Leistungen einer Epoche oder einer Person beschränkt; aber ist es dann noch eine Unterrichtsmethode oder eher ein Lehrervortrag?*
- *Spielorientierte, rein fragende UM oder bestimmte Formen der Freiarbeit (zweckfreie ästhetische Beschäftigung) sind die einzigen Verfahren, die ohne (Einstiegs-)Problem auskommen.*

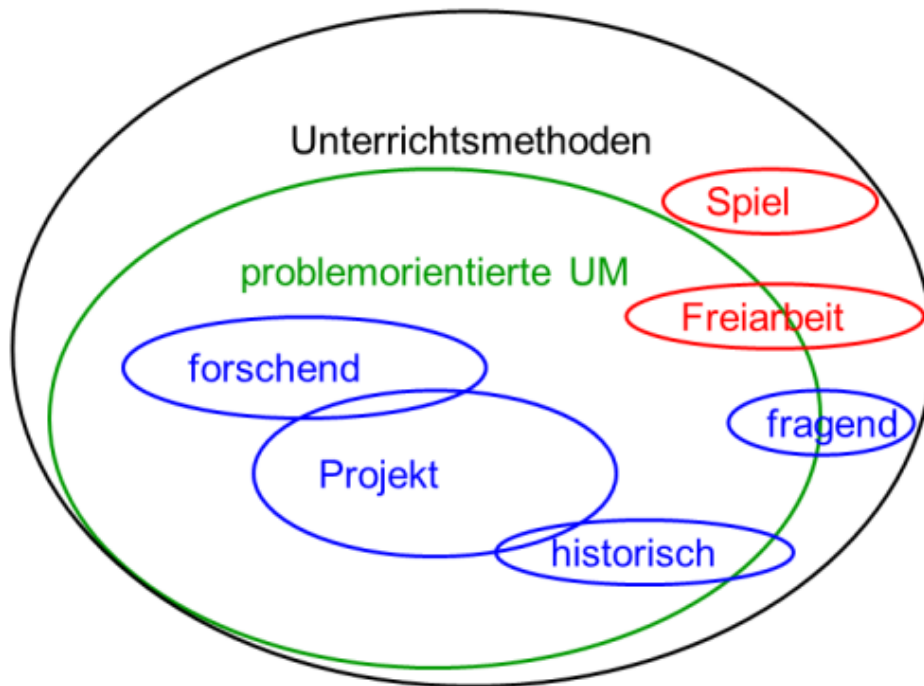
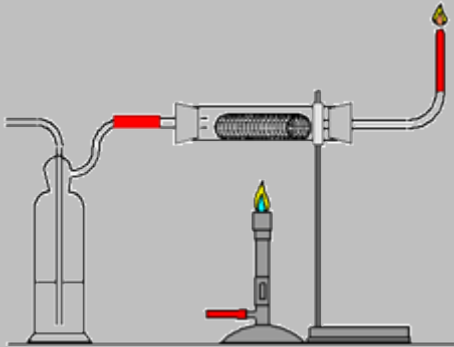


Abb. 4.10: Die Gruppe der problemorientierten UM. Man erkennt die Sonderstellung von Spiel und fragenden Maßnahmen.

Deswegen ist der Schluss angebracht, dass es sich bei der "problemorientierten UM" gar nicht um eine einzelne, klar beschreibbare UM handelt, sondern um eine Gruppe von UM mit ähnlichen Ausgangslagen. Es gibt sehr wenige Methoden, die ohne Problem auskommen. Womit dann auch die zweite Eingangsfrage beantwortet wäre.

Zur eigenen Kontrolle:

1. I: Formulieren Sie, ausgehend von folgenden Situationen, jeweils das Widerspruchsproblem aus Sicht von Lernenden:
 - a. Die Temperaturmessung in einem Becherglas mit siedendem Wasser ergibt 97°C .
 - b. Ein Universalindikator-Papier, an ein Häufchen Zitronensäure-Kristalle gehalten, zeigt keine Farbänderung.
 - c. Eine Waagschale, auf der Stahlwolle verbrannt wird, sinkt an der Balkenwaage nach unten.
2. II: Diskutieren Sie Vor- und Nachteile von problemorientiertem gegenüber nicht problemorientiertem Vorgehen.
3. I: Formulieren Sie je ein Interpolations- und ein Gestaltungs-Problem.
4. II: Diskutieren Sie, inwieweit es sich bei der Problem-Orientierung um eine Unterrichtsmethode handelt.
5. II: Stellen Sie eine Liste von Bauteilen zusammen, die Sie in eine Experimentierkiste zum Thema "Reduktion von Kupferoxid im Wasserstoffstrom" bereitstellen (gewünschter Experimentalaufbau siehe unten). Bauen Sie unnötige Komplikationen ein und markieren Sie diese.



6. Formulieren Sie ein Widerspruchsproblem und ein Lückenproblem (nach AEBLI) für eine Einführungsstunde in den Lernbereich Salze (Jgst. 8).

[Hinweise zur Lösung](#)

4.6 Projekte als UM

Es ist kein neues Phänomen, dass Lernende und Beobachter (Pädagogen, Didaktiker), aber durchaus Lehrende selber, Unterricht einen Sinn geben möchten, der nicht nur darin bestehen soll, "dass man etwas weiß", sondern, dass man etwas weiß UND kann, was im täglichen Leben tatsächlich GEBRAUCHT wird.

4.6.1 Beispiel 1: Ein Projekt zum Thema Ester

Lehrende **Meyer**, mit 15 Jahren Unterrichts-Erfahrung auf dem Buckel, soll für die Projektwoche, die die Schulleitung auf die vorletzte Unterrichtswoche des Schuljahres terminiert hat, ein Thema anbieten. Als Chemielehrerin bietet sie "Synthese von Fruchtestern" an. Der Verlauf gestaltete sich dann wie folgt:

- Es haben sich 12 Lernende angemeldet, damit ist das Thema gerade noch genehmigt worden. Frau Meyer teilt 4 Gruppen zu je 3 Lernenden ein. Die Gruppen dürfen sich am ersten Tag aus einer Liste von 6 Fruchtestern je einen aussuchen, den sie synthetisieren möchten. Anschließend suchen sie im WWW nach geeigneten Anleitungen und legen in der letzten Stunde des Schultages die gefundenen Arbeitsvorschriften der Lehrenden vor. Frau Meyer sucht jeweils eine für jede Gruppe aus, die keine gefährlichen Stoffe erfordert und die in der Zeit von einem Schultag machbar ist.
- Am zweiten Tag finden die Gruppen je einen Satz Geräte an ihrem Arbeitsplatz, mit denen sie eine Synthese unter Rückflusskühlung durchführen können. Sie messen Edukte nach Vorschrift ab, starten die Reaktion und haben nach 120 Minuten ca. 20mL eines duftenden Esters im Produkte-Kolben. Während der Reaktionszeit formulieren sie den Mechanismus der Veresterung für ihren Fruchtester anhand einer allgemein gehaltenen groben Anleitung von Frau Meyer.
- Am dritten Tag werden die Ester durch Destillation gereinigt und den anderen Gruppen vorgestellt. Jede Gruppe fertigt für eine Ausstellungswand in der Pausenhalle der Schule eine Beschreibung dessen, was sie gemacht hat, auf einem Blatt DIN-A3 an. Neben das Blatt wird auch eine Geruchsprobe gehängt.

Aufgabe 1: Beurteilen Sie aufgrund Ihrer Erfahrung aus Ihrer Schule, ob es sich bei o.a. Unterrichtseinheit um ein Projekt handelt. Notieren Sie kurz Ihr Urteil und eine ganz kurze Begründung.

Aufgabe 2: Beurteilen Sie nach der Lektüre dieser Einheit erneut, ob es sich bei o.a. Unterrichtseinheit um ein Projekt handelt.

Wenn Sie mit beiden Beurteilungen fertig sind, können Sie anhand der [Lösungsseite](#) überprüfen, inwieweit Sie richtiglagen.

4.6.2 Methodisches Vorgehen

Erinnern Sie sich an den einführenden Satz: nicht neu heißt konkret, seit Mitte des 19. Jahrhunderts. Es war die Bewegung der Reformpädagogik, oft bestehend aus Lehrern, die sich daranmachten, neue Konzepte auszuprobieren und diese in Papierform zu bringen, damit andere profitieren konnten. Zu erwähnen seien Namen wie

- John DEWEY, High-School-Lehrer bis 1884, dann Professor für Philosophie;

- Georg KERSCHENSTEINER, ab 1883 Lehrtätigkeit Mathe und Physik am Melanchton-Gymnasium in Nürnberg, dann Stadtschulrat in München und 1920 Hochschulprofessor;
- Berthold OTTO, ab 1883 Privat- und Nachhilfelehrer, dann 1906 Schulgründer;
- Maria MONTESSORI, erste studierte Ärztin Italiens, Dozentin der Erziehungswissenschaften und 1907 Schulgründerin;
- Peter PETERSEN, Gymnasiallehrer in Leipzig, Schulleiter in Hamburg und Erziehungswissenschafts-Professur in Jena.

Erst in den 1970er Jahren wurde die Idee dann praktisch in den Unterricht integriert, aber einigermaßen konsequent nur in der Berufsaus- und -weiterbildung, in der Kunst-Didaktik sowie der technischen Ausbildung an Hochschulen.

4.6.3 Arbeitsweise

Als Gegenreaktion zu den allzu häufigen frontalen Situationen und der Lehrenden-Zentrierung wollte man nun

- Lernende etwas tun lassen (Handlungsorientierung), nicht nur kognitiv fordern;
- ihre Selbstverantwortung stärken, indem man sie im Team arbeiten ließ (kooperatives Lernen),
- Problemlöse-Strategien fördern, indem Lernende selbst nach Lösungen suchen und diese verfolgen sollten, sowie
- die strenge Fächerung aufbrechen, da diese bei realen Problemlösungen auch nicht auftritt (ganzheitliches Lösungskonzept).

Idealerweise sollten Lernende entsprechend ihrem Bedürfnis mit einem Problem ankommen und die Lösung als Vorhaben vor dem Hintergrund ihrer (fachlichen) Vorlieben selbst zu lösen trachten.

4.6.4 Strukturierung

Folgende Strukturierung in "Stufen" (Artikulationsstufen) ist nach Karl FREY erfolgt (nach [2]):

1. **Initiative:** von einer Alltagsbeobachtung oder einem ~problem ausgelöst geht die Initiative von Lernenden aus. Gefragt ist eine Lösung oder ein Produkt, nicht nur "wissen wollen".
Lernende möchten bei Frau Mayr "saure Schocker" herstellen. Darunter verstehen wir in diesem Fall stark saure Bonbons.
2. **Skizze:** in Form einer Grobplanung wird festgelegt, wie viel Zeit man auf das Projekt verwenden möchte, ob man die Voraussetzungen für die Durchführung hat und Ziele präzisiert. Zu selbständigem Handeln gehört auch eine zielführende Planung, die durch Tun und Erleben gelernt werden muss. Hierfür räumen Lehrende ihren Lernenden ein Höchstmaß an Mitbestimmung ein.
Nach Diskussion mit Lernenden stellt Frau Mayr 1-2 Unterrichtsstunden zur Verfügung. Lernende haben schon früher zuckerfreie Lollies hergestellt. Die bekannte Rezeptur soll als Grundlage dienen. Es stellt sich heraus, dass zwei Wege verfolgt werden könnten: die Lolly-Masse stark sauer machen oder nur die Oberfläche. Beide Möglichkeiten möchte man verfolgen.
3. **Plan:** in Form einer Feinplanung wird festgelegt, welche Ideen genau verfolgt werden. Entsprechend viele Gruppen werden eingerichtet und ein Zeitplan er-

stellt. Eingebaute Kontrollpunkte sorgen bei sehr umfangreichen Projekten dafür, dass rechtzeitig abgebrochen oder umdisponiert werden kann, wenn abzusehen ist, dass das Projekt misslingt, falsch eingeschätzt wurde oder die Zeit nicht einzuhalten ist. Gemeinschaftliches Handeln in der Gruppe stärkt die Sozialkompetenz. Lernende erfahren, dass die Summe der Ideen aus der Gruppe leichter zu einer Lösung führt als das Nachdenken allein für sich.

Eine Gruppe möchte die üblicherweise verwendete Säuremenge für die Rezeptur verdreifachen, eine versechsfachen, die anderen wollen mit der Oberfläche experimentieren, Eintauchen in die kristalline Zitronensäure und in konzentrierte Lösungen. Es werden 4 (8) Gruppen gebildet.

4. Durchführung: die Gruppen verfahren nach Plan.

Alle Gruppen stellen die Bonbonmasse her. Gruppe 1 stellt fest, dass die Lollies zwar sehr sauer sind, aber eine Steigerung noch wünschenswert wäre. Gruppe 2 erhält etwas bittere Lollies, die nicht fest werden. Gruppe 3 taucht in Zitronensäure, die haftet aber schlecht. Gruppe 4 erhält klebrige Lollies, die lange Trocknungszeiten benötigen und geschmacklich nicht ergiebig sind. Eine Verbesserung wird durch Gruppe 3 vorgeschlagen und verfolgt: eine Schmelze zum tauchen verwenden. Mit diesem Ergebnis ist die Gruppe zufrieden.

5. Abschluss: eine geleistete Arbeit (auch Lernen ist Arbeit, wem sage ich das) wird erst dann als befriedigend empfunden, wenn man ein materielles Ergebnis in der Hand hält (selbst hergestellte Seife, Streichhölzer, Gummibärchen...) oder Anerkennung für eine Dienstleistung erntet (Computerkurs für 60+, Nachhilfe für Flüchtlingskinder, Präsentation am Elternabend...).

Alle Gruppen stellen ihre Erfahrungen mit ihrer Rezepturergänzung vor. Die gelungensten Exemplare werden mit Transparentfolie und Schmuckband verpackt und an die Schulleitung verschenkt ;)



Abb. 4.11: Artikulation der projektorientierten UM und von Projekten.

Zusammenfassung der Leistungen:

- Problem aus der Erfahrungswelt,
- selbständiges Arbeiten an einem Lösungsplan,
- eigenständiges Umsetzen des Planes in der Gruppe und
- konsequentes Bearbeiten der Aufgabe bis zum Abschluss.

Projektunterricht ist ein Arbeitsvorhaben mit Lehrzweck, bei dem eine reale Lebensaufgabe von praktischer Bedeutung ... bewältigt wird, und zwar so, dass am Ende ein sinnhaftes, greifbares, praktisch brauchbares Ergebnis steht. Nach Dewey, aus [4] S. 115.

Beispiele für bereits erprobte Projektthemen mit Bezug zum Fach Chemie:

- Eisen aus Erz wie in der Eisenzeit (einen "Hochofen" möglichst einfach bauen und in Betrieb nehmen).
- Lebensmittel ohne Konservierungsstoffe
- Wein aus Pflaumen - geht das?
- Erfindung der Fotografie (Bauen einer Lochkamera und Einsatz mit gekauftem Fotopapier)...

4.6.5 Kritik

Die Beschreibung oben lässt erahnen, dass in einem Schulsystem mit starrem 45-Minuten-Takt und einer Fächerung unter häufigem Fachwechsel im Tagesverlauf Projektunterricht so gut wie unmöglich ist. Einer der wichtigsten Gründe ist zusätzlich, dass Lernende bei einer solchen Fremdtaktung ganz sicher nicht selbständig werden und die Muße haben, eigene Projektideen zu entwickeln. Wichtigste Voraussetzung wären **offenere Unterrichtsformen**.

