



### Aufgaben im Chemieunterricht

*Skript zu den Fachseminaren Chemie vom 16.11.07, 23.11.07 und 30.11.07*

#### 1. Beurteilung von Aufgaben

##### 1.1 Begriffe und Handlungsfelder<sup>1</sup>

###### Art der Aufgabe (Aufgabenvielfalt)

Klassifizierung:

☞ **Aufgaben zum Lernen** (Lernaufgaben, Aufgaben zur Vertiefung, Wiederholung, Übung, Festigung, Vernetzung, Strukturierung)

☞ **Aufgaben zum Leisten** (Prüfungsaufgaben, Testaufgaben, Evaluationsaufgaben, Diagnoseaufgaben)

Achtung: Lern- und Leistungssituationen nicht miteinander vermischen! (...über Sinn und Ziel der Aufgabe informieren)

###### Bausteine einer Aufgabe

###### Setting

- ☞ fachliche Situation
- ☞ Kontext
- ☞ Bereitstellung von Material  
(z.B. Text, Diagramm, Geräte)

Optionen:

*Problem:*      *begrenzend - weit gefasst*  
                    *einfach – komplex*

*Maß an Vorstrukturierung*

###### Bearbeitungsaufträge

Optionen:

- ☞ *Fragen/ Aufforderungen in Verbindung mit Operatoren*
- ☞ *Hilfen und Hinweise zur Bearbeitung*  
(z.B. Ablauf, Zeit, Umfang, Methode)
- ☞ *Angaben zur Bearbeitungsqualität*
- ☞ *Verzicht auf Angaben*

<sup>1</sup> Die vorgenommene Strukturierung orientiert sich an : Leisen, Josef: Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 59 (2006), Nr. 5, S.260-266

## 1.2 Entwicklung von Kriterien guter Aufgaben

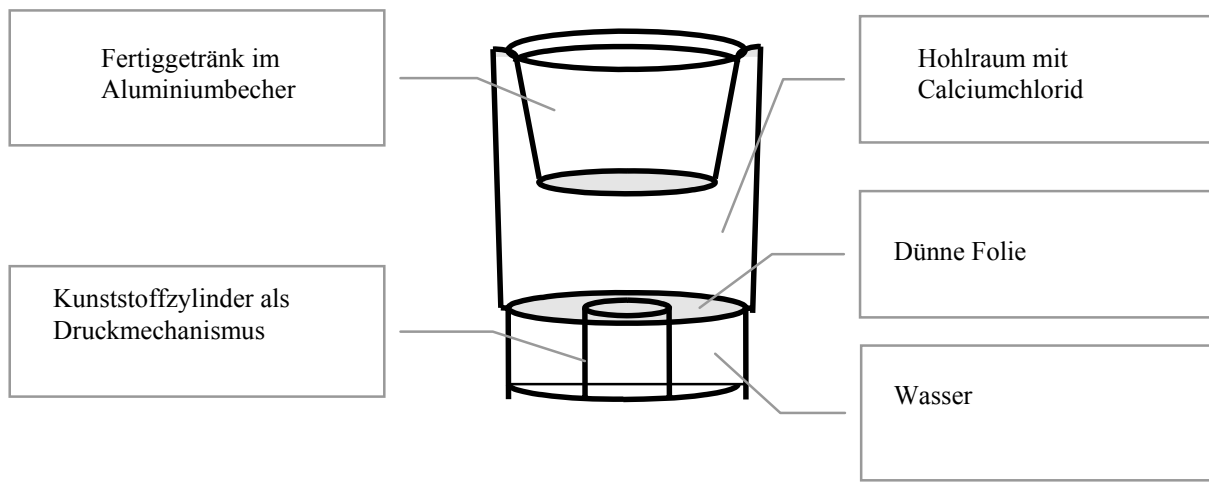
### Aufgabensetting:

#### Heißer Espresso in 40s!

In Italien kann man Trinkbecher mit der Aufschrift „heißer Espresso in 40s“ kaufen. Eine Skizze auf der Verpackung verrät die Konstruktion eines solchen selbstheizenden Bechers.

Zur Erwärmung des Getränks empfiehlt der Hersteller folgende Vorgehensweise:

*Boden des Bechers fest eindrücken – noch verschlossenen Becher kräftig schütteln – Aluminiumdeckel abziehen und fertig!*



#### Analyse des Aufgabensettings:

Die Aufgabe wird in einen Kontext gesetzt. Durch den Anwendungsbezug entsteht Sinnhaftigkeit.

Fachlicher Hintergrund der Aufgabe: Lösung von Ionenverbindungen in Wasser (Auflösen des Ionengitters durch Ion-Dipol-Wechselwirkungen + Hydratation, energetischer Verlauf)

Material: kurze Fallbeschreibung mit beschrifteter Schemazeichnung

Problem: begrenzt, überschaubar

#### Vergleich von Arbeitsaufträgen:

##### Arbeitsaufträge aus einem Lehrbuch:

- Deute den Vorgang beim Lösen von Calciumchlorid in Wasser. (Reaktionsgleichung und Energiediagramm)
- Gib an, was mit dem Begriff Hydratation ausgedrückt wird.
- Zeichne ein hydratisiertes Calcium-Ion und ein hydratisiertes Chlorid-Ion. Trage alle Ladungen ein.
- Calciumchlorid hat eine molare Gitterenergie von  $-2197 \text{ kJ/mol}$ . Die molaren Hydratationsenergien betragen für Calcium-Ionen  $-1580 \text{ kJ/mol}$  und für Chlorid-Ionen  $-380 \text{ kJ/mol}$ . Berechne, wie viele kJ beim Auflösen von 1 mol Calciumchlorid frei werden.
- Warum befindet sich Calciumchlorid in der oberen Kammer und Wasser in der unteren – warum nicht umgekehrt?

*Orientiert an den Bildungsstandards:*

- a) Erkläre einem Laien die Funktionsweise des selbstheizenden Bechers.
- b) Entdecke dein chemisches Fachwissen in dieser Aufgabe! Erläutere den chemischen Prozess und nutze dabei geeignete Darstellungsformen, wie Filmleiste und Energiediagramm.
- c) Auf der Suche nach einem Thema für einen Chemiewettbewerb schlägt eine Mitschülerin vor, nach dieser Idee ein Einmal-Kühlkissen zu bauen. Die Klasse diskutiert, ob dies prinzipiell funktionieren kann. Trage deine Argumente vor.
- d) Beurteile die Methode der Espresso-Zubereitung.