Aus diesen Gründen findet man Projektunterricht heute entweder

- nur in besonderen Schulformen (Waldorf-, Jenaplan-, Gemeinschafts-Schulen), an denen **Wochenplanarbeit** eingeführt ist oder
- in begrenztem Umfang und stark reduzierter Form als
 - einzelnes Projekt an der Schule,
 - in Hau-Ruck-Aktionen wie Projekttagen für eine Jahrgangsstufe oder
 - Projektwoche(n) für eine ganze Schule.

Die Idee einer UM Projekt scheint schon für viele Lehrende verlockend zu sein, allerdings kann man seltenst die Anforderungen organisatorischer oder pädagogischer Art erfüllen. Muss man einen oder mehrere der Abstriche unten in Kauf nehmen, sollte man die UM als **projektorientiert** bezeichnen:

1. Initiative: meistens bringen Lehrende eine Themenliste mit, wobei die meisten Themen akademisch-fachlicher Natur sind.
Negativbeispiele: Neutralisation, Mechanismus der S_N1 -Reaktion, Schweben und Sinken.
2. Skizze: Lehrende teilen oft mit, wie viel Zeit sie zur Verfügung stellen. Methodenkiller ist das Verhalten, geschlossene Experimentieranleitungen auszuteilen: dieser Entzug von Selbständigkeit macht die UM zunichte.
Negativbeispiele: "Ich habe diese sicheren Experimente ausgesucht".
3. Plan: im schlimmsten Fall bestimmen Lehrende, wer mit wem in die Gruppe muss und was an den einzelnen "Projekttagen" zu geschehen hat.
4. Durchführung: die Lernenden-Gruppen verfahren nach Anleitung.
5. Abschluss: Am Ende steht eine (theoretische) Erkenntnis.
Negativbeispiele: Säuren und Laugen neutralisieren sich, Ergebnis einer S_N1 -Reaktion ist ein Isomeren-Gemisch, leichte Stoffe schweben und schwere sinken ab.

Für projektorientierte UM kann der nötige Rahmen über eine begrenzte Zeit auch in herkömmlichen Schulen hergestellt werden.

Vorteile: Meistens sind die Themen sehr motivierend für Lernende, für jeden "Lerntyp" (Praktiker, Theoretiker) ist etwas dabei. Sie erfordern viel Transferleistung und es wird nicht vor Fachgrenzen Halt gemacht.

Nachteile: Die UM ist sowohl für Lehrende als auch für Lernende sehr anspruchsvoll. Lehrende müssen viel Zeit für Vorbereitung und Durchführung investieren, Lernende sind ggf. durch die nötige Transferleistung überfordert.

Bsp. 1: "Kristalle züchten" kann als Lehrervortrag in 10-15 Minuten "erledigt" werden, oder aber als Miniprojekt 10 Minuten pro Woche 6-8 Wochen lang Zeit kosten.

Gefahren: Lehrende müssen das Grundwissen im Auge behalten, damit es in der nötigen Tiefe ausgeschärft bzw. über die Begeisterung am Arbeiten durch Lernende nicht übersehen wird.

Zur eigenen Kontrolle:

1. II: Geben Sie Umstände an, unter denen sich der Einsatz eines zeitaufwändigeren Projektes gegenüber einer zeitsparenden entwickelnden UM dennoch aus Sicht der Lehrenden UND Lernenden lohnt.
2. II: Formulieren Sie mit wenigen Stichworten eine Unterrichtseinheit zum Thema "Wiegt Luft nichts?" nach der projektorientierten UM.
3. II: Vergleichen Sie die projektorientierte mit der forschenden UM. Stellen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede heraus.
4. II: Ihre Schule möchte eine Projektwoche (am Ende des Schuljahres!) mit dem Motto „Wir retten die Welt. Mach mit!“ veranstalten. Nach einer Diskussion mit Ihren Lernenden wählen Sie gemeinsam das Thema Treibhauseffekt aus. Entscheiden Sie, ob es sich um ein Projekt im Sinne von Dewey handelt und erläutern Sie einen möglichen Ablauf mit Hilfe der entsprechenden Artikulationsstufen (Phasen).

[Hinweise zur Lösung](#)

4.7 Die an der Schülervorstellung orientierte UM (SVO) [nach 10]

4.7.1 Schülervorstellungen

Bsp. 1.1: Lehrender Mayr zeigt ein "leeres" Gefäß und möchte von seinen Lernenden wissen, was sich darin befindet.

Lernende: "Im Gefäß ist nichts drin." Bsp. 1.2: Lehrender Mayr hat im vorausgegangenen Unterricht zum Thema Ionengitter das verbreitete Kochsalzgitter-Modell verwendet. Nun wird ein Ionengitter ins Heft gezeichnet. Auf die entsprechende Frage antworten Lernende: "Zwischen den Ionen ist Luft".

"Leer" bedeutet "nichts", in der Flasche sieht man nichts, also ist die Schlussfolgerung aus Lernenden-Sicht durchaus logisch. Haben sie dann begriffen, dass "unsichtbar" nicht "nichts" bedeuten muss, sondern auch (farblose) Luft, übertragen sie das Gelernte gerne auch auf den Bereich "Bau der Materie".

Lernende kommen in unseren Fachunterricht bereits mit Präkonzepten. Im allgemeinen Sinn kann man diese folgendermaßen beschreiben:

Präkonzepte (Schülervorstellung) sind subjektive Theorien und Deutungsmuster, die Menschen über Phänomene in Form einer persönlichen Erklärung entwickeln.

Im Kontext mit Schule kann man formulieren:

Präkonzepte sind Schülervorstellungen und Deutungsmuster, die diese aus dem Alltag mitbringen.

Diese Vorstellungen können aus fachlicher und/oder naturwissenschaftlicher Sicht richtig oder falsch sein.

Bsp. 2: Eine richtige Vorstellung. "Eisen rostet an der Luft. Salz verstärkt das Rosten." Salz als alleinigen Verursacher des Rostvorganges zu bezeichnen wäre allerdings falsch. Bsp. 3: Eine falsche Vorstellung. "Papier verbrennt (impliziert: und ist dadurch weg)."

Deswegen ist es hilfreich, Vorwissen von Fehlvorstellungen zu unterscheiden:

Vorwissen bringen Lernende aus vorausgegangenen Jahrgangsstufen, also dem institutionalisierten Lernen, mit.

Auch in diesem Fall kann es zu Fehlvorstellungen kommen, die wir "lehrerinduzierte Lernschwierigkeiten" nennen wollen.

Fehlvorstellungen sind vermeintliches Wissen, das einem oder mehreren Grundsätzen naturwissenschaftlichen Denkens widerspricht.

Sie können im nicht institutionalisierten oder institutionalisierten Bereich erworben werden.

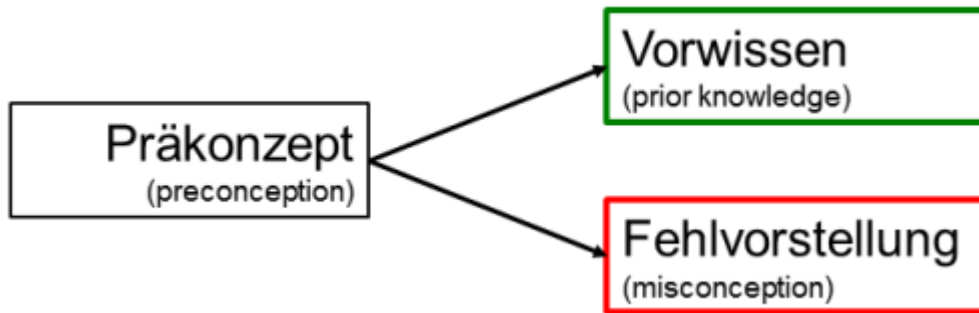


Abb. 4.12: Zusammenhang der Begriffe

Der Umgang besonders mit Fehlvorstellungen gestaltet sich in der Praxis schwierig. Vom Bauchgefühl her neigen Naturwissenschaftler eher dazu, sich damit zu begnügen, dass sie "es den Schülern ja sagen, dass es so falsch, hingegen anders richtig ist".

Untersuchungen aus der Didaktik haben jedoch gezeigt, dass Fehlvorstellungen in der Regel diese einfache "Behandlung" überleben: sie sind sehr persistent. Deswegen wurde eine besondere UM entwickelt, die besser sicherstellen soll, dass Fehlvorstellungen überwunden werden.

4.7.2 Arbeitsweise

Die Formulierung in Bsp. 3 zeigt eine der Ursachen für die Persistenz von Fehlvorstellungen: aus dem gewohnten, alltäglichen Sprachgebrauch wird die Vorsilbe "ver-" als wesentliche bis restlose Vernichtung gedeutet. Offenbar wird diese Feststellung zusätzlich durch die Beobachtung gestützt, dass man die gasförmigen, farblosen Verbrennungsprodukte nicht entweichen sieht.

Der erfolgreiche Lernprozess erfordert einen **Konzeptwechsel** [11]. Dieser kann nicht durch Konfrontation (Fehlvorstellungen als "falsch" bezeichnen und durch Nennung "richtiger" Fakten ersetzen), sondern nur durch Integration erreicht werden. Dafür gibt es keine ideale Strategie, sondern nur eine Sammlung von sinnvollen Strategien:

- (fehlerhafte) Alltagsvorstellungen problematisieren,
- Denkfehler identifizieren,
- die richtige Vorstellung ggf. experimentell begründen,
- die größere Erklärungsmächtigkeit der naturwissenschaftlichen Denkweisen demonstrieren und einüben.

Auf Seiten der Lernenden sollten folgende Bedingungen erfüllt werden:

- sie müssen mit den bisherigen Vorstellungen selbst unzufrieden sein,
- die neue Vorstellung muss ihnen verständlich und
- von vornherein plausibel sowie
- fruchtbar (erfolgreicher) sein.

4.7.3 Strukturierung

Die Artikulation entspricht zunächst ziemlich der einer forschenden UM:

1. Problemgewinnung
2. Planung der Durchführung
3. Durchführung
4. Abstraktion
5. Sicherung.

Entscheidend anders ist die Art der Problemgewinnung: während bei forschenden UM JEDE Motivation zu einem zu untersuchenden Problem führen kann (z.B. reine fachliche Neugierde "ich möchte wissen", in der Wissenschaft gerne als "Grundlagenforschung" bezeichnet, Ergänzung von Wissen, Lösung eines wissenschaftlichen Teilproblems...) geht die SVO-Methode grundsätzlich von der Situation aus, dass eine Fehlvorstellung für die Jahrgangsstufe bekannt oder in der betroffenen Lerngruppe diagnostiziert wurde.

Bsp. 4: Versuchsaufbau von Boyle

Im Fall der Fehlvorstellung aus Bsp. 3 stellt Herr Mayr beim Thema "Erhaltung der Masse" den historischen Versuchsaufbau von Boyle vor. Ein Körnchen Kohle wird in einem mit Sauerstoff gefüllten Kolben erhitzt. Vorher und nachher wird gewogen. Lernende sollen Voraussagen treffen, wie das Experiment wohl ausgehen wird.

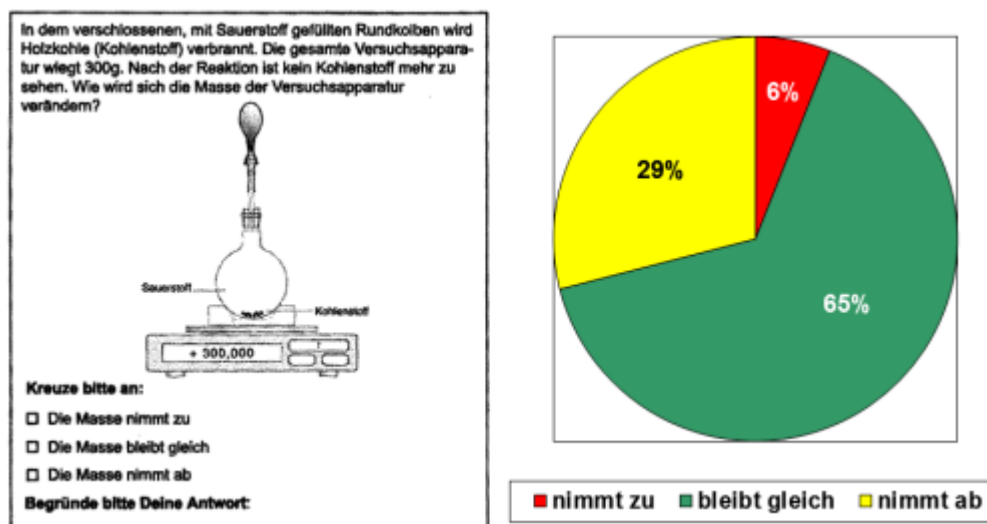


Abb. 4.13: Problemfindung und Ergebnis für Jgst. 8/9. nach [12].

In der Auswertung findet man z.B. folgende Begründungen von Lernenden:

"Die Masse nimmt zu, weil C mit O reagiert. Es entsteht CO_2 und das ist schwerer als O." ein Schüler der Jgst. 9.

"Die Masse bleibt gleich, da der Kohlenstoff zwar verbrannt ist, aber immer noch existiert. Der Kohlenstoff ... ist ja nur verdampft... also bleibt die Masse gleich." ein Schüler der Jgst. 11.

"Ich denke die Masse nimmt ab, weil nach der Reaktion kein Kohlenstoff mehr vorhanden ist. C und O haben miteinander reagiert und es ist ein Gas entstanden, das eigentlich nichts wiegen dürfte." Schülerin aus dem LK 12. [12]

Diese unterschiedlichen Vorstellungen wird man so ähnlich in jeder Klasse finden, in der man die Problematik thematisieren möchte. Sie werden in der Klasse diskutiert und in der nächsten Phase wird eine Strategie zur **Überprüfung** auf Grund von Vorschlägen von Lernenden erarbeitet. Nach der Durchführung folgt die erste schwierigere Arbeitsphase, während der Abstraktion den Vorgang der Verbrennung

aus mehreren Perspektiven, nicht nur der des Phänomens, zu beleuchten. Dabei hilft die Vorstellung dieser Perspektiven als Tetraeder nach Mahaffy:

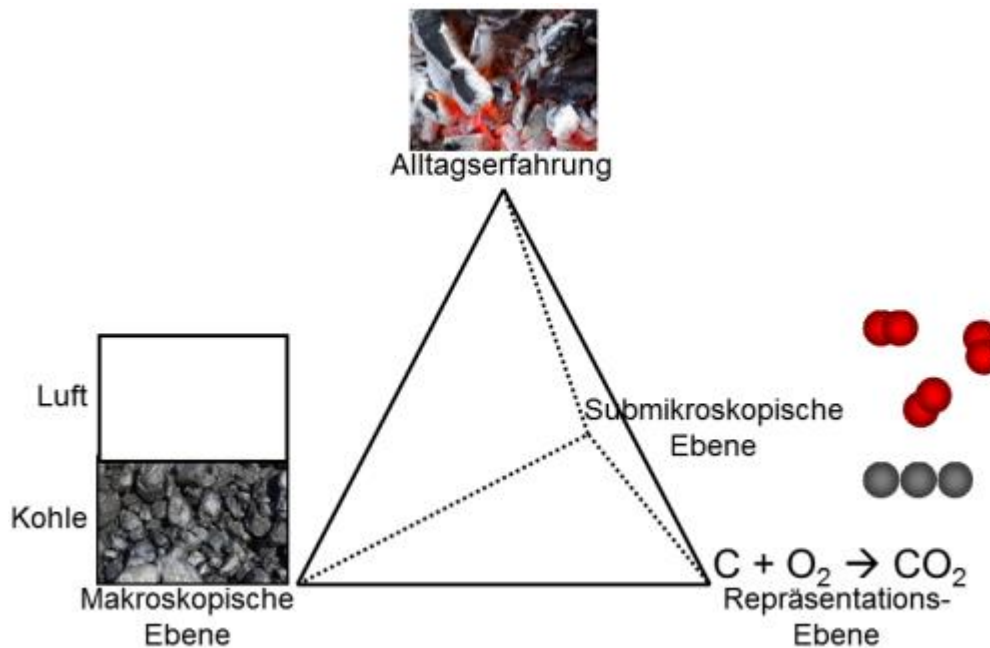


Abb. 4.14: Betrachtungsperspektiven als didaktisches Tetraeder, nach MAHAFFY.

Die Behandlung chemischer Inhalte auf den Erkenntnisebenen **submikroskopisch** und **makroskopisch** ist aus 3.5 bekannt. In der Darstellung von MAHAFFY kommt die symbolische Repräsentations-Ebene hinzu: makroskopisch beobachten, als Denkprozess eine Erklärung mit Hilfe des Daltonschen Teilchenmodells versuchen und in Form einer Symbolgleichung notieren, das ist noch üblich. Nun kommt ein didaktisches Grundprinzip dazu: Lernende von dort abholen, wo sie sind, hier: aus dem Alltag. Die Verbrennung von Holzkohle ist vom Grillen her bestens bekannt. Erst jetzt fällt der Widerspruch auf. Wird die Alltagserfahrung in den "wissenschaftsorientierten" Unterricht nicht mit einbezogen, bleiben Fehlvorstellungen erhalten und dominieren im Zweifelsfall.

Lernende können im betroffenen Alter durchaus den Schluss ziehen, dass, bleibt die Zahl der Teilchen erhalten, dies auch für die Masse gelten müsste. Was fehlt ist eine glaubhafte (experimentelle) Bestätigung. In der Phase der **Wissenssicherung** arbeiten sie selbst ihren Denkfehler heraus (offenes bzw. geschlossenes Gefäß, System) und formulieren diesen, einschließlich seiner Widerlegung.

Bsp. 5: Denkfehler

Schüler Jgst. 9: berücksichtigt nur die Masse der Gase (CO_2 und O_2), nicht die von Kohlenstoff.

Schüler Jgst. 11: hat die Natur der Veränderung, eine chemische Reaktion (Umgruppierung der Teilchen), als physikalischen Vorgang (Aggregatzustandsänderung) fehlinterpretiert.

Schülerin LK 12: besitzt immer noch die Fehlvorstellung, dass Gase nichts wiegen würden. Ihr Lehrender hat die Alltagserfahrung nicht aufgearbeitet

Im weiteren Verlauf werden die fünf forschenden Stufen durch zwei weitere ergänzt:

6. Anwendung und
7. Metakognition.

Gerade, weil Fehlvorstellungen sehr persistent sind, ist das Bemühen um Korrektur aufwändig und muss in einer eigenen Unterrichtsphase angegangen werden. In der **Anwendung** soll die Leistungsfähigkeit der neu erworbenen Sichtweise gezeigt

werden: andere Stoffe (Schwefel, roter Phosphor, Eisenwolle, Kerzenwachs...) werden in offenen und geschlossenen Systemen (Gefäßen) "ver"brannt.

Die Stufe der **Metakognition** hat die Aufgabe, Lernende ihren eigenen Lernprozess zurückverfolgen zu lassen, um sich zu verdeutlichen, inwieweit und wann im Verlauf sich ihre Vorstellung geändert hat (conceptual change). Sie nehmen auch Stellung dazu, inwieweit die neue Vorstellung für sie überzeugend ist.

Vor- und Nachteile des Verfahrens sind ebenfalls sehr ähnlich denen des forschenden Verfahrens.

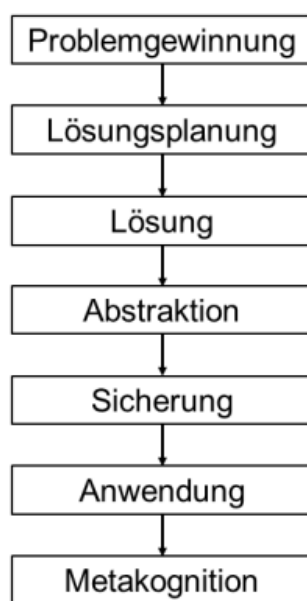


Abb. 4.15: Zusammenfassung der Artikulationsstufen.

Bsp. 6: UE zur Neutralisation

1. Problemgewinnung	Die Ablösung des Arrhenius- durch den Brönstedt-Säure/Base-Begriff gelingt häufig nur unvollkommen: Säure-Eigenschaften werden z.B. stets dem Schwefelsäure-Molekül zugeschrieben, ganz gleich, ob es sich um den Reinstoff oder die wässrige Lösung davon handelt. Sehr ähnlich bei Natriumhydroxid-"Molekülen". Studierende werden mit Fehlvorstellungen von fiktiven Lernenden konfrontiert.
2. Lösungsplanung	Es wird beraten, auf welche Weise die Vorstellungen überprüft werden können, ob es sich um Fehlvorstellungen handelt. Es könnten 4 Gruppen gebildet werden, die die Themen untersuchen: "HCl-Moleküle" in einer Salzsäure-Lösung, "NaOH-Moleküle" in einer Natriumhydroxid-Lösung, Bildung von festem Natriumchlorid bei der entsprechenden Neutralisation, das Vorliegen von $H^+(aq)$ - und $HO^-(aq)$ -Ionen nach einer Neutralisation.
3. Lösung	Lernende sollen die angebotenen Sachverhalte überprüfen und die Unzulänglichkeiten herausstellen, korrigieren und auf Folie oder Poster den anderen Gruppen präsentieren.
4. Abstraktion	Die als Becherglas-Skizzen bearbeiteten Probleme werden als chemische Gleichungen korrekt formuliert. Ggf. werden die Arrhenius- und die Brönstedt-Definition in Worten wiederholt und darauf bezogen.
5. Sicherung	Beispiele mit anderen Säure-Base-Kombinationen werden diskutiert: z.B. Schwefelsäure / Kalkwasser, Phosphorsäure / Kalilauge.
6. Anwendung	Handelt es sich bei der Flüssigkeit in der Glasflasche mit der Aufschrift "Ammoniak" um $NH_3(l)$ oder $NH_3(aq)$? Welche Teilchen sind in der Flüssigkeit zu erwarten?
7. Metakognition	Thematisierung der Fehlvorstellung: Wo haben die fiktiven Lernenden bzw. wir selber "falsch" gedacht?

Warum haben sie es wohl gemacht?
Welche Tipps können wir oder die Lernenden selber geben, damit fiktive Lernende es in Zukunft richtigmacht?
Welche Gründe sprechen für die "richtige" Vorstellung, welche widersprechen der falschen?

Aufgabe: Fertigen Sie eine Skizze unter Angabe der Teilchen in einem Becherglas:

- a. mit Schwefelsäure $w=100\%$
- b. mit Natronlauge $w=10\%$
- c. nach Neutralisation von Schwefelsäure mit Natronlauge.

4.7.4 Kritik

Die Methode ist offen für spontane Änderungen nach Erfordernissen. Es kommt ein ausgewogenes Verhältnis an Lehrenden- und Lernenden-Tätigkeiten vor. Für Lehrende ist die UM zeitlich aufwändiger, für Lernende hingegen lerneffektiv. Zurzeit das beste Werkzeug, um Fehlvorstellungen anzugehen.

Die Diagnose (neuer) Fehlvorstellungen ist allerdings aufwändig.

Die UM sollte allerdings nicht unreflektiert für alle Themen eingesetzt werden. Kleinere Klassen wären sinnvoll. Die Führung von Klassen ist bei dieser UM sehr anspruchsvoll: neben dem experimentellen Arbeiten ist eine klare Gesprächs- und Gedankenführung erforderlich.

4.7.5 Kommentare zu Beispiel 1

Bei Beispiel 1 hat Herr Mayr nicht bewusstgemacht, dass man die Ebene gewechselt hat: die Flasche gehört der makroskopischen, das Gitter der submikroskopischen Beschreibungsebene an. Nur das Kennen von Präkonzepten durch die Lehrenden kann verhindern, dass sie sie auch noch verstärken, indem sie den Alltags-Sprachgebrauch im Unterricht nicht vermeiden. Auch können neue Fehlvorstellungen dazukommen, die zu **lehrerinduzierten Lernschwierigkeiten** führen. Letztere gelten sehr wohl als vermeidbar. Präventionsmaßnahmen hierfür werden entwickelt. [12]

Lösungsmöglichkeiten:

- Zu Bsp. 1.1: Im Glas ist nicht "nichts" drin. Mayr könnte den Grundschulversuch wiederholen: ein Papiertaschentuch wird möglichst tief in ein Trinkglas geknüllt. Lernende sollen Voraussagen machen, ob es auf Grundlage der Hypothese, es sei "nichts drin" nass werden müsste, wenn es mit der Öffnung nach unten ins Wasser getaucht würde.
- Zu Bsp. 1.2: Mayr könnte als erste Darstellung eines Gitters eine raumfüllende Variante wählen und erst nach der Diskussion von Modellgrenzen zu einer Kugel-Stäbchen-Darstellung wechseln.

4.7.6 Weitere Fehlvorstellungen

Die Beispiele werden als Zitate von Lernenden aus entsprechenden Befragungen angeführt.

Bsp. 7: Bau der Materie

Atome sind rund und fest.

Luft ist deshalb komprimierbar, weil sie im Inneren Lücken hat und Wasser nicht. Die Lücken können verkleinert werden.

Atome bestehen aus einem festen Kern und sehr kleinen Elektronen, die ihn umschwirren. Dazwischen ist Luft.

Bsp. 8: Chemische Bindung

Ein Natriumatom kann nur ein Elektron abgeben, also kann es nur eine Ionenbindung zu einem Chloratom eingehen.

Wenn in einer Flasche Sauerstoffatome wären, würden diese eng zusammen sein (ohne Abstände zwischen ihnen).

Bsp. 9: Redox

Vielleicht ist auf der Kupfersulfatlösung so etwas wie eine Fettschicht und wenn man den Nagel herausnimmt, bleibt sie daran hängen. Wenn ich meinen Finger in Wasser stecke, wird er ja auch nass. (Jgst. 6)

Die Elektronegativität von Eisen ist höher als von Kupfer. Die führt zur Anziehung von Kupfer. (Jgst. 10)

Der Eisennagel zieht die Kupferelektronen an. (Jgst. 13)

Mehr Beispiele finden sich unter:

[B. Schuelervorstellungen](#)

dort dann auch jeweils mit Quellenangabe.

Zur eigenen Kontrolle:

1. II: Arbeiten Sie heraus, worin Unterschiede zwischen der SVO- und der forschenden UM bestehen.
2. II: Untersuchen Sie, inwieweit sich die historische Unterrichtsmethode zu einer SVO-Methode erweitern lässt.
3. II: Ordnen Sie die folgenden Aussagen den Begriffen Vorwissen bzw. Fehlvorstellung zu:
 - Wasser siedet bei 100°.
 - Wenn man große Teilchen (Eisenatome) mit kleinen Teilchen (Sauerstoffatome) mischt, rutschen die Sauerstoffteilchen zwischen die Eisenteilchen.
 - Wenn man einen Eisennagel in Säure legt, dann löst er sich auf.
 - Warme Luft ist leichter als kalte Luft.

[Hinweise zur Lösung](#)

4.8 Selbst organisiertes Lernen (SOL) als UM

SOL ist eigentlich ein ganz anderes Verständnis von Unterricht, wäre also auf Konzeptions-Ebene anzusiedeln. Gelegentlicher Einsatz ergibt eigentlich nicht viel Sinn. Reizt es Sie dennoch, in unserem Schulsystem gelegentlich eine "methodische Exkursionen" in diese andere Unterrichts-Welt (die unten beschrieben wird) zu unternehmen - dann bieten wir Ihnen SOL als Unterrichtsmethode an.

4.8.1 Der andere Ansatz

Wiederholung aus der Einführung.

In der Regel kennen Sie als Studierende aus Ihrer Schulzeit den instruktivistischen Unterricht. Er ist gekennzeichnet durch die Haltungen:

- Es gibt eine objektive Welt, die jeder in gleicher Weise wahrnehmen kann.
- "Der Lehrer" ist eine Person mit Erfahrungsvorsprung in der objektiven Welt und gibt diese Erfahrungen an "den Schüler" weiter. (Es gibt also einen Lehrertypus und einen Schülertypus).
- Lehrer haben "Lernziele", die beschreiben, was "der Schüler" lernen soll.
- Schüler erfahren (passiv) von Lehrern, wie die Welt ist und wie man sie wahrnehmen muss.
- Der Lernprozess geschieht pauschal für eine größere Gruppe (Klasse) und wird gerne als "auswendig lernen" interpretiert.
- Den Erfolg des Lernprozesses halten Lehrer für kontrollierbar ("Lernzielkontrollen").
- Erlernt wird in der Regel nur Wissen, das flüchtig und träge ist. Anwenden steht nicht im Vordergrund.

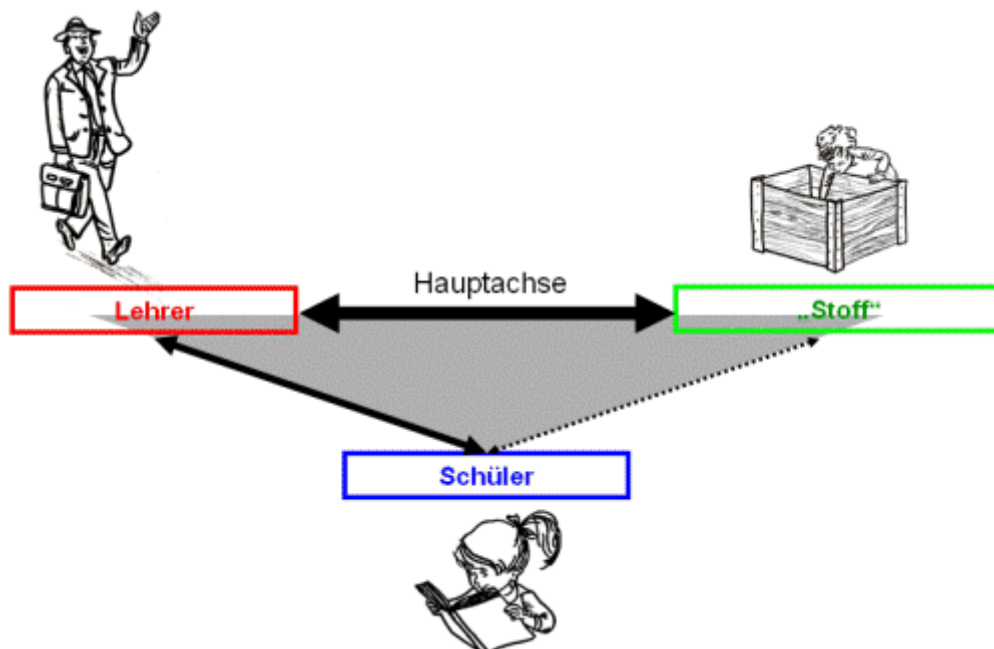


Abb. 4.16: Das didaktische Dreieck aus instruktivistischer Sicht.