*Vorschläge der Fachseminar-Gruppe*

- Beschreibe die Funktionsweise des Bechers.
- Erläutere die Funktionsweise des Bechers in einem Flussdiagramm.
- Gibt es auch eine Lösung für die heißen Tage?
- Plant ein Experiment, mit dem ihr die Vorgänge im Espresso-Becher nachstellen könnt.
- Beurteile den Espresso-Becher aus verschiedenen Perspektiven.
- Formuliere die Reaktionsgleichung für die im Becher stattfindende Reaktion.
- Bereite einen Vortrag vor, indem die Begriffe Hydratationsenergie und Gitterenergie vorkommen.
- Betrachte den Vorgang aus energetischer Sicht und erstelle dazu ein Energiediagramm. Tipp: Gesamtvorgang in Einzelschritte zerlegen

Die Arbeitsaufträge unterscheiden sich in der Bindung an den Kontext.

Strukturiertheit und Offenheit sind zwei weitere charakteristische Merkmale.

Unterschiede ergeben sich hierbei in Bezug auf

- den Bearbeitungsweg (z. B. Kleinschrittigkeit der Vorgaben, Zulassen von verschiedenen Lösungswegen wie bei der Auswahl und Einbettung der Darstellungsformen und der Findung von Beurteilungskriterien),
- die Bearbeitungsqualität,
- die Komplexität des Gedankengangs und auf
- die Adaption an das Fähigkeitsniveau der Schüler.

Die Ausrichtung der Aufträge reicht von der Abfrage von Fachwissen bis zur handlungsbezogenen Anwendung von Wissen in komplexeren Problemfragen. Methodenwerkzeuge wie adressatenbezogene Textproduktion und Wechsel der Darstellungsform können zur Kompetenzentwicklung genutzt werden.

Angesprochen werden in den Beispielen die Handlungsdimensionen Kommunikation („...erkläre einem Laien ..“, „...veranschauliche den chemischen Prozess durch geeignete Darstellungsformen...“), Erkenntnisgewinnung („...plant ein Experiment...“) und Bewertung („Beurteile die Methode der Espresso-Zubereitung.“) jeweils in Verbindung mit dem chemischen Fachwissen.

## **Ergebnis der Diskussion im Fachseminar und Ableitung von Kriterien guter Aufgaben**

- Aufgaben sollen so angelegt sein, dass Wissen nicht statisch abgerufen (träges Wissen), sondern problembezogen angewendet bzw. anknüpfend an die Konzepte der Schüler entwickelt wird (flexibles Wissen).
- Elemente der traditionellen Aufgabekultur wie das Üben von formalen und begrifflichen Techniken (z. B. Aufstellen von Verhältnisformeln, Nomenklaturregeln) können nach wie vor lernwirksam sein. Sie können bei Bedarf integriert werden, ohne die Kultur der Aufgaben zu bestimmen.
- Aufgabekultur kann nicht unabhängig von der Unterrichtskultur gesehen werden. Für die unterrichtliche Umsetzung der Bildungsstandards sind Aufgaben das zentrale Instrument. Aufgaben konkretisieren die Kompetenzen der Bildungsstandards und machen Kompetenzen diagnostizierbar.

### **Gute Aufgaben...**

- ... sind kompetenzorientiert
- ... sind auf Verständnis ausgerichtet und fordern zur Anwendung des Wissens heraus (Abdeckung unterschiedl. Anforderungsniveaus)
- ... stehen häufig in einem Kontext
- ... motivieren und besitzen kreatives Potential
- ... besitzen einen passenden Grad an Offenheit und Strukturiertheit
- ... sind vielfältig in Darstellungsformen
- ... sind binnendifferenziert angelegt
- ... integrieren naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden (Experimentieren, Interpretieren, Modellieren, Mathematisieren, Ordnen, Recherchieren..)
- ... werden vielfältig eingesetzt und sind in den Unterricht eingebettet (zum Leisten und zum Lernen mit unterschiedlicher didaktischer Funktion: Vertiefung, Übung, Vernetzung, Strukturierung, Wiederholung, Lernaufgaben)
- ... sind in ein Aufgabencurriculum eingebunden (Vernetzung von Aufgaben)

## Die Kultivierung von Aufgaben verlangt den Lehrkräften verschiedene Leistungen ab: (vgl. Allgemeines Seminar)

- Aufgaben auf die Kompetenzen hin ausrichten
- Aufgaben an-, um- oder durchstrukturieren
- Aufgaben in Kontexte setzen
- Aufgaben öffnen oder schließen
- Lernaufgaben entwickeln
- Aufgaben zum Leisten in solche zum Lernen umbauen und umgekehrt
- vernetzende Aufgaben entwickeln
- Aufgaben binnendifferenziert gestalten
- Arbeitsmethoden des Faches integrieren
- Aufgaben passend in den Unterricht einbetten
- ein Aufgabencurriculum entwickeln

### Praxiserfahrungen

Referendare berichten, dass Aufgaben mit hohem Offenheitsgrad von den Schülern mitunter kritisch gesehen werden.

Wünsche der Schüler:

„Aufgaben sollen besser uninteressant und nicht so verwirrend sein!“

„Geben Sie kurze und klare Anweisungen!“

*Eine Antwort auf die Frage:*

Die Bedeutung offener und kontextorientierter Aufgaben steht außer Frage (vgl. EPA, Bildungsstandards). Ursache für die Einschätzung der Schüler könnte sein, dass Schüler den Lernwert der Aufgabe nicht ausloten können und sie vor allem auf die nächste Überprüfung fixiert sind (Bewusstsein für die „neue Prüfungskultur“ nach den EPA noch nicht im Blick). Vermutlich haben die Schüler bisher komplexe, alltagsbezogene Problemstellungen kaum kennen gelernt. Sie können ihre Fähigkeiten zur Lösung der Aufgabe kaum einschätzen, da bisher ein Kompetenzerleben zu selten stattfand. Häufig begegnen den Schülern Aufgaben in Übungs- oder Prüfungssituationen. Dort gab ein eindeutiger Erwartungshorizont Sicherheit. In Prüfungssituationen geht es darum, Kompetenzen unter Beweis zu stellen, während in Aufgaben zum Lernen Kompetenzen entwickelt werden.

Empfehlungen:

-Metakognition zum Lernprozess einbauen

-Kompetenzerleben durch Hilfen und Überprüfungsmöglichkeiten absichern

-Aufgaben zum Lernen im geschützten Raum einsetzen (Lernsituation und Prüfungssituation trennen!)

-auch bei offenen Aufgaben sollte Zielrichtung erkennbar sein (Instruktionsqualität)

### 1.3 4 Säulen (Hammann) zur Analyse bzw. Konstruktion von Aufgaben

#### 4 Säulen zur Konstruktion/ Analyse von Aufgaben (nach Hammann)



## 1.4 Kompetenzmatrix als Instrument zur Analyse von Aufgaben

### Kompetenzmatrix von Udo Klinger und Wolfgang Bündler<sup>1</sup> (Ergänzung zum Fachseminar)

In dieser Kompetenzmatrix wird von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- Wissen stellt alleine keine Kompetenz dar (*aber: Wissen ist die Voraussetzung für Kompetenz*).
- Basiskonzepte strukturieren und entwickeln Wissen aber keine Kompetenzen.

*Kompetenzen zeigen sich in der Verbindung von Wissen und Handeln (vgl. Definition des Kompetenzbegriffes nach Weinert) → Weder abstrakte Wissensvermittlung noch reines Methodentraining tragen zur Kompetenzentwicklung bei.*

Demnach weisen Kompetenzen zwei Dimensionen aus:

1. Wissen, kognitive Strukturen, Einsicht
2. Handeln, operationale Ebene, konkretes Tun, Aktivitäten

Die Kompetenzmatrix ist somit eingeteilt in zwei Dimensionen, Wissen und Handeln, die ihrerseits in vier Bereiche untergliedert sind.

Die Matrix ist dazu geeignet, Fachthemen nach Kompetenzen zu ordnen und einen Überblick darüber zu geben, wann und wie die verschiedenen Kompetenzen in einer Unterrichtseinheit entwickelt werden sollen. *In Fachgruppen erleichtert die Kompetenzmatrix das Einfinden in die neue Denkweise (ohne sich zum Sklaven der Matrix zu machen...)*

Innerhalb dieser Kompetenzmatrix wird das Anforderungsniveau nicht weiter differenziert.

handelnder Umgang mit Wissen Arten von Wissen	Wissen gewinnen	Wissen anwenden	Wissen kommunizieren	(mit) wissen bewerten
Wissen und Verständnis auf der Grundlage von Alltagserfahrungen				
Wissen aus fachlichen Zusammenhängen über Begriffe, Modelle, Methoden usw.				
Praktisch-technisches Wissen über die Art und Weise wie etwas gemacht wird				
Reflektiertes Wissen und Verständnis der Rolle und der Natur der Chemie				

<sup>1</sup> Vgl. Klinger, Udo und Bündler, Wolfgang: Kompetenzorientierte Unterrichtsplanung – Die Entwicklung einer Kompetenzmatrix auf der Grundlage der Bildungsstandards. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 17 (2006), Heft 94/95, S. 14-18.

## Kompetenzmatrix aus den Bildungsstandards

		Anforderungsbereich		
		I	II	III
Kompetenzbereich	Fachwissen	Kenntnisse und Konzepte zielgerichtet wiedergeben	Kenntnisse und Konzepte auswählen und anwenden	komplexere Fragestellungen auf der Grundlage von Kenntnissen und Konzepten planmäßig und konstruktiv bearbeiten
	Erkenntnisgewinnung	bekannte Untersuchungsmethoden und Modelle beschreiben, Untersuchungen nach Anleitung durchführen	geeignete Untersuchungsmethoden und Modelle zur Bearbeitung überschaubarer Sachverhalte auswählen und anwenden	geeignete Untersuchungsmethoden und Modelle zur Bearbeitung komplexer Sachverhalte begründet auswählen und anpassen
	Kommunikation	bekannte Informationen in verschiedenen fachlich relevanten Darstellungsformen erfassen und wiedergeben	Informationen erfassen und in geeigneten Darstellungsformen situations- und adressatengerecht veranschaulichen	Informationen auswerten, reflektieren und für eigene Argumentationen nutzen
	Bewertung	vorgegebene Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes erkennen und wiedergeben	geeignete Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes auswählen und nutzen	Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes aus verschiedenen Perspektiven abwägen und Entscheidungsprozesse reflektieren

Die Kompetenzmatrix ist geeignet, um die inhaltsbezogenen und handlungsbezogenen Kompetenzen (Breite) auf dem jeweiligen Anforderungsniveaus (Tiefe) zu prüfen.

Fachwissen wird hier als eigener Kompetenzbereich aufgefasst. Geht man von der Basis „Kompetenzen zeigen sich in der Verbindung von Wissen und Handeln“ aus, so benennt der in der Matrix gewählte Kompetenzbereich den jeweiligen Schwerpunkt der Kompetenzentwicklung (z.B. Progression im Bereich Fachwissen bzw. Kommunikation...).

Im Folgenden soll am Beispiel einer Lernaufgabe zur Einführung der „Wertigkeit“ in der Sekundarstufe I die oben aufgeführte Kompetenzmatrix auf die angegebenen Arbeitsaufträge 1-4 angewendet werden.

# Das Konzept der WERTIGKEIT

## als erstes Hilfsmittel zur Aufstellung von chemischen Formeln<sup>2</sup>

### Die Suche nach einem erklärenden Modell

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts waren etwa 80 Elemente bekannt. Auch konnte man experimentell für die meisten bekannten Verbindungen das Zahlenverhältnis der darin enthaltenen Atomarten bestimmen und somit die chemische Formel ermitteln.

Man versuchte nun, ein einfaches Verfahren zu konstruieren, mit dessen Hilfe man das Zahlenverhältnis der Atomarten in einer Verbindung vorhersagen konnte, um die chemische Formel aufzustellen. Dazu entwickelte man eine erste sehr einfache Modellvorstellung von chemischer Bindung: Das Konzept der Wertigkeit. Wie schon bei der Bestimmung der relativen Atommassen benutze man dabei Wasserstoff als Bezugseinheit und legte fest: *Wasserstoff ist einwertig*. Ob zu den nach diesem Konzept ermittelten chemischen Formeln auch tatsächlich die entsprechenden Verbindungen existieren, muss natürlich in jedem Fall experimentell belegt werden!

### Arbeitsaufträge:

1. Erschließt den Text!
  - Im ersten Abschnitt wird das experimentelle Verfahren zur Ermittlung von chemischen Formeln angesprochen. Erweitert den Text, indem ihr dieses Verfahren erläutert.
  - Im zweiten Abschnitt geht es um ein neues Konzept. Formuliert 2 Fragen, die mithilfe des Textes beantwortet werden können.
2. Ermittelt eine Methode, mit der ihr chemische Formeln für Verbindungen vorhersagen könnt. Die angegebenen Vergleichsformeln dienen dabei als Hilfe.
  - Schlagt für die angegebenen Formeln Indizes vor. Vergleicht euren Vorschlag mit der am Lehrertisch ausgelegten Lösung.
  - Vorbereitung der Präsentation: Wählt drei Beispiele aus und erläutert schrittweise eure Vorgehensweise.