Konstruktivistischer Unterricht ist gekennzeichnet durch die Haltungen:

- Es gibt **keine** objektive Welt; jedes Gehirn konstruiert sich seine subjektive Welt auf Grund von individuellen Erfahrungen selbst.
- Lernbegleiter helfen Lernpartnern, nötige Erfahrungen zu machen, indem sie Materialien zur Verfügung stellen.
- Lernpartner nutzen die durch Lernbegleiter angebotenen Erfahrungsmöglichkeiten aktiv, um sich ihre Welt ein Stück weiter zu "konstruieren". Sie haben Lernziele = den Wunsch, sich für sie neue Kenntnisse und Fertigkeiten anzueignen.
- Der Lernprozess selber wird als Konstruktion von Erklärungen für Sinneseindrücke verstanden. Er kann durch Lernbegleiter nicht beeinflusst werden.
- Der Lernprozess ist ein hoch individuelles Entdecken, sein Erfolg ist grundsätzlich nicht kontrollierbar.
- Erlern werden neben Wissen hauptsächlich Strategien (zum Wissenserwerb, Anwendung, Problemlösen), somit ist der Lernerfolg persistent und nutzbar.

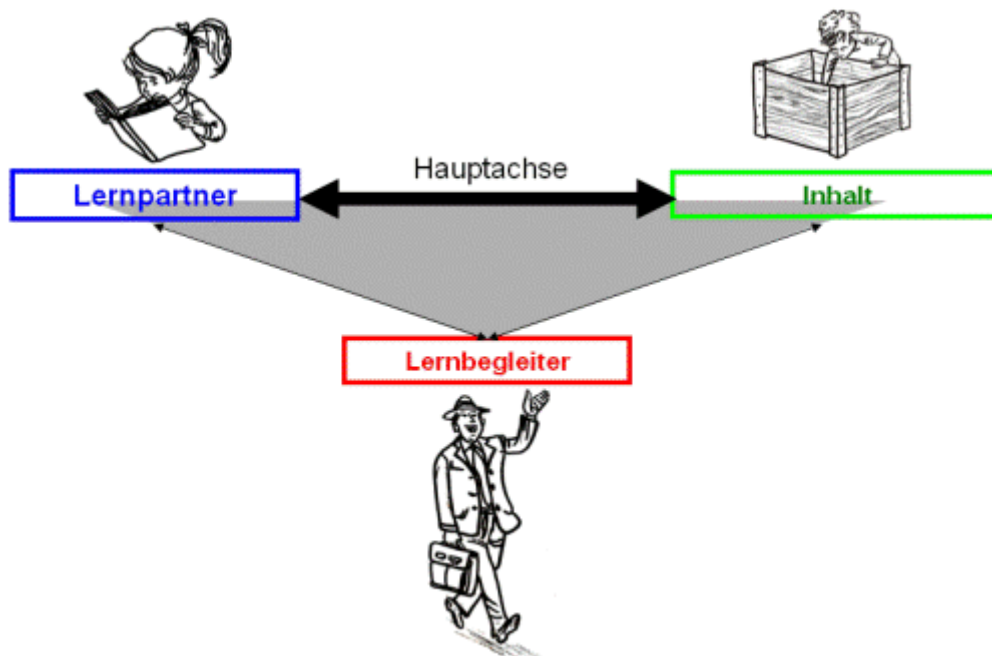


Abb. 4.17: Das didaktische Dreieck aus konstruktivistischer Sicht.

Bei der Beschreibung der beiden Sichtweisen sind die beiden Extreme beschrieben worden:



Abb. 4.18: Zwei Extremere, allerdings mit stufenlosem Übergang. Selber wird man sich irgendwo dazwischen finden.

Heute ist ein Sichtwechsel notwendig. Das ergibt sich aus den Anforderungen der Gesellschaft, die zunehmend Selbständigkeit, Teamfähigkeit und lebenslanges Lernen einfordert. Für Letzteres ist die Aufrechterhaltung von Lernfreude eine Voraussetzung. Gerade da aber versagt die instruktivistische Verfahrensweise. Zusätzlich könnten mit konstruktivistischem Vorgehen folgende Teilkompetenzen erreicht werden:

- **technische:** die Fähigkeit, durch Lernbegleiter bereit gestellte Materialien für den eigenen Lernprozess auszuwählen und zu nutzen (selbstgesteuertes Lernen), z.B. Experimentierkisten, Software, Literatur im Klassenzimmer oder Lernatelier gezielt zu nutzen.
- **psychologische:** die Fähigkeit, für das eigene Lernen (auch planerische) Verantwortung zu übernehmen, z.B. einen Wochenplan aufzustellen.
- **politische:** die Fähigkeit, das eigene Lernen zu kontrollieren, z.B. aus Selbstkontrollen Rückschlüsse auf den eigenen Erfolg zu ziehen und ggf. wissen, wo und in welcher Form Hilfen einzufordern sind.

Instruktion und Konstruktion schließen einander aber nicht aus. Es ist für Lehrende unabdingbar, beide Herangehensweisen mit ihren Stärken und Schwächen zu kennen, um sich selber positionieren und zu Methodenwechsel fähig zu sein.

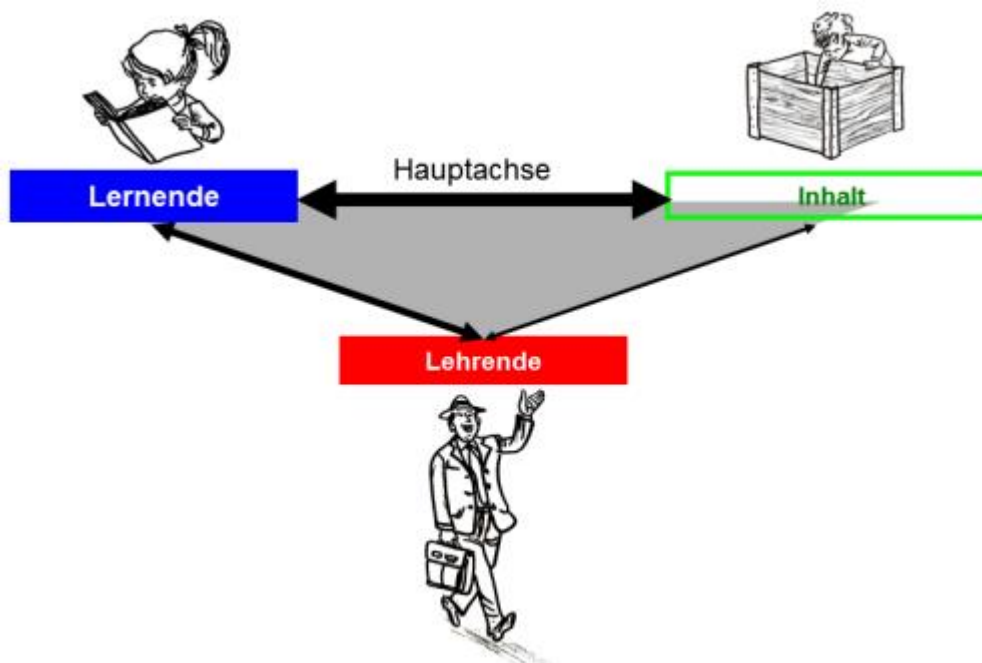


Abb. 4.19: Das didaktische Dreieck aus pragmatisch-konstruktivistischer Sicht.

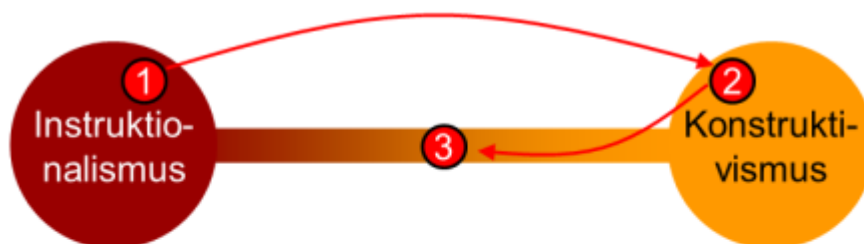
Aufgabe: Arbeiten Sie aus den Darstellungselementen von Abb. 4.17 und Abb. 4.19 die Unterschiede der Auffassungen heraus.

4.8.2 Methodisches Vorgehen bei einer praktikablen Variante

In der Literatur gibt es eine sehr uneinheitliche Darstellung und begriffliche Fassung konstruktivistischer Lehr- und Lernmethoden: autonomes Lernen, selbstgesteuertes Lernen (SegeL), Lernen durch Lehren, Lernlabor, Lernumgebung, Lernatelier...

Vorläufig verwenden wir den Begriff **selbstorganisiertes Lernen** aus der Überlegung heraus, dass

- **Lernbegleiter**
 - eher eine steuernde Funktion ausüben,
 - im Wesentlichen Ziele noch vorgeben,
 - keinesfalls überflüssig sind,
- **Lernpartner** aber selbständig bestimmen
 - was sie (Inhalt)
 - wann (Zeit)
 - mit wem (Sozialform)
 - wo (Lernort) und
 - in welcher Art und Weise (Methode) lernen.



1. **Input:** Lehrende begeistern und stellen Materialien vor, sind Vorbereiter und haben Lehrziele.
2. **Lernlabor:** Lernende machen selbst organisiert und selbständig Erfahrungen mit dem Material, haben eigene Lernziele.
3. **Festigung:** Lehrende und Lernende kümmern sich mit Hilfe unterschiedlicher Formen um Kontrollen und Selbstkontrollen.

Abb. 4.20: Generieren einer einsetzbaren UM.

4.8.3 Arbeitsweise

Aus dem Instruktorialismus stammt die durchaus lehrenden-zentrierte Phase des **Input**: sie begeistern und stellen Materialien vor, sind Vorbereiter und haben klare Lehrziele. Das war es aber auch mit den Gemeinsamkeiten zum Instruktorialismus, der Rest der Phasen ist konstruktivistisch geprägt.

Danach werden Lernende in das **Lernlabor** entlassen: sie machen dort selbst organisiert und selbständig Erfahrungen mit dem Material, haben eigene Lernziele.

Wenn sie ihre Arbeit soweit beendet haben, folgt eine **Festigungs**-Phase, in der sich Lehrende und Lernende in unterschiedlicher Form um Kontrollen und Selbstkontrollen bemühen.

Lehrprozess und Lernprozess werden unterschieden. Der Lehrprozess wird als das individuell abgestimmte Auslösen kognitiver Prozesse verstanden, der Lernprozess als forschend-entdeckende Bemühung anhand von ausgewählten Materialien. Lernende und Lehrende haben gemeinsame Verantwortung. Man verspricht sich, dass vielfache Kompetenzen hoher Stufe erworben werden, wie z.B. Schlussfolgerungen ziehen und Selbständigkeit.

4.8.4 Strukturierung

Auch offenere UM lassen sich in erster Näherung mit Hilfe von Stufen beschreiben:

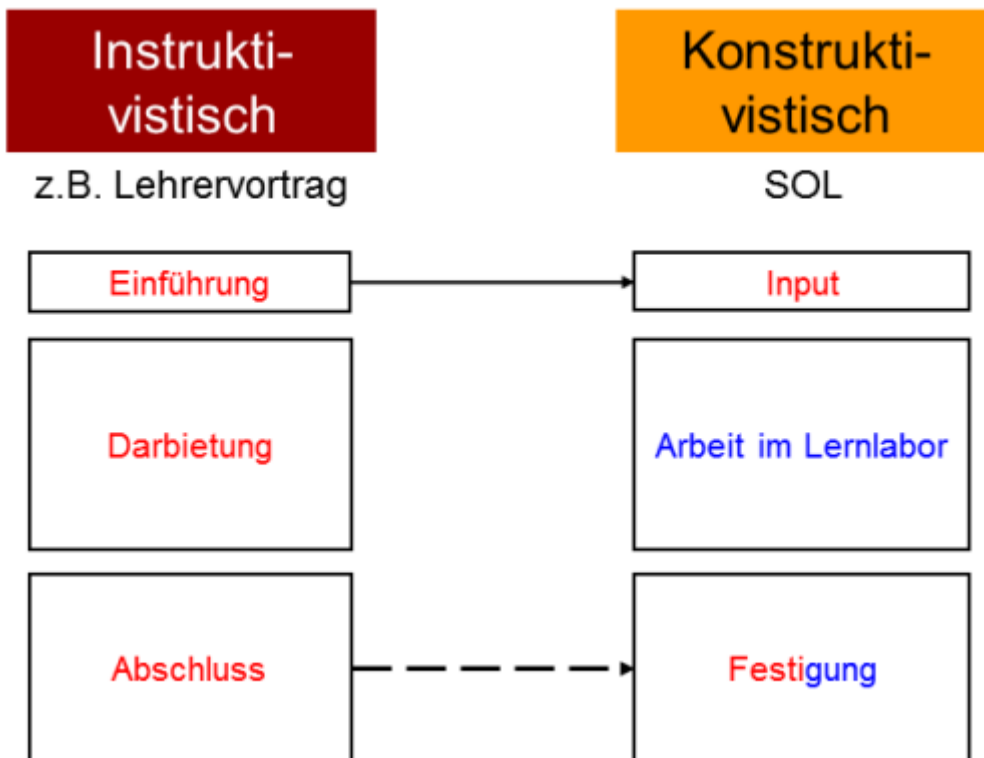


Abb. 4.21: Stufung im SOL als Unterrichtsmethode.

In Abb. 4.21 erkennen Sie, wie man vom "Primitivmuster" einer methodischen Planung zum konstruktivistischen Muster gelangen kann. Gleichzeitig findet sich eine Erwiderung für wenig flexible Lehrende, die den Befürwortern vorhalten, "ein guter Lehrervortrag sei ja gar nicht so schlecht". Richtig. Machen Sie einen guten Input daraus und lassen Sie dann die Lernenden "laufen".

Die Rollen der "neuen" Artikulationsstufen sind:

1. Input z.B.

- Feedback geben: Erfolgskontrolle für vorausgegangene Lernziele (!) von Lernenden im Gespräch mit Lehrenden, einschließlich Selbstreflexion (gehört inhaltlich eigentlich zur vorausgegangenen Lerneinheit, wird aber in der Praxis zeitlich gerne vor der neuen Einheit durchgeführt, sofern diese in inhaltlichem Zusammenhang steht);
- neue mögliche Lernziele bekannt machen;
- als *Faszinationsphase* dienen: Lehrende motivieren durch Beschreibung ihrer eigenen Faszination für das neue Thema;
- als Anregungsphase: Lehrende zeigen mehrere Möglichkeiten auf, wie Lernziele zu erreichen wären;

- als Planungsphase: Lernende planen ihren Lernweg (Zeitbedarf, Sozialform, Lernmethode...)
- 2. Arbeit in **Lernlabor** (syn. Lernatelier/~werkstatt); Lernende beschreiten den Lernweg mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Materialien selbständig. Das Lernlabor ist mit schriftlichem und praktischem Material ausgestattet und kann im Fach Chemie
 - der Fachraum,
 - ein Klassenzimmer in Kombination mit dem Fachraum oder
 - eine Bibliothek, ein bequem eingerichteter Materialienraum in Kombination mit dem Fachraum sein.
- 3. **Festigung**: Lernende untersuchen zur Selbstkontrolle, ob und inwieweit sie ihre Lernziele erreicht haben. Dafür stehen mehrere Techniken zur Verfügung, z.B. Kontrollaufgaben des Lehrenden aus unterschiedlichen Anforderungsbereichen, Selbsteinschätzungs-Bögen oder durch Lernen durch Lehren (LdL). Über Wochengespräche erhalten auch Lehrende Feedback, wie schwer oder leicht es Lernenden gefallen ist, ihre Ziele zu erreichen.