### Gesuchte $A_x B_y$ -Formeln:

(1) $Na_x Cl_y$	(2) $Li_x Cl_y$	(3) $Ca_x Cl_y$	(4) $Li_x Cl_y$
(5) $Ca_x O_y$	(6) $Mg_x O_y$	(7) $Cl_x O_y$	(8) $Ca_x Cl_y$
(9) $Al_x N_y$	(10) $N_x Cl_y$	(11) $Al_x Cl_y$	(12) $Al_x O_y$
(13) $N_x O_y$	(14) $Ca_x N_y$	(15) $Si_x Cl_y$	(16) $C_x Cl_y$
(17) $Si_x O_y$	(18) $Si_x O_y$	(19) $Si_x N_y$	

### Vergleichsformeln:

(1) HCl	(2) NaH	(3) LiH	(4) $H_2O$
(5) $CaH_2$	(6) $MgH_2$	(7) $NH_3$	(8) $AlH_3$
(9) $CH_4$	(10) $SiH_4$		

S

### Abgestufte Lernhilfen zur Entwicklung des Konzeptes der Wertigkeit

O

Wenn ihr Schwierigkeiten habt, könnt ihr auf insgesamt 5 verschiedene Hilfestellungen zurückgreifen.

S

Versucht die Aufgabe zunächst mit Hinweis 1 zu lösen. Bei Bedarf zieht ihr weitere Hilfezettel in der angegebenen Reihenfolge zu Rate.

**Je weniger Zettel ihr benötigt, desto besser!**

3. Fasst die ermittelten Wertigkeiten der einzelnen Elemente bei der Bildung von Verbindungen in einer Tabelle zusammen.
4. Experimentell konnten folgende Verbindungen nachgewiesen werden:  $Cl_2O_3$ ,  $ClO_2$ ,  $Cl_2O$ ,  $Cl_2O_6$ ,  $Cl_2O_7$ . Zeigt anhand dieses Beispiels eine wesentliche Schwächen des Wertigkeitskonzeptes auf.

<sup>2</sup> Vgl. Freimann: Die Wertigkeit. In: Unterricht Chemie 14 (2003), Nr. 76/77, S. 52-54

### **Hinweis 1**

#### **Untersucht die Aufgabe!**

- Worin besteht eure Aufgabe?
- Welche Informationen stehen euch zur Verfügung?
- Notiert in einem Brainstorming eure Ideen und ordnet sie anschließend.
- Gebt an, was für die Problemlösung noch fehlt.

### **Hinweis 2**

#### **Nutzt euer Vorwissen!**

Ihr kennt bereits einige chemische Formeln aus dem Unterricht. Vielleicht gelingt es euch, einige der gesuchten Formeln aus dem Gedächtnis oder mithilfe eines Chemieheftes aufzustellen. Sucht nach einem Zusammenhang zwischen diesen Formeln und den Vergleichsformeln.

### **Hinweis 3**

Vergleicht die Zahl der Wasserstoffatome, die die Atome einer Atomart in den bekannten Verbindungen binden. Überlegt euch, welche Folgerung man daraus für das Zahlenverhältnis der Atomarten in den gesuchten Formeln ziehen könnte.

### **Hinweis 4**

Schreibt über die Atomarten in den gesuchten Formeln die Zahl der Wasserstoffatome, die diese Atomart in den Vergleichsformeln binden. Versucht jetzt eine zutreffende Formel anzugeben.

### **Hinweis 5**

Helft euch bei der Ermittlung der Indizes mit der Bildung des *kleinsten gemeinsamen Vielfachen*.

### **Zu Arbeitsauftrag 1:**

a) Das Verfahren zur Ermittlung chemischer Formeln wurde im Unterricht entwickelt (Bsp.: Ermittlung der Verhältnisformel für rotes Kupferoxid oder Zinkiodid; Stationen der Lernlinie: experimentelle Ermittlung des Gesetzes der konstanten Proportionen → Umrechnung des konstanten Massenverhältnisse in das Atomanzahlenverhältnis → Input: Elementsymbole und Aufstellen der chemischen Formel). Der Arbeitsauftrag besteht nun darin, dass die Schüler mit Hilfe ihres Vorwissens das Verfahren zur Ermittlung einer Verhältnisformel verständlich und fachlich angemessen erläutern. Der Schwerpunkt dieser Aufgabe liegt somit im Kompetenzbereich Kommunikation und ist dem Anforderungsbereich I (siehe Kompetenzmatrix) zuzuordnen. Bei der Zuweisung des Anforderungsbereichs spielt der vorangegangene Unterricht („welche Kompetenzen werden genutzt?“) eine entscheidende Rolle. Ausgegangen wird hier von einem Unterricht, in dem durch Metakognition der mehrschrittige Lösungsweg ins Bewusstsein gerückt wurde.

b) Die Formulierung von 2 beliebigen Fragen an den Text ist wiederum dem Kompetenzbereich Kommunikation zuzuordnen. Der Schüler adaptiert die Aufgabe an sein Fähigkeitsniveau (z. B. Abfrage von Einzelinformationen oder tiefer eingebetteten Informationen). Eine eindeutige Benennung des Anforderungsbereichs fällt somit schwer (I-II). Um die Aufgabe zu lösen, müssen die Schüler nämlich Textinformationen erfassen (→ Leseverstehen) und in eine Frage übersetzen. Handlungsoption: Vorgaben zum Niveau der Fragen machen.

### **Zu Arbeitsauftrag 2:**

a) Die Schüler müssen die angegebenen Materialien der Lernaufgabe analysieren und verarbeiten, um schließlich eine Methode entwickeln zu können, mit der man Verhältnisformeln chemischer Verbindungen aufstellen kann. Der Schwerpunkt dieser Aufgabe liegt im Bereich der Erkenntnisgewinnung. Die Aufgabe erfordert eigene Konstruktionsleistungen und fällt somit in den Anforderungsbereich III (bzw. II, je nach Nutzung der abgestuften Lernhilfen → Binnendifferenzierung!).

b) Die Schüler sollen ihre Methode den anderen Schülern schrittweise, fachlich korrekt und anschaulich präsentieren. Dabei wird nicht explizit angegeben, wie diese Präsentation auszusehen hat, was die Offenheit der Aufgabe unterstreicht. Der Schwerpunkt liegt im Bereich Kommunikation und ist dem Anforderungsbereich II – III zuzuordnen.

### **Zu Arbeitsauftrag 3**

Die Arbeit mit den Wertigkeiten in den Aufträgen 1-2 wird auf eine allgemeine Zuordnung von Wertigkeiten und Elementen reduziert. Der Schwerpunkt dieser Teilaufgabe liegt im Bereich Kommunikation und ist – entsprechend der Kompetenzmatrix dem Anforderungsbereich II zuzuordnen.

### **Zu Arbeitsauftrag 4**

Der letzte Arbeitsauftrag ist besonders anspruchsvoll und ist dem Anforderungsbereich III zuzuordnen. Die Schüler müssen das soeben entwickelte Modell zur Wertigkeit einer Modellkritik unterwerfen und die Schwächen des Konzeptes anhand aufgeführter Beispiele aufdecken. Diese Teilaufgabe umfasst daher den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung.

## 2. Entwicklung von Aufgaben

### 2.1 Studien und empirische Untersuchungen zur Aufgabenpraxis

Nach den Erinnerungen an eigenen Chemieunterricht und Hospitationen werden Aufgaben vorwiegend zur Übung und Prüfung eingesetzt. Lernaufgaben sind unterrepräsentiert - hier besteht ein Entwicklungspotenzial.

#### **Aussagen aus internationalen Vergleichsstudien und empirischen Untersuchungen:**

... die Leistungen der deutschen SuS bleiben in der Sek. I in den Naturwissenschaften weit hinter den entsprechenden Lehrplananforderungen zurück. Zu wenige Schüler verfügen nach der 8. Klasse über ein beginnendes **Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten und Arbeitsmethoden**. (TIMSS)

... **Schwächen** zeigen sich bei **Aufgaben**, die das **eigenständige Erschließen** naturwissenschaftlicher Zusammenhänge, die **Übertragung in neue Kontexte** und **flexible Umstrukturierungen** erfordern. (TIMSS) In Deutschland werden Aufgaben in erster Linie zu **Üben** und **Prüfen** eingesetzt.

... Die Verbindung von **Sachinteresse** (Interesse an chemischen Fragestellungen) mit **Fachinteresse** (Interesse am Unterrichtsfach Chemie) gelingt unzureichend.

...**Stärken** bestehen in der Behandlung der **systematischen Wissensstrukturen** und dem Lehren der **Handhabung von formalen und begrifflichen Techniken**.

... der deutsche Chemieunterricht wird charakterisiert als **lehrerdominiert, kleinschrittig** und stark auf die **Ergebnisformulierung** ausgerichtet. Die **Gesprächsführung** wird als eng und lehrergelenkt mit **geringem Sprachanteil der SuS** (z.B. Defizite beim Verbalisieren von Vorstellungen, argumentativen Begründen und Bewerten) gesehen. (TIMSS-VIDEOUNTERSUCHUNG)



#### **Was sind gute Lernaufgaben?**

##### Gute Lernaufgaben

- knüpfen an das Vorwissen an
- bauen das strukturierte Wissen kumulativ aus (Inhalte)
- fordern und fördern inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen (Breite)
- sind herausfordernd und auf passendem Lernniveau (Tiefe)
- fordern die Lernenden zu hoher Eigenständigkeit heraus
- sind in sinnstiftende Kontexte eingebunden
- sind vielfältig in den Lösungsstrategien und Darstellungsformen
- stärken das Könnensbewusstsein durch erfolgreiches Bearbeiten.

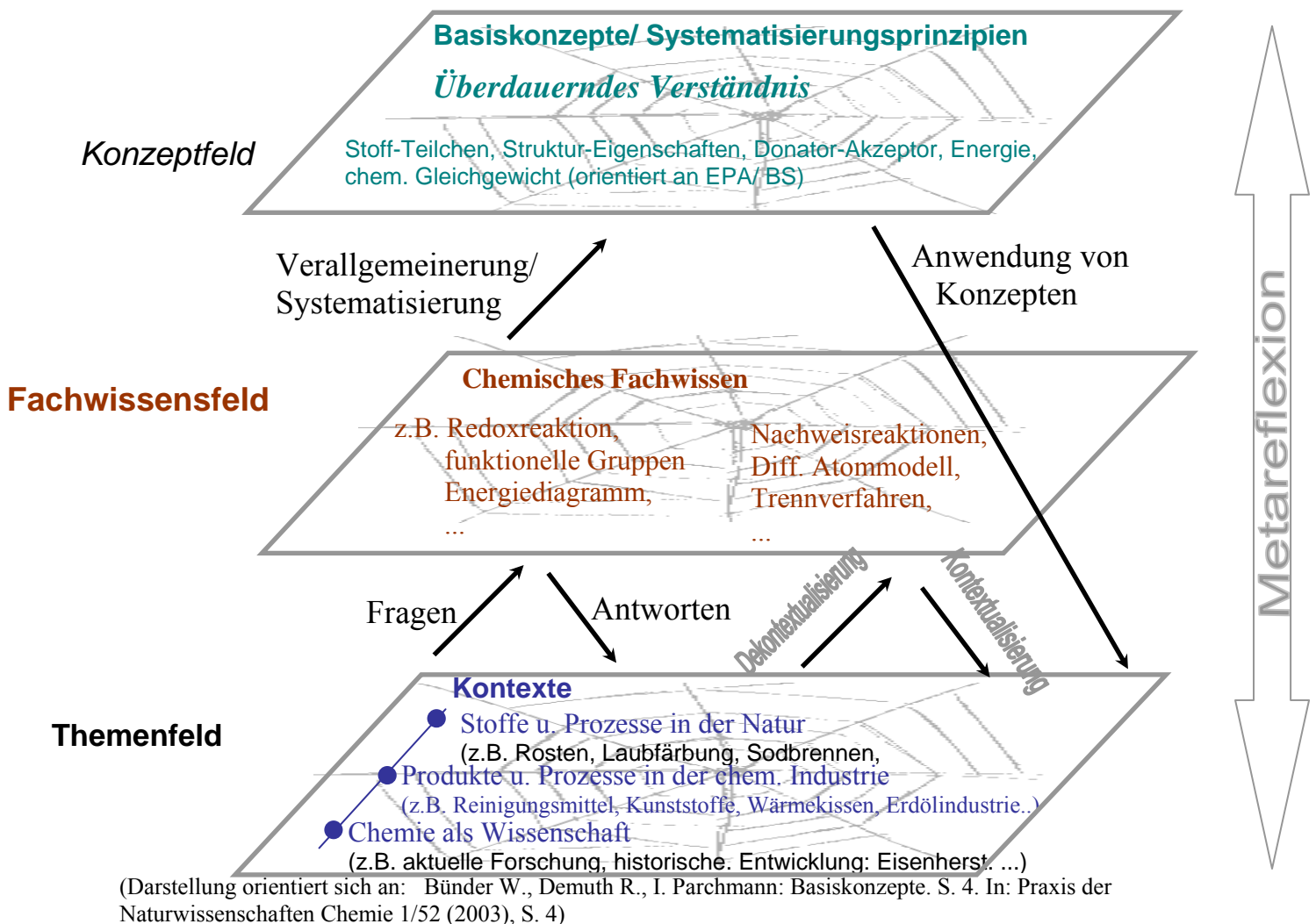
## 2.3 Verhältnis von Konstruktion und Instruktion

„So funktioniert Unterricht: Der Lehrer entwirft Lernaufgaben. Die Schüler bringen sich damit den Stoff eigenständig bei...“ Vorsicht vor Pauschalierungen! Nachhaltiges Lernen braucht sowohl Konstruktion als auch Instruktion. Die Wirksamkeit von Konstruktionen ist aus lerntheoretischer Sicht unbestritten. Instruktionen bereiten Konstruktionen vor und bilden zudem durch Bündelung und Vernetzung einen wirksamen Abschluss. Unterricht besteht also aus einem stetigen Wechsel von Konstruktionen und Instruktionen. Phasen hoher Schüleraktivität besitzen je nach Unterrichtssituation genauso ihre Berechtigung wie eine zeitweise Lehrerzentrierung - entscheidend ist die stichhaltige didaktische Begründung!