Bsp. 1: UE zum Thema Neutralisation

Eine UE 1 aus einer geplanten Folge von 3 Unterrichtseinheiten zum Thema Neutralisation. Ziel: Das Zusammenwirken von Säuren und Basen soll erkundet werden. 1. Input

Variante 1 (Faszination): *In Krimis werden Leichen gerne in Säure "aufgelöst". Dabei bleibt aber ein unappetitlicher Schleim übrig. Beim Thema Laugen ist die ätzende Wirkung auf die Haut ein bedeutendes Sicherheits-Thema gewesen. Wäre nun eine Mischung von Säuren und Laugen die perfekte Lösung?*

Variante 2 (Anregung): *Man könnte sich dem Thema theoretisch nähern, indem man Ionengleichungen für die Reaktion von Salzsäure mit Natronlauge betrachtet und Voraussagen formuliert. Dafür stehen die Mappen X und Y zur Verfügung. Man könnte auch erst verdünnte Salzsäure mit verschiedenen Mengen (gleich konzentrierter) Natronlauge versetzen und mit dem pH-Meter verfolgen, was sich tut. Dafür ist das Chemielabor von ... bis ... geöffnet.*

2. Arbeit im Lernlabor

Je nach Bedarf nutzen Lernende Unterrichtsmaterial zur theoretischen Vorbereitung bzw. Fundierung oder für praktische Untersuchungen (mit Notizen im Lerntagebuch oder Labortagebuch).

3. Festigung

Lernende begründen für andere in der gleichen Lernphase, warum

- *z.B. aus Variante 1 in einer Säure-Base-Mischung der ätzende Charakter ab- statt zunimmt; oder*
- *diskutieren mit einem weiteren Lernenden (vielleicht ein Theoretiker und ein Praktiker) aus Variante 2 Gründe bzw. legen Bedingungen fest, unter denen der Säurecharakter den Basencharakter genau aufhebt.*

Abb. 4.22 bietet eine Zusammenstellung der Freiheitsgrade, aufsteigend nach oben:

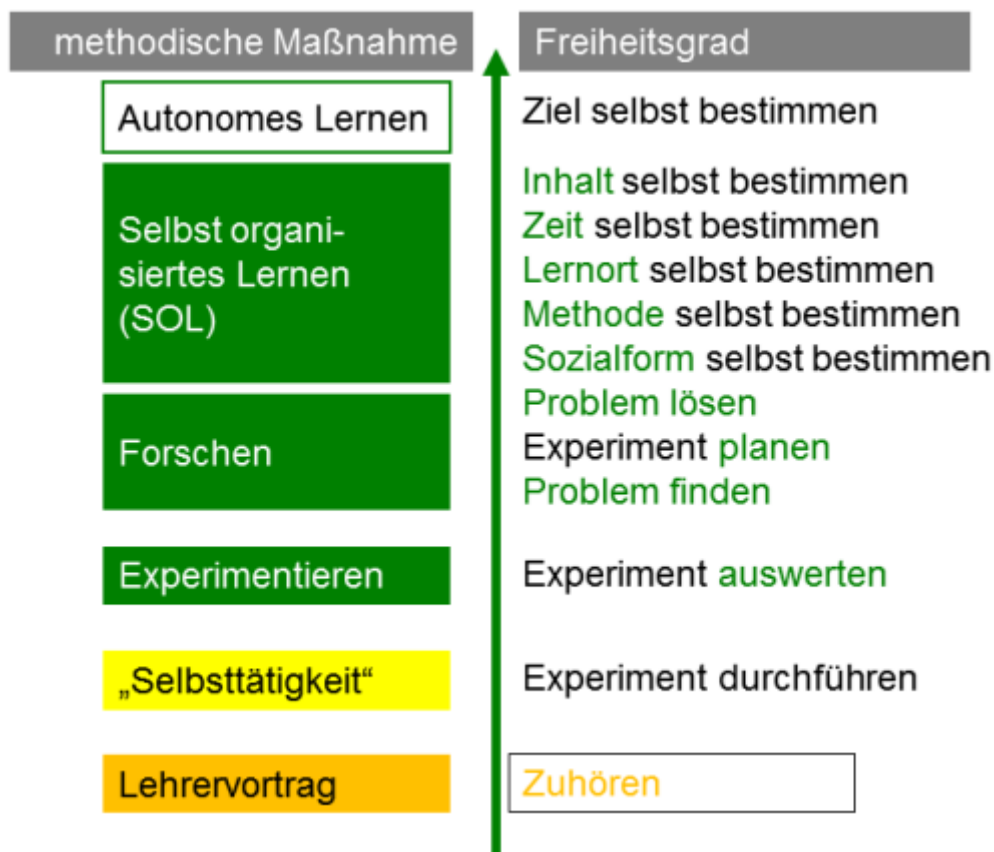


Abb. 4.22: Freiheitsgrade bei unterschiedlichen methodischen Maßnahmen und Unterrichtsmethoden

4.8.5 Kritik

Der bedeutendste **Vorteil** ist, dass mit SOL (und ähnlichen pädagogischen Maßnahmen) die Zufriedenheit von Lernenden signifikant erhöht wird. Schulen, die nach diesem Muster unterrichten, berichten einhellig von "Lernlust", die die meisten Disziplinprobleme gar nicht entstehen lässt. Warum? Weil sich Lernende in ihren individuellen Bedürfnissen ernst genommen fühlen, mit ihren Stärken UND Schwächen.

Material:

- [SBW Haus des Lernens](#) (Schweiz),
- [ESBZ](#) (Evangelische Schule Berlin Zentrum),
- [Neue Schule Wolfsburg](#),
- [Bodensee-Schule St. Martin](#) (Baden-Württemberg).

Dazu ist die UM maximal lernenden-zentriert und sehr lern-effektiv, d.h. Lernende erfahren bald, dass sich die Mühen auch lohnen, dass Erlerntes wieder abrufbereit ist, wenn es gebraucht wird. Zudem erweist sich ein Vorgehen, in dem SOL als die Regel-UM verwendet wird, als sehr flexibel gegenüber Kindern mit Schulwechsel, Behinderung und Migration.

Nachteile. Berichtet wird, dass manche Lernende sehr unsicher sind, ob das, was sie gelernt haben, den Anforderungen in einer Prüfung entspricht. Manche geben an, sie wüssten oft nicht, was sie tun sollen. Beide Effekte sind entweder auf Fehler der Lehrenden oder auf mangelnde Beherrschung der Arbeitsweise durch Lernende zurück zu führen, nicht auf das Prinzip selbst, sie sollten deshalb eher als Gefahren

betrachtet werden. Sicher ist die Handhabung der Methode nicht einfach. Meistens fehlt es an gründlichen Fortbildungs-Angeboten oder der Teilnahme daran.

Manche **Gefahren** können sich allerdings zu Nachteilen auswachsen, wenn sie nicht erkannt werden und wenn nicht gegengesteuert wird. Die Führung eines solchen Unterrichts ist ziemlich anspruchsvoll, Funktionen des Lehrenden werden durch diese gerne missverstanden. SOL funktioniert **nicht** ohne Lehrende und auch **nicht**, wenn diese zwar im Raum sind, aber sich nicht betreuend um Lernende kümmern. Auch begeben sich Anfänger der Methode gerne in eine übermäßig kontrollierende Rolle: machen Lernende auch etwas? machen sie das Richtige? machen sie Unfug? ... Auch sind die Grundbedingungen im momentanen bayerischen Schulsystem (RS, Gym) alles andere als förderlich für konstruktivistisches Arbeiten. Kontraproduktiv sind:

- 45-Minuten-Taktung; besser: Rhythmisierung.
- Gleichschaltung von bis zu 32 Lernenden in Klassen; besser: jede Form, die mehr Individualisierung ermöglicht.
- Halbtags-Betrieb; besser: Ganzttag.
- Steuer-Material fehlt; besser: einführen von Kompetenzrastern und Lerntagebüchern.
- Unterrichtsmaterial wird von Lehrern geliefert; besser: Material liegt in zugänglicher Form vor.

Zur eigenen Kontrolle:

1. II: Arbeiten Sie heraus, inwieweit instruktivistischer und konstruktivistischer Unterricht sich unterscheiden.
2. III: Skizzieren Sie Unterrichtseinheit 2 von 3 zum Thema "Neutralisation" mit dem Ziel, eine Neutralisations-Titration durchzuführen.
3. II: Fertigen Sie eine Liste Ihrer bisher bekannten Unterrichtsmethoden, die die instruktivistische bzw. konstruktivistische Denkweise unterstützen.
4. II: Entscheiden Sie, ob Sie bei den nachfolgenden Lehrplan-Themen eher konstruktiv oder eher instruktiv vorgehen würden:
 - Lernbereich "Stoffe und Materialien", bestehend aus Stoffeigenschaften (z.B. Farbe, Löseverhalten, Dichte), Mischen und Trennen von Stoffen, Stoffumwandlung (Jgst. 5)
 - Lernbereich "saure und basische Lösungen", Teilbereich Indikatoren (Jgst. 9)
 - Thema "Orbital als Aufenthaltsraum der Elektronen" (Jgst. 9)
 - Thema "Synthese von Polymeren", Teil radikalische Polymerisation (Jgst. 11).

[Hinweise zur Lösung](#)

4.9 Technische Unterrichtsmethoden [13]

Technik ist die Anstrengung, Anstrengungen zu vermeiden.

(José Ortega y Gasset)

4.9.1 Technik am bayerischen Gymnasium?

Die "Schulentwicklung" 2003 in Bayern erforderte eigentlich methodische Antworten. Die unter dem Namen "G8" bekannte Schulzeitverkürzung hat auf zwei Ebenen Veränderungen gebracht, die den Namen "Technik" tragen:

1. der bisherige Gymnasialzweig "mathematisch-naturwissenschaftlich" wurde in "mathematisch-technologisch" umbenannt, und
2. das Fach Biologie wurde in ein neues Fach "Natur & Technik" integriert.

Lehrende hatten (und haben noch) das Problem, "technologisch" und "Technik" "richtig" zu interpretieren.

Zu 1.: Bezüglich "technologisch" liefert die zuständige Ebene 1 des Lehrplans keine Informationen über eine typische Profilbildung.

Genauso wenig wird der Begriff "technologisch" definiert.

Zitat: Unter der **Technologie** (v. griech.: τεχνολογία *technología* = die Lehre, das System der Technik) versteht man die Gesamtheit der Verfahren zur Produktion von Gütern und Dienstleistungen, die einer Gesellschaft zur Verfügung steht. Technologie beinhaltet die Komponenten der Technik (Werkzeuge, Geräte, Apparate), die materiellen und organisatorischen Voraussetzungen und deren Anwendung. In jüngster Zeit gewinnt die Technikfolgenabschätzung immer mehr an Bedeutung. Häufig wird Technologie als klassisches Blähwort anstelle von Technik verwendet. Spricht jemand im Zusammenhang z.B. bei Fahrzeugen von neuester eingesetzter Technologie, ist nur die Technik gemeint. Heutzutage denken daher viele Menschen, dass Technologie einfach nur die moderne Technik sei. Das ist aber falsch.... [19]

Verkompliziert wird das Ganze durch die Vermischung mit schlechter Übersetzung des englischen Begriffe-Netztes in der Presse, wobei die englischen Bedeutungen noch vielfältigere Facetten aufweisen als die deutschen [18].

Für den Unterricht an Gymnasien muss Technologie als Blähwort im oberen Sinn interpretiert und auf die Bedeutung als "Technik" im Fach N&T reduziert werden.

Zu 2.: Technische Inhalte werden von den übergeordneten Lehrplanebenen zum einen dem Bereich "Fächerübergreifendes Lernen und überfachliche Kompetenzen", zum anderen dem Fach "Natur & Technik" zugeordnet. [17]

Das Fachprofil für dieses Fach fordert u.a.:

- eine technische Grundbildung,
- Aufgreifen des Interesses der Unterstufenschüler für technische Systeme,
- kontinuierliche Auseinandersetzung mit Technik im Unterricht,
- aktive Auseinandersetzung mit technischen Inhalten, sowie
- das aktive Einsetzen von Arbeitsmethoden der Technik durch Schüler. [16]

In Bayern stehen weder ausgebildete Technik-Lehrer für die Gymnasien zur Verfügung noch Technikdidaktiker für die zukünftige Ausbildung von Technik-Lehrern an Gymnasien. In anderen Bundesländern hat hingegen der Technikunterricht (auch an Gymnasien) eine lange Tradition. In Bayern sollen die naturwissenschaftlichen (Chemie, Biologie, Physik) und die Informatik-Lehrer das Fach unterrichten. Eine eigene Umfrage unter oberfränkischen Chemie- und Physiklehrern erbrachte, dass sie "Technik" sehr persönlich interpretieren, etwa in der Art:

- Technik ist angewandte Physik;
- Technik ist, wenn es funktioniert;
- Technik = wenn Schüler etwas nachbauen (z.B. Papierflieger);
- Technik = fachspezifische Arbeits"techniken" (z.B. Papier-Chromatografie).

Alle diese Interpretationen sind sehr einseitig bis falsch. Woher weiß man dann, wie es richtig geht?

Es gibt eine große Berufsgruppe, die Technik kann: Ingenieure. Warum fragen wir nicht die? Ich hab's gemacht. Hier unten steht, was sie mir gesagt haben:

4.9.2 Methodisches Vorgehen [20]

Bsp. 1 Bau eines Barometers Variante A

Lehrziel: Ein einfaches Barometer soll aus Alltagsgegenständen gebaut werden.

1. Lehrender Andreas Meyer teilt eine Anleitung aus.
2. Seine Lernenden bauen danach zu Hause das Barometer...
3. ...dann präsentieren sie das Ergebnis in der Schule.

Das hier haben sie nicht gesagt - aber es ist das, was naturwissenschaftlich ausgebildete Lehrer interpretieren und beschreibt typischen naturwissenschaftlichen Unterricht:

- es existiert eine Experimente-Vorschrift,
- das Experiment wird durchgeführt,
- die Gesetzmäßigkeit ist erkannt bzw. bestätigt, somit das Ziel erreicht.

Bsp. 2 Bau eines Barometers Variante B

1. Lehrende Annika Meyer bringt ein handelsübliches Barometer von zu Hause mit. Lernende dürfen es zum Zweck des Untersuchens zerlegen.
2. Beide überlegen, welche Teile durch welche Alltagsgegenstände ersetzt werden könnten.
3. Lernende fertigen eine Skizze bzw. einen Bauplan an.
4. Sie besorgen die Materialien bzw. stellen sie zu Hause bereit.
5. Lernende fertigen zu Hause oder in der Schule.
6. Dann testen sie die Funktionen und vergleichen mit dem handelsüblichen Gerät.
7. Lernende und Lehrende diskutieren die Leistungen und mögliche Verbesserungen.
8. Lernende arbeiten die Verbesserungen ein und testen erneut.
9. Zusammen wählt man die gelungensten Geräte aus und stellt sie aus.