In folgenden Situationen steht der Lehrer im Mittelpunkt:

- Schüler gelingt die Behebung von Verständnisproblemen nicht aus eigener Kraft. Der Lehrer schafft durch gutes Erklären Abhilfe!
- Die Anbindung der Inhalte an vorhandenes Wissen und die vertikale Vernetzung der Inhalte zur Entwicklung einer übergeordneten Struktur (z. B. Basiskonzepte) ist eine Leistung, die Schüler aus eigener Kraft nur ansatzweise oder gar nicht erbringen können. Hier ist eine engere Führung durch den Lehrer gefragt, um mit den Schülern das Neue im Ganzen einzuordnen und damit das Konzeptfeld stückweise zu erschließen. (siehe Schaubild zur Vernetzung von Wissenssebenen)

### Vernetzung von Wissenssebenen



### 3. Synopse zur Kultivierung von Aufgaben im Unterricht

(Siehe: Leisen, Josef: Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 59 (2006), Nr. 5, S.260-266)

Handlungsfelder Aufgaben...	Didaktische Bemerkungen	Gestaltungsmöglichkeiten
...auf Kompetenzen ausrichten	Auf die Berücksichtigung aller Kompetenzbereiche achten Instrumente zur Analyse von Aufgaben (z. B. Kompetenzmatrix der Bildungsstandards)	Methodenwerkzeuge zur Stärkung der einzelnen Kompetenzbereiche nutzen z. B. Kommunikation (Darstellungsform wechseln, Text für best. Adressaten produzieren) <a href="#">siehe Bsp. MNU: Stärkung verschiedener Kompetenzen durch Aufgabenvariation<sup>3</sup></a>
...anstrukturieren - durchstrukturieren	Bei einer durchstrukturierten Aufgabe werden die Lernenden erfolgreich und glatt durch die Aufgabe geführt. Es gibt in der Regel eine eindeutige Lösung.  Eine anstrukturierte Aufgabe hat eine offene Aufgabenstellung. Bearbeitungsumfang und -wege sind nicht streng vorgegeben. Es gibt individuelle Lösungen, wobei Lernende auch scheitern können.  <b>Auch durchstrukturierte Aufgaben haben ihren Nutzen.</b>  Entscheidendes Kriterium: Anforderungsniveau der Aufgabe muss passend sein	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufgabenteile weglassen/ ergänzen</li> <li>▪ Setting gliedern, Wichtiges hervorheben</li> <li>▪ Organisationshilfen entwerfen</li> <li>▪ Angaben zur Bearbeitungsqualität, Umfang, Lösungsdarstellung...</li> <li>▪ Bearbeitungsaufträge kleinschrittig nummeriert</li> <li>▪ Zwischenergebnisse angeben</li> <li>▪ Hilfen bereitstellen, z. T. mit Musterlösung arbeiten</li> </ul>
...Sinn geben und in Kontexte setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufgabenstellung lohnt sich aus Schülersicht</li> <li>▪ Kompetenzerleben wird ermöglicht</li> <li>▪ Thematik oder Verwertungsaspekt erzeugt Sinnhaftigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Über das Setting thematischen Kontext, Verwertungsaspekt, Anwendungsbezug herstellen</li> <li>▪ Durch Aufgabenstellung zu einer Sinn gebenden Aktion auffordern (z.B. Präsentation für...)</li> <li>▪ Funktion der Aufgabe mitteilen (zur Übung...)</li> </ul>
...öffnen - schließen	Offene und geschlossene Aufgaben werden gleichermaßen gebraucht!  Zentral sind die beiden Fragen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wie passt die Aufgabe sich dem Fähigkeitsniveau der Lernenden an?</li> <li>▪ Welcher Kompetenzstand (Grundkenntnisse, Fertigkeiten) ist zur Bewältigung der Aufgabe erforderlich?</li> </ul> Anpassung an das Fähigkeitsniveau ist bei offenen Aufgaben gegeben (Lernende adaptieren die Aufgabe an ihr Niveau) Geschlossene Aufgaben lassen das nicht zu!  Schüler vor Überforderung und Leerlauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufträge weglassen</li> <li>▪ Verschiedene Lösungswege zulassen</li> <li>▪ Lernhilfen bereitstellen</li> <li>▪ Produktionsorientierte Aufgabe</li> <li>▪ Verschiedene Themengebiete einbeziehen</li> </ul>

<sup>3</sup> Techniken zur Erstellung kompetenzorientierter Aufgaben. In: MNU Konkretisierung der Bildungsstandards und Kompetenzbereiche an Beispielen für den Chemieunterricht Teil 1 Chemieunterricht und Aufgaben (Einhefter MNU 59(2006) Nr. 7, S. XVII-XIX) [siehe Anhang](#)

	bewahren (Lernhilfen, Orientierungshilfen, Zusatzfragen, Metareflexion)	
...entwickeln	<p><b>Ablaufstruktur</b> für Lernaufgaben</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thema, Problem an den Erfahrungen u. Vorwissen anknüpfen</li> <li>▪ Lernumgebung zur Erarbeitung erstellen</li> <li>▪ Neu Erlerntes einordnen</li> <li>▪ Durch Übungsteil Festigung erreichen</li> <li>▪ Durch Anwendungen Vernetzungen verstärken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Als Grundlage ein überschaubares Problem oder einfaches Exp. wählen</li> <li>▪ Handlungen initiieren, Verwendungszweck deutlich machen</li> <li>▪ Aufgabe auf das Verstehen hin ausrichten</li> <li>▪ Auf passendes Verhältnis von Konstruktion und Instruktion achten</li> </ul>
...zum Vernetzen einsetzen	<p><b>Intention:</b></p> <p>→ Orientierung geben und Ordnung anbieten</p> <p>→ Das Lokale im Globalen sehen.</p>	<p>Geeignete Methodenwerkzeuge einsetzen:          Concept map, Mindmap, Tabelle, Kärtchentisch, Schema, Flussdiagramm          Ergebnis aushandeln</p> <p>Metareflexion</p>
...binnendifferenziert gestalten	<p>Die Sozialform Frontalunterricht und die Unterrichtsform fragend-entwickelnder Unterricht sind auf Homogenität ausgelegt.</p> <p>Wird Heterogenität als <u>Chance</u> begriffen („Vielfalt“) gewinnt sie einen Eigenwert.</p>	<p>Differenzierung durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verschiedene Erkenntniswege (z. B. induktiv/ deduktiv)</li> <li>▪ Zusatzaufgaben</li> <li>▪ Verschiedene Abstraktionsgrade</li> <li>▪ Unterschiedliche Zugänge (Material, Medien)</li> <li>▪ Abgestufte Hilfen</li> <li>▪ Wahl der Sozialform (EA, PA, GA)</li> </ul>
..., die Arbeitsmethoden u. Exp. integrieren	<p>Förderung des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung:          Selbstständiges Erschließen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in Verbindung mit eigenem naturwissenschaftlichem Arbeiten (Exp, Fachmethoden inhaltsbezogen nutzen)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Freihand, Low-Cost-Experimente</li> <li>▪ Gedankenexperimente</li> <li>▪ Experimente auswerten, vergleichen</li> <li>▪ Historische Entwicklungen thematisieren</li> <li>▪ Computergestützte Materialien (z.B.Simulation)</li> </ul>
...in den Unterricht einbetten	<p>Zu jeder Unterrichtsphase lassen sich Aufgaben unterschiedlicher <b>didaktischer Funktion</b> konstruieren:          Information          Vorwissen aktivieren          Erarbeiten          Festigung, Übung          Vertiefung          Anwendung, Transfer</p>	

#### 4. Exkurs: Didaktische Relevanz des Konzeptes der Wertigkeit<sup>4</sup>

Pro	Contra
<p>Hier wird davon ausgegangen, dass das Konzept der Wertigkeit unter einer bestimmten didaktischen Zielsetzung in den Unterricht eingebracht wird!</p> <p>Das „Nachdenken“ des Konzeptes der Wertigkeit in seiner ursprünglichen, historischen Zielsetzung zeigt, wie Wissenschaft funktioniert. (Entwicklung eines einfachen Modells und Beurteilung dessen Stärken und Schwächen)→Aus didaktischer Sicht ist entscheidend, dass Schüler das Konzept selbst entdecken.</p> <p>Ziel: Konstruktion eines Verfahrens zur theoretischen Vorhersage des Atomanzahlenverhältnisses in Verbindungen (Wertigkeit als sehr vereinfachte Vorstellung von chemischer Bindung mit Bezugselement Wasserstoff)</p> <p>→Ergebnisse sind nicht das allein Entscheidende!</p> <p>Unterrichtsskripte, die ohne Umwege Schüler in den Zustand des Bescheidwissens versetzen (z. B. Vorgabe der Wertigkeiten), schöpfen Möglichkeiten zur Entwicklung von naturwissenschaftlicher Kompetenz nicht ausreichend aus.</p> <p>Naturwissenschaftliche Kompetenz bedeutet: in Modellen denken, Modelle anwenden und deren Grenzen erkennen u. kritisieren (Modelle bilden nicht die Wahrheit ab, sondern sind als Annäherungen in Bezug auf einen kleinen Ausschnitt zu verstehen)</p>	<p>Konzept der Wertigkeit erklärt den Zusammenhang zwischen Atomart und Zusammensetzung einer Verbindung/Formel der Verbindung nur unzureichend; Trefferquote der Wertigkeitsregel nicht befriedigend! Grundlage dafür ist die Oktettregel, die aus der Betrachtung des diff. Atommodells und der Bindungslehre folgt.</p> <p>→ Vermittlung zentraler, abgesicherter Ergebnisse u. Fachmethoden ist ein wesentliches Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts.</p> <p>Gefahr besteht, dass insbesondere bei leistungsschwächeren Schülern durch die wiederholte Revision von Inhalten, die aus der Sicht der Schülerinnen und Schüler bereits akzeptiert sind, Lernschwierigkeiten auftreten. Die begriffliche Trennung und sachgemäße Anwendung der verschiedenen Konzepte (z. B. Wertigkeit, Oktettregel, Oxidationszahlen) fällt dann schwer.</p>
<p>Konzept der Wertigkeit ermöglicht die selbstständige Formulierung von Reaktionsgleichungen. Durch die Einführung des diff. Atommodell und der Bindungslehre wird das Konzept abgelöst (ohne es zu revidieren!). Auch im Hinblick auf das Periodensystem erkennen Schüler Strukturen, wodurch das Könnensbewusstsein beim „Verstehen von Chemie“ gestärkt wird.</p>	<p>Gefahr besteht, dass das Konzept der Wertigkeit auf einen Algorithmus reduziert wird (Vertauschen der Indizes in einer Verhältnisformel ergibt die Wertigkeiten oder umgekehrt), der für das fachliche Verstehen und das Verständnis für naturwiss. Arbeiten wenig nützlich ist. Dieser Algorithmus ist für die spätere Erweiterung dieser Übergangsvorstellung möglicherweise hinderlich.</p>

<sup>4</sup> Vgl. Freimann: Die Wertigkeit. In: Unterricht Chemie 14 (2003), Nr. 76/77, S. 52-54

## Anhang

### Techniken zur Erstellung kompetenzorientierter Aufgaben

(aus MNU Konkretisierung der Bildungsstandards und Kompetenzbereiche an Beispielen für den Chemieunterricht Teil 1 Chemieunterricht und Aufgaben (Einhefter MNU 59(2006) Nr. 7, S. XVII-XIX)

Aus gängigen Routineaufgaben kann man mit verschiedenen Techniken die Aufgabenstellung so verändern, dass sie verschiedene Schülerkompetenzen einfordern.

Zur Veranschaulichung dieses Vorgehens werden anhand der folgenden Routineaufgabe verschiedene Aufgabenvarianten durchgespielt und in der Tabelle zusammen mit den angesteuerten Kompetenzen dargestellt.