So würde es ein (fernöstlicher) Ingenieur machen:

- es existiert **keine** Vorschrift, keine fertige Anleitung (aber ein deutsches Auto, welches auseinandergenommen werden kann),
- sie wird erstellt, einschließlich Skizze (dann wird die äußere Form nachgezeichnet, bis es aussieht wie... ;),
- Materialien werden ausgewählt (möglichst billig),
- dann wird der Plan umgesetzt (mit möglichst billigen Arbeitskräften),
- das Ergebnis getestet, eventuell verbessert (Phase entfällt zu oft, macht das Produkt günstig),
- das Produkt wird vorgestellt, damit erst ist das Ziel erreicht (das Produkt wird verkauft).

Eine technische Unterrichtsmethode muss von der Arbeitsweise der Techniker und Ingenieure abgeleitet werden, nicht von der der Naturwissenschaftler.

Technik ist das Ergebnis einer von Interessen geleiteten, zielgerichteten Auseinandersetzung des Menschen mit Gegebenheiten der Natur bzw. mit vorhandenen technischen Systemen.

Inhaltlich beschäftigt sie sich mit Stoffen, Energie und Information in den Dimensionen Wandeln, Transportieren und Speichern - daher erklären sich die beteiligten Naturwissenschaften Chemie (Stoffartänderung), Physik (Zustandsänderung) und Informatik (Informationsbearbeitung).

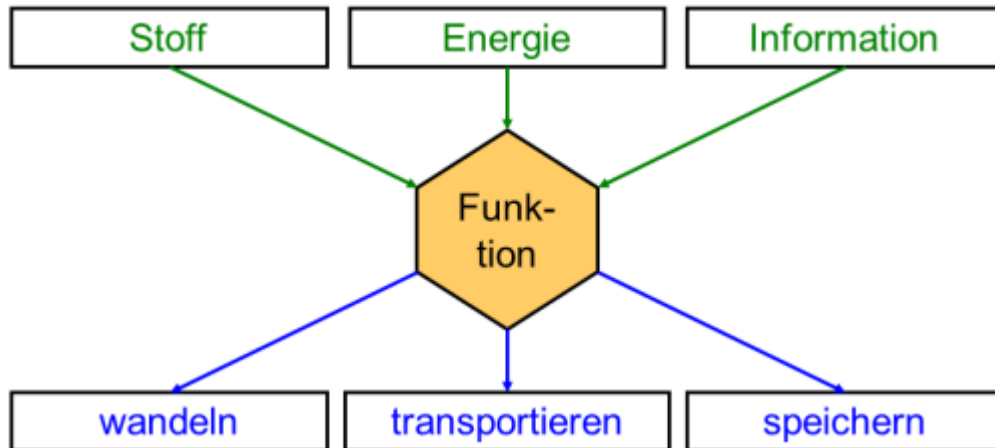


Abb. 4.23: Inhalte der Technik

Dabei versteht sich Technik sowohl im Entstehungs- als auch im Verwendungszusammenhang:

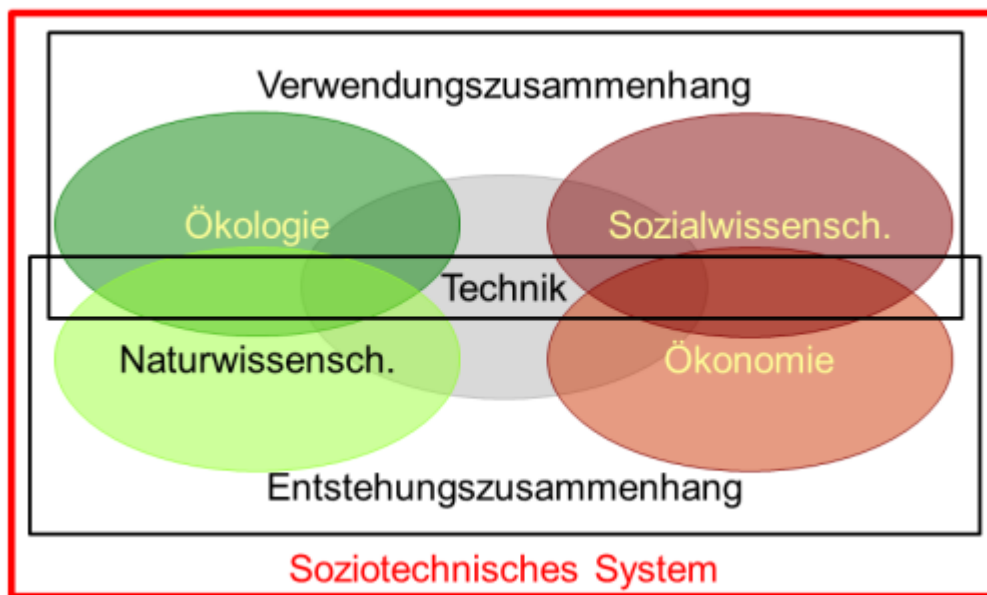


Abb. 4.24: Das soziotechnische System

In der technisch-didaktischen Literatur werden Kerntätigkeiten des Ingenieurs beschrieben:

- **Entwerfen**, das ist eine schöpferische, geistige und/oder zeichnerische Vorwegnahme konkreter Lösungsgestalten aus struktureller, funktioneller und wirtschaftlicher Sicht. Ergebnis sind z.B. Anforderungslisten, Bauskizzen, Finanzierungspläne.

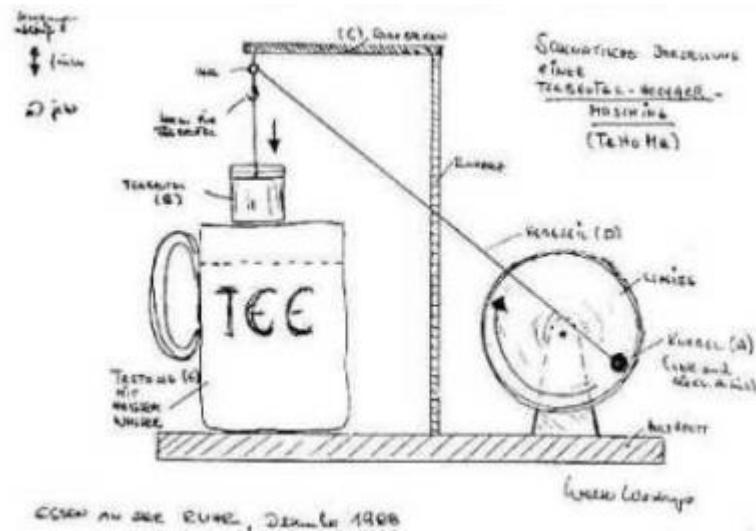


Abb. 4.25: Skizze für eine TEEbeutel-HOchheb-MASchine [14]

- **Konstruieren** geht darüber hinaus und umfasst auch konkrete Festlegungen bis zur Herstellungs-Reife. Ergebnis sind z.B. genaue Konstruktionspläne mit Fertigungstoleranzen, Montageanleitungen...

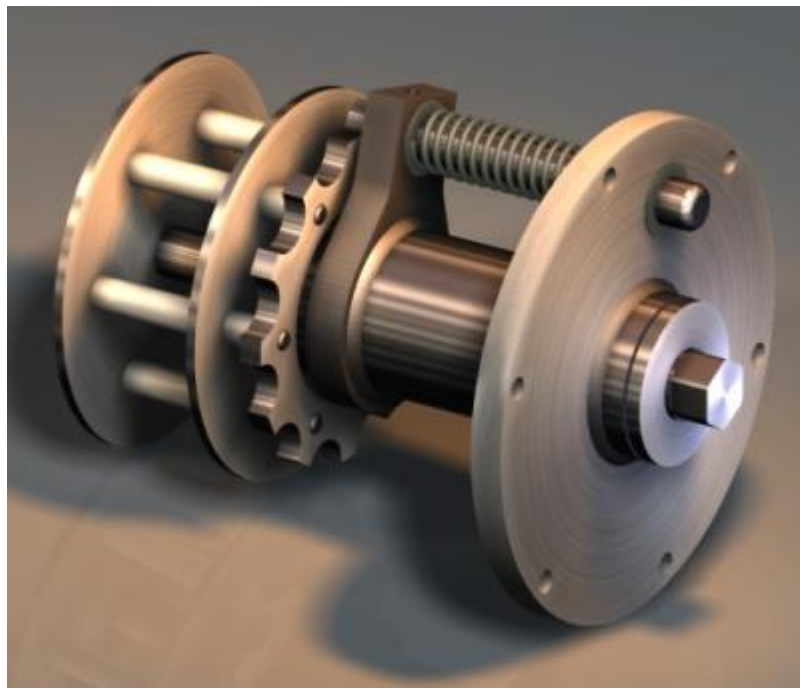


Abb. 4.26: Bildteil einer CAD-Ausgabe in 3D. [15]

- **Messen** (DIN 1319): Vorgang, bei dem ein spezieller Wert einer bestimmten Größe als Vielfaches einer vereinbarten Einheit ermittelt wird (auch andere Disziplinen messen!).
- **Prüfen** (DIN 1319): Beurteilung des Messergebnisses im Hinblick auf eine ganz bestimmte Zweckeignung (auch andere Disziplinen prüfen). Beide Tätigkeiten kommen in allen Stufen des technischen Wirkens zum Einsatz.

- **Testen:** Die zu messende Größe wird in einen realen Verwendungszusammenhang gestellt. Das ist sehr typisch für Technik: an Prototypen wird getestet, ob die Konstruktion gelungen ist und die ursprünglichen Anforderungen erfüllt werden.

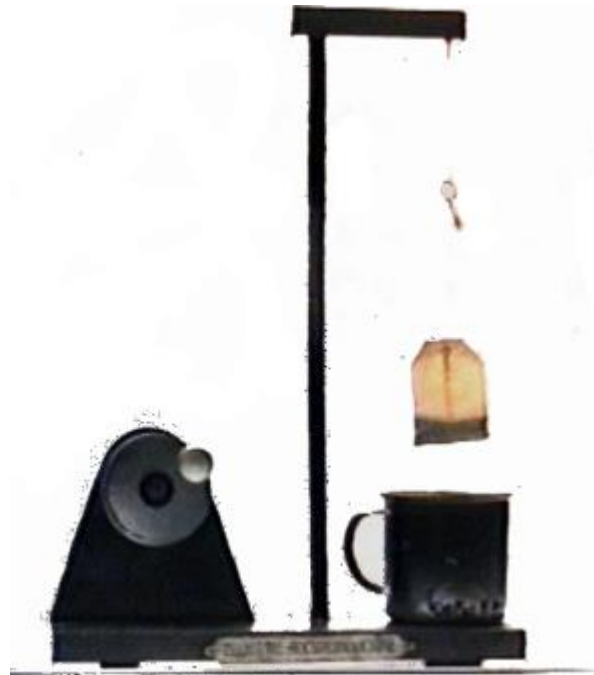


Abb. 4.27: Prototyp der TEHOMA [14]

- **Planen:** Auch diese Tätigkeit begleitet die anderen permanent. Zukünftige (Produktions-)Abläufe werden vorweggenommen und möglichst genau durchdacht. Ergebnisse fließen in alle Formen von Plänen ein.
- **Realisieren** ist in der Technik untrennbar mit Planung und Testen verbunden, da tatsächliche Realisierbarkeit nicht mit Sicherheit vorhergesagt (geplant) werden kann.

Daneben gibt es die erweiterten Tätigkeiten:

- Auswählen (falls konkurrierende Lösungen existieren),
- Bedienen und Anwenden,
- Pflegen und Reparieren.

4.9.3 Beschreibung

Von den Kerntätigkeiten lassen sich nach dem Artikulationsmodell Stufen für eine technische Unterrichtsmethode im naturwissenschaftlichen Unterricht ableiten:

1. Entwerfen und Konstruieren
2. Beschaffen und Organisieren
3. Fertigen
4. Testen und Optimieren
5. Präsentieren.

Je nach Lehrziel und Anforderungsstufe kann man Varianten verwenden, die mehr oder weniger zeitaufwändig oder intensiv sind:

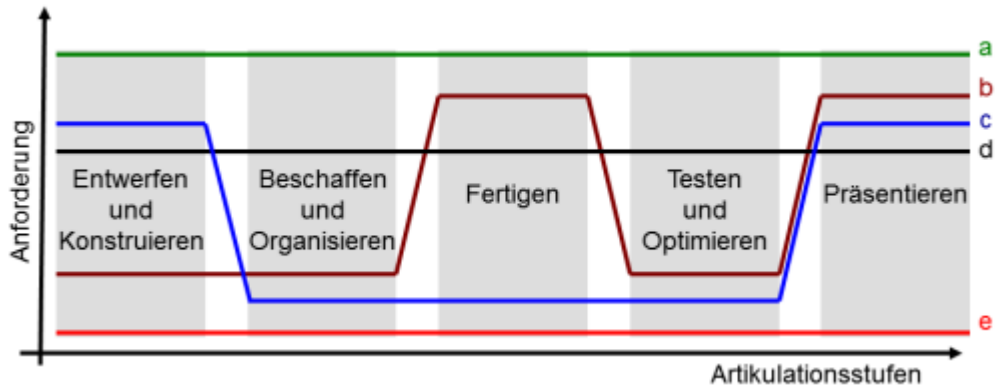


Abb. 4.28: Varianten der technischen Methode. Legende zu a-e siehe unten.

a = technisch-erfindend, verläuft mit hohen Anforderungen über alle Artikulationsstufen: ein noch nie gesehenes Gerät (!) mit definierten Anforderungen soll realisiert werden.

b = technisch-nachmachend, spart sich das "neue Gerät", guckt von einer erfolgten Realisierung ab und baut ggf. modellhaft nach.

c = technisch-forschend will nur das Prinzip herausfinden und kommt mit einem Prototypen aus, der die grundsätzliche Machbarkeit zeigt.

d = technisch-untersuchend möchte von etwas Bekanntem ausgehen, es verstehen und verbessern.

e = technisch-informierend sollte vermieden werden - hier spricht man nur von Technik, ohne wirklich aktiv zu werden.

Bsp. 3: aus dem Natur & Technik - Unterricht: die technische UM mit LEGO

1. Nach der Variante technisch-nachmachend können Unterstufenschüler die Umsetzung eines Bauplans lernen (z.B. das Bauen von Laufmaschinen mit dem Kasten Mechanik III von LEGO Dacta). Die Artikulationsstufen 1 und 2 (Abb. 4.28, von links) finden sich auf niedriger Anforderungsstufe, weil der Plan fertig ist und die Materialien durch die Verwendung eines Baukastens festgelegt sind. Das Fertigen fordert den Bauanfänger sehr, Testen und Optimieren beschränkt sich auf die Bestätigung der Funktionen. Das Präsentieren sollte im Vergleich geschehen ("fettes Heupferd" und "hinkender Frosch") oder Vorteile gegenüber den bekannten Radmaschinen hervorheben.



Abb. 4.29: Bauen nach Anleitung.

2. Nach der Variante technisch-forschend können Unterstufenschüler, die im Umgang mit LEGO-Kästen geübt sind, Leichtlauf Fahrzeuge bauen und an einer schiefen Ebene optimieren, ohne dass eine Anleitung vorliegen muss. Die Anforderungsstufe zu Artikulationsstufe 1 Entwerfen und Konstruieren steigt stark an, in dieser Variante (anders als in Abb. 4.28) auch die des Optimierens.



Abb. 4.30: Optimierung einer bekannten Lösung nach neuen Anforderungen.

3. *Höchste Anforderungen stellt die technisch-erfindende Variante, wenn ein unbekanntes Gerät (z.B. eine Glockenanschlagmaschine) konstruiert werden soll. Abweichend von Abb. 4.28 ist nur die Anforderungsstufe des Beschaffens nicht sehr hoch, da Baukästen verwendet werden.*

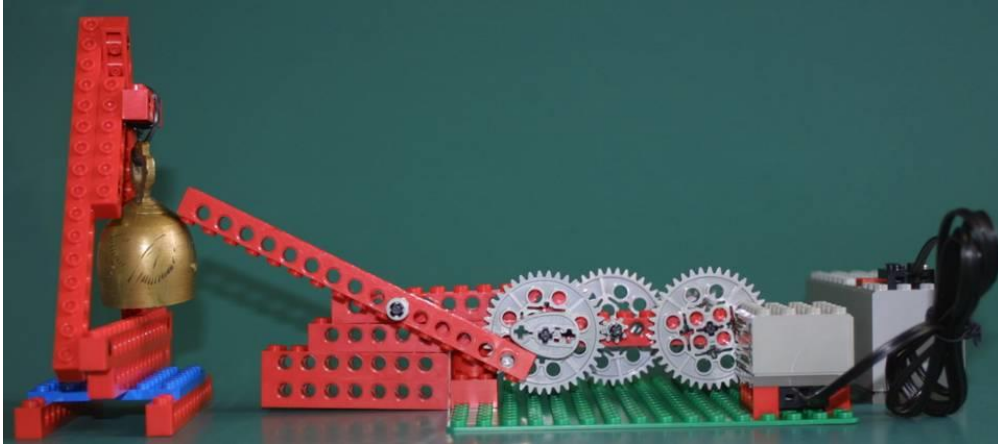


Abb. 4.31 Beispiel einer Erfindung als eine von vielen möglichen Lösungen.

Hinweis: Sozialform und Aktionsform können bewusst eingesetzt werden, um schneller Ergebnisse zu erhalten. Je zwei Gruppen arbeiten in gutem Sichtkontakt an derselben Aufgabe. "Abgucken" ist erlaubt und erwünscht, spiegelt sie doch die Wirklichkeit wider: je nach Ausprägung das konkurrierende "Abkupfern" oder das zusammenwirkende "Teamwork" mit gegenseitigem Vorteil.

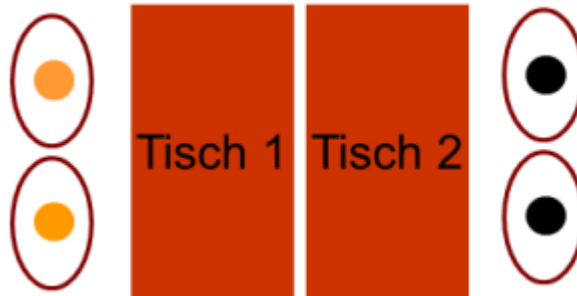


Abb. 4.32: Bewusstes Erleichtern des "Abkupfern" durch die Sitzordnung von Arbeitsgruppen.

Bsp. 4: Bau eines Modell-Barometers

Beispiel 4 zeigt, wie Beispiel 2 praktisch umgesetzt wurde.

1. *Lehrende Annika Meyer bringt ein handelsübliches Barometer von zu Hause mit. Lernende dürfen es zum Zweck des Untersuchens zerlegen.*

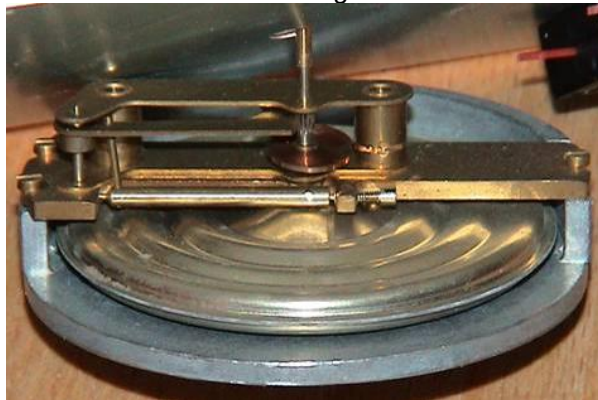


Abb. 4.33: Handelsübliches Barometer ohne Gehäuse und Skala.

2. *Beide überlegen, welche Teile durch welche Alltagsgegenstände ersetzt werden könnten.*

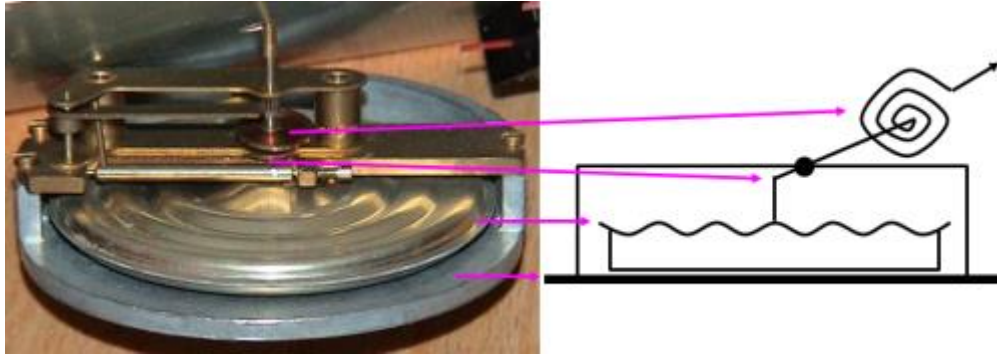


Abb. 4.34: Erste Abstraktionsmaßnahme zur Bau-Skizze.

3. Lernende fertigen eine Skizze bzw. einen Bauplan an.
4. Sie besorgen die Materialien bzw. stellen sie zu Hause bereit.

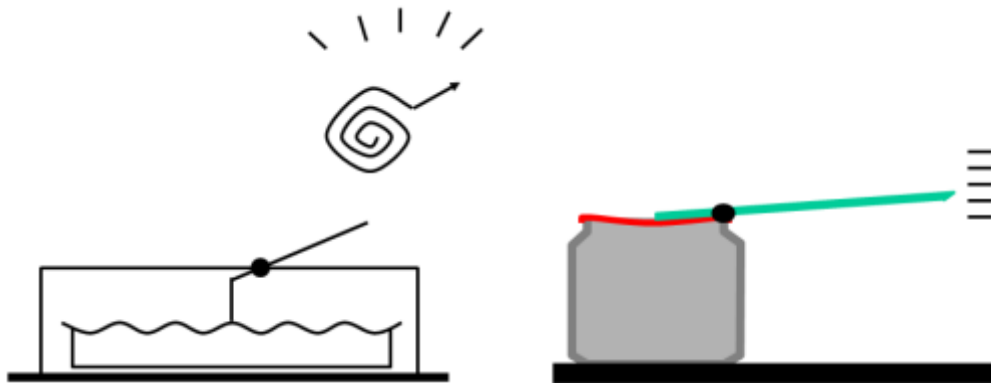


Abb. 4.35: Zweite Abstraktionsmaßnahme zum Modell. Marmeladenglas, Luftballon-Membran (rot) und Trinkhalm (grün).

5. Lernende fertigen zu Hause oder in der Schule.
 6. Dann testen sie die Funktionen und vergleichen mit dem handelsüblichen Gerät.
 7. Lernende und Lehrende diskutieren die Leistungen und mögliche Verbesserungen.
 8. Lernende arbeiten die Verbesserungen ein und testen erneut.
 9. Zusammen wählt man die gelungensten Geräte aus und stellen sie aus.
- Erfolgskontrollen schließen jede UM ab, z.B.:

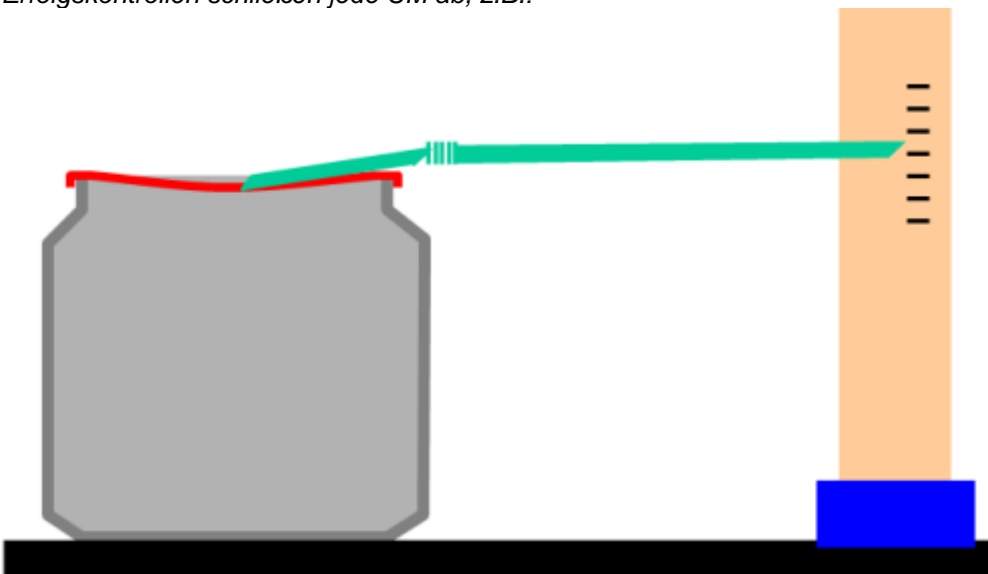


Abb. 4.36: Mögliche Erfolgskontrollen bzw. weiterführende Aufgaben: Begründe, warum kein geknickerter Trinkhalm verwendet werden sollte; oder: diskutiere, welche Rolle die Trinkhalm-Länge spielt.

4.9.4 Kritik

Uns ist klar, dass unter den gegebenen Umständen reiner Technikunterricht an unseren traditionell theoretischen Gymnasien nicht möglich ist. Dafür fehlt nicht nur die Platzierung in der Stundentafel, sondern auch die Ausstattung mit Werkstätten sowie mit entsprechenden Fachlehrern.

Allerdings lassen sich abgeschwächte Formen durchaus auf Ebene der Unterrichtsmethode wie hier beschrieben in Einzelfällen als Projekte realisieren. Im Lehrplan geforderte fachübergreifende Bezüge lassen sich zwanglos herstellen.

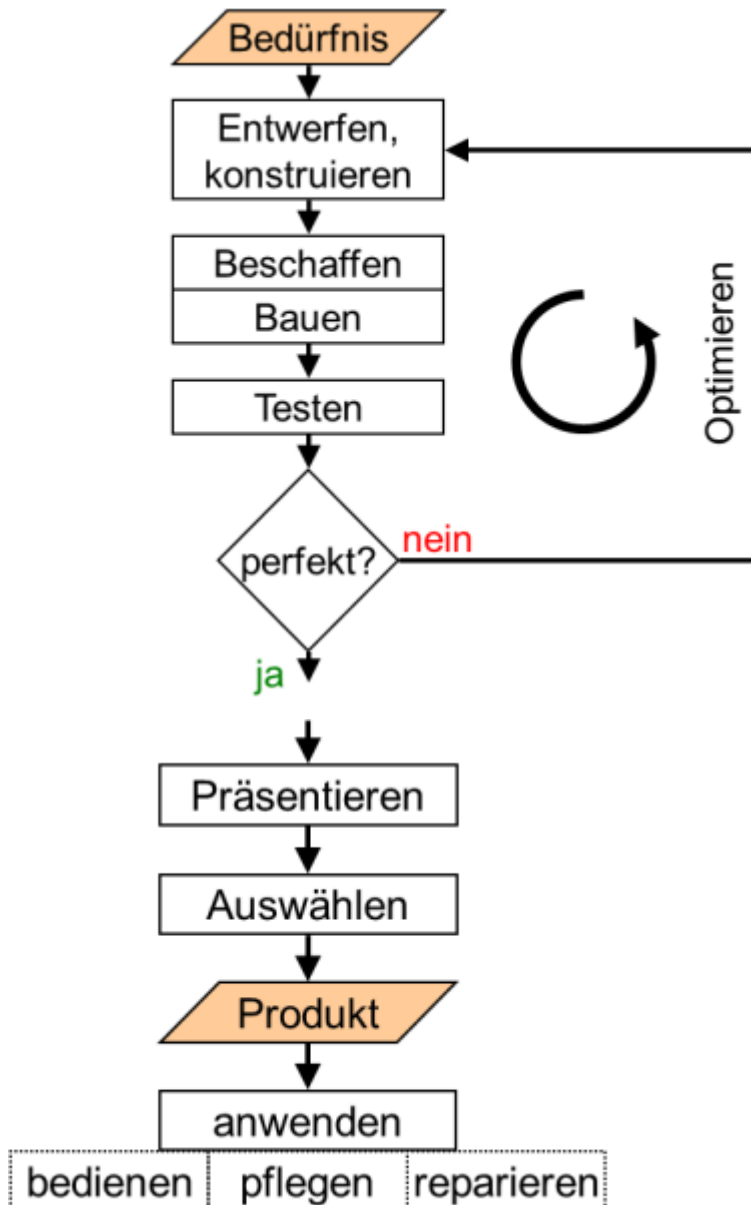


Abb. 4.37: Zusammenfassung technisches Vorgehen.

Aufgabe: Was machen Ingenieure anders als "Forscher"?

Zur eigenen Kontrolle:

1. II: Arbeiten Sie heraus, worin Unterschiede zwischen einem Projekt und der technischen UM bestehen.
2. II: Arbeiten Sie heraus, worin Unterschiede zwischen einer forschenden und einer technischen UM bestehen.
3. III: Nachfolgende Teilaspekte werden vom Lehrplan im Bereich Arbeitsmethoden der Jgst. 5 im Fach Natur & Technik als Inhalte vorgegeben:
 - Bauen und Erfinden: z. B. mit Werkzeugen und Geräten umgehen, konstruieren und testen;
 - Präsentieren: z. B. Ergebnisse vortragen, Ausstellung, Broschüre, Plakat gestalten.
 - a. Untersuchen Sie, ob sich diese Vorgaben eher mit der technischen oder der forschenden UM umsetzen lassen.
 - b. Untersuchen Sie, ob sich diese Vorgaben eher mit der technischen oder der projektorientierten UM umsetzen lassen.
4. II: Das Fach N&T wurde in Bayern vor einigen Jahren neu eingeführt. Beschreiben Sie, wie der Anteil "Technik" fachgemäß zu interpretieren wäre.
5. III: Nachfolgende Inhalte werden vom Lehrplan N&T Jgst. 5 im Lernbereich Arbeitsmethoden vorgegeben:
 - Bauen und Erfinden: z. B. mit Werkzeugen und Geräten umgehen, konstruieren und testen;
 - Präsentieren: z. B. Ergebnisse vortragen; Ausstellung, Broschüre, Plakat gestalten.

Beurteilen Sie, inwieweit sich diese Themen im Rahmen der technischen Unterrichtsmethode umsetzen lassen.

[Hinweise zur Lösung](#)

4.10 Unterrichtseinheiten UE

Eine **Unterrichtseinheit** ist eine kleinste Planungseinheit für Unterricht, in der eine klar begrenzte Zielsetzung verfolgt wird und die den Lehrprozess zu einem (vorläufigen) Abschluss bringt.