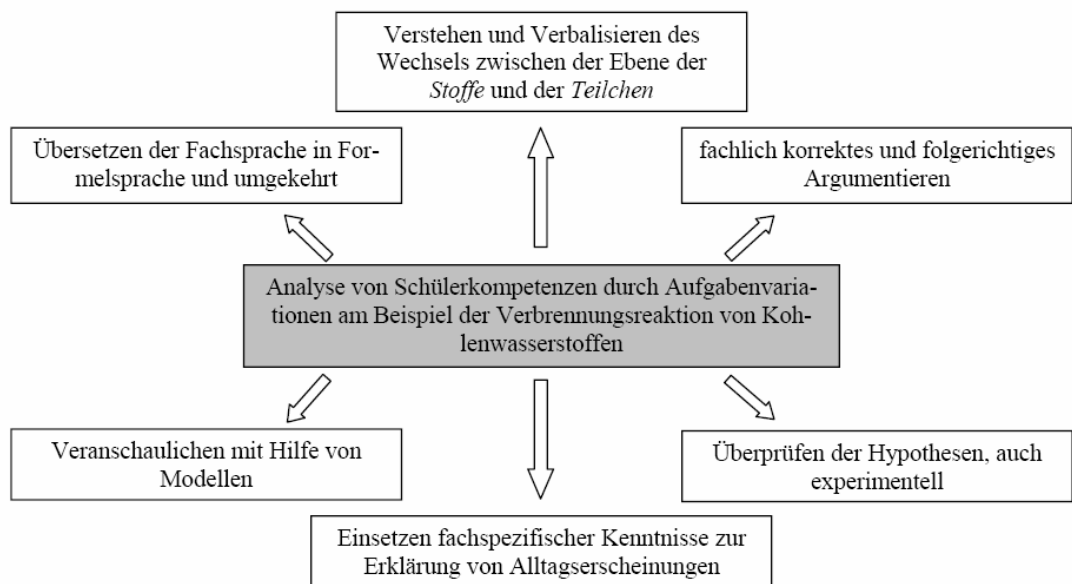
#### **Routineaufgabe:**

**Stelle die Reaktionsgleichungen für die vollständige Verbrennung von Methan, Ethen und Ethanol auf.**

Technik	Kompetenzorientierte Aufgabenvarianten	Kompetenzen <i>Die Schülerinnen und Schüler ...</i>
<i>Fragestellung umkehren</i>	Angabe der drei Reaktionsgleichungen Erläutere, welche beobachtbare Vorgänge werden durch diese Reaktionsgleichungen beschrieben.	beschreiben Phänomene der Stoffumwandlung (F 3.1) erklären unter Verwendung der Fachsprache (K 4)
<i>Erklären / Beschreiben lassen</i>	Beschreibe die Reaktion der vollständigen Verbrennung von Methan und erkläre sie mit Hilfe der kleinsten Teilchen.	deuten Stoffumwandlungen hinsichtlich der Veränderung von Teilchen (F 3.2) erklären unter Verwendung der Fachsprache (K 4)
<i>Vergleiche / Analogien bewerten lassen</i>	Folgende Reaktionsgleichung beschreibt die Verbrennung von Methan: $2 \text{CH}_4 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO} + 4 \text{H}_2\text{O}$ Bewerte diese Aussage.	erklären auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnung von Teilchen (F 1.5): argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig (K 8)
<i>Darstellung wechseln</i>	Stelle die vollständige Verbrennung von Ethen mit Molekülmodellen dar.	nutzen geeignete Modelle (E 7) veranschaulichen mit Hilfe von Modellen (K 4)
<i>Zurückgehen auf weniger exakte Angaben ("Schätzen")</i>	Gib an, mit wie vielen Produkten bei der vollständigen Verbrennung der Stoffe mit folgenden Formeln zu rechnen ist: a) Methan ( $\text{CH}_4$ ) b) Ethanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) c) Chlorethen ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ )?	erklären auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnung von Teilchen (F 1.5)
<i>Anwenden: Den Lerngegenstand erkunden</i>	Der Kunststoff Polyethen wird ohne Hinzufügen eines anderen Stoffes aus vielen Ethenmolekülen hergestellt. Die Reaktionsprodukte der vollständigen Verbrennung von Polyethen sind dieselben wie beim Ethen. Diskutiere den Wahrheitsgehalt dieser Hypothese.	erkennen Fragestellungen, die durch Experimente zu beantworten sind (E 1) planen Untersuchungen zur Überprüfung von Hypothesen (E 2)
<i>Anwenden: Probleme lösen (wissenschaftlich orientiert)</i>	Bei der vollständigen Verbrennung eines gasförmigen Kohlenwasserstoffs ist das Volumen des benötigten Sauerstoffs dreimal so groß wie das des Brennstoffes. Ermittle die Formel des Brennstoffs.	erstellen Reaktionsgleichungen durch Anwendung der Kenntnisse über die Erhaltung der Atome (F 3.4)

<i>Anwenden: Probleme lösen (Alltagsorientierung)</i>	Im Winter kann man beobachten, dass aus dem Auspuff eines benzingetriebenen Autos weiße Wolken abgegeben werden. Benzin ist ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen. Erläutere, um welchen Stoff es sich bei der weißen Wolke handelt.	stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her (K 5) nutzen fachtypische Kenntnisse, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen (B 3)
<i>Anwenden: Argumentieren</i>	Peter meint, wenn bei einer vollständigen Verbrennung nur Kohlenstoffdioxid und Wasser entstehen, muss der Brennstoff ein Kohlenwasserstoff gewesen sein. Kannst du ihn auch ohne Reaktionsgleichung überzeugen? Argumentiere dabei fachlich korrekt und folgerichtig.	argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig (K 8)
<i>Beispiel geben lassen</i>	Erläutere an einem einfachen Beispiel, was man unter "vollständiger" beziehungsweise "unvollständiger" Verbrennung versteht.	beschreiben Phänomene der Stoffumwandlung (F 3.1) erklären unter Verwendung der Fachsprache (K 4)
<i>Im Kontext interpretieren lassen</i>	$C_2H_5OH + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$ Bei der Zubereitung von Speisen macht man sich gelegentlich die obige Reaktion zunutze. Erläutere die Reaktion und ihren Zweck..	nutzen fachtypische Kenntnisse, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen (B 3) diskutieren und bewerten gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven (B 5)

Die folgende Grafik fasst die durch die obigen Fragetechniken angestrebten Schülerkompetenzen zusammen:



## Literatur

- Leisen, Josef: Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 59 (2006), Nr. 5, S.260-266
- MNU Konkretisierung der Bildungsstandards und Kompetenzbereiche an Beispielen für den Chemieunterricht Teil 1 Chemieunterricht und Aufgaben (Einhefter MNU 59(2006) Nr. 7
- Klinger, Udo und Bündler, Wolfgang: Kompetenzorientierte Unterrichtsplanung – Die Entwicklung einer Kompetenzmatrix auf der Grundlage der Bildungsstandards. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 17 (2006), Heft 94/95, S. 14-18.
- Freimann: Die Wertigkeit. In: Unterricht Chemie 14 (2003), Nr. 76/77, S. 52-54