Die UE darf nicht mit Unterrichtsstunde verwechselt werden. Letztere ist eine rein zeitliche Einheit und ist für die Gliederung von Unterricht denkbar ungeeignet. Erstens ist eine Unterrichtsstunde in unterschiedlichen Schularten, Bundesländern und Ländern unterschiedlich lang (30-60 Minuten), zweitens sollten rein zeitliche Grenzen nicht begrenzend auf Inhalte wirken. Natürlich berücksichtigen Lehrende die zeitlichen Grenzen bei ihrer Planung, das darf aber nicht so weit gehen, dass jede Einheit entweder 45 oder 90 Minuten dauert.

Damit wird klar, dass sich die Tätigkeit eines Lehrenden zum größten Teil um die Planung und Durchführung von Unterrichtseinheiten dreht. Deswegen beschäftigen sich auch gleich drei Veranstaltungen Ihrer Didaktik-Ausbildung an der UBT mit dem Thema:

1. Diese Veranstaltung liefert einen (theoretischen) Überblick über die grundsätzliche Struktur von UE sowie die Beziehung zwischen Unterrichtsmethode und UE.
2. In der Übung "Planung" wird dieser Überblick in planerisches Handeln überführt, indem Sie eine UE zu Übungszwecken praktisch erstellen.
3. Im Begleitseminar zum Studienbegleitenden Fachdidaktischen Praktikum wird die Planung an weiteren Beispielen eingeübt, wobei Sie mindestens zwei der geplanten UE auch mit einer Schulklasse erproben.

Zeitlich bewegt sich eine Unterrichtseinheit zwischen 15 Minuten und 1-2 Stunden. Wir streben eher kurze UE an,

- damit Lernende leichter den Überblick über den gesamten Verlauf behalten,
- weil sich dann ein hilfreiches Prinzip für die Planung von Unterricht umsetzen lässt, nämlich das Ein-Lehrziel-eine-Methode-Prinzip (siehe Veranstaltung "Planung von Unterricht" im 4. Semester), und
- weil ein solcher Zeitraum empirisch und neurobiologisch/lernpsychologisch fassbar ist.

Empirisch machen Lehrende oft die Erfahrung, dass Lernende nach 15-20 Minuten in ihrer Aufmerksamkeit nachlassen. Deswegen wäre ein Abschluss des Gedankenganges kurz vorher sehr geschickt. Eine kurze Entspannungspause wäre danach sehr hilfreich.

Neurobiologisch kennt man ein Zeitfenster von 300s, das ein Intervall beschreibt, in dem sich die meisten Menschen auf eine Aufgabe konzentrieren. Lernpsychologisch ist das Zeitfenster bestätigt. 300s sind 5 Minuten - der Rest der Zeit bis zu 15 Minuten dient notwendigen pädagogischen Maßnahmen wie Hinführung zur Aufgabe oder Festigung der Erkenntnisse.

Bsp. 1: Nomenklatur der Alkane

Lehrende Marion Fortschrittlich hält eine Unterrichtsstunde zum Thema Nomenklatur der Alkane. Die Stunde besteht aus zwei Unterrichtseinheiten, die erste mit dem Lehrziel "Grundlegende Nomenklaturregeln" nach einer entdeckenden UM, danach Methodenwechsel zur zweiten UE mit dem Lehrziel "Speziellere Nomenklaturfälle" nach einer entwickelnden UM. Beide Einheiten werden mit Erfolgskontrollen abgeschlossen.

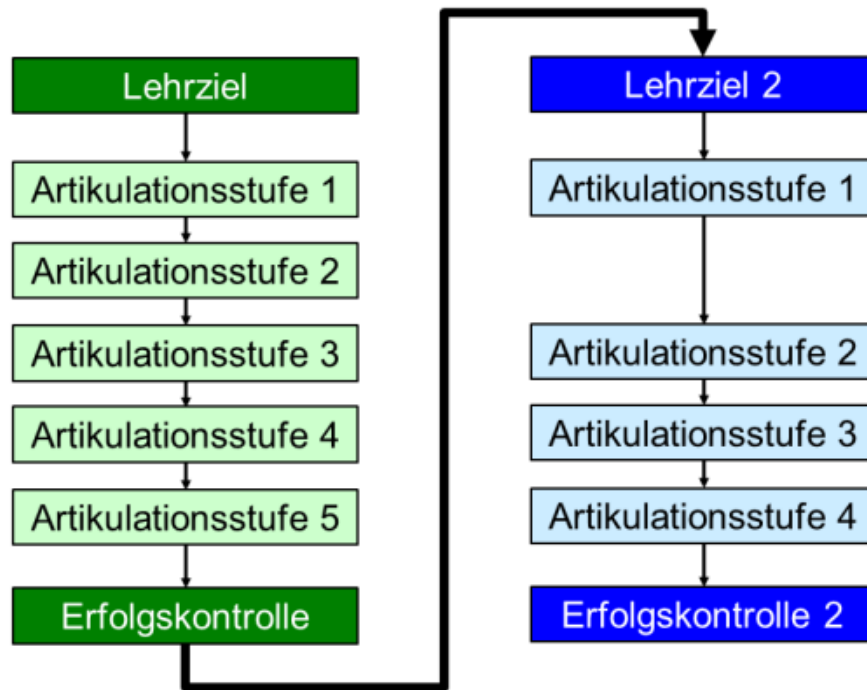


Abb. 4.38: Struktur einer Unterrichtsstunde, bestehend aus zwei Unterrichtseinheiten.

In der Regel wird man als Lehrender 1-2 Unterrichtseinheiten je Stunde abschließen können.

Begrenzt wird eine UE also inhaltlich, in Kurzform beschrieben durch ein kognitives Lehrziel (mehr dazu in höheren Semestern).

Bsp. 2: Ein Lehrgang Salze könnte so aufgebaut sein:

- UE 1: Lehrziel 1a "Erweiterung des Salzbegriffes von Kochsalz auf den allgemeinen Salzbegriff".
- UE 2: Lehrziel 1b "Herstellung von Natriumchlorid aus den Elementen". Abschluss Unterrichtsstunde 1.
- UE 3: Lehrziel 2a "Kochsalzgewinnung aus Lagerstätten".
- UE 4: Lehrziel 2b "Herstellung von Salzen durch Neutralisation". Abschluss von Unterrichtsstunde 2.
- UE 5: Lehrziel 3a "Die Gitterstruktur von Salzen".
- UE 6: Lehrziel 3b "Typische Eigenschaften von Salzen". Abschluss von Unterrichtsstunde 3.
- UE 7: Lehrziel 4 "Nachweis für Kationen: Flammenfärbung". Abschluss Unterrichtsstunde 4.
- ...es folgen ca. 3-4 weitere Unterrichtsstunden.

Methodenwechsel ist essentiell. Jedes höhere Lebewesen ist so gebaut, dass stereotyp sich wiederholende Situationen zu Langeweile führen. Das wollen Sie doch in Ihrem Unterricht vermeiden ;)

Zur eigenen Kontrolle:

1. II: Beschreiben Sie, was man unter einem Methodenwechsel zu verstehen hat. Geben Sie dazu ein konkretes Beispiel zu einem selbst gewählten fachlichen Thema.
2. III: Ordnen Sie in Bsp. 2 (oben) zu jeder UE eine Unterrichtsmethode zu. Es sollten möglichst viele Methodenwechsel vorkommen.
3. III: Im Lehrplan der Jahrgangsstufe 5, Fach Natur und Technik finden Sie folgenden Punkt zum Bereich Arbeitsmethoden: "Experimentieren: z. B. Versuche planen, aufbauen, durchführen, auswerten". Zeigen Sie, wie Sie mit einem (1!) geschickten Methodenwechsel alle vier angegebenen Ziele erreichen können.

[Hinweise zur Lösung](#)

4.11 Zusammenfassung

"Wer einen Werkzeugkasten hat, für den ist jedes Problem lösbar."

alte mesopotamische Weisheit (also meine).

Sie haben sich nun mit einer Reihe von Unterrichtsmethoden beschäftigt. Eine zusammenhanglose Auflistung ergibt normalerweise keinen Sinn. Dennoch haben wir die erforderlichen Methoden ALPHABETISCH angeordnet - ganz großer Unsinn.

Außer: ich möchte, dass Sie selber Zusammenhänge finden. Dies ist sehr viel höher lernwirksam als Ihnen die Zusammenhänge fertig zu präsentieren.

Beschäftigen Sie sich mit folgenden **Aufgaben**:

1. Finden Sie Gemeinsamkeiten für ALLE UM.
2. Geben Sie Gemeinsamkeiten für lernendenzentrierte UM an.
3. Erstellen Sie ein Entscheidungsdiagramm, welche UM zu welchem Fall am besten zu wählen sei.

Aus den Ergebnissen lassen sich Rezepte ableiten. Diese sind für Einsteiger sehr hilfreich. Sie verlieren mit dem Verlassen des Einsteigerstatus aber ihre allgemeine Gültigkeit und Bedeutung: die Vielzahl der Variablen, die Unterricht bedingen, lässt für den ausgebildeten Lehrenden keine Standardsituationen mehr zu. Dennoch sollte er in der Lage sein, das, was er tut, mit Fachbegriffen zu beschreiben.

Sie können aus dem Kapitel **makromethodische Maßnahmen**

- Instanzen erkennen, die Ihre Bewegungsfreiheit mit Inhalten im Unterricht (sinnvoll?) einschränken,
- erkennen, warum das so ist,
- Inhalte nach fachdidaktischen Grundsätzen **auswählen**,
- für eine bestimmte Zielgruppe (Alter) **bearbeiten**,
- und nach fachdidaktischen Grundsätzen **anordnen**.

Im Kapitel **Unterrichtsmethoden** haben Sie die Fähigkeit erworben

- Unterrichtsmethoden als solche zu erkennen, zu **beschreiben** und von über- oder untergeordneten Maßnahmen zu unterscheiden,
- mehrere Unterrichtsmethoden voneinander zu **unterscheiden**,
- was Sie zu **Methodenwechsel** befähigt.
- Sie können aus dem bekannten Pool gezielt UM für ein vorliegendes Unterrichtsproblem begründet **auswählen** und
- haben einen ersten Eindruck gewonnen, wie man UM auf eine **Unterrichtseinheit** anwendet.

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 und Fähigkeiten erworben haben, die allerdings durch praktische Umsetzung noch in Fertigkeiten überführt werden müssen. Dies geschieht planmäßig in den Stufen:

1. noch während der Phase I in "Planung von Unterricht" und 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.

Im folgenden Kapitel soll das Augenmerk auf eine methodische Stufe unterhalb von UM gerichtet werden. Viele verwechseln diese mit "Methoden"... :(

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?

Zur eigenen Kontrolle:

III: Ermitteln Sie die zugrundeliegende UM für die nachfolgend beschriebene UE und ordnen Sie die entsprechenden Artikulationsstufen zu:

Lehrender Hugo Ehrlich beschreibt seinen Lernenden, wie zu Zeiten Kekulé's Strukturaufklärung möglich war. Nämlich, dass zwar eine Verhältnisformel (z.B. C:H=1:1) und ein "Molekulgewicht" (z.B. 78g) bestimmt werden konnten, aber dass danach nur theoretische Überlegungen auf dem einem Blatt Papier erfolgten, wie die zugrundeliegende Struktur aussehen könnte. Herr Ehrlich zeigt den Lernenden die daraus kombinierte Molekülformel C₆H₆ und gibt dazu an, dass Kekulé seiner Zeit auch an diesem Stoff forschte. Lernende sollen nun anhand der Zusammensetzung verschiedene Strukturvorschläge machen. Sie stellen verschiedene mögliche Strukturen vor, danach zeigt Herr Ehrlich verschiedene Strukturen, die Kekulé aufgestellt hatte und lässt sie diese mit ihren eigenen vergleichen. Die vielversprechendsten Strukturen werden in Form eines Hefteintrages festgehalten.

[Hinweise zur Lösung](#)

Das soll bleiben.

1. Unterrichtsmethoden wirken im zweistelligen Minutenbereich. Sie stellen die Umsetzung eines (kognitiven) Lehrziels dar.
2. Man kann UM mit Hilfe von Artikulationsstufen beschreiben.
3. Lehrende müssen ein gewisses Spektrum an UM beherrschen, um diese gezielt für Unterrichtssituationen auswählen zu können.
4. Methodenkompetenz ermöglicht erst Methodenwechsel. Methodenwechsel ist unabdingbar.
5. Problemorientierung ist Merkmal einer ganzen Methodengruppe.
6. Lehrgänge bestehen aus mehreren Unterrichtseinheiten.
7. Unterrichtseinheiten sind durch eine inhaltliche Einheit definiert und werden nach einer bestimmten UM unterrichtet.

Für den Anfänger sind Schrittfolgen im Tanzkurs unabdingbar - später erkennt man an Standardschritten den Ungeübten.

Quellen:

1. H. Glöckel: Vom Unterricht, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn 1996.
2. P. Pfeifer et al.: Konkrete Fachdidaktik Chemie, Aulis-Verlag, Seelze 2018.
3. Niessen, J.: Präparationen für den Unterricht in der Naturlehre der Volksschulen. Goslar 1909 (!).
4. Herbart, J. F.: Allgemeine Pädagogik aus dem Zweck der Erziehung abgeleitet. Göttingen 1806.
5. H.-J. Becker et al.: Fachdidaktik Chemie, Aulis-Verlag Deubner & Co. KG, Köln 1992.
6. Barke, H.-D.: Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Springer, Berlin 2006.
7. Wildt, J.: Forschendes Lernen. Journal Hochschuldidaktik, 20/2, 2009. Online-Version http://www.zhb.tu-dortmund.de/hd/journal-hd/2009_2/journal_hd_2009_2_wildt.pdf, 7.8.2019
8. Jansen, W.; Matuschek, C.; Fickenfrerichs, H.: Benzol - eine an der Chemiegeschichte orientierte Unterrichtskonzeption. PdN-Ch 35, 1986, S.17ff.
9. Schmidkunz, H.; Lindemann, E.: Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Westarp-Verlag, Essen 1992.
10. [Oetken, M.; Friedrich, J.; Petermann, K.: Das an der Schülervorstellung orientierte Unterrichtsverfahren. ChemKon 3/2008, 110-117.](#) und [Barke, H.-D.; Dörfler, T.: Das an der Schülervorstellung orientierte Unterrichtsverfahren: Beispiel Neutralisation. ChemKon 3/2009, 141-146.](#) (Volltextzugriff nur von Uni Bayreuth aus möglich).
11. Duit, R.: Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht, in: Duit, R.; Rhöneck, C.: Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der PH Ludwigsburg, IPN Kiel, 1996, 145-162.
12. https://application.wiley-vch.de/contents/jc_2106/2008/110_s.pdf, 20.09.2019
13. Wagner, W.: Technik im naturwissenschaftlichen Unterricht. MNU 57/8, 2004, 478-487.
14. <http://www.computopia.de/westrupps/w+w/seiten/buch/tehoma.htm>, 23.09.19, mit freundlicher Genehmigung des Autors.
15. <http://ventego.de/leistungen/konstruktion-und-entwicklung/3d-cad-konstruktion/>, 10.11.15, mit freundlicher Genehmigung des Autors. Quelle am 23.09.2019 verschollen.
16. <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388>, 29.09.19
17. <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26350>, 29.09.19
18. <http://en.wikipedia.org/wiki/Technology>, 23.09.19
19. <http://de.wikipedia.org/wiki/Technologie>, 23.09.19
20. Sachs, B.: Legitimation und Strukturen von Technikunterricht. In: Traebert, W. E.; Spiegel, H.-R. (Hrsg.): Technik als Schulfach, Bd. 4, S. 51-69.

Es folgt: Teil C